

東北地方におけるコンクリート構造物 設計・施工ガイドライン（案）の利用あたって

本ガイドライン（案）はコンクリート構造物の「建設に関する基本」、「要求性能」、「設計」、「施工」など8章から構成されており、新規にコンクリート構造物を構築する場合の”望ましいすがた”を示したものです。

その内容には「養生」、「施工方法」など現場担当者が実用書として活用可能な内容の他、構造物の使用環境に応じたコンクリートの配合などの考え方も網羅されておりますが、東北地方整備局の現行基準類とは異なる内容も含まれています。

このため本ガイドライン（案）の利用にあたっては図1. に示すとおり現行基準類を補完するものであることに留意して使用願います。

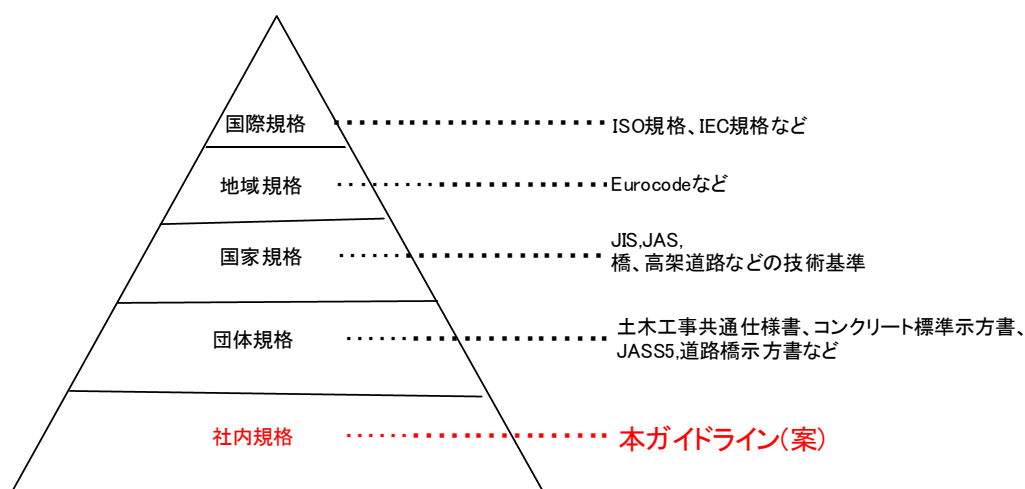


図. 1 規格の階層におけるガイドラインの位置づけ

東北地方における
コンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)

2009年3月

東北コンクリート耐久性向上委員会

はじめに

東北地方は冬季の気温が低いことから、コンクリート構造物の設計・施工においては、他地方と比べて特別な注意が必要と考えられる。ところが、それにもかかわらず、従来は東北独自の必要な対策が十分取られて来なかったことから、東北地方に現存するコンクリート構造物の中には比較的早期に劣化するものが少なくない。

一方、我が国の社会は長年の高度成長期が終了したことから、社会資本への投資額の減少傾向が続き、良いものを作って長く使用するという、長期の耐久性の確実な確保の要求はますます強くなって来ている。

このようなことから、東北地方のコンクリート構造物を特有な環境にも耐えて十分な耐久性を持つものとするため、東北独自の設計・施工のためのガイドラインを作ることになった。

東北地方におけるコンクリート構造物の耐久性に関して、問題となる主な項目は、

- 1) 冬期間のコンクリートの養生
- 2) コンクリートの凍害
- 3) 凍結防止剤によるコンクリート構造物の各種劣化
- 4) 海水によるコンクリート構造物の各種劣化

等であるが、激しい劣化作用に長期にわたって耐えるためには、コンクリートの材料の選択から構造物完成までの各段階において、慎重な配慮が必要である。さらに、コンクリート構造物に十分な耐久性を持たせるためには、設計・施工に配慮することはもちろんであるが、それだけではなくて、構造物の計画段階、あるいは完成した後の維持管理段階においても十分な配慮が必要である。このようなことから、本ガイドラインにおいてはそれらを含めて幅広く、詳細に定めることにした。

構造物を計画・設計・施工する各位におかれては、本ガイドラインに厳密に従い、東北地方のコンクリート構造物をより耐久的なものとされるよう願っている次第である。

また、本ガイドラインは今回初めて作成したものであり、未だに不十分な点も数多くあるものと思われる。この点は将来定期的な改訂などすることによってより良いものにしていって頂きたい。

最後に、このガイドラインを作成するにあたり、本委員会委員、合同部会委員、および各ワーキンググループ委員の皆様には大変なご尽力を頂いた。皆様の御貢献に対し、衷心より感謝申し上げます。次第である。

以上

2009年3月

東北コンクリート耐久性向上委員会
委員長 三浦 尚

東北地方におけるコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会

委員構成

委員長 三浦 尚 (東北大学)

赤川 正一	(国土交通省東北地方整備局)	石川 雅美	(東北学院大学)
岩城 一郎	(日本大学)	遠藤 敏雄	((社)建設コンサルタンツ協会)
加賀谷 誠	(秋田大学)	加藤 信行	(国土交通省東北地方整備局)
柴田 吉勝	(国土交通省東北地方整備局)	鈴木 基行	(東北大学大学院)
羽原 俊祐	(岩手大学)	林崎 吉克	(国土交通省東北地方整備局)
久田 真	(東北大学大学院)	万木 正弘	(弘前大学)

旧委員 熊谷 陽寿(国土交通省東北地方整備局)

旧委員 三浦 清志(国土交通省東北地方整備局)

五十音順 敬称略

合同部会委員構成

合同部会長 鈴木 基行 (東北大学大学院)

伊神 光男	(太平洋セメント(株))	石川 雅美	(東北学院大学)
岩城 一郎	(日本大学)	遠藤 哲朗	(鹿島建設(株))
遠藤 敏雄	((株)復建技術コンサルタント)	加賀谷 誠	(秋田大学)
佐々木 徹	(ドーピー建設工業(株))	奈良 裕	(青森太平洋生コン(株))
羽原 俊祐	(岩手大学)	久田 真	(東北大学大学院)
万木 正弘	(弘前大学)		

五十音順 敬称略

フレームワークWG 委員構成

WG 長 遠藤 敏雄 ((株)復建技術コンサルタント)
副WG 長 佐々木 徹 (ドーピー建設工業(株))

委員

伊神 光男 (太平洋セメント(株)) 遠藤 哲朗 (鹿島建設(株))
鈴木 基行 (東北大学大学院) 奈良 裕 (青森太平洋生コン(株))
久田 真 (東北大学大学院)

五十音順 敬称略

連絡調整WG 委員構成

WG 長 久田 真 (東北大学大学院)
副WG 長 武田 三弘 (東北学院大学)

委員

伊神 光男 (太平洋セメント(株)) 遠藤 哲朗 (鹿島建設(株))
遠藤 敏雄 ((株)復建技術コンサルタント) 熊谷 修悟 (オリエンタル白石(株))
桜井 福雄 (パシフィックコンサルタンツ(株)) 佐々木 徹 (ドーピー建設工業(株))
鈴木 基行 (東北大学大学院) 奈良 裕 (青森太平洋生コン(株))
二川 敏明 (住友大阪セメント(株)) 三田 昌彦 ((株)復建エンジニアリング)

五十音順 敬称略

LCC・AMWG 委員構成

WG 長 岩城 一郎 (日本大学)
副WG 長 皆川 浩 (東北大学大学院)

委員

秋山 充良 (東北大学大学院) 阿部 裕彰 (鹿島建設(株))
池田 正行 (前田製管(株)) 石橋 努 ((株)復建技術コンサルタント)
市川 成勝 (オリエンタル白石(株)) 小出 英夫 (東北工業大学)
佐々木 徹 (ドーピー建設工業(株)) 菅原 隆 (八戸工業高等専門学校)

五十音順 敬称略

設計 WG 委員構成

WG 長 石川 雅美 (東北学院大学)
副 WG 長 上原子 晶久 (弘前大学)

委員

石井 一人	(パシフィックコンサルタンツ(株))	石橋 努	((株)復建技術コンサルタント)
遠藤 哲朗	(鹿島建設(株))	遠藤 敏雄	((株)復建技術コンサルタント)
桜井 福雄	(パシフィックコンサルタンツ(株))	高橋 康文	(東急建設(株))
向田 昇	(大日本コンサルタント(株))	内藤 英樹	(東北大学大学院)

五十音順 敬称略

製造 WG 委員構成

WG 長 羽原 俊祐 (岩手大学)
副 WG 長 緑川 猛彦 (福島工業高等専門学校)

委員

会場 琢	(グレースケミカルズ(株))	伊神 光男	(太平洋セメント(株))
木村 守	((株)フクタ)	古賀 秀幸	((株)オリエンタルコンサルタンツ)
庄野 昭	((株)間組)	徳重 英信	(秋田大学)
奈良 裕	(青森太平洋生コン(株))		

五十音順 敬称略

施工 WG 委員構成

WG 長 万木 正弘 (弘前大学)
副 WG 長 遠藤 孝夫 (東北学院大学)

委員

伊藤 淳	(飛島建設(株))	遠藤 哲朗	(鹿島建設(株))
小山田 哲也	(岩手大学)	城門 義嗣	(秋田大学)
高橋 勝則	(鉄建建設(株))	奈良 裕	(青森太平洋生コン(株))
野口 晃	(三井住友建設(株))	榎谷 孝志	((株)ピーエス三菱)
三田 昌彦	((株)復建エンジニアリング)	渡辺 友吉	((株)大林組)

五十音順 敬称略

維持管理 WG 委員構成

WG 長	加賀谷 誠	(秋田大学)
副 WG 長	阿波 稔	(八戸工業大学)

委員

遠藤 敏雄	((株)復建技術コンサルタント)	岸 憲之	((株)建設技術研究所)
小関 憲一	((株)復建技術コンサルタント)	斉藤 啓一	(JR 東日本コンサルタント(株))
曾田 信雄	(東日本高速道路(株))	渡辺 浩良	((株)ピーエス三菱)

五十音順 敬称略

東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン（案）

目 次

1章 総則	1
1.1 適用範囲	1
1.2 用語の定義	5
2章 構造物の建設に関する基本	7
2.1 一 般	7
2.2 構造物建設の基本	13
2.2.1 計 画	13
2.2.2 設 計	13
2.2.3 施 工	15
2.2.4 検 査	16
2.3 協議事項	18
2.3.1 設計段階における協議事項	18
2.3.2 施工段階における協議事項	19
2.4 責任・管理体制	21
2.5 構造物維持管理の基本	22
3章 要求性能	24
3.1 一 般	24
3.2 安 全 性	27
3.3 使 用 性	28
3.4 耐 久 性	28
3.5 その他の要求性能	30
4章 設 計	31
4.1 基本的事項	31
4.1.1 一 般	31
4.1.2 耐久性設計の原則	35
4.1.2.1 一 般	35
4.1.2.2 地域特性に配慮した設計計画	36
4.1.2.3 橋梁における設計計画	40
4.2 耐久性設計の留意事項	42
4.2.1 一 般	42
4.2.2 かぶり・水セメント比	45
4.2.3 鋼材の防錆処理	47

4.2.3.1 鉄筋	47
4.2.3.2 PC鋼材	48
4.2.3.3 埋設型枠	48
4.2.4 剥落防止対策	49
4.3 体積変化によるひび割れに対する照査	50
4.3.1 一般	50
4.3.2 温度および収縮ひび割れ	53
4.3.2.1 一般	53
4.3.2.2 ひび割れ発生確率の照査	54
4.3.3 ひび割れ体策	56
4.4 過密配筋対策および継ぎ手・定着	57
4.4.1 過密配筋対策	57
4.4.2 鉄筋の継手	58
4.4.2.1 一般	58
4.4.2.2 継手の構造細目	59
4.4.3 鉄筋の定着	60
4.4.3.1 一般	60
4.4.3.2 定着の構造細目	61
4.5 構造細目	62
4.5.1 一般	62
4.5.2 橋梁構造物	62
4.5.2.1 排水対策	62
4.5.2.2 防水対策	63
4.5.2.3 ひび割れ対策	65
4.5.3 ボックスカルバート	67
4.5.3.1 防水対策	67
4.5.3.2 ひび割れ対策	69
5章 コンクリートの製造	71
5.1 基本的事項	71
5.1.1 一般	71
5.1.2 コンクリートの品質に関する施工者との協議すべき事項	73
5.2 配合	75
5.2.1 一般	75
5.2.2 コンクリートの目標性能の設定	76
5.2.3 強度	76
5.2.4 耐久性	77
5.2.5 配合設計の手順	82
5.2.6 配合条件の設定	83

5.2.6.1	粗骨材の最大寸法	83
5.2.6.2	配合強度	83
5.2.6.3	水セメント比	85
5.2.6.4	AE コンクリートの空気量	86
5.2.7	材 料	87
5.2.7.1	一 般	87
5.2.7.2	セメント	87
5.2.7.3	練混ぜ水	96
5.2.7.4	骨 材	98
5.2.7.4.1	一 般	98
5.2.7.4.2	細 骨 材	100
5.2.7.4.3	粗 骨 材	106
5.2.7.5	混 和 材	108
5.2.7.6	混 和 剤	110
5.2.8	試し練り	112
5.2.8.1	一 般	112
5.2.8.2	試し練りの方法	113
5.2.9	配合の表し方	114
5.2.10	製造方法	114
5.2.10.1	一 般	114
5.2.10.2	材料の貯蔵	115
5.2.10.3	計量設備	118
5.2.10.4	材料の計量	119
5.2.10.5	ミキサ	121
5.2.10.6	練 混 ぜ	122
5.2.10.7	現場までの運搬	123
5.2.10.8	品質管理	126
5.2.10.8.1	一 般	126
5.2.10.8.2	コンクリート材料および補強材の品質管理	127
5.2.10.8.3	コンクリートの製造における品質管理	127
5.2.10.8.4	コンクリートの品質管理	128
5.2.11	試 験	129
5.2.11.1	試験方法	129
5.3	寒中コンクリート	130
5.4	暑中コンクリート	132
5.5	マスコンクリート	133
5.6	膨張コンクリート	136
5.7	短繊維補強コンクリート	142
5.8	高流動コンクリート	151

6章 施 工	156
6.1 一 般	156
6.2 施工計画	157
6.2.1 一 般	157
6.2.2 施工計画における検討項目及び施工方法の選定	158
6.2.3 コンクリートの施工性能の設定および配合の選定	159
6.2.4 施工計画の照査	160
6.3 施工上要求されるコンクリートの品質	161
6.3.1 一 般	161
6.3.2 均 質 性	161
6.3.3 ワーカビリティー	162
6.3.3.1 充てん性	162
6.3.3.2 ポンプ圧送性	168
6.3.4 凝結特性	169
6.3.5 施工上要求される強度	169
6.4 施 工	170
6.4.1 現場内での受入れ・打込み・締め固めおよび仕上げ	170
6.4.1.1 一 般	170
6.4.1.2 工場の選定	171
6.4.1.3 現場での受入れ	172
6.4.1.4 練混ぜから打終わりまでの時間	173
6.4.1.5 打 込 み	173
6.4.1.6 締 固 め	177
6.4.1.7 仕 上 げ	179
6.4.2 養 生	180
6.4.3 継 目	183
6.4.4 鉄 筋	186
6.4.5 型枠・支保工	189
6.4.6 寒中コンクリート	190
6.4.6.1 一 般	190
6.4.6.2 打込み	192
6.4.6.3 養 生	193
6.4.7 暑中コンクリートの施工	196
6.4.8 マスコンクリートの施工	198
6.4.8.1 一 般	198
6.4.8.2 打 込 み	201
6.4.8.3 養生・型枠	202
6.4.9 高流動コンクリート	203
6.4.9.1 一 般	203

6.4.9.2	運搬・打込み	206
6.4.9.3	表面仕上げ・養生・打継目	207
6.4.9.4	型 枠	207
6.4.9.5	施工時の品質管理	208
6.4.10	膨張コンクリート	209
6.4.11	施工中に生じた欠陥への対応	210
6.4.11.1	一 般	210
6.4.11.2	補修の要否の判定	211
7 章	検査及び工事記録	212
7.1	検 査	212
7.1.1	一 般	212
7.1.2	検査計画	214
7.1.3	補強材の受け入れ検査	216
7.1.4	レディーミクストコンクリートの受入れ検査	217
7.1.5	施工の検査	219
7.1.5.1	一 般	219
7.1.5.2	鉄筋工の検査	220
7.1.5.3	型枠工および支保工の検査	221
7.1.6	コンクリート構造物の検査	222
7.1.6.1	一 般	222
7.1.6.2	表面状態の検査	223
7.1.6.3	コンクリート部材の位置および形状寸法の検査	224
7.1.6.4	構造物中のコンクリートの検査	224
7.1.6.5	かぶりの検査	225
7.1.6.6	部材または構造物の載荷試験	226
7.2	工事記録	227
7.2.1	一 般	227
7.2.2	施工記録の保管	227
7.2.2.1	記録の項目	227
7.2.2.2	記録の保存	228
8 章	維持管理	229
8.1	基本的事項	229
8.2	構造物のカルテ	230
8.2.1	一 般	230
8.2.2	構造物カルテの作成	231
8.2.3	構造物カルテの保管と利用	234
8.2.4	構造物カルテの更新	234

8.3	維持管理の方法	235
8.3.1	一般	235
8.3.2	維持管理計画	236
8.3.2.1	一般	236
8.3.2.2	維持管理の区分と内容	238
8.3.3	診断	242
8.3.3.1	一般	242
8.3.3.2	初期の診断	242
8.3.3.3	定期の診断	244
8.3.4	対策	245
8.3.4.1	一般	245
8.3.4.2	対策の種類と選定	247
8.3.4.3	点検強化	247
8.3.4.4	補修	248
8.3.5	記録	251
8.3.5.1	一般	251
8.3.5.2	記録の方法	251
8.3.5.3	記録の項目	251
8.3.5.4	記録の保管	253
8.4	点検・調査	254
8.4.1	一般	254
8.4.2	初期点検	255
8.4.3	日常点検	256
8.4.4	定期点検	257

1章 総則

1.1 適用範囲

- (1) このガイドラインは、東北地方でコンクリート構造物を新規に建設する場合の計画、設計、コンクリート製造、施工、検査および維持管理の各段階における基本的事項を示したものである。
- (2) このガイドラインは、国土交通省東北地方整備局、日本道路協会道路橋示方書および土木学会コンクリート標準示方書等が定めるコンクリート構造物に関する各種規定・基準ならびに指針類を補完するものである。
- (3) 国土交通省東北地方整備局が定める土木工事共通仕様書における土木（河川、海岸、砂防、道路）およびこれらに類するコンクリート構造物の新規建設工事には、このガイドラインを参考にするとよい。

【解説】 (1)について 今日、わが国のコンクリート構造物の設計、施工および維持管理は、土木学会コンクリート標準示方書をはじめ、構造物を管理する所轄省庁および民間企業等が定めた各種技術基準に基づいて実施されている。これらの技術基準は、コンクリート構造物の設計、施工および維持管理に関する一般的な標準を示したものである。一方、わが国の国土は南北に長く、海水面からの高低差も激しい地形であり、季節による年間の気象条件が大きく変動することが知られている。その結果、骨材などのコンクリート材料品質の地域特性、構造物の建設期間中における気象作用の影響、供用開始後の構造物が受ける外力の影響等については、全国各地で千差万別であるといつて良い。

特に、東北地方は、冬季の寒冷に加え、日本海側においては厳しい風雪を伴い、山間部においては相当な積雪を伴う。また、日本海沿岸部においては、冬期において風雪を伴う激しい海水の飛沫が生じ、一部の地域では温泉水や温泉ガスが発生し、近年においては都市部における酸性雨などの発生が懸念されている。さらに、2008年6月に発生した岩手・宮城内陸地震や、今後の発生が確実視されている宮城県沖地震に代表されるように、わが国有数の地震多発地帯であることなど、コンクリート構造物が曝される環境条件は極めて厳しくかつ多岐にわたっている。

これらの状況を鑑みると、東北地区における土木コンクリート構造物の建設に適したコンクリート材料、配合、製造、施工および検査について必要となる事項について整理し、これを十分に理解したうえで所定の性能を長期にわたって有する、信頼性の高い土木コンクリート構造物を建設するための計画、設計、施工および維持管理を実施するうえで必要となる事項について取りまとめることは極めて重要である。

以上のことから、このガイドラインは、東北地方の気象条件やコンクリート材料などの諸特性を考慮し、東北地方における安全、安心かつ快適な国土の形成を構築する社会基盤となり得るコンクリート構造物の計画、設計、コンクリート製造、施工、検査および維持管理を達成するための基本的事項を示すこととした。

このガイドラインに記載されている内容は、これまで建設された東北地方にある多くのコンクリート構造物が、供用期間中に様々な耐久性上の不具合が原因で構造物の安全性、使用性等に支障を生じ、その結果、補修・補強をはじめとする何らかの対策を行わざるを得なかった事例などを教訓として、今後このような不具合を生じさせないために、周知徹底の上、滞りなく実施されるべき事項である。これらの内容は、コンクリート構造物の設計、施工、コンクリートの製造などのコンクリート構造物の各作業段階のみならず、構造物の工事契約に基づく建設中における協議、建設作業時期、竣工時の検査ならびに供用開始後の維持管理の体制や方法など、コンクリート構造物の建設全般にわたっている。また、これらの内容は大きく分けて以下の2つに分類することができる。

①東北地方に特有の地域特性を考慮した留意事項

②東北地方に関わらず、わが国のコンクリート構造物の建設における一般的な留意事項

①については、東北地方が冬期に厳しい寒冷条件となる気候を有すること、コンクリートに使用される骨材などの天然資源の諸物性が地域的に極めて多様であること、海水の飛沫や温泉環境、冬期の風雪などの厳しい環境が多数存在すること、さらには、地震などの自然災害が多発する地域であることなどから、東北地方においてコンクリート構造物の建設にあたり、特に考慮されるべき事項である。

冬期における厳しい寒冷条件は、コンクリート製造時の品質管理や施工時のコンクリート養生などにおいて特段の配慮を要する。これらの配慮を怠ると、供用開始前にひび割れ等の不具合を生じさせ、供用開始後のコンクリート構造物の性能を大きく低下させてしまう可能性がある。また、供用開始後の構造物にあっては、凍結防止剤の散布など、利用者の安全確保の観点からコンクリート構造物に劣化外力を作用させざるを得ない場合が生じる。

コンクリートに使用する材料の多様性は、コンクリート製造時の品質管理あるいは供用中のコンクリートの耐久性を確保するために特段の配慮を要する。これらの配慮を怠ると、コンクリート製造・施工段階における所要の施工性能を確保できないだけでなく、供用開始後のコンクリート構造物に要求される性能を満足できなくなる可能性がある。また、昨今の天然資源の枯渇化を考えると、今後は産業副産物を有効利用する必要が生じる可能性も高い。

海水の飛沫や温泉環境、冬期の風雪などの厳しい環境が多数存在することは、構造物の計画、設計段階において特段の配慮を要する。これらの配慮を怠ると、供用開始後のコンクリート構造物に鋼材腐食をはじめとする早期劣化などの事態を引き起こす可能性がある。

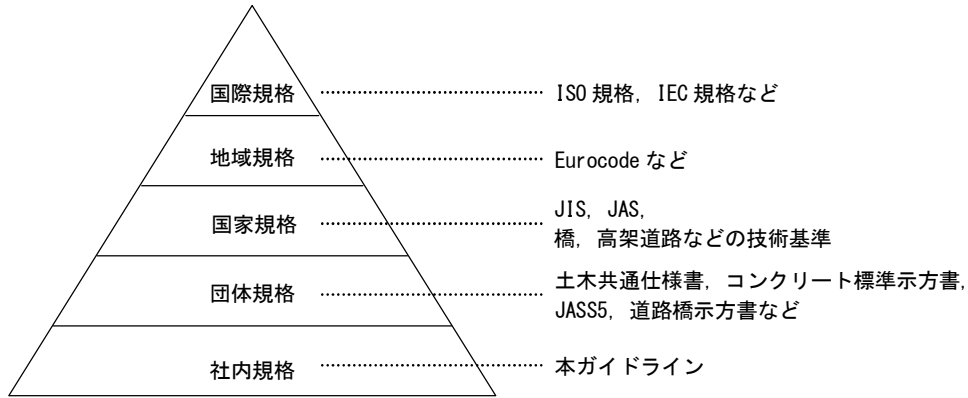
地震などの自然災害が多発する地域であることは、自然災害によって構造物の倒壊などが生じるリスクが高く、このことは構造物の計画、設計段階において特段の配慮を要する必要性をもたらすものである。これらの配慮を怠ると、災害発生後のコンクリート構造物に対して所定の構造安全性を確保することが困難となり、利用者の安全性をはじめ、復旧作業を滞らせる可能性がある。

また、②については、先に示した諸指針に準じてコンクリート構造物を建設したとしても、実際にコンクリートを製造、施工する段階において確かなものづくりを遂行するうえで留意されるべき事項である。なお、これらの事項についても、①に示した東北地方に特有の気象条件や、材料の地域特性、予想される自然災害などを十分に理解したうえで留意することが重要である。

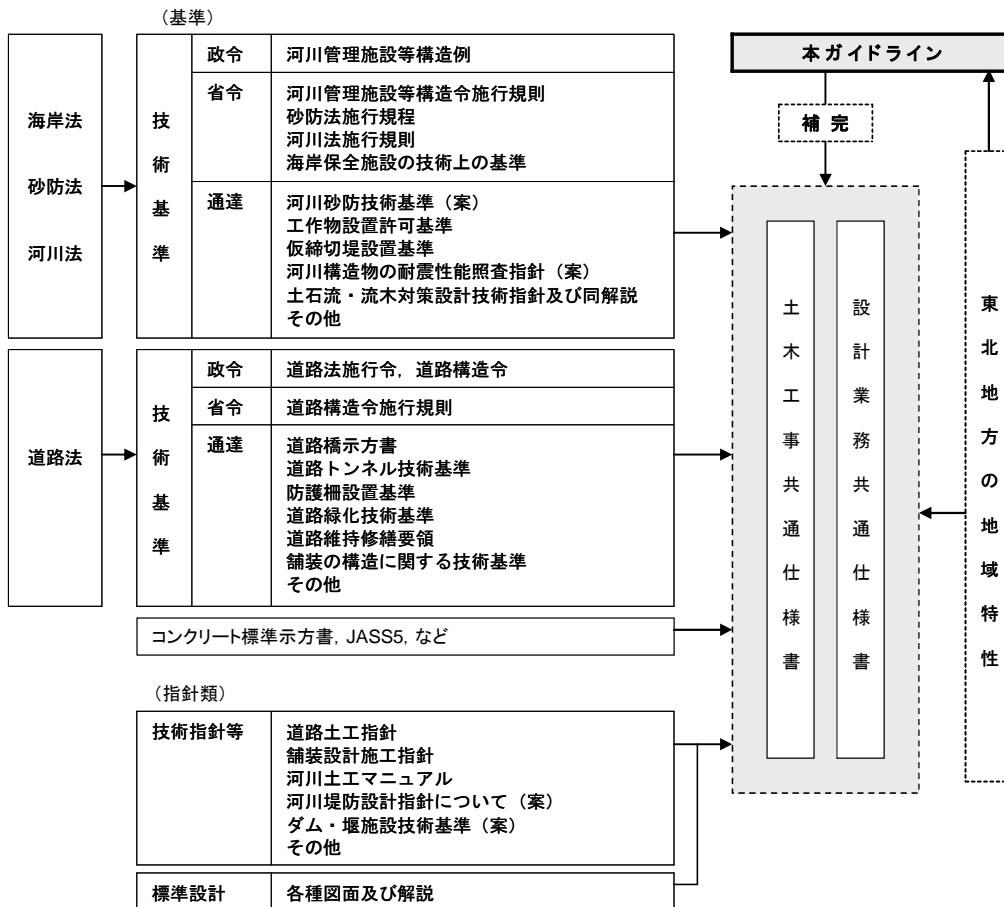
(2)について このガイドラインは、日本道路協会 道路橋示方書および土木学会 コンクリート標準示方書および国土交通省が定めるコンクリート構造物に関する各種規定・基準や指針（土木工事共通仕様書、土木

工事設計要領、土木工事施工管理の手引など）を補完するものである。

規格・基準類には、解説 図 1.1.1 に示すような階層性があり、最上位には国際規格である ISO 規格（国際標準化機構）、IEC 規格（国際電気標準会議）がある。次に地域規格があり、欧州で制定されている EN（欧州規格）が含まれている。その次に国家規格が位置し、JIS（日本工業規格）や JAS（日本農林規格）がこれに



解説 図 1.1.1 規格の階層におけるこのガイドラインの位置づけ



解説 図 1.1.2 各種基準類およびこのガイドラインの位置づけ

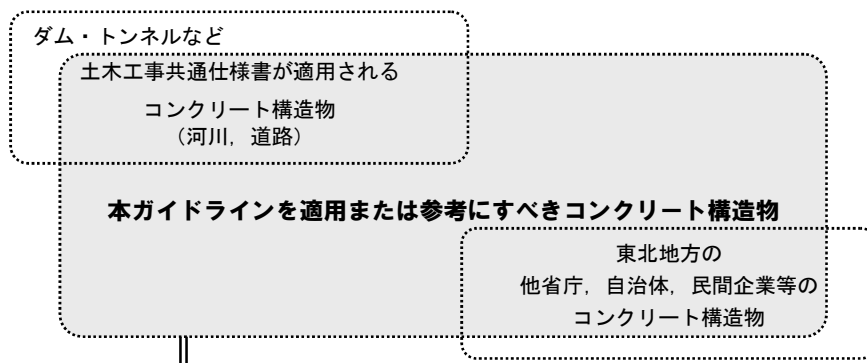
対応する。その下に団体規格があり、日本道路協会 道路橋示方書、土木学会 コンクリート標準示方書などがこれに相当する。また、法律により、強制規格の一部に位置付けられるものも多くある。その下に、社内規格があり本指針はここに位置づけされる。道路構造物の場合は、**解説 図 1.1.2**に示すように、道路法に定められた技術基準や技術指針、標準設計などの指針類などから土木工事設計要領が定められている。このガイドラインはこれらを補完するものである。

(3)について このガイドラインは、東北地方において新たに建設されるコンクリート構造物の工事に適用することを基本としている。また、このガイドラインは、国土交通省東北地方整備局が定める土木工事共通仕様書（以下、仕様書と記す）に記載された内容を補完することを念頭において作成されたため、仕様書に記載されている土木（河川、海岸、砂防、道路）およびこれらに類するコンクリート構造物の建設工事にあたっては、このガイドラインで示した事項を参考にしなければならない。

なお、仕様書が適用される土木構造物としてダムが含まれるが、ダムの建設にあたっては、構造物の計画および設計、材料の調達、コンクリートの製造、施工管理など、一般のコンクリート構造物に適用される一般の標準とは大きく異なるものであることから、このガイドラインの適用の範囲外とした。ただし、ダム施設のうち、洪水吐や付帯設備などの構造物については、一般の構造物と同様の設計、施工、維持管理が成されることから、このガイドラインを参考にするのがよい。また、東北地方において新規に建設されるそれ以外の構造物についても、このガイドラインを参考にし、設計、施工および維持管理するのが望ましい（**解説 図 1.1.3 参照**）。

このガイドラインは仕様書を補完する目的で、土木学会コンクリート標準示方書をはじめとするその他の規準類を参考にし作成されたものである。その概要は**解説 図 1.1.2**に示したとおりであるが、東北地方における既存のコンクリート構造物の劣化状況などを省みると、橋梁における支承部や桁端部、排水処理設備、点検路、プレストレストコンクリート部材の維持管理（点検、調査、健全度評価、劣化予測、補修等）方法など、東北地方の地域特性を考慮した構造物の設計、施工および維持管理にあたって特に入念な配慮を要する事項があり、これらは**解説 図 1.1.2**に示した諸規準類では十分に対応することが困難な場合がある。これらの点については、以下に示すいくつかのマニュアル類を参考にするとよい。

- ・土木学会 鋼構造シリーズ 17「道路橋支承部の改善と維持管理技術」
- ・プレストレストコンクリート建設業協会「プレストレストコンクリート構造物の補修の手引き（案）」
- ・塩害橋梁維持管理マニュアル（橋梁塩害対策検討委員会）
- ・温海地区塩害橋対策技術報告書（建設省東北地方整備局 酒田工事事務所）（資料V）



東北地方の地域特性を考慮したものづくり

解説 図 1.1.3 東北地方のコンクリート構造物の新規建設におけるこのガイドラインの位置づけ

1.2 条文の用語の定義

このガイドラインでは、次の用語を新たに定義する。

協議：工事（もしくは業務）の発注者と工事（もしくは業務）の請負者（受託者）が対等な立場で合議し、結論を得ること。

三者会議（工事調整会議）：工事着手前に当該工事の施工者、その設計を担当したコンサルタントならびに発注者が参加して、設計図と現場の整合性の確認、設計意図の伝達および施工計画の妥当性の検証等を行う場。

凍結防止剤：路面の凍結を防止し、冬期の道路機能を確保するために散布する材料で、主に塩化ナトリウム・塩化カルシウムが使用されている。

モニタリング：構造物や部材にセンサなどを設置し、構造物や部材の状態を把握すること。

【解説】 土木共通仕様書、JIS およびコンクリート標準示方書などでは、その条文ならびに解説においてある特定の概念などを記述するために定義すべき用語があるため、これらが用語の定義として示されている。本章で示したとおり、このガイドラインは、土木共通仕様書を補完し、JIS およびコンクリート標準示方書等と相互に機能するものであるため、基本的にはこれらの各技術基準で定義されている用語は、これらに準拠するものである。

しかしながら、これらの技術基準に記載されている用語のみでは、このガイドラインで記述した内容を明確にするためことが困難な用語については、ここで改めて定義することとした。

「協議」について 一般に、協議とはある案件に関して複数の関係者が審議し、何らかの結論を導く行為を言うが、このガイドラインでは、工事（もしくは業務）の発注者と工事（もしくは業務）の請負者（受託者）が対等な立場で合議し、結論を得ることとした。

「三者会議（工事調整会議）」について 一般に、三者会議は、国土交通省が発注する工事において工事着手前に当該工事の施工者、その設計を担当したコンサルタントならびに発注者が参加し、設計図と現場の整合性の確認、設計意図の伝達および施工計画の妥当性の検証等を協議する場として実施されている。ただし、その呼称については様々なものがあったため、このガイドラインでは、三者会議の当事者が誰であることを明確にするために、用語として定義した。

「凍結防止剤」について 寒冷地の道路路面は、利用者の安全を確保するために、主に塩化ナトリウムや塩化カルシウムを散布して路面の凍結を防止している。このような目的で散布される物は、凍結防止剤、凍結抑制剤あるいは防凍剤などと呼ばれることがあるが、このガイドラインでは、これらを凍結防止剤と称することとした。なお、近年においては、凍結防止剤として散布される塩化ナトリウムや塩化カルシウムは、固形物ではなく、水に溶解させて液体として散布される場合があり、散布される剤の濃度が必ずしも飽和状態でない場合もあるが、これらも一括して凍結防止剤として取り扱うこととした。

「モニタリング」について モニタリングとは、必ずしも構造物や部材にセンサなどを設置し、構造物や部

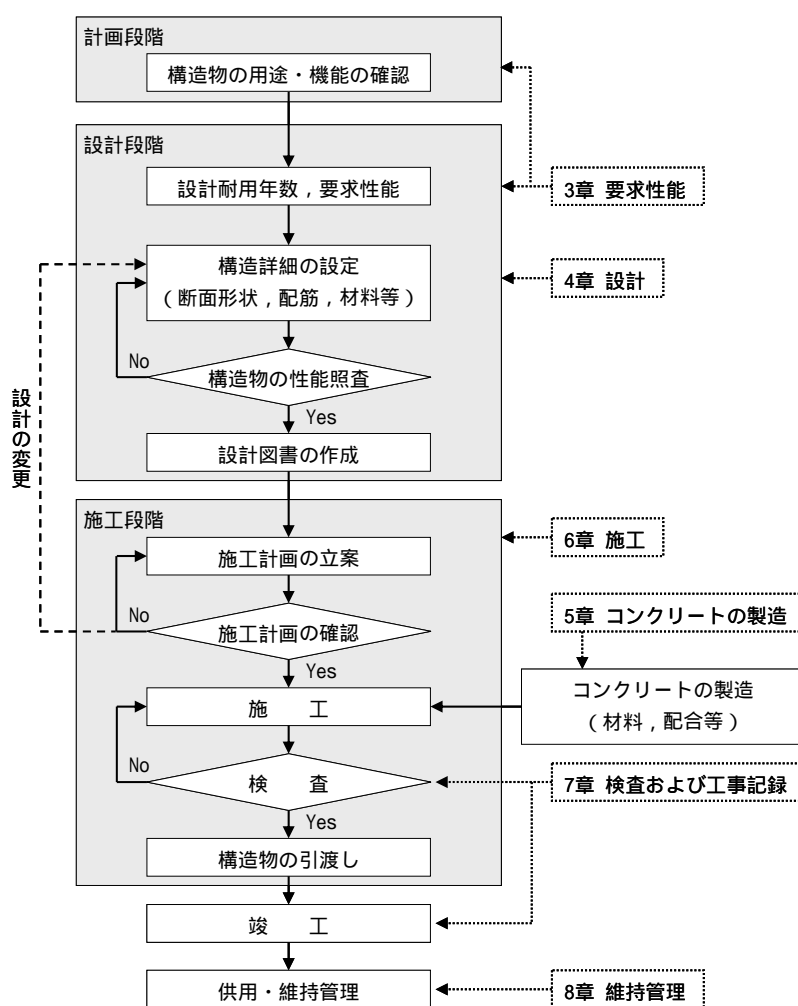
材の状態を把握することのみを指す用語ではなく、一般的には、ある対象物に対して常時何らかの情報を監視するためのシステム全般を指すものである。したがって、このガイドラインでは、コンクリート構造物に対して安全性や機能性、耐久性に関する情報を監視するためのシステム全般をモニタリングと定義することとした。

2章 構造物の建設に関する基本

2.1 一般

コンクリート構造物の新規建設にあたっては、コンクリート構造物が所要の性能を満足するよう、建設の前提条件となる計画に関する事項、設計、コンクリート製造、施工などのコンクリート工事に関する事項、これらの各段階における協議に関する事項、構造物の検査、引渡しに関する事項、および供用開始後の維持管理に関する事項について検討しなければならない。

【解説】 解説図 2.1.1 に、コンクリート構造物の計画、設計、コンクリート製造、施工、検査および維持管理に関する各段階の流れと、このガイドラインで示した各章との位置付けを示す。



解説図 2.1.1 このガイドラインにおける各章の位置づけ

このガイドラインに示された内容は、東北地方のコンクリート構造物の新規建設にあたり、供用開始時点におけるコンクリート構造物が所要の性能を満足するよう、建設の前提条件となる計画、設計、施工、コンクリート製造およびこれらの各段階における協議、構造物の検査、引渡し、供用開始後の維持管理に関して留意すべき基本的事項を示したものである。したがって、この章では、コンクリート構造物の新規建設における設計、施工段階の工程を図で示し、作業の流れを明確に示すこととした。

コンクリート構造物の建設プロセスにおける計画段階、予備設計段階および詳細設計段階における作業の流れを解説 図 2.1.2 に示す。計画段階では、構造物の建設の前提となる事業計画および事業実施計画に基づき、構造物の用途、建設場所および規模を発注者が定める。発注者は、関係機関との協議ならびに周辺住民への説明を行い、事業計画および事業実施計画に基づいて定めた構造物の用途、建設場所および規模について予め合意を得ておく必要がある。

予備設計段階では、設計者は、構造物の設計耐用年数および要求性能を基本条件として明確にし、これらが上位計画の内容を満足するか否かを照査する。なお、3 章には、構造物の設計耐用年数および要求性能の目安となるよう、代表的な構造物およびそれらを構成する部材を対象に、一般的に要求される性能および設計耐用期間が示してある。また、設計者は、工場製品の活用に関する検討、新材料・新工法の採用に関する検討、安全性、使用性、耐久性、経済性、施工性、景観、維持管理、環境負荷などに関する検討、供用後の維持管理計画に関する検討を予備設計段階において行ない、これらがいずれも上位計画に基づいて定められた基本条件を満足することを照査し、構造物の種類や形式を決定する。なお、設計者は、決定した構造物の種類や形式について関係機関との協議および学識経験者らとの意見交換を行い、周辺住民への説明を実施して予め合意を得ておく必要がある。発注者は、予備設計段階で必要となる検査計画を定めておく必要がある。

なお、工場製品については、使用材料、製造工程および製品自体の管理が行いやすいので、品質への信頼性が高く、施工に際しても天候などの影響を受けにくいなどの様々な利点を有する。このため、予備設計段階で工場製品を採用する場合があるが、その際の検討内容はこのガイドラインでは明記していない。しかしながら、工場製品の使用により、設計、施工および維持管理の合理化、効率化が図れると判断される場合には、これを使用するためのしかるべき検討を行なうのが望ましい。

詳細設計段階では、設計者は、予備設計段階で定められた基本条件、構造物の種類や形式に基づき、構造物の断面形状、配筋条件、使用する材料やコンクリートの配合条件などの詳細設計条件を定める。また、設計者は、詳細設計条件を満足する構造物が上位計画に基づいて定められた基本条件を満足するか否かを照査しなければならない。なお、発注者は、詳細設計段階で必要となる検査計画を定めておく必要がある。

また、詳細設計段階においては、設計者は、現地調査や資料収集などを実施し、コンクリートに使用される材料特性、供用後の構造物が曝されると想定される気象作用や凍結防止剤の散布などの外力、地震の作用などについて東北地方の特性として十分に把握するとともに、構造物の施工段階における初期段階のひび割れ（温度ひび割れ、乾燥収縮によるひび割れ）や、供用期間中の構造物に生じる可能性のある変状などを想定した維持管理計画を予め検討しておくことが重要である。特に、過密な配筋が予想される構造物の場合には、コンクリートの施工性能に関しても十分に検討しておくことも重要となる。なお、これらの検討内容について、設計者は、周辺住民への説明を実施して予め合意を得ておく必要がある。4 章には、これらの事項に関する検討の手順等が示してある。以上のプロセスを経た後、設計者はこれらの検討結果を設計図書に記し、これを受領した発注者が施工者に引き継ぐ。

2章 構造物の建設に関する基本

コンクリート構造物の建設プロセスにおける契約段階、施工計画段階、施工段階、竣工段階および維持管理段階における作業の流れを解説 図 2.1.3 に示す。なお、解説 図 2.1.3 にはコンクリートの製造段階が記されていないが、コンクリートの製造については、5章にまとめて記した。

コンクリートの製造段階では、所定の性能を満足するコンクリートを製造するために、使用材料、配合設計から練混ぜ、現場までの運搬について、十分に検討しておくことが重要となる。特に、東北地方では、コンクリート容積の 70~75%を占める骨材の品質が極めて多様であり、このことが構造物の性能に直結する硬化後のコンクリートの性能に影響を及ぼし得ることが少なくない。特に、骨材のアルカリシリカ反応性や耐凍害性など、東北地方であるが故により一層の注意を払って検討する必要がある事項が多い。また、冬期の厳しい寒冷条件を考慮すると、使用するセメントや化学混和剤の選定ならびに使用量など、より入念な品質管理が要求される。したがって、5章には、地域特性を考慮したコンクリートの製造方法についての標準が示してある。なお、このガイドラインでは、既往の工事実績やコンクリートの品質管理の簡便さを勘案して、レディーミクストコンクリートの使用による構造物の新規建設を基本とした。

施工計画段階では、施工者は、設計成果・設計情報に基づいて契約した工事の内容について関係機関との協議および周辺住民への説明を行う必要がある。また、施工者は、設計成果・設計情報に基づいて契約した工事の内容を照査し、何らかの事由により施工が困難と判断された場合には、発注者、設計者および施工者からなる三者会議で協議を行い、施工が可能であることを確認しておかなければならない。これを経た後、施工者は、工程、施工管理、レディーミクストコンクリート工場の選定、コンクリート配合、運搬・打設、打継ぎ目、ひび割れ抑制対策、養生などについて、それぞれ計画を立案し、照査および協議の手続きを経て施工計画を決定する。特に、寒冷期におけるコンクリートの養生方法や、初期欠陥が発生した場合の対処方法などについては、供用後のコンクリート構造物の性能に大きく影響を及ぼすものであるため、示方書等で示されている事項のみならず、建設現場の状況を十分に把握したうえで入念な施工計画を立案する必要がある。したがって、6章には、コンクリート構造物の施工に関する基本的事項を示すとともに、東北地方の特性を考慮した施工方法に関して留意すべき事項を示している。なお、施工者は、施工計画が決定した段階で、その内容について改めて関係機関との協議および周辺住民への説明を行う必要がある。発注者は、施工計画段階で必要となる検査計画を定めておく必要がある。

施工段階では、設計段階で定められた基本条件を満足するコンクリート構造物を構築するために、定められた施工計画に基づき施工を行う。施工段階では、発注者は、監督員としてコンクリートの受入れ、打設・養生などの各段階について検査を実施し、構造物となるコンクリートが所要の性能を満足し、計画段階で定められた基本条件を満足しているか否かを入念に確認する必要がある。したがって、7章では、検査の内容とともに、検査を行う者が誰であるかを明確にし、記録として保存すべき内容などが示してある。

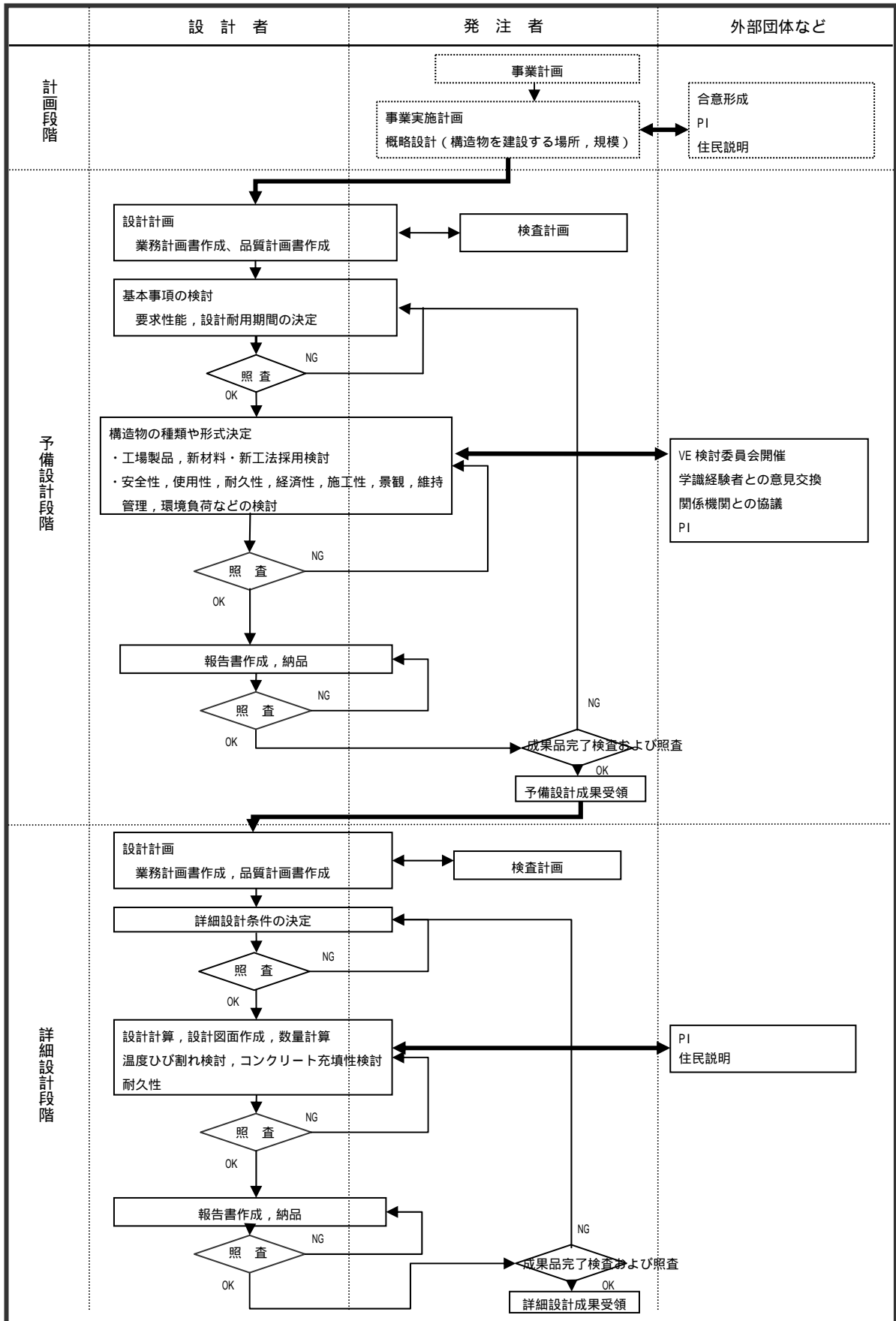
コンクリート構造物の建設における検査は極めて重要な行為である。検査の方法には、書類による検査のほか、実際の構造物を直接検査する方法があり、竣工時の構造物に対して発注者が実施する検査、施工の各段階において実施されるプロセス検査、施工者がレディーミクストコンクリートやその他の資材を受け入れる際に実施する検査など、実施者と実施内容によって多種多様なものがある。また、検査によって得られた構造物に関する種々の情報は、記録として保存することにより、供用後の構造物の維持管理をより効率的に行なうことが可能となる。

竣工段階および維持管理段階では、設計図書や施工段階における工事記録などが、供用開始後の構造物の

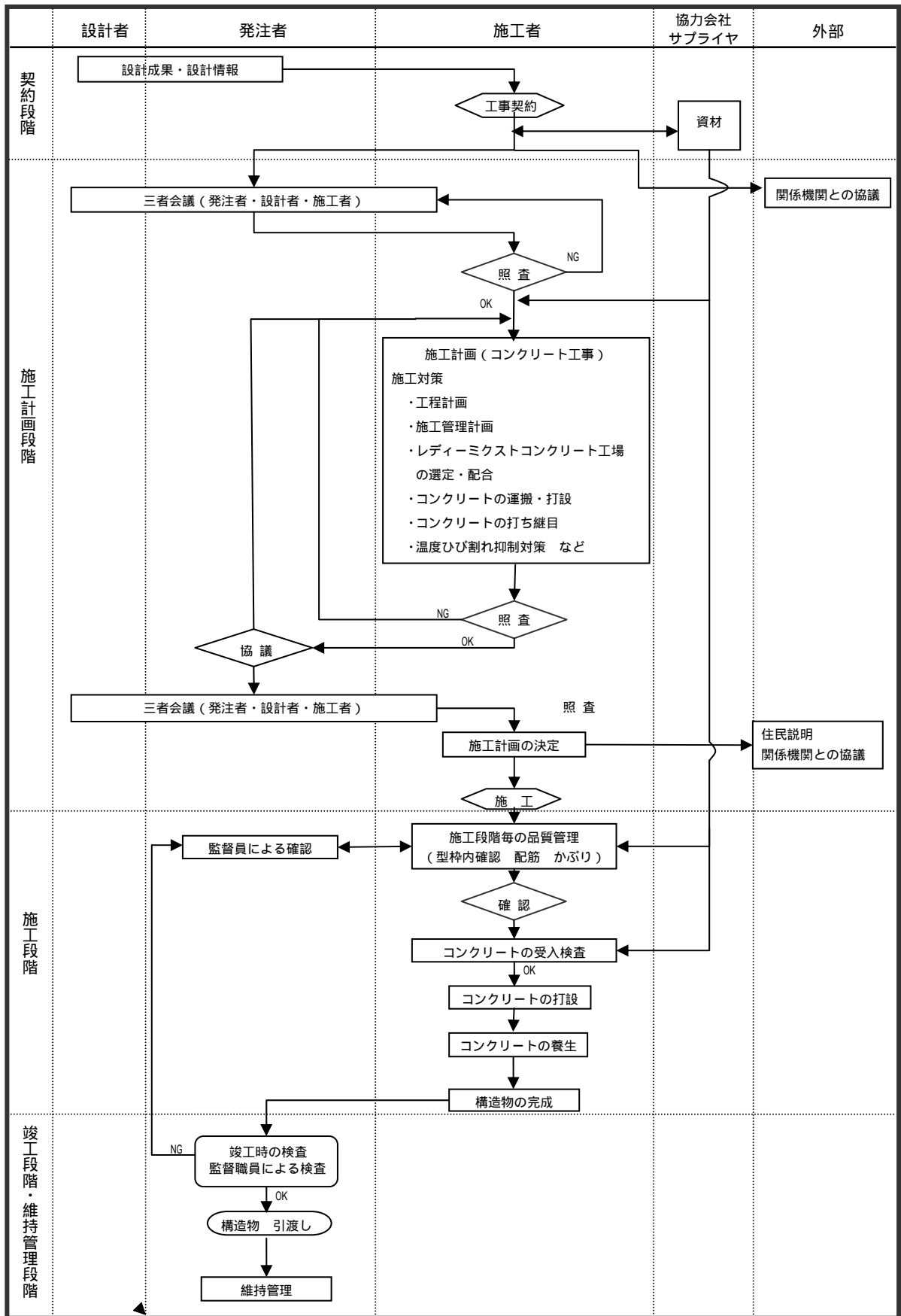
初期の状態を把握するうえでの最も重要な基礎資料となる。したがって、8章では、供用中の構造物の維持管理を効率よく実施するために、供用開始段階で入手すべき事項を示すとともに、維持管理データベースの運用方法、データベースの基礎となるカルテのフォーマットなどを示している。

以上の通り、このガイドラインでは、計画、設計、コンクリート製造、施工、検査、維持管理の各段階において留意すべき基本的事項を示している。また、一般に、構造物の建設にあたっては発注者、設計者、施工者、材料メーカーなどの様々な組織が関係することから、本章では、構造物の建設プロセスを明示し、それぞれの組織がどの段階でどのような業務を実施するのかを明らかにし、構造物建設における責任の所在と監督・検査行為の実施体系を示した。

2章 構造物の建設に関する基本



解説 図 2.1.2 コンクリート構造物の建設プロセス例（設計段階）



解説 図 2.1.3 コンクリート構造物の建設プロセス例（施工段階）

2.2 構造物建設の基本

2.2.1 計 画

- (1) 発注者は、構造物建設の前提となる事業計画および事業実施計画に基づき、構造物の用途、建設場所および規模を定める。
- (2) 発注者は、事業計画段階で事前に関係機関との協議ならびに周辺住民への説明を行い、予め合意を得ておく必要がある。
- (3) 発注者は、各段階において検査計画を立案しなければならない。

【解 説】 (1)について 構造物の発注者は、計画段階で構造物の重要度、用途・目的を考慮したうえで構造物の要求性能を明確にし、建設場所および規模を定めなければならない。

(2)について 今日、行政計画への市民参加が叫ばれて久しく、地域や事業の特性に配慮した円滑な事業を推進するためには、早い段階での住民への事業周知と住民意見の反映が不可欠となっている。したがって、発注者は、住民の計画に対するニーズの把握や意識向上のために住民参加型（PI：パブリック・インボルブメント）手法などを用いて予め住民の合意を得ておく必要がある。

(3)について 発注者は、設計（予備設計、詳細設計）および施工の各段階で、構造物の重要度、用途・目的を考慮したうえで設計図書を参考にして、确实かつ効率的、経済的な検査計画を立てる必要がある。一般に検査は、工事の種類および規模、人員配置、施工の時期、工事期間、材料や適用する施工方法の信頼性、工事従事者の熟練度、次の段階の作業工程への影響度、効率などを考慮して計画する。検査計画書には、その具体的な実施内容・検査の判定基準など記載する。

2.2.2 設 計

- (1) 設計者は、発注者が定めた事業計画に基づいて、構造物の種類、部材ごとに要求性能および設計耐用期間などの基本条件を明確にしなければならない。
- (2) 予備設計段階において、設計者は構造物の安全性、使用性、耐久性や景観、施工性、経済性、維持管理の容易さ、さらには環境負荷低減などを考慮して 構造物の種類や形式を決定しなければならない。なお、その際には、工場製品の使用や新技術、新材料の導入を含めて検討を行わなければならない。
- (3) 詳細設計段階において、設計者は構造物の機能・性能を考慮して構造計算を行い、要求性能を満足することを照査しなければならない。
- (4) 設計者は、構造物の重要度、環境条件などに応じて維持管理区分を設定するとともに、維持管理基本計画を明らかにする必要がある。

【解 説】 (1)について 構造物に応じて必要な要求性能は、安全性、使用性および耐久性である。その他、環境との適合性、景観および構造物の維持管理のし易さなどの要求性能がある。これらの性能に直接・間接

に影響を与える因子にひび割れがあり，設計者はひび割れの抑制およびその制御を要求性能として満足させる必要がある．

構造物の設計耐用期間は，設計者が，構造物に要求される供用期間と維持管理の方法，環境条件および構造物に求められる耐久性能，経済性を考慮して定めるものであり，3章 解説 表 3.1.1 を参考に，構造物，部材の種類ごとに設計耐用期間を設定しなければならない．

(2)について 設計者は，構造物または部材に用いるコンクリート，鉄筋，PC 鋼材および構造用鋼材について，使用目的，環境条件，設計耐用期間，施工条件などを考慮して予備設計時より適切な種類，品質を明確にする必要がある．また，構造物の種類や形式決定に際しては，東北地方に特有の地域特性や気象環境などを十分考慮して決定する必要がある．

工場製品は一貫して管理された工場において継続的に製造されるので品質の信頼性が高いうえに，施工の観点からも工期が短縮できることや天候などの影響を受けにくいことなどの利点があり，適用部位を適切に選定すれば現場打ちコンクリートよりも所要性能を容易に発揮することが期待できる．したがって，設計者は，予備設計段階において施工性，経済性，構造的性，維持管理などを総合的に考慮して適用効果が期待できる部材，部位については工場製品の使用についても検討する．なお，その際，使用する工場製品はこのガイドラインで求める耐久性の水準を満足していることを予め確認しておかなければならない．一方，工場製品自体が所要性能を有する場合でも，現場における部材や製品の結合方法や取り付け方法が適切でない場合，工場製品と現場打ちコンクリートの一体性が損なわれた場合などは，所要性能を期待できないことがあるため，構造物全体の性能を確認しておくことが大切である．

また，従来の手法では対応困難な構造物や部材，およびコスト縮減効果のある構造物や部材については，国土交通省の NETIS などを有効活用し，東北地方の気象条件に適合するかを検証してから新技術・新材料の採用を検討する必要がある．

(3)について 設計者は，構造物の機能・性能を考慮した構造計算，要求性能の照査を詳細に行い，設計図書を作成する．ここで，設計に関する構造細目は，道路橋示方書，土木学会コンクリート標準示方書，土木工事共通仕様書およびこのガイドライン 4 章に従わなければならない．

詳細設計においては，コンクリート構造物の所要の性能に影響する初期ひび割れが施工段階で発生しないように，初期ひび割れの検討を行うことを原則とする．特に東北地方においては季節によりひび割れの影響が大きいため注意する必要がある．また，ひび割れ照査を行うためセメントの選定などについて考慮する必要がある．

(4)について 設計者は，構造物に耐久性を持たせるために，東北地方に特有の気象条件や材料の地域特性，予想される自然災害を十分に理解したうえで予備設計時から維持管理について考慮すべきである．構造物およびその部位，部材は，それぞれに重要度，予定供用期間，環境条件などが異なる．このような条件が異なる構造物を全て同様の条件で維持することは，決して合理的な管理とはいえないので構造物の状況に応じた適切な維持管理区分を設定することも維持管理基本計画を策定するうえで重要である．

また，発注者は，設計段階において発注者と設計者のみでは技術的な見解にバラツキが生じると判断した場合は，学識経験者などを交えて検討することが望ましい．

2.2.3 施 工

- (1) 施工者は、設計図書に示されたコンクリート構造物を構築するために、適切な施工計画を立案し、施工計画に基づいて確実に工事を実施しなければならない。
- (2) 発注者は、施工時期、設計図書と現場の整合性、設計者の設計意図の伝達および施工計画を立案する条件を確認するため、三者会議を開催し工事の内容をどうすればよいか、関係機関との協議および周辺住民への説明を行う必要がある。
- (3) 東北地方の環境において、構造物の初期欠陥は耐久性能に将来致命的な影響を与える可能性が大きいいため、施工者はこの防止に努めなければならない。

【解 説】 (1)について 設計で定めた諸性能（安全性、使用性、復旧性、耐久性等）を満足するコンクリート構造物を構築するために、施工者は、東北地方の特有な気象環境に応じて適切な施工計画を立案し、その施工計画に従って確実な施工を行なわねばならない。

東北地方における気象の特徴は、夏はたびたび猛暑に見舞われ、冬は多雪で寒冷な厳しい気象環境にある。また、日本海側においては厳しい風雪を伴う激しい海水の飛沫が生じ、山間地では相当な積雪を伴うなど、コンクリート構造物が曝される冬季の環境条件は極めて厳しい。これらの状況を鑑みて、東北地区におけるコンクリート構造物の建設に当たっては、より信頼性の高いコンクリート構造物を建設するため、発注者は、特に、冬季のコンクリート施工とならないよう施工時期を定める必要があり、設計者および施工者も、各立場において施工計画を立案すべきである。しかしながら、河川構造物の湧水期施工等やむを得なく冬期施工となる場合があり、この場合は寒中コンクリートの仕様を適用するなど適切な施工計画をたてて品質の確保に努める必要がある。

(2)について 発注者は、施工計画の立案に当たり、実際の施工条件と設計時に想定した条件との整合や設計意図の伝達などを効果的に行なうため、発注者と施工者および設計者の三者会議により様々な問題について協議・検討するのがよい。また、施工の途中においても当初の条件と異なった場合などに、三者会議によりその解決策を協議するのが望ましい。

(3)について

・ワーカビリティの改善による初期欠陥の防止

最近のコンクリート構造物では耐震性の確保を目的として鋼材量が増加する傾向にあり、過密配筋状態やPC構造物などに代表される複雑な形状の構造物が増えてきた。こうした構造物に標準的なコンクリートを標準的な方法で打込み、締め固めた場合に、所要の品質を得ることが困難となってきた。

その対処方法として、鋼材量や鋼材のあきおよび部材・部位ごとに所要のワーカビリティを確保できる最小スランプの目安を6.3.3.1に規定した。このスランプによる改善を実施する場合は、材料分離を生じさせないようにその抵抗性に注意を払う必要がある。

また、スランプでの改善に抛り難いと判断される場合には、高流動コンクリートを採用し密実なコンクリートとすべきである。

・施工計画における初期欠陥の防止

実際のコンクリート構造物では、鋼材のあきが主鉄筋、配力鉄筋、スターラップ、帯鉄筋、用心鉄筋で

は確保されていても、それらの交差する部分、組立鋼材、継ぎ手部分、フックなどがある場合やシースなどが複雑に配置されている場合には、所定のあきが確保できない部位が生じることがある。また、打込みにあたっては、コンクリートポンプの筒先の挿入が不可能な場合や、締固めに使用するパイプレータが下部まで挿入できない場合もある。

このような場合の対処方法として、鋼材のあきは、事前に設計図書で確認し、鉄筋を束ねるなどの処置を検討し、必要なあきを確保することが必要である。

・十分な初期養生で初期欠陥の防止

養生の基本は湿潤状態に保つことであり、特に、コンクリートの打込み直後、早い段階で乾燥を防ぐためコンクリートを覆い、水分を与えることが重要である。その意味について6.4.2に記述した。

・寒中コンクリート対策による初期欠陥の防止

コンクリートの施工はできるだけ冬期間を避ける必要はあるが、特に湯水期の作業となる河川内工事などでは止む無く冬期に実施せざるを得ない場合がある。この場合は、適切な養生を行うことが耐久性に富んだコンクリートに最も重要なことである。適切な養生とは、シートを被せて保温することで十分な場合もあるが、多くの場合は型枠や足場、支保工を含めた覆いが必要となり、その空間全体が必要な養生温度が保てる構造としなければならない。

つまり寒中の養生は打設後の付随的な仕事ではなく、打設前から養生のための構造体を構築し、隙間のないように覆い、打設中・打設直後はコンクリートの硬化に必要な温度を保ち続け、脱型後は散水作業や、散水して流れた水の排水処理までの一連の作業であることを認識しなければならない。

そのため、養生作業について計画し、詳細設計を行なって、発注者と協議することが望ましい。

2.2.4 検査

- (1) 検査は、設計・施工の各段階および完成時に、構造物の発注者の責任において実施しなければならない。
- (2) 発注者は、構造物の重要度、用途・目的を考慮し、検査計画を立案しなければならない。
- (3) 検査は、検査計画に従い、信頼性が保証された方法によって行わなければならない^{施)}。
- (4) 検査結果が合格と判定されない場合には、適切な処置を講じ、所要の性能を満足するようにしなければならない。
- (5) 発注者は、構造物の供用期間中において検査計画書および検査結果を保管しなければならない。

【解説】 (1)について 設計段階では設計成果が要求性能を満足するために、施工段階ではコンクリート構造物を設計図書どおりに構築するために、設計・施工の各段階においてその実施内容が妥当であるかどうかを検査する。設計段階で実施される安全性等の要求性能の照査、施工段階で実施される検査の両方を確認することによって、実際のコンクリート構造物の要求性能が保証される。したがって、検査は、構造物の発注者の責任において実施しなければならない。^{施)}

(2)について 構造物の発注者は、構造物の重要度、用途・目的を考慮したうえで、設計図書を参考にして、確実かつ効率的、経済的な検査計画を立てる必要がある^{施)}。検査計画には、当該構造物が設計図書どおりに

実現されていることを確認するために必要な検査項目，検査の方法および判定基準，実施時期，頻度，必要な人員等を記載しなければならない。

一般には，以下の検査を行うことを標準とする．また，検査の方法は7.1を参考にする．

- コンクリート用材料の品質検査
- コンクリート製造設備の性能検査
- コンクリートの品質検査
- 補強材の品質検査
- 施工の検査
- 構造物の検査

新しい材料や新しい施工法が採用され，上記 ~ の検査項目では施工の妥当性が判断できない場合は，これらの材料，工法に適した検査方法を設定しなければならない．このような場合には，発注者と施工者で事前に十分に協議し，検査内容を確認しておくことが特に重要である．

構造物が設計図書通りに実現できているかを確認するための検査は，各施工段階に対応して多岐にわたりに行われるため，発注者が全ての検査実務を担当することは，実際的ではない．このため，構造物の品質検査（施工の検査，構造物の検査）を除く材料の品質検査に関しては，土木学会 2007年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕16章にあるように施工者が行う検査として，施工者の責任において実施し，その結果を発注者が確認することで検査を遂行するのが現実的である．このためには，施工前に，構造物の発注者と施工者は検査に関して十分に協議し，構造物の発注者は検査計画書に，施工者は施工計画書に協議内容を反映させるのがよい．

(3)について 構造物の発注者は，検査によりコンクリート構造物の受取りの可否を判断するため，その方法は既往の技術的裏付けなど信頼性が保証されることが必要である．また，合否の判定基準は，契約における重要な合意事項の一つであり，客観的なものでなければならない．一般には，日本工業規格(JIS)や土木学会規準に定められた方法を用いる．土木学会 2007年制定コンクリート標準示方書〔施工編：検査標準〕には，これらの規格，規準にもとづき，標準的に用いる検査方法および検査結果の良否の判定基準を示している．

検査の責任者は，発注者またはその代理人とし，土木学会上級技術者，技術士（コンクリートを専門とする者），コンクリート主任技士またはこれらと同等以上の能力を有する者であることが必要である．

(4)について 施工のいずれかの段階で検査結果が「否」となった場合は，再び当該の段階の施工をやり直すか，対策措置を検討する．この際，採用する対策によってコンクリート構造物として所要の要求性能が確保されることを確認しなければならない．したがって，施工者は，やり直しの困難な施工作業に対しては，あらかじめ施工の手順および内容を入念に検討することが肝要である．^{施)}

検査結果が合格と判定されない場合で，対策措置も採れず，再施工も行えない場合は，その不具合がコンクリート構造物の要求性能に与える影響を評価し，解体して再構築する．維持管理計画を変更し供用する等，適切に対処する必要がある．

(5)について 検査記録は，コンクリート構造物が施工計画書どおりに施工されたこと，設計図書どおりに構築されたことを保証する資料であり，コンクリート構造物の供用期間中，保管しなければならない．検査記録は，7.2を参考に，必要な項目を適切な書式で保管する．特に，施工のいずれかの段階で「否」となった場合があるときは，これについて対策措置も含めて詳細に記録しておくことが重要である．^{施)}

【参考文献】

施) 土木学会 2007年制定 コンクリート標準示方書 施工編

2.3 協議事項

2.3.1 設計段階における協議事項

所要の性能を有する構造物を建設するために，設計段階では以下に示す項目について，発注者および設計者の間で協議を行うことを標準とする．

- 1)設計内容および履行期間の変更
- 2)本体および付属部分の基本条件
- 3)各部材の設計耐用期間および塩害対策区分
- 4)形式決定
- 5)工場製品使用
- 6)新技術・新材料採用
- 7)要求性能を満足するためのコンクリート配合・使用材料
- 8)ひび割れ抑制対策
- 9)過密配筋対策

【解 説】 設計業務は事業の川上にあたり，構造物のコスト，品質，耐久性，維持管理性などの各性能に大きく影響するため，着手時に設計計画を策定し，建設プロセス（解説 図 2.1.2 に業務プロセス）に応じて適切な時期に必要な項目について協議を行なうことを標準とする．各協議項目の概要は以下に示すとおりである．

- 1)受注者は業務着手時に設計書および特記仕様書に基づいて業務計画書を提出し，設計の範囲や工程，作業方針，作業体制，照査体制などを明確にしなければならない．作業中に業務内容の変更や履行期間の変更が生じた場合は，速やかに発注者と受注者で協議し，変更業務計画書を提出するものとする．
- 2)事業全体や当該構造物の基本的な設計条件について共通仕様書や技術基準との照合を行ない適切な条件かどうか検討する．
- 3)構造物の設計耐用期間は主要部材と副部材とでは，重要度，維持管理性やコストなどにより分けて考えた方が合理的である．このため，3章に示す設計耐用期間を基に検討し協議する．
飛来塩分および凍結防止剤散布の影響の塩害対策区分は，施工位置や環境条件によって大きく異なるため，各部位ごとに検討し協議する．
- 4)構造物の形式決定は，地形地質，構造特性，施工性，経済性，維持管理，環境との整合など総合的な観点から，技術的特徴・課題を整理し，評価を加えて監督職員と協議して決定する．
維持管理においては維持管理計画を LCC の観点等から検討し，構造物全体或いは部材ごとに管理区分を明確にしなければならない．また，施工性やコスト等の観点から工場製品や新材料・新工法の採用については 5)，6)に示すことを検討しなければならない．
- 5)工場製品は，使用材料，製造工程および製品自体の管理が行いやすく，施工においても天候などの影響

2章 構造物の建設に関する基本

を受けにくいことなどの利点を有している。このため、工場製品を使用することが好ましい構造物および部位を予備設計段階において検討し、採用について協議する。

- 6) 構造物の品質向上ならびに LCC の縮減には、新材料や新技術を適切に活用することも手段の一つである。このため、従来の手法では対応が困難な構造物や部材において、設計段階から検討が必要と思われるものに関しては、国土交通省の NETIS 等を有効活用し、新技術・新材料の導入を検討し、採用について協議する。
- 7) 構造物の供用環境や設計図面をもとにコンクリートが有するべき性能（塩害対策（凍結防止剤散布の影響を含む）、凍害対策、材料分離抵抗性、耐アルカリシリカ反応性等）を明らかにし、合理的な配合条件や使用材料の適用を協議する。
- 8) 詳細設計段階において、温度ひび割れの発生確率が高いと判断される場合は、温度ひび割れの抑制対策について検討する。温度ひび割れの検討は配合条件や打ち込み温度、型枠存置期間、養生条件など様々な設定条件を必要とするが、設計段階の検討では、標準的な条件のもとで実施し、施工への適切なアプローチとなるよう抑制対策を協議する。
- 9) 設計図面をもとにコンクリートの打込みが困難となる場所を抽出し、過密配筋と判断された箇所については詳細な調査を行い、対応方法を協議する。

2.3.2 施工段階における協議事項

所要の性能を有する構造物を建設するために、施工段階では以下に示す項目について、発注者および施工者の間で協議を行うことを標準とする。

- 1) 発注時施工条件と工期・施工時期および施工時間の変更
- 2) 施工管理
- 3) レディーミクストコンクリート工場の選定・配合
- 4) コンクリートの運搬・打設
- 5) コンクリートの打継目
- 6) 温度ひび割れ抑制対策
- 7) コンクリートの養生
- 8) コンクリート構造物の非破壊検査
- 9) 塩分の浸透防止
- 10) 特許権、建設副産物、環境対策、交通安全管理など

また、設計思想の効率的な伝達を必要とする場合は、発注者・設計者・施工者による三者会議を施工開始時や施工期間時でも実施するのがよい。

【解説】 良質な社会資本を効率的に整備するためには、受発注者間の意思疎通が必要不可欠であり、共通認識をもって協議の迅速化を図り、施工計画を立て、その施工計画に基づいて管理していくことが重要で

ある。工事の着手にあたって受注者は、任意仮設など一式計上されている事項や設計図書を照査して判明した漏れや不明確な内容について、発注者と協議し設計変更を円滑化する必要がある。各協議項目の概要は以下に示すとおりである。

- 1) 工事発注時施工条件と施工開始時および施工期間中の時間に関する施工条件が異なる場合には、設計図書に関して監督職員と協議し、施工を円滑に進めなければならない。
- 2) 請負者は、発注機関が定める「土木工事施工管理基準および規格値」により施工管理を行い、その記録および関係書類を直ちに作成、保管し、完成検査時に提出しなければならない。ただし、それ以外で監督職員からの要求があった場合は協議する。
- 3) レディーミクストコンクリートの品質は、工場の技術者の技術水準に左右される。請負者は、レディーミクストコンクリートを用いる場合には、JIS マーク表示認定工場または、JIS マーク表示認証工場（改正工業標準化法（平成 16 年 6 月 9 日公布）に基づき国に登録された民間の第三者機関（登録認証機関）により認証を受けた工場）で、かつ、コンクリートの製造、施工、試験、検査および管理などの技術的業務を実施する能力のある技術者（コンクリート主任技士等）が常駐しており、配合設計および品質管理等を適切に実施できる工場（全国品質管理監査会議の策定した統一監査基準に基づく監査に合格した工場等）から選定し、JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）に適合するものを用いなければならない。なお、重要構造物については、コンクリートの製造、施工、試験、検査および管理などの技術的業務を実施する能力のある上級技術者（コンクリート主任技士・技術士）が常駐している工場から選定するのが望ましい。
- 4) 請負者は、運搬車の使用にあたって、練り混ぜたコンクリートを均一に保持し、材料の分離を起こさずに、容易に完全に排出できるトラックアジテータが使用できない場合は、監督職員と協議の上運搬方法を協議しなければならない。
- 5) 請負者は、温度変化や乾燥収縮などにより生じるひび割れを集中させる目的で、必要に応じてひび割れ誘発目地を設ける場合は監督職員と協議の上、設置するものとする。ひび割れ誘発目地は、構造物の強度および機能を害さないように、その構造および位置を定めなければならない。
- 6) セメントの配合、打設時期・外気温、ロット割寸法・養生方法等の施工条件を変え、コンクリート打設後の躯体内部の温度変化を計算し、内部応力、ひび割れ指数およびひび割れ幅を求め、ひび割れの発生を抑制する最適な打設計画を立案する。また、施工中は内部温度を測定し、事前の解析結果と比較することで、有効な施工管理が可能となる。
- 7) 請負者は、蒸気養生、その他の促進養生を行う場合には、コンクリートに悪影響を及ぼさないよう養生を開始する時期、温度の上昇速度、冷却速度、養生温度および養生時間などの養生方法を施工計画書に記載しなければならない。なお、膜養生を行う場合には、設計図書に関して監督職員と協議しなければならない。
- 8) コンクリート構造物非破壊試験（配筋状態およびかぶり測定）については、微破壊・非破壊試験によるコンクリート構造物の強度測定試行要領（案）（平成 18 年 9 月）により実施することが望ましい。
- 9) 請負者は、海水または潮風の影響を著しく受ける海岸付近および外部から浸透する塩化物の影響を受ける箇所において、補助的に塗装などの処置が必要と考えられる場合には、その処置方法について監督職員と協議しなければならない。

- 10)特許権，建設副産物，環境対策，交通安全管理などについては，監督職員とすみやかに協議しなければならない。

2.4 責任・管理体制

土木構造物を信頼性の高いものとして設計・施工・維持管理するため，発注者と受注者の責任範囲を明確にするのが良い。

構造物の設計・施工・維持管理にあたっては，業務状況に応じて適切な技術判断が必要であり，業務の難易度に応じて必要な技術力と高い倫理観を有し責任と権限が与えられた責任技術者を，受発注者双方に配置するのが良い。また，発注者は適切な契約内容と履行期間の確保することが必要である。

1)設計段階

受注者は品質確保のためプロセスを管理し品質の確保をしなければならない。工事の契約図書の照査は発注者側責任技術者も行なうものとする。

2)施工段階

施工者が品質管理を行い，施工者と独立した検査者が品質を確認しなければならない。完成物で検査可能なものはできるだけ完成物で検査し，不可能なものは施工途中で検査しなければならない。

【解 説】 構造物の計画，設計，施工，維持管理の業務には多くの組織が関わりを持っており，各業務で信頼性の高い構造物であることを保障するには，それぞれの各組織が必要な能力と責任を持って役割を果たすことが必要となる。信頼性確保の仕組みが機能するには，いずれの業務においても，遂行するにふさわしい技術力を持った人や組織に責任と権限を明確にして担当させなければならない。責任技術者を組織の中で配置できない場合は，技術的に同等の能力を有する代行者を配置する必要がある。

また，BOT 等で，受注者が計画，設計，施工，維持管理の責任を長期に渡って保持し続ける場合は，受注者のみ責任技術者配置でも良い。配置する責任技術者の技術的能力に関しては，計画，設計，施工，維持管理の規模，重要度，難易度に応じて適切に設定する必要がある。一般的に，責任技術者に必要な資格は，技術士（建設部門）や RCCM，土木学会認定技術者の「特別上級技術者」，「上級技術者」，施工では一級や二級土木施工管理技士を加えて考えてよい。

また，品質確保は計画・設計・施工・維持管理段階でそれぞれのプロセス毎にミスを入れない出さないことが必要であり，それぞれに照査し品質確保に努めなければならない。

- 1)受注者は管理技術者および照査技術者についてそれぞれ資格者を配置し，業務に当たらなければならない。設計成果の照査は設計段階で確実に実施し以降のプロセスにミスを残してはならない。

適用技術基準や技術上の判断事項は，発注者側責任技術者の承諾や指示が必要であり，結果としてその責任も負うこととなるため，発注者側の責任技術者の責任は一般に大きいと考えられる。また，工事の契約図書の照査は発注者側責任技術者も行うことが原則で，工事用の図面に対する責任は発注者にあ

と考えられる．そのため，発注者側は高い技術力の人を責任技術者にすること，および十分なチェック体制の構築が必要となる．この体制が発注者内部で取れない場合は，外部の能力を用いることが必要である．

- 2) 施工者が品質管理を行い，施工者と独立した検査者が品質を確認することで信頼性を確保する．完成物で検査可能なものはできるだけ完成物で検査し，不可能なものは施工途中で検査する．発注者が直接，施工途中で検査できない場合は，施工者とは独立した代理人に依頼して良い．施工実績が多いなどの信頼性の高い工法を出来るだけ多く採用し，施工実績の少ない工法の場合には品質管理レベルを上げるか，検査頻度を増やして信頼性を高めることが必要である．

2.5 構造物維持管理の基本

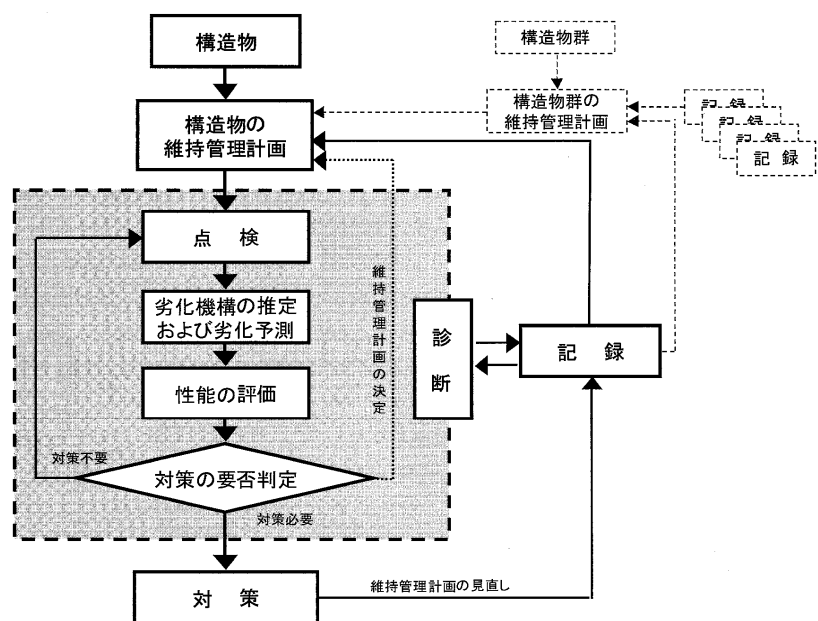
構造物の維持管理者は，予定供用期間を通して構造物の性能を許容範囲内に保持するように維持管理計画を策定し，所要の維持管理体制を構築のうえ，構造物を適切に維持管理しなければならない．

また，構造物の維持管理にあたっては，対象構造物の要求性能を明確にし，維持管理計画に基づいた構造物の診断，診断結果に基づいた対策の実施，さらには診断および対策の記録（カルテ作成）を適切に行わなければならない．

【解説】 構造物の維持管理の原則は，土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [維持管理編] に規定されており，本節はこれに準拠する．

維持管理は，コンクリート構造物（以下，構造物という）の供用期間において，構造物の性能を許容範囲内に保持するための行為である．この行為は，設計，施工に勝るとも劣らない重要な行為であり，また，設計，施工とも密接な関連性を有するものである．ここで，許容範囲内に保持するということは，一般には要求された水準以上に保持することを意味している．

構造物の維持管理は，解説 図 2.5.1 に示すように，点検，劣化機構の推定，劣化予測，構造物の性能評価および対策の要否判定からなる診断，診断結果に基づき必要に応じて実施される対策ならびにそれらの記録（カルテ作成）からなる．構造物の維持管理者は，これらの行為を適切に実行するために維持管理計画



解説 図 2.5.1 構造物の維持管理の手順

を策定したうえで、一連の維持管理行為を適切に遂行するための体制を整えて、構造物を維持管理しなければならない。

構造物の性能は時間とともに低下することは否めない。ただし、その低下の程度は、構造物あるいはその部位・部材を構成するコンクリートや鋼材の品質、あるいはこれらのおかれている環境によって異なり、多様である。したがって、構造物の維持管理者は、まず対象となる構造物の状況を考慮して、安全性、使用性、第三者影響度あるいは美観・景観といった要求性能の経時的な変化を適切に予測して構造物のあるべき姿、すなわちシナリオを設定し、これに基づいて、予定供用期間中、構造物が所要の性能を維持するための維持管理計画を策定する必要がある。そして、この維持管理計画に従って供用中の構造物の性能を適宜評価し、また必要に応じて対策を施しながら、構造物の要求性能をそのシナリオに沿ったあるべき水準に保持していかなければならない。なお、この際、ライフサイクルコスト評価手法の導入による経済性の向上や、新技術の導入による構造物の性能評価の信頼性向上などについて考慮することで、より合理的な維持管理の実施も可能になる。

構造物の維持管理においては、その構造物を含む複数の社会基盤施設（構造物群）の全体を資産として捉え、これら構造物群の資産管理システムを構築することにより、予算を最適化させてより効率よく構造物の維持管理計画を立てる方法も検討されている。この場合には、構造物群としての維持管理計画が策定された後に、個々の構造物の維持管理計画が策定され、実行に移されることになる。ただし、構造物群の維持管理手法は、未だ十分に確立されたものとはなっていないこともあり、構造物群の維持管理については、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [維持管理編] の対象とはなっていない。

なお、構造物の維持管理とは構造物の竣工後に実施される行為であるが、維持管理の基本計画については構造物の設計・施工段階から策定しておくことが望ましい。すなわち、建設される構造物の種別、形状・寸法、荷重、環境条件、重要度等を勘案し、設計・施工段階から維持管理区分を設定するとともに、点検のレベルと頻度、対策の実施時期等について基本的な計画を立てておくことが望まれる。これにより、構造物のライフサイクルコストの算定が可能となり、経済性に配慮したより合理的かつ効率的な維持管理の実施が可能となる。さらにこれらのデータを集約し、構造物群の情報としてその推移を捉えることにより、将来的にはアセットマネジメントに基づく維持管理が可能になる。ライフサイクルコストおよびアセットマネジメントの概要および事例等については資料編 に記載されているため参考にとよい。

3 章 要求性能

3.1 一般

- (1) 構造物の設計耐用期間ならびに要求性能は、計画段階もしくは設計段階で定めるものとする。
- (2) 構造物を構成する主要な部材の設計耐用期間は、100 年を基本とする。
- (3) 構造物には、施工中および設計耐用期間内において、構造物の使用目的に適合するために要求される全ての性能を設定することとする^設。
- (4) 構造物には、安全性（第三者影響度を含む）、使用性（ひび割れ抵抗性を含む）、耐久性（美観・景観を含む）およびその他の性能（環境、維持管理のし易さなど）に関する性能を設定することとする。

【解説】 (1)について 国際標準化、規制緩和などの観点から、コンクリート構造物の建設も仕様規定から性能規定へ移行しつつある。性能規定的なコンクリート構造物の設計、施工、維持管理とは、対象とする構造物が所定の性能とその水準を満足していれば、材料、方法等には原則として特に制約を設けないことを意味するが、構造物が要求された性能およびその水準を満足するか否かを確かめる方法が照査である。したがって、性能規定型の設計、施工、維持管理においては、構造物にどのような性能が要求されるのかを明らかにしたものが要求性能である。

また、コンクリート構造物のように、供用される期間が長い場合には、供用中に性能の変化すなわち劣化が生じる可能性があるため、照査を行ううえで対象とする構造物をいつまで使用するかを定め、所定の期間において構造物が要求された性能およびその水準を満足するか否かを確かめる必要がある。このガイドラインでは、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕に準じ、構造物または部材がその目的とする機能を十分果たさなければならぬと規定した期間を設計耐用期間とし、構造物を安全に供用する予定の期間を予定供用期間とした。なお、予定供用期間は、維持管理計画の見直しにともない変更される場合もある。

一般に、要求性能と設計耐用期間は、構造物全体として定めるものである。しかしながら、構造物を構成する部材には、構造物の本体をなし、取替えが容易でない、あるいは補修等の対策が大規模になるなどの理由により、構造物と同等の要求性能と設計耐用期間を設定すべき部材と、構造物が果すべき機能に直接関係がなく、取替えや補修等の対策が容易であるなどの理由により、構造物とは異なる要求性能と設計耐用期間を設定することができる部材（付帯設備など）とが混在しているのが一般的である。また、構造物は部材の集合体（群）であるが、このような部材群が構造物として機能するためには、部材と部材の境界（はり接合部等）、工区と工区の境界（上部工と下部工の境界としての支承部等）などの境界部や、排水施設、点検路などの付帯設備があって構造物としての機能を果すものである。特に、これまでの東北地方における既設構造物の調査事例では、このような境界部あるいは付帯設備で生じた劣化が構造物全体の性能の低下を引き起こ

しているという報告が少ない。このため、構造物に設定される要求性能と設計耐用期間を満足させるためには、個々の部材に設定される要求性能と設計耐用期間のみならず、境界部も構造物の構成要素と見なし、これらに対しても要求性能と設計耐用期間を設定することが重要である。

このように、構造物全体に対する要求性能と設計耐用期間は、構造物を構成する構成要素の性能と密接な関係にあるので、構造物全体としての性能を満足するためには、構造物の性能と構成要素となる部材、境界部および付帯設備、付帯設備等の性能との関係について十分に理解しておく必要がある。これらのことを十分に考慮して、供用期間中を通じて構造物全体に対して要求される性能が満足できるように、計画あるいは設計段階で要求性能と設計耐用期間を適切に定めておく必要がある。

(2)について 設計耐用期間は、構造物の予定供用期間と維持管理の方法、環境条件や構造物に求める耐久性、建設時の費用などを考慮して定めるものである。これに対し、予定供用期間は、構造物を供用したい期間であり、構造物の使用目的ならびに供用中の費用便益、維持管理に関する経済性などを考慮して定めるものである。したがって、設計耐用期間は予定供用年数よりも長く設定されるのが一般的である。

解説 表 3.1.1 に示すように、このガイドラインでは、代表的な構造物およびこれらを構成する主な部材の設計耐用期間を 100 年とすることを基本とした。なお、ここでいう設計耐用期間の 100 年とは、耐久性（中性化、塩害、化学的侵食、アルカリ骨材反応、凍害）から考慮した期間であり、偶発的に発生が予想される地震荷重については考慮していない。

ただし、補修、補強等を想定せずに設計耐用年数を 100 年とした場合、かぶり、コンクリート配合などで現実的な設計値を設定することが困難な場合がある。このような部位、部材には、例えば床版、伸縮装置、地覆、高欄、排水設備、点検路などが考えられるが、これらの部位、部材については、設計段階において実現可能な設計耐用年数を設定し、定期的な補修や取替えなどの対策を前提とした維持管理計画を策定した方が現実的であり、経済的である。したがって、これらの部位、部材については、設計耐用期間を 100 年とせず、設計もしくは設計段階において実現可能な設計耐用年数を検討して対応するものとした。

また、擁壁やカルバート、水門、樋門の設計耐用年数は、一定規模以上を重要構造物として決めているが、これより小規模な構造物であっても交換が困難な場合など供用環境に応じて重要構造物として取り扱うのが良い。

(3)および(4)について このガイドラインでは、構造物に対する要求性能として安全性（第三者影響度を含む）、使用性（ひび割れ抵抗性を含む）、耐久性（美観・景観を含む）およびその他の性能（環境、維持管理のし易さなど）に関する性能を設定することとした。また、このガイドラインで示している要求性能は構造物に対する要求性能であるが、設計、維持管理段階では、部材群、境界部および付帯設備の集合体である構造物として照査可能な要求性能については、これも取り扱うこととした。なお、コンクリートの製造および施工段階においては、竣工時に構造物が満足すべき要求性能のほか、フレッシュ時のコンクリートの施工性能のように、構造物の製造、施工段階で特に要求される性能があるが、この性能については 5 章および 6 章で記した。

【参考文献】

設) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編

解説 表 3.1.1 構造物・部材の設計耐用期間と要求性能の目安

工種	部材	設計耐用期間 ^{*1}	安全性					使用性			耐久性					その他の性能 (環境・維持管理のし易さ)
			耐荷性能	耐震性能	耐疲労性能	耐衝撃性能	第三者影響度に関する性能	構造物の使用性	水密・気密性	ひび割れ抵抗性	中性化	塩害 ^{*2}	化学的侵食	アルカリシリカ反応	凍害	
橋梁	橋梁基礎工	100年														
	橋梁下部構造	100年														
	橋梁上部構造(桁)	100年														
	橋梁上部構造(床版)															
	伸縮装置															
	支承部	-														
	落橋防止システム	-														
	地覆・高欄															
	排水設備・点検路															
基礎工 (橋梁を除く)	場所打杭本体	100年														
海岸堤防	堤体・波除工	100年														
砂防ダム	本体・副ダム ^{*6}	100年														
	側壁	100年														
	水叩	100年														
ロックシェッド スノーシェッド	本体	100年														
重力式擁壁 ^{*3}	躯体	100年														
鉄筋コンクリート 擁壁 ^{*3}	底版	100年														
	躯体	100年														
鉄筋コンクリート カルバート ^{*4}	本体	100年														
堰・水門 ^{*5}	堰柱	100年														
	門柱	100年														
	床版	100年														
	水叩き	100年														
樋門 ^{*5}	本体	100年														
	本体	100年														
揚・排水機場	本体	100年														
	沈殿池	100年														

*1 設計耐用期間は基本を100年とする。100年持たせることが困難なものや交換が可能なものに対しては、設計段階において実現可能な設計耐用期間を検討するものとする。

*2 塩害については、海洋環境下における海水による塩害とともに、凍結防止剤の散布による塩害について要求性能を設定する必要がある場合がある。

*3 高さが5m以上の場合を重要構造物として定めた。

*4 内空断面積が25m²以上の場合を重要構造物として定めた。

*5 高さが3m以上の場合を重要構造物として定めた。

*6 無筋コンクリートを対象としている。

3.2 安全性

安全性としては、構造物の耐荷性、耐震性、耐疲労性、耐衝撃性等の構造物の崩壊に関わる安全性および第三者に対する安全性が含まれる。構造物を供用する基本として、これらの安全性を供用期間中確保する必要がある。この中で、一般的なものは耐荷性である。

【解説】 構造物に要求される安全性とは、想定されるすべての作用のもとで構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産の脅かさないための性能である。安全性には、力学的安定や断面破壊に対する抵抗の度合いを示す耐荷性、地震に対する抵抗の度合いを示す耐震性、疲労破壊に対する抵抗の度合いを示す耐疲労性がある。また、車両等の衝突および流水、波浪等の衝撃力などを考えて耐衝撃性が安全性として要求される場合もある。これらの安全性は、構造物の崩壊に関わる安全性である。

このほか、構造物の一部（かぶりコンクリート片やタイル片など）が落下することによって構造物下の人や物に危害を加える可能性に対する抵抗の度合いを示す第三者影響度に関する性能も安全性に含まれる。特に、東北地方では、冬季における雨掛かり箇所に発生した水滴が「つらら」として落下することによる被害など、構造物に起因した第三者への公衆災害に対する安全性も第三者影響度として含むこととした、構造物を供用する基本として、これらの安全性を要求性能として満足する必要がある。

なお、これらの安全性のうちで一般的なものは耐荷性であるが、耐荷性は、構造緒元（部材の形状寸法、鋼材の位置および断面積、コンクリート強度など）から算定される部材の耐荷力（軸方向耐力、曲げ耐力、せん断耐力など）および部材劣化や損傷を考慮して評価する。耐震性は、構造物の耐荷性だけでなく、じん性も評価の対象となるものであるが、特に東北地方においては、今後高い確率で発生すると考えられている海溝型地震や近年発生した内陸型地震のように、巨大地震を想定した安全性を十分に検討する必要がある。

3.3 使用性

使用性は、想定される作用のもとで、構造物の利用者や周辺の人々が快適に構造物を使用するための性能、および構造物に要求される諸機能に対する性能とする^設。

【解 説】 構造物に要求される使用性とは、走行性・歩行性（路面凍結に対する対策も含む）、外観（コンクリートのひび割れ、表面汚れ）、騒音・振動、水密性・気密性および構造物に変動作用や環境作用等が原因で生じる損傷に対して抵抗する性能である。特に、東北地方においては、冬季の橋面における車両のスリップ事故が多発しており、路面凍結を低減する材料の使用や、路面凍結の直接的なきっかけとなる水の効率的な排除を可能とする構造を検討することも重要である。また、冬季の除雪作業時においては、橋梁構造物に損傷を与える場合があるので、降雪量の多い地域の構造物に対しては、予め除雪（融雪）方法を確認し、除雪作業車が構造物に損傷を与えないような構造または除雪作業のし易さを考慮した計画や設計も必要となる。

なお、ここでいうコンクリートのひび割れは外観上の変状としてのものであり、水密性や気密性については、貯水槽などのように、これらの性能が構造物の使用において直接的に差支えを生じる場合において要求されるものを規定している。したがって、環境作用等により劣化因子が侵入する経路となり、耐久性上の損傷の要因となる水密性およびひび割れの抑制および制御に関する性能は3.1.3で取り扱うこととした。

【参考文献】

設) 土木学会2007年制定 コンクリート標準示方書 設計編

3.4 耐久性

耐久性は、想定される作用のもとで、構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性とする^設。

【解 説】 構造物に要求される耐久性とは、中性化、塩害、化学的侵食、アルカリシリカ反応、凍害、美観・景観に関する材料の劣化により、構造物全体の性能が経時的に低下してしまう変化に対して抵抗する性能のことである。このガイドラインでは、これらの耐久性のほか、耐久性上の損傷の要因となる水密性およびひび割れの抑制および制御に関する性能についても、耐久性として取り上げている。

東北地方で建設されるコンクリート構造物では、ここに示した耐久性のうちで特に凍害、塩害（凍結防止剤による塩害も含む）、中性化が対象となる。特に東北地方の日本海側や凍結防止剤散布量が多い山間部のような凍害と塩害による複合劣化は、コンクリート構造物の耐久性を急激に低下させる作用がある。このような複合劣化について検討を行う場合には、凍害リスクマップ、塩害リスクマップおよび凍結防止剤の散布状

況を重ね合わせ、複合的な劣化が生じる環境かどうかを予想して設計することが重要である。もし、複合的な劣化が生じる環境と判断された場合、道路橋示方書の塩害対策区分で対応しても、コンクリート構造物を設計耐用年数保たせることが難しい場合がある。この為、このガイドラインでは、事前に劣化因子を詳細に分析し、設計段階から「凍害、塩害、凍結防止剤の影響評価」として防水対策や水処理、効果的な塩害対策として実績のあるエポキシ樹脂塗装鉄筋の使用、十分な養生を前提とした高炉セメントコンクリートの使用、供用開始段階での予防保全的な表面被覆や電気防食の適用などを検討し、設計耐用期間が可能な限り延長できるように、最善を尽くした設計を行うことが重要である。そのうえでさらに、供用開始後の維持管理計画を十分に検討し、構造物に要求される性能およびその水準を満足するようにしなければならない。

凍害を受ける環境においては、凍結融解作用だけではなく、日当たり・風当たり・積雪の程度や構造物の露出状態（水の飽和状態）によっては構造物の耐久性に与える影響は大きくなることもある。山間部における塩害は、凍結防止剤の散布が原因であり、その影響は局所的である。しかし、近年では路面近くのコンクリート部材だけではなく、走行車両の巻き上げによって、周辺構造物への影響も懸念されており、その影響範囲については、今後の調査結果が期待される。また、冬季通行止めとなる区間では塩害の影響は低いことが知られている。凍結防止剤が散布される構造物では、春先による高圧水洗浄は耐久性を維持するためには有効であり、予定供用期間における維持管理の方法の一つとして考慮することも重要である。

化学的侵食について、火山帯に位置する東北地方には数多くの温泉地帯があるため、酸性劣化、硫酸塩劣化等が想定される構造物ではその対策が必要となる。

アルカリシリカ反応については、特に外部から塩化物が作用する場合、一般の環境とは異なる反応を示すことから注意が必要である。

セメントの水和熱および乾燥に起因するひび割れの発生は、コンクリート構造物の機能、耐久性および水密性等に大きく影響を及ぼすため、ひび割れの制御および制御する能力を設定する必要がある。

また、構造物の種類によっては、構造物の汚れ（さび汁、ひび割れなど）による美観・景観への影響がある。代表的な構造物および部材に対する要求性能の目安を、解説 表3.1.1に示す。

なお、本来であれば、構造物の耐久性は、構造物中の材料の劣化や変状を部材もしくは構造物全体の力学的な性能に関連付けて評価するべきであるが、このような材料と力学的性能とを適切に関連付けた信頼性のあるシステムはまだ確立していないのが現状である。このため、現時点では、コンクリートや鉄筋などの材料自体の劣化に対する抵抗性を、構造物の耐久性として評価する方法が一般的に行われている。

ただし、材料自体の劣化に対する抵抗性（耐久性）は、コンクリートの製造、施工段階を経た実際の材料の初期性状、環境条件、荷重条件および維持管理条件などによって局所的に変化するものである。したがって、材料の耐久性に基づいて構造物自体の耐久性を総合的に評価する場合には、局所的な材料劣化や変状と構造物全体の性能との関連性を十分に理解し、そのうえで構造物が有する性能の経時的な抵抗性としての耐久性を評価することが重要である。

【参考文献】

設) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編

3.5 その他の要求性能

環境との適合性，景観および構造物の維持管理のし易さなどの要求性能は，必要に応じて適切に設定するものとする．

【解 説】 このガイドラインでは，要求性能として安全性，使用性および耐久性の3つを具体的に規定した．この他に，環境との適合性，構造物の維持管理のし易さなどを要求性能として規定する場合には，適切な照査行為を実施できることを検討の上，要求性能として設定するものとする．なお，環境との適合性としては，地球環境，地域環境，作業環境等の自然環境に対する適合性，景観等の社会環境に対する適合性，および経済性等の経済環境に対する適合性があり，必要に応じて要求性能として扱い，照査を行うものとする．なお，現時点では，このガイドラインで示した安全性，使用性および耐久性と，同様なレベルで照査することが困難であるため，構造計画の段階で十分に考慮し，必要に応じて照査を行うのがよい．構造物の維持管理のし易さとしては，排水設備の目詰まりや凍結による破壊によって，他の部位へ影響を及ぼさないように，排水設備の設置場所や，凍結に対して抵抗性の高い材質を用いるなどの考慮が必要となる．また，日常点検や震災後の緊急点検時において，重要な箇所の点検が容易に行うことが出来るように，適切な場所に検査路を設置する検討も必要である．

4章 設計

4.1 基本的事項

4.1.1 一般

- (1) 構造物の設計にあたっては、構造物の設計耐用期間、維持管理手法、経済性等に応じて、構造物の形状、寸法、配筋等の構造詳細を決定し、維持管理基本計画を策定する。また、コンクリートや補強材の材料、現場打ちコンクリート、工場製品などの概略の性能、施工方法等を考慮しなければならない。
- (2) 設計段階では、設計耐用期間を通じて、構造物が構造安全性、使用性、環境性に関して、所要の要求性能を満足することを確認しなければならない。
- (3) 構造物の設計にあたっては、設計荷重や諸定数などは構造物毎に定める基準書や示方書を参照するものとする。
- (4) 構造物の設計は、環境特性に応じて耐久性を確保するために、構造形式や構造細目、材料などについて検討するとともに、初期欠陥を抑制するため設計段階で体積変化によるひび割れ、過密配筋対策を検討するものとする。
- (5) 設計段階において定めるコンクリートの設計基準強度は、構造上必要となる圧縮強度と耐久性から定まる水セメント比から決まる圧縮強度のうち大きい方に対応するものとする。また、設計者は設計段階で必要とされる圧縮強度および水セメント比の制限値を明記しておくのがよい。
- (6) 凍害環境にある構造物のコンクリートはAEコンクリートとし、目標空気量は、荷卸時6.0%（管理値 $\pm 1.5\%$ ）を標準とする。なお、粗骨材の最大寸法が25mmの場合は6.0%、40mmの場合は5.5%とする。
- (7) 工場製品は、その性能だけでなく部材、製品の運搬性、部材や製品相互の組立、接合による一体性、施工安全性あるいは部材や製品に対する現場打ちコンクリートの品質が所要の性能を有することを確認しなければならない。

【解説】 (1)について 構造物の設計にあたっては、構造物の機能・性能を考慮して構造物の種類や形式などの概要決定を目的とした予備設計段階と、構造計算、要求性能の照査、設計図書作成などの詳細決定を目的とした詳細設計段階に分類される。

構造物の設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間と維持管理の方法、環境条件および構造物に求められる耐久性、経済性を考慮して定める。構造物の設計段階において考慮しなければならない要求性能には、安全性能、使用性能、第三者影響度に関する性能、美観・景観、耐久性、また、ひび割れ抵抗性等があり、安全性能には耐荷性能、耐震性能、耐疲労性および耐衝撃性能が、使用性能には構造物の使用性、機能性（水密性・気密性）、耐久性には中性化、塩害（凍結防止剤散布による影響を含む）、化学的侵食、アルカリシリカ反応、凍害がそれぞれ含まれかつ複合性を考慮し、ひび割れにはひび割れ発生の抑制およびその制御、第三

者影響度に関する性能、美観、景観を、構造物に応じた所要性能を設定し、性能照査によって要求性能を満足することを確認しなければならない。さらに、過密配筋に対する検討、かぶりの確保およびコンクリートの管理材齢について検討する必要がある。

構造物の設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間と維持管理方法、環境条件および3章に示した構造物に求められる要求性能、経済性を考慮して定める。また、予備設計段階で維持管理基本計画を策定し、形式決定に反映させるものとする。

東北地方特有の厳しい環境におけるコンクリート構造物の形式決定においては、耐久性向上を図るために、維持補修が容易な構造形式や構造細目、シンプルな形状の採用、劣化や欠陥が生じやすい部位の構造細目に心がけ施工性を重視するものとする。また、設計者の立場から施工に向けての適切なアドバイスを行なうことが必要であり、温度ひび割れ解析や過密配筋への対応などを検討し、材料および施工面などから提案するものとする。

コンクリートあるいは鋼材の品質は、要求性能に応じて、圧縮強度あるいは引張強度に加え、その他の強度特性、ヤング係数その他の変形特性、熱特性、耐久性、水密性等によって表される。構造物または部材に用いられるコンクリートは、使用目的、環境条件、設計耐用期間、施工条件等を考慮して適切な種類、品質のものを使用する必要がある。コンクリート構造物に用いられる鋼材としては鉄筋、PC鋼材および構造用鋼材がある。

(2)について 構造物の供用期間における性能は、構造物の供用開始時の性能、供用期間中の維持管理として実施される点検、補修、補強、修景、機能回復・向上などの対策による性能管理を総合的に評価して設定し、構造物における供用期間中の性能保持のために係わる費用を総合的に考慮したうえで確認しなければならない。また、上記以外に構造物の設計供用期間中におけるLCC（ライフサイクルコスト）を評価基準に加えることが望ましいとする考えもある。構造物に対するLCCの適用に関しては、資料編IVライフサイクルコストの取り組み事例を参考にするとよい。

(3)および(4)について 本章では設計に必要な耐久性の検討方法を示しており、荷重条件や許容応力度など諸定数、設計理論や耐震設計の方法などの設計細目の基準は、構造物毎に定める基準書や示方書によるものとする。

設計に必要な耐久性の検討とは、経年劣化が起こりにくい構造形式や構造細目の採用、および耐久性に特に関係する初期欠陥を抑制するものとして、体積変化に伴うひび割れや過密配筋によって生じるコンクリートの打設不良を防ぐための対策を検討するものとした。

(5)について 設計段階においては、まず、構造物に必要とされる耐荷力、耐震性および安全性などからコンクリートの圧縮強度が定められる。すなわち、構造物の構造性能照査時においては、コンクリート材料の性能は圧縮強度で定められることになる。一方で、耐久性の評価において、コンクリートの性能を規定する指標は水セメント比となる。一般に強度と水セメントの対応については相関関係はあるものの、この関係は工場によって様々である。また、セメントの種類にも依存することから、同じ水セメント比であっても、高炉セメントと普通セメントとで強度区分が異なる場合もあり得る。したがって、設計者は圧縮強度と水セメント比の関係に注意を払いコンクリートの設計基準強度を定めておく必要がある。

環境条件と構造物の種類によって使用する標準的なレディーミクストコンクリートは、解説表4.1.1および解説表4.1.2に示してある。これらの表より適切に選定するのが良い。解説表4.1.2に示す使用環境に

4章 設計

おける水セメント比は、5.2.6.3を参照とする。

設計基準強度は解説表4.1.1で示した呼び強度の最小値と読み替えて使用できるが、その扱いは土木構造物標準設計等で設計する場合などに留意して設定するのが良い。

またコンクリートの配合は、解説図4.1.1に示すように、施工段階において要求される施工性能に基づいて変更される可能性がある。このとき、設計で考慮した構造的な性能および耐久性で必要となるコンクリートの材料性能を満足するよう、設計図書等に設計基準強度および水セメントの制限を明記するものとする。

解説表 4.1.1 レディーミクストコンクリートの標準仕様基準

区分番号	コンクリートの種類別	最低呼び強度	スランブ (cm)	粗骨材最大寸法 (mm)	最小セメント量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)	空気量 ^{*1} (%)	JIS規格	セメントの種類	
①	普通	21	15	40	270	60以下	6.0 G _{max} ≤ 25mm 5.5 G _{max} =40mm	規格品	ポルトランドセメント 又は 混合セメント (供用環境や施工条件によりセメントの種類を決定する) 【注】セメントの種類は解説図5.2.2を参照.	
②			8		-			規格品		
③			5		-			規格品		
④			3		25			265		規格品
⑤		24	15	40	-	55以下		規格品		
⑥			8		-			規格品		
⑦			5		25			-		規格品
⑧			3		40			300		規格品
⑨		27	5	40	-	50以下		規格品		
⑩			3		25			-		規格品
⑪			15		40			-		規格品
⑫			8					-		規格品
⑬		5	25	-		規格品				
⑭		3	40	300		規格品				
⑮		30	8	40	300	45以下		規格品		
⑯			25		330			規格品		
⑰			18		40			350		規格品
⑱			8		25			-		規格品
⑲		舗装	曲げ4.5	2.5	40	-		50以下		規格品
⑳				6.5		-				規格品
㉑				2.5		-				規格品
㉒				6.5		-				規格品
㉓		舗装	曲げ4.5	2.5	40	-		45以下		規格品
㉔				6.5		-				規格品
㉕				2.5		-				規格品
㉖				6.5		-				規格品

※1 土中等で凍害の影響がないと判断された場合を除く。

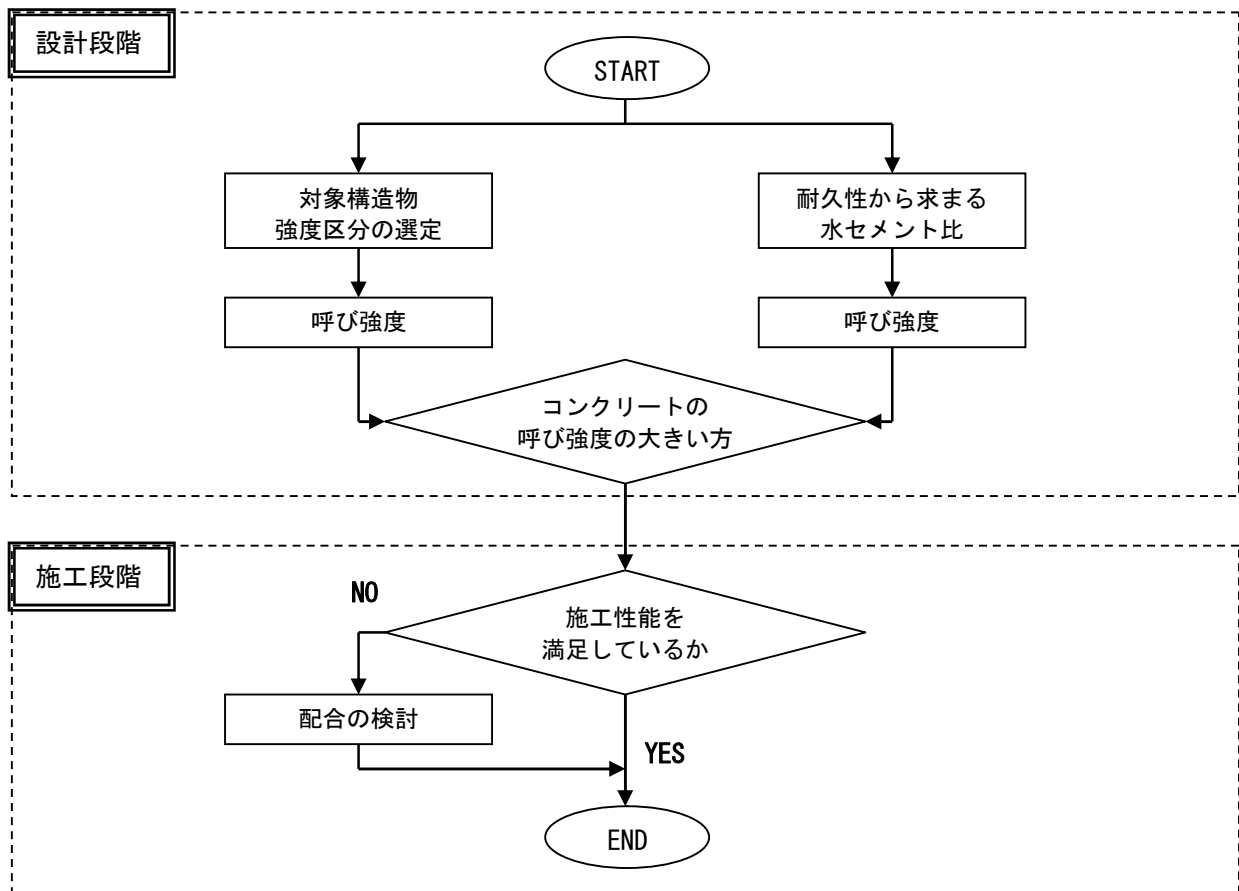
解説表 4.1.2 構造物の種類および供用環境から導かれたレディーミクストコンクリートの標準仕様基準

無筋および鉄筋別	構造物の種類	供用環境							
		一般環境	寒冷地	水密環境	化学的侵食環境 ^{*1}	海中	凍結防止剤散布地域	海上大気中、飛沫帯 ^{*2}	干満帯
	水セメント比	無筋コンクリート	60%	60%	55%	55%	55%	55%	55%
	鉄筋コンクリート	55%	55%	55%	50%	50%	45%	45%	
無筋コンクリート	基礎コンクリート、重力式擁壁、重力式構造物(橋台)、護岸(法留、平張)、根固ブロック	② ^{*3}			⑥				
	均しコンクリート	②			-				
	砂防ダム(堤体、側壁、水叩、提冠部)	-	③			-			
	コンクリート張工	④			-				
	海岸構造物(堤体)、消波ブロック	-			⑥		⑥		
鉄筋コンクリート	堰、水門、深礎	⑫又は⑬			-		-		
	ラーメン構造、RCスラブ、RCT桁、RCホロースラブ、地覆、橋梁下部工、剛性防護柵、ロックシェッド・スノーシェッド橋台及び基礎、擁壁、函渠、樋門(管)	⑦			⑭		⑱		
	非合成桁床版	⑧			-		⑱		
	PC橋(横桁、床版)、合成桁床版、プレテンションI桁中詰、PCホロースラブ中詰	⑱			-		⑱		
	リバース杭、ベント杭	⑲又は⑳			-		⑲又は⑳		
	PCラーメン橋、オールステーディングによる現場打ちボステン桁	㉑			-		㉑		
	ボステン主桁	㉒			-		㉒		

※1 SO₄として0.2%以上の硫酸塩を含む土や水に接する場合。

※3 表中の○数字は、解説表4.1.1の区分番号に対応した番号である。

※2 飛沫帯は飛沫塩分による塩害の影響がある全地域を指す。



解説 図 4.1.1 呼び強度決定の流れ

(6)について AE コンクリートの空気量については 5.2.6.4 を参照するものとするが、ベント杭やリバース杭のように土中において凍害の可能性が極めて低い場合は、JIS A 5308 レディーミクストコンクリートを標準として 4.5% として良い。

(7)について 工場製品は一貫して管理された工場において継続的に製造されるため、品質の信頼性が高い。うえに施工の観点からも工期が短縮できることや天候などの影響を受けにくいことなどの利点があるため、適用部位を適切に選定すれば現場打ちコンクリートよりも所要性能を発揮することが期待できる。したがって、設計段階においては施工性、経済性、構造的等を総合的に考慮して適用効果が期待できる部材、部位については工場製品の使用を積極的に検討するのがよい。一方、工場製品は一般の基準によって作られているため、場合によってはこのガイドラインで求める耐久性の水準を満足していないことが考えられる。したがって、使用にあたっては、十分な耐久性を持つことをあらかじめ確認しておく必要がある。

なお、工場製品自体が所要性能を有する場合にも、現場における部材や製品の結合方法や取り付け方法が適切でない場合や工場製品と現場打ちコンクリートの一体性が損なわれた場合など、所要性能を期待できないことがあるため、構造物全体の性能を確認しておくことが大切である。

4.1.2 耐久性設計の原則

4.1.2.1 一般

- (1) 構造物の設計は耐久性に配慮することを原則とする。
- (2) 設計者は、要求される設計耐用期間を満足するように構造物本体を設計するとともに、維持管理に必要な施設や空間についても併せて設計することが望ましい。

【解説】 (1)について 3章で示す設計耐用期間 100 年を実現するため、まず設計段階において十分な耐久性を確保しておくことが前提となる。具体的にはコンクリートの水セメント比を小さくしておくことやエポキシ樹脂塗装鉄筋の使用など材料面での対策、また十分な被り厚の確保や水切りなどの構造細目の工夫などである。あるいは、必要に応じてこれらの対策を複数採用することが求められる場合もある。これに加えて、構造物の耐久性は、設計者の細やかな配慮や少しの工夫で構造物の耐久性は大幅に改善される。そのような構造細目の具体例については 4.2 および 4.5 で示す。しかしながら、凍害や塩害、および両要因が相まって作用する厳しい環境におかれる構造物においては、上述の対策や配慮だけでは長期わたって構造物の健全性を確保することが困難である場合も考えられる。また、特に構造物が厳しい環境にある場合や将来において大規模な補修が不可能な本体部分の設計では、日常の点検や定期的な補修を実施することも想定しておくことが重要である。

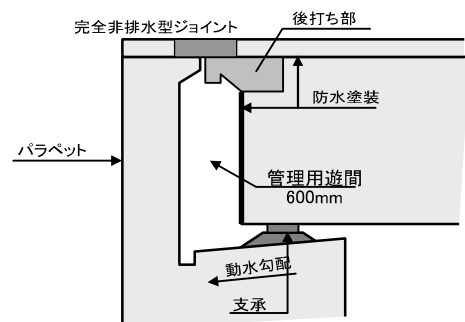
(2)について このガイドラインでは、東北地方の厳しい環境に配慮して、従来の耐久設計に対する考え方をさらに進め、材料面や構造細目面での対策に留まらず供用期間中の日常点検を容易にするための施設の設置や、補修あるいは必要に応じて行う補強工事を想定した作業空間等の確保を前提として、供用期間中の維持点検の確実な実施のもとに長期の設計耐用期間を実現するための具体的な方策を示している。

構造物の維持点検に際して、構造物本体以外に維持点検時に必要な施設や空間が必要な場合には、例えば解説図 4.1.2 に示す様な空間を確保しておくものとする。点検施設の設置に当たっては構造物建設位置、交差条件、構造形式等の諸条件を総合的に判断して検討するものとする。点検施設として、点検路、はしご等の固定施設の取り付けなどがあり、コンクリート橋を例にとれば、下部構造検査路や昇降設備等は、異常時において支承部や損傷が懸念される部位への点検作業に有効である。

この他にテレビカメラや点検車両等を用いた点検手法などにも配慮して適切な施設を設置することも検討しておくのがよい。

点検施設の具体的な設置例として解説図 4.1.2 に示した。管理用遊間は、維持管理性能および耐久性に配慮し、桁端部や支承部および維持管理の作業空間を確保したものである。また、伸縮装置からの漏水処理や桁座の排水溝の設置も参考となる。

一方で、点検施設等を設置する際には、取り付け構造等が構造本体にできる限り悪影響を及ぼさないような構造としなければならない。近年、コンクリート橋梁においては点検施設の重要性が認識されつつあるが、具体的な点検



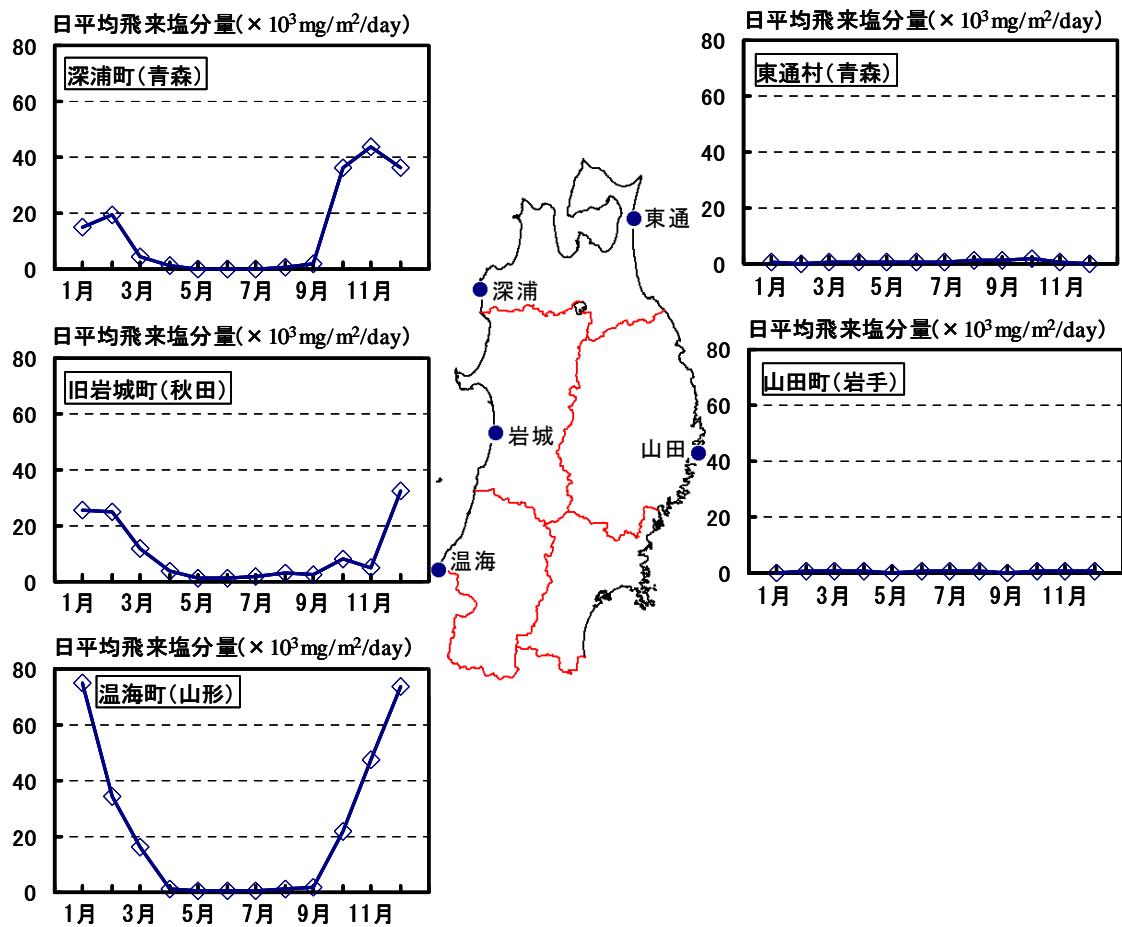
解説図 4.1.2 桁端部の管理用遊間

施設の設置に対しては、まだ課題も残されており、構造形式に応じて可能な限り設置するのが良い。－

4.1.2.2 地域特性に配慮した設計計画

塩害は、海洋からの飛来塩分と凍結防止剤散布による飛散塩分の双方を考慮するものし、十分な耐久性を有するよう、塩害区分に応じて必要な対策を講じるものとする。

【解 説】 東北地方は三方を海洋に囲まれているため、それぞれの地域区分ごとに適切な塩害対策区分を示す必要がある。解説 図 4.1.3 は、東北地方の日本海、太平洋沿岸の各地点における日平均飛来塩分量を比較したものである^{a)}。使用したデータは、既往の全国調査によるものであり、測定期間は昭和 60 年 12 月から昭和 62 年 12 月までのものである^{b)}。この図より、日本海沿岸部において多量の塩分が飛来していることがわかる。さらに、同じ日本海沿岸部でも地域によってはその量に大きな差が生じている。以上を考慮して日本道路協会 道路橋示方書・同解説では、解説 図 4.1.4 と解説 表 4.1.3 に示したように塩害対策区分を 4 区分に分けて、その対応地域と具体的な対策を示している。



解説 図 4.1.3 東北地方における日平均飛来塩分量の比較^{a)}

4章 設 計

また、東北地方において路面凍結が生じる地域では、凍結防止剤が散布されておりこれに含まれる塩化物イオンの影響についても考慮する必要がある。これによる塩分は、水に溶けた状態で直接コンクリートに浸透するものと、飛散塩分とに分けられる。このような塩分供給状況の違いを踏まえ、塩害対策区分は床版や道路面周辺の部材については解説表 4.1.3 に示す対策区分 S に、それ以外は I に相当するものとしてよい。



解説 図 4.1.4 塩害の影響の度合いの地域区分^{c)}

解説 表 4.1.3 塩害地域区分の定義^{o)}

地域区分	地 域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
A	沖縄県	海上部および海岸線から 100m まで	S	影響が激しい 影響を受ける
		100m をこえて 300m まで	I	
		上記以外の範囲	II	
B	解説 図 4.1.4 に示す地域	海上部および海岸線から 100m まで	S	影響が激しい 影響を受ける
		100m をこえて 300m まで	I	
		300m をこえて 500m まで	II	
		500m をこえて 700m まで	III	
C	上記以外の地域	海上部および海岸線から 20m まで	S	影響が激しい 影響を受ける
		20m をこえて 50m まで	I	
		50m をこえて 100m まで	II	
		100m をこえて 200m まで	III	

※ このガイドラインは東北地方のものであるため B, C 地域を対象



写真 4.1.1 実構造物におけるスケーリングの発生状況

塩化物イオンを含んだ水分がコンクリート部材の表面に接すると、構造物表面でスケーリングによる劣化が著しく促進されることが明らかになっているが、そのメカニズムは複雑であり、定説は得られていない。実際の構造物において凍結防止剤の影響で発生したスケーリングの状況を写真 4.1.1 に示した。このような劣化を防ぐためにはコンクリートの水セメント比を 45%以下にし、空気量を 6%（管理値 \pm 1.5%）にする必要がある。

一方、凍結融解を受けかつ飛来塩分や飛散塩分あるいはその両者の影響を受ける地域においては、解説 表 4.1.4 に示す塩害対策区分と、構造物および部材毎に定めた解説 表 4.1.5 に示す L1~L3 の重要度に応じて具体的な対策を講じるのが良い。

解説 表 4.1.4 に示す単独や複合とは以下に示す通りとする。

4章 設 計

- 1) 単独：4.2.2 に示すかぶり・水セメント比を使用するもの。
- 2) 複合：単独の対策に加えてエポキシ樹脂塗装鉄筋（PC においてはエポキシ樹脂塗装 PC 鋼材を含む）を優先的に採用するものとする。コンクリート表面被覆や埋設型枠は補助的に使用するものとする。
- かぶりのみによる鋼材の保護は効果のばらつきが大きく、長期間確実に効果を発揮することに対しての不安がある。したがって塩害に対する影響が激しくかつ重要な構造物の場合には、複合的に鋼材の保護策を講ずるものとした。また、重要度 L2 に属する部材（例えば地覆や高欄）で塩害対策が必要な場合は、エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用することで、解説表 4.2.1 に示す塩害の影響を受けない場合のかぶりを使用してよいものとする。

解説表 4.1.4 構造物または部材の重要度と塩害対策区分に応じた対策

重要度	道路橋示方書・同解説の塩害対策区分			
	S	I	II	III
L1	複合	複合	単独	単独
L2	複合	単独	単独	必要に応じて
L3	単独	単独	必要に応じて	—

また、このガイドラインで扱う代表的な構造物における対策レベルの目安は、解説表 4.1.5 に示す通り構造物の種類に応じて重要性や構造物の部材交換の難易度を踏まえて作成したものである。L1 とは、重要度の最も高い構造物として位置付けたもので、交換不可能なもの、あるいは補修・補強に対して大規模な工事が必要となるものである。L2 とは、橋梁の構成部材で交換がある程度可能なもの、または、場所打ち杭や基礎工など地中にあり劣化環境因子が比較的少ないものである。L3 は、橋梁の伸縮装置に代表されるように、設計者がその供用期間を定め、交換が容易なものである。

解説 表 4.1.5 構造物・部材の設計耐用期間と対策レベルの目安

工種	部材	設計耐用期間※ ¹	部材の交換※ ²	重要度	
橋梁	基礎工	100年	×	L2	
	下部構造	100年	×	L1	
	上部工桁	100年	×	L1	
	上部工	交換不可	100年	×	L1
		床版	—	△	L2
	伸縮装置	—	○	L3	
	支承	—	○	—	
	落橋防止	—	○	—	
	地覆	—	○	L2	
	高欄	—	○	L2	
基礎工	場所打ち杭本体	100年	×	L2※ ³	
海岸堤防	堤体・波除工	100年	○	L1	
砂防ダム	本体・副ダム※ ⁷	100年	×	L1	
	側壁	100年	×	L1	
	水叩	—	△	L1	
ロックシェッド	本体	100年	×	L1	
重力式擁壁※ ⁴	駆体	100年	×	L1	
RC 擁壁※ ⁴	底版	100年	×	L1	
	駆体	100年	×	L1	
RC カルバート※ ⁵	本体	100年	×	L1	
堰・水門	堰柱	100年	×	L1	
	門柱	100年	×	L1	
	床版	100年	×	L1	
	水叩	—	△	L1	
樋門	本体	100年	×	L1	
揚・排水機場※ ⁶	本体	100年	×	L1	
	沈殿池	100年	×	L1	

※¹ 設計耐用期間は基本を100年とし、交換可能な部位については設計者が耐用年数を定める。

※² 構造物の性能低下による交換の可否。（○：可能，△：状況により可能，×：不可能）

※³ 地中又は地下水以下に完全に埋設されているものを標準としている。

※⁴ 高さが5m以上の場合を重要構造物として定めた。

※⁵ 内空断面積が25m²以上の場合を重要構造物として定めた。

※⁶ 高さが3m以上の場合を重要構造物として定めた。

※⁷ 砂防ダムは施工実績から無筋構造物を対象としている。

4.1.2.3 橋梁における設計計画

複数の部材・部品から構成される橋梁では、部材・部品毎の耐用年数が異なることから、設計者が交換可能であるものとそうでないものを明確にし、それぞれの耐用年数を定めることとする。なお、交換不可能な部材・部品は、設計耐用期間において耐久性が確保されるよう、適切な対策を施しておく必要がある。一方、交換可能な部材では確実に交換作業が行なわれることを確認し、かつライフサイクルコストに優れたものとしなければならない。

4章 設計

【解説】 橋梁構造物はボックスカルバートや擁壁などと異なり、複数の部材や部品から構成され、またそれらの材質も多岐にわたるため、それぞれで耐用年数が異なる。したがって、各部材・部品に一律の耐用年数を求めることが不合理な場合もあり、一部の部材・部品については供用期間中に交換することを前提に設計を行うことも必要である。交換の是非については、環境条件や使用条件などを勘案し、部材・部品毎に設計者が定め、さらにその耐用年数について明記した維持管理基本計画を策定する必要がある。また、交換時の作業が確実にこなされるよう計画しておく必要があり、予め、作業に必要な施設や空間などを確保し、ライフサイクルコストや社会的な影響等を検討しなければならない。

代表的な橋種における床版の打替えについて解説 図 4.1.5 に示す（着色部分）。床版の構造、主桁本数、車両載荷位置により、部分打換えが可能か否かが決定される。

		多主桁	3主桁	2主桁
鋼 橋				
	<p>主桁と車両の載荷位置によるが、RC床版の打換えは構造的に可能。</p> <p>PC床版以外の床版では、全面通行止めを行わず、構造的に床版打換えは可能。PC床版では全面通行止めとなる。</p> <p>床版打換え時は全面通行止めとなる可能性が大きい。なお、PC床版では全面通行止めとなる。</p>			
P C 橋				
	<p>床版は桁と一体となっているため、交換できない。</p> <p>床版は桁と分離し、またRC構造のため床版打換えは可能。</p> <p>床版は桁と一体となっているため、交換できない。</p>			

解説 図 4.1.5 橋種別床版の交換可否

【参考文献】

- a) 藤田弘昭, 上原子晶久, 津村浩三, 石澤 徹: 青森県日本海沿岸における RC 橋梁の塩害に関する調査, 土木学会論文集 E, Vol. 62, No. 2, pp. 330-340, 2006.
- b) 建設省土木研究所 構造橋梁部橋梁研究室: 飛来塩分量全国調査—調査結果およびデータ集—, 土木研究所資料, 1988.
- c) 日本道路協会 道路橋示方書・同解説

4.2 耐久性設計における留意事項

4.2.1 一般

- (1) 構造計画においては、構造物に要求される性能を最も合理的に満足できるように、構造形式、使用材料、主要寸法を設定しなければならない^{設)}。
- (2) 構造計画においては、このガイドラインに規定される要求性能を満足できるように、構造物の施工方法、維持管理手法、環境および景観に与える影響、経済性などを考慮し総合的に検討しなければならない^{設)}。
- (3) 合理的な構造計画を立案するために、建設予定地点の状況、構造物の規模などに応じて必要な調査を行わなければならない^{設)}。
- (4) コンクリート構造物の構造形式の選定にあたっては、所要の性能を設計耐用期間にわたり保持するための耐久性およびメンテナンス性能を有するよう配慮しなければならない。
- (5) コンクリート構造物は、耐久性に関する要求性能を満足させるため、鋼材のかぶりや防食、コンクリートの水セメント比の制限など、必要な対策を行うものとする。
- (6) コンクリート構造物の形式決定においては、耐久性の向上を図るため構造形状を単純化し、劣化や損傷が生じにくい構造を採用するものとする。
- (7) 本体部分の耐久性対策において効果がばらつきが大きいと思われる対策を用いる場合には、他の対策との併用によって耐久性の安全率を上げなければならない。

【解説】 (1)について このガイドラインは、構造物の用途・機能を保証するために要求される性能が設定された後、構造計画の段階で、構造形式、材料、主要寸法を設定し、それらを基に照査を実施して構造物の保有性能が要求性能を満足することを確認する体系となっている。したがって、本章で規定される構造計画は、構造物の要求性能が決定されてから構造形式、材料、主要寸法を決定する段階であると定義した。^{設)}

構造物に求められる用途・機能は、当該構造物を計画するうえでの前提条件となるべきものであり、この機能と合致するように構造計画を検討しなければならない。構造物の機能は、法令やそれに準じる基準などにより定められる場合が多く、例えば、道路橋では幅員や車線数が道路構造令などに定められている。このような機能は、当該構造物に義務付けられた条件であるため、関連する法令、基準の内容や解釈を十分に検討のうえ、適切に適用する必要がある。^{設)}

また、構造物の機能には、当該構造物に求められる目的または要求に対応する本来の機能のほかに、付加的に必要な機能もある。例えば、道路や鉄道と立体交差する橋梁構造物には、上下水道やガスなどのインフラ設備が添架される場合もあるため、構造計画に当たっては関連する機関と事前に十分協議の上、検討しなければならない。^{設)}

なお、土木学会 2007 年版コンクリート標準示方書〔施工編：特殊コンクリート〕には、使用材料、性能、施工方法および施工環境等が特殊な 13 種類のコンクリートが記述されている。構造物の要求性能を従来の方法では達成不可能な場合には、これらの特殊コンクリートや新技術を適宜用いることも必要である。特殊コ

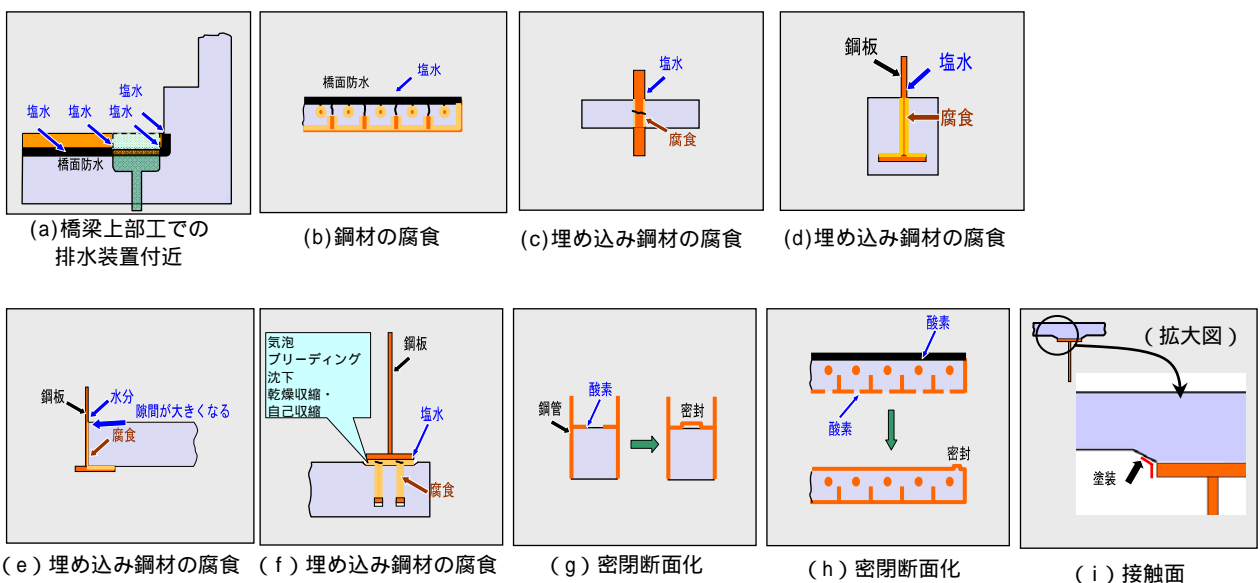
ンクリートとは、膨張コンクリート、軽量骨材コンクリート、連続繊維補強コンクリート、短繊維補強コンクリート、高強度コンクリート、高流動コンクリート、吹付けコンクリート、プレパッドコンクリート、水中コンクリート、海洋コンクリート、プレストレストコンクリート、鋼コンクリート合成構造および工場製品である。(設)

(2)について 構造計画において、一構造物の建設に要する費用の概略が決まるだけでなく、将来の維持管理に要する費用もほぼ決定されるといっても過言ではない。したがって、将来の維持管理も考慮し、十分な検討を行うことが必要である。構造形式の選定や主要寸法の決定において、長年の使用実績のある形式や規模の場合には、過去の事例をもとに検討することができる。この場合、構造計画の段階で決定された構造形式や主要寸法を照査の段階に入ってから変更することは非常に困難であるため、過去の事例の前提条件と当該構造物の前程条件に大きな相違がなく、適用性に問題がないことを確認の上検討しなければならない。

形式や規模の使用実績が短い場合もしくは少ない場合には、詳細な検討を実施し、照査の段階で構造形式や主要寸法の変更が生じないようにすることが望ましい。(設)

(3)について 構造物を計画、設計、施工するためにはさまざまな調査が必要であり、建設予定地点の状況、構造物の規模などに応じて、構造計画の段階で必要な調査を実施しなければならない。このような調査が不十分な場合、構造形式などが現地の状況に合わなくなり、計画の大幅な変更が生じる恐れもあるので、注意が必要である。(設)

(4)について コンクリート構造物の構造形式を選定するうえで重要なことは、建設時のコストだけでなく、設計耐用期間にわたるライフサイクルコストを考えて最終的に判断する必要がある。特に橋梁等では、過去に建設時のコストを優先して設計された構造物において、近年著しい劣化が認められており、中にはきわめて危険な状態に至る例も報告されている。解説 図 4.2.1 は路面水や雨水が浸透しやすい構造や部位についてまとめたものである。解説 図 4.2.1(a)は、床版部の排水装置付近を示したものであるが、橋面防水を行ったものであっても、特にこの部位では床版内に水が浸透することを完全に防ぐことは難しいことを表している。



解説 図 4.2.1 留意すべき構造・部位

(b)は鋼とコンクリートの合成構造であるが、防水工を行ったとしても完全な遮水を行うことは困難であ

り、また水が浸入すると抜けにくく長期にわたり滞水し、更に東北地方では凍結防止剤（塩水）の影響が加わるため、著しく腐食が進行することが考えられ、長期の耐久性を期待することはできない。

(c)から(e)に示すように鋼材がコンクリート中に埋め込まれている場合も、(b)と同様で、水が抜けにくく長期にわたり滞水するため、著しく鋼材の腐食が進行する。さらに、コンクリート中の鋼材腐食が極めて発見しにくい構造であり、避けなければならない。

(f)はコンクリートと鋼材の接合部が完全一体となりやすく、腐食環境にある場合は腐食が進行していくと想定される。これらの構造形式は耐久性に課題があり避けるのが望ましい。

(g)は CFT 構造の場合において、コンクリート打設孔などから腐食要因が断面内に持ち込まれないように密封し対処した例である。

(h)は、下面に水抜を設けて滞水を避けたものであるが、酸素が供給されることにより腐食するため、密封した構造とすべきである。

(i)は、鋼桁フランジと床版の接合部を示したものである。鋼の上フランジの角の部分は、コンクリートに十分埋め込まれておらず、かぶり不足となっているため、かぶり相当の範囲を塗装することによって保護したものである。

(5)について コンクリート構造物は設計耐用期間にわたり所要の耐久性を保持しなければならない。構造物が所要の性能を維持するためには、環境作用による構造物中の材料の劣化や変状が設計耐用期間中に生じないようにするか、あるいは材料劣化が生じたとしても構造物の性能の低下を生じない軽微な範囲にとどまるように設計するのが重要である。^{設)}

このために、構造物に用いられるコンクリートは、所要の強度を有し耐久的で密実であることが求められる。また、コンクリート構造物の耐久性に大きく関与する鋼材の腐食は、かぶりに過大な幅のひび割れが存在すると、局所的な腐食が生じる場合があるので十分に留意するものとする。一般的な環境に建設される構造物は、解説 表 4.1.1 に示す水セメント比のレディーミクストコンクリートを用い、解説 表 4.2.2 に示すかぶりを確保し、かつひび割れ幅が一定範囲に抑えられていれば、耐久性を維持することが可能である。しかし塩害環境下においては特別な対策が必要となる。

プレストレストコンクリートは、PC 鋼材が腐食せずコンクリート部材に導入されたプレストレスが維持されることによって耐久性が保証されている。したがって、PC 鋼材の腐食に対する予防保全対策を講じることを目的として、塩分環境に建設されるプレストレストコンクリートに対しては、従来から広く使用されてきた鋼製シースに換えて高密度ポリエチレンなどを用いた非鉄シースの使用が望ましい。

(6)について コンクリート構造物の形状を単純化することは、配筋の合理化や簡素化、型枠製作精度の向上、コンクリートの締固めが容易になるなど、施工品質が向上し、耐久性に優れた構造物を構築することにつながるものと考えられる。また、飛来塩分による塩害のおそれがある構造物の場合は、塩分付着面積の少ない閉断面の単純化した形状を用いることにより、塩化物イオンの付着量を低減し耐久性を向上させることができる。したがって、既往コンクリート構造物の劣化状況や損傷原因などの調査を踏まえ、劣化や欠陥が生じにくい構造を採用することや対策工を行うことで耐久性を向上させるものとする。例えば、橋梁を連続桁とすることは伸縮装置や支承が少なくなり、漏水による桁端部と支承部の劣化や凍結融解を抑制し、耐久性を向上させることができる。

(7)について 耐久性対策の中には、効果のばらつきが大きいものがあり、そのような対策だけでは十分

な耐久性を確保することはできない。とりわけ、完成後に大規模な補修が不可能と予測される構造物の本体部分では、複数の対策を施しておく必要がある。解説 表 4.1.3 に示したように著しい塩害環境下であれば、「かぶり」を十分に確保するだけでなく、コンクリートの水セメント比を小さくする、鋼材の防錆処理や構造物の防水処理、表面被覆をするなど、複数の対策を併用するよう検討すべきである。

4.2.2 かぶり・水セメント比

- (1) かぶりは、コンクリート構造物の性能照査の前提である付着強度を確保するとともに、要求される耐火性、耐久性、構造物の重要度、施工誤差等を考慮して定めなければならない。ただし、かぶりは鉄筋の直径に施工誤差を加えた値よりも小さい値としてはならない。^{設)}
- (2) コンクリートの水セメント比は、構造物に要求される性能を確保するよう、またかぶり厚さとの関係にも留意して定めなければならない。
- (3) 凍害を受ける恐れがあり、なおかつ凍結防止剤の散布の影響が懸念される部分においてはコンクリートの空気量を6%（管理値 $\pm 1.5\%$ ）とし、水セメント比は45%以下としなければならない。

【解 説】 (1)について かぶりは、一般構造細目や使用材料の特性と環境条件によって求められる値に施工誤差を加えて決定される。しかし、塩害環境下でのかぶりは、コンクリート標準示方書の塩化物イオン濃度の検討により定まるものと、各基準（道路橋示方書や道路土工）で定めるものとは、前者の算定値が大きく、しかも両者にはかなりの差が見られる。

このガイドラインが対象としている全ての構造物のかぶりは、(社)日本道路協会道路橋示方書・同解説の値を参照にして作成した解説 表 4.2.1 および解説 表 4.2.2 に示す値を用いることとした。ただし、かぶり厚さと密接に関係するコンクリートの水セメント比は、解説 表 5.2.1 の環境条件に応じるものとする。

解説 表 4.2.1 塩害の影響による最小かぶり(mm)^{設)}

塩害の影響の度合い 対策区分 構造・部材の種類		影響が激しい S	影響を受ける			影響を受けない
上部工	(1)工場で作成される PC 構造	70 ¹	50	35	25	25
	(2)(1)以外の PC 構造	70 ¹	70	50	35	35
	(3)鉄筋コンクリート構造	70 ¹	70 ¹	70	50	30
下部工	はり、柱、壁	90 ²	90	70	50	解説 表 4.2.2 参照

1 塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装を併用

2 塗装鉄筋、コンクリート塗装、埋設型枠等を併用

解説 表 4.2.2 塩害の影響を受けない下部工の最小かぶり^{設)}

環境条件	部材の種類		
	はり	柱、壁	フーチング
大気中の場合	35	40	-
水中および土中の場合	-	70	70

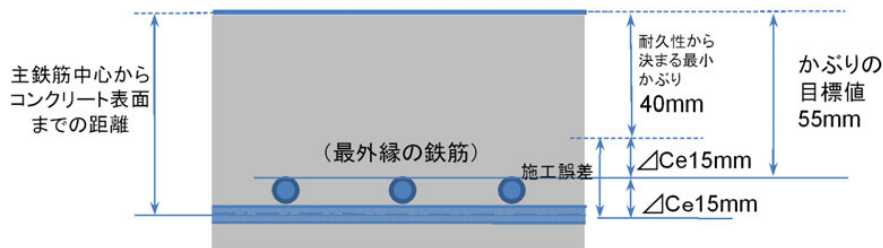
解説 表 4.2.3 (土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]) は、一般的な環境下で、一般的な配合の場合に建設されるコンクリート構造物が満たすべきかぶりの目標値とコンクリートの水セメント比を梁、柱およびスラブなどの部材ごとに示したものである。この表において、例えば橋脚の場合のかぶり C の最小値は 55mm であり、この中には解説 図 4.2.2 に示すように 15mm の施工誤差が含まれている。したがって、かぶりの目標値には施工誤差が考慮されており、管理値にはこれを含めてよい。

解説 表 4.2.3 かぶりの目標値に含まれる施工誤差¹

	W/Cの最大値	かぶりの目標値 (mm)	かぶりの目標値 - C_e (mm)	施工誤差 C_e
柱	50	45	30	± 15
梁	50	40	30	± 10
スラブ	50	35	30	± 5
橋脚	55	55	40	± 15

¹ 普通ポルトランドセメントを使用し設計耐用年数 100 年を想定。

橋脚の場合(解説 表4.2.3 橋脚)

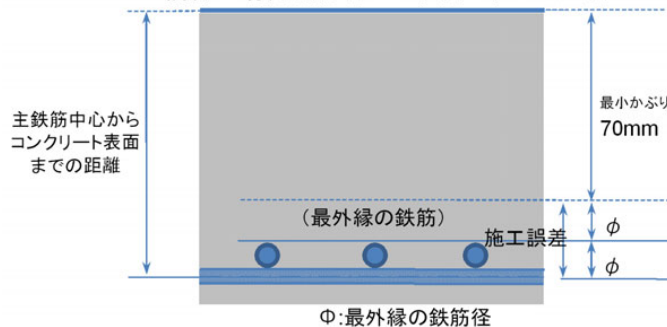


解説 図 4.2.2 かぶりの目標値と施工誤差の関係

一方、解説 図 4.2.3 は最小かぶりと許容施工誤差を示した関係図である。施工誤差は、最外縁の鉄筋径分の誤差を許容し、少なくとも最小かぶりを確保しなければならない。最小かぶりは、解説 表 4.2.1 と解説 表 4.2.2 に示した値であり、許容施工誤差は国土交通省制定の共通仕様書（土木工事施工管理基準および規格値）に定められている。

なお設計者は、主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離について余裕を含んで設定することが多いため、かぶりの管理値を明確にするために鉄筋位置と最小かぶりの関係を適切に設計図書に図示することが望ましい。

橋脚の場合(解説 表4.2.2 水中、土中 フーチング)



解説 図 4.2.3 かぶりの最小値と許容施工誤差の関係

(2)について 水セメント比を低減することは、強度の発現と耐久性の向上に有効であるが、過剰な水セメント比の低減は、粘性の増加による作業性の低下やコンクリート充填不良の原因となる。したがって、水セメント比は、材料品質だけでなく環境条件に応じて、構造物に要求される耐久性能を確保するように定めるものとする。なお、ここで設定した水セメント比はかぶりと密接な関係があり、変更する場合はかぶりにも留意するものとする。

(3)について 凍結防止剤の散布環境下で凍害を受けるコンクリート構造物は耐凍害性を向上するため、空気量は粗骨材の最大寸法が 25mm 以下で 6% (管理値 $\pm 1.5\%$)、粗骨材の最大寸法が 40mm で 5.5% (管理値 $\pm 1.5\%$) とし、水セメント比は 45%以下とする。ただし、長期耐久性を必要としない部材であって、必要な期間の耐久性の実績がある場合には、目標とする供用期間に応じて、水セメント比を 5~10%の範囲で高めた配合としてもよい。

4.2.3 鋼材の防錆処理

4.2.3.1 鉄 筋

4.1.2.2 に示す塩害区分に応じた構造物の所要の耐久性能を確保するため、必要に応じてエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するものとする。

【解 説】 エポキシ樹脂塗装鉄筋は、腐食によるコンクリート構造物の劣化対策の一つとして用いられるものであって海洋構造物の飛沫帯部、凍結防止剤が散布される橋梁の床版、桁および高欄、塩素を多量に含む上水道水の貯水池等、外部からコンクリートに浸透する塩化物イオンの作用を激しく受ける構造物の場合でも、通常の鉄筋を使用した場合に比べてかぶりを相当に小さくすることが可能であり、また、部材の一部または断面の一部分に用いても有効であるなどの特長を有する。しかし、鉄筋防食の効果は、塗膜の品質、塗膜厚、損傷の有無などによって大きく異なるので、その品質および使用方法は、「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針2003年 土木学会」に準拠するものとする。

エポキシ樹脂塗装鉄筋の継手は、重ね継手または、ねじふし鉄筋の樹脂固定方式の機械式継手を用いるのが良い。また、重ね継手を用いる場合は、無塗装鉄筋に比べて付着強度が小さいので重ね継手長さを 25%以上長くする必要がある。

コンクリート構造物の耐久性は鉄筋の耐食性ばかりでなく、設計・施工の適否やコンクリートの品質によっても大きく影響されるので、エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる場合でも、構造物の設計条件およびコンクリートの配合、施工方法等は通常の鉄筋コンクリートの基準に従うものとする。

一方で研究成果の集約が近年で飛躍的に進められたことから、ステンレス鉄筋についても新たに塩害対策の選択肢として加えることができると考えられる。ステンレス鉄筋の使用については、土木学会から刊行されている「コンクリートライブラリー130号 ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針(案)」が参考になる。

4.2.3.2 PC 鋼材

塩害環境においては長期にわたり PC 鋼材の耐久性を確保する対策を行うのがよい。

【解 説】 海洋からの飛来塩分や凍結防止剤が散布される塩害環境下に建設されるプレストレストコンクリート構造物においては、長期にわたって耐久性を確保するため、エポキシ樹脂塗装 PC 鋼材を用いることとする。またシー스는環境条件によらず防さび効果が高く、通常の鋼製シースとコストの面でも同等であるため非鉄シースを用いることが望ましい。

写真 4.2.1 は山形県酒田市の塩害によって劣化した橋梁である。この PC 桁の劣化は、断面外側の鉄筋より先に内部にある PC 鋼材の劣化が著しくなった例であり、シースの発錆後ほどなく PC 鋼材が腐食し始め、耐荷力不足に直結したものである。著しい塩害環境下では、施工による誤差も考慮して、より積極的で確実に鋼材を腐食から守る材料とする。

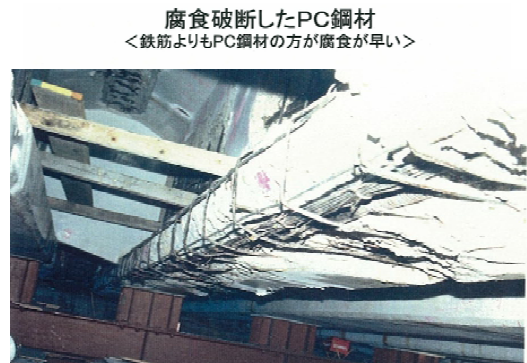


写真 4.2.1 酒田塩害橋の事例

4.2.3.3 埋設型枠

表面被覆に代わるものとして所要の性能を持つ埋設型枠を用いることができる。

【解 説】 このガイドラインでは、解説 表 4.1.1 および解説 表 4.1.5 に示した構造物の重要度が L1 に区分されるものについては、設計耐用年数 100 年を目標として所要の最小かぶりを確保するのみならず、適宜、エポキシ樹脂塗装鋼材や埋設型枠の利用などを組み合わせて塩害対策を行うものとする。一方で、塩害対策の一つとして用いられてきたコンクリート表面塗装については、塗膜の寿命が 10 年程度であることが経験的に知られている。また、塗装範囲が不適當な場合には、コンクリート中に水分が滞留することにより鋼材腐食を促進させることとなる。したがって、長寿命を目指す構造物を新規に建造する場合の塩害対策としては、コンクリート表面塗装は適切な塩害対策とは言えない。従って、このガイドラインではコンクリート表面塗装の使用を推奨しないことにした。

埋設型枠としてプレキャストコンクリート製品を使用する場合は、「土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]」に参考にするのがよい。

4.2.4 剥落防止対策

- (1) 構造物からコンクリート片等が剥落することにより第三者被害が想定される箇所については、これを防止するための対策を施しておく必要がある。
- (2) 剥落などの第三者被害を防止するための対策として、短繊維補強コンクリートを使用する場合には、その種類と使用量は適切な方法で確認することを標準とする。

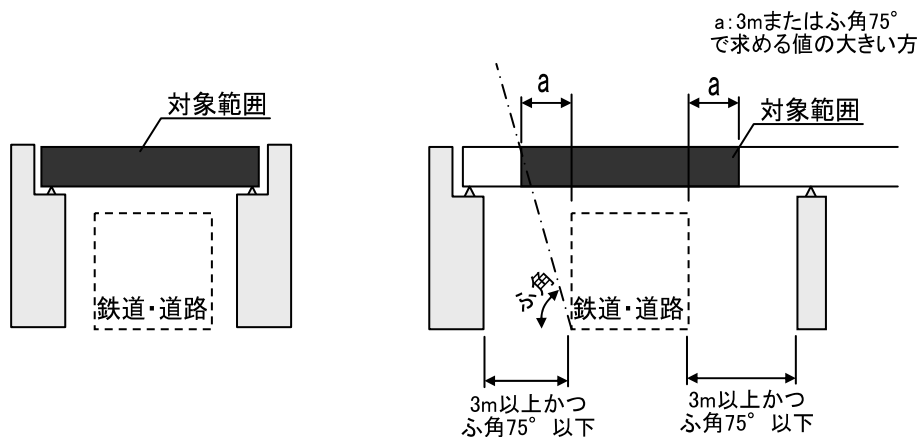
【解 説】 (1)および(2)について 構造物からコンクリート片が剥落するのは、鋼材腐食で生じる膨張圧によりかぶりコンクリートが押し出されることによって生じる場合や、凍害やアルカリシリカ反応によって生じたひび割れが増大することにより生じる場合などがある。

コンクリート片の剥落によって第三者被害が予想される線橋や道橋、また、必要に応じてボックスカルバートなどでは、剥落防止対策を行なうものとする。

剥落防止のために短繊維を混入させる部材や範囲は、交差する施設の管理者と協議して決めるものとするが、一般的に必要な部材とは、主げたを除く現場打ちコンクリートとし、床版(中空床版橋も含む)・地覆・剛性防護柵などやPC構造物ではセグメント間の間詰コンクリートも対象とする。

また、対象範囲は解説図4.2.4に示すように、コンクリート片の飛散を考慮して交差物の端部から両側に3mまたは交差物端部からふ角75°以上のうち広い範囲以上とし、コンクリート打継目に合わせて決定するのがよい。

短繊維補強コンクリートの品質は、5.7によるものとする。



解説 図 4.2.4 剥落防止の範囲

【参考文献】

- 設) 土木学会 2007年制定 コンクリート標準示方書 設計編
- c) 日本道路協会 道路橋示方書・同解説

4.3 体積変化によるひび割れに対する照査

4.3.1 一般

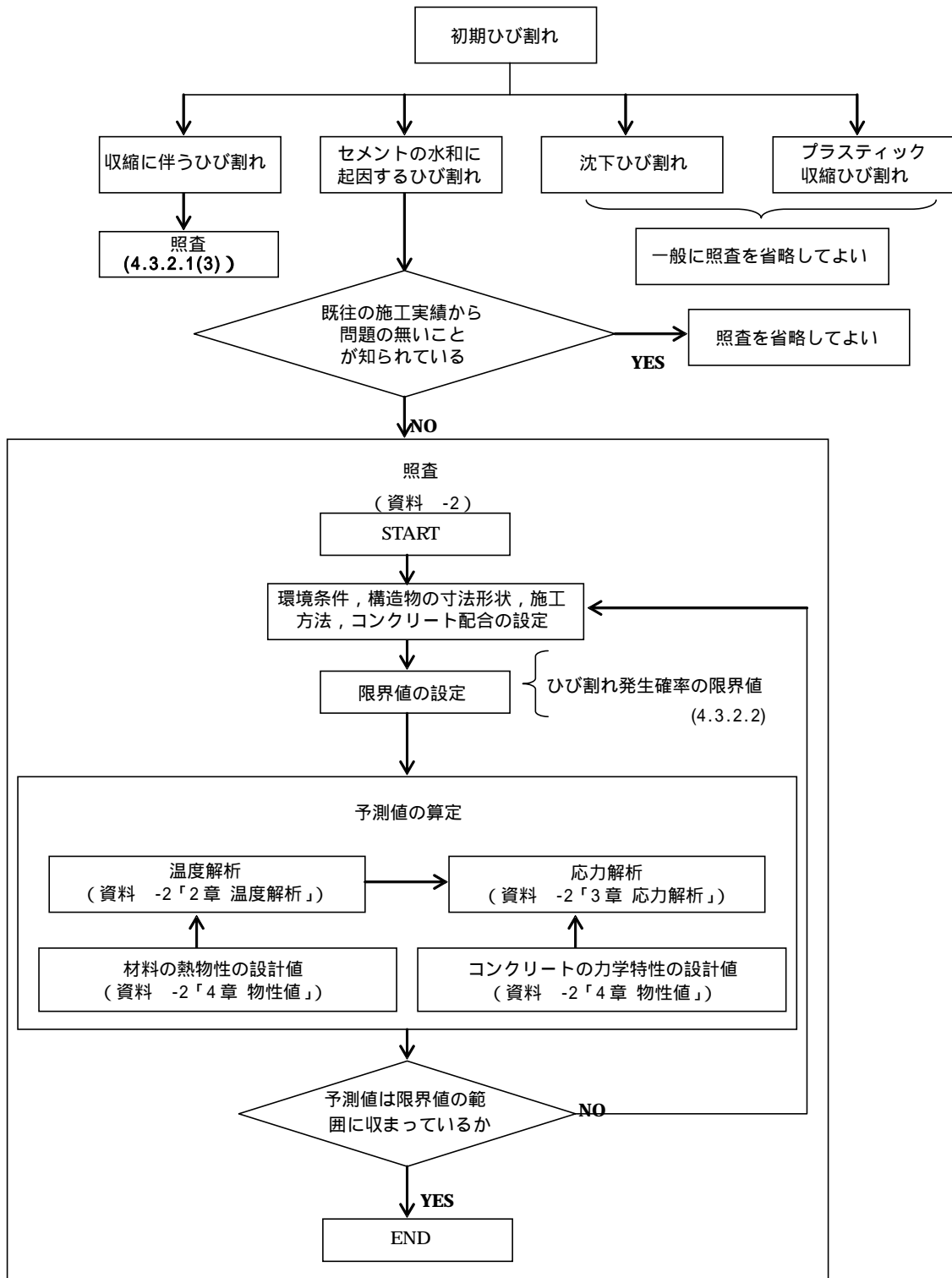
- (1) 設計段階においては、体積変化に起因する初期ひび割れの検討が必要であるかどうかを判断し、必要である場合は初期ひび割れの検討を行うこととする。
- (2) 体積変化に起因する初期ひび割れの検討に当たっては、ひび割れの発生確率が基準値以下となることを確認しなければならない。
- (3) 沈下ひび割れおよびプラスチック収縮ひび割れについては、一般にその照査を省略してもよい。また、既往の施工実績から問題のないことが知られている構造物については、水和発熱および自己収縮によるひび割れの照査を省略してもよい。^{設)}
- (4) ひび割れの制御を目的としてひび割れ誘発目地を設ける場合には、構造物の機能を損なわないように、その構造および位置を定めなければならない^{設)}。

【解説】 (1)および(2)について コンクリートは、温度変化、乾燥収縮および自己収縮などによって体積変化が生じる。これらの体積変化に起因して発生するひび割れとして、温度ひび割れ、乾燥ひび割れおよび自己収縮ひび割れがある。体積変化に起因するひび割れのうち、とりわけ温度ひび割れの照査については、これまで施工段階においてその検討が行われていた。すなわち、温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れの発生危険度は、コンクリートを打設する季節や施工工程に大きく依存することから、詳細な施工条件が確定したのちに数値解析による検討を実施するのが一般的であった。しかしながら近年の研究成果により、設計や使用材料が不適切な場合には、施工段階での対策だけでは温度ひび割れの防止や制御が極めて難しいことが明らかとなり、それゆえ有害なひび割れを防止するためには設計面、材料面、施工面から総合的に対策を講じることが必要であるとの認識に至った。以上のような経緯を踏まえ、このガイドラインでは、設計段階においては、体積変化に対する初期ひび割れの検討が必要であるかどうかを判断し、必要である場合は初期ひび割れの検討を行うこととした。

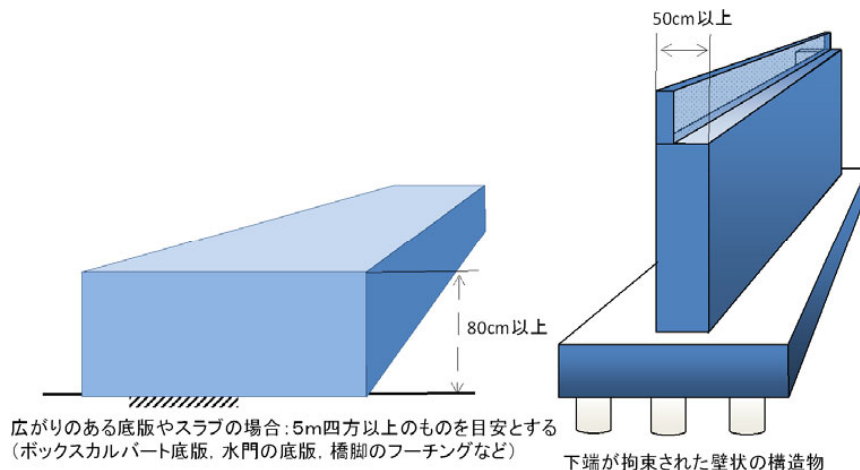
設計段階において初期ひび割れに対する検討を有限要素法などの数値解析を用いて行う際、コンクリートの打設時期や施工工程は未定である。それゆえ、この段階では温度条件としては安全側の条件、すなわち構造物に対して最も厳しい条件を仮定するのがよい。具体的には、打設時期は夏場とし、一回の打設量を考慮した標準的なリフト高さを仮定する。また、解析期間は、施工完了後の1年を通じて構造物の温度が最も低くなるまでとする。検討の結果得られたひび割れ指数を基に、設計段階で最大限講じうる適切な対策を提案する。この設計段階での検討は、いわゆる予備検討と位置づけられるものである。発注者は、さらに実際の施工条件や使用する材料特性を基に施工段階における検討の必要性を判断するものとする。

施工段階に発生するひび割れが設計耐用期間にわたる構造物の種々の性能に及ぼす影響は必ずしも明らかにされてはいないが、耐久性、安全性、使用性、耐震性の照査は、構造物の所要の性能に影響するような初期ひび割れが施工段階で発生しないことを前提としていることは言うまでもない。施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことを確かめておけば、設計耐用期間中の性能を確保するうえ

では十分に安心できることも事実である。施工段階に発生する体積変化に起因するひび割れの制御には様々な対処が可能であり、配合設計や構造諸元が確定した後も、施工手順や養生方法などによって制御することも可能である。また、施工段階で発生するひび割れは、供用後に発生するひび割れとは異なり、構造物の受け取り検査時に、容易に見出せる特徴を有する。なお、セメントの水和に起因するひび割れが構造物の性能に与える影響の有無を確認する方法を、[資料 -2] に示した。(解説 図 4.3.1) 設)



解説 図 4.3.1 初期ひび割れに対する検討フロー(設)



解説 図 4.3.2 マスコンクリートとして扱う断面寸法の目安

(3)について 施工段階に発生する主なひび割れとして、硬化前に発生する材料分離や急速な乾燥が主たる要因となるひび割れ、および水和や乾燥に伴うコンクリートの体積変化に起因するひび割れを取り上げた。しかし、沈下ひび割れは、骨材の沈下や材料分離によって鉄筋上面や変断面部に発生することがあるが、適切な時期にタッピングを施すと一般に防ぐことができる。また、プラスチック収縮ひび割れは、ブリーディング水の上昇速度に比べ、表面からの水分の蒸発量が大きい場合に生じるおそれがあるが、コンクリートを打ち込んだ後に表面からの急速な乾燥を防止すれば、一般に防ぐことができる。すなわち、6章にしたがって施工すれば、問題となるような沈下ひび割れやプラスチック収縮ひび割れの発生を防ぐことができるのでこれらのひび割れの照査を省略してもよい。セメントの水和に起因するひび割れにおいても、安全性、使用性、耐久性、美観などの観点を十分に考慮しても問題ないと判断されるような極めて微細なひび割れは、照査を省略してもよい。^{設)}

また、鉄筋コンクリート高架橋等のように、同種の構造物が数多く施工される場合、施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことが既往の施工実績から明らかにされていれば、本章の照査を省くことができる^{設)}。

セメントの水和に起因するひび割れが懸念され、マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の部材寸法は、構造形式、使用材料、施工条件によりそれぞれ異なるため一概には決めにくい。なおその目安として、解説 図 4.3.2 に示すように広がりのあるスラブについては厚さ 80～100 cm 以上、下端が拘束された壁では厚さ 50 cm 以上と考えてよい。しかしながら、プレストレストコンクリート構造物などのように、富配合のコンクリートが用いられる場合には、より薄い部材でも拘束条件によってはマスコンクリートに準じた扱いが必要になる。^{設)}

(4)について 一般にマッシュな壁状の構造物などに発生する温度ひび割れを材料配合上の対策により制御することは難しい場合が多い。また、水密性を要するコンクリートにおいては、ひび割れの発生によって初期の目的が達成できなくなる。このような場合、構造物の長手方向に一定間隔で断面減少部分を設け、その部分にひび割れを誘発し、その他の部分でのひび割れ発生を防止するとともに、ひび割れ箇所での事後処理を容易にする方法がある。予定箇所にひび割れを確実に入れるためには、誘発目地の断面減少率を 30～50% 程度以上とする必要がある。ひび割れ誘発目地の間隔は、構造物の寸法、鉄筋量、打込み温度、打込み方法

等に大きく影響されるので、これらを考慮して決める必要がある。また、目地部の鉄筋の腐食を防止する方法、所定のかぶりを保持する方法、目地に用いる充てん材の選定等についても十分な配慮が必要である。ひび割れ誘発目地を設けることにより、壁状の構造物などでは、比較的容易にひび割れ制御を行うことができる。しかし、ひび割れ誘発目地は、構造上の弱点部にもなり得ることから、その構造および位置等は過去の実績なども参考にしながら適切に定める必要がある。^{設)} 4.5.2.3には橋梁下部工の場合、および4.5.3.2にはボックスカルバートなどの場合の一例を示す。

4.3.2 温度および収縮ひび割れ

4.3.2.1 一般

- (1) 温度および収縮ひび割れに関する照査では、ひび割れ発生確率の限界値を設定し、照査を行うものとする。
- (2) 温度および収縮ひび割れに関する照査は、温度解析によって算定される初期状態からの温度変化と自己収縮によるコンクリートの体積変化とを求め、これらを取り入れた応力解析によって算定されたコンクリートの応力に基づいて行うものとする^{設)}。
- (3) 乾燥収縮等のコンクリートの収縮に伴うひび割れが、構造物の所要の性能に影響しないことを確認しなければならない^{設)}。

【解 説】 (1)について セメントの水和に起因するひび割れには、環境条件、構造物の寸法形状、材料の熱特性や力学特性、施工方法など各種の要因が相互に関連する。これらの要因を適切に設定して、ひび割れ発生確率が所定の値以下になることを確認しなければならない。^{設)}このガイドラインでは、必ずしも解析によってひび割れ幅を直接的に算定することを求めないこととし、解説 表 4.3.1 に定めるひび割れ指数とひび割れの発生状況との関係を参照し、ひび割れ指数が制限値以上であることを確認することで、ひび割れ幅の制限の確認に代わるものとした。なお、ひび割れ幅の算定方法については土木学会コンクリート標準示方書を参照するものとする。

(2)について セメント水和発熱に起因するひび割れに関する照査では、通常、環境条件、構造物の寸法形状、材料の熱特性、施工方法の詳細などの影響を取り入れた温度解析を最初に行う。ついで、温度解析によって算定される初期状態からの温度変化に基づく体積変化と自己収縮による体積変化を求め、打ち込まれたコンクリートへの拘束条件や材料の力学特性をモデル化して応力解析を行い、コンクリートの応力を算定する。コンクリートの発現強度と算定された応力との比較から(強度/応力)比(ひび割れ指数)を求める。ひび割れの発生の有無は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数によって照査する。^{設)}

(3)について 乾燥収縮等のコンクリートの収縮に伴うひび割れは、構造物の美観を損ない、コンクリートの気密性を低下させる原因となる。コンクリートの収縮には、コンクリート中の水分が逸散することにより生じる乾燥収縮だけでなく、コンクリート中のセメントの水和に伴う事故収縮もあり、両者は一般に複合する。これらのコンクリートの収縮に伴うひび割れは、コンクリートの使用材料、配合、構造物の形状、寸法、拘束条件、温度、湿度などの環境条件などの違いによって、構造物表面に分散する浅いひび割れとなる場合もあれば、部材を貫通するひび割れとなる場合もある。従って、構造物の性能への影響も多様である。従来、

乾燥によるひび割れは、構造的に重要度の低い部材に多いこと、乾燥によってひび割れが開いている程度の状態では、内部の鋼材に対して容易に水分が供給されないことなどから、構造物の影響は比較的軽微であると考えられてきた。しかし、過大な収縮によるひび割れが、部材の剛性やたわみに影響を及ぼす場合もあるので、構造物の所要の性能に影響しないことを設計段階で確認しておくことが望ましい。なお、コンクリートの自己収縮、乾燥収縮は大部分が供用開始以前に生じると考えられるため本節において取り扱うこととした。^{設)}

部材寸法、配合条件、環境条件などによっては、温度変化による体積変化および自己収縮によって応力が、構造物中のコンクリートに蓄積された状態で乾燥を受けることにより、ひび割れが生じることもある。従って、コンクリートの温度変化によって生じる体積変化、自己収縮に加えて、乾燥収縮を考慮して、構造物中のコンクリートに導入される応力を評価し、ひび割れの発生を予測することが望ましい。^{設)}

4.3.2.2 ひび割れ発生確率の照査

- (1) ひび割れ発生確率は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数によって照査するものとする。
- (2) ひび割れ発生確率の限界値は、環境条件、構造物の寸法形状、施工方法、コンクリートの配合を考慮して設定するものとする。^{設)}

【解 説】 (1)について コンクリート供試体の引張強度（特性値）と構造物中の引張主応力（算定値）の比をひび割れ指数と定義し、ひび割れ発生の有無は、ひび割れ発生確率の限界値から定められるひび割れ指数によって照査する。（解 4.3.1）が満足されれば、一般にこの照査に合格したとしてよい。^{設)}

$$I_{cr}(t) \leq I_{cr} \quad (\text{解 4.3.1})^{\text{設}}$$

ここに、 $I_{cr}(t)$ ：ひび割れ指数

$$I_{cr}(t) = f_{tk}(t) / \sigma_t(t)$$

ここに、 $I_{cr}(t)$ ：材齢 t 日におけるひび割れ指数

$f_{tk}(t)$ ：材齢 t 日におけるコンクリートの引張強度

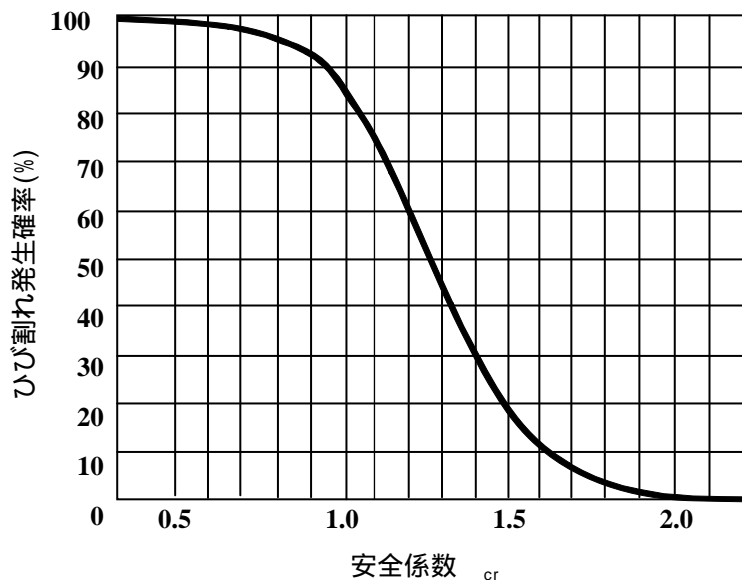
$\sigma_t(t)$ ：材齢 t 日におけるコンクリートの最大主引張応力度

コンクリートの体積変化に起因するひび割れについての照査は、従来からマスコンクリートに関してひび割れ指数を用いる方法が行われてきている。ひび割れ指数は、コンクリートに発生する引張応力に対する引張強度の比と定義されており、その値が大きいほどひび割れが発生しにくく、小さいほどひび割れが発生しやすい。一般に、ひび割れ指数が小さいほど発生するひび割れの数も多く、その幅も大きくなる傾向にある。発生した応力の分布が一様に近い場合には、一般に発生したひび割れは部材断面を貫通するひび割れに成長する場合が多い。一方、体積変化に伴う応力が部材断面で大きく勾配を有する場合には、表面部に発生したひび割れが即時に貫通せず、コンクリートの破壊靱性値が高い場合には機能を保持し続けることができる。このとき、構造物の寸法によってもひび割れの様子は異なる。ひび割れ指数には、材料の破壊靱性とひび割

れの進展の安定，不安定の別は考慮されていない．しかし，ひび割れ指数とひび割れ発生確率の間には，比較的良い相関関係が認められているので，これを用いてひび割れの照査を行ってよいこととした．^{設)}

なお，ここでは，算出するひび割れ指数の値は，事前検討の段階で比較的容易に予測できる物性値であるところのコンクリート供試体の引張強度（特性値）と構造物中の引張主応力（算定値）の比として定義することとした．したがって，ひび割れ発生確率は予測手法の精度や供試体の引張強度と構造物中の引張強度との差などの影響を受けるため，必ずしも，ひび割れ指数=1.0の時にひび割れ発生確率が50%とはならず85%となっていることに注意する必要がある．^{設)}

(2)について 安全係数 c_r とひび割れ発生確率の関係は解説 図 4.3.3 のように得られている．一般的な配筋の構造物における標準的な c_r とひび割れ発生確率の参考値を解説 表 4.3.1 に示す．なお，一般の環境下にある通常の土木構造物では， c_r が 1.0 を下回らないこととする．重要度の高い構造物や厳しい環境にある構造物については，詳細な施工条件が確定されたのち，施工段階にて対策コストと補修費用を勘案して，ひび割れ指数の目標値を定めることとする．



解説 図 4.3.3 安全係数 c_r とひび割れ発生確率との関係^{設)}

解説 表 4.3.1 一般的な配筋の構造物における標準的なひび割れ発生確率と安全係数 c_r の参考値^{設)}

	ひび割れ発生確率	安全係数 c_r
ひび割れを防止したい場合	5%	1.75 以上
ひび割れの発生をできるだけ制限したい場合	25%	1.45 以上
ひび割れの発生を許容するが，ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	85%	1.0 以上

ここで注意すべき点は，解説 図 4.3.3 に示すひび割れ発生確率曲線は，温度解析を3次元有限要素法で行い，応力解析に CP 法を用いて求めた結果である．応力解析に3次元有限要素法などを用いた場合のひび割れ発生

確率曲線は若干異なってくる。また、このひび割れ発生確率曲線は、壁状構造物、スラブ状構造物のような応力変化の穏やかな断面に対して適用すべきものであり、隅角部などへの適用は適切でないことにも注意しなければならない。^{設)}

自己収縮の影響を考慮する必要がない場合、安全側に、温度解析結果のみを用いて簡易にひび割れ指数 $I_{cr}(t)$ を（解 4.3.2）および（解 4.3.3）で算定してもよい^{設)}。

$$I_{cr}(t) = 15 / T_i \quad \text{内部拘束応力が卓越する場合} \quad (\text{解 4.3.2})^{\text{設)}$$

$$= 10 / (R \cdot T_0) \quad \text{外部拘束応力が卓越する場合} \quad (\text{解 4.3.3})^{\text{設)}$$

ここに、 T_i ：内部の最高温度時での内部と表面との温度差（ ）

T_0 ：部材平均最高温度と外気温平衡時温度との差（ ）

R ：外部拘束の拘束度．軟らかい岩盤 0.5，中程度の硬さの岩盤 0.65，硬い岩盤 0.8，既設のコンクリート 0.6 としよ。

内部拘束応力が卓越する場合とは軟質地盤上に打ち込まれたスラブ等であり、外部拘束応力が卓越する場合は岩盤やマッシュなコンクリート上に打ち込まれたスラブ等である。この式を導くにあたって用いたコンクリートの引張限界ひずみは 100×10^{-6} であり自己収縮は無視している。^{設)}

4.3.3 ひび割れ対策

体積変化に伴い有害なひび割れが生じると予測される場合には、設計の段階で講じうる合理的かつ適切な対策を提案する。

設計の段階で講じる対策としては、壁状構造物に対してはひび割れ誘発目地の設置、スラブ状のマッシュな構造物については低発熱セメントの使用など配合上の変更などがある。また、ひび割れ幅を制限する場合にはひび割れ用心鉄筋の設置が有効である。なお、4.5.2.3 および 4.5.3.2 に橋梁構造物とボックスカルバートにおけるひび割れ対策としての構造細目を示す。その他擁壁等の壁状の構造物については、ボックスカルバートの細目を参照されたい。

【参考文献】

設) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編

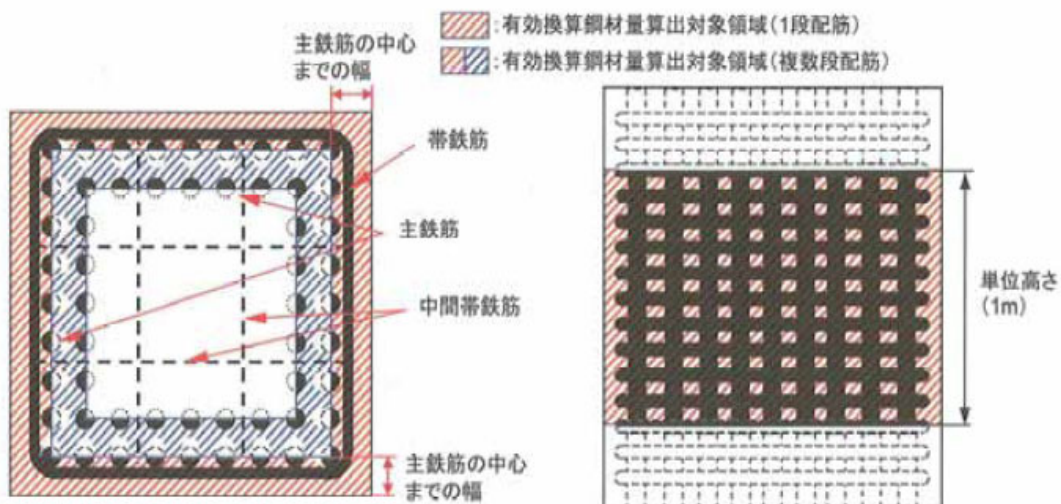
4.4 過密配筋対策および継ぎ手・定着

4.4.1 過密配筋対策

- (1) コンクリート構造物の設計では、原則として過密配筋を回避するように配慮しなければならない。また、やむを得ず過密配筋となる場合には、設計時において適切な施工時の対策を提示しなければならない。
- (2) かぶりあるいは鉄筋のあきは、部材の種類および寸法、粗骨材の最大寸法、鉄筋の径、フレッシュコンクリートの施工性等を考慮して、コンクリートが鉄筋の周囲にゆきわたり、鉄筋が十分な付着を發揮できる寸法を確保しなければならない^{設)}。

【解 説】 (1)について 現在の耐震設計規準では、従来の震度法と比較して大きな地震荷重に対する耐震性向上や復旧性を確保するため、過密配筋になっている場合が多い。このため、コンクリートの打込み不良や締固めが不十分なことに起因した初期欠陥による耐久性能の低下が懸念される。

ここでいう過密配筋とは、標準的なコンクリートを標準的な方法で打込みおよび締固めた場合に、所要の品質を得ることが困難と想定される配筋状態をいう。過密配筋の状態は、構造物の規模、部材・部位などによって異なり、かつ、コンクリートを連続して打ち込む量、締固め装置の種類やその方法などによっても異なるため一義的に定めることは困難であるが、土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工の指針(案)」では、過密配筋の程度を柱部材では解説 図 4.4.1 に定義される有効換算鋼材量を用いて、 $700\text{kg}/\text{m}^3$ 程度以上、はり部材や壁部材では鋼材量が概ね $200 \sim 350\text{kg}/\text{m}^3$ 程度を超えると過密配筋と判断している。設計者は過密鉄筋とならないよう計画すべきであるが、必ずしも現行の設計基準を満足できない場合



解説 図 4.4.1 柱部材におけるかぶり近傍の有効換算鋼材量*の算出方法^{鉄)}

* 主鉄筋の中心からコンクリート表面までの最短距離で囲まれる範囲を対象として、単位高さに含まれる鉄筋体積比(軸方向鉄筋と帯鉄筋の体積)および(コンクリート体積)を有効換算鋼材量と定義する。

がある。また、主鉄筋間隔を基準通りで設計しても、継手部や定着部では鉄筋の空きが確保できない場合があるため、機械式定着工法・機械式継手工法を活用することも有効である。さらに同指針（案）では、柱部材、はり部材、壁部材や接合部などの具体的な施工事例を通じて、コンクリートのスランプ、打込み方法・締固装置や締固方法などを紹介しており、過密配筋に対する対策の参考にするに良い。なお、施工性能から定まる打込みの最小スランプ値が15cmを上回る場合、コンクリートの落下高さ1.5m以下にできない場合、あるいは締固めの作業高さが3.0mを超える場合には、高流動コンクリートの使用も可能とする。

(2)について コンクリート構造物では、鋼材のあきが主鉄筋、配力鉄筋、スターラップ、帯鉄筋、用心鉄筋では確保されていても、それらの交差する部分、組立鋼材、継手部分、フックなどがある場合やシースなどが複雑に配置されている場合には、所定のあきが確保できない部位が生じることが想定され、打込みにあたってコンクリートポンプの筒先の挿入が不可能な場合や、締固めに使用するバイブレータが下部まで挿入できない場合も生じている。すなわち、(1)によって示される鋼材量以下であっても、構造物の部材・部位によっては過密配筋となることが予想される。これと同じく、土木学会「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕」や道路橋示方書などに規定された鉄筋のあきの基準値を満足していても、部分的に過密配筋となって不完全な充てんや締固めの事例も生じている。

根本的には、鉄筋の重ね継手やフックなどの重なりを避けるために、設計者は密に鉄筋を配置しない設計を心がけるべきである。また、平面的な図面に記載されたあきやかぶりの確認だけでなく、鉄筋の組み立て順序や工程に無理がないこと、完成した鉄筋かごがバイブレータの挿入を妨げないことに配慮しなければならない。なお、一般に使用されるバイブレータの径は50mm程度であり、これを挿入するための十分なあきが確保できない場合には、発注者との協議を行い、配筋状態に応じた打込み、締固の装置、締固め方法などを計画段階において確認することが重要である。

4.4.2 鉄筋の継手

4.4.2.1 一般

- (1) 継手部は、適切な方法によって所要の性能が得られることを確かめなければならない。
- (2) 鉄筋継手は、母材鉄筋の種類、直径、応力状態、継手位置、継手に要求される性能等に応じて適切なものを選ばなければならない^{鉄)}。
- (3) 鉄筋継手位置は、応力の大きい断面をできるだけ避けるのが良い^{鉄)}。
- (4) 鉄筋継手位置は、相互にずらしできるだけ一断面に集めないのが良い^{鉄)}。

【解説】 (1)について 継手部とは、解説 図4.4.2に示すように鉄筋に設けられた継手単体だけでなく、継手周辺の補強筋やコンクリートなどから構成される鉄筋コンクリート部材の一部と考える^{鉄)}。鉄筋コンクリート部材が所要の性能を発揮するために継手の性能を十分に確保する必要がある。十分な定着長を確保した鉄筋の重ね継手は、設計図とおりのかぶりや鉄筋のあきが確保できなくなるなど、過密配筋の原因となりやすい。過密配筋が懸念される部位・箇所においては、適切な施工による溶接継手やガス圧接継手、あるいは機械式継手の使用が有効である。土木学会「鉄筋定着・継手指針」では、これらの継手方法ごとの性能やその照査方法がまとめられており、参考にするに良い。

なお、継手の種類によっては、かぶり・鉄筋間隔が変更となる場合もあるため、特に機械式継手を採用する場合はこれらを考慮し鉄筋配置を検討しなければならない。

(2)について 継手性能が満足されても、構造物や部材の種類、配筋状態、施工条件などによっては、用いることのできない種類の継手がある^{鉄)}。例えば、エポキシ樹脂塗装鉄筋あるいはステンレス鉄筋を使用した場合は、鉄筋の被膜や母材の材質変状が懸念されるため圧接継手は使用せず、重ね継手や機械継手を用いるのがよい。機械式継手を用いる場合には、継手部分が耐久性の観点から弱点とならないように、継手部分の腐食などにも十分に留意する必要がある。また、同じ種類の継手であっても、工法が異なれば用いることのできる範囲が異なったり、継手性能が相違したりすることがある。鉄筋継手の種類および工法の選定にあたっては、これらの点に特に注意する必要がある。

(3)および(4)について 鉄筋の継手は弱点となる場合があるので、塑性ヒンジ部や大きな引張応力が生じる箇所に継手を設けると、部材の強度を減ずることになりかねない。したがって、塑性ヒンジ部や大きな引張応力を受ける断面、例えば、柱基部やはりのスパン中央部付近などには、できるだけ継手を設けないのが良い。また、継手を一断面に集中すると、継手に弱点がある場合、部材の強度が低下する恐れがあり、また、継手の種類によっては、その部分におけるコンクリートのゆきわたりが悪くなることもある。そのため、継手はできるだけ相互にずらして設けるのが良い。

4.4.2.2 継手の構造細目

- (1) 継手単体と隣接する鉄筋とのあき、または継手単体相互のあきは、原則として粗骨材最大寸法以上とする^{鉄)}。
- (2) 鉄筋を配置した後に継手を施工する場合には、継手施工用の機器等が挿入できるあきを確保しなければならない^{鉄)}。
- (3) 径や材質が異なった鉄筋を継ぐ場合には、これらの相違が継手性能に悪影響を及ぼさないことを確かめておかなければならない。
- (4) 繰返し荷重による疲労の影響を受ける部材には、同一断面に種類の異なった継手を併用しないのがよい^{鉄)}。

【解 説】 (1)について 圧接や機械式継手は過密配筋の対策として有用である。このときの継手のあきは土木学会「鉄筋定着・継手指針」に準拠した。これは、土木学会 2002 年版コンクリート標準示方書 [構造的な性能照査編] よりも若干ゆるめた規定である。さらに、継手部のコンクリートのゆきわたりやかぶりの剥落などに問題がないことを確認した場合には、あきを小さくしても良い。

(2)について 鉄筋を配置した後に継手を施工する場合、継手施工用機器等を挿入する関係上、一般に粗骨材の最大寸法の値に比べて相当大きなあきが必要となる^{鉄)}。そこで、継手施工用機器等が挿入できなくなる事態を避けるため、設計者は施工者と継手の種類について協議し、必要なあきを確保しなければならない。

(3)について 径や材質の異なった鉄筋を継ぎ合わせる場合、継手の種類によっては、所要の継手性能が得られない可能性がある。特に溶接継手やガス圧接継手のように、施工にあたって母材鉄筋の一部を溶接または加熱して接合する継手の場合には、鉄筋の材質の相違、ふし等の形状の相違などが継手の性能に影響を及

ばすことがあるため、特に注意が必要である。なお、圧着継手のようにスリーブ長さが両側で異なる場合があるので、この点にも注意する必要がある。

(4)について 種類の異なった継手を同一断面に設けた場合、継手部の剛性、耐疲労性能などの継手性能が異なっていると、いずれかの継手に応力集中等が生じ、部材の強度に悪影響を及ぼす恐れがあるので、このように規定した^{鉄)}。

4.4.3 鉄筋の定着

4.4.3.1 一般

- (1) 鉄筋の定着は、適用の目的に応じて、軸方向鉄筋と横方向鉄筋のそれぞれについて適切な方法によって定着部が所要の性能を有していることを確認しなければならない。
- (2) 定着の種類および工法は、母材鉄筋の種類、直径、応力状態、定着位置、鉄筋の定着部に要求される性能等に応じて適切なものを選ばなければならない^{鉄)}。

【解説】 (1)について 鉄筋コンクリート構造物の応答値および限界値の算定において、鉄筋とコンクリートの力の伝達が想定したとおりになっている必要がある。そのため、鉄筋の定着は極めて重要であり、定着部が所要の性能を有していなければならない。鉄筋端部は、コンクリート中に十分埋め込んで鉄筋とコンクリートとの付着力によって定着するか、フックの付与または機械的な方法により定着しなければならない^{鉄)}。最近のコンクリート構造物では、耐震性能向上のため過密配筋となる場合も多く、従来の鉄筋の折り曲げ加工によるフックではコンクリートの充てん性や締め固めが十分に行われない可能性がある。定着体と定着具による機械式定着は、このような過密配筋の箇所において鉄筋量を大きく低減できるため、非常に有効である。本来、性能照査を行うのは構造物や構造部材であり、要求性能はそれらに対して明示されるものであるが、土木学会コンクリートライブラリー128「鉄筋定着・継手指針」では、その性能を定着部や定着体等の性能を確認することにより構造物や構造部材の性能を担保できるものとしている。なお、軸方向鉄筋と横方向鉄筋では求められる定着性能が異なるため、性能の確認はそれぞれについて行うことを原則とする。コンクリートと鉄筋の付着力による定着方法および鉄筋の曲げ加工によるフックを介した定着方法については、コンクリート標準示方書や道路橋示方書の構造細目に準拠する。また、過密配筋対策として機械式定着を用いる場合には、軸方向鉄筋と横方向鉄筋に求められる性能、および静的載荷試験の方法などが土木学会コンクリートライブラリー128「鉄筋定着・継手指針」まとめられており、参考にすると良い。

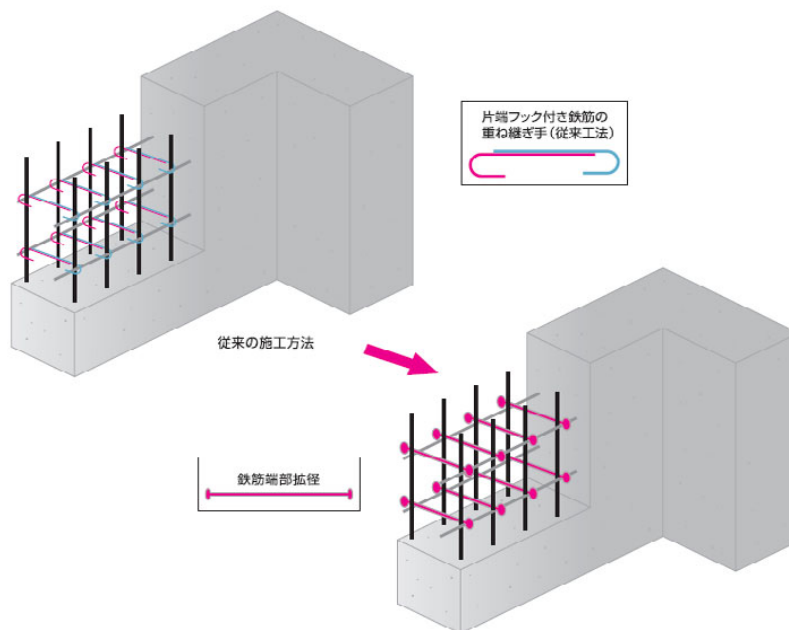
(2)について 定着の種類は、定着の機構により分類され、付着式、付着とフックの併用式、および機械式に大別される。また、工法は鉄筋の機械式定着における個別の方法（製品）を意味している。^{鉄)} 設計の際には、これらの個別の方法（製品）に応じて、適切な鉄筋径やかぶりや鉄筋のあきなどを決定し、また、圧縮・引張・曲げ・せん断などの定着部周辺に作用するコンクリートや鉄筋の応力を考慮して定着方法を選定しなければならない。過密配筋対策として機械式定着を使用する場合には、各定着工法を用いた定着部の性能照査、その定着体の性能評価および基本要件である定着具の性能評価に関する具体的な方法が土木学会「鉄筋定着・継手指針」に具体的な製品ごとにまとめられており、参考にすると良い。

4.4.3.2 定着の構造細目

- (1) 部材最外縁のスターラップや帯鉄筋の定着には機械式定着具を用いないことを原則とする^{鉄)}。
- (2) 機械式定着具を有する横方向鉄筋は、部材の最外縁の軸方向鉄筋に沿わせ、かつ軸方向鉄筋の外側に機械式定着具がくるように配置することを原則とする^{鉄)}。
- (3) 疲労の影響を受ける部材の軸方向鉄筋に、両端が異なる定着方法を用いる場合には、同じ側に種類の異なった定着方法を施さないことを原則とする^{鉄)}。

【解 説】 (1)について 機械式定着は過密配筋対策に有用であるが、製品ごとの適切な使用方法を把握しておく必要がある。横方向鉄筋のうち、部材最外縁に軸方向鉄筋を取り囲むように配置するはり部材のスターラップや柱部材の帯鉄筋については、その連続性により内部コンクリートの拘束にも寄与していることが考えられる。機械式定着具のコンファインド効果が期待できないため、スターラップや帯鉄筋に機械式定着具を使用しないこととした。^{鉄)}

(2)について 配筋の一例を解説 図 4.4.2 に示す。



解説 図 4.4.2 横方向鉄筋に機械式定着具を用いた場合の配筋例^{d)}

(3)について 繰返し荷重による疲労の影響を受ける部材の横方向鉄筋に、両端が異なる定着方法を用いる場合、同じ側に種類の異なった定着方法を施すと、定着方法によって拔出し量や耐疲労性能などの特性が異なることにより、いずれかの鉄筋に応力集中等が生じ、部材強度に悪影響を及ぼす可能性があることからこのように定めた^{鉄)}。

【参考文献】

設) 土木学会2007年制定 コンクリート標準示方書 設計編

鉄) 128 コンクリートライブラリー 鉄筋定着・継手指針[2007年版]

d) 十河茂幸, 信田佳延, 栗田守朗, 宇治公隆(2008): コンクリート名人養成講座[改訂版], 日経コンストラクション

4.5 構造細目

4.5.1 一般

コンクリート構造物が所要の耐久性を確保するために、構造細目を適切に設計しなければならない。

【解説】 コンクリート構造物の凍害，塩害，アルカリ骨材反応などによる劣化には，水が深く関与していることが知られている．このためコンクリート構造物の耐久性を確保するうえで，コンクリートに対する雨水や凍結防止剤の浸透を抑制することが重要であることから，防水対策について構造細目を示すものとした．

また，コンクリートの初期ひび割れを抑制することも耐久性の向上に寄与することから，対策工として設計時点で配慮すべき構造細目を示すものとした．

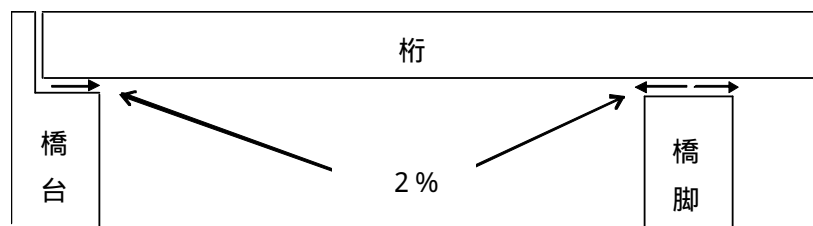
4.5.2 橋梁構造物

4.5.2.1 排水対策

コンクリート構造物の耐久性を確保するために，コンクリート構造物の上面に排水勾配を設け，流末まで適切に導くものとする．

【解説】 橋梁は，鉄筋コンクリート床版や下部構造の支承部が雨水や凍結防止剤の影響を受ける構造物であり，コンクリート構造物の耐久性を確保するために排水および防水対策を十分に行うものとする．

橋梁上部工の地覆や壁高欄，下部構造頂部の支承部まわりなどのコンクリート構造物の上面には2%程度の排水勾配を設けて，滞水しないよう排水するものとする．下部構造頂部は，伸縮装置からの漏水の他，支承部まわりは一般に風通しが悪く，塵芥や結露水が溜まるなどコンクリートの凍結融解，鋼材の腐食など劣化しやすい環境にある．下部構造頂部の排水処理として，橋台，橋脚の桁座面は，解説 図 4.5.1 のように橋軸直角方向または橋軸方向に排水勾配を付けるものとする．



解説 図 4.5.1 下部構造頂部の縦断方向の勾配

排水勾配を付与する場合，鋼材の最小かぶり確保するよう留意するものとする．

また、路面の排水は途中で滞水や飛散することにより、コンクリートに影響を与えている例が多いことから、流末まで導くことを基本とする。なお、流水管は凍結により破損しないよう一般構造用炭素鋼鋼管（STK400）を使用し、耐久性を確保するものとする。

4.5.2.2 防水対策

- (1) コンクリート床版の上には防水工を設けるものとする。
- (2) 防水工は、防水性能、施工性、床版や舗装との密着性、耐久性および経済性などを考慮して選定するものとする。
- (3) 床版上面の滞水を防止するため、導水パイプと水抜き孔を設置するものとする。

【解 説】 (1)について 自動車荷重の影響を模擬した輪荷重走行試験によって、コンクリート床版の疲労損傷過程の研究が進み、コンクリート床版のひび割れに水などが流入すると、床版コンクリートの劣化が著しく進展し、乾燥状態に比べて早期に床版コンクリートの抜け落ちにまで至るなど、床版の寿命が大幅に短くなることが明らかにされた。したがって、路面から床版への水や塩化物イオンの浸透を防ぎ、床版の耐久性を保持するため、コンクリート床版上面のすべてに防水層を設けるものとした。

床版上面に水を張った状態と乾燥状態とした場合の輪荷重走行試験の結果を比較すると、湿潤状態では乾燥状態に比べて50～300倍もの速さで床版が破壊に至ることが報告されている。また、凍結防止剤の散布地域や、海岸付近で波しぶきがかかる場所においては、舗装から、コンクリート床版上面にまで水や塩化物イオンが到達し、床版へ浸透すると、床版内部の鋼材の腐食が促進される。この点からも、コンクリート床版の耐久性確保のために、床版上面に達した水や塩化物イオンが床版に浸透しないよう床版防水を設けることが重要となる。このとき、床版防水層によって、床版上面に到達した水が床版コンクリートに直接触れることがないようにするだけでなく、到達した水が床版防水層うえで滞水することがないように、速やかに排水することも重要である。

また、床版防水層を施しても、床版への水分の浸透を完全には防ぐことはできない。したがって、浸透した水分が床版内へ蓄積されないよう、床版は浸透した水分が床版下面から蒸発できるような状態にしておくのがよい。このことから、下面全体を鋼板や塗装で覆ったりしないのがよい。

(2)について コンクリート床版の防水工法として、シート系防水と塗膜系防水の2工法がある。一般に防水層の施工が良好であれば、耐久性はシート系防水が優れているが、塗膜系防水においても反応樹脂型に分類されるウレタン樹脂系の防水材は、防水性やひび割れ追従性に優れている。

コンクリート床版に水が浸透しやすいのは、地覆コンクリート内側や排水ますおよび伸縮装置と舗装との境界部である。したがって、シート系防水層を用いる場合には、境界部付近ではコンクリートあるいは鋼材とシート系防水層とが良く接着するよう、エポキシ樹脂系の接着剤を用いて接着するものとする。

ウレタン樹脂系の防水材は、主剤にウレタンプレポリマー、硬化剤にポリオール、ポリアミンなどが用いられる。硬化反応が速いため専用の二液混合式の吹付け機などで施工するが、床版面から地覆部の立上がり面、排水ますや伸縮装置まわりにも連続して吹付けられ、シームレスな防水膜を構成できる。防水膜は耐熱性に優れ、伸び率も300%以上あり、ひび割れ追従性に優れるが、アスファルトとの接着性に留意するものと

する。

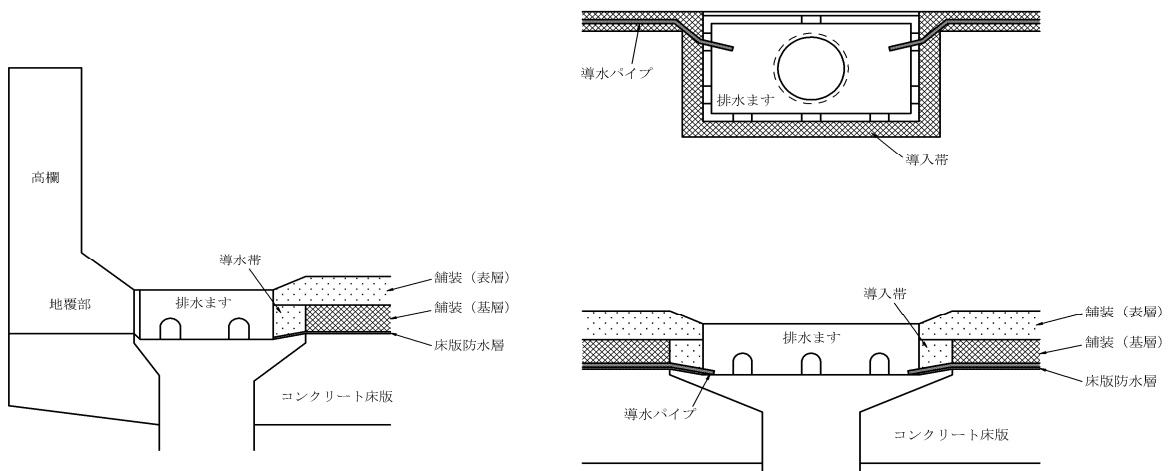
防水工は、「道路橋床版防水便覧（社）日本道路協会 平成19年3月」に示される，防水性，遮塩性，接着性，耐変形性，耐熱性，耐薬品性，耐荷性，耐久性，排水性，環境安全性，維持管理性，施工性などの防水層としての要求性能に着目し，対象とする床版および舗装材料の特性や対象路線の重要度による耐久性を総合的に判断し，適切なものを選定するものとする。

(3)について 床版上面の舗装からの浸透水を滞水させることなく，確実に排水させるための床版防水として，防水層のほかに導水パイプと水抜き孔を設置するものとする。

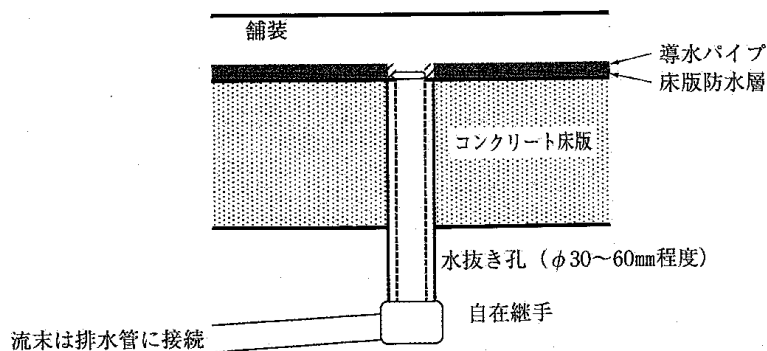
導水パイプの種類には，有孔管，スパイラル管，メッシュ管などがあり，材料にはステンレス鋼製や，舗装材料のリサイクルに配慮した樹脂製のものがある。導水パイプは，基層舗装時に路側端部の地覆内側などに設置し，舗装内部に浸透した水を確実に排水ますや床版の水抜き孔に導くものとする。表層にポーラスアスファルト混合物などを用いる場合は，排水量が多いため導水帯と導水パイプを用いる場合がある。導水帯は透水機能を有する混合物を充てんする場合が多い。

床版の水抜き孔は，床版上や床版防水層上の滞留水，導水パイプや導水帯によって集水された水を床版下面に排水するための，床版を貫通する鉛直方向の排水設備である。その流末は，けたや支承，橋脚，橋台などに排水がつかからないよう排水管に接続するものとする。

導水パイプと排水ますの接続例を解説 図 4.5.2 に，床版の水抜き孔の設置例を解説 図 4.5.3 に示す。



解説 図 4.5.2 導水パイプと排水ますの接続例

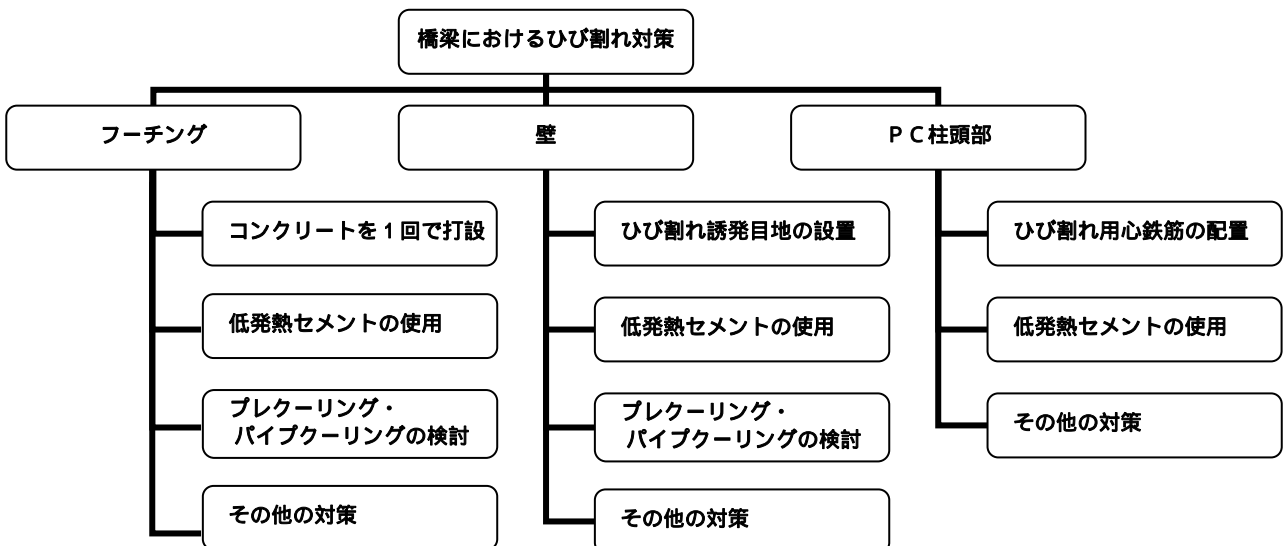


解説 図 4.5.3 床版の水抜き孔の設置例

4.5.2.3 ひび割れ対策

- (1) 橋梁下部構造のフーチングおよび壁，上部構造の PC 桁柱頭部において，セメント水和熱に起因した温度応力によるひび割れが問題となると判断された場合，本節に示すひび割れ対策を行うことが望ましい。
- (2) 外部拘束が小さい地盤上に施工されるフーチングでは，原則的に打継目を設けず，1 回で打設できるように計画することが望ましい。
- (3) 壁については，温度応力解析を行い，適切な間隔でひび割れ誘発目地を設置することが望ましい。
- (4) ひび割れ誘発目地を設けた場合は，その位置にあらかじめ止水対策を施し，ひび割れ発生後はエポキシ樹脂等を注入して，構造体としての一体性を確保しなければならない。また，ひび割れ誘発目地以外でひび割れが生じた場合には，6.4.11 に従って補修を行う必要がある。
- (5) PC 桁柱頭部において，温度ひび割れが懸念される場合には，発熱量の低いセメントの使用やひび割れに対する用心鉄筋を配置することが望ましい。

【解 説】 (1)について セメントの水和に起因するひび割れが懸念され，マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の部材寸法は，構造形式，使用材料，施工条件によりそれぞれ異なるため一概には決めにくいですが，おおよその目安として，広がりのあるスラブについては厚さ 80～100cm 以上，下端が拘束された壁では厚さ 50cm 以上と考えられている。橋梁構造物においては，フーチング，壁，プレストレストコンクリート橋における柱頭部等にひび割れ発生の懸念があり，これらに対してひび割れ対策を行う必要がある。解説 図 4.5.4 に橋梁におけるひび割れ対策を示す。



解説 図 4.5.4 橋梁におけるひび割れ対策

(2)について べた基礎や杭基礎のように比較的外部拘束の小さい地盤上に打設されるフーチングの場合であっても，2 層以上に分割してコンクリートを打設した場合，対策をとらずして許容されるひび割れ幅にまで制御することは極めて困難である。地盤の外部拘束が小さい場合でもあっても層打ち施工を行うと，先

行打設した層のコンクリートが拘束体となって、その上層のコンクリートを拘束することになり、上層のコンクリートにひび割れが発生する可能性が高くなる。よって打継目を設けず、1回で打設することが重要である。一度に大量のコンクリート打設することになるため、温度上昇量が大きくなり内部拘束が卓越する。そのため打ち上がり面だけでなく側面についても、可能な限り表面部と内部との温度差が小さくなるように養生を行う必要がある。

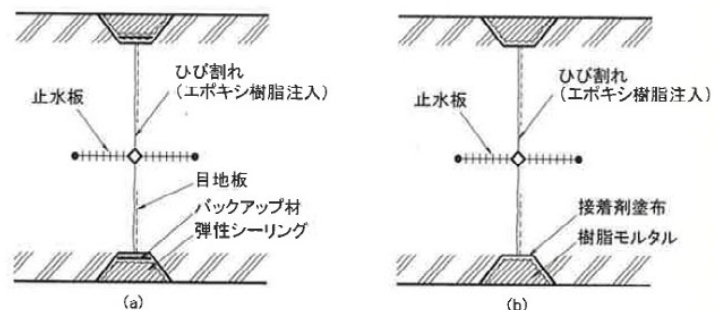
一括打設が不可能な場合は、低発熱セメントを使用してコンクリートの水和発熱量を低減する方法がよい。低発熱セメントはコンクリートの温度上昇を抑制することができ効果は大きいですが、低発熱セメントの調達やプラントの出荷体制等、市場性および経済性を考慮しなければならない。

また、低発熱セメントの調達が困難な場合には、プレクーリングあるいはパイプクーリングによりコンクリート水和熱による温度の上昇を制御する方法がある。パイプクーリングは、パイプに冷却水または自然の河川水等を通水することにより行われる。パイプ間隔、通水量、1コイル長さ、冷却期間等に関して所定の効果をあげるように計画する必要があり、通水温度は、施工時期、打ち込み時間間隔、部材厚などを考慮して決定しなければならない。また、設備が大掛かりとなり、工程に与える影響も大きいいため、採用にあたっては十分な検討が必要である。

(3)について 壁状構造物では、底版などにより下端が拘束されるため、温度ひび割れの発生が懸念される。このようなひび割れは、部材断面を貫通することが多くひび割れ幅も比較的大きくなり、構造物の耐久性および機能性に悪影響をおよぼすため、品質上の問題となることが多い。したがって、外部拘束による温度ひび割れを防止あるいは軽減する方法を、事前に検討しなければならない。

経済性や施工性を鑑みると、ひび割れ誘発目地の設置が有効である。ひび割れ誘発目地は、事前に温度応力解析を行い、ひび割れ発生確率を算出して、適切な間隔や構造にしなければならない。コンクリートのひび割れに対する照査は、4.3に準じて照査を行うとよい。ひび割れ誘発目地の設置方法については、4.5.3.2に準じて計画するとよい。なお、構造条件や施工条件により、ひび割れ誘発目地の設置が困難な場合は、フーチングと同様な対策を講じる。

(4)について ひび割れ誘発目地部は水密性が小さくなるため、二酸化炭素や水分の鉄筋への到達が容易となり、鉄筋の腐食が進行しやすい。鉄筋腐食による膨張圧により表層のコンクリートが押し出されると、浮きや剥離、場合によっては剥落の原因となる。また、地震力に対する橋軸直角方向の剛性が低下しないよう、壁構造としての一体性を確保しておくことが望ましい。したがって、橋梁などの重要構造物では、ひび割れ誘発目地部が構造物の弱点とならないように、ひび割れ発生後は、エポキシ樹脂等を注入して漏水による鉄筋の腐食を防止するなどの対策を施し、構造物として一体性を確保する必要がある。



解説 図 4.5.5 ひび割れ誘発目地部の処置方法の例

解説 図 4.5.5 にひび割れ誘発目地部の処置方法の例を示す。

(5)について 上部構造における温度ひび割れは、部材厚が比較的大きい柱頭部に発生する場合が多い。柱頭部では、低発熱セメントの使用が最も効果的である。しかしながら東北地方では低発熱セメントの入手が

比較的限られている．そのため，ひび割れ指数がなるべく安全側となるよう打設順序や養生方法を検討したうえで，ひび割れの発生を許容せざるを得ない場合，ひび割れ幅が過大とならないようひび割れの発生が予測される箇所に，ひび割れに対する用心鉄筋を配置することが望ましい．配筋によりひび割れを抑制する場合は，施工性が確保できる範囲内で，できるだけ細径の鉄筋を分散して配置するような配筋を計画するとよい．

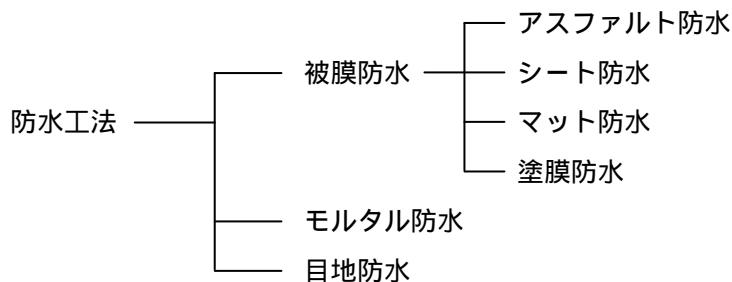
4.5.3 ボックスカルバート

4.5.3.1 防水対策

ボックスカルバートに防水工を施す場合には，水圧を直接受ける面に設けるのを原則とする．

【解 説】 共同溝などボックスカルバートの内部には，照明，換気設備，排水設備，ケーブルおよび電線管の保持装置等が配置される場合がある．これらの設備を地下水の浸透から保護することとボックスカルバート本体の劣化防止や排水経費の節減等を図り，本体の機能を保持することを目的として防水工を施すものとする．

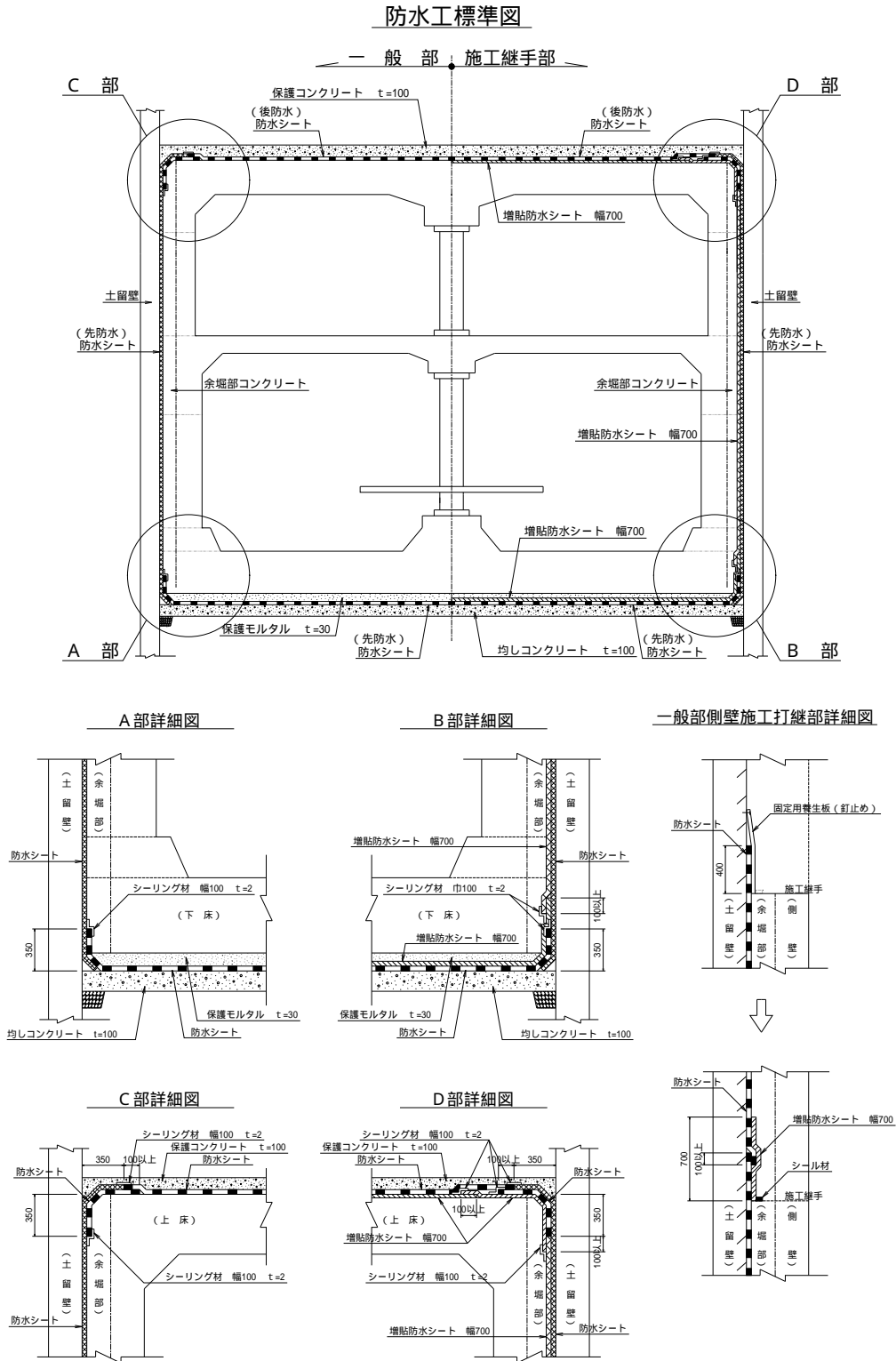
防水工法には次のようなものがある．



防水工法は，効果の確実性，施工の難易，工事費および沿道に与える影響等を考慮して決めるが，一般的にはシート防水とするのが良い．

シートによる全面防水の参考として，防水工標準図を解説 図 4.5.6 に示す．ボックスカルバートのシート防水は，コンクリートの施工継手位置，立ち上がり部の作業性や固定方法を配慮してシートの形状・寸法を決定する必要がある．シート接合部と施工継手部は，地下水が浸透した時の弱点となるため，原則として同一箇所に設けてはならない．さらに，接合部と継手部は，シーリングや増貼防水シートで保護するとよい．シートの接合は，水上側のシートが水下側のシートの上になるように重ね，接合幅は 100mm 以上とするのが望ましい．水平面に施工する防水は，防水層が完了した後，モルタルやコンクリートを打設してシートを保護するとよい．鉛直面に施工する防水は，コンクリート打設用のセパレーターがシートを貫通して取り付けられるため，貫通箇所の適切な防水処理が重要である．また，地下水位が高く土留壁からの湧水が予測される場合は，ドレン等により排水処理を行う．このように，防水層の保護は，シートに加わる種々の外力の影響を遮断あるいは緩和して，防水層の耐用年限を伸ばし，地下水の浸透を防止してコンクリートの耐久性の向上に重量な役割を負っている．

アスファルト防水を計画する場合には、煙、臭気、火災等沿道住民への影響および作業員の安全衛生を考慮しておかなければならない。なお、水圧を受けない面に防水工を施すと、防水工とコンクリート面との間に、コンクリート中に侵入した水がたまって、防水工を破壊する場合があるので、水圧を直接受ける面に防水工を施すことを原則とする。



解説 図 4.5.6 防水工標準図*
* 仙台市高速鉄道防水工標準図引用

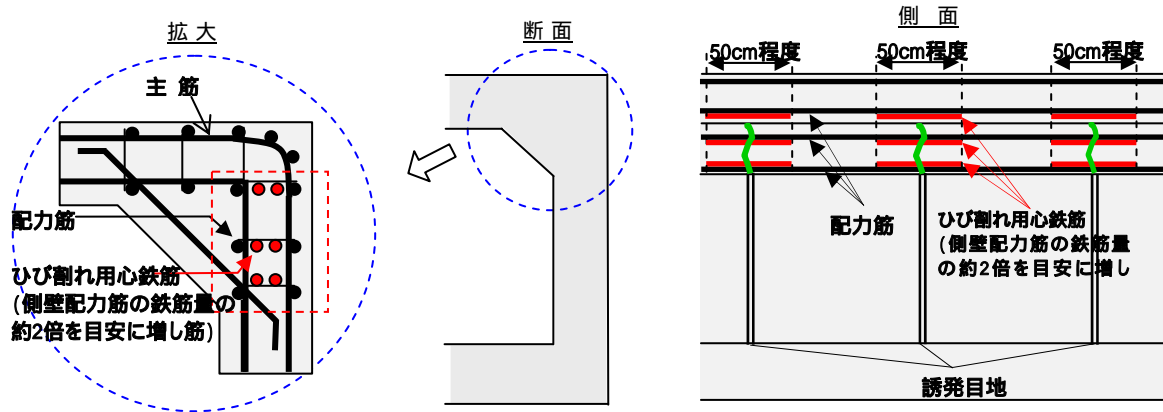
4.5.3.2 ひび割れ対策

- (1) ひび割れの制御を目的として、ひび割れ誘発目地を設ける場合は、構造物の強度および機能を害さないように、その構造および位置を定めなければならない^(設)。
- (2) 誘発目地の間隔は、適切に定めるものとする。
- (3) 誘発目地の断面欠損率は、30～50%程度とするのがよい^(設)。
- (4) 水密構造物にひび割れ誘発目地を設ける場合は、その位置にあらかじめ止水板を設置しておくなどの止水対策を施しておくのがよい^(施)。
- (5) ひび割れ誘発目地からの漏水、鉄筋の腐食等が想定される場合には、適切な処置を行うこととする。また、ひび割れ誘発目地以外でひび割れが生じた場合には、必要に応じて補修を行う必要がある。

【解 説】 (1)について コンクリート構造物は、セメント水和熱や外気温などによる温度変化、乾燥収縮などにより変形するが、このような変形が拘束されるとひび割れが発生する可能性がある。ひび割れ防止対策を検討するにあたり、施工段階での対策だけではひび割れを解決することは極めて難しく、設計面、材料面を含め総合的に対策を検討する必要がある。設計段階におけるひび割れ防止対策としては、ひび割れ誘発目地の設置が効果的である。ひび割れ誘発目地は、構造物の長手方向に所定の間隔で断面欠損部を設けておき、その部分にひび割れを誘発することでその他の部分でのひび割れの発生を防止するとともに、ひび割れ箇所での補修を容易にするものである。誘発目地に使用する部材（目地板や止水板等）の固定方法は、鉄筋や市販されている材料を利用するとよい。

側壁の誘発目地は、ひび割れを人為的に所定の位置に生じさせるものであるから、構造物の強度および機能を害さないように断面欠損部の構造および誘発目地の位置、間隔を慎重に検討しなければならない。特にボックスカルバート端部がウイング構造となっている場合は、ウイングの鉄筋がボックスカルバート側壁に定着されるため、誘発目地の位置は鉄筋の定着位置より十分な離隔を確保して設置しなければならない。また、側壁に誘発目地を設置した場合は、壁部分に誘発されたひび割れがそのままハンチ部および上床版へと進展する可能性がある。そのような場合には、ひび割れの進展を抑制し、ひび割れ幅を制限するために、頂版ハンチ付近にひび割れ用心筋を配置することが望ましい。ひび割れ用心鉄筋の方向はひび割れ直角方向、すなわち配力方向とし、その長さはひび割れから左右に25cm程度の区間（ひび割れの付着損失長さを考慮）とする。この区間の配力筋の鉄筋量を鉄筋比で約2倍とすることを目安とする。ひび割れ用心鉄筋配置例を解説 図4.5.7に紹介する。

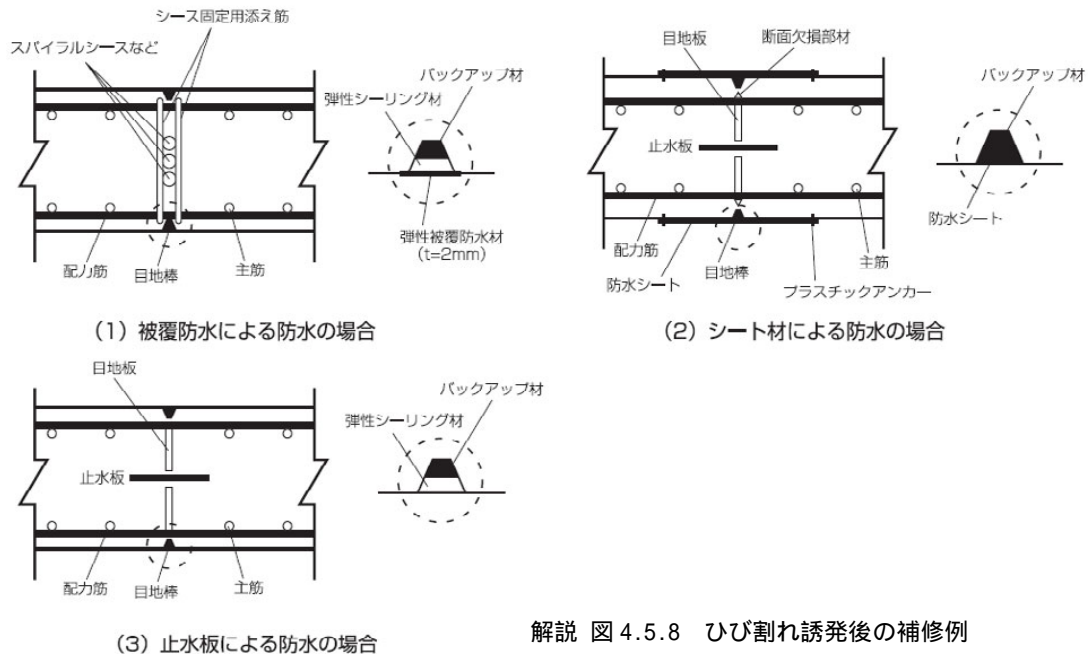
(2)について 誘発目地の間隔は、構造物の寸法（壁厚）、鉄筋量、コンクリートの打設時期・温度等に大きく影響されるため、温度応力解析をして求めるとよい。一般的な間隔としては、コンクリート部材高さの1～2倍程度と定められている。資料 -3の図-(11)および図-(12)を参考にして定めるとよい。



解説 図 4.5.7 ひび割れ用心筋の配置例

(3)について ひび割れを誘発目地で確実に発生させるために、引張応力に対して直角方向の断面を欠損させる必要がある。欠損率が低いと誘発目地部以外にひび割れが発生した事例も多数報告されており、欠損率は 30～50%程度以上とするのが望ましい。また、共同溝などで側壁に配管用の箱抜き穴を設ける場合は、箱抜き穴により断面が欠損してひび割れが発生しやすいため、その位置にひび割れ誘発目地を設置すると効果的である。

(4)について 水密性を要するコンクリート構造物において、構造物の強度および機能を損なわないように、適切な処置を行う必要がある。あらかじめ止水板を設置しておくなどの止水対策を施すとともに、ひび割れ誘発後は断面を減少させた部分に、必要に応じて注入などを行い補修することが重要である。ひび割れ誘発後の補修例を解説 図 4.5.8 に紹介する。



解説 図 4.5.8 ひび割れ誘発後の補修例

(5)について ひび割れ誘発目地からの漏水，鉄筋の腐食が想定される場合には，(4)で示した止水対策を施すとともに，構造物下部に排水を処理する暗渠等を配置すると効果的である。ひび割れ誘発目地以外でひび割れが生じた場合には，6.4.11.2にしたがって補修を行わなければならない。

【参考文献】

- 設) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編
 施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5章 コンクリートの製造

5.1 基本的事項

5.1.1 一般

コンクリートの製造にあっては、東北各地の気象・環境状況やコンクリート構造物の劣化状況を把握し、構築する構造物が具備すべき性能を明確にするとともに、目的、用途および設計耐用期間に応じたコンクリート品質を定める。具体的な検討事項は以下の通りである。

- 1) 使用するコンクリートはレディーミクストコンクリートを基本とする。
- 2) 構造物が構築される地域のコンクリート劣化状況、環境状況を把握し、どのような劣化因子に対して耐久性を確保すべきか把握する。
- 3) 製造するコンクリートの目標性能は、構造物の種類、重要度を基準に設定する。
- 4) コンクリートは、冬期の厳しい寒冷条件、海水の飛沫や融雪・凍結防止剤の散布、温泉環境などの供用環境の劣化因子に対して十分に耐久的なものでなければならない。
- 5) コンクリート製造における環境負荷低減（資源の有効利用とCO₂低減に向けた対応）を図る。
- 6) コンクリートは、AEコンクリートとする。
- 7) コンクリート材料の選定にあたっては、地産地消を実現することを原則とするが、東北地方の環境・状況を踏まえ、性能・耐久性を優先したコンクリートの製造を行う。

【解説】 コンクリートは、それぞれの地域に産する多様な骨材や代替骨材資源を有効に用いて、地産地消を図る。東北地方においてコンクリート構造物の建設にあたり、考慮されるべき事項として、骨材などの天然資源の諸物性が地域的に極めて多様であること、温泉環境、冬期の風雪に伴う凍結融解の繰返しや散布される融雪剤・凍結防止剤などの厳しい環境が多数存在すること、さらには、地震が多発する地域であることなどが挙げられる。したがって、過酷な環境にある東北地方で用いられるコンクリートの品質は、さらに密実でひび割れの少ない性能を有する必要がある。なお、条文に示した7項目の細目については、それらを具現化したものである。

1)国土交通省東北地方整備局で実施する建設工事に用いるコンクリートは、ほとんどがレディーミクストコンクリートであり、このガイドラインで用いるコンクリートも、レディーミクストコンクリートを前提とする。レディーミクストコンクリートは、JIS A 5308 に適合し、JIS マーク表示認証のある製品（以下、JIS 認証品と略す）を用いることを標準とする。レディーミクストコンクリートの購入にあたっては、所要の品質のコンクリートが得られるように、工場を選定し、材料、品質、配合などについてのJIS A 5308 に規定されている指定事項について生産者と協議しなければならない。

- 2) 東北地方は他の地方と異なり、凍害、飛来塩分および凍結防止剤散布による塩害などの特に考慮すべき環境要因があり、また、アルカリシリカ反応なども他の地方と同様に認められる。建設事業を行うに当たっては、コンクリート構造物を設置する地域の劣化・損傷の状況を把握し、それに対応する対策をとることが必要である。各地の凍害危険度については「実構造物群の調査結果に基づく凍害損傷リスクマップの作成に関する研究」（コンクリート工学論文集，Vo.19，No.1，pp29-38，2008）を参考にすると良い。なお、発注者は、それぞれの地域における構造物の劣化状況について、継続して情報を集積し、それらの知見を総合して、新たに設置する構造物の具備すべき耐久性能を設定することが望ましい。
- 3) 製造するコンクリートについては、このガイドラインの4章をもとに、構造物と構造部材の種類や重要度に合わせて、解説表4.1.1 レディーミクストコンクリート標準仕様基準、解説表4.1.2 構造物の種類および供用環境から導かれるレディーミクストコンクリート標準仕様基準から選定するのがよい。これらは、標準的時期において標準的配筋の設計で、標準的耐久性が要求される場合の標準仕様であり、これらを基に実施工の条件（構造物の種類や供用環境）を吟味して配合を選定する必要がある。

スランプ値については、最初に部材の種類、鉄筋量や鉄筋間隔に基づいて打込みに必要な最小スランプを設定し、このスランプを基準として、荷卸し箇所から打込みまでの現場内運搬によるスランプの低下および荷卸し箇所におけるスランプ管理幅等を加えた荷卸しの目標スランプを定め、さらにレディーミクストコンクリート工場から工事現場までの場外運搬により低下するスランプ分を加えた練り上がり目標スランプとして決定することを基本とする。従って、実施工の条件によっては必ずしも標準仕様基準に示したスランプ値になるとは限らず、適宜変更して運用することを基本とする。
- 4) 冬期における厳しい寒冷条件は、コンクリートの配合や製造時の品質管理、施工時のコンクリート養生などにおいて特段の配慮を要する。これらの配慮を怠ると、供用開始前にひび割れ等の不具合を生じさせ、供用開始後のコンクリート構造物の性能を大きく低下させてしまう可能性がある。また、供用開始後の構造物にあっては、凍結防止剤の散布など、利用者の安全確保の観点からコンクリート構造物に劣化外力を作用させざるを得ない場合が生じるので、これを予め配慮してコンクリートの品質を定める必要がある。
- 5) コンクリート製造における環境負荷低減（資源の有効利用とCO₂低減に向けた対応）に努めなければならない。
- 6) 凍害の影響を受ける環境においては、連行される空気泡が内部水の凍結に伴って増大する水圧を緩和させる働きを持つことから、AEコンクリートとすることによる耐凍害性の改善効果は非常に大きい。さらに、AEコンクリートとすれば、所要のワーカビリティを得るために必要な単位水量を相当に減らすことができ、密実なコンクリートが比較的容易に得られるので、耐凍害性以外の耐久性も向上する。
- 7) 東北地方では寒冷な気候の地域が多く、厳しい気象条件に暴露されたコンクリート構造物では凍結融解の繰り返し、さらに、凍結防止剤の散布による外部塩化物に起因するスケーリング等の凍結融解の劣化、鉄筋等の腐食促進など、コンクリートが劣化し、その耐久性低下を招く事例が少なくない。東北地方のこれらの環境を鑑み、コンクリート材料の選定は、コンクリートの性能・耐久性に重きをおいて実施することが必要である。

5.1.2 コンクリートの品質に関する施工者との協議すべき事項

(1) JIS 認証品のレディーミクストコンクリートを製造する際には、所要の品質のコンクリートが得られるように、以下の施工者との協議事項および施工者からの指定事項を協議し、JIS A 5308 に示されているレディーミクストコンクリートの種類より選定するものとする。

1) 協議事項：a) セメントの種類

b) 骨材の種類

c) 粗骨材の最大寸法

d) アルカリシリカ反応抑制対策の方法

2) 指定事項：e) 骨材のアルカリシリカ反応性による区分

f) 呼び強度が 36 を超える場合の水の区分

g) 混和材料の種類および使用量

h) 標準とする塩化物含有量の上限值と異なる場合はその上限値

i) 呼び強度を保証する材齢

j) 標準とする空気量と異なる場合はその値

k) 軽量コンクリートの場合はコンクリートの単位容積質量

l) コンクリートの最高または最低の温度

m) 水セメント比の目標値の上限值

n) 単位水量の目標値の上限值

o) 単位セメント量の目標値の下限值または上限値

p) 流動化コンクリートの場合は流動化する前のレディーミクストコンクリートからのスランプの増大量

q) その他必要な事項

(2) JIS 認証品以外のレディーミクストコンクリートを発注する場合には、所要の品質のコンクリートが得られるように、(1)に準じて呼び強度、荷卸し地点の目標スランプまたは目標スランプフロー、粗骨材の最大寸法等を協議しなければならない。

(3) 東北地域での厳寒期のコンクリートの製造・運搬について、コンクリートの品質を確保するために以下の事項を施工者と協議することが望ましい。

r) コンクリート温度（練上り時～荷卸し時）の確保およびその方法

s) 適切な凝結時間の確保およびその方法

t) 凍結の防止およびその方法

u) 適切な空気量の確保の対策

v) その他、東北地方において特に協議が必要な事項

【解説】 (1)について JIS 認証品のレディーミクストコンクリートを製造するには、所要の品質のコンクリートが得られるように、解説表 5.1.1 に示すレディーミクストコンクリートの種類と指定事項のうち必要な事項を協議しなければならない。

フレッシュコンクリートに必要なとされる充填性、運搬中および荷卸し地点から打込み時の品質変化等を考慮して、粗骨材の最大寸法、呼び強度、荷卸し地点での目標スランプまたは目標スランプフローおよびセメントの種類をもとに、レディーミクストコンクリートの種類を協議しなければならない。なお、スランプについては、土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針（案）」（コンクリートライブラリー126）に従い、打ち込みの最小スランプを定め、ポンプ圧送等、荷卸し後打ち込みまでに生ずるスランプの変化および許容差を考慮して、荷卸し地点の目標スランプについて協議する。

セメントの種類、骨材の種類、粗骨材の最大寸法およびアルカリシリカ反応抑制対策の方法を生産者と協議のうえ指定しなければならない。また、設計基準強度の基準となる材齢、耐久性、ひび割れ抵抗性等を考慮して、呼び強度を保証する材齢、水セメント比および単位水量の目標値の上限値、単位セメント量の上限値または下限値、空気量等を必要に応じて生産者と協議のうえ指定しなければならない。^{施)}

解説表 5.1.1 JIS A 5308 に示されているレディーミクストコンクリートの種類^{施)}

(普通コンクリート・軽量コンクリート・高強度コンクリート)

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ または スランプフロー(注) (cm)	呼び強度													
			18	21	24	27	30	33	36	40	42	45	50	55	60	
普通 コンクリート	20, 25	8, 10, 12, 15, 18												-	-	-
		21	-											-	-	-
	40	5, 8, 10, 12, 15							-	-	-	-	-	-	-	-
軽量 コンクリート	15	8, 10, 12, 15 18, 21											-	-	-	-
高強度 コンクリート	20, 25	10, 15, 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		50, 60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注)荷卸し地点の値であり、50cm、60cm がスランプフローの目標値である。

(2)について 地産地消の推進等を目的として、JIS 認証品以外のレディーミクストコンクリートを製造する場合には、所要の品質のコンクリートが得られるように、(1)の協議事項および指定事項については、施工者との十分な協議を行わなければならない。また、製造者は使用材料の受け入れ検査とコンクリートの品質管理を確実に実施しなければならない。

(3)について 東北地方での厳寒期の製造と運搬については、上記(1)および(2)に加えて、施工者と協議することが望ましい事項として、特にコンクリートの温度や空気量の適切な管理等が重要となり、これらは適切な使用材料の選定、使用材料の管理、運搬方法などによって対策を講じることとなる。この対策の詳細については、各節に述べる方法が挙げられるが、施工環境によって大きく影響を受ける事項でもあるため、施工者との十分な協議が望ましい。

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.2 配合

5.2.1 一般

- (1) 配合設計においては、構造物の凍結融解などの環境条件、飛来塩分、融雪剤の散布状況を考慮し、所要のワーカビリティ、強度、耐久性を満足するように、コンクリートのスランプ、配合強度、水セメント比等の配合条件について、構造物の設計者や施工者が明確に要求性能を設定し、コンクリート製造者と十分に協議したうえで、コンクリートの製造者が使用材料の各単位量を定めなければならない。
- (2) コンクリートの配合は、要求される性能を満足する範囲内で、材料分離の少なく、施工性の優れたものとなるよう設定しなければならない。
- (3) コンクリート材料および配合は、各材料の製造場所、材料の特性、材料の品質変動、プラントの制約条件、環境への影響および経済性を考慮してこれを定めなければならない。
- (4) 耐久性の観点から、コンクリートに用いる材料の性状を考慮した配合設計をしなければならない。

【解説】 (1)について 東北地方においてはその特有の環境条件から、凍結融解や塩害およびそれらの複合劣化が生じる可能性がある。これらの劣化に対する耐久性の向上には、構造物の設計段階から耐久性を考慮した配合設計を行うことが重要である。

(2)について コンクリートの耐久性を確保するためには、初期欠陥を防ぐことが極めて重要である。初期欠陥のうち、空隙や豆板、ジャンカなどはコンクリートの施工性を改善することにより減らすことができる。コンクリートの充填性とは、振動締固めを加えた場合の流動性と材料分離抵抗性との相互作用により得られる性能である。配合としては、施工性の改善のために、細骨材率や細骨材の粒度分布の最適化を検討する。つぎに、この方法にてコンクリートの施工性が改善できない場合には、単位粉体量を一定量確保し、単位水量をできるだけ少なくするように配合を検討する。流動性としてはスランプを、材料分離抵抗性としては単位セメント量あるいは単位粉体量が指標となる。スランプは最近進歩の著しい化学混和剤の使用により調整可能であるが、材料分離抵抗性を高めるためには、細骨材率の見直し、並びに、ある量以上の単位粉体量を確保することが効果的である。

単位粉体量としては、少なくとも 270kg/m^3 以上確保し、 300kg/m^3 以上とするのが推奨されている。なお、既往の研究成果から、過密配筋の場合における単位粉体量は、 $320\text{kg/m}^3\sim 440\text{kg/m}^3$ を確保できれば充填不良の少ないコンクリートが得られることが知られている。圧縮強度の増加を防ぎながら粉体量を多くするためには、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどを混和材として用いるのがよい。この場合、JIS規格に定められた混和材であれば、予めレディーミクストコンクリート工場での使用を社内規格に載せて標準化を済ませておくことで、JIS規格品のレディーミクストコンクリートとして工事に使用することができる。なお、現行のJIS規格で定められていない微粉末材料（石灰石微粉末に代表されるような砕石粉）を用いる場合には、その配合における特記すべき耐久性について、粉体を用いないコンクリートの耐久性と同等であることを確認しなければならない。

(3)および(4)について 骨材などの性状は、採取する場所や時期等によりある程度品質が変動することがある。材料の品質が変動してもコンクリートの品質を確保するために、これらの変動を考慮した配合設計を行うことが必要である。

5.2.2 コンクリートの目標性能の設定

設計図書に記載されたコンクリートの特性値および参考値に基づき、コンクリートの目標性能として、実工事での環境条件や施工条件、使用材料に適応したワーカビリティ、設計基準強度および耐久性を設定する^{施)}。

【解説】 配合設計において考慮するコンクリートの目標性能は、ワーカビリティ、設計基準強度および耐久性とする。配合設計とは、コンクリートの目標性能を満足するように設定された設計図書の参考値に基づいて、実際の工事における環境条件、施工条件および使用材料の品質を反映させた配合を定める行為である。^{施)}

コンクリートの特性値および参考値が示されていない場合には、実際の工事における環境条件、施工条件および使用材料の品質を明確にしたうえで、三者会議により決定するのがよい。

5.2.3 強度

- (1) コンクリートの強度は、設計図書に記載された特性値を確認し、所定の設計基準強度に基づいて設定する。また、所定の材齢においても、設計基準強度を指定された割合以上の確率で下回ってはならない。
- (2) コンクリートの強度は、一般には材齢 28 日における標準養生供試体の試験値で表すものとする^{施)}。
- (3) コンクリートの圧縮強度試験および引張強度試験は、それぞれ JIS A 1108 および JIS A 1113 によるものとする。また、供試体の作り方については、JIS A 1132 によるものとする。^{施)}
- (4) 必要に応じて、施工時の各段階で必要となるコンクリートの強度発現特性を確認しなければならない^{施)}。

【解説】(1)について 設計図書に記載された特性値・設計基準強度に基づき、使用材料、製造設備、コンクリートの品質のばらつき等の実績から配合強度や水セメント比等の配合条件を設定する^{施)}。なお、設計図書に記載された特性値により、適切な設計基準強度が得られることを確認しなければならない。

また、設計基準強度とは別に、構造物が完成するまでに想定される施工および完成直後の構造物の性能を保証するためには、その時点時点で適切なコンクリートの強度発現特性が要求されるため、これを満足しなければならない。

(2)について コンクリートが湿潤状態で適切に養生されている場合には、その強度は材齢の進行とともに増進するものであり、一般には、標準養生を行った供試体の材齢 28 日における強度試験値で評価する。しかし、セメントには、早期に強度性状が安定するセメントや逆に発熱を抑制するために強度の発現を遅らせた

セメントもあり、一律の材齢で強度を評価することが不適切な場合もある。したがって、セメントの種類やレディーミクストコンクリートの配合および実構造物の養生期間を勘案して、適切な材齢を設定することも必要な場合がある。

(3)について 施工の途中段階の強度の確保が必要になる例として、型枠・支保工の取外しや、プレストレストコンクリートにおけるPC鋼材の緊張等の作業時間を早期に設定する場合等がある。このような場合には打込み温度、環境温度等の影響を考慮して、強度発現特性を確認しなければならない。^{施)} なお、東北地方においては、特に、冬期の初期凍害の防止のために、十分な初期強度の確保が必要である。

5.2.4 耐久性

コンクリートは、構造物の供用期間中に受ける種々の物理的、化学的作用に対して十分な耐久性を有するとともに、鋼材を保護する性能を有していなければならない^{施)}。

- (1) 凍害の危険性のある環境下に供用される構造物にあつては、予定供用期間にわたって凍害により構造物の所要の性能が損なわれてはならない。
- (2) コンクリートは、海水や潮風に曝される環境下に供用される構造物および凍結防止剤散布の影響を受ける構造物にあつては、予定供用期間にわたって海水や塩化物の作用により構造物の所要の性能が損なわれてはならない。
- (3) 中性化および収縮等に対して所要の耐久性を満足できるよう、設計図書に記載された参考値に基づいて適切な配合条件や使用材料を設定する。なお、設置される地域、融雪剤等の実際の散布量、骨材状況および構造物の種類と部材なども考慮する。
- (4) 設計図書に記載された参考値によらない場合は、既往の実績配合や信頼できるデータを参考とするか、あるいは事前試験により設計図書に記載された特性値を満足することを確認したうえで、適切な配合条件を設定する^{施)}。
- (5) アルカリシリカ反応に対しては、適切な抑制対策を講じなければならない^{施)}。なお、外部からの塩化物の作用を受ける地域にあつては、使用骨材は化学法で「無害」の骨材を用いるものとする。化学法で「無害でない」骨材を使用する場合は外部からの塩化物の影響を取り入れた試験によって使用骨材または使用配合の安全性を確認しなければならない。
- (6) 化学的侵食および水密性に対して所要の耐久性を満足できるよう、適切な配合条件を設定する^{施)}。
- (7) コンクリートは、その内部に配置される鋼材が供用期間中所定の機能を発揮できるよう、鋼材を保護する性能を有しなければならない^{施)}。
- (8) 練混ぜ時にコンクリート中に含まれる塩化物イオンの総量は、原則として 0.30kg/m^3 以下とする^{施)}。
- (9) コンクリートは、透水により構造物の機能が損なわれないよう、所要の水密性を有していなければならない^{施)}。
- (10) コンクリートは、沈下ひび割れ、プラスチック収縮ひび割れ、温度ひび割れ、自己収縮ひび割れあるいは乾燥収縮ひび割れ等の発生ができるだけ少ないものでなければならない。

【解説】 コンクリートは、構造物が所定の期間、所要の性能を発揮するために必要とされる耐久性を有していなければならない。このためには、コンクリート自体の耐久性および内部の鉄筋を保護する性能が必要となる。コンクリート自体の耐久性を阻害する要因には、凍害、化学的侵食、アルカリシリカ反応等がある。構造物の供用される環境において、コンクリートに耐凍害性、耐化学的侵食性、耐アルカリシリカ反応性等のいずれか、または複数の性能が要求される場合には、いずれの要求性能に対しても十分に満足される品質のコンクリートを使用しなければならない。コンクリート中の鋼材腐食については、主として塩害と中性化、さらにそれらの現象を促進する原因となり得るひび割れが関係する。^{施)}

これらの劣化現象に対して、コンクリート構造物あるいはコンクリートそのものが十分な耐久性を有することを確かめる方法として、各種の耐久性照査手法が提案されており、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕(8 章 耐久性に関する照査)に示されている。設計図書には照査に基づいた耐久性確保のための材料の設計値とそれを実現するための使用材料や配合に関する参考値が記載されているので、それらの参考値に基づいてコンクリートの配合を定めればよい。なお、施工の段階で材料や配合が変更される場合には、設計に立ち戻って耐久性を照査する必要がある。ただし、アルカリシリカ反応性に対する照査方法は〔設計編：本編〕に示されていないため、アルカリシリカ反応の抑制については、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕2.5.2 解説(1)に示す対策を講じる必要がある。

(1)について コンクリートは、厳寒中に曝されると凍結による被害を受ける。これは、コンクリート中の水分が凍結して、その氷圧のためコンクリートの組織に微細なひび割れが生じ、さらに凍結と融解とを繰り返すと、その損傷が次第に大きくなるためである。損傷は、当初コンクリート表層のモルタル剥離からスケーリングへと発展し、更にかぶりコンクリートの剥落、鉄筋発錆、構造物の性能低下へと伸展する。コンクリートの気象作用に対する耐久性の目安として、通常、凍結融解試験 (JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」)における耐久性指数が参考となる。

(2)について 海水がコンクリートに及ぼす化学作用は、主として海水中に含まれる硫酸マグネシウム ($MgSO_4$) と塩化マグネシウム ($MgCl_2$) などによるものがある。塩化マグネシウムはコンクリート中の水酸化カルシウムのカルシウムと置き換わり、さらに、水酸化マグネシウムも溶解し、コンクリートの脆弱化をもたらす。また、硫酸マグネシウムはコンクリート中の水酸化カルシウム ($Ca(OH)_2$)、アルミン酸三カルシウム (C_3A) や石こう ($CaSO_4$) と反応して、コンクリートを膨張させるエトリンガイトを作り、コンクリート組織を破壊する。海水の作用を受けるコンクリート構造物では、エトリンガイトの生成が少ない耐硫酸塩ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメントが適する。なお、高炉セメントは、普通ポルトランドセメントに比べて水和に際して供給される水酸化カルシウムが少ないため、海水に対する耐食性は大きい。コンクリートの配合では、水セメント比を小さくすることが必要で、特に海水位付近のコンクリートは海水の作用の他に凍結融解などの作用も受けるので、常に海水中にあるコンクリートより W/C を小さくして、水密性を高める必要がある。

(3)および(4)について 設計図書に記載された参考値により、所要の耐久性が得られることを確認しなければならない。設計図書に記載された参考値を用いて所要の耐久性が得られない場合は、構造物の特性等を考慮したうえで、設計図書に記載された参考値によらず適切な値に変更する。

(5)について 現状ではアルカリシリカ反応を短時間で適切に照査できる方法は確立されておらず、設計図書に記載された特性値や参考値にはアルカリシリカ反応については考慮されていない。そのため、この

〔施工編：施工標準〕では以下に示す3つの抑制対策のうち、いずれか一つを講じることによって、アルカリシリカ反応に対する耐久性は満足されたものと見なすこととする。

①コンクリート中のアルカリ総量の抑制

試験成績表等にアルカリ量が明示されたポルトランドセメントを使用し、混和剤のアルカリ分を含めてコンクリート 1m³に含まれるアルカリ総量が Na₂O 換算で 3.0kg 以下となるようにする。

②アルカリ骨材反応抑制効果をもつ混合セメントの使用

JIS A 5211「高炉セメント」に適合する高炉セメント B 種（スラグ混合率 40%以上）または C 種、あるいは JIS R 5213「フライアッシュセメント」に適合するフライアッシュセメント B 種（フライアッシュ混合率 15%以上）または C 種を用いる。あるいは、高炉スラグやフライアッシュ等の混和材をポルトランドセメントに混入した結合材でアルカリシリカ反応抑制効果の確認された結合材を使用する。

③アルカリシリカ反応性試験で区分 A「無害」と判定される骨材の使用

JIS A 1145「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）」および JIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法）」により無害であることが確認された骨材を使用する。

なお、レディーミクストコンクリートを使用する場合には、これらの抑制対策のうち、①あるいは②を優先して実施するのが基本である。また、海洋環境や凍結防止剤の使用地域等のように外部からのアルカリの混入が避けられない場合には、外部環境からのアルカリ金属イオンの侵入をできるだけ低減する対策を講じるのが望ましい。特に区分 B「無害でない」の骨材を用いる場合には、先の①あるいは②の抑制対策を行ったうえで、表面被覆工法等のアルカリ低減対策を行うと効果的である。

ただし、外部から塩化物の作用を受ける構造物にあっては、使用骨材は化学法で「無害」の骨材を用いるものとし、化学法で「無害でない」骨材を使用する場合には、外部からの塩化物の影響を取り入れた試験（例えば、SSW モルタルバー試験）によって使用骨材の安全を確認する。SSW モルタルバー試験を行わない場合、および SSW モルタルバー試験で「無害でない」とされた骨材を使用する場合には、外部からの塩化物の影響を取り入れた試験（例えば、SSW コンクリート試験）によって、使用配合の安全を確認しなければならない。ここで「SSW モルタルバー試験」とは、骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（JIS A 1146）において、供試体を包む吸取り紙に含ませる真水を 20%NaCl 水溶液に変える点のみが異なる試験方法であり、「SSW コンクリート試験」とは、反応性判定試験方法である「コンクリートのアルカリシリカ反応性判定試験方法（JCI-AAR-3）」において、供試体を包む保水紙に含ませる真水を 20%NaCl 水溶液に代える点のみが異なる試験方法である。（SSW:Salt Solution Wrapping の略）

(6)について コンクリートの化学的侵食を構造物の所要の性能に影響を及ぼさない程度に抑えることが必要な場合には、劣化環境に応じて配合条件の水セメント比を解説表 5.2.6.3 に示す水セメント比以下に設定するのがよい。

(7)について コンクリートは、外部からの腐食因子や火災等の熱から、内部の鋼材を防護する機能を有する。コンクリート構造物の多くは、その内部に鉄筋等の補強用鋼材が配置されており、それらが腐食すると構造物の耐久性は著しく低下する。鋼材に対するコンクリートの保護作用が失われる原因は鋼材表面の不動態被膜の破壊であり、中性化によるコンクリートのアルカリ性低下とコンクリート中の塩化物イオンが不動態被膜の破壊の主な原因である。したがって、コンクリートが十分にその保護機能を発揮するためには、コンクリートの中性化深さが供用期間中に鋼材の腐食を発生するレベルである鋼材腐食発生限界深さまで進行

しないこと、および、コンクリート中の塩化物イオン量が鋼材位置において鋼材の不動態被膜を破壊する限界を超えないことが必要である。このように、鋼材保護の観点からは、設計において設定されたかぶりに応じて適切な物質移動抵抗性をコンクリートに付与できるよう材料と配合を選定する必要がある。水セメント比は設計においてかぶりとともに設定され、所要の耐久性を有することが照査されるので、照査に用いた値以下の水セメント比とすることが原則である。^{施)}

AE 剤、減水剤、AE 減水剤、高性能 AE 減水剤等を用いると、ワーカビリティが改善され、ブリーディング等の材料分離も少なくなるので、欠陥の少ない均質なコンクリートとなり、コンクリートの鋼材保護性能の向上にも有効である。^{施)}

高炉セメントやフライアッシュセメントを使用した場合、あるいは良質なポゾランを混和材として適量使用した場合、コンクリートの組織が緻密となり、また、高炉セメントではコンクリート中の塩化物イオンを固定する能力が高まる等、コンクリート中への鋼材腐食因子の侵入を抑制させる効果が期待できる。ただし、これらのセメントやポゾランを使用した場合の鋼材を保護する性能は、十分な初期湿潤養生期間を確保することが前提となるので、この点に注意を払うことも必要である。^{施)}

かぶりコンクリートのひび割れは、鋼材保護の性能を著しく低下させることがあるので、鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値（土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕 8.3.2 参照）を超えないように制御し、所要の耐久性を確保する必要がある。

上記の対策のみでは鋼材を保護できない場合や構造物の維持管理や補修を行うことが困難であると予想される場合には、エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いたり、コンクリート表面に塗装や仕上げを施す等の対策を講じておくとよい。エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる場合にはエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針〔改訂版〕を、コンクリート表面を保護することにより塩化物の浸透を抑制する場合には表面保護工法設計施工指針（案）を参考にするとよい。^{施)}

(8)について 塩化物がコンクリート中にある限度以上存在すると、コンクリート中の鋼材の腐食が促進され、構造物が早期に劣化する原因となる。この塩化物は、海洋環境に代表される外部環境からのコンクリート中への侵入はもとより、セメント、骨材、混和剤あるいは練混ぜ水等の使用材料からコンクリートに供給される場合もある。したがって、これらの各材料からコンクリートに供給される全塩化物イオン量を鋼材が腐食しない範囲に規制することは、コンクリートの鋼材保護性能を確保するうえできわめて重要である。このガイドラインでは、この規制を練混ぜ時におけるコンクリート中の全塩化物イオン量によって行うことにした。ここで、練混ぜ時におけるコンクリート中の全塩化物イオン量とは、各使用材料からコンクリートに供給されると考えられる塩化物イオン量の総和を、その配合から算出した値である。したがって、コンクリートの練混ぜ時には、あらかじめ個々の材料に含まれる塩化物イオン量を把握しておく必要がある。なお、上水道水を練混ぜ水として用い、これに含まれる塩化物イオン量が不明な場合には、練混ぜ水からコンクリート中に供給される塩化物イオン量を 0.04kg/m^3 と考えてよい。

配合に基づいて算出した塩化物イオン量の総和が許容限度より大きくなった場合には、使用材料の一部または全部を別のものに変更しなければならない。なお、セメントの JIS 改訂にともない、普通ポルトランドセメントに含まれる塩化物イオンの規格値が 0.02% 以下から 0.035% 以下に緩和されたが、これにともなうコンクリート中の塩分量の増加は、極端に単位セメント量が多い配合以外は特に問題となる量にはならない。^{施)}

また、この条項に示した塩化物イオン量 0.30kg/m^3 の規制値は、鋼材の腐食が絶対に生じないことを保証

するものではなく、既往の研究や調査結果に基づいて、鋼材の腐食による構造物の劣化を容認できる程度以下に抑え得る実現可能な値として定めたものである。したがって、応力腐食が生じやすいプレストレストコンクリート、外部からの塩化物イオンの侵入による塩害や電食のおそれがある条件下で供用され、かつ、耐久性が特に要求される鉄筋コンクリート等では、コンクリート中の塩化物の量が規制値よりできるだけ小さくなるようにすることが望ましい。^{施)}

一般の条件下で供用される鉄筋コンクリートおよび用心鉄筋を有する無筋コンクリートの場合で、塩化物イオン量の少ない材料の入手が著しく困難な場合には、コンクリート中の全塩化物イオン量の許容値を 0.60 kg/m^3 を上限値として増加させてもよい。ただし、この場合には、水セメント比あるいは単位水量をできるだけ小さくすること、コンクリートの打込みや締固めを入念に行う等、配合面と施工面に十分に配慮した注意深い施工が必要である。^{施)}

なお、無筋コンクリートで、用心鉄筋も配筋されていない構造物の場合には、この条の規定は適用されない。ただし、このような構造物に用いるコンクリートであっても、塩化物イオン量が多くなると、長期材齢における強度の伸びが小さくなったり、エフロレッセンスが生じやすくなる等の悪影響が生じることも指摘されているので、塩化物イオンの総量をできるだけ小さくすることが望ましい。^{施)}

(9)について 水密性には、コンクリートそのものの水密性と構造物あるいは部材としての水密性があり、一般に、前者はコンクリートの透水係数、後者は透水量によって評価される。透水係数は、基本的にコンクリートの密実性に依存し、水密性の高いコンクリート、すなわち透水係数の小さいコンクリートは耐久性を確保するうえからも望ましい。透水係数は、微細な空げきを有するセメント硬化体自体の緻密さや空げきの連続性等の空げき構造および骨材周辺に形成される比較的粗の組織である遷移帯の性質等に支配される。セメント硬化体の空げき構造は、一般に水セメント比あるいは水結合材比、結合材の種類に依存する。また、遷移帯の形成と連続性は、水セメント比あるいは水結合材比とブリーディング等の材料分離の程度、および骨材量によって異なり、遷移帯の幅が厚く、骨材間の距離が短いほど遷移帯の連続性は高まり、コンクリートとしての透水係数は大きくなる傾向にある。コンクリートの透水係数は、水セメント比の増加とともに指数関数的に著しく増加することが知られている。したがって、所要の透水係数を確保するためには、均質で密実なコンクリートとなるように、混和材料等を適切に利用することによって作業に適するワーカビリティが確保できる範囲内で、水セメント比および単位水量を低減させることが有効である。既往の実績から、水セメント（結合材）比 55%以下であれば、一般のコンクリートに求められる水密性は確保されることが確認されている。^{施)}

構造物の機能が透水によって損なわれないことは土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編：本編〕(10.6 水密性に対する照査)により照査される。したがって、特性値として透水量が設計図書に記載される場合には、それを満足するよう施工を行う必要がある。コンクリート構造物の水密性は、健全なコンクリート部分の水密性のみならず、ひび割れや継目等の不連続面における水密性とも密接な関係がある。一般に、ひび割れや鉛直打継目での透水は、健全なコンクリート部分に比べて著しく大きい。したがって、構造物に水密性を要求する場合には、ひび割れの発生を避けることが望ましい。ひび割れ制御鉄筋の配置や膨張材の使用は、ひび割れの発生とひび割れ幅を抑制するのに有効である。また、施工に当たっては打継面処理等を確実にを行うと共に、鉛直打継目には、止水板を用いることが基本である(6.4.3 参照)。さらに、水密性の求められる部位へ防水シートを敷設することや、ひび割れ誘発目地を設けて、ひび割れ発生後に適当な

防水処置を施す等の施工上の対策も考えられる。このような対策を行う場合には、使用する材料と方法によって効果が異なるので、維持管理計画を含めてその効果を適切に評価し、対策の詳細を定めることが大切である。

(10)について 水分の進入に伴う凍害劣化の進行や塩化物イオンの浸透に対して、劣化の進行を助長するひび割れの発生の低減に対して、より注意を払うことが必要であり、初期ひび割れは耐久性に大きく影響するので極力防止する対策を講ずることが必要である。

5.2.5 配合設計の手順

- (1) 配合設計に当たっては、設計図書に記載されたコンクリートの強度や耐久性を満足させるように実施する。
- (2) 塩害、凍害等の気象・環境条件を参考に、強度や耐久性を満足させる配合条件を設定する。
- (3) 設定した配合条件に基づき、条件を満たす適切な配合を選定する。
- (4) レディーミクストコンクリート工場で普段用いている材料以外のものを用いる場合には、レディーミクスト工場側で所定の手続きを経て使用材料として登録し、管理したものを用いる。

【解説】 (1)および(2)について 供用環境が一般的な東北地区の環境、寒冷地環境、水密性を要求する環境、硫酸塩環境、沿岸、凍結防止剤散布環境、および塩類飛来環境などのどの環境に相当するか判断し、それぞれの環境条件の劣化因子を把握し、それらに対し耐久的なコンクリートを設定する。

(3)について 配合選定は、レディーミクストコンクリートの標準仕様基準（表 4.1.1、表 4.1.2）より条件を満たす適切な配合を選定することを原則とする。ただし、空気量は6%を標準とする。なお、粗骨材の最大寸法が 20・25mm の場合は 6.0%、40mm の場合は 5.5%とする。

(4)について レディーミクストコンクリート工場で普段用いている材料以外のものを用いる場合には、予め設定した暫定の配合を基に、実際に使用する材料が JIS A 5308 レディーミクストコンクリートで使用が認められたものであることを確認する必要がある。その後、その材料を用いて試し練りを行ない、コンクリートが所要の性能を満足することを確認する。その際に、コンクリートが施工・供用される場所の気象・環境条件を参考に強度・耐久性などの性能を照査する。試し練りの結果、所要の性能を満たしていない場合は、使用材料の変更や配合を修正し、所定の品質が得られる配合を決定する。新たに使用する材料については、レディーミクストコンクリート工場で規格（標準）化して、材料の品質を定期的に確認するとともに、材料を受入れる度に品質の検査を行うことが必要となる。

5.2.6 配合条件の設定

5.2.6.1 粗骨材の最大寸法

- (1) 粗骨材の最大寸法は、部材寸法や鉄筋のあきを考慮して設定する^{施)}。
- (2) 粗骨材の最大寸法は、部材最小寸法の1/5、鉄筋の最小あきの3/4およびかぶりの3/4を超えてはならない。また、粗骨材の最大寸法は、一般の場合20または25mm、断面の大きい場合は40mm、無筋コンクリートの場合は40mmまたは部材最小寸法の1/4を超えてはならない。^{施)}
- (3) 粗骨材の最大寸法は、表5.2.1を標準とする^{施)}。

表 5.2.1 粗骨材の最大寸法^{施)}

構造条件	粗骨材の最大寸法
最小断面寸法が1000mm以上 かつ、鋼材の最小あきおよびかぶりの $\frac{3}{4} > 40\text{mm}$ の場合	40mm
上記以外の場合	20mm または 25mm

【解 説】 経済的なコンクリートとするには、一般に粗骨材の最大寸法を大きくする方が有利である。しかし、鋼材量が多い場合や鋼材あきが小さい場合では、粗骨材の最大寸法が大き過ぎると鋼材間の間げきを通過しにくくなり、豆板や未充てん等を生じる危険性が高くなる。そのため、このような制限を設けるとともに、従来の実績や経験に基づいて適切と認められる粗骨材の最大寸法を標準として示した。なお、無筋コンクリートの場合は、一般に断面が大きいことから、最大寸法が相当に大きな粗骨材を使用できる可能性があるが、一般には40mm程度のものが多く用いられているのが実状である。^{施)}

5.2.6.2 配合強度

- (1) コンクリートの配合強度は、設計基準強度および現場におけるコンクリートの品質のばらつきを考慮して定める^{施)}。
- (2) コンクリートの配合強度 f'_{cr} は、一般の場合、現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値が、設計基準強度 f'_{ck} を下回る確率が5%以下となるように定める^{施)}。

【解 説】 (1)について 現場におけるコンクリートの品質は、骨材、セメント等の品質の変動、計量の誤差、練混ぜ作業の変動等によって、工事期間にわたり変動するのが一般である。構造物のどの部分に用いられたコンクリートの圧縮強度も、構造設計において基準とした圧縮強度に対して過小としないことを保証するためには、現場におけるコンクリートの品質のばらつきに応じて、コンクリートの配合強度を設計基準強度より大きく定めなければならない。設計基準強度に対して必要なコンクリートの配合強度は、一般には条文(2)によって定める。^{施)}

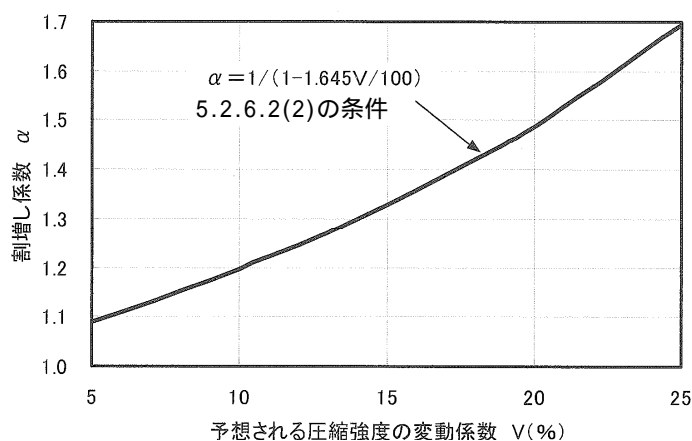
(2)について この条項は、コンクリートの設計基準強度を確保するための供試体の圧縮強度の条件を示したものである。コンクリートの圧縮強度の試験値は、セメント、骨材等の品質の変動、計量誤差、練混ぜ、

その他の施工条件の差，試験誤差等によってある程度変動することは避けられないものである．通常の管理状態にあるコンクリートの圧縮強度の変動はほぼ正規分布していることが経験的に認められていることから，このガイドラインでは，一般の構造物に用いるコンクリートに対しては試験値が設計基準強度を下回る確率が5%以下という条件を設け確率的に取り扱うことにした．なお，現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値とは，現場で採取した3個のコンクリート供試体を標準養生して求めた圧縮強度の平均値のことである．^{施)}

圧縮強度の試験値が設計基準強度を下回る確率が所定の割合以下となるようにするためには，試験値のばらつきの程度に応じて，設計基準強度を適切に割り増した強度を配合強度として選定する必要がある．**解説図 5.2.1** は，この所定の比率を5%とした場合における変動係数と割増し係数との関係を示したものである．一般には，この図から，現場におけるコンクリートの圧縮強度の変動係数に対応する割増し係数を求め，この割増し係数と設計基準強度との積あるいはこの積を下回らない適当な値を配合強度として選定すればよい．^{施)}

なお，特に重要な構造物に使用するコンクリートの場合は，上記の所定の比率を5%より小さい値に定め，その比率と圧縮強度の変動係数から定まる別途の割増し係数を用いるとよい^{施)}．

上記のように，コンクリートの配合強度を求めるためには，現場におけるコンクリートの圧縮強度の試験値の変動係数を把握し，これに応じて所要の割増し係数を定めなければならないが，割増し係数は，従来の経験，現場の設備，使用材料の品質変動等を考慮して定めるべきものである．しかし，工事の初期においては，現場の設備，材料の品質変動等について十分な資料がなく，変動係数を適切に予想することが困難な場合も少なくない．このような場合には，安全のためいくらか大きい割増し係数を用いて配合強度を定めて，そのコンクリートを用いて工事を開始し，実際の変動係数が把握できた段階で，それに応じた配合強度に改めてゆくのが適切な方法である．^{施)}



解説 図 5.2.1 一般の場合の割増し係数^{施)}

5.2.6.3 水セメント比

- (1) 水セメント比は、設計図書に記載された参考値に基づき、コンクリートに要求される強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性および鋼材を保護する性能を考慮して、これらから定まる水セメント比のうちで最小の値を設定する^{施)}。
- (2) コンクリートの圧縮強度に基づいて水セメント比を定める場合は、以下の方法により定める^{施)}。
 - (a) 圧縮強度と水セメント比との関係は、試験によってこれを定めることを原則とする。試験の材齢は28日を標準とする^{施)}。
 - (b) 配合に用いる水セメント比は、基準とした材齢におけるセメント水比(C/W)と圧縮強度 f'_c との関係式において、配合強度 f'_{cr} に対応するセメント水比の値の逆数とする^{施)}。
- (3) コンクリートの中性化、塩害、凍害等に対する耐久性を考慮して水セメント比を定める場合には、設計図書に記載された参考値に基づき、その参考値以下の水セメント比となるように定める^{施)}。

【解 説】 (1)について コンクリートの耐久性は、水セメント比(W/C)に関係することが知られている。つまり、水セメント比の高いコンクリートでは、コンクリート中に残った水や水が水和反応で消費された後にその箇所を水和生成物で充填しきれないために生じた気泡が多く存在し、これらがコンクリートの透水性、透気性、化学物質透過性等を増加させ、結果的に耐久性を悪くする傾向がある。このため、コンクリートに要求される強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性および鋼材を保護する性能などを考慮して、これらの性能確保のために導かれる水セメント比のうちで最小の値を設定することが必要である。

(2)について コンクリートの圧縮強度は水セメント比が支配的であり、水セメント比の逆数(セメント水比C/W)と圧縮強度の関係は、ほぼ直線($f'_c \sim C/W$ 式)で表すことができる。この $f'_c \sim C/W$ 式は、コンクリート材料や製造設備が異なれば違ったものとなるため、レディーミクストコンクリート工場毎に異なるといっても過言ではない。従って、コンクリートを製造するレディーミクストコンクリート工場について、その $f'_c \sim C/W$ 式より配合強度 f'_c に対応するセメント水比を導き出し、その逆数を算出して水セメント比とする。

(3)について コンクリートの水セメント比と耐久性の関係については、過去の研究成果と実績により明らかとなっており、耐久的なコンクリートとするための最大水セメント比が土木学会のコンクリート標準示方書や国土交通省共通仕様書に示されている。それらを抜粋して、解説表5.2.1に示す。

解説 表 5.2.1 コンクリートの耐久性を確保するための水セメント比

環境	最大水セメント比	引用先
一般環境	鉄筋コンクリート：55% (無筋コンクリート：60%)	東北地方整備局 土木工事共通仕様書（平成 19 年度以降） 〔第 1 編 共通編〕 3-3-3 配合 (51 頁)
寒冷地	気象作用が激しい場合で構造物の断面が薄い場合 普通の露出状況：60% 水で飽和される場合：55%	2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕 5.2.13 凍結融解試験における相対動弾性係数 解説 表 5.2.11 (56 頁) 8.4.1 凍害に対する照査 表 8.4.1 (123 頁)
水密性を要求される コンクリート	55%	2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕 2.6 水密性 (39 頁)
化学的侵食環境 (SO ₄ として 0.2%以上の 硫酸塩と接する場合)	50%*	2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕 4.3.4 耐久性 解説 表 4.3.1 (73 頁)
凍結防止剤散布環境	45%*	
海中	50%*	2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：特殊コンクリート〕 11.3 配合 解説 表 11.3.1 (354 頁)
海上大気中・飛沫帯	45%*	

* 長期の耐久性を必要としない部材であって、必要な期間の耐久性の実績がある場合には、目標とする供用期間に応じて、水セメント比を 5～10%の範囲で高めた配合としてもよい。

5.2.6.4 AE コンクリートの空気量

- (1) AE コンクリートの空気量は、荷卸時 6.0%（管理値±1.5%）を標準とする。なお、粗骨材の最大寸法が 20mm，25mm の場合は 6.0%，40mm の場合は 5.5%とする。
- (2) コンクリートの空気量試験は、JIS A 1116，JIS A 1118，JIS A 1128 によるものとする^施。

【解説】 (1)について 凍害の影響を受ける環境においては、連行される空気泡が内部水の凍結に伴って増大する水圧を緩和させる働きを持つことから、AE コンクリートとすることによる耐凍害性の改善効果は非常に大きい^施。空気量を 4.5%以上にすることにより、凍結融解抵抗性は飛躍的に向上することが知られており^{e)f)}、現在の空気量の管理値は±1.5%であることから、4.5%を下回らないように、標準を 6.0%とした。なお、この空気量は、すべてのコンクリート構造物に用いられるコンクリートを対象とする。

5.2.7 材料

5.2.7.1 一般

- (1) 材料は、品質の確かめられたものでかつ、品質が安定したものを選定しなければならない。
- (2) 材料は、他の材料との混合を避け、品質変化を生じることの無いように管理、保管しなければならない。特に粗骨材についてはできるだけ、細分化された粒度の分割貯蔵に努めるものとする。

【解 説】 (1)について 材料を選定するにあたって品質の確認を行い、所要の性能を満足するような材料を選定することは当然のことであるが、確認した品質についての安定した製造、管理がなされてなる工場を選ぶことも重要である。

(2)について 材料の保管は、保管中に成分、性状、性能、水分量粒度等が変化しないようにすることが必要である。特に粗骨材は、JIS A 5005 の粒度範囲の中から出来るだけ細分化された粒度で分離して貯蔵することとする。

5.2.7.2 セメント

- (1) セメントは、構造物の用途や供用される環境に応じて適切なものを選定しなければならない。
- (2) セメントは JIS R 5210「ポルトランドセメント」、JIS R 5211「高炉セメント」、JIS R 5212「シリカセメント」、および JIS R 5213「フライアッシュセメント」に適合したものを標準とする。
- (3) (2)以外のセメントを使用する場合には、コンクリートに要求される性能を満足することを確認しなければならない^{施)}。
- (4) 高炉セメントを用いる場合は、その特性を十分に理解し、特に養生に留意する。
- (5) シリカセメントおよびフライアッシュセメントを用いる場合には、専門家の指導のもとに、より慎重な検討が必要である。

【解 説】 (1)について 工事に用いるセメントは、構造物の種類、断面寸法、位置、気象条件、工事の時期、工期、施工方法等によって、所要の性能のコンクリートが経済的に安定して得られるように選ぶ必要がある^{施)}。

構造物の種類や東北地域における供用環境、施工条件等に対応したセメントの選定の目安を解説表 5.2.2 に示す。現場の状況等によりこの目安によるセメントの選定が困難な場合には、施工者との協議の上、適切にセメントの選定を行うものとする。

1) マスコンクリートの場合

構造物がマスコンクリートの場合には、セメントの水和反応による発熱が原因の温度ひび割れが発生する可能性があるため、予め温度応力などの解析を行って配合や施工方法（発熱抑制方法）との組合せの中からセメント種類を選定する必要がある。解析の結果、セメントにより水和熱を抑える必要がある場合は、低熱ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメント、耐硫酸塩ポルトランドセメント、低発熱型混合セメントなどが適する。

2) 橋梁上部構造

コンクリート橋の上部構造物でマスコンクリートでない場合には、普通ポルトランドセメントが適し、施工条件によっては早強ポルトランドセメントが適応する。

3) 供用環境が寒冷地

寒冷地では凍結融解の繰り返しにより、スケーリングを起しやすく、耐久性低下を招く事例が少なくない。特に、凍結防止剤や波浪・潮風など外部から塩化物イオンが頻繁にあるいは高濃度で供給されるような環境下では、高炉セメントB種を用いたコンクリートは、同一水セメント比、同一空気量の普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートよりもスケーリングの伸展が速いことが知られている。したがって、スケーリングによって第三者への被害や景観の悪化が重視される場合は、普通ポルトランドセメントを用いることが望ましい。高炉セメントB種とする場合は、水セメント比を5%程度低下させ十分に湿潤養生を行なったのちに膜養生を行なうのが良い。

4) 凍結防止剤散布地域

凍結防止剤はKClやNaClを主成分としており、これの溶解液中に含まれる K^+ や Na^+ などのアルカリ金属や Cl^- などの塩化物イオンがコンクリート内へ浸透蓄積することが知られている。このうちアルカリ金属はコンクリート中のアルカリ濃度を高める結果、アルカリ総量を 3.0 kg/m^3 以下に抑えてアルカリシリカ反応を抑制したコンクリートにおいてもアルカリ骨材反応を誘発させる危険性がある。

アルカリシリカ反応を引き起こす危険性がある場合は、高炉セメントB種或いはフライアッシュセメントB種などの混合セメントが適する。

5) 沿岸、海洋地域

沿岸地帯（解説表4.1.4の塩害対策区分S, I, II, III）に構築されるコンクリート構造物では、潮風や海水の飛沫により海中のアルカリ金属(Na^+ , K^+)や塩化物イオンがコンクリート表面に付着し、それらが徐々にコンクリート中に浸透して、アルカリ反応性骨材を用いたコンクリートではアルカリシリカ反応が促進されることや塩化物イオンにより鉄筋の発錆が促進されることが知られている。このような海水由来の悪影響が懸念されるコンクリート構造物には、化学抵抗性があり、且つ塩化物イオンの固定化性能のある高炉セメントB種やフライアッシュセメントB種などの混合セメントが適する。

なお、海洋構造物では、塩化物や硫酸塩に対する抵抗性のある耐硫酸塩ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、フライアッシュセメントなどが適する。

6) アルカリシリカ反応性

コンクリートの使用骨材がアルカリ反応性のものである場合には、海水や凍結防止剤由来のアルカリ金属が頻繁にあるいは高濃度で供給される環境では、アルカリシリカ反応をセメントのみで抑制することは困難である。したがって、このような場合には、実際に使用される配合に対して、外部からの塩化物の影響を取り入れたアルカリシリカ反応性判定試験を行って、安全性を確認し使用セメントを決めるのが良い。

7) 冬期施工

施工が冬期となり寒中コンクリートが適用される時(日平均気温が 4°C 以下になると予想される時)は、普通ポルトランドセメントや早強ポルトランドセメントが適する。なお、十分な養生を行うとともに、しっかりと湿潤条件を所定期間維持することで、高炉セメントB種の適用も可能である。

解説 表 5.2.2 東北地域における構造物の種類や供用環境，施工条件等に対応したセメント選定の目安

構造物の種類	橋梁の部位	供用環境			使用骨材	施工時期	説明
		気候	凍結防止剤散布	沿岸・海中・海洋地域			
マスコンクリート							温度応力解析で工法と組み合わせて選定する必要がある。セメントで水和熱を抑える場合には低熱ポルトランドセメントや中庸熱ポルトランドセメント，低発熱型混合セメントなどが適する。
	上部構造						普通ポルトランドセメントや施工条件によっては早強ポルトランドセメントが適する。
		寒冷地		飛沫帯			普通ポルトランドセメントや早強ポルトランドセメントが適する。スケーリングが問題にならない場所では，高炉セメントも使用できる。 スケーリングが問題となる場合で，高炉セメントを使用する場合は，W/Cを5%低減し十分な養生を行なう。 海中・海洋構造物では，塩化物や硫酸塩に対する抵抗性のあるセメントが適する。
			散布付着				外部からアルカリ金属が頻繁に，或いは高濃度に供給される環境で，アルカリ反応性骨材を用いる場合には，アルカリシリカ反応をセメントのみで抑制することは困難である。予め，実際に使用される配合に対して外部からの塩化物イオンの影響を取り入れた反応性評価試験を実施し，安定性を確認する必要がある。 海中・海洋構造物では，塩化物や硫酸塩に対する抵抗性のあるセメントが適する。
				飛沫帯	アルカリシリカ反応性骨材		高炉セメントB種が適する。 海中・海洋構造物では，塩化物や硫酸塩に対する抵抗性のあるセメントが適する。
			散布付着				高炉セメントB種が適する。 海中・海洋構造物では，塩化物や硫酸塩に対する抵抗性のあるセメントが適する。
					アルカリシリカ反応性骨材		アルカリシリカ反応抑制対策に従う。対策の順位は， 1. コンクリート中のアルカリ総量を3.0kg/m ³ 以下とする。 2. 抑制効果のある混合セメントを使用する。
						寒冷地 (日平均気温が4℃以下)	普通ポルトランドセメントや早強ポルトランドセメントが適する。 高炉セメントを用いる場合は，特に養生を適切に行うものとする。

(2)について 現在 JIS に規定されているセメントは、JIS R 5210 「ポルトランドセメント」として普通、早強、超早強、中庸熱、低熱、耐硫酸塩があり、混合セメントに JIS R 5211 「高炉セメント」、JIS R 5212 「シリカセメント」、JIS R 5213 「フライアッシュセメント」があり、その他に JIS R 5214 「エコセメント」がある^{施)}。主として用いられるセメントの特徴と用途を解説 表 5.2.3 に、それらのセメントの品質について、解説 表 5.2.4～10 に示した。

一般に用いられるセメントとしては、普通ポルトランドセメントが多く、国内で使用されるセメントの約 70%を占めている。その他で使用実績の多いものは、ポルトランドセメントでは、早強および中庸熱、混合セメントでは高炉およびフライアッシュであり、近年は高炉セメント B 種の使用実績が多くなっている。現在、セメント産業は、他産業等の副産物を再利用することにより循環型社会の構築に大きく貢献している。

一般に、低温環境下では、早強ポルトランドセメントを用いると、低温養生した際の初期材齢における強度発現性の遅延程度が小さくなるため、コンクリートが凍害を受けるおそれを少なくできる。一方、高温環境下では、早強ポルトランドセメントを用いると、水和発熱が大きいためコンクリート温度を上昇させる要因となり、高温の影響によりコンクリートにこわばりが生じて均しが困難になり、コールジョイントが発生しやすくなる。さらに、打ち込んだコンクリートが冷却する際に容積変化が大きくなり、ひび割れが発生しやすくなる。したがって、高温環境下では、コンクリートの温度上昇量とその後の温度下降にともなうひび割れ発生を低減する目的で、低熱、中庸熱、普通ポルトランドセメントおよび混合セメント B 種を用いることが望ましい。^{施)}

高炉セメントは、銑鉄製造過程で副産される高炉スラグを微粉碎した高炉スラグ微粉末を普通ポルトランドセメントに混合して製造する混合セメントであり、一般的には高炉スラグ微粉末 40%程度を混合した B 種が用いられることが多い。

高炉セメント B 種は、スラグ微粉末（製鉄副産物であるため発生する CO₂ は全て製品の鉄にカウントし、スラグ自体には CO₂ はカウントされない）の分だけセメントの量が減るため、セメント製造時の CO₂ 排出量が約 40%削減されるとしている。このため、グリーン購入法の特定調達品目としての指定を受けている。

高炉セメント B 種は、アルカリシリカ反応の抑制や塩化物イオンの浸透抑制に有効なセメントであるが、最近の高炉セメント B 種は、スラグ混合率および粉末度等によっては初期強度が大きくなるように調整されており、コンクリートの断熱温度上昇量が普通ポルトランドセメントよりも高くなる場合もあり、部材寸法や拘束条件、環境条件等によって温度応力によるひび割れ発生が増加する事例が報告されている。高炉セメント B 種には低発熱型のものもあるため、その使用にあたっては発熱性状を確認するとともに、長期の養生を行うことが重要である。

解説 表 5.2.3 各種セメントの特徴と用途

セメントの種類	特性と用途
普通ポルトランドセメント	工事用または製品用として多量に使用される、最も一般的なセメント
早強ポルトランドセメント	早期に高い強度（3日で普通ポルトランドセメントの7日に相当）が得られ、しかも長期にわたって強度増進が大きい。プレストレストコンクリート、寒中コンクリート、工期短縮を要する工事、工場製品などに使用される。
超早強ポルトランドセメント	早強ポルトランドセメントよりさらにC ₃ Sを多くし、粉末度を細かくしてあり、早強ポルトランドセメントの3日強度を1日で発現する。緊急工事、寒中工事、グラウト用などに使用される。
中庸熱ポルトランドセメント	水和熱を下げるためにC ₃ SとC ₃ Aを減じC ₂ Sを多くしてあり、ダムなどのマスコンクリートに使用される。初期強度は小さいが、長期強度が大きい。化学抵抗性も大きい。収縮が小さいため舗装用としても使用される。
耐硫酸塩ポルトランドセメント	硫酸塩との反応性を小さくしてあり、硫酸塩を含む土地帯での工事に適し、耐海水性にも優れている。海洋構造物や温泉地帯などの使用に適している。
低熱ポルトランドセメント	中庸熱ポルトランドセメントより水和熱が低いセメント。初期材齢の強度は低いが長期において強さを発現する特性を持ち、コンクリートの低熱性、高強度性および高流動性に対応する。大型のマスコンクリート構造物に用いられる。
高炉セメント	高炉スラグは潜在水硬性（セメントの水和反応で生じた水酸化カルシウムに刺激されて徐々に水和反応を起こす性質）があつて次第に硬化する。初期強度は小さいが、長期強度は大きい。多量に混和すると水和熱を小さくすることができ、化学抵抗性、耐熱性、水密性、アルカリシリカ反応防止効果などに優れる。ダム、河川、港湾工事や一般の工事にも広く使われる。グリーン購入品目に登録されている。
フライアッシュセメント	火力発電所のボイラー排ガスに含まれる石炭灰の微粉末であるフライアッシュを混合材に用いたセメント。フライアッシュはポズラン反応を有する。良質なものは球形であるため単位水量を減じ、長期的に強度を発現する働きがある。乾燥収縮は小さく、水和熱も低い。ダムなどのマスコンクリートに使われる。フライアッシュに含まれる未燃焼カーボンの吸着作用によりコンクリート製造時のAE剤使用量が増加することがある。
シリカセメント	純度の高い珪石などの粉末を混合したもので、オートクレーブ養生をする製品に使用される。

解説 表 5.2.4 ポルトランドセメントの品質 (JIS R 5210)

品質 \ 種類		普通 ポルトランド セメント	早強 ポルトランド セメント	超早強 ポルトランド セメント	中庸熱 ポルトランド セメント	低熱 ポルトランド セメント	耐硫酸塩 ポルトランド セメント
密度 g/cm ³		—	—	—	—	—	—
比表面積 cm ² /g		2,500 以上	3,300 以上	4,000 以上	2,500 以上	2,500 以上	2,500 以上
凝結	始発 min	60 以上	45 以上	45 以上	60 以上	60 以上	60 以上
	終結 h	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
安定性	パット法	良	良	良	良	良	良
	ルシャテリエ法 mm	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下	10 以下
圧縮強さ N/mm ²	1d	—	10.0 以上	20.0 以上	—	—	—
	3d	12.5 以上	20.0 以上	30.0 以上	7.5 以上	—	10.0 以上
	7d	22.5 以上	32.5 以上	40.0 以上	15.0 以上	7.5 以上	20.0 以上
	28d	42.5 以上	47.5 以上	50.0 以上	32.5 以上	22.5 以上	40.0 以上
	91d	—	—	—	—	42.5 以上	—
水和熱 J/g	7d	—	—	—	290 以下	250 以下	—
	28d	—	—	—	340 以下	290 以下	—
化学成分 %	酸化マグネシウム	5.0 以下	5.0 以下	5.0 以下	5.0 以下	5.0 以下	5.0 以下
	三酸化硫黄	3.0 以下	3.5 以下	4.5 以下	3.0 以下	3.5 以下	3.0 以下
	強熱減量	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下
	全アルカリ	0.75 以下	0.75 以下	0.75 以下	0.75 以下	0.75 以下	0.75 以下
	塩化物イオン	0.035 以下	0.02 以下	0.02 以下	0.02 以下	0.02 以下	0.02 以下
鉱物組成 %	けい酸三カルシウム	—	—	—	50 以下	—	—
	けい酸二カルシウム	—	—	—	—	40 以下	—
	アルミン酸三 カルシウム	—	—	—	8 以下	6 以下	4 以下

解説 表 5.2.5 高炉セメントの種類と高炉スラグの分量

種類	高炉スラグの分量 (質量%)
A 種	5 を超え 30 以下
B 種	30 を超え 60 以下
C 種	60 を超え 70 以下

解説 表 5.2.6 高炉セメントの品質 (JIS R 5211)

品質		種類	A 種	B 種	C 種
密度 g/cm ³			—	—	—
比表面積 cm ² /g			3,000 以上	3,000 以上	3,000 以上
凝結	始発 min		60 以上	60 以上	60 以上
	終結 h		10 以下	10 以下	10 以下
安定性	パット法		良	良	良
	ルシャテリエ法 mm		10 以下	10 以下	10 以下
圧縮強さ N/mm ²	3d		12.5 以上	10.0 以上	7.5 以上
	7d		22.5 以上	17.5 以上	15.0 以上
	28d		42.5 以上	42.5 以上	40.0 以上
化学成分 %	酸化マグネシウム		5.0 以下	6.0 以下	6.0 以下
	三酸化硫黄		3.5 以下	4.0 以下	4.5 以下
	強熱減量		3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下

解説 表 5.2.7 シリカセメントの種類とシリカ質混合材の分量

種類	シリカ質混合材の分量（質量%）
A種	5を超え 10以下
B種	10を超え 20以下
C種	20を超え 30以下

解説 表 5.2.8 シリカセメントの品質（JIS R 5212）

品質		種類	A種	B種	C種
密度 g/cm ³			—	—	—
比表面積 cm ² /g			3,000以上	3,000以上	3,000以上
凝結	始発 min		60以上	60以上	60以上
	終結 h		10以下	10以下	10以下
安定性	パット法		良	良	良
	ルシャテリエ法 mm		10以下	10以下	10以下
圧縮強さ N/mm ²	3d		12.5以上	10.0以上	7.5以上
	7d		22.5以上	17.5以上	15.0以上
	28d		42.5以上	37.5以上	32.5以上
化学成分 %	酸化マグネシウム		5.0以下	5.0以下	5.0以下
	三酸化硫黄		3.0以下	3.0以下	3.0以下
	強熱減量		3.0以下		

解説 表 5.2.9 フライアッシュセメントの種類とフライアッシュの分量

種類	シリカ質混合材の分量 (質量%)
A 種	5 を超え 10 以下
B 種	10 を超え 20 以下
C 種	20 を超え 30 以下

解説 表 5.2.10 フライアッシュセメントの品質 (JIS R 5213)

品質		種類	A 種	B 種	C 種
密度 g/cm ³			—	—	—
比表面積 cm ² /g			2,500 以上	2,500 以上	2,500 以上
凝結	始発 min		60 以上	60 以上	60 以上
	終結 h		10 以下	10 以下	10 以下
安定性	パット法		良	良	良
	ルシャテリエ法 mm		10 以下	10 以下	10 以下
圧縮強さ N/mm ²	3d		12.5 以上	10.0 以上	7.5 以上
	7d		22.5 以上	17.5 以上	15.0 以上
	28d		42.5 以上	37.5 以上	32.5 以上
化学成分 %	酸化マグネシウム		5.0 以下	5.0 以下	5.0 以下
	三酸化硫黄		3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下
	強熱減量		3.0 以下	—	—

(3)について 主に土木工事に用いられるセメントには JIS に規定されているもののほかに、特殊な性能をもつセメントがある^{施)}。

超速硬セメントを用いると、ごく短時間で高い強度を得られ、冬期であっても数時間で供用を開始することが可能である。このセメントは、硬化時間の調整剤の使用量によって凝結・硬化性状が大幅に変わるので、使用温度における凝結性状を的確に把握しておくことが必要である。その他の特殊なセメントとして、超微粉末セメント、アルミナセメント、油井セメント、地熱セメント、白色ポルトランドセメントやカラーセメント等がある。これらの特殊なセメントの選定にあたっては、既往の実績工事を十分に調査し、事前に十分な試験を行ったうえで選定するのがよい。また、アルミナセメントとポルトランドセメントを混合使用した場合の急結性のように、2 種類以上のセメントを混合することにより、予測できない結果を生じることがある。異なった種類のセメントを混合使用する場合には、コンクリートの性能に悪影響を及ぼさないことを確かめる必要がある。^{施)}

(4)について 高炉セメントB種は、普通ポルトランドセメントと比べて材齢28日の圧縮強さは同程度であるが、材齢7日位までの初期材齢の強度発現性が穏やかである。高炉スラグの強度発現性には温度の影響が大きいため、特に冬期の低温環境下では強度発現が緩慢となり、より一層初期材齢での強度が低くなる傾向がある。このため、寒中コンクリートが適用される時期に高炉セメントB種を使用する場合は、十分な加温や保温養生を行うとともに、しっかりとした湿潤条件を所定期間維持することが必要である。また、夏季などの高温の時期に用いた場合には、逆に強度発現性が促進されるため、部材厚の大きなコンクリートでは内部発熱が高まって、コンクリート内外の温度差が原因の温度ひび割れを起こしやすいことが知られている。この初期ひび割れを抑制するためには養生が極めて重要となることに留意する必要がある。

したがって、十分な湿潤養生を所定期間維持できない場合には、高炉スラグの特徴である長期にわたる強度の増進や化学抵抗性が発揮されない可能性があり、コンクリート構造物に設計通りの耐久性を確保できなくなる危険性がある。このような場合には、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどのポルトランドセメントの使用を検討するのが良い。

(5)について シリカセメントおよびフライアッシュセメントは、未だ使用実績が少ない上、品質のばらつきが大きく、他のセメントと比べて強度発現も遅い。したがって、使用にあたっては、特に養生方法を中心に慎重な検討が必要である。

5.2.7.3 練混ぜ水

- (1) 練混ぜ水は、上水道水、JSCE-B 101 または JIS A 5308 附属書 3 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (2) 回収水は、JIS A 5308 附属書 3 に適合したものでなければならない^{施)}。
- (3) 海水は一般に練混ぜ水として使用してはならない^{施)}。

【解説】 (1)について 練混ぜ水は、コンクリートの凝結硬化、強度の発現、体積変化、ワーカビリティ等の品質に悪影響を及ぼしたり、鋼材を腐食させるような物質を有害量含んでいてはならない。一般には特別な味、におい、色および濁りがなく飲用に適する水は、コンクリートの練混ぜ水として使用できる場合が多い。^{施)}

練混ぜ水としては上水道水、河川水、湖沼水、地下水、工業用水等が使用される。ただし、工場排水および都市下水等によって汚染された河川水や湖沼水等には、硫酸塩、よう化物、りん酸塩、ほう酸塩、炭酸塩や鉛、亜鉛、銅、すず、マンガン等の化合物、アルカリ等の無機物ならびに糖類、パルプ廃液、腐食物質等の有機不純物が含まれている場合がある。これらの物質がたとえ微量でも含まれている水を練混ぜ水として使用すると、コンクリートの凝結硬化、強度の発現、体積変化、ワーカビリティ等に悪影響を及ぼすことがある。また、練混ぜ水に塩化物や硝酸塩、硫酸塩等を含む水を用いると、鋼材の腐食を促進するおそれがあり、特にプレストレストコンクリートで常時高応力下にあるような緊張材では、応力腐食を起こしやすくなる。また、迷走電流のあるところでは、電食による鋼材の腐食が促進される。したがって、上水道水以外の水の場合には、JSCE-B 101「コンクリート用練混ぜ水の品質規格（案）」、または、JIS A 5308 附属書 3（規定）「レディーミクストコンクリートの練混ぜに用いる水」の規定に適合したものを採用するのを標準とした。

施)

ただし、上水道水以外の水の場合には、**解説表 5.2.11** に示す JSCE-B101 「コンクリート用練混ぜ水の品質規格（案）」、または、**解説表 5.2.12** に示す JIS A 5308 附属書 3(規定) 「レディーミクストコンクリートの練混ぜに用いる水」の規定に適合したものをを用いるのを標準とした。なお、東北地方においては、特に低温期には適切なコンクリート温度を確保するために、練混ぜ水の加温が必要となる。

解説表 5.2.11 上水道水以外の水の品質規定 (JSCE-B101 「コンクリート用練混ぜ水の品質規格 (案)」)

項目	品質
懸濁物質の量	2g/L 以下
溶解性蒸発残留物の量	1g/L 以下
塩化物イオン (Cl ⁻) 量	200ppm 以下
水素イオン濃度 (pH)	5.8~8.6
モルタルの圧縮強度比	材齢 1, 7 日および材齢 28 日で 90%以上
空気量の増分	±1%

解説表 5.2.12 上水道水以外の水の品質規定

(JIS A 5308 附属書 3(規定) 「レディーミクストコンクリートの練混ぜに用いる水」)

項目	品質
懸濁物質の量	2g/L 以下
溶解性蒸発残留物の量	1g/L 以下
塩化物イオン (Cl ⁻) 量	200ppm 以下
セメントの凝結時間の差	始発は 30 分以内、終結は 60 分以内
モルタルの圧縮強度比	材齢 7 日および材齢 28 日で 90%以上

(2)について レディーミクストコンクリート工場やプレキャストコンクリート工場において、ミキサあるいはトラックアジテータ車等の洗浄水の上澄水は、コンクリートの強度、ワーカビリティ等に悪い影響がないことを確かめれば、これを練混ぜ水として使用してよい。また、余剰のコンクリートやモルタルから骨材を回収する際に発生するセメント等の微粉末が懸濁しているスラッジ水は、その懸濁濃度や懸濁物質の単位セメント量に対する割合等を十分に管理できるものであれば、コンクリートの品質に悪影響のないことを確かめたうえで練混ぜ水として使用してもよい。ただし、回収水には塩化物イオンやアルカリが含まれているので、使用にあたってはこれらの濃度についても考慮することが必要であり、回収水については、JIS A 5308 附属書 3 に適合したものをを用いなければならないとした。^{施)}

ただし、建設事業に伴い生コン工場から発生する廃棄物を削減するために、スラッジ水については、その懸濁濃度や懸濁物質の単位セメント量に対する割合等を十分に管理できるものであれば、呼び強度 36N/mm² までのコンクリートの練混ぜ水として用いてよいものとする。また、スラッジ水に含まれるスラッジ固形分率は 3%を超えてはならない。また、回収水については、**解説表 5.2.13** に示す JIS A 5308 附属書 3 に適合したものをを用いなければならない。

解説 表 5.2.13 スラッジ水についての規定

項目	品質
塩化物イオン (Cl ⁻) 量	200ppm 以下
セメントの凝結時間の差	始発は 30 分以内, 終結は 60 分以内
モルタルの圧縮強さの比	材齢 7 日および材齢 28 日で 90%以上

(3)について 海水を使用すると、長期材齢におけるコンクリートの強度増進が小さくなること、エフロレンセスが生じやすいこと、耐久性が小さくなる傾向にあること等から、一般に使用してはならない。また、海岸近くの井戸水には塩化物イオンが含まれている場合が多いため、塩化物イオンの含有量を確認めたうえで用いる必要がある。なお、用心鉄筋を配置していない無筋コンクリートの場合には、海水を用いることでコンクリートに品質に悪影響がないことを確認したうえで、練混ぜ水として使用してよい。^{施)}

5.2.7.4 骨材

5.2.7.4.1 一般

- (1) 骨材は、コンクリートを製造する地域で製造されたものを用いることが望ましいが、良質なコンクリートとするためには、品質の優れた良質なものを用いなければならない。
- (2) 再生骨材、人工骨材、低品質骨材の活用を行う場合には、予め、それらの骨材を用いたコンクリートが、所定の品質が得られることを試験により確認しなければならない。
- (3) 外部からの塩化物の作用を受ける地域（海洋環境下あるいは寒冷地で凍結防止剤の散布量の多い地域）では、外部塩類のコンクリート内への浸透によるアルカリシリカ反応の促進が懸念されるので、化学法で「無害」と判定された骨材を使用することを原則とする。化学法で「無害でない」と判断された骨材を使用する場合には、外部から浸透する塩化物の影響を取り入れた試験によって、使用骨材あるいは使用配合の安全性を確かめなければならない。

【解説】 (1)について 骨材はコンクリートを製造する上で量的に大きなウェイトを占める材料であり、運搬に伴うCO₂排出による環境負荷の低減や資源の有効利用の観点から、コンクリートの製造地付近の骨材を使用することが望ましい。コンクリートの収縮（乾燥収縮）は、強度・耐久性とならぶ重要な性能である。乾燥収縮は、これまでコンクリートの形状・寸法、コンクリートの配合が関係するとされていたが、骨材の性質に負うところも大きい。骨材の性質には地域特性が認められることもあり、使用する骨材のコンクリートに及ぼす収縮特性を予め把握しておく必要がある。

(2)について 資源の有効利用、省資源の観点から、再生骨材、人工骨材、骨材中の不純物量、物理的性質、アルカリシリカ反応性および粒度等が JIS 規格や土木学会規準に適合していない等の低品質骨材の活用に積極的に努める必要がある。ただし、使用に当たっては、事前に、発注者、施工者、コンクリート製造者の間で協議し、コンクリート性能が所定の品質が得られることを試験により確認しなければならない。

(3)について 寒冷地の道路構造物などでは、車両や人物等の走行・歩行安全性を確保するために凍結防止剤が散布される。これらは、アルカリ金属イオンを含んでおり溶液となってコンクリート中に浸透する。凍

結防止剤が頻繁に散布される場所では、コンクリート中のアルカリ金属イオン量が上昇し、たとえ混合セメントを用いたコンクリートであっても、「無害でない」骨材を用いた場合にはアルカリシリカ反応を抑制できない危険性がある。したがって、凍結防止剤が頻繁に散布される場所では、直接散布される箇所に限らず、溶液の飛沫が飛散する範囲のコンクリートについても、「無害」骨材を用いることが望ましい。このようなことから、化学法で「無害でない」と判定された骨材を使用する場合には、外部からの塩化物の影響を取り入れた試験方法（例えばSSWモルタルバー試験）で骨材の安全性の検討を行うか、外部からの塩化物の影響を取り入れた試験方法（例えばSSWコンクリート試験など）で配合の安全性の検討を、前述の方法により、行わなければならない。ここで「SSWモルタルバー試験」とは、骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（JIS A 1146）」において供試体を包む吸取り紙に含ませる真水を20%NaCl水溶液に変える点のみが異なる試験方法である。

5.2.7.4.2 細骨材

- (1) 細骨材は、清浄、堅硬、耐久かつ化学的あるいは物理的に安定し、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものとする^{施)}。
- (2) 細骨材として用いる砂の品質は表 5.2.2 のものを標準とする^{施)}。

表 5.2.2 砂の品質^{施)}

項目		品質	試験方法
絶乾密度	g/cm ³	2.5 以上 ¹⁾	JIS A 1109
吸水率	%	3.5 以下 ²⁾	JIS A 1109
粘土塊	%	1.0 以下 ³⁾	JIS A 1137
微粒分量	コンクリート表面がすりへり作用を受ける場合	3.0 以下 ⁴⁾	JIS A 1103
	その他の場合	5.0 以下 ⁴⁾	
有機不純物		標準色液又は色見本の色より淡い ⁵⁾	JIS A 1105
塩化物（塩化物イオン量）		0.04 以下 ⁶⁾	JSCE-C 502
安定性（耐凍害性）		10 以下	JIS A 1122

1) 購入者の承認を得て、2.4 以上とすることができる

2) 購入者の承認を得て、4.0 以下とすることができる。

3) 試料は、JISA1103 による骨材の微粒分量試験を行った後にふるいに残存したものをを用いる。

4) 試験溶液の色合いが標準色より濃い場合でも有機不純物を含む細骨材のモルタルの圧縮強度による試験方法に規定する圧縮強度百分率が 90%以上であれば、購入者の承諾を得て用いてよい。

5) 細骨材の絶乾質量に対する百分率であり、NaCl に換算した値で示す。購入者の承認を得た場合は、0.1 以下としてよい。プレテンションプレストレストコンクリート部材に用いる場合は、0.02 以下とし購入者の承認があれば 0.03 以下とすることができる。

- (3) 砕砂は、JIS A 5005 に適合したものを標準とする^{施)}。

- (4) 高炉スラグ細骨材は JIS A 5011-1 に、フェロニッケルスラグ細骨材は JIS A 5011-2 に、銅スラグ細骨材は JIS A 5011-3 に、電気炉酸化スラグ細骨材は JIS A 5011-4 に適合したものを標準とする^{施)}。

- (5) 再生細骨材は、JIS A 5021 に適合したものを標準とする^{施)}。

- (6) 細骨材は大小粒が適度に混合し、その粒度が表 5.2.3 の範囲にあるものを標準とする^{施)}。

表 5.2.3 細骨材の粒度の標準^{施)}

ふるいの呼び寸法 (mm)	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
ふるいを通るものの質量百分率 (%)	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~10 ¹⁾

1) 砕砂あるいはスラグ細骨材を単独に用いる場合には質量百分率を 2~15%にしてよい。混合使用する場合で、0.15 mm通過分の大半が砕砂あるいはスラグ細骨材である場合には 15%としてよい。

2) 連続した 2 つのふるいの間の量は 45%を超えないのが望ましい。

- (7) 異種類の細骨材または同一種類でも品質の異なる細骨材を混合使用する場合は、混合する前の品質がそれぞれ(2)，(3)，(4)，(5)の規定に適合したものを標準とする。ただし、塩化物量と粒度については、混合したものの品質が表 5.2.2 および表 5.2.3 の規定に適合すればよい。^{施)}

【解説】 (1)について 細骨材の粒度は(6)に、細骨材に含まれる有機不純物、塩化物等の有害物含有量の限度、細骨材の耐久性に関する事項は(2)の規定に適合した細骨材を用いることを標準とした。また、堅硬

の程度については未だ適切な試験方法が制定されていないことから、その細骨材を用いたモルタルまたはコンクリートの強度、その他の試験結果から判断するとよい。JIS の品質規格に適合した骨材であっても、骨材が多孔質でその内部の空隙の比表面積が大きいと、骨材自体の収縮にともないコンクリートの収縮が大きくなるとの報告もある。まだ議論の余地が残されているが、骨材の選択に際しては、過去の使用実績や既往の信頼できる資料に基づき、実構造物において収縮にともなう問題がない材料であることを確認しておくことが重要である。^{施)}

骨材の化学安定性に関する事項としてアルカリ骨材反応がある。アルカリ骨材反応を生じたコンクリートは大きな膨張を示し、特徴的なひび割れを生じるため、アルカリ骨材反応を生じた構造物の耐久性は著しく低下する可能性がある。アルカリ骨材反応を生じる骨材には下記のようなものがあるが、一般的な配合のコンクリートでは5.2.4に示す抑制対策を講じることにより、問題なく使える場合がほとんどである。^{施)}

アルカリ骨材反応は、アルカリと反応する鉱物の種類によって、アルカリシリカ反応とアルカリ炭酸塩反応とに大別されていた。しかし最近の研究により、アルカリ炭酸塩岩反応とされていたものは石灰岩の中の微晶質シリカによるアルカリシリカ反応であるという説がきわめて有力になっている。アルカリシリカ反応を起こす鉱物としては、オパール、カルセドニー、クリストバライト、トリディマイト、陰微晶質石英、微晶質石英、結晶格子の歪んだ石英等のほかに火山ガラス等のシリカ質鉱物やある種のドロマイトのような炭酸塩鉱物がある。これらの反応性鉱物を含む岩石としては、安山岩、石英安山岩、流紋岩、凝灰岩、玄武岩、頁岩、砂岩、チャート、泥岩、その他があり、きわめて種類が多く、岩石の種類のみでは反応性は判断できない。^{施)}

アルカリシリカ反応に対する骨材の安全性は、一般には、JIS A 1145「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法)」およびJIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法)」に規定されている方法によって判定されている。反応性鉱物の検出には、偏光顕微鏡観察や粉末X線回折等の岩石学的試験を行うとよい。アルカリシリカ反応では、有害な骨材を無害な骨材と混合して使用した場合、モルタルやコンクリートの膨張量が無害な骨材を単独で用いるより大きくなることもあり、これをペシマム現象と呼ぶ。ASTMC289(化学法)の判定図の「潜在的有害」(Sc と Rc がともに大きい領域)は、モルタルバーの試験によって、大多数の骨材が高い反応性と顕著なペシマム現象を有することが確認されている領域を示したものであり、この領域に入る骨材を無害な骨材と混合使用した場合に、ある混合比率(50%以下)で有害膨張を引き起こす可能性のあることを意味している。わが国では、この「潜在的有害」の領域に入る骨材は、”反応性が低い骨材”と誤解されている場合も見受けられるが、実際は逆であり、反応性がきわめて高いためにペシマム現象を生ずる“本質的に有害な骨材”である。なお、ASTMC289の判定図の「有害」域に属する骨材は、モルタルバー試験で顕著なペシマム現象を示さずに有害な膨張を引き起こすものもある。^{施)}

アルカリシリカ反応以外に、物理的・化学的に不安定であるためコンクリート中に混入すると有害な鉱物としては、スメクタイト類、ローモンタイト、含鉄ブルーサイト、黄鉄鉱等がある。わが国では、これらによる目立った被害例の報告はないが、ありふれた鉱物であるので、注意する必要がある^{施)}。

以上のように、骨材には各種の化学的・物理的に不安定な鉱物が含まれていることがあり、使用実績のない骨材を使用する場合には、コンクリートの品質が損なわれないよう、上記の諸点についても十分に検討しておくことが大切である^{施)}。

(2)について 細骨材の密度が小さく、吸水率が大きいことは、一般には細骨材を構成する骨材粒子が多孔

質で強度が小さいことを意味する、骨材粒子の強度が小さいと、一般的に所要の強度を有するコンクリートとするための単位セメント量が増加する傾向にある。また、コンクリートの乾燥収縮が大きくなり、コンクリートのヤング係数とその圧縮強度から予測される値より小さくなることがある。さらに、多孔質な粒子はコンクリートの耐凍害性を損なう原因となり、一般に推奨されている程度のエントレインドエアを連行しても所要の耐凍害性が確保されないことを示した報告もあるにのたため、天然産の細骨材に対して JIS A 5308 の附属書 I（規定）「レディーミクストコンクリート用骨材」と同じ規定に適合した砂を用いることを標準とした。ただし、これらの規定に適合しない砂であっても、既往の使用実績や参考資料によって所要の品質のコンクリートが得られることが確認されている場合は、その砂を使用してよい。^{施)}

粘土は砂の表面に密着しないで均等紛布している場合には、貧配合のコンクリートであれば必ずしも有害なものではない。ただし、砂の表面に密着している場合はセメントペーストとの付着を妨げ、塊として存在していると乾燥の繰返しや凍結融解等によって塊自体が破壊したりコンクリート表面を損じる等の害をもたらす。粘土塊量の試験に微粉分量試験を終えた試料を用いるのは、塊となっているもの等で特に有害な粘土の量を明確にするための配慮である。粘土やその他の微粒子物質で塊となっていないものや砂の表面から容易に遊離するものの量は、微粉分量試験の結果から判断できる。ただし、天然産の細骨材は、微粒分、粘土分ともにコンクリートに及ぼす影響は概ね同様である場合が多い。^{施)}

2002 年版[施工編]では「石炭、亜炭などで密度 1.95g/c の液体に浮くもの」の品質項目が規定されていた。これは、川砂あるいは石炭と輸送貨車を共有する骨材などに石炭亜炭が含まれる場合を想定したものであるが、最近ではこのようなケースは少なくなっていることから表 5.2.2 に示す標準的な品質試験項目から除外した。なお、JIS A 1141(骨材中の密度 1.95g/cm³ の液体に浮く粒子の試験方法)の品質試験を行う必要がある場合には、ここに規定されている薬剤(塩化亜鉛)は環境健康に好ましくないものであるため、その取扱いには十分に注意する必要がある。^{施)}

細骨材に含まれる有機不純物は JIS A 1105「細骨材の有機不純物試験方法」によって試験する。この場合、砂の上部における溶液の色合いが標準色よりも薄くなる締材を用いることを標準とする。また、砂の上部における溶液の色合いが標準色より濃い場合には、その砂で作製したモルタル供試体の圧縮強度が、その砂を水酸化ナトリウムの 3%溶液で洗い、さらに水で十分に洗って用いたモルタル供試体の圧縮強度の 90%以上であれば、その砂を用いてよい。ここで、モルタルの圧縮強度による砂の試験は、JIS A 1142「有機不純物を含む細骨材のモルタルの圧縮強度による試験方法」によるものとする。^{施)}

塩化物を含む細骨材としては、海底、海浜、河口等から採取する海砂や海砂を含む混合砂が代表的なものとしてあげられる。海砂は瀬戸内海沿岸地域を中心とする西日本一帯で広く使用されてきたが、近年海底の生態環境保全のために採取禁止の方向にある。通常、塩化物を含む細骨材を用いた場合には、コンクリート中の塩化物イオン含有量が鋼材保護のための許容限度 0.30kg/m³ を超える可能性がある。そのため、コンクリート中の塩化物含有量を所定の値以下に抑えるためには、細骨材の塩化物含有量に対して制限を設ける必要がある。表 5.2.3 の塩化物の限度は、海砂の除塩処理の実態や管理試験の信頼性等を総合的に考慮し、コンクリート中の塩化物イオン含有量に対する規制がほぼ満足されるように、その上限を定めたものである。^{施)}

凍結融解の繰返しによる気象作用に対して、耐久的なコンクリートとするためには、水セメント比、空気量等を考慮するとともに、骨材の品質についても考慮する必要がある。骨材品質の適否の判定は JIS A 1122「硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験方法」によって行い、この試験における操作を 5 回繰返ししたと

きの損失質量が10%の限度を超えない細骨材を用いることを標準とする。ただし、この試験における操作を5回繰り返したときの損失質量が10%の限度を超えた細骨材であっても、これと同じ産地で同じ種類の細骨材を用いた同程度のコンクリートが予想される気象作用に対して十分な耐凍害性を有している実例がある場合、あるいは、これを用いて造ったコンクリートの凍結融解試験結果から満足なものであることが確認された場合には、これを使用してよい。^{施)}

以上のほか、細骨材中に異物として混入するとコンクリートに有害な影響をもたらす可能性のあるものとして、ライム、ペリクレス、アウイン、硬石膏(無水石膏)がある。ライムやペリクレスは、生石灰、プラスター、石灰系膨張材、焼成肥料、ドロマイトクリンカー、耐火れんが、転炉スラグ、人工軽量骨材等の資材に含まれることがある。これらの塊がコンクリート中に存在すると、水和反応にともないコンクリート表面に顕著なポップアウトを引き起こすので、これらの異物が細骨材に混入しないよう注意を要する。ペリクレスの水和は、ライムよりも遅いため、数年後に損傷を生ずることがある。^{施)}

(3)について 一般的に、砕砂は粒形が角ばっており、石粉を相当に含有している場合が多い。砕砂の粒形は、主に原石の種類や製造時の破碎方法によって相違し、この良否がコンクリートの単位水量やワーカビリティに及ぼす影響は極めて大きい。そのため、砕砂を用いる場合には石質が良好であることを確認するとともに、できるだけ角ばりの程度が小さく、細長い粒や偏平な粒の少ないものを選定するのがよい。なお、JISA5005「コンクリート用砕石および砕砂」には、砕砂の粒形の良否を判定する粒形判定実積率の試験方法が示されており、その値は54%以上でなければならないと規定されている。^{施)}

砕砂に含まれる石粉は、一般にその比表面積がブレン値で1500~8000cm²/g程度の範囲の粒子で、コンクリートの単位水量を増加させる要因ではあるが、材料分離を抑える効果も有する。このため、砕砂の場合には、むしろ3~5%の石粉が混入している方が望ましい。また、石粉等の微粒分量試験で失われるものの量は最大9%とし許容差の範囲内で製造業者と購入者が協議して定めると規定されている、これらに適合した砕砂であれば、その粒形や石粉がコンクリートの品質に及ぼす影響は、ほとんど問題とならない。ただし、石粉の量があり多くなると、同じスランプを得るのに必要な単位水量が著しく増加し、コンクリートの強度の低下や乾燥収縮の増大等につながることから、この点について留意する必要がある。^{施)}

(4)について 高炉スラグ細骨材は、細骨材として単独に用いることもあるが、実際の使用例では、粒度調整や塩化物含有量の低減その他の目的で、山砂等の普通骨材の20~60%を高炉スラグ細骨材で置換して用いられることが多い。このような混合使用を考慮して、JISA5011-1「コンクリート用スラグ骨材 第一部:高炉スラグ骨材」では、高炉スラグ細骨材の種類を粒度に応じた4種に区分している。なお、混合した細骨材としての粒度は、いずれの種類を用いた場合でも、表5.2.3によることを標準とする。^{施)}

高炉スラグ細骨材は潜在水硬性を有するため、日平均気温が20℃を越す時期においては骨材の貯蔵設備や貯蔵びんで固結現象を起こし、引出しが困難となるおそれがあるため、その貯蔵には特に注意が必要である。このような時期には、JIS A 5011-1に示されている「高炉スラグ細骨材の貯蔵の安定性の試験方法」による判定結果がAの固結しにくいものを選定するのが望ましく、長期間貯蔵しないように管理しなければならない。また、アルミナセメントと高炉スラグ細骨材を併用すると急結性を示すので注意する必要がある。高炉スラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、「高炉スラグ骨材コンクリート施工指針」を参考にするとよい。^{施)}

フェロニッケルスラグ細骨材、銅スラグ細骨材および電気炉酸化スラグ細骨材についても、高炉スラグ細

骨材と同様に、山砂等と混合して用いられる場合が多い。JIS A 5011-2「コンクリート用スラグ骨材一第 2 部:フェロニッケルスラグ骨材」、JIS A 5011-3「第 3 部:銅スラグ骨材」および JIS A 501-4「第 4 部:電気炉酸化スラグ骨材」において、粒度によって 4 種に区分されている。フェロニッケルスラグ細骨材や銅スラグ骨材は、密度が大きいことから、消波ブロック、護岸ブロック等に有利な材料である。ここで、フェロニッケルスラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、「フェロニッケルスラグ細骨材を用いたコンクリート施工指針」を参考にするとよい。銅スラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、「銅スラグ細骨材を用いたコンクリートの施工指針」を参考にするとよい。一般に電気炉還元スラグは、生石灰分が多く含まれるため膨張反応を引き起こしやすく、また、精錬する鋼材の種類ごとに成分格差が大きく、安定した品質が保持しにくい。そのため、電気炉酸化スラグ骨材は電気炉還元スラグが混入しないような対策を講じ工場で製造されたものを使用する必要がある。電気炉酸化スラグ細骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、「電気炉酸化スラグ骨材を用いたコンクリートの設計・施工指針(案)」を参考にするとよい。^{施)}

(5)について JIS では、処理方法の差異およびそれら品質により、再生骨材 H、再生骨材 M、再生骨材 L に区分し、JIS A 5021「コンクリート用再生骨材 H」では再生骨材 H の品質、JIS A 5022「再生骨材 M を用いたコンクリート」、および JIS A 5023「再生骨材 L を用いたコンクリート」では再生骨材 M および L の品質、およびそれらを使用したコンクリートの品質等を規定している^{施)}。

再生骨材 H は、コンクリート塊に破碎、磨砕、分級等の高度な処理を行って製造したコンクリート用骨材で、通常の骨材とはほぼ同様の品質を有し、レディーミクストコンクリート用骨材として使用することが可能である。再生骨材 H におけるアルカリシリカ反応性の試験方法は、JIS A 1145「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法)」、JIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法)」、JIS A 1804「コンクリート生産工程管理用試験方法—骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(迅速法)」がある。また、JIS A 1145(化学法)の実施にあたり、再生骨材 H を前処理せずに試験に用いた場合、表面に付着した僅かなセメントペーストによってもアルカリ消費量およびシリカ溶出量が高い値となり、試験結果の判定に影響するため、あらかじめ塩酸等により表面に付着したセメントペーストを除去する等の処置をする必要がある。また、構造物を解体する際、原コンクリートにタイル、レンガ、陶磁器類、アスファルトコンクリート塊、ガラス片、石こうボード片、プラスチック片、木片および紙くず等の不純物が混入する可能性があるため、全不純物量が骨材質量の 3%を超えないことを限度見本によって確認する必要がある。^{施)}

再生骨材 M や L は、経済的観点から再生骨材 H とは異なる方法で製造されており、骨材表面にセメントペーストやモルタル分が多く付着している等、それらの品質も再生骨材 H とは異なる。そのため先に示したように再生骨材 H とは別の JIS 規格になっており、骨材としてではなくコンクリートとして規格化(JIS A 5022、JIS A 5023)されている。再生骨材 M を用いたコンクリートの種類は、呼び強度の上限が 36、スランプの上限が 18cm である。また、再生骨材 L を用いたコンクリートの種類は、呼び強度の上限が 24、スランプの上限は土木用を 10cm、建築用を 18cm として規格化している。再生骨材 L を用いたコンクリートは耐久性を必要としない無筋コンクリート構造物または容易に交換が可能な部材、小規模の鉄筋コンクリート構造物もしくは鉄筋を使用するコンクリートブロック等に限定される。また再生骨材 M を用いたコンクリートは、再生骨材 L を用いたコンクリートよりも品質は高いが耐久性の面で懸念があるため、乾燥収縮や凍結融解の受けにくい部材へ適用に限定される。^{施)}

以上のことから、再生細骨材は、JIS A 5021 に適合した再生細骨材 H を使用することを標準とした^{施)}。

なお、東北地方におけるスラグ骨材および再生骨材については、限られた地域での製造であるため、使用にあたっては製造場所、種類、品質、供給量等を十分調査する必要がある。

(6)について 細、粗粒が適度に混合している細骨材を用いると、粒の大きさがそろっている場合や細粒が多い場合に比べて、比較的少ない単位水量と単位セメント量で所要の性能のコンクリートを造ることができる。表5.2.3に示した粒度の範囲にある細骨材を用いれば、通常、経済的に所要の性能を満足するコンクリートができる。^{施)}

JIS A 5011「コンクリート用スラグ骨材」に適合したスラグ細骨材は、ガラス質で粒の表面組織が滑らかであるため、天然産の細骨材より保水性が小さい。JIS A 5005「コンクリート用砕石及び砕砂」に適合した砕砂や破砕して製造されるスラグ細骨材は角ばった粒を多く含んでおり、これらの細骨材の場合には、微粒分の多い方がコンクリートのワーカビリティ、ブリーディング等に良好な結果を与える。また、スラグ細骨材は粒の小さいものほど密度が大きい傾向にあるため、粒度分布の容積百分率を一般の場合と同等にした場合でも細粒部分の質量百分率が大きくなる。これらを考慮して、砕砂あるいはスラグ細骨材を単独に用いる場合には、0.15mmふるいを通過するものの質量百分率の上限を一般の場合より大きくしてよいことにした。^{施)}

なお、粒度は「大小粒の混合の程度」を示すものであり、本来は粒子の体積を基準として示されるべき性格のものである。しかし、密度の差が0.2g/cm³程度以下の細骨材を混合使用する場合でも、質量百分率と容積百分率の差は最大で1%程度に過ぎないことから、実務やJIS等において簡便な質量百分率で表す方法が採用されている。このため、この示方書でも粒度を質量百分率で表すことにした。ただし、密度が0.2g/cm³程度以上相違する細骨材を混合使用する場合には、表5.2.3の質量百分率を体積百分率に読み替えるのが望ましい。^{施)}

(7)について 近年、良質なコンクリート用骨材の減少にともない、所要の品質や使用量を確保するために、複数の骨材を混合して使用するが増えている。種々の骨材を混合して使用する場合、それぞれの骨材の品質によって混合後の品質が大きく影響される。このため、異種類の骨材または同一種類でも産地、製造時期、地山の地層などが異なる等により品質の異なる細骨材を混合して用いる場合には、JIS A 5308の附属書1と同様、それぞれの骨材の品質を確認することが必要である。^{施)}

5.2.7.4.3 粗骨材

- (1) 粗骨材は、清浄、堅硬、耐久かつ化学的あるいは物理的に安定し、有機不純物、塩化物等を有害量含まないものとする。特に耐火性を必要とする場合には、耐火的な粗骨材とする。^{施)}
- (2) 粗骨材として用いる砂利の品質は表 5.2.4 のものを標準とする^{施)}。

表 5.2.4 砂利の品質^{施)}

項目	品質	試験方法
絶乾密度 g/cm ³	2.5 以上 ¹⁾	JIS A 1109
吸水率 %	3.0 以下 ²⁾	JIS A 1109
粘土塊量 %	0.25 以下 ³⁾	JIS A 1137
微粒分量 %	1.0 以下 ⁴⁾	JIS A 1103
安定性 %	12 以下	JIS A 1122
すりへり減量 %	35 以下 ⁵⁾	JIS A 1121

- 1) 購入者の承認を得て、2.4 以上とすることができる。
 2) 購入者の承認を得て、4.0 以下とすることができる。
 3) 試料は、JIS A 1103 による微粒分量試験を行なった後に残存したものをを用いる。
 4) 舗装版に用いる場合に適用する。ただし、施工後の表面の堅さが特に要求されない場合には、40%としても良い。

- (3) 碎石は、JIS A 5005 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (4) 高炉スラグ粗骨材は JIS A 5011-1 に、電気炉酸化スラグ粗骨材は JIS A 5011-4 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (5) 再生粗骨材は、JIS A 5021 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (6) 粗骨材は大小粒が適度に混合し、その粒度が表 5.2.5 の範囲にあるものを標準とする^{施)}。

表 5.2.5 粗骨材の粒度の標準^{施)}

ふるい呼び寸法 (mm)	ふるいを通るものの質量百分率(%)									
	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	
粗骨材の 最大寸法 (mm)	40	100	95~100	—	—	35~70	—	10~30	0~5	—
	25	—	—	100	95~100	—	30~70	—	0~10	0~5
	20	—	—	—	100	90~100	—	20~55	0~10	0~5
	10	—	—	—	—	—	100	90~100	0~40	0~10

- (7) 異種類の粗骨材または同一種類でも品質の異なる粗骨材を混合する場合は、混合する前の品質がそれぞれ(2)、(3)、(4)、(5)の規定に適合したものを標準とする。ただし、粒度については混合したものの品質が、表 5.2.5 の範囲にあればよい。^{施)}

【解説】 (1) について 堅硬の程度については、JIS A 1121「ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法」、JIS A 1126「ひっかき硬さによる粗骨材中の軟石試験方法」あるいは JIS A 1110「粗骨材の密度および吸水率試験方法」によるか、その粗骨材を用いたコンクリート強度試験等のうち必要な試験を行った結果により判断するのがよい^{施)}。

コンクリートの耐火性は、使用材料の岩質による影響が大きく、花こう岩や石英質砂岩は劣る。耐火的であるとともに強度、耐久性等を必要とするコンクリートの場合には、高炉スラグ粗骨材や耐火的な安山岩、玄武岩、硬質凝灰岩等を用いるのがよい。^{施)}

(2) について この条項は、細骨材と同様な理由で設けたものである。過去の実験例によれば硫酸ナトリウ

ムによる安定性試験の損失質量が12~40%程度であってもその骨材の吸水率が3%以下の場合、あるいは、損失質量が12%以下の場合には吸水率が5%程度であっても、JIS A 1148「コンクリート凍結融解試験方法」における耐久性指数(300サイクル)が60以上になっている。したがって、耐凍害性が要求されるコンクリートに用いる粗骨材には、JIS A 1122の安定性試験における操作を5回繰り返したときの損失質量が、原則として12%以下のものを使用することができる。^{施)}

3.4.1の細骨材と同様に、2002年版[施工編]には規定されていた「石炭、亜炭などで密度1.95g/cm³の液体に浮くもの」の品質項目を削除した^{施)}。

(3)について 砕石は玄武岩、安山岩、硬質砂岩、硬質石灰岩またはこれらに準ずる岩石を原石として製造されているが粒の均一性や強度等に関しては、川砂利より優れている場合が多い。ただし、砕石の場合には、角ばりや表面組織の粗さの程度が大きいため、ワーカビリティの良好なコンクリートを得るためには、河川砂利を用いる場合に比べて単位水量を増加させる必要がある。特に扁平なものや細長い形状のものは、このような影響が大きくなるので、砕石を使用する場合には粒子形状の良否を検討する必要がある。^{施)}

なお、JIS A 5005では粒形の良否を判定する粒形判定実積率の試験方法が示されており、56%以上とし砕石8040、砕石6040、砕石4020には適用しないと規定している^{施)}。

(4)について 高炉スラグ粗骨材は、高温の熔融高炉スラグを徐冷、凝固させた後、砕いて製造したものである。高炉スラグ粗骨材には、冷却方法、破碎過程の違い等によって、骨材として不適当なものもある。また、同一製鉄所で製造されたものであっても、生産時期によって品質に若干の差異を生ずることもあるため、品質を確認して使用する必要がある。JIS A 5011-1では、高炉スラグ粗骨材を絶乾密度、吸水率および単位容積質量に応じてLおよびNに区分している。通常は絶乾密度が大きなNに区分される高炉スラグ粗骨材を用いるが、区分Lのものは設計基準強度が21N/mm²未満で耐凍害性を重視しない場合に用いるものとする。^{施)}

なお、アルミナセメントと高炉スラグ粗骨材を併用すると急結性を示すため注意する必要がある。高炉スラグ粗骨材を用いる場合に配慮すべき事項については、「高炉スラグ骨材コンクリート施工指針」を参考にするとよい。^{施)}

(5)について 使用する再生粗骨材は、JIS A 5021に適合した再生骨材Hを使用することを標準とする。品質の安定した再生粗骨材Hを製造するためには、少なくとも原料となる原コンクリートとその中に含まれる原骨材について過去の記録や参考資料等で確認することが重要である。これらの情報が得られない場合には、構造物中から適切な頻度でコンクリートを採取して原骨材の色、形、大きさ等を観察する必要がある。^{施)}

再生粗骨材Hにおいて、粒度範囲が広過ぎると製造・貯蔵段階で粗粒と細粒とが分離しやすく、コンクリートの単位水量に大きな変動をきたすおそれがある。JIS A 5021では、再生粗骨材の粒度としてH2505、H2005、H1505、H4020、H2515、H2015の6区分としており、4005のような広い粒度範囲の区分は設けられていないので留意が必要である。再生粗骨材Hにおいて、すりへり減量は骨材表面に付着しているモルタル量の影響を受けるため、骨材自体の物理的性質を表す指標としては適切でない。また、再生処理の過程で破碎・磨砕等によりすりへり試験と類似の作用を受けており、骨材中のぜい弱な部分は除去されていると考えられることから、舗装版として用いる場合以外は、特にすりへり減量の規定を設けていない。^{施)}

(6)について 粗骨材の粒度がコンクリートのワーカビリティに及ぼす影響は、細骨材の場合と比べて小さい。ただし、細骨材におけると同様に、所要の品質のコンクリートを経済的に造るためには大小粒を分割

して貯蔵し、適当に混合しているのがよい。表 5.2.5 に示した範囲に入る粒度の粗骨材を用いれば、通常は、経済的に所要の性能を満足するコンクリートを造ることができる。また、工場製品では最大寸法が 10 mm 程度の粗骨材を用いることが適当な場合もあるので、粗骨材の大きさ 10～5mm についても粒度の標準を示した。^{施)}
(7)について この条項は、細骨材における解説(5.2.7.4.2(7))と同じ理由により設けたものである^{施)}。

5.2.7.5 混和材

- (1) 混和材として用いるフライアッシュは、JIS A 6201 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (2) 混和材として用いるコンクリート用膨張材は、JIS A 6202 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (3) 混和材として用いる高炉スラグ微粉末は、JIS A 6206 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (4) 混和材として用いるシリカフュームは JIS A 6207 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (5) 混和材として用いる石灰石微粉末等の(1)～(4)以外の混和材は、その品質を確かめ、使用方法を十分に検討しなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について 品質の優れたフライアッシュを適切に用いると、コンクリートのワーカビリティを改善し単位水量を減らすことができること、水和熱による温度上昇の低減、長期材齢における強度増進、乾燥収縮の減少、水密性や化学的侵食に対する耐久性の改善、アルカリシリカ反応の抑制等、優れた効果が期待できる。しかしながら、フライアッシュの品質は、微粉炭の品質、ボイラーの燃焼方法、捕集方法等によってかなり相違することから、JIS A 6201「フライアッシュ」に適合したものを標準とする。なお、近年、JIS 規格のフライアッシュの生産は横ばい傾向にあり、一部の地域を除いては、良質のフライアッシュを大量に継続して入手することが困難であるので、その供給量や品質の確認もしておかなければならない。フライアッシュの使用に際しては、「フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針（案）」を参照するのがよい。^{施)}

(2)について コンクリート用膨張材を適切に用いて膨張コンクリートを造ることにより、コンクリートの乾燥収縮や硬化収縮等に起因するひび割れの発生を低減できること、あるいは、ケミカルプレストレスを導入してひび割れ耐力を向上できること等、優れた効果が得られる。このような効果は、コンクリート用膨張材の化学成分や粉末度等によって異なるため、コンクリート用膨張材は JIS A 6202「コンクリート用膨張材」に適合するものを標準とする。^{施)}（土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：特殊コンクリート〕（4 章 膨張コンクリート）および「膨張コンクリート設計施工指針」参照。）

(3)について 急冷したガラス質の高炉スラグを適切に粉砕して造った良質の高炉スラグ微粉末は、これを適切に用いれば、水和熱の発生速度を遅くすること、コンクリートの長期強度の増進、水密性を高め塩化物イオン等のコンクリート中への浸透の抑制、硫酸塩や海水に対する化学抵抗性の改善、アルカリシリカ反応の抑制、高強度を得ること等、優れた効果をもたらす。また、コンクリートのワーカビリティを改善する効果が得られる場合もある。しかしながら、これらの効果は、高炉スラグの化学成分や急冷の程度あるいはこれを粉砕した高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは、養生温度および湿潤養生の期間の影響を受けやすいため、入念な施工を行わないと、所定の強度が得られない場合や硬化体組織が粗となり中性化速度の増加、ひび割れ抵抗性の低いコンクリートとなる等のおそれがある。また、高炉スラグ微粉末は、その単位量

が他の混和材よりも相当に多く結合材としての役割が大きいと、計量および練混ぜが不適切な場合やこれらの作業が十分管理されていないと、所定の品質のコンクリートが得られないことから、計画および施工にあたっては、これらの点について十分配慮しなければならない。(土木学会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針」参照) 施)

現在 JIS に規定されている高炉スラグ微粉末は、高炉スラグ微粉末 4000、6000 および 8000 の 3 種類であり、使用目的に応じて種類や置換率を定める必要がある。一般的に高炉スラグ微粉末 4000 を使用する場合が多いが、高強度を得る場合や早期の強度増進を期待する等の特殊な用途、ならびに水密性、塩分遮へい性、耐硫酸塩性の向上には高炉スラグ微粉末 6000 や 8000 を使用するとよいとされている。施)

(4)について シリカフュームは、フェロシリコンおよび金属シリコン等を製造する際に発生する非晶質の二酸化けい素 (SiO_2) を主成分とするもので、平均粒径 $0.1\mu\text{m}$ 程度で比表面積(窒素ガス吸着法)は約 $20\text{m}^2/\text{g}$ 程度、密度 $2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 程度の球形の超微粒子である。セメントの一部をシリカフュームで置換したコンクリートは、通常のコンクリートと比べて、材料分離が生じにくい、ブリーディングが小さい、強度増加が著しい、水密性や化学抵抗性が向上する等の利点がある。反面、単位水量が増加して乾燥収縮の増加等につながることから、使用にあたっては、高性能 AE 減水剤や高性能減水剤を併用する等の配慮が必要である。なお、シリカフュームはその供給の大半を輸入に頼っており、産地、在庫期間あるいは粉体や粒体の製品の形態等により品質はかなり相違するため、JIS A 6207「コンクリート用シリカフューム」に適合することを確認して使用することが重要である。シリカフュームの使用に際しては、土木学会「シリカフュームを用いたコンクリートの設計施工指針(案)」を参照されたい。施)

(5)について (1)、(2)、(3)および(4)以外の混和材として、けい酸質微粉末、ポゾラン、石灰石微粉末および高強度用混和材等がある。これらの混和材は未だ品質規格が整備されておらず、また、それらの使用方法もさまざまである。使用にあたっては、十分な調査や試験を行い、その品質と使用方法を確認しておく必要があり、混和材の品質、性能、使用実績、均等性、価格等について調査するとともに、その混和材がコンクリートのワーカビリティ、強度、耐久性、水密性、体積変化、鋼材を保護する性能、経済性等に及ぼす影響も検討しなければならない。品質規格が定められていない混和材の主要なものについて解説すると次のようである。施)

けい酸質微粉末は、石英等を主成分とするもので、オートクレーブ養生を行うコンクリートに高強度を付与する場合等に用いられる。なお、けい酸質微粉末と異なるもので、常温で水酸化カルシウムと反応してカルシウムシリケート水和物を生成するポゾランとしては、前述のフライアッシュやシリカフュームのほか、天然のものとして、けい酸白土、火山灰、けい藻土があり、人工のものとしては焼成粘土等がある。施)

石灰石微粉末は石灰石を粉砕してブレン比表面積を $3000\sim 7000\text{cm}^2/\text{g}$ 程度としたものであり、材料分離やブリーディング防止を目的として用いられている。石灰石微粉末は、 C_3A 等と反応し、モノカーボネート ($\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaCO}_3\cdot 11\text{H}_2\text{O}$) 等の水和物を生成することも報告されているが、現時点では実際のセメント中の C_3A との反応やそれらの生成と強度との関係は明らかとなっていないことから、結合材とは見なさないこととした。なお、石灰石微粉末の規格には JCI-SLP「コンクリート用石灰石微粉末品質規格(案)」をはじめ、JIS A 5008「舗装用石灰石粉」、(旧)本州四国連絡橋公団、(旧)日本鉄道建設公団等の独自規格があるので、それらを参考にするとよい。施)

ただし、石灰石微粉末について、道路用石灰石微粉末および排煙脱硫用石灰石微粉末などを使用すること

ができる。これらの品質については、JIS A 5041「コンクリート用砕石粉」の基準に従うものとする。その他の混和材については品質と使用方法を十分に検討した上で、使用することが望ましい。

5.2.7.6 混和剤

- (1) 混和剤として用いる AE 剤，減水剤，AE 減水剤および高性能 AE 減水剤，高性能減水剤，流動化剤，硬化促進剤は，JIS A 6204 に適合したものを標準とする^施。
- (2) 混和剤として用いる鉄筋コンクリート用防錆剤は，JIS A 6205 に適合したものを標準とする^施。
- (3) 先の(1)，(2)以外の混和剤については，その品質を確かめ，使用方法を十分に検討しなければならない^施。
- (4) 東北地方における AE 剤，減水剤，AE 減水剤および高性能 AE 減水剤，高性能減水剤，流動化剤，硬化促進剤は，凍結融解作用に対する耐久性確保の実績があるものを使用することが望ましい。

【解説】 (1)について 現在市販されている AE 剤，減水剤，AE 減水剤，高性能減水剤，流動化剤および高性能 AE 減水剤には多くの種類があり，その品質や性能はそれぞれ異なっている。工事に使用する AE 剤，減水剤，AE 減水剤，高性能減水剤，流動化剤または高性能 AE 減水剤の品質は，JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」に適合したものを標準とする。JIS A 6204 では，コンクリート用化学混和剤を，その性能に応じて AE 剤，減水剤（標準形，遅延形，促進形），AE 減水剤（標準形，遅延形，促進形），高性能 AE 減水剤（標準形，遅延形），高性能減水剤，流動化剤（標準形，遅延形）および硬化促進剤に分類している。また，コンクリート用化学混和剤は，混和剤からコンクリート中に供給される塩化物イオン量の多少によって，Ⅰ種，Ⅱ種およびⅢ種に分類されている。コンクリート用化学混和剤を使用する場合には，その使用目的，コンクリートの凝結時間の長さあるいは硬化速度の大きさ，コンクリート中の塩化物含有量の限度，等を十分に考慮して，適当な種類のものを選定するのがよい。コンクリート用化学混和剤を適切に用いると，コンクリートのワーカビリティやポンプ圧送性の改善，単位水量の低減，耐凍害性の向上，水密性の改善等，多くの効果が期待できる。しかしながら，コンクリート用化学混和剤の効果は，その品質とともに，セメントや骨材の品質，コンクリートの配合，施工方法等によって異なる。また，同じ空気量であっても，気泡の径や分布が異なればその効果も相違する。^施

高性能 AE 減水剤は，それ自身が空気連行性を有するとともに通常の AE 減水剤よりも高い減水性能を有し，スランプ低下も小さい特徴を有する。このため，通常の AE 減水剤を用いる場合より単位水量の少ないコンクリートの製造が可能となるだけでなく，流動化コンクリートと同等の品質を有するコンクリートやきわめて高い流動性を有するコンクリート等をレディーミクストコンクリートエ場で製造することが可能である。また，使用量を広範囲で選択し用いることが可能である。しかしながら，通常のコンクリートと比べて，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは，コンクリート温度や使用材料等の諸条件の変化に対して，そのスランプ保持性能やワーカビリティ等が影響を受けやすい傾向にある。したがって，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートを使用する場合には，使用する高性能 AE 減水剤の特性について十分に理解しておくとともに，目的とする効果が確実に得られるように，高性能 AE 減水剤の適切な使用方法を事前に十分に検討しておく必要がある。また，高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートのワーカビリティは，通常の AE 減水剤を用いたコ

ンクリートのそれとは若干異なったものとなる場合が多いので、その特性に応じて適切に施工することも大切である（土木学会「高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートの施工指針（案）」参照）^{施)}

高性能減水剤は、高度な減水作用と低凝結遅延性、低空気連行性を特徴とし、化学成分的にはポリカルボン酸系、ナフタレン系およびメラミン系その他に分類される。高性能減水剤を用いると、その高度な減水作用と低空気連行性によって80~100N/mm²程度の圧縮強度を有する高強度コンクリートが比較的容易に得られる。ただし、ナフタレン系およびメラミン系の高性能減水剤を使用した場合、スランプ低下が大きいこと、AE 剤を併用しないと耐凍害性に劣る場合もあるので注意が必要である。^{施)}

流動化剤標準形は、一般的なコンクリート工事に用いられるもので、使用実績も多くある。流動化剤遅延形は流動化効果と凝結遅延効果を併せもつもので、主として暑中コンクリートや運搬時間が長い場合に、流動化後のスランプロスを低減させる目的で用いられる。流動化剤遅延形の凝結遅延時間は、スランプの増大量に応じた添加量の大小によって変動するため、コンクリートの使用条件や配合によっては所定の凝結遅延効果が得られない場合がある。目的に応じた遅延効果は、ベースコンクリートに添加する混和剤で考えるのがよい。また、流動化剤遅延形を用いたコンクリートは、ベースコンクリートに用いた混和剤の影響を受けて過剰な遅延性が生じる場合があり、耐久性の低下につながることもあるので、注意しなければならない（土木学会「流動化コンクリート施工指針」参照）^{施)}

ただし、混和剤を標準使用量よりも増量して使用する場合には、コンクリートの凝結時間が大幅に遅れることや、空気量が過度に連行することがあるので、事前に確かめておく必要がある。また、コンクリート中の塩化物含有量の限度、等を十分考慮して、適切な使用量、種類のものを選択する必要がある。また、寒中コンクリートに AE 減水剤を使用する場合には、標準形に替えて促進形のものを使用することや、低温度下の凝結・強度促進の目的で硬化促進剤を使用することは効果的であるが、使用にあたっては、その成分、効果等について調査をし、品質を確かめなければならない。

(2)について 鉄筋コンクリート用防せい剤は、海砂中の塩分に起因する鉄筋の腐食を抑制する目的でコンクリートに添加される混和剤であり、①不動態皮膜形成防せい剤、②沈殿皮膜形成防せい剤、③吸着皮膜形成防せい剤の3種に分類される。現在市販されている防せい剤は、亜硝酸塩を主成分とするものが主流であり、金属表面を酸化させて不動態皮膜を形成することで、鉄器の腐食を抑制するとされている。いずれの種類の防せい剤も、長期にわたり優れた防せい効果を発揮することはもちろんのこと、コンクリートの凝結・硬化や耐久性を阻害せず、取扱いが容易で人体に有害な成分を含まないことが要求される。工事に使用する防せい剤は、JIS A 6205「鉄筋コンクリート用防せい剤」に適合したものを標準とする。コンクリート構造物の外部から多量の塩化物イオンが侵入する環境では、海砂中の塩分による鋼材の腐食防止を目的とした量の防せい剤を加えても所定の効果が得られず、逆に鋼材の局部腐食が顕著になったとの報告もある。そのため、このような環境下で防せい剤を使用する場合には、使用する防せい剤の添加量と使用効果について、あらかじめ十分に検討しておく必要がある。^{施)}

(3)について (1)および(2)以外の混和剤については、まだ品質の規格がなく、また、それらの使用方法もさまざまであるので、その使用にあたっては十分な調査、試験を行い、品質の確認と使用方法の検討を行わなければならない。混和剤の品質、性能、使用実績、均等性、価格等について調査するとともに、その混和剤がコンクリートのワーカビリティ、強度、耐久性、水密性、体積変化、鋼材を保護する性能、経済性等に及ぼす影響をも検討するのがよい。^{施)}

(4)について 東北地方において使用実績のない混和剤を新規に用いる場合には、既に使用実績を有するものと同等の凍結融解性能が実証されたものを使用することが望ましい。

5.2.8 試し練り

5.2.8.1 一般

- (1) 配合条件を満足するコンクリートが得られるよう、試し練りによって、コンクリートの配合を定めなければならない^{施)}。
- (2) コンクリートの試し練りは、室内試験によることを標準とする^{施)}。
- (3) 使用するコンクリートが、JIS 工場からで、かつ JIS A 5308 に適合する製品を用いる場合及び計画配合が耐久性を確保する上で必要となる配合条件を満足することを実績等から確認できる場合は、試し練りを省略してもよい。

【解説】 (1)について 配合設計において設定した配合が所要の配合条件を満足することを確認するために、試し練りを行わなければならない。コンクリートの性能は種々の要因の影響を受け、特にフレッシュコンクリートは、練混ぜ後の時間の経過や環境温度、場内運搬方法等の違いによって、その性能が大きく変化する。コンクリートの配合設計においては、打込み時に必要とされるコンクリートのワーカビリティが確保されるように、練上り、荷卸しのそれぞれの段階で目標とする品質を設定することが重要である。そのため、コンクリートの施工に際しては、所要の性能を満足するコンクリートが得られるように、あらかじめ試し練りを行い、配合を決定することとした。なお、試し練りは、必要に応じて、コンクリート主任技士、コンクリート技士、あるいはこれらの資格相当の能力を有する技術者の指示のもとで実施するものとする。^{施)}

(2)および(3)について コンクリートの配合を決定するには、品質が確かめられた各種材料を用いてこれらを正確に計量し十分に練り混ぜる必要があるため、試し練りは室内試験によることを標準としたが、JIS 工場からで、かつ JIS A 5308 に適合する製品を用いる場合及び計画配合が耐久性を確保する上で必要となる配合条件を満足することを実績等から確認できる場合は、試し練りを省略してもよいとした。ただし、室内試験におけるコンクリートの製造条件が実際の製造条件と相違する場合、製造後の時間経過にともなうコンクリートの品質変化を確認する場合には、室内試験とは別に実機ミキサによる試し練りを行うことが望ましい。

5.2.8.2 試し練りの方法

- (1) 配合条件を満足するコンクリートが得られるよう、室内試験による試し練りを行う^{施)}。
- (2) 室内試験で試し練りを行う場合、実際の製造条件とのスランプの差、施工時のコンクリート温度および練混ぜ性能や運搬時間等を考慮して、練上り時のワーカビリティを判断する^{施)}。
- (3) コンクリートの試し練りは、 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ の条件で実施することを標準とする。この試験条件で実施できない場合には、温度差を補正して配合を決定する。^{施)}
- (4) 試験ミキサによる配合試験では、コンクリートのワーカビリティを確認するために、適切な試験項目を選択して行わなければならない^{施)}。

【解説】 (1)および(2)について 配合設計の段階において、打込みの最小スランプを基準として、運搬時間、現場での待機時間および現場内での運搬によるスランプの低下を考慮して、荷卸しの目標スランプ、および練上りの目標スランプを設定する、したがって、室内試験による試し練りでは、練上り直後だけでなく時間経過にともなうスランプの低下も考慮して、荷卸し箇所の目標スランプや練上りの目標スランプの配合補正を繰り返し、所定の打込みの最小スランプが得られるようにする必要がある。^{施)} なお、配合の補正に際しては、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準]解説 表 4.5.2 を参照するのがよい。

配合設計において、打込みまでのスランプの低下が大きく見込まれる場合は、試し練りにおいて、想定される練上りから打込みまでの時間のスランプの経時変化を確認しておくのがよい。試し練りの結果、時間経過にともなうスランプの低下が大きい場合には、打込みの最小スランプを確保できるように、適切な混和剤を用いる等によりスランプ保持性を持った配合を選定しておくことが重要である。なお、一般的には、静置状態にある少量の試料を用いた室内試験と比べて、実機ミキサで製造し実車で常時アジテートした状態の方がスランプの低下が小さくなる傾向にあり、実機試験の方がスランプの保持時間が概ね 30 分程度長くなると考えてよい。^{施)}

また、ミキサの形式によっても練混ぜ性能が大きく異なり、練上りの品質やその後の品質変化に影響を及ぼすため、室内試験に用いるミキサは実機ミキサと同形式のものをを用いることが望ましい^{施)}。

(3)について 室内試験における試し練りは一定の温度と湿度の条件で行うのが望ましく、JIS A 1138「試験室におけるコンクリートの作り方」にしたがって行う。ただし、室内試験時と実際の施工時期とが相当に異なり、打込み温度も大きく異なることが予想される場合には、その温度条件の違いを考慮して配合を決定する必要がある。また、必要に応じて、実機における試し練りを行い、室内試験で得られた配合を修正するのがよい。^{施)}

(4)について コンクリートは、施工条件、構造条件、環境条件に応じてその運搬、打込み、締固め、仕上げ等の作業に適するワーカビリティを有していなければならない。配合試験では、配合設計で定めた配合が、充てん性、ポンプ圧送性、凝結特性について、目標とする性能を有しているかどうか確認することが重要である。^{施)}

5.2.9 配合の表し方

配合の表し方は、一般に表 5.2.6 によるものとする^{施)}。

表 5.2.6 配合の表し方^{施)}

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ ¹⁾ (cm)	空気量 (%)	水セメ ント比 <i>W/C</i> (%)	細骨材 率 <i>s/a</i> (%)	単位量(kg/m ³)						
					水 <i>W</i>	セメント ³⁾ <i>C</i>	混和材 ²⁾ <i>F</i>	細骨材 <i>S</i>	粗骨材 G		混和剤 ³⁾ <i>A</i>
									mm~mm	mm~mm	

1) 標準として荷卸しの目標スランブを表示する。必要に応じて、打込みの最小スランブや練上りの目標スランブを併記する。

2) 複数の混和材を用いる場合は、必要に応じて、それぞれの種類ごとに分けて別欄に記述する。

3) 混和剤の単位量は、ml/m³またはg/m³で表し、薄めたり溶かしたりしない原液の量を記述する。

【解 説】 配合は質量で表すのを原則とし、コンクリートの練上り 1m³ 当りに用いる各材料の単位量を表 5.2.6 のような配合表で示すものとする。配合表には、構造物の種類、設計基準強度、配合強度、セメントの種類、細骨材の粗粒率、粗骨材の種類、粗骨材の実積率、混和剤の種類、運搬時間、施工時期等についても記載しておくのが望ましい。また、配合表に記載するスランブは荷卸し箇所の目標スランブを標準とし、必要に応じて、練上りの目標スランブや打込みの最小スランブを併記しておくのがよい。さらに、充てん性やポンプ圧送性について、スランブに応じた適切な材料分離抵抗性を有しているかどうかの目安として、セメントおよび混和材等の各種の粉体を総計した単位粉体量を併記しておくのがよい。^{施)}

5.2.10 製造方法

5.2.10.1 一般

コンクリートは、JIS A 5308 の規定する方法により製造する。

【解 説】 このガイドラインでは使用するコンクリートは、JIS A 5308 に適合するレディーミクストコンクリートを標準としているので、その製造方法については、この JIS に従うものとする。

5.2.10.2 材料の貯蔵

- (1) 材料（セメント、骨材、混和材及び混和剤）の貯蔵に関しては、JIS A 5308 の規定に基づき管理するものとする。
- (2) セメントは防湿的な構造を有するサイロまたは倉庫に、品種別に区分して貯蔵しなければならない^{施)}。
- (3) セメントを貯蔵するサイロは、底にたまって出ない部分ができないような構造としなければならない^{施)}。
- (4) 長期間貯蔵したセメントは、これを用いる前に試験をして、その品質を確かめなければならない^{施)}。
- (5) セメントの温度が過度に高いときは、温度を下げてから使用しなければならない^{施)}。
- (6) 細骨材と粗骨材、およびそれらの種類、産地あるいは粒度の異なる骨材は、それぞれ区切りをつけて別々に貯蔵しなければならない^{施)}。
- (7) 骨材の受入れ、貯蔵および取扱いにあたっては、大小粒の分離、ごみや雑物等の混入、粗骨材の破損、等が生じないように、適切な構造の機械・設備を使用し、注意してこれらの作業を行わなければならない^{施)}。
- (8) 骨材の貯蔵設備は、適当な排水設備等を設け、表面水が一様になるようにしなければならない^{施)}。
- (9) 骨材は、寒中においては氷雪の混入や凍結を防ぐための適切な施設を設けて貯蔵しなければならない^{施)}。
- (10) 骨材は、暑中においては骨材の乾燥や温度の上昇を防ぐため、日光の直射を避ける等、適切な施設を設けて貯蔵しなければならない^{施)}。
- (11) 混和材は、防湿的なサイロまたは倉庫等に品種別に区分して貯蔵しなければならない^{施)}。
- (12) 長期間貯蔵した混和材は、これを用いる前に試験をしてその品質を確かめなければならない^{施)}。
- (13) 混和材は、飛散しないように、その取扱いに注意しなければならない^{施)}。
- (14) 混和剤は、ごみ、その他の不純物が混入しないよう、液状の混和剤は分離したり変質したり凍結したりしないよう、また、粉末状の混和剤は吸湿したり固結したりしないように、これを貯蔵しなければならない^{施)}。
- (15) 長期間貯蔵した混和剤や異状を認めた混和剤は、これらを用いる前に試験をして、性能が低下していないことを確かめなければならない^{施)}。

【解説】 (2)について セメントは貯蔵中に空気に触れると、空気中の水分を吸って軽微な水和反応を起こし、同時に空気中の炭酸ガスとも反応する。これをセメントの風化という。セメントが風化すると強熱減量が増し、密度が小さくなって凝結が遅くなったり、強さも風化の程度とともに低下する。したがって、セメントは湿気を防ぐことはもちろんのこと、通風を避けて貯蔵する必要がある。気密性が高く、内部に結露が生じない構造のサイロであれば、比較的長期間貯蔵してもセメントの品質はほとんど変化しない。サイロの容量は、1日の平均使用量の3倍以上あることが望ましい。ただし、コンクリートを練り混ぜるプラントがセメントのサービスステーションから比較的近距离にあり、セメントの供給が円滑に行われる場合は、サイロの容量を小さくすることができる。^{施)}

袋詰めセメントを比較的長い期間貯蔵する場合あるいは湿度の高い時期に貯蔵する場合には、防湿層を内

装した袋を使用する等、あらかじめ風化を防止できる対策を講じておくことよい。貯蔵中の袋詰めセメントが地面からの湿気を受けないためには、地面と床の間に相当のあきが必要であり、木造の倉庫では30cmは必要である。また、雨や倉庫内外の温度差による結露の影響を防ぐために、倉庫の壁に直接触れないようにして積んでおくことが大切である。袋詰めセメントを積み上げて貯蔵すると、自重によって下部のセメントが固結するおそれがある。このため、積み重ねは13袋程度以下とするのがよい。^{施)}

(3)について セメントサイロは、その底にセメントがたまって流れ出ない部分があったり、詰まったりすることがないように、非対称形のもの、底の円錐部の角度が急で流れやすいもの、流れ出しやすいように底にバイブレータやエアレーション装置を有するもの等が望ましい。また、サイロは適時点検し、清掃することが必要である。^{施)}

(4)について 貯蔵中に塊の生じたセメントは、当然のことながら用いてはならない。また、長期間の貯蔵により湿気を受けた疑いのあるセメントは、塊ができていなくても、モルタル試験等の試験を行い、使用の可否を判断することが必要である。^{施)}

(5)について セメントの温度が約8℃変化することにより、コンクリートの練上り温度が1℃増減する。セメント温度は、骨材および水と比較してコンクリート温度に及ぼす影響は小さいが、温度が過度に高いセメントを用いると、コンクリートの練上り温度が上昇して、異常な凝結を起こしたりスランプの低下が大きくなる場合がある。そのため、工場出荷時あるいは現地での引渡し時におけるセメントの温度を規制する必要がある場合もある。納入されるセメントの温度は、セメント工場からの輸送経路や季節によって異なる。たとえばセメント工場から直送したセメントの温度は平均して50～80℃であるが、船による輸送やサービスステーションでストックされている場合はセメント温度は若干低い。一般に、50℃程度以下の温度のセメントを使用すれば、問題が生じることは少ない。^{施)}

(6)について 品質が一定なコンクリートを造るためには、使用する骨材の品質が常に同等でなければならない。砂利、砂、砕石、砕砂、高炉スラグ骨材、軽量骨材等の種類の異なる骨材、粒度や最大寸法の異なる骨材、あらかじめふるい分けた骨材等は、相互に混ざらないように適切な仕切りをつけて、別々に貯蔵しなければならない。粗骨材の粒度が20～5mmの場合には、20～10mmと10～5mmに分割して別々に貯蔵するとよい。骨材の受入れおよび貯蔵場所から練混ぜ場所までの取扱いについても、同様な注意が必要である。^{施)}

(7)について 骨材の分離を防ぐには高いところから落とさないこと、骨材が斜めに転がるような場所を設けないこと等の注意が必要である。ごみ、雑物等の混入を防ぐには、貯蔵場所の床はコンクリートとし、周囲に溝や塀を設けるとよい。また、骨材搬入車のタイヤに付着している泥等が骨材に混ざることのないよう注意が必要である。骨材の取扱いに使用するショベルローダは、キャタピラ式を用いると骨材を破砕したり、コンクリート床をすりへらしたりするので、ゴムタイヤ式とするのがよい。サイロ形式としては、上方から受け入れて下方から抜き出す設備とするのがよい。^{施)}

(8)について 品質が一定のコンクリートを造るには、粒度が一定な骨材を用いるとともに、単位水量が一定となるように骨材の表面水率が安定していることが望ましい。骨材の表面水率が一定でないと、各バッチごとに水量を調整しなければならなくなり、製造管理が不可能となるため、骨材の表面水率が一樣となるように貯蔵するのが基本である。入荷した骨材をただちに使用すると、粒度や表面水率の変動に対して、配合を変更する等の対応が困難となる。そのためには、貯蔵設備を適当な容量として、表面水が一樣となるような排水設備を備えるのがよい。なお、入荷の順にしたがって使用できるように設備および管理することが大

切である。施)

高炉スラグ粗骨材および軽量骨材を貯蔵する場合には、排水設備のほかにスプリンクラー等の散水設備を設けることが望ましい。これは最近コンクリートの運搬をポンプ圧送で行う場合が多くあるため、砂利や碎石と比較して吸水率の大きい高炉スラグ粗骨材および軽量骨材では、あらかじめある程度の散水措置を行わないと、コンクリートの圧送中にスランプが大きく低下するおそれがあるためである。施)

(9)について 寒中において、凍結している骨材や氷雪の混入している骨材をそのまま用いると、コンクリートの温度が低下し、コンクリートが凍結したり、単位水量が増えたりするおそれがある。そのため、氷雪の混入を防ぐために、覆いをするか、上屋のある施設に貯蔵することが大切である。施)

(10)について 暑中に長時間炎熱にさらされた骨材を用いると、コンクリートの温度が高くなって、運搬や取扱い中にワーカビリティの著しい変化が起こったり、凝結が著しく早まったりして、満足な施工ができなくなるおそれがある。そのためには、覆いや散水装置等の適切な施設を設けて貯蔵することが大切である。高炉スラグ細骨材を日平均気温が20℃を越す時期に長期間貯蔵する場合には、その貯蔵管理に十分な注意を払う必要がある。特に固結時の作業障害が大きいコルゲートメタル等を用いた筒状サイロの場合は、貯蔵設備からの引出し時に、底にたまって出ない部分が生じない構造とし、固結の管理水準にも注意を払うのがよい。施)

(11)について 混和材は、一般に吸湿性があり、吸湿すると固結したり、性能が低下したりして所要の品質が得られなくなる。例えば、フライアッシュは、含まれているごく微量の石膏の吸湿によって固結し、超微粒子であるシリカフェームも他の混和材と比べて吸湿性が高く固結しやすい。また、コンクリート用膨張材は多量の遊離した酸化カルシウムを含有しているため、セメントに比べて風化しやすい材料である。異なる種類の混和材が混ざると予期した効果が得られないこともある。したがって、混和材は品種別に区分し、お互いに混合しないように防湿的なサイロまたは倉庫等に貯蔵することが必要である。なお、袋詰めあるいは缶詰め等の混和材は、破袋や破損を生じないように、また、識別や検査を行いやすいように貯蔵しなければならない。施)

(12)について 貯蔵期間があまり長くなった場合には、十分な注意を払って貯蔵していても、混和材の品質が変化することがある。そこで貯蔵期間が長くなった場合には、改めて試験をして、コンクリートに及ぼす影響の程度を確かめたうえで、使用の可否を決めなければならない。施)

(13)について 粉末状の混和材は、解袋場やサイロの出口において空中に飛散して計器類の故障の原因となりやすい。また、湿度の高い時期には、飛散した微粉末がサイロや輸送設備の表面に付着することが多い。このため、粉末状の混和材の取扱いにあたっては、微粉末が周囲に飛散しないよう注意することが大切である。また、必要に応じて、防じんのための設備を設けなければならない。施)

(14)について ごみ、その他の不純物が混入すると、混和剤の品質が変化し、予期した効果が得られなくなることがある。また、AE剤のように使用量が非常に少ないもの場合には、その必要量を正しく計量できなくなる。さらに、液状混和剤に混入したごみ等は、混和剤の輸送ポンプや計量器のバルブの故障の原因となることもある。そのため、混和剤の貯蔵にあたっては、ごみ、その他の不純物が混入しないよう十分に配慮する必要がある。液状混和剤の場合には、これをタンクに入れ、タンクの口を密閉して貯蔵しておけば、単に不純物の混入を防止できるだけでなく、水分の蒸発や雨水の混入による混和剤の濃度変化を防止することもできる。また、数種類の混和剤を貯蔵する場合には、それらの貯蔵容器を混用したり、誤って別の種類

の混和剤を混ぜてしまうことのないように、十分に注意しなければならない。施)

液状の混和剤は、凍結すると分離するため、冬期には混和剤が凍結しない措置を施しておくことも必要である。ただし、凍結により分離を起こした混和剤の場合には、これを完全に融解し、かくはん混合すれば元と同じ性能のものとなることが多い。粉末状の混和剤は、吸湿しやすく、ある種の混和剤は潮解するものもある。このような混和剤は、防湿的な倉庫に通風を避けて貯蔵しなければならない。施)

混和剤の貯蔵には、これらのことを考えて、日光の直射を避ける、火気を近づけない、凍らせない等の細心の注意を払う必要がある。施)

(15)について 混和剤の貯蔵期間があまり長くなった場合には、十分な注意を払って貯蔵していても、品質が変化することがある。たとえば、液状混和剤を長期間貯蔵した場合には、単に分離が生じるだけでなく、分解したり、鉄製容器のさびによって変質することがある。また、水分の蒸発により、濃度が濃くなり、表層が固化することもある。したがって、貯蔵期間が長くなった場合や混和剤に異状が認められた場合には、改めて試験をし、コンクリートに及ぼす影響の程度を確かめたうえで使用の可否を決めなければならない。特に混和剤は使用量が少なくても、コンクリートに及ぼす影響は大きく、わずかな品質の変化でもコンクリートの品質に相当の相違を生じることがあるので、注意しなければならない。施)

5.2.10.3 計量設備

- (1) 各材料の計量設備は、コンクリートの製造条件に適し、かつ各材料を所定の計量誤差内で計量できるものでなければならない。施)
- (2) 材料の計量設備は、使用開始前および使用中定期的に点検し、調整しなければならない。施)

【解説】 (1)について 計量設備はコンクリートの製造量、工事の重要度等に適合したものを選ぶ必要がある。また、計量設備は、各材料を所定の計量誤差内で計量できる精度を有するものでなければならない。施)

計量設備の荷重伝達方法には機械式と電気式があるが、最近では遠隔で操作を行うことが多くなったため、ほとんどが電気式で、アナログデジタル変換器によってデジタル制御が行われている。施)

計量値の設定は、計量における基本作業であり、計量値が配合どおり間違いなく設定される設備であることが必要である。計量値の設定には、かつてはパンチカード方式が用いられていたが、現在ではコンピュータのキーボード入力によるCPU記憶方式を用いた工場がほとんどである。最近では、操作室の装置は、従来の計量操作盤としての役割だけでなく、材料自動供給制御装置、自動表面水率測定装置、計量値自動落下補正装置等を組み込んだ総合的な品質管理機能を有するものが導入されつつある。施)

AE減水剤等の混和剤は、コンクリートの品質に及ぼす影響が大きいため、水の計量槽に流し込む箇所に過剰に添加しない装置を取り付けることもある。施)

(2)について 各材料の計量装置を使用開始前に検査し、所定の計量誤差内で計量できるように調整しなければならないのは当然である。このように調整した装置であっても、継続して使用する間に精度が低下してくるので、定期的に点検し、必要に応じて再調整しなければならない。施)

骨材の計量槽内面に凹凸がある場合には、骨材が残留し、計量精度が低下する可能性があるため、ゴム板などを貼り付けるなどの改善を行う必要がある。施)

5.2.10.4 材料の計量

- (1) 材料の計量は、所要の品質を有するコンクリートが得られるよう、材料の管理状態、コンクリートの温度、スランプの保持時間等を勘案して修正された配合をもとに行わなければならない^{施)}。
- (2) 計量に際しては、骨材の表面水率の変動を計測し、コンクリート品質が一定となるように注意しなければならない。
- (3) 1バッチの量は、コンクリートの種類および性能、練混ぜ設備の性能、運搬方法、工事の種類、コンクリートの打込み量等を考慮して定めなければならない^{施)}。
- (4) 各材料は、1バッチ分ずつ質量で計量することを原則とし、計量誤差が1回計量分に対して表5.2.7の値以下でなければならない^{施)}。

表5.2.7 計量誤差の最大値^{施)}

材料の種類	計量誤差の最大値 (%)
水	1
セメント	1
骨材	3
混和材	2 ¹⁾
混和剤	3

1) 高炉スラグ微粉末の計量誤差の最大値は、1%とする

【解説】 (1)について 貯蔵された材料は、できるだけ安定した状態であることが望ましいが、たとえば、骨材の表面水率や粒度は常に変動している。また、貯蔵された材料の温度、外気温等によって練上りのコンクリート温度は変化する。そのような様々な変動は、練上りあるいは練上り後のコンクリートのスランプや空気量も影響を及ぼす。したがって、使用するコンクリート材料は、所要の品質のコンクリートが得られるように、それらの変動を補正したうえで計量しなければならない。^{施)}

骨材の表面水率あるいは有効吸水率は変動しやすく、コンクリートのスランプや水セメント比に影響を及ぼすため、表面水率あるいは有効吸水率を適切な頻度で測定し、その結果を反映した計量を行わなければならない。表面水率の試験は JIS A 1111, JIS A 1125 またはその他の適切な方法により、粒度の試験は JIS A 1102 またはその他の適切な方法により行うものとする。骨材が乾燥している場合の有効吸水率の値は、骨材を適切な時間吸水させて求めるものとする。^{施)}

表面水率の試験方法には、JIS A 1111「細骨材の表面水率試験方法」あるいは JIS A 1125「骨材の含水率試験方法及び含水率に基づく表面水率の試験方法」のほか、メスシリンダーを用いる方法、赤外線その他によって乾燥する方法、電気抵抗または誘電率を利用する方法、中性子を利用する方法、その他多くの方法がある。試験方法の選定にあたっては、作業に要する時間、試験回数、試験の精度、経済性等を考慮して、その現場に最も適合する方法を選ぶのがよい。最近では、細骨材に関しては、骨材貯蔵ビン内部や排出口に表面水率測定用のセンサを設置しておき、表面水率の変化に応じた水および骨材の計量値補正を全バッチで行うこともできるようになってきた。^{施)}

混和剤の溶解または希釈に用いた水は、単位水量の一部とする。なお、混和剤に含まれる固形分について

は、コンクリートの容積計算上は無視してよい。^{施)}

(2)について コンクリートのフレッシュ性状に最も大きな影響を及ぼす要因は、骨材の表面水率の変動であると考えられる。このため、表面水率の変動を適切に計測し、コンクリートの品質が変動しないように注意することが重要である。

(3)について 特に現場プラントでコンクリートを製造する場合は、1バッチの量は、作業の効率、工費等に大きな関係をもつものであるから、工事の種類、コンクリートの打込み量、練混ぜ設備、運搬方法等に応じて、適切にこれを定めることが大切である。^{施)}

(4)について 材料は質量で計量するのが原則である。ただし、水および混和剤溶液については、表 5.3.1 に示した許容誤差内である場合には容積で計量してもよい。また、セメント、混和材等が袋詰めで供給され、1袋の正味質量が記載質量に対して表 5.3.1 の許容誤差内にあることが確認された場合には、袋単位で計量してもよい。ただし、1袋より少ない量は質量で計量しなければならない。^{施)}

各材料の計量誤差には、計量器自体に基づくものと、材料を計量器に供給するときに生ずるものがある。前者については、計量器のくるいを検定質量によって明らかにすることができるから、日常の計量器の整備、保守によって十分小さくすることができる。一般にコンクリート工事に用いられる計量器の精度は、最大容量の0.5%程度である。しかし、後者の材料供給装置などに起因する誤差は、ある程度以下にこれを小さくすることができない。したがって、計量装置は計量器および供給装置を含めて、各材料の計量誤差が、目標とする計量値に対して適当な限界以内となるように管理しなければならない。なお、JIS A 5308 では、セメントおよび混和材は、別々の計量器によって計量することとしている。^{施)}

この条文に規定する計量誤差は、一般の工事現場をも考えた場合の最大値を示したものであり、重要な構造物のコンクリートなどでは、この値より小さい誤差で計量できるような方法を用いることが望ましい。1回の計量分量が計量器の容量に比べて過小であると計量誤差が大きくなるので、使用する計量器で1回の計量分量が所定の精度で計量できることを確認しておくことが必要である。なお、高炉スラグ微粉末は、一般的には結合材量の30~70%の範囲で使用量が多く、潜在水硬性を有する物質であるため、高炉スラグ微粉末を混和材として用いる場合の計量誤差は、セメントと同様に1%以内とする。^{施)}

工事現場で計量する場合には、計量誤差が大きくなるような供給装置を備えることに留意するとともに、常時使用する1回の計量分量が最も正確に得られるように計量器の容量を定めたり、必要に応じて改修したりすることが重要である。特に水の計量器は、骨材の計量時に混入する水を含め、精度を高めるように工夫する必要がある。計量器のくるいは、粉じんの影響によることも多いから、集じん装置を設けるなど、計量装置は常に清潔に保つようにしなければならない。また計量値を印字記録によって管理することが望ましい。^{施)}

5.2.10.5 ミキサ

- (1) ミキサは、JIS A 8603 に適合する固定ミキサとする。ただし、公称容量が JIS A 8603 に規定する値と適合しないミキサの場合は、JIS A 8604 の 4 性能に定められた項目に適合することが確認されたものを用いる。
- (2) ミキサは、所定容量のコンクリートを所定時間で練混ぜ、JIS A 1119 によって試験した値が次の値以下であれば、コンクリートを均等に練混ぜる性能をもつものとする。
- コンクリート中のモルタルの単位容積質量差・・・・・・・・・・・・・・・・0.8%
- コンクリート中の単位粗骨材量の差・・・・・・・・・・・・・・・・5%

【解説】 (1)について バッチミキサは重力式ミキサと強制練りミキサに大別される。重力式ミキサには、傾胴型があり、強制練りミキサにはパン型、水平一軸型および水平二軸型がある。練混ぜ性能は、練上りコンクリートを用いて JIS A 1119 「ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの差及び粗骨材量の差の試験方法」 および JIS A 8603 「コンクリートミキサ」 に定める圧縮強度試験、空気量試験、スランプ試験により評価する。JIS A 8603 に定める解説表 5.2.14 の値を満足しない場合には、ミキサの構造が適当でない場合や練混ぜ用の羽根が摩耗している場合が多い。施)

解説表 5.2.14 バッチミキサの練混ぜ性能^{施)}

項目	コンクリートの練混ぜ量		
	公称容量の場合	公称容量の 1/2 の場合	
コンクリート中のモルタルの単位容積質量差	0.8%以下	0.8%以下	
コンクリート中の単位粗骨材量の差	5%以下	5%以下	
平均値からの差	圧縮強度	7.5%以下	—
	空気量	10%以下	—
	スランプ	15%以下	—

JISA8603 「コンクリートミキサ」 で対象としているミキサの公称容量 (解説表 5.2.15) の上限は重力式ミキサ、強制練りミキサいずれも 3m³ である。公称容量がこれを超えるミキサについては、JISA8603 の規定を準用してその適否を判定するとよい。最近では、公称容量 6m³ の大容量のミキサも用いられるようになってきている。施)

強制練りミキサは、硬練りのコンクリート、富配合のコンクリート、あるいは高流動コンクリートの練混ぜに適しており、一般に所要の練混ぜ時間を可傾式ミキサの場合より短くすることができる。施)

解説 表 5.2.15 ミキサの種類及び公称容量

種 類		公称容量 m ³
重力式ミキサ	傾胴形	0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
強制練りミキサ	水平一軸形	
	水平二軸形	
	パン形	

公称容量とは試験コンクリートを一回当りに練り混ぜることのできる呼び容量(m³)で表す。

5.2.10.6 練混ぜ

- (1) コンクリートの材料は、練上りのコンクリートが均質になるまで、十分に練り混ぜなければならない^{施)}。
- (2) 材料をミキサに投入する順序は、あらかじめ検討して定めておかなければならない^{施)}。
- (3) 練混ぜ時間は、試験によって定めるのを原則とする^{施)}。
- (4) 練混ぜは、あらかじめ定めた練混ぜ時間の3倍以上行ってはならない^{施)}。
- (5) 練混ぜ開始にあたっては、あらかじめミキサ内にモルタルを付着させることを原則とする^{施)}。
- (6) ミキサ内のコンクリートを排出し終わった後でなければ、ミキサ内に新たに材料を投入してはならない^{施)}。
- (7) ミキサは、使用の前後には十分に清掃しなければならない^{施)}。

【解 説】 (1)について 均質なコンクリートを得るためには、練混ぜ性能の優れたミキサを用いて適切な材料の投入順序と練混ぜ時間で十分に練り混ぜることが必要である^{施)}。

(2)について 材料をミキサに投入する適当な順序は、ミキサの型式、練混ぜ時間、滑材の種類および粒度、単位水量、単位セメント量、混和材料の種類等によって相違するため、JIS A 1119 による試験、強度試験、ブリーディング試験等の結果または実績を参考にしてこれを定めるのがよい^{施)}。

(3)について 十分な練混ぜを行うために必要な時間は、ミキサの型式によって異なるほか、ミキサの容量、コンクリートの配合、混和材料の種類、投入順序等によっても相違するから、JIS A 1119 その他による試験結果から練混ぜ時間を定めるのを原則としたのである^{施)}。

JIS A 1119 によるモルタルの単位容積質量差が 0.8%以下で、かつ単位粗骨材量の差が 5%以下である場合には、一般に均質に練混ぜが行われたものと考えてよい。また、ミキサの負荷電流と時間の関係を測定し、負荷電流が増大した後、減少し安定するまでの時間も練混ぜ時間を定めるうえで参考となる。^{施)}

練混ぜ時間の試験を行わない場合には、その最小時間は、傾胴型ミキサを用いる場合には 1 分 30 秒、強制練りミキサを用いる場合には 1 分を標準としてよい。これらの値は、1984 年に行った計量装置およびミキサに関する実態調査結果の最大値であり、試験によって定まる値の平均は、これらの値の約 70%である。^{施)}

スランプの小さいコンクリート、軽量骨材や混和材料を用いたコンクリート、高強度コンクリートの場合等には、練混ぜ時間を長くするのが適切な場合が多い。軽量骨材コンクリートや高強度コンクリート等の練混ぜにあたっては、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編:特殊コンクリート〕を参考にす

るのがよい。施)

(4)について コンクリートをあまり長く練り混ぜると、特にミキサの容量が大きい場合や、粗骨材の最大寸法が大きく骨材が堅硬でない場合には、その間に骨材が砕かれて微粉の量が増したり、空気量が減ったりして、排出時のコンクリートのワーカビリティが悪くなるほか、排出後の時間経過に伴うコンクリートのスランプの低下量が増大する。このため、所定の練混ぜ時間の3倍以上練混ぜを行わないように規定した。施)

(5)について 最初のバッチはミキサ内にモルタルが付着するため、所定の配合のコンクリートが得られない。そこで、最初に所定の配合を有する適当量のコンクリートをあらかじめ練って、そのモルタル分をミキサ内に付着させ、次に所定の材料を投入して練混ぜを行うのがよい。施)

(6)について ミキサ内にコンクリートが残った状態で、新たに材料を投入して練混ぜを行うと、練混ぜ不良の部分を生じ、所定の品質を有するコンクリートを得られないので、練り上がったコンクリートが排出されたことを確認した上で、次の練混ぜを行わなければならない。施)

(7)について 各バッチの使用材料の違いにより、練上りコンクリートの品質に変化の生じるおそれがある場合には、ミキサを清掃した後、この条文(6)の規定によるのがよい。施)

5.2.10.7 現場までの運搬

- (1) 現場までの運搬は、所要の品質を有するコンクリート構造物が得られるよう、それぞれ適切な方法を具体的に定めて適切に実施しなければならない。
- (2) 現場までの運搬は、所要のコンクリートの品質が得られる方法とする。
- (3) 現場までの運搬は、荷卸しが容易で、運搬中に材料分離を生じにくく、スランプや空気量等の変化が小さい方法であることを確かめなければならない。施)
- (4) 現場までの運搬は、JIS A 5308 の運搬に関する規定に従わなければならない。
- (5) 練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、一般の場合には、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内を標準とする。施)

【解説】 (1)について コンクリート工事の計画段階で作成した施工計画書は、類似した過去の工事を参考に、施工に関わる各作業の主な内容を記載したものであることが多い。したがって、型枠および支保工の組立ならびに鋼材の配置を行った後、型枠内にコンクリートを打ち込むまでには、施工計画書を見直し、現場の状況と見比べ、運搬、打込み、締固めおよび仕上げの具体的な方法を決定し、円滑に実施できるようにしなければならない。また、人員の計画に当たっては、それぞれの作業に対して知識と経験が豊富で、技能に優れた作業者を配置することが大切であり、工事の経歴や公的資格の保有状況を確認して選定するとよい。施)

運搬、打込み、締固めおよび仕上げを行うに当たり、検討すべき主な事項をまとめると、以下のようになる。施)

①コンクリート工事の工程

コンクリート工事の工程は、施工する構造物の種類と形状、全体工程における他工種との関係、コンクリートの全数量、コンクリートの入手方法、一度に入手できる量、施工上の難易、すでに打込みを終えた部分への影響、季節、天候等を総合的に考慮して決める。施)

②運搬、打込み、締固めおよび仕上げの設備および人員配置

運搬、打込み等に必要な設備の種類、形式、能力、台数および人員配置は、施工場所の立地条件、構造物の種類と形状、運搬距離、打込み区画の大きさ、打込み量、打込み順序、打込み速度、コンクリートの供給状態、締固め能力、使用材料と配合等を考慮して決める。コンクリートの運搬方法は、コンクリートの材料分離、空気量の変化やスランプの低下などによるワーカビリティ等の性状変化ができるだけ少ない方法で、迅速かつ遅滞なく経済的に運搬できる方法を選定することが必要である。^{施)}

コンクリートポンプによる現場内での運搬では、コンクリートの品質が硬化後のみならず圧送性にも多大な影響を与え、また他の方法に比較して打込み速度が大きくなるために、一連の作業をバランスよく計画することが重要であり、事前に、コンクリートの配合、コンクリートポンプの機種、台数、設置場所、配管計画、圧送条件等について検討しておかなければならない^{施)}。

コンクリートの打上り面の表面仕上げは、外気温、湿度、日射、通風等の施工環境、コンクリートのブリーディング量や凝結時間、打込み区画内の打込みからの経過時間等のバラツキを総合的に判断し、適切な時期に実施できるように計画する必要がある。打込み区画が広い場合には、仕上げ機械を利用することで作業効率を高めることが可能であるが、機械仕上げは左官仕上げに比べて打上り面の違いに対する仕上げ程度の調整が難しいこともあるので注意を要する。^{施)}

③運搬路

運搬路は、コンクリートの運搬作業が容易で、迅速かつ円滑に行えるように、また、運搬時間、運搬距離ができるだけ短くなるように決める^{施)}。

④打込み区画、打継目の位置、打継目の処置方法

打込み区画は、コンクリートの供給能力、工程、構造物の形状、打込み能力、許容打重ね時間間隔、型枠、打継目などを検討し、無理のない1目の打込み量から決めるが、コンクリートの水和発熱、自己収縮および乾燥収縮に起因するひび割れに対する配慮も必要である。また、設計図に示されていない打継目を設ける場合には、構造物の構造性能や耐久性等をよく考え、打継目の位置および処置方法を定める必要がある。このように、打込み区画、打継目の位置および処置方法は、施工性のみで決定せず、構造物として要求される構造性能、耐久性およびひび割れにも考慮することが重要である。^{施)}

⑤コンクリートの打込み順序および打込み速度

打込み区画内での打込み順序および打込み速度については、構造物の形状、コンクリートの供給状態、打込み能力、許容打重ね時間間隔、打込み体制、型枠・支保工の変形等を考慮して決めなければならない。打込み区画が広い場合には一般にコンクリートの供給源から遠い方から始め、近い方で終わるようにする。^{施)}

連続桁、アーチのような構造物ではコンクリートの打込みによって生ずる型枠・支保工の変形によってすでに打ち込まれたコンクリートに悪影響を及ぼしたり、完成した構造物の形状寸法が所定のものと異なったりすることがあるので、それらを考慮してコンクリートの打込み順序および打込み速度を決めなければならない。不用意なコンクリートの打込み方をしたために、支保工が倒壊した事例もある。支保工などには、できるだけ均等な荷重がかかるような打込み順序とすることが必要である。^{施)}

(2)について 運搬、打込み、締固めおよび仕上げの方法が適切でないと、コンクリートの品質が低下し、所要の品質を満足するコンクリート構造物が得られない可能性がある。フレッシュコンクリートの品質は、

5章 コンクリートの製造

(1)で述べた時間の経過による変化以外に、運搬方法の影響を受けやすい。プラントから現場までの運搬には、所定のスランブを保持し、材料分離を抑制するため、一般にかくはん機能を持つトラックアジテータを使用するのがよいが、積載量が少ない場合や運搬中に日射の影響を受ける場合等ではスランブの低下量が大きいことがある。現場内での運搬方法には、コンクリートポンプ、バケット、シュート等がある。たとえば、コンクリートポンプを使用する場合には、4章で述べたとおり、ポンプ圧送性を考慮したスランブ、単位粉体量の設定や、ポンプ圧送に伴うスランブの低下を考慮する必要がある。^{施)}

打込み、締固めおよび仕上げにおいても、打込み速度が速すぎる場合、締固めが過剰である場合、コンクリートが軟らかい状態でこて均しを頻繁に行った場合等、不適切な方法で作業を行うと、材料分離を生じて沈下ひび割れ等を招くおそれがある。また、屋外で行われるそれらの作業では、日射、風雨等で乾燥の影響を受けやすく、打ち重ねた箇所がコールドジョイントになったり、打上り面にプラスチック収縮ひび割れを生じたりすることもある。その一方で、かくはん機能がないバケットの運搬では(1)で想定したスランブの経時変化よりも大きい場合や、振動によって材料分離を生じる場合もあるので、それらの影響を考慮して、所定のコンクリートの品質が得られるように運搬方法を定める必要がある。^{施)}

(3)について 運搬距離が長い場合や、スランブの大きいコンクリートの場合には、アジテータなどのかくはん機能があるトラックミキサやトラックアジテータを用いて運搬しなければならない。スランブ5cm以下の硬練りコンクリートを、10km以下の距離を運搬する場合や1時間以内に運搬可能な場合には、材料分離を生じず、スランブや空気量等の変化が小さいことを確認したうえで、ダンプトラックやダンパによる運搬、あるいはバケットを自動車に積んで運搬してもよい。コンクリートの品質と運搬方法の組合せに実績がない場合には、実際の工事を想定した試験を実施し、コンクリートの品質の変化に及ぼす影響を確認しなければならない。^{施)}

(4)について JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」では、運搬車の性能を規定するとともに、練混ぜを開始してから荷卸しまでの時間の限度を、原則として1.5時間以内と規定している。しかし、示方書では、外気温が25℃を超えるときは、練り混ぜてから打ち終わるまでの時間の標準を1.5時間以内としているため、工場から現場までの運搬時間は1時間以内を目安にするのがよい。^{施)}

(5)について フレッシュコンクリートの品質は、練上りからの時間の経過とともに変化するため、運搬、打込みおよび締固めは、なるべく早期に終わることが望ましい。しかし、コンクリート工事では、使用できるプラント、運搬が可能な経路、構造物の位置等による運搬上の制約や、構造物の形状、配筋あるいは確保できる人員・機械等による打込み・締固め作業上の制約があり、コンクリートを練上りから短時間で打ち終わることができないことが多い。そこで、それらの制約条件を考慮し、各作業の時間を想定して円滑に作業が進められるように計画および管理を行うとともに、フレッシュコンクリートの品質の経時変化を事前に確認しておくことが重要である。練り混ぜてから打ち終わるまでの限度は、コンクリートの配合、使用材料、温度、湿度、運搬方法等によって変わるため、これらの条件を考慮した上で、個々の工事に即した限度を設定するのがよいが、一般の場合には、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内が目安となるので、これを標準とした。^{施)}

打込みを終えるまで設定した打込みの最小スランブを確保できない場合には、示方書で定めた標準的な時間よりも短い時間で作業を終える施工方法を検討すること、スランブの経時変化が小さい配合に修正すること、練上りのスランブを大きくすること等の対策を講じる必要がある。スランブの経時変化を小さくする方

法としては、スランプの保持性能に優れた高性能 AE 減水剤等の混和剤を使用するのが有効である。練上りのスランプを大きくする場合には、単位水量が増加する傾向になるので、高性能 AE 減水剤等の高い減水率を持つ混和剤への変更を検討するのがよい。なお、それらの対策は、時間的な余裕を持って検討を行い、事前に確認しておく必要がある。^{施)}

5.2.10.8 品質管理

5.2.10.8.1 一般

- (1) コンクリート工事を行うに当たっては、所要の品質を有するコンクリート構造物を経済的に造るため、コンクリート材料および補強材の品質管理を適切に行わなければならない。
- (2) 品質管理は、製造者および施工者の自主的な活動であり、製造者および施工者自らがその効果が期待できる方法を計画し、適切に行わなければならない^{施)}。
- (3) 品質管理の記録は、建設した構造物の品質保証や将来の工事における品質管理に活用できるよう、引渡し後も一定期間保管しておかなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について コンクリート工事では、工程管理、品質管理、原価管理および安全管理が重要である。これらのうち、品質管理は、使用の目的に合致したコンクリート構造物を経済的に造るために、工事のあらゆる段階で行う効果的で組織的な技術活動である。品質管理は、コンクリート材料、補強材、機械設備、コンクリートの製造方法、施工方法、引渡しまでのコンクリート構造物等、工事全般を対象として適切に実施する必要がある。なお、製造および施工における品質管理を、それぞれ、製造管理、施工管理と表現することもある。^{施)}

(2)について コンクリート構造物は、適切な品質管理のもとに施工されると合理的に発注者の要求性能を満たしたものとすることができる。発注者は、施工者の品質管理のもと建設された構造物を検査し、合格した構造物を受け取るため、適切な品質管理を行うことにより、検査を簡略化することもできる。^{施)}

品質管理は、本来品質の安定を図るために行う行為である。このため、できるだけ早期に異常を見つけ、その原因を究明して適切な対策を講じて、品質の変動を抑えることが重要である。そのためには、計画(Plan)、実施(Do)、検討(Check)および処置(Action)のPDCAサイクルを円滑に回す体制づくりが大切である。まず、効果的、合理的な品質管理計画書の立案が重要で、計画に当たっては、製造および施工の各作業における品質管理の責任者と担当者を定め、管理項目、管理方法および異常が生じた場合の対策を明確にしておく必要がある。^{施)}

品質管理は、施工者の自主的な活動であり、施工者自らが必要と判断されるものを適宜選定して実施すればよいが、発注者の検査における項目と頻度以上であれば、発注者の検査のための測定と兼ねることができると、発注者から示された設計図書や検査標準（検査計画書）を事前に確認し、品質管理計画に反映させると、検査において合格しやすくなる。そのため、製造および施工に係わる品質管理において試験を行う場合には、客観的に判定でき、発注者にも理解しやすい方法や検査で定めた方法を取り入れておくとよい。一般的な試験に関しては、JIS や土木学会規準等の試験方法を参考にするとよい。なお、JIS 等に定められた試験や検査装置を用いた測定等、数値で判定できる行為のみですべてを判断することは難しく、経験が豊富な技

術者を配置し、目視による判断も重要である。施)

(3)について 品質管理の記録は、所要の品質が確保されていることを証明するものであり、また、品質管理の結果をもとに、将来の工事に対して品質の改善や不具合の防止等を図ることもできる貴重な資料である。そのため、施工者は、一定期間、記録を保管しておく必要がある。記録にあたっては、7章を参考にするとよい。施)

5.2.10.8.2 コンクリート材料および補強材の品質管理

コンクリート材料および補強材の品質管理では、それぞれの材料が所要の品質を満足し、適切に貯蔵してできるだけ安定した状態になるように管理する。

【解 説】 所要の品質をもつコンクリート構造物を経済的に造るためには、コンクリート材料であるセメント、水、骨材および混和材料と補強材が、規定に適合した品質のものであることはもちろんのこと、その変動が小さいことが望ましい。コンクリート材料および補強材は、それらの品質が変動しないように貯蔵状態を適切に管理し、定期的に管理状態を確認するとよい。施)

流動化剤や急結剤等の混和剤や補強材のように現場で使用する材料は、現場の環境条件の影響を受けやすいので、現場での品質管理が重要である。骨材の品質に関しては、施工者がコンクリートの製造を行う場合には骨材の品質管理に関わる試験や貯蔵状態の管理を行う必要がある。骨材の品質管理では、貯蔵された骨材の粒度の偏り、表面水率、異物の有無等に注目するとよい。施)

5.2.10.8.3 コンクリートの製造における品質管理

コンクリートの製造における品質管理では、所要の品質を有するコンクリートが安定して円滑に製造できるよう、コンクリートの製造設備および製造工程を適切に管理する施)。

【解 説】 コンクリートの製造においては、製造期間中に貯蔵設備、計量設備およびミキサが5.2.10を満足するように適切に管理しなければならない。また、安定した品質のコンクリートを製造し続けるためには、骨材の表面水率は、継続的に水分計によって測定するとともに、変動が大きい場合やコンクリートの性状に異常が認められた場合には骨材を採取して表面水率を比較してみるのもよい。また、計量値の誤差が許容の範囲で変動が小さいことを確認する必要があるため、自動計量記録装置(印字記録装置)がある場合には、その記録をもとに、計量値が安定しているか管理するとよい。練混ぜの管理においては、モニター画面でコンクリートの練混ぜ状態を観察したり、ミキサの負荷電流値を確認したりすることで、コンクリートの品質変動を把握できる。施)

品質管理の良否は、製造設備の稼働状況、清掃状態、劣化、損傷、練混ぜ中あるいは練り上がったコンクリートの性状等、目視や機械音等でも確認できることが多い施)。

コンクリートの圧縮強度、スランプ、空気量などの試験値は、判定しやすい管理図表を用いて整理すると、コンクリートの品質変動を早期に知ることができる。管理図には、試験値の平均値の両側に管理限界線を引

き、得られた試験値を記入して管理を行う。管理限界線の幅が適切でないと、管理図が役に立たないので注意しなければならない。試験値が管理限界線の外に出た場合、その原因が永続的なものかどうかを確かめ、必要に応じて適切な処置を講ずることが大切である。管理限界線は、工事期間中に得られた品質管理データをもとに、適宜修正する必要がある。また、ヒストグラムは、品質の分布を表すのに便利であり、規格値を記入することにより、合否の割合や、規格値に対するゆとりの程度が判定できる。ヒストグラムの形状から、製造工程(材料の品質、コンクリートの製造、試験等)に生じた異常を推測することも可能である。施)

5.2.10.8.4 コンクリートの品質管理

安定した品質のコンクリートが得られるよう、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの品質を管理する施)。

【解説】 構造物中のコンクリートの品質には、使用するコンクリートの品質管理の良否が大きな影響を及ぼす。したがって、コンクリートの品質管理においては、コンクリートの品質とコンクリート材料およびコンクリートの製造との関係を定量的に把握できるように、品質管理データを蓄積し、日常的に分析しておくことが大切である。コンクリートの品質管理にあたっては、7.1.5を参考とし、品質管理として適当なものを必要な時期および頻度で実施するとよい。施)

①配合の確認について 配合計算書に示された配合は、実際に製造されたコンクリートの配合とは必ずしも一致しないので、印字記録等の製造に係わる記録に目を通し、実際の配合を確認しておくことよ施)。

②フレッシュコンクリートの品質管理について コンクリートが均質で、運搬、打込み、締固め等の作業に適するワーカビリティを有していないと、施工性の低下や不具合の原因になる可能性がある。フレッシュコンクリートのワーカビリティの良否は、頻繁に試験を行わなくても、荷卸しや打込みでのコンクリートの状態を観察していれば、ある程度判定できるものである。施)

フレッシュコンクリートの品質管理は打込み時に行うのがよいが、荷卸しから打込み終了までの品質変化が把握できている場合には、荷卸し地点で確認してもよい。また、製造実績が少ないコンクリートの場合には、製造者との協議により、出荷時点での管理に力点を置いて試験を行ったり、その頻度を高めたりしてもよい。品質変動が大きい場合等には、必要に応じて、品質が安定するまで、工場において施工者が製造者とともに対処方法を検討するのがよい。施)

(i)スランプ スランプ試験は、現場におけるコンクリートの軟らかさを判断するために広く用いられており、一般に、この試験によって均等質なコンクリートが造られているかどうか判断できる。したがって、スランプの試験値に変化が認められた場合には、所定の材料と方法でコンクリートが正常に造られているかどうか、骨材の粒度が標準の粒度範囲にあるかどうか、骨材の表面水率が適正に管理されているかどうか等を、検討する必要がある。また、スランプの試験値のみならず、スランプコーン引抜き後に振動を与えるなどして変形したコンクリートの形状にも着目すると、品質の変化がより明確になる場合もある。スランプは、練上がりからの経過時間とともに変化するものであるため、スランプ試験と実際に打込みが行われる時間の違いも考慮して管理しておく必要がある。施)

(ii)空気量 空気量の変動はコンクリートのワーカビリティ、強度および耐久性等に大きな影響を与え

るため、空気量が適切であるかどうかを確かめるために、空気量試験を行うことが必要である。空気量の変動に伴ってスランプが変動するため、スランプの変動の原因を究明し、対策を講じる場合には、骨材の表面水率や粒度、コンクリート温度等と合わせて、空気量の変動も考慮するとよい。施)

(iii) コンクリートの温度 コンクリートの温度は、スランプ、空気量、水和熱による温度変化、強度発現性、硬化後の品質等に影響を与えるため、特にマスコンクリート、寒中コンクリートあるいは暑中コンクリートの施工においては、重要な管理項目である。このような場合には、コンクリートの打込み時の温度もさることながら、必要に応じて、養生中のコンクリートの温度も管理する必要がある。施)

③ 硬化コンクリートの品質管理について コンクリートの強度試験は、硬化コンクリートの品質を確かめるために必要であるが、結果が出るのに長時間を要するため、品質管理に用いるのは一般的に不向きである。そのため、通常は材料の品質管理や製造の品質管理に力を入れるのが合理的であるが、製造実績が少ないコンクリートを使用する場合や、製造を開始してしばらくの期間や気温が大きく変化する時期等には、圧縮強度の変動を確認するのがよい場合もある。また、試験の結果を速やかに工程の管理に反映させたい場合、型枠を取り外す時期やプレストレスを導入する時期の目安を知りたい場合には、任意の材齢および養生の供試体を用いて試験を行うこともある。この他、部材を模擬した試験体から採取したコアの圧縮強度で評価する方法、部材と同等の温度履歴を与えることができる養生槽内または温度履歴を追従できる装置内で養生した円柱供試体の圧縮強度で評価する方法などがあるので、施工者が必要と判断される方法で行えばよい。施)

5.2.11 試験

5.2.11.1 試験方法

コンクリートの試験方法については、原則として JIS 等の設計図書および基準等にしがうものとする。

【解説】 各試験方法については、土木学会 2007 年制コンクリート標準示方書[規準編]JIS 規格集 「F. フレッシュコンクリート」と「G. 硬化コンクリート」を参考にすると良い。

【参考文献】

- 施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編
 e) 長谷川寿夫, 藤原忠司著 (岸谷孝一, 西澤紀昭他編) 技報堂出版 1988. 2. 10
 コンクリート構造物の耐久性シリーズ「凍害」p25
 f) 社団法人 コンクリート工学協会 2008年8月
 コンクリートの凍結融解抵抗性の評価方法に関する研究委員会 報告書 pp138-142 52

5.3 寒中コンクリート

- (1) 日平均気温が4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての製造を行わなければならない^{施)}。
- (2) 寒中コンクリートの製造にあたっては、コンクリートが凍結しないように、また、寒冷下においても所要の品質が得られるように、材料、配合、練混ぜ、運搬等について、適切な処置をとらなければならない^{施)}。
- (3) セメントは、ポルトランドセメントを用いることを標準とし、適切な養生を前提に混合セメントも使用できるものとする。凍結した骨材または氷雪の混入している骨材は、そのまま用いてはならない。
- (4) 混和剤は、低温で使用した場合にも安定した品質のコンクリートが得られるものを選ばなければならない。また、防凍剤、耐寒剤などのJISまたは土木学会規準に品質が定められていない混和剤は、その品質とこれを用いたコンクリートの品質を十分に確認したうえで使用しなければならない。^{施)}
- (5) 材料を加熱する場合、水または骨材を加熱することとし、セメントはどんな場合でも直接熱してはならない。また、骨材の加熱は、温度が均等で、かつ乾燥しない方法によらなければならない。^{施)}
- (6) 加熱した材料を用いる場合には、セメントの急結をおこすことのない投入順序を定めなければならない^{施)}。
- (7) 単位水量は、初期凍害を防止するため、所要のワーカビリティが保てる範囲内でできるだけ少なくしなければならない^{施)}。
- (8) コンクリートの練上り温度は、気象条件、運搬時間等を考慮して、打込み時に所定のコンクリート温度が得られるように定めなければならない^{施)}。
- (9) コンクリートの練上り温度は、バッチごとの変動を極力抑えるように管理しなければならない^{施)}。
- (10) コンクリートの運搬は、コンクリートの温度がなるべく下がらないように行わなければならない。また、コンクリートの練混ぜ開始から打ち込むまでの時間をできるだけ短くし、運搬中のコンクリート温度の低下を防がなければならない。^{施)}

【解説】 (2)について 寒中コンクリートの場合の気温に対応する製造方法の目安としては

-) 4℃以上の場合：常温における製造方法でよい。
-) 4℃～0℃の場合：簡単な注意と保温で製造できる。
-) 0℃～-3℃の場合：ある程度の保温、水だけまたは水と骨材の加熱を必要とする。
-) -3℃以下の場合：水と骨材を加熱するとともに、適切な保温、給熱によってコンクリートを所要の温度に保つ。

(3)について 寒中コンクリートのポルトランドセメントを用いるのを標準としているのは、低温下で養生してもコンクリートの初期材齢における強度発現の遅延の程度が小さいからである。普通ポルトランドセメントでは所要の養生温度や初期強度の確保が難しく、水和熱に起因するひび割れの問題がない場合には、早強ポルトランドセメントを使用することが望ましい。高炉セメントB種を用いる場合は、外気温に応じた適

切な養生が必要となる。

(4)について AE 剤または AE 減水剤を使用することにより，微細な気泡が連行され，所要のワーカビリティを得るのに必要な単位水量を減らせることに加えて，コンクリート中の水の凍結による害を低減することができるため，寒中コンクリートは AE コンクリートとすることを原則とした．ここで，空気量は，荷卸時において，粗骨材最大寸法 20・25 mm の場合は 6.0%，40 mm の場合は 5.5% を標準とした．

また，各種の AE 剤を用いた凍結融解抵抗性の評価によると，空気量が確保されているにも関わらず，耐久性の低いものが見られる場合がある．このため，使用実績が確認されているもの，あるいは別途試験によって凍結融解抵抗性を確認した AE 剤を用いるのがよい．

(5)について 材料の加熱にあたっては，セメントは，一様な加熱が困難であり，また加熱したセメントを用いると部分的に凝結が著しく促進され，作業性が低下することがあるので，いかなる場合でも加熱してはならない．このため，できるだけ冷えないように貯蔵する．骨材の加熱は，温度が均一でかつ過度に乾燥しない方法で行い，取扱いの困難さやセメントの部分的な急結を避けるため，65 以上としない．また直接火で熱してはならない．材料の加熱のうち，その容易さと熱容量が大きい点から，水の加熱が有利である．温水の温度はセメントが急結を起こさない温度とし，一般に水と骨材の混合物の温度を 40 以下とする．

(10)について プラントからの現場までの運搬，現場内での待機および荷卸しまでの各過程に要する時間とその間の温度低下を事前に確認し，必要に応じて対策を講じる必要がある^{施)}．コンクリートの温度は 10 以上を目安とする．また，コンクリートポンプを使用する場合，輸送管の温度が低すぎると，管内壁にモルタルが凍結して付着し，予期しない障害が発生することがある．これを防ぐためには，管路の保温，温水による予熱，終了時の清掃等を入念に行う必要がある．

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.4 暑中コンクリート

- (1) 日平均気温が 25 を超えることが予想される時は、暑中コンクリートとしての製造を行なわなければならない。
- (2) 暑中コンクリートの製造にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、材料、配合、練混ぜ、運搬等について、適切な処置をとらなければならない^{施)}。
- (3) 所定のコンクリート温度が得られない場合には、事前に材料の温度を下げる方法を検討し、その効果を確認しておかなければならない^{施)}。
- (4) 減水剤、AE 減水剤および流動化剤は JIS A 6204 に適合する遅延型のものを用いることを標準とする。また、高性能 AE 減水剤は、JIS A 6204 に適合するものを用いることを標準とする。^{施)}
- (5) 暑中コンクリートの配合設計においては、所要の強度およびワーカビリティが得られる範囲内で単位水量および単位セメント量が過大にならないように適切な対策を講じなければならない^{施)}。
- (6) コンクリートの練上り温度は、気象条件、運搬時間等の影響を考慮して、打込み時に所定のコンクリート温度が得られるようにしなければならない^{施)}。
- (7) コンクリートの運搬は、コンクリートの温度上昇および乾燥が生じないような装置、方法によらなければならない^{施)}。

【解 説】 (3)について 骨材温度はコンクリートの練上がり温度に大きく影響する。散水による骨材の冷却は、水の蒸発（気化熱）による温度降下を目的としておこなわれる。粗骨材への散水は冷却効果が大きいですが、細骨材に対して粗骨材ほどの効果は得られず、また表面水の管理が難しくなる。骨材に直射日光が当たらないように上屋を設ける。液体窒素で冷却することもある。長時間炎熱にさらされた骨材をそのまま用いると、コンクリートの温度は 40 以上になり、セメントが急結することがある。コンクリートの温度を低下させるには冷水を用いるのが最も効果的であるから、水タンクや送水管は日光の直射を受けないようにし、また白色に塗装するとよい。水を氷、フレークアイスや冷凍機により冷却することも効果がある。コンクリート温度を 1 下げするためには、セメントを 8 ，水を 4 ，骨材では 2 程度、いずれかの材料の温度を下げる。コンクリートの練上がり温度を低くするためには、比熱の大きい混合水と使用量の多い骨材の温度を下げるのが有効である。

(6)について 標準示方書では、打ち込み時のコンクリートの温度は 35 以下にするように規定されている。夏季の昼間の場合、現場までの生コン車による運搬で温度は 2~3 上昇し、場内運搬でも同程度の温度の上昇があることを考慮すると、練り上がり時のコンクリートの温度は 30 以下とするのが望ましい。運搬や待機の際には、生コン車のドラムに散水や日射よけで覆う（写真 5.4.1）など、コンクリートの温度の上昇を抑え、現場ではできるだけ日陰で待機させるなどの配慮が必要である。



写真 5.4.1 ドラムの日射よけ例

(7)について コンクリートの運搬に当たっては、プラントからの現場までの運搬、現場内での待機および荷卸しまでの各過程に要する時間とその間の温度上昇及び乾燥を事前に把握し、コンクリートの温度上昇および乾燥が少なくなるような装置、方法を用いなければならない。暑中コンクリートでは練混ぜから打込み終了までの時間が1.5時間以内であることを原則とする。

【参考文献】

施) 土木学会 2007年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.5 マスコンクリート

- (1) セメントの水和熱に起因した温度応力が問題となる場合は、マスコンクリートとして取り扱い、その対策を十分に検討しなければならない^{施)}。
- (2) マスコンクリートに使用するセメントおよび混和材料は、設計で定めたものを用いることを原則とする^{施)}。
- (3) (2)以外のセメントおよび混和材料を使用する場合には、セメントの水和熱による温度応力および温度ひび割れに関する照査を行わなければならない^{施)}。
- (4) マスコンクリートの単位セメント量は、設計で定めた値を基本とする^{施)}。
- (5) 設計で定めた単位セメント量では、所要のワーカビリティ、強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性および鋼材を保護する性能などが確保できない場合、あるいは、セメントまたは混和材料の種類を変更した場合には、温度応力および温度ひび割れに関する照査を再度行い、単位セメント量を定めなければならない^{施)}。
- (6) マスコンクリートは、コンクリートの運搬距離、運搬方法、打込み方法、気象条件、その他の条件を考慮して、打込み温度が所定の値を超えないように製造しなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について コンクリート構造物の大型化および大量急速施工の増加に伴い、セメントの水和熱による温度ひび割れが発生する事例が増加しつつある。かつては、このような現象はコンクリートダムなどのように部材寸法が特別大きいコンクリート構造物に特有のものと考えられていたが、部材の拘束、環境温度、コンクリートの使用材料、配合および施工の条件によっては比較的小型の構造物であっても、有害なひび割れを生じる事例が確認されている。そこで、ここでは部材の寸法に拘わらずセメントの水和熱に起因した温度応力が問題となるコンクリートをマスコンクリートとして取り扱うこととした。^{施)}

マスコンクリートとして取り扱うべき構造物の部材寸法は、構造形式、コンクリートの使用材料、配合および施工の諸条件によりそれぞれ異なるが、広がりのあるスラブについてはおおよそ厚さ80~100cm以上、下端が拘束された壁では厚さ50cm以上と考えてよい。しかしながら、プレストレストコンクリート構造物などのように、富配合のコンクリートが用いられる場合には、より薄い部材であっても拘束条件によってはマスコンクリートに準じた扱いが必要になる。^{施)} なお、ダムコンクリートについては、このガイドラインでは対象外とした。

(2)および(3)について マスコンクリートに使用するセメントおよび混和材料は、セメントの水和熱による温度応力および温度ひび割れに関する照査を行った上で選定することが原則である^{施)}。

このガイドラインでは、温度応力および温度ひび割れに関する照査に基づきセメントを選定することを定めているが、設計段階において必ずしも実際の工事の条件を想定できるとは限らないことから、施工時にセメント等の材料を見直し、同様の照査を行って再選定する場合も想定される。

マスコンクリートでは、セメントの品質がコンクリートの強度や水和熱等に大きな影響を及ぼす。したがって、マスコンクリートに用いるセメントの選定にあたっては、個々のセメントの特性を十分に調査し、所要の品質のコンクリートが得られるようセメントを適切に選ぶ必要がある。一般的には、中庸熱ポルトランドセメント、低熱ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメントなどの低発熱型のセメントを使用することが望ましい。ただし、高炉セメントの発熱性状は、温度が高いほど促進される傾向にあることも十分に考慮して選定しなければならない。^{施)}

ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどの混合材を比較的多量に混合した混合セメント等を用いる場合には、その品質・性状は製造会社によって互いに大きく相違していることが多い。したがって、このようなセメントの使用にあたっては、あらかじめ試験を行うなどして、その品質・性状を十分に確認しておく必要がある。なお、発熱量が抑制されているセメントは、一般に長期材齢における強度増進が普通ポルトランドセメントに比べて大きいいため、設計基準強度に達するまでの期間に部材に発生する応力度を照査したうえで、設計基準強度の基準となる材齢を91日程度の長期にとるのがよい。^{施)}

マスコンクリートに用いられる混和材料は、一般に混和材としてはフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、混和剤としてはAE剤、減水剤、AE減水剤、高性能AE減水剤等である。最近では、膨張材が用いられる事例が増えている。フライアッシュは品質の優れたものを用いれば、コンクリートのワーカビリティの改善、単位水量の減少、長期材齢における強度の増加等の効果が得られるほか、コンクリートの水和熱による温度上昇が小さくなるので、温度応力によるひび割れ発生を制御する目的には有利な材料である。また、粉末度が小さな高炉スラグ微粉末を適切に用いれば、コンクリートの長期強度を増進させるだけでなく、水和熱の発生速度を遅くすることが可能である。^{施)}

一方、AE剤、減水剤、AE減水剤または高性能AE減水剤を適切に用いれば、コンクリートのワーカビリティが改善されるので、単位水量を減らすことができ、それに伴って単位セメント量も減らすことができる。したがって、これらの混和剤を用いることによってコンクリートの温度上昇を小さくすることができる。^{施)}

大量のマスコンクリートを打ち込む場合は、水和熱の発生速度を小さくする目的とコールドジョイントの発生を防ぐ目的で遅延型の減水剤やAE減水剤の使用を検討するのがよい。ただし、この場合には、使用する混和材との組合せや施工時の気温等によっては、凝結時間が大幅に遅れることがあるので、事前に試験等でコンクリートの凝結遅延の程度や強度発現性への影響を確認しておくことが大切である。^{施)}

(4)および(5)について コンクリートの発熱量は単位セメント量にほぼ比例し、一般にはコンクリートの温度上昇量は単位セメント量 $10\text{kg}/\text{m}^3$ に対してほぼ1の割合で増減する。したがって、温度応力および温度ひび割れに関する照査で設定した単位セメント量を大幅に増加させることは避けなければならない。しかし、設計で定めた単位セメント量では、所要のワーカビリティ、強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性および鋼材を保護する性能を確保することが難しい場合には、単位セメント量の見直しが必要になることもある。また、セメントあるいは混和材料の種類を変更する場合には、温度応力および温度ひび割れに関する照査を

再度行い、温度ひび割れに対して問題のない単位セメント量(セメント以外の結合材を用いる場合は単位結合材量)を定めなければならない。(施)

(6)について コンクリートの打込み温度を低くすることは、部材内外の温度差と部材内の最高温度を低減させるので、温度応力あるいは温度ひび割れの低減に有効である。打込み温度を低くする方法としては、コンクリートの製造時に水、骨材等の材料をあらかじめ冷却するプレクーリングがある。各材料の温度がコンクリートの練上り温度に及ぼす影響は、おおよそ骨材が ± 2 につき ± 1 、水が ± 4 につき ± 1 、さらにセメントが ± 8 につき ± 1 である。(施)

プレクーリングには、冷水を用いる方法、練混ぜ水の一部にフレークアイスや小片の氷を単独もしくは組み合わせて用いる方法、冷却した骨材を用いる方法、液体窒素を用いて材料やコンクリートを冷却する方法等がある。練混ぜ水の一部に小片の氷を用いる場合には、コンクリートの打込み前に氷が完全に溶けていることを確かめなければならない。また、冷却に液体窒素を使用する場合には、使用箇所周辺における酸素濃度の管理など安全に十分留意する必要がある。(施)

コンクリートの製造時の温度を低下させても、運搬中にコンクリートの温度が上昇し、打込み温度が計画時の温度を超えることも考えられる。したがって、あらかじめ運搬距離や運搬方法、気象条件などによるコンクリートの温度の上昇分を見込んで、コンクリートの製造時の温度を設定することが大切である。(施)

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.6 膨張コンクリート

- (1) 膨張コンクリートを用いる場合は、所定の品質が得られるように、材料、配合、製造方法、品質管理、施工の方法を定めなければならない^{施)}。
- (2) 膨張コンクリートは、作業に適するワーカビリティ、所要の強度、膨張性、耐久性、水密性ならびに鋼材を保護する性能等をもち、品質のばらつきをなるべく少なくしなければならない^{施)}。
- (3) 膨張コンクリートの膨張性は、JIS A 6202 による膨張率で表し、同附属書 2（参考）による材齢 7 日における試験値を標準とする^{施)}。
- (4) 膨張コンクリートは、次の膨張率の範囲を標準とする。
収縮補償用コンクリート： 150×10^{-6} 以上， 250×10^{-6} 以下
ケミカルプレストレス用コンクリート： 200×10^{-6} 以上， 700×10^{-6} 以下
ただし、工場製品に用いるケミカルプレストレス用コンクリートでは、膨張率の上限値を 1000×10^{-6} 以下としてよい。^{施)}
- (5) 膨張コンクリートの強度は、材齢 28 日における圧縮強度を標準とする^{施)}。
- (6) 収縮補償用コンクリートの圧縮強度試験は、JIS A 1108 および JIS A 1132 によるものとする^{施)}。
- (7) ケミカルプレストレス用コンクリートの圧縮強度試験は、原則として JIS A 6202 の附属書 3（参考）によるものとする^{施)}。
- (8) 膨張コンクリートに用いるセメントは、JIS R 5210、JIS R 5211 および JIS R 5213 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (9) 膨張材は、JIS A 6202 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (10) (9)以外の膨張材を用いる場合は、その品質を確かめ、使用方法を十分に検討しなければならない^{施)}。
- (11) 膨張材は、その品質が変化しないように貯蔵しなければならない^{施)}。
- (12) 膨張コンクリートの配合は、所要の強度、膨張性、耐久性、ひび割れ抵抗性、水密性ならびに鋼材を保護する性能が得られるよう、かつ、作業に適するワーカビリティを持つ範囲内で、単位水量をできるだけ少なくするものとする^{施)}。
- (13) 膨張コンクリートの単位膨張材量は、所定の膨張率が得られるよう、試験によって定めることを標準とする。収縮補償用コンクリートでは、一般に信頼できる資料に基づいて単位膨張材量を決定してよい。^{施)}
- (14) 膨張コンクリートの単位セメント量は、 $260\text{kg}/\text{m}^3$ 以上を標準とする^{施)}。
- (15) 練混ぜは、所要の練混ぜ性能を有するミキサを用いることを標準とする^{施)}。
- (16) 投入方法や練混ぜ時間は、コンクリートが所要の品質を満足するように、試験によって定めることを標準とする。信頼できる資料や実績がある場合は、それらをもとに投入方法や練混ぜ時間を定めてよい。^{施)}
- (17) 膨張材の受入れ検査は、受入れ側の責任のもとに実施するものとする。
- (18) 膨張コンクリートの受入れ検査は、受入れ側の責任のもとに実施するものとする。

【解説】 (1)について 膨張コンクリートの膨張性は、膨張材の種別や使用するセメントの種別、単位膨張材量、材齢、養生方法、構造物が置かれる環境条件、部材の断面形状・寸法等によって異なる。また、収縮補償用コンクリートであるかケミカルプレストレス用コンクリートであるかによっても、膨張コンクリートの要求性能が異なるので、所定の膨張性が得られるように、材料、配合、製造方法、品質管理の方法を定めなければならない。なお、膨張コンクリートの適用にあたっては、その配合設計、製造、施工の各段階において、このコンクリートの特性を理解し、その利用技術を習得して十分な知識と経験を有する専門技術者の指導のもとに管理することが望ましい。施)

(2)について 膨張コンクリートは、通常のコンクリートと同様、作業に適するワーカビリティ、所要の膨張性を有するとともに、そのばらつきが少ないものでなければならない。特に、膨張性にばらつきがあると、収縮補償やケミカルプレストレスの効果が得られない場合や過大な膨張により強度の低下を招くことがあるので、その品質を十分に管理することが必要である。施)

(3)について 膨張コンクリートの膨張率は、コンクリートの配合、養生方法、材齢等によって異なるだけでなく、供試体の形状・寸法、拘束状態等の試験条件によっても異なる。したがって、膨張コンクリートの膨張率は、JIS A 6202「コンクリート用膨張材」の附属書 2(参考)「膨張コンクリートの拘束膨張及び収縮試験方法」によって求めた一軸拘束膨張率で表すものとする。この試験方法による一軸拘束膨張率は、拘束器具(拘束端板および拘束棒[PC 鋼棒])を用いて一軸拘束鉄筋比を 0.95%とした供試体を用いて行うものである。通常の鉄筋コンクリートでは、この試験に比べて鉄筋比が小さいことから、同一の膨張コンクリートを用いても膨張率が大きくなることに留意する必要がある。また、膨張コンクリートの膨張率や膨張速度は、膨張材の種別、単位膨張材量、養生温度および乾湿の程度等によって異なるが、膨張率は、附属書 1(規定)「膨張材のモルタルによる膨張性試験方法」によって試験を行った場合、膨張が材齢 7 日でほぼ完了することから、コンクリートによる膨張性試験においても材齢 7 日における一軸拘束膨張率で表すことを標準とした。施)

(4)について 膨張コンクリートは、主な使用目的によって収縮補償用コンクリートとケミカルプレストレス用コンクリートに大別され、それぞれのコンクリートでの膨張率の範囲の標準を示した。収縮補償用コンクリートとケミカルプレストレス用コンクリートでは、膨張率が 200×10^{-6} から 250×10^{-6} の範囲では、両コンクリートの膨張率が重なるが、膨張コンクリートの使用目的を考慮した使用者の判断でいずれかを選択すればよい。施)

収縮補償用コンクリートにおいて、高強度コンクリートや高流動コンクリートなどの水結合材比 30%程度以下のコンクリートに膨張材を用いる場合、材齢初期において膨張材の水和に必要な水分が不足して膨張が抑制され、一定期間経過後に異常な膨張が生じる場合がある。このような水結合材比の小さいコンクリートに膨張材を用いる場合には、異常な膨張が生じないように膨張材の種類や単位量、養生方法および膨張性を判定する材齢などをあらかじめ試験によって確かめ定めておくことが重要である。施)

ケミカルプレストレス用コンクリートでは、膨張を拘束するための鉄筋や鋼管などが適切に配置されていなければ有効なケミカルプレストレスを確保することができないばかりでなく、膨張コンクリートの品質も低下することは前述した通りである。ケミカルプレストレス用コンクリートを用いる場合の鉄筋量や鉄筋の配置方法は、コンクリートの膨張率、構造物の種類、荷重の性質、部材の形状・寸法および施工方法等を考

慮して定める必要がある。鉄筋量が不足したり、鉄筋が部材断面に著しく偏って配置されると、膨張率が特に大きくなる部分が生じ、その部分のコンクリートの品質が損なわれることがあるので鉄筋量や鉄筋の配置方法には十分な検討が必要である。施)

通常の鉄筋コンクリート構造物では、施工中および完成後に部材断面に生じる最大膨張率が 1000×10^{-6} 程度以下になるように、鉄筋量および鉄筋の配置方法を定めるのがよい。また、ケミカルプレストレスによって曲げひび割れ発生モーメントが大きくなり、曲げひび割れが発生したときに、鉄筋が降伏あるいは破断してぜい性的な破壊性状を示す可能性は、通常の鉄筋コンクリートより大きい。そのため、鉄筋のひずみが 700×10^{-6} 程度生じていてもこのようなぜい性的な破壊が防げるように、曲げモーメントの影響が支配的な棒部材(矩形断面)の引張鉄筋比は 0.25%以上、丁形断面の場合には、軸方向鉄筋をコンクリート有効断面積の 0.35%以上配置しなければならない。施)

工場製品に用いるケミカルプレストレス用コンクリートは、膨張率、鉄筋の配置および養生方法などの管理が現場打ちコンクリートに比べて良好である。また、膨張コンクリートの使用効果を実際の製品により確認できることなどから、膨張率の上限値を、現場打ちコンクリートの 700×10^{-6} より大きい 1000×10^{-6} にしてもよいこととした。施) 使用にあたっては、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：特殊コンクリート]14 章「工場製品」を参照するのがよい。

(5)および(6)について 膨張コンクリートの圧縮強度は、通常のコンクリートと同様、材齢 28 日における圧縮強度を標準とする。収縮補償用コンクリートについては、JIS に定められている試験による圧縮強度およびその強度発現性状が、膨張材でセメントを置換しない配合のコンクリートとほぼ同等であるため、通常のコンクリートと同じ試験方法で圧縮強度を求めることとした。施)

(7)について ケミカルプレストレス用コンクリートは、収縮補償用コンクリートに比べて大きな膨張性を有するため、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」と JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」で求めた圧縮強度が、過大な自由膨張に起因する著しい強度低下を生じる場合があり、実際の使用状態と大きく相違することがある。したがって、このような影響がある場合には JIS A 6202 の附属書 3(参考)「膨張コンクリートの拘束養生による圧縮強度試験方法」により、圧縮強度試験の直前まで型枠内に存置させた供試体について圧縮強度を求めることが必要となる。施)

(8)について 膨張コンクリートに一般に用いられるセメントは、普通ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、フライアッシュセメント B 種および高炉セメント B 種である。これらのセメントを用いた範囲では、膨張性状に特異な性状は見られず、セメントの種類が膨張率に及ぼす影響は少ないことが確認されている。しかし、低熱ポルトランドセメントもしくは高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの成分比率の高い 3 成分系セメントなどを用いる場合には、コンクリートの凝結性状や強度発現性が異なることから、膨張の発現が早くなったり、膨張率が大きくなったりする場合もある。したがって、これらのセメントを用いる場合には、あらかじめ試験を行うか過去の使用実績によって所要の性能が得られることを確認してから使用する必要がある。施)

(9)について 膨張コンクリートに用いる膨張材は、主に化学組成の違いからカルシウムサルフォアルミネート系(CSA系)と石灰系(CaO系)に大別される。従来、これらの膨張材を用いた収縮補償用コンクリートでは単位膨張材量 $30\text{kg}/\text{m}^3$ を標準として用いられていたが、近年、この他にカルシウムサルフォアルミネート・石灰複合系膨張材や石灰系成分を高めた低添加型の膨張材が実用化され、単位膨張材量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ を標準にし

た使用実績が多くなってきている。この低添加型の膨張材は単位膨張材量を $20\text{kg}/\text{m}^3$ としても、従来と同様な膨張性が得られることが報告されている。但し、JIS A 6202 は、従来の収縮補償用コンクリートに用いられていた単位膨張材量 $30\text{kg}/\text{m}^3$ を標準使用量とする膨張材を対象に制定された規格のため、膨張材の標準使用量を $30\text{kg}/\text{m}^3$ としている試験方法である。そこで、低添加型の膨張材に関して JIS A 6202 の試験を行う場合は、単位膨張材量 $20\text{kg}/\text{m}^3$ を標準として試験を行ってよいこととした。そして、従来用いていた膨張材および低添加型の膨張材のいずれの膨張材においても JIS A 6202 で規定する膨張材の品質に適合したものをを用いることを標準とした。施)

(10)について (9)以外の膨張材には、温度応力によるひび割れを低減することをも目的にしたマスコンクリート用(水和熱抑制型とも称する)膨張材や工場製品用に早期強度を発現させる特性を有する早強型膨張材も実用化され用いられている。これらの膨張材は、水和熱抑制や早期強度発現のための添加剤が混合されている場合があるため、JIS A 6202 の強熱減量の規定値を満足しないことがある。その理由は、強熱減量は膨張材の風化状態を判断するための規定であるが、強熱減量の試験により前述の添加剤が検出されるためである。したがって、このような膨張材は、強熱減量以外の JIS A 6202 で規定する膨張材の品質を確認するとともに、膨張コンクリートの所要の品質を満足することを既往の実績もしくは試験により確認してから用いなければならない。施)

(11)について 膨張材は、多量の遊離した酸化カルシウム(CaO)を含有しているために、セメントに比べて風化しやすい材料である。膨張材が空気中の水分や炭酸ガスを吸収して風化すると膨張性能が低下し、膨張コンクリートとしての所要の性能が得られなくなる。したがって、膨張材の貯蔵は、次の事項について十分に配慮する必要がある。施)

膨張材は、防湿的な機能を有するサイロまたは倉庫に、セメントなどの他の材料と混合しないように区別して貯蔵しなければならない。施)

袋詰めされた膨張材は、倉庫内で床に直接触れないように積み重ね、貯蔵しなければならない。また、その積重ねは 15 袋程度以下とする。施)

袋詰めされた膨張材は、使用の直前に解袋するのを原則とし、貯蔵中に破袋したものは工事に用いてはならない。施)

長期間貯蔵した場合は、試験を行い、所要の品質を有することを確認してから用いなければならない。施)

(12)について 膨張コンクリートは、所要の性能を有する範囲内で通常のコンクリートの場合と同様に単位水量をできるだけ少なくすることがきわめて大切である。施)

配合の表し方は、解説 表 5.6.1 によるものとする。

解説 表 5.6.1 配合の表し方^{施)}

粗骨材 の 最大 寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水結合 材比 $\frac{W}{C+F}$ (%)	細骨材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)								
					水 W	セメント C	混和材 F		細骨材 S	粗骨材 G		混和剤	
							膨張材 E	その他の 混和材 F		mm ~ mm	mm ~ mm		

注)混和剤の単位量は、ml/m³またはg/m³で表し、薄めたり溶かしたりしない原液の量を記述する。

(13)について 構造物における膨張コンクリートの収縮補償効果およびケミカルプレストレスの効果は、膨張率が大きいほど優れているといえる。しかし、膨張率があまり大きくなると、コンクリートの圧縮強度が膨張材でセメントを置換しない配合のコンクリートの場合に比べて低下するので、強度が低下しない範囲で適切な膨張率を定めることが必要となる。施)

膨張コンクリートの膨張率は、拘束その他の条件が一定の場合は、単位膨張材量とほぼ比例関係にあることが知られている、したがって、膨張コンクリートが用いられる構造物において所定の膨張率が定めればその膨張率に相当する単位膨張材量を定めることができるため、単位膨張材量は試験により定めることとした。膨張コンクリートの単位膨張材量を試験によって定めるには、単位膨張材量を3水準以上に変化させた適当な配合のコンクリートについて、JIS A 6202の附属書2(参考)に規定されている試験を行い、所要の膨張率に相当する単位膨張材量を求めればよい。施)

なお、収縮補償用コンクリートの場合、所定の膨張率が得られる単位膨張材量に関する信頼できる資料がある場合は、それに基づき単位膨張材量を決定してもよい。解説 表 5.6.2 に収縮補償用コンクリートおよびケミカルプレストレス用コンクリートにおける膨張材の種類と標準的な単位膨張材量の範囲を示す。施)

解説 表 5.6.2 膨張材の種類と標準的な単位膨張材量の範囲^{施)}

膨張コンクリートの種類	膨張材の種類		標準的な単位膨張材量(kg/m ³)
収縮補償用	一般用	従来型	30
		低添加型	20
	マスコンクリート用	従来型	30
		低添加型	20
ケミカルプレストレス用	一般用		35～50
	工場製品用		30～60

(14)について 膨張コンクリートの強度と膨張率は、膨張コンクリートの配合のうち、単位セメント量と単位膨張材量が密接に関係している。通常、膨張材はセメントと置換して、単位結合材量(=単位セメント量+単位膨張材量)を一定として、所要の膨張率を得るための単位膨張材量を決定する人が多い。この場合、膨張率を大きくするために単位膨張材量を多くすると、単位セメント量に対する単位膨張材量の比率が大きくなり、コンクリートの強度や耐久性が損なわれることがある。このような現象は単位結合材量の少ないコンクリートの場合に認められる。したがって、膨張コンクリートでは、最小の単位セメント量を260kg/m³を標準とすることとした。施)

(15)について 膨張コンクリートの練混ぜは、膨張材の計量や投入が正確であっても、練混ぜが不十分であると、コンクリート中において膨張材が不均一となり、膨張材が塊状や部分的に過剰混和の状態となって、コンクリートの硬化後に部分的な強度低下あるいは局部的に膨張破壊が生じる場合がある。したがって、練混ぜには、コンクリート用膨張材やその他のコンクリート材料が十分均一になるよう、5.2.10.5によるミキサを用いることを標準とする。施)

(16)について 膨張コンクリートの練混ぜは、コンクリート中の膨張材が十分均一になるように、適切な投入手順や練混ぜ時間をあらかじめ試験によって定めてから行わなければならない^{施)}。

一般には、膨張材はセメントと同時に投入することが好ましいが、それ以外の材料と同時に、あるいは単

5章 コンクリートの製造

独で投入する場合には、十分均一に練り混ぜられることをあらかじめ試験によって確かめておかなければならない。万一投入手順が計画されたものと相違した場合は、状況に応じ、練混ぜ時間を長くするなど、適切な処置をとらなければならない。施)

また、連続して膨張コンクリートを練り混ぜる場合、膨張材の投入口やミキサの内壁や混合羽根に膨張材が付着して塊が生じ、その塊や破片がコンクリート中に混入すると、前述と同様に局部的な膨張破壊を起こす恐れがある。したがって、膨張材の塊が生じた場合には直ちに除去するとともに、投入場所や手順の再検討を行って塊の発生を回避することが必要である。施)

(17)について 膨張材の受入れ検査は、解説 表 5.6.3 を標準としてよい。

解説 表 5.6.3 膨張材の受入れ検査^{施)}

種類	項目	試験・検査方法	時期・回数	判定基準
膨張材	品質	製造会社の試験成績表による確認 または JIS A 6202 の方法	材料納入時	JIS A 6202 に適合すること (または発注者との協議による)

(18)について コンクリートの受入れ検査は、解説 表 5.6.4 を標準としてよい。

解説 表 5.6.4 膨張コンクリートの受入れ検査^{施)}

種類	項目	試験・検査の方法	時期・回数	判定基準
収縮補償用 コンクリート	膨張率	使用された膨張材量の確認	荷卸し時・全バッチ	配合に示されている 単位膨張材量の $\pm 3\%$ 以内
	強度	JIS A 1108 および JIS A 1132 の方法	構造物の重要度と工事の規模に応じて定める	設計基準強度を下回る確率 5%以下であることを、適当な生産者危険率で推定できること
ケミカル プレストレス用 コンクリート	膨張率	JIS A 6202 附属書 2 (参考) の方法	荷卸し時 1 回/日または構造物の重要度と工事の規模に応じて 20 ~ 150m ³ ごとに 1 回	所定の膨張率 $\pm 15\%$ 以内
	強度	JIS A 6202 附属書 3 (参考) の方法	構造物の重要度と工事の規模に応じて定める	設計基準強度を下回る確率 5%以下であることを、適当な生産者危険率で推定できること

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.7 短繊維補強コンクリート

- (1) 短繊維補強コンクリートを使用する場合には、品質の確認された材料を用い、所要の性能が得られるように配合を定め、適切に製造、施工し、各段階で必要な検査を行わなければならない^{施)}。
- (2) 短繊維補強コンクリートは、所要の強度、タフネス、耐久性、ひび割れ抵抗性、作業に適するワーカビリティをもち、品質のばらつきの少ないものでなければならない^{施)}。
- (3) 短繊維補強コンクリートの圧縮強度は、JIS A 1108 により求めるものとする^{施)}。
- (4) 短繊維補強コンクリートの引張強度は、JIS A 1113、またはコンクリート供試体による直接引張試験により求めるものとする^{施)}。
- (5) 短繊維補強コンクリートの曲げ強度には、寸法依存性を考慮することを標準とする^{施)}。
- (6) 短繊維補強コンクリートの応力 - ひずみ曲線は、JIS A 1149 に準じる方法で求めることを標準とする^{施)}。
- (7) 短繊維補強コンクリートの応力 - ひずみ曲線は、使用目的に応じて、信頼できる資料をもとに適切な形状を仮定してもよい^{施)}。
- (8) 短繊維補強コンクリートの引張軟化特性は、コンクリート供試体の直接引張試験、または曲げ試験により求めることを原則とする^{施)}。
- (9) 短繊維補強コンクリートの引張軟化曲線は、使用目的に応じて、信頼できる資料をもとに直線でモデル化するなど適切な形状を仮定してもよい^{施)}。
- (10) 引張軟化曲線を使用しないで、短繊維補強コンクリートの特性として曲げタフネスを考慮する場合には、JSCE-G 552 により求めた試験値に基づく曲げじん性係数、コンクリート供試体による曲げ試験に基づく荷重 - たわみ曲線、荷重 - ひび割れ幅曲線により定めてよい^{施)}。
- (11) 火災発生時における爆裂防止を目的として短繊維を使用する場合には、使用する合成繊維の種類と使用量を適切な方法で確認することを標準とする。ただし、信頼できる資料をもとに、使用する合成繊維の種類に応じて爆裂防止効果を付与できる標準混入量を定めてもよい。^{施)}
- (12) 構造物からのコンクリート片のはく落防止を目的として短繊維を使用する場合には、使用する短繊維の種類と使用量を適切な方法で確認することを標準とする。ただし、信頼できる資料をもとに、使用する短繊維の種類に応じてはく落防止効果を付与できる標準混入量を定めてもよい。^{施)}
- (13) 上記以外の性能が特に必要な場合は、実物規模や模型等による試験、供試体による試験、解析等により適切に確認しなければならない^{施)}。
- (14) 鋼繊維は JSCE-E 101 に適合したものを標準とする^{施)}。
- (15) (14)以外の鋼繊維を用いる場合には、その品質を確かめ、その使用方法を適切に定めなければならない^{施)}。
- (16) 合成繊維は、これを用いて製造した短繊維補強コンクリートが所要の性能を有するよう、品質の確認されたものでなければならない^{施)}。
- (17) 短繊維補強コンクリートの配合は、所要の性能を満足するよう、適切に定めなければならない^{施)}。

- (18) 短繊維の種類，形状，寸法および混入率は，目的に応じて設定された強度特性，変形特性，爆裂防止効果，はく落防止効果などを考慮して定めることを原則とする^{施)}。
- (19) 短繊維補強コンクリートの配合は，所要の性能が確保される範囲内で，単位水量をできるだけ少なくするよう定めなければならない^{施)}。
- (20) 配合の表し方は，短繊維の種類，形状，寸法および短繊維混入率を明示するものとする^{施)}。
- (21) ミキサは，強制練りバッチミキサを用いることを標準とする^{施)}。
- (22) 短繊維のミキサへの投入は，短繊維がコンクリート中に均一に分散するような方法で行わなければならない^{施)}。
- (23) 短繊維補強コンクリートは，所要の品質が得られるよう十分に練り混ぜなければならない^{施)}。
- (24) 練混ぜ時間は，試験によって定めるのを原則とする^{施)}。
- (25) 短繊維をトラックアジテータ内に投入する場合は，高速かくはんを行い，そのかくはん時間を定め，スランプの低下を明確にし，所定の品質が得られることを確認しなければならない^{施)}。
- (26) コンクリートポンプを用いて運搬する場合には，短繊維の混入による圧送負荷の増加に留意して圧送計画を立て，コンクリートポンプの機種および圧送量等を定めなければならない^{施)}。
- (27) 短繊維の受入れ検査は，受入れ側の責任のもとに実施する^{施)}。
- (28) 短繊維補強コンクリートの受入れ検査は，受入れ側の責任のもとに実施する^{施)}。

【解説】 (1)について 短繊維補強コンクリートの所要の品質を得るためには，短繊維が一様に分散されることが原則であるが，短繊維の長さ，形状，混入率，コンクリートの粗骨材の最大寸法，水セメント比，細骨材率，練混ぜ方法，締固め方法等によって，その品質が大きく左右される。したがって，施工前にこれらの事項について十分に検討した上で施工することが重要である。^{施)}

(2)について 短繊維補強コンクリートでは，短繊維の分散が一様でない場合や，特定方向に配向した場合には，所要の強度やタフネスを得られないことがある。また，引張強度，曲げ強度，せん断強度，およびタフネスは短繊維混入率にほぼ比例して増大するが，圧縮強度はあまり変化しない。鋼繊維補強コンクリートや，ある程度多くの合成繊維を混入した短繊維補強コンクリートでは，ひび割れを生じた後もなお相当な耐力を保持しつつ漸次破壊に至るので，コンクリートの脆性が大幅に改善され，タフネスが大きくなる^{施)}。

なお，鋼繊維補強コンクリートを鉄筋コンクリート構造物に適用した場合には，ひび割れの発生が少ないことや電気抵抗が変化することなどにより，海洋環境のような厳しい腐食環境下であっても鉄筋の腐食は抑えられるという報告もある。^{施)}

(3)について コンクリートに短繊維を混入すると圧縮強度はわずかに上昇するが，その影響は少ない。短繊維補強コンクリートの圧縮強度試験は，通常のコンクリートと同様に，JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」により行い，試験値が設計基準強度を下回る確率が5%以下となるように配合強度を定めるのがよい。なお，短繊維補強コンクリートの圧縮強度の変動係数は，通常のコンクリートと同程度とみなすことができる。^{施)}

(4)について 短繊維補強コンクリートの引張強度は直接引張試験により求めることが望ましいが，現時点では汎用的な試験装置によって精度よく測定できる試験方法が確立されていない。したがって，一般には，JIS A 1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」によるものとした。この場合には，初期ひび割れ発生時

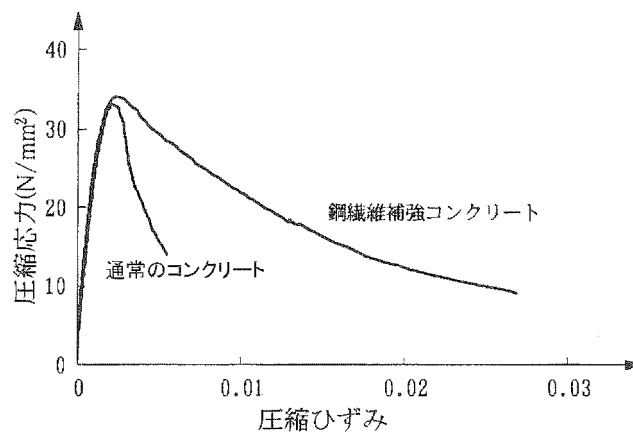
の強度を引張強度として設定してよい。なお、試験値が引張強度の特性値を下回る確率が5%以下となるように配合強度を定めるのがよい。また、短繊維補強コンクリートでは、主にコンクリートにひび割れが発生した後に短繊維により引張応力が伝達されるので、短繊維補強コンクリートの引張強度は、母材であるコンクリートのひび割れ発生強度であるコンクリートの引張強度とほぼ同一と考えてよい。(施)

(5)について 曲げ強度は寸法依存性が高く材料特性をあらわす指標とは考えにくい。実構造物の寸法で曲げ強度試験を行えば、その試験値は実構造物での特性値に準じて取り扱うことができる。ただし、一般には、短繊維補強コンクリートの曲げ強度は、寸法効果を考慮した上で、適当な試験方法によって求めている。試験方法は、JSCE-G 552「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」を用いるとよい。(施)

(6)および(7)について 短繊維補強コンクリートの場合でも、通常のコンクリートと同様に応力-ひずみ曲線は、コンクリートの種類、材齢、作用する応力状態、載荷速度および載荷経路等によって相当に異なる。しかしながら、圧縮強度および圧縮強度に至るまでの圧縮側の变形特性に対しては短繊維の混入による影響は少ない。したがって、短繊維補強コンクリートの圧縮側の变形特性における応力-ひずみ曲線は、JISA 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて設定してよい。(施)

なお、鋼繊維補強コンクリートは、解説 図 5.7.1 に示すように鋼繊維を混入することにより、圧縮強度以降の变形特性が改善されることが知られている。合成繊維の混入率は用途に応じて大きく異なり、混入率が小さい場合には、圧縮側の变形特性の改善はごくわずかであるが、混入率が大きい場合には、同様に圧縮強度以降の变形特性が改善される。(施)

応力計算などの解析において、高い精度を求める場合には、実際に近い応力-ひずみ曲線を用いる必要がある。このような場合には、圧縮軟化を考慮する必要がある。(施)



解説 図 5.7.1 圧縮試験結果の例(施)

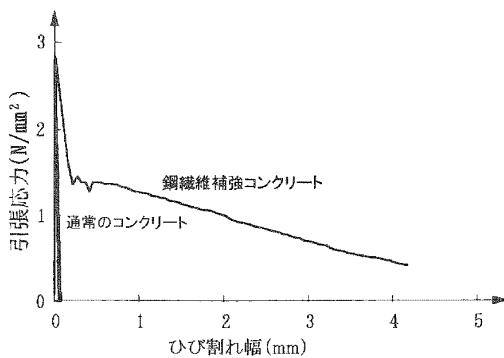
(8)について 短繊維は、ひび割れが発生した後に応力を伝達することから、短繊維補強コンクリートの引張破壊特性への影響は、引張応力とひび割れ幅の関係を表わした引張軟化曲線に顕著に現れる。このため、柱部材などにおいて引張軟化特性が必要な場合には、短繊維補強コンクリートの引張軟化特性を引張軟化曲線により表す。引張軟化曲線は、直接引張試験により求めることができるが、直接引張試験は、高剛性かつ高精度の変位制御が可能な試験機が必要であり、短繊維補強コンクリートの一般的な試験方法とすること

は困難である。引張軟化曲線は、直接引張試験に基づいて定めることが望ましいが、引張軟化曲線を曲げ試験結果から算定することも現実的な方法である。曲げ試験結果に基づいて引張軟化曲線を算定する方法はいくつか提案されており、「鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案)」付属資料1や、「複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案)」試験方法2などがある。なお、直接引張試験および曲げ試験を行う場合は、変位制御で試験することが原則である。^{施)}

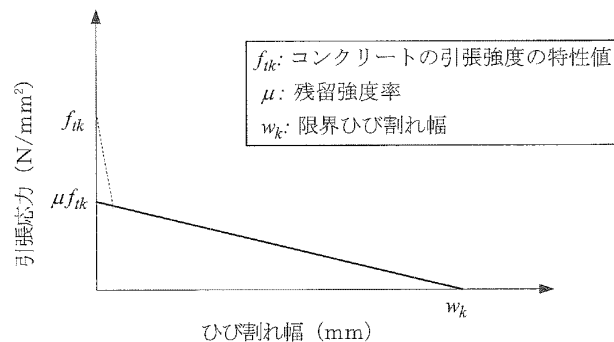
(9)について 短繊維補強コンクリートの引張軟化曲線は、一般的にひび割れ発生直後に応力が低下するような挙動を示す。ひび割れ発生後の軟化挙動は、短繊維の種類、形状、混入率等の影響を受けることが知られている。したがって、使用目的に応じて引張軟化曲線の形状を適切に設定する必要がある。直接引張試験から得られた引張軟化曲線は、解説 図 5.7.2 に示すようにひび割れ発生直後に応力が急激に低下する領域と、ひび割れ幅の増加に伴って緩やかに応力が低下する領域に分けられる。ここで、引張軟化曲線で囲まれた面積で表される破壊エネルギーは、コンクリートのひび割れ抵抗性能を示している。^{施)}

なお、引張軟化曲線の設定の一例を解説 図 5.7.3 に示す。この例は、「鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案)」に示されている引張軟化曲線であり参考にする^{施)}とよい。

また、合成繊維の混入率は用途に応じて大きく異なり、混入率が小さい場合には、引張軟化特性の改善はごくわずかであるが、混入率が大きい場合には、引張軟化特性は大幅な改善を示し、混入率を 2%程度まで高めた複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルでは、擬似ひずみ硬化特性を示す^{施)}。



解説 図 5.7.2 引張軟化曲線の例^{施)}



解説 図 5.7.3 引張軟化曲線の設定の一例^{施)}

(10)について 短繊維補強コンクリートは、トンネル覆工、舗装、のり面吹付け、補修・補強などのように構造物の種類、用途、使用目的などによっては、従来から応力計算や数値解析を行わずに用いられているものが多くある。このような場合では、過去の実績に基づき、JSCE-G 552「鋼繊維補強コンクリートの曲げ強度および曲げタフネス試験方法」により求めた試験値に基づく曲げじん性係数、曲げ試験による荷重-たわみ曲線のひび割れ発生以降の曲線、あるいは荷重-ひび割れ幅曲線などにより、曲げタフネスを適切に定めていることが多い。^{施)}

なお、曲げタフネスは、寸法依存性が高いため、実構造物寸法と試験体寸法との寸法の相違効果を考慮して定めることが望ましい^{施)}。

(11)について 高強度コンクリートや高流動コンクリートなどの低い水セメント比配合を有する緻密なコンクリートでは、火災時にコンクリート内部の蒸気圧が高まり表層のコンクリートの爆裂が生じることがある。しかし、合成繊維が混入されていると、火災時に合成繊維が焼失することで蒸気の移動経路が確保され

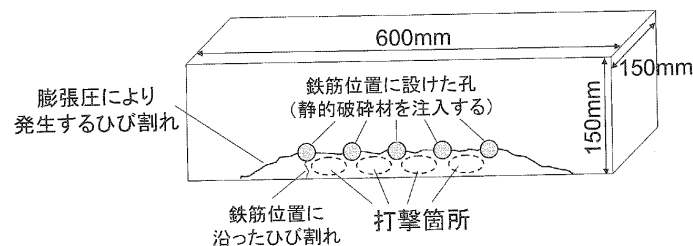
るので、爆裂防止効果が期待できる。ポリプロピレン短繊維の場合、コンクリートに対する短繊維混入率(容積百分率)が0.165%~0.33%(混入量として1.5~3.0kg/m³)程度の範囲で十分な爆裂防止効果を有し、合成繊維の混入によるコンクリートの強度特性や耐久性への影響はほとんどない。爆裂防止効果を付与した短繊維補強コンクリートの使用例は、設計基準強度80N/m²程度以上の高層建築の柱が多いが、火災条件が厳しいトンネルに対しても通常強度レベルから検討が行われている。(施)

繊維の種類はポリプロピレンの使用実績が多いが、ポリアセタール、ビニロンなども使用される。合成繊維の種類ごとに融点異なるために爆裂防止効果は異なるが、繊維混入量が多いほど、繊維径が細かいほど、繊維の長さが長いほど、爆裂防止効果は高い傾向にある。融点および消失温度は、ポリプロピレンとポリアセタールでは異なるが、0.2~0.3%程度の容積混入率で十分な爆裂防止効果を付与することができる。なお、合成繊維の中には、消失により有毒ガスを発生する恐れのあるものもあるので注意を要する。(施)

爆裂防止効果を付与するための標準混入量に関する信頼できる過去のデータがない合成繊維を使用する場合には、合成繊維の混入量をパラメータとした適切な加熱実験により、合成繊維の種類に応じて爆裂防止効果を付与するための有効な使用量を確認する必要がある。加熱温度の設定は、ドイツにおける道路トンネルの設備と運用に関する指針に規定されているトンネル火災試験用のRABT温度曲線(ZTV-Tunnel Curve)やオランダ運輸公共事業省治水本局(RWS)の曲線などを参考にするとよい。(施)

(12)について コンクリート高架橋などからコンクリート片がはく落すると第3者に危害を及ぼす恐れがある。短繊維補強コンクリートをはく落防止目的に使用する場合には、容積混入率0.04~0.1%程度の少量の合成繊維が使用されており、コンクリート高架橋の上層・中層のスラブ・はり、桁、場所打ちで施工する地覆・高欄等で使用されている。(施)

使用する短繊維の種類に応じてはく落防止効果を付与するのに有効な混入量を定めるためには、打撃による損傷を加えることではく落させる実験等により、その効果を確認するのがよい。解説 図 5.2.4 に、短繊維によるはく落防止効果を確認するための試験方法の例を示した。この提案方法は、鉄筋腐食に起因するコンクリート片のはく落を模擬するために、供試体の鉄筋位置に鉄筋の代わりに設けた孔に静的破砕材を注入して膨張圧でひび割れを発生させた後に、ハンマーによる打撃でかぶりコンクリートをはく落させる試験である。短繊維の混入量をパラメータにとり、短繊維有りの場合にはく落に至る打撃回数と短繊維無しの場合の打撃回数の比(打撃回数比)をとって、短繊維によるはく落防止効果を評価するものであり、打撃回数比が8程度となる短繊維混入率をはく落防止効果を付与するための標準混入量の目安としている。なお、鉄筋位置に設けた孔に注入した静的破砕材が過度に膨張して噴出することがないように、静的破砕材の使用にあたっては、その用量・用法を守ることが大切である。(施)



解説 図 5.7.4 はく落防止効果確認試験の例(施)

(13)について 短繊維補強コンクリートの性能として、耐摩耗性や耐衝撃性などが求められる場合があるが、現状では、これらの性能を評価する試験方法や解析方法に関する規程がなく、また既往のデータがまだ十分に蓄積されているとは言い難い。したがって、特にこれらの性能を確認する必要がある場合には、実物規模や模型等による試験、供試体による試験、解析等により適切に評価することとした。^{施)}

(14)および(15)について 鋼繊維補強コンクリートの補強効果は鋼繊維が長いほど大きく、繊維の分散等を考慮すると粗骨材の最大寸法の1.5倍以上の長さのものがよい。一般に、鋼繊維補強コンクリートの場合には長さが30mm以上の鋼繊維を用いるのがよく、吹付けコンクリートに用いる鋼繊維補強コンクリート外では繊維の長さが短いものほど施工性はよいが、補強効果が低下することを考慮して選定することが必要である。^{施)}

最近では吹付けコンクリートとして吹付け作業の容易な20mm以下の短い繊維が用いられており、また床版などでは補強効果の大きな60mm程度の長い繊維も利用されている。JSCE-E 101「コンクリート用鋼繊維品質規格」においては、鋼繊維の公称長さは20~60mm、およびアスペクト比は30~80の範囲を標準としている。しかし、公称長さとアスペクト比が、この範囲外の鋼繊維であっても目的に応じて利用することが必要となる場合がある。JSCE-H 101に適合しない繊維を用いる場合には、JSCE-E 101に準じて繊維の品質ならびに使用方法について十分検討したうえで用いなければならない。^{施)}

(16)について 合成繊維は鋼繊維などと比較して力学的な補強効果は劣るものの、さびることがない、目的に合わせて繊維の太さや表面形状を比較的自由に加工できる、密度が小さく変形しやすいために施工しやすいなどの利点がある。このため、プラスチック収縮や乾燥収縮などによるひび割れ対策、はく落防止、曲げじん性向上、火災時の爆裂対策などを目的として広く使用されている。代表的な合成繊維の物理的性質の一例を解説表5.7.1に示す。短繊維補強コンクリートに用いられる有機繊維のほとんどは合成繊維である。合成繊維を用いて高強度の短繊維補強コンクリートを作製する場合には、ポリビニールアルコール繊維(PVA)や高強度タイプのポリエチレン繊維が用いられる。^{施)}

解説 表 5.7.1 合成繊維の物理的性質の例^{施)}

種類	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 (kN/mm ²)	密度 (g/cm ³)	耐熱性	
				軟化点()	融点()
ポリエチレン繊維	200	2.5	0.94~0.96	100~115	125~135
ポリプロピレン繊維	300~980	3~10	0.91	140~160	165~173
ビニロン繊維	800~1500	20~40	1.26~1.30	220~230	明瞭ではない

コンクリートの補強材として合成繊維を用いる場合には、セメント硬化体と繊維の付着力が重要である。繊維の弾性限界応力に比べて付着力が極端に低ければ、セメント硬化体からの繊維の抜出しがひび割れ発生後早々に始まり、十分な補強効果が得られない。ビニロン繊維は、原料にOH基を含むために親水性が大きくセメント硬化体との付着力は高い。一方、ポリプロピレン繊維やポリエチレン繊維などはセメント硬化体との付着力が低いため、繊維形状や表面処理剤などによってセメント硬化体との付着を改善させている。^{施)}

合成繊維の化学的性質は繊維の種類によって異なる。合成繊維のセメントによるアルカリ劣化は、短繊維補強コンクリートの耐久性に大きな影響を与える。そこで、合成繊維を用いた短繊維補強コンクリートの供試体をアルカリ温水中に浸せきし、曲げ強度や曲げタフネスの劣化を確認する方法などが提案されている。^{施)}

合成繊維を用いた短繊維補強コンクリートの性能は、一般に、短繊維混入量が多いほど、短繊維の径が小さいほど高まるが、逆にワーカビリティは低下する。同一の短繊維混入率であれば、短い繊維よりも長い繊維の方が、また太い繊維よりも細い繊維の方がスランプは低下する。(施)

(17)について 短繊維補強コンクリートは、所要の強度特性、変形特性、耐久性、鋼材を保護する性能をもち、また、作業に適するワーカビリティをもつものでなければならない(施)。

短繊維補強コンクリートが所要の品質または性能を得るためには、短繊維が均一に分散されることが原則であるが、短繊維の長さ、形状、混入率、粗骨材の最大寸法、水セメント比、細骨材率、練混ぜ方法、締固め方法等によって、短繊維補強コンクリートの品質または性能が大きく左右される。特に、鋼繊維補強コンクリートで、短繊維混入率が大きい場合には、単位水量、細骨材率が大きくなってブリーディングが生じやすくなり、練混ぜ、運搬、打込み、締固め等が困難となるので、製造および施工前にこれらの事項について十分検討しなければならない。(施)

(18)について 短繊維補強コンクリートでは、曲げ強度およびタフネスは、短繊維混入率にほぼ比例して増大するが、圧縮強度および引張強度はあまり変化しない。短繊維補強コンクリートの圧縮強度は、一般のコンクリートと同様に主に水セメント比で定まり、短繊維混入率では定まらない。一般に短繊維混入率を増大させると曲げ強度、付着強度、タフネスは増大する。しかし、その程度は短繊維の形状、寸法によっても異なり、特にタフネスはその影響を大きく受ける。そこで、圧縮強度は通常のコンクリートと同じように水セメント比で考慮し、短繊維補強コンクリートに用いる短繊維の形状、寸法および混入率は、所要の強度特性、および変形特性を考慮して定めるのがよい。ただし、通常の練混ぜ方法によって混入できる短繊維の量はコンクリートの容積の2%程度までである。(施)

なお、鋼繊維を鉄筋コンクリート柱部材に用いる場合には、鋼繊維の混入率、素材、製造方法、表面加工や形状などは、「鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針(案)」によるものとする。ただし、これらの条件を満足しない鋼繊維を使用する場合には、鋼繊維を混入したコンクリートが、所要の引張軟化特性と同等以上の性能を有することを確認しておく必要がある。(施)

短繊維補強コンクリートの変形特性は、骨材の最大寸法の影響も受け、骨材の最大寸法に比べて短繊維の長さが短いと所要の効果が得られにくくなるので、変形特性を期待する場合には、短繊維の長さは骨材の最大寸法の1.5倍以上必要である。短繊維の長さを検討する上で最大寸法を考慮する骨材は、コンクリートの場合には粗骨材、モルタルの場合には細骨材である。したがって、モルタルでは12mm程度の比較的短い合成繊維を使用することもある。また、爆裂防止やはく落防止などの変形特性以外の効果を期待する場合には、コンクリートであっても12mm程度の合成繊維を使用するのが一般的である。(施)

(19)および(20)について 短繊維補強コンクリートの場合には、単に圧縮強度だけでなく、変形性能も力学的に重要な性能項目となる。したがって、短繊維補強コンクリートの配合を定める際には、通常のコンクリートの配合を定める場合の検討に加え、さらにコンクリートの変形性能などが所要の値となるよう考慮する必要がある。(施)

短繊維補強コンクリートの所要単位水量は短繊維の混入率にほぼ比例して増加する。その程度は、短繊維の種類によって異なり、鋼繊維補強コンクリートの場合、単位水量の増加量は鋼繊維の容積混入率1%あたり約20kg/m³である。短繊維補強コンクリートの場合には、所要の品質を満足する範囲内で単位水量をできるだけ小さくすることが特に大切であるので、AE減水剤や高性能AE減水剤などを用いるのがよい。また、

短繊維混入率や短繊維のアスペクト比が大きくなると、細骨材率を大きくしてワーカビリティを保つ必要がある(土木学会「鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案)」参照)。(施)

(21)について 短繊維補強コンクリートは、短繊維がコンクリート中に均一に分散して一体化された複合材料であることから、短繊維とコンクリートが十分練り混ぜられていることが大切である。鋼繊維を用いる場合や合成繊維でも混入量が相当に大きい場合には、短繊維が混入されると通常のコンクリート以上に大きなエネルギーで練り混ぜることが必要となるため、重力式ミキサではなく強制練りミキサを用いることを標準とした。なお、強制練りミキサを用いた場合の鋼繊維補強コンクリートの練混ぜ負荷は、通常のコンクリートに比べて2~4倍大きくなることもある。(施)

(22)について 短繊維を均一にコンクリート中に分散させることは、所要の品質の短繊維補強コンクリートを得るために最も重要なことである。したがって、鋼繊維の選定ならびにミキサへの投入箇所や投入順序も含めた鋼繊維の投入方法が鋼繊維補強コンクリートを製造する場合に最も大切となり、投入方法については十分な注意を払う必要がある。投入方法が適当でないと、鋼繊維の場合にはファイバーストック(繊維同士が絡まってボール状になること)が生じることがあるので、必要に応じて適当な分散投入装置を用いて、徐々に繊維を投入するのが望ましい。なお、鋼繊維の長さが40mmを超えるものを用いる場合は特にファイバーストックがしやすいので、配合、練混ぜ、運搬等について十分検討し、所要の補強効果が得られることを確認しておくことが大切である。もし、ファイバーストックが生じた場合には、たとえファイバーストックを排除しても所要の繊維混入量が確保されないため、そのコンクリートは廃棄しなければならない。(施)

(23)について 所要の品質の短繊維補強コンクリートを得るには、短繊維がコンクリート中に均一に分散して一体化した複合材料になっていることが必要である。そのためには、均一な短繊維の分散が得られるミキサ内への投入方法の選定および十分な練混ぜが非常に大切である。(施)

一般の鋼繊維の場合には、ミキサ内への投入に分散投入器などが用いられるが、偏平な鋼繊維や水溶性接着剤で接着させた鋼繊維などでは一括投入してもファイバーストックなどは生じない(施)。

(24)について 投入された短繊維の分散に必要な練混ぜ時間は、使用するミキサや短繊維の種類および混入率によって異なるので、短繊維補強コンクリートの練混ぜ時間は、試験によって品質を確かめて定めるのを原則とした。ただし、信頼できる資料もしくは実績によって必要な練混ぜ時間が明らか場合には、それらに基づいて定めてもよい。(施)

(25)について 短繊維をトラックアジテータ内に投入する場合は、アジテータを2~4分間程度以上高速回転させる必要がある。また、繊維混入によるスランプの低下を確認し、所定のスランプが得られるようにベースコンクリートのスランプを大きくする必要がある。なお、繊維を投入した後に、空気量が増加する傾向にあるので注意が必要である。(施)

(26)について 合成繊維を少量使用する場合の圧送負荷は通常のコンクリートに比べて大差ないが、鋼繊維補強コンクリートをコンクリートポンプによって運搬する場合には、通常のコンクリートと比較して管内圧力損失が大きくなるので、圧送負荷の増加を避けるような配管条件にするとともに、コンクリートポンプの能力を大きめにする。また、輸送管、特にフレキシブルホース部は、通常のコンクリートに比べて磨耗が大きくなるので、施工条件に応じてその材質や口径、肉厚を検討する必要がある。(施)

なお、コンクリートポンプを用いる場合には、土木学会「コンクリートのポンプ施工指針[平成12年版]」5.4を参考にするとよい(施)。

(27)について 短繊維の受入れ検査は，受入れ側の責任のもとに実施することとし，解説 表 5.7.2 によることを標準とする^{施)}。

解説 表 5.7.2 短繊維の受入れ検査^{施)}

種 類	項 目	試験・検査方法	時期・回数	判定基準
鋼繊維	品 質	製造会社の試験成績表	工事開始前，工事中および種類が変わった場合	JSCE-E 101 に適合すること
合成繊維	品 質	製造会社の試験成績表	工事開始前，工事中および種類が変わった場合	製造会社の品質管理規準に適合すること

(28)について 短繊維補強コンクリートの受入れ検査は，受入れ側の責任のもとに実施することとし，解説 表 5.7.3 によることを標準とする^{施)}。

解説 表 5.7.3 コンクリートの受入れ検査^{施)}

項 目	検査方法	時期・回数	判定基準
鋼繊維混入率 (変形特性を定めた場合)	JSCE-F 554 の方法	荷卸し時 1回/日または構造物の 重要度と工事の規模に応じて 20～150m ³ ごとに1回	所定の鋼繊維混入率の 範囲以内であること
	JSCE-F 555 の方法 (吹付けコンクリート)		
鋼繊維の混入量 (強度特性のみを定めた場合)	使用した鋼繊維の質量	荷卸し時 全バッチ	所定の鋼繊維量の 範囲以内であること
合成繊維の混入量	使用した繊維の質量， もしくは空袋等による 使用数量の確認	荷卸し時 全バッチ	所定の繊維量以上であること

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

5.8 高流動コンクリート

- (1) 高流動コンクリートの施工にあたっては、所定の自己充填性が得られるように、高流動コンクリートに関する十分な知識と経験を有する専門技術者の指導のもと、材料、配合、製造方法、品質管理の方法を定めなければならない^{施)}。
- (2) 高流動コンクリートは、所要の強度、耐久性、ひび割れ抵抗性、自己充填性等をもち、品質のばらつきの少ないものでなければならない^{施)}。
- (3) 高流動コンクリートでは、打込み対象となる構造物の形状、寸法、配筋状態を考慮して、自己充填性のレベルを定めるものとする^{施)}。
- (4) 自己充填性のレベルは、型枠に打ち込まれる直前のコンクリートに対して、適切に設定しなければならない^{施)}。
- (5) 自己充填性のレベルとして、次の3ランクを設定する^{施)}。
 ランク1：鋼材の最小あきが35～60mm程度で、複雑な断面形状、断面寸法の小さい部材または箇所に打ち込まれる高流動コンクリートに必要な自己充填性^{施)}
 ランク2：鋼材の最小あきが60～200mm程度の鉄筋コンクリート構造物または部材に打ち込まれる高流動コンクリートに必要な自己充填性^{施)}
 ランク3：鋼材の最小あきが200mm程度以上で断面寸法が大きく配筋量の少ない部材または箇所、無筋の構造物に打ち込まれる高流動コンクリートに必要な自己充填性^{施)}
- (6) 通常の鉄筋コンクリート構造物または部材に対しては、自己充填性レベルのランク2を標準とするのがよい^{施)}。
- (7) 高流動コンクリートに用いる材料は、JISならびにあるいは土木学会規準に適合するものであることを標準とする^{施)}。
- (8) JISあるいは土木学会規準に品質規格の定められていない材料を用いる場合には、それらが所要の自己充填性および硬化コンクリートの品質を満足するものであることを、信頼できる資料や試験によって確認しなければならない^{施)}。
- (9) 高流動コンクリートの配合は、構造物の構造条件、施工条件および凍結融解などの環境条件に応じて所要の流動性、材料分離抵抗性および自己充填性を有し、強度、耐久性およびその他の必要な性能が得られるように定める。
- (10) 高流動コンクリートの配合設計にあたっては、構造物の種類、構造条件、施工条件、入手可能な材料の種類、コンクリート製造工場の制約条件などを考慮して、粉体系、増粘剤系、併用系の高流動コンクリートの中から適切な種類を選定するのがよい^{施)}。
- (11) 高流動コンクリートの練混ぜには、原則としてバッチ式の強制練りミキサを用いるものとする^{施)}。
- (12) 高流動コンクリートの練混ぜ方法は、既往の実績あるいは試験によって適切に定める^{施)}。
- (13) 高流動コンクリートの1回バッチあたりの練混ぜ量は、高流動コンクリートの種類、ミキサの練混ぜ性能、運搬量、出荷速度などを考慮して定めるが、ミキサ最大容量の80～90%を標準とする^{施)}。

- (14) 高流動コンクリートの1バッチあたりの練混ぜ時間は、高流動コンクリートの種類、ミキサの練混ぜ性能などを考慮して定め、強制練りミキサの場合には90秒以上を標準とする^{施)}。
- (15) 高流動コンクリートが、設定したフレッシュコンクリートの性能を満足していることを、工場での実機練りにより確認しなければならない。また、満足していない場合には、配合の修正を行わなければならない。^{施)}
- (16) 骨材の表面水率の補正が迅速に行えるように、必要に応じて、表面水率の測定頻度を多くする^{施)}。
- (17) 製造開始当初は、フレッシュコンクリートの品質が変動しやすいため、品質が安定するまでは品質管理試験の頻度を多くする^{施)}。
- (18) 高流動コンクリートの受入れ検査は、受入れ側の責任のもとに実施することとし、自己充てん性の検査によって打込み前に行うことを標準とする^{施)}。

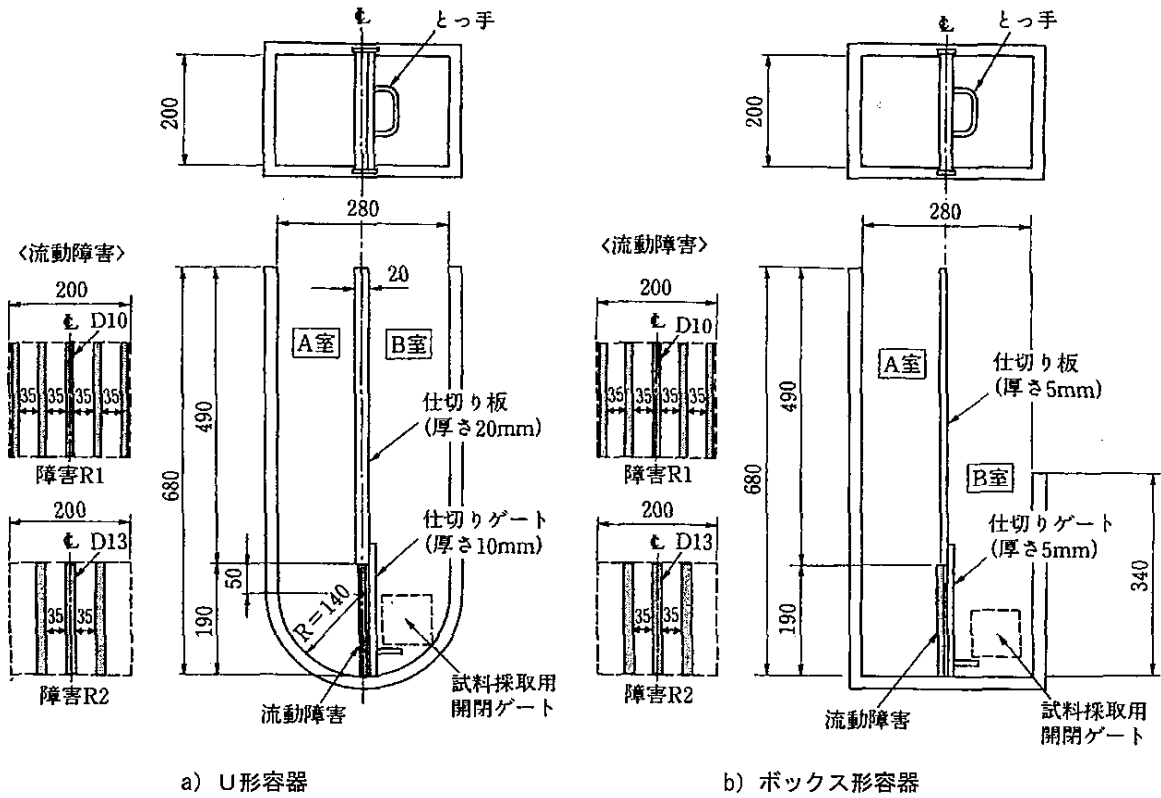
【解説】 (1)について 高流動コンクリートに使用される材料の種類は多岐にわたり、配合の自由度も高い。その反面、通常のコンクリートと比較して、高流動コンクリートの品質は骨材の表面水率の変動の影響を受けやすいなど、高流動コンクリート特有の性質も有する。そのため、このコンクリートの特性を理解し、その利用技術を習得して、さらに経験を有する専門技術者の指導のもと、安定した所定の自己充てん性が確保できるよう、高流動コンクリートに使用する材料、配合、製造方法、品質管理の方法を定め、高流動コンクリートの性能を十分に把握したうえで製造と施工を行わなければならない。^{施)}

(2)について 高流動コンクリートは自己充てん性を有することに大きな特徴があるため、フレッシュコンクリートの品質のばらつきにより自己充てん性が低下すると、ポンプ圧送時の閉そく、高所からの落下や長距離流動を行ったときの材料分離、過密配筋箇所の未充てん、型枠表面の豆板などの不具合発生に直結する。そのため、通常のコンクリートと比較して特にフレッシュコンクリートの品質に留意しなければならない。^{施)}

(3)および(4)について 自己充てん性のレベルは、型枠内に打ち込まれる直前のコンクリートに対して、打込み対象となる構造物の形状、寸法、配筋状態を考慮して、適切に設定しなければならない。設定したコンクリートの自己充てん性のレベルに応じて、落下高さ、流動距離、リフト高さなどの施工条件を適切に設定し、施工計画に反映させる必要がある。^{施)}

(5)および(6)について 高流動コンクリートの自己充てん性のレベルをランク1~3の3つに設定することとした。それぞれのランクは、構造物または部材の寸法や配筋条件に基づいて設定することとし、ランク2の場合に、鋼材の最小あきが60~200mm程度の条件で自己充てん性を有するコンクリートとした。これは鋼材量の目安で、一般に、100~350kg/m³程度に相当する。ランク1は、これより厳しい条件でかつ[設計編:本編]13.3に示されるかぶりやあきの下限条件を満足する場合に相当し、ランク3は、ランク2に比べて緩い条件であり、鋼材の最小あきが200mm程度以上あるいは鋼材量が100kg/m³程度未満の条件で自己充てん性を有するコンクリートとした。一般の鉄筋コンクリート構造物や部材では、鋼材の最小あきが60~200mm程度、鋼材量の目安が100~350kg/m³程度であり、通常の鉄筋コンクリート構造物または部材に対しては、自己充てん性レベルのランク2を標準とするのがよい。また、逆打ちコンクリートなどの狭い空間への充てんコンクリートや鋼コンクリート合成構造の鋼殻内充てんコンクリートとして適用する場合には、配筋条件に因らず、ランク2あるいはランク1の自己充てん性を有する高流動コンクリートとするの

がよい。なお、各ランクの高流動コンクリートは、JSCE-F511「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過試験方法(案)」で規定する充てん装置(解説 図 5.8.1)を用いて試験を行った場合のU形またはボックス形充てん高さがそれぞれ、障害 R1 を用いて 300mm 以上、障害 R2 を用いて 300mm 以上、障害なしで 300mm 以上の性能を有する高流動コンクリートに相当する(解説 表 5.8.1)。



解説 図 5.8.1 充てん装置を用いた間げき通過試験装置(施)

解説 表 5.8.1 高流動コンクリートの自己充てん性のランク(施)

自己充てん性のランク		1	2	3
構造条件	鋼材の最小あき (mm)	35 ~ 60 程度	60 ~ 200 程度	200 程度以上
	鋼材量 (kg/m ³)	350 程度以上	100 ~ 350 程度以上	100 程度以下
U形またはボックス形充てん高さ (mm)		300 以上 (障害 R1)	300 以上 (障害 R2)	300 以上 (障害なし)

土木学会規準 JSCE-F511「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過試験方法(案)」で規定する充てん高さ

(8)について このガイドラインに規定されていない材料あるいは今後新規に開発される材料は、コンクリートの自己充てん性を確認することにより使用することができる。ただし、この場合にもこのガイドラインに規定されている硬化コンクリートの品質を満足することを、信頼できる資料や試験によってあらかじめ確認しなければならない。JIS あるいは土木学会規準に品質規格の定められていない材料のうち、すでに高流動コンクリートの材料として実績がある材料の例としては、石灰石微粉末、砕石粉、増粘剤があ

る。粉体量の増加によって材料分離抵抗性を高めるとき、粉体として結合材を増加させると、発熱を高めたり、収縮が増加しやすくなる。そのため、反応性の低いあるいは反応性のない粉体として、石灰石微粉末や碎石粉が利用されている。増粘剤は、主に材料分離抵抗性をコンクリートに付与するために用いられるものと、材料分離抵抗性の付与と材料の品質変動による影響を低減する効果を併せ持つものがある。なお、増粘剤のなかには、化学混和剤との相互作用で、それぞれの効果に悪影響をおよぼすものもあるので、これらの組合せに十分注意し、品質を確認してから使用することが重要である。施)

(9)について 東北地方は凍結融解リスクが高いため、高流動コンクリートも AE コンクリートとし、空気量を6%とする。

配合の表し方は、一般に解説 表 5.8.2 によるものとする。

解説 表 5.8.2 配合の表し方^{施)}

粗骨材の最大寸法 (mm)	自己充填性のランク	水結合材比 (%)	水粉体容積比 (%)	空気量 (%)	単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)							
						水 W	セメント C	混和材 F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤		
											高性能 AE 減水剤	増粘剤	その他の混和剤

注 1) 同類の材料を複数種類用いる場合は、それぞれの欄を分けて表す。

注 2) 自己充填性のランクの欄には、充填装置を用いた間げき通過試験における障害の種類を記述する。

注 3) 高性能 AE 減水剤の使用量は、kg/m³ で表し、単位水量の一部となる。

注 4) その他の混和剤の使用量は、ml/m³ または g/m³ で表し、薄めたり溶かしたりしないものを示すものとする。

注 5) 増粘剤は kg/m³ で表すものとする。

(11)について 高流動コンクリートは、通常のコンクリートと比較して降伏値が小さく塑性粘度が大きいという特徴があるため、原則として練混ぜ性能の高いバッチ式の強制練りミキサを用いて製造を行うものとした。一般的には、練混ぜ時間を短くでき、かつ、排出時間も短い水平二軸型の強制練りミキサを用いるのがよい。施)

(12)について ミキサへの材料の投入順序は、通常のコンクリートの場合と同様な方法で行っている例が多い。しかし、通常のコンクリートと比べて練混ぜ負荷が大きいことから、特に粗骨材の投入時に過大な負荷がかかり、ミキサが動かなくなったり強制的に停止する場合があるので、留意する必要がある。また、高性能 AE 減水剤あるいは高性能減水剤の分散効果は、使用する粉体の種類や骨材の品質、材料の投入順序やミキサの練混ぜ性能などの影響を受ける。したがって、練混ぜ性能の優れたミキサを使用したうえで、練り混ぜたコンクリートが所定の性能を得られるように、材料の投入順序、練混ぜ量、練混ぜ時間などの練混ぜ方法を、既往の実績を参考にするか、試験によって適切に定める必要がある。施)

(13)について 高流動コンクリートは、練混ぜ時のミキサの負荷が大きくなる傾向にあり、十分な練混ぜ性能を得るために 1 バッチの量を減少させることが多い。既往の実績での 1 バッチあたりの練混ぜ量は、ミキサ最大容量に対して 80~90%としている場合が多い。施)

(14)について 高流動コンクリートは、材料分離抵抗性を高めるために単位粉体量を多くしたり、増粘剤を使用することから、通常のコンクリートと比べて粘性が高く、所要の品質を得るために要する練混ぜ時間は長くなる傾向にある。所要の品質を均一に得るのに必要な練混ぜ時間は、使用するミキサの練混ぜ性能の

違いや1バッチあたりの練混ぜ量によって異なるため、試験によって適切な練混ぜ時間を確かめるのがよい。なお、既往の施工事例における練混ぜ時間は、強制練りミキサを使用する場合で90～150秒としていることが多いことから、強制練りミキサにおける練混ぜ時間は標準として90秒以上を目安とするのがよい。^{施)}

(15)について 実際に使用する工場で製造した高流動コンクリートと、あらかじめ室内実験にて設定した配合の高流動コンクリートとでは、フレッシュコンクリートの性状が相違する場合が多い。この理由の1つに、ミキサの練混ぜ性能の相違がある。この場合の配合の修正は、一般に高性能 AE 減水剤の添加量の調整で行われる場合が多い。修正方法の詳細は土木学会「高流動コンクリートの施工指針」の製造・施工マニュアルに具体的に示されているので参考にするとよい。^{施)}

(16)について 高流動コンクリートのフレッシュ性状は、骨材の表面水率の変動の影響を受けやすい。屋根付きの骨材貯蔵設備であっても最初の数バッチは表面水率が大きい場合が多いため、表面水率が安定するまでは必要に応じて測定回数を多くし、その結果を速やかに計量値の補正などに反映させることが重要である。自動水分計等により連続的に表面水率を測定して、速やかに計量値を補正できるような装置を用いることが望ましい。^{施)}

(17)について 製造開始直後は骨材の表面水率の変動しやすいため、フレッシュコンクリートの品質も変動しやすい。そのため、品質が安定するまでは品質管理試験の回数を多くして製造管理に反映させる必要がある。高流動コンクリートでは、所要の特性が実現できるよう、通常のコンクリートで行われている練混ぜ時のミキサ消費電力の確認やフレッシュコンクリートの品質試験のほか、流動性、材料分離抵抗性および自己充てん性の品質管理試験を行うことが重要である。一般的には、流動性はスランプフロー試験、材料分離抵抗性は50cmフロー到達時間または漏斗流下時間で管理し、必要に応じて、充てん装置を用いた間げき通過試験により自己充てん性を管理するのがよい。^{施)}

(18)について 高流動コンクリートの受入れ検査は、受入れ側の責任のもとに実施することとし、解説表5.8.3による自己充てん性の検査によって打込み前に行うことを標準とする^{施)}。

解説表 5.8.3 自己充てん性の検査^{施)}

自己充てん性のレベル	試験・検査方法	時期・回数	判定基準
ランク1 ～ ランク3	JSCE-F511の方法	50m ³ につき1回以上	充てん高さが300mm以上であること

【参考文献】

施) 土木学会 2007年制定 コンクリート標準示方書 施工編

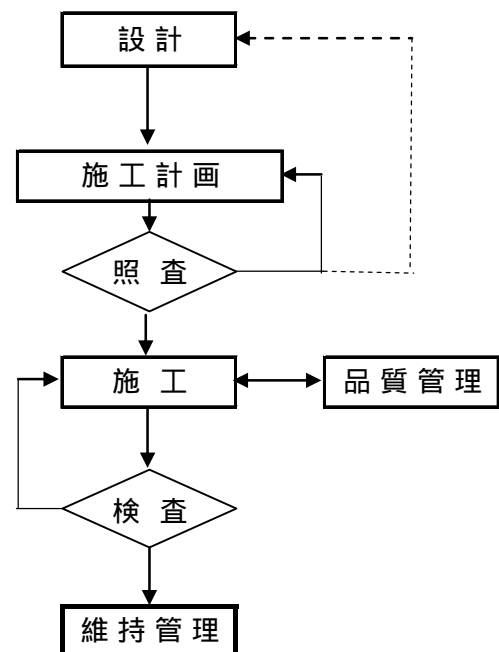
6 章 施 工

6.1 一 般

- (1) コンクリート構造物の施工は、設計図書に基づいて施工計画を立案し、この計画に従って適切に品質を管理しながら施工し、構造物が設計図書どおりに構築されているかどうか検査することを原則とする^施。
- (2) 施工段階の工事着手前には発注者、設計者、施工者による三者会議を開催し、設計図書と現場との整合性、設計者の設計意図の伝達および施工計画の妥当性等を確認するものとする。
- (3) 設計図書に基づいて施工計画を合理的に立案できない場合は、設計に立ち返り、設計図書の条件を変更するものとする^施。
- (4) 施工の実施において施工計画が遵守できない場合には、責任技術者の指示に従い、設計時に要求される性能が確保されるよう、適切な措置を講じなければならない。
- (5) 工事に使用するコンクリート配合は、設計・製造段階で標準仕様基準から選定されたものが構造・施工条件に対して適切な配合であるか見直しを行ない、必要があればこれを修正するものとする。

【解 説】 (1)～(4)について、コンクリート構造物の施工フローを解説 図 6.1.1 に示す。設計図書に基づいて施工計画を立案し、これを発注者側が確認・承認した後施工に移る。施工の各作業は施工計画に従い、適切な品質管理を行いながら実施する。設計通りの構造物ができていることを確認した後発注者側に引き渡され、供用を開始する。

施工計画の立案にあたっては、実際の施工条件が設計時に想定した条件と異なることも予想される。このような場合には設計図書に示された各特性値が確保される条件内で、材料の選定、配合設計・施工計画の変更を行う。設計図書に提示された諸条件を満たす範囲で合理的な施工計画を立案することが困難な場合には、設計に立ち戻って設計の見直しを行い、新たな設計図書を作成しなければならない。このような場合、従来は発注者と施工者とで協議を行っていたが、詳細設計を担当した設計者がこの協議に参画し、三者会議により施工段階で発生する様々な問題を協議・検討することは耐久的な構造物を遅滞なく構築するうえで望



解説 図 6.1.1 施工フロー図

ましいことであり、このガイドラインではそのような会議体を組織することとした。さらに、高度な技術を要する場合など三者だけでは問題解決が難しい場合には、三者会議において専門評価機関を交えて検討することが必要な場合も考えられる。

設計段階においてコンクリートのひび割れ照査が行われる場合があるが、温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れには設計時点では特定できない細かな施工条件が大きく影響する。したがって設計段階でひび割れ照査が必要と認められた場合には、施工条件が特定できる段階で再度応力解析などを行い、発注者、設計者、施工者の三者会議においてひび割れ制御対策等を検討する必要がある。

(5)について 工事仕様書の標準使用基準に示されたコンクリート配合は、これまでの経験から一般的な構造物を対象に定められたものである。しかし最近の構造物は耐震性能確保への要求から非常に多くの鉄筋が配置され、また景観面の要請から複雑な形状を有するものが多く設計されている。そのような構造物を従来の構造物と同様な条件であると考え、安易に使用するコンクリート配合をこの基準から選択すると施工が極めて難しくなる場合があり、充填不良等の初期欠陥が生じるなど耐久性の優れた構造物の構築に支障を来すことも考えられる。したがって、工事発注時に選択された配合も、施工計画を立案する段階では構造条件や施工条件、環境条件などをよく勘案して選択された配合の見直しを行うことが必要である。その場合、このガイドラインで示した要求性能を満足するようにしなければならない。

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

6.2 施工計画

6.2.1 一 般

設計図書に示されたコンクリート構造物を構築するために、施工者は適切な施工計画を立案し、発注者の承認を得なければならない。

【解 説】 適切な施工計画を立案し、その施工計画に従って施工を確実に行うことは、設計で定めた諸性能を有するコンクリート構造物を構築するために必要不可欠である^{施)}。このため、施工者は土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：本編] 2 章およびこのガイドライン 6.2.1～6.2.4 を参照に、具体的な施工計画を立案しなければならない。

特に東北地方は、冬季の気温が低く、また地方によっては相当な積雪がある。さらに日本海側における飛来塩分や山間部における多量の融雪剤の使用、材料面でも骨材の品質変動も大きいことが指摘されており、耐久性に優れたコンクリート構造物を構築して行くにあたってはかなり厳しい条件である。これらの地域的な条件のため、施工時に初期欠陥が発生するとコンクリート構造物の耐久性を著しく損なうおそれがあり、施工計画を立案するに当たっては、これらの東北地方の特徴を十分考慮する必要がある。

また、施工計画の立案にあたっては、発注者、設計者の意見を取り入れる必要があり、「総則」に述べた三者会議をとおして十分な意見交換を行って施工計画を立案することが望ましい。

6.2.2 施工計画における検討項目および施工方法の選定

- (1) 施工計画では、構造物の構造条件、現場の施工条件および環境条件を考慮するとともに、作業の安全性や環境負荷に対しても配慮し、全体計画、施工方法、コンクリートの施工性能、配合、品質管理、検査および環境・安全について計画を立てなければならない。
- (2) 具体的な施工方法の立案において、このガイドラインの6.4.1～6.4.10に示した施工方法を標準的な施工方法とする。
- (3) 対象構造物に適すると考えられる、標準的な材料や施工方法以外の方法を採用する場合には、実験などにより構造物中のコンクリートの品質に及ぼす影響を確認しなければならない。

【解説】(1)について 東北地方では冬期の気象条件が極めて厳しく、そのような条件下で施工した場合、入念な施工を行ってもなお十分な構造物の品質を確保できないことも往々にしてある。したがって可能な限りこのような時期にコンクリートの施工とならないよう、工事に関係する発注者、設計者、施工者それぞれの立場で検討・計画しなければならない。施工計画の立案にあたって検討する項目の例として、土木学会標準示方書で示された一覧表に修正を加えたものを解説表6.2.1に示す。

解説表6.2.1 施工計画の検討項目の例^{施)}

項目	内容
1.全体計画	施工区画割り、施工時期
2.コンクリートの運搬・受入れ計画	生コン車の配車・運行計画、場内運行路、試験・検査場所、コンクリートの配合検査（スランプ、空気量、単位水量、水セメント比など）
3.現場内運搬計画	現場内運搬方法、コンクリートの供給能力、ポンプ車の予備など
4.打込み計画	施工体制（組織図）、打込み順序、1層の打上がり高さ、打重ね時間間隔、時間当たりの打込み量、作業足場、安全性など
5.締固め計画	振動機の種類、台数、要員数、予備の振動機、交代要員など
6.仕上げ計画	仕上げ作業開始時期および終了時期、仕上げ精度、要員数、仕上げ器具など
7.養生計画	養生開始時期、養生方法、養生期間、養生機械装置、終了時期確認方法など
8.打継ぎ計画	打継ぎ面の処理方法、処理機械、打継ぎ時期など
9.鉄筋工の計画	鉄筋の種類、加工方法、かぶり確保の方法、組立て方法、継手方法、組立て鉄筋、段取り筋など
10.型枠および支保工	型枠・支保工の設計、型枠材料、支保工材料、側圧管理方法、型枠・支保工取外し時期など
11.環境保全計画	自然環境への影響評価、各種排水の処理、騒音・振動・粉塵対策
12.安全衛生計画	工事担当者の安全確保、第三者の安全確保
13.その他	トラブル時の対応方法

設計においては、標準的な施工方法を前提に構造諸元や種々の材料特性が定められている。しかし、工事の要件、施工時の気象条件や環境条件などが実際の条件に即して具体化された場合、標準的な施工方法以外の方法を採用することがより適切な場合がある。したがって、対象工事の条件を考慮して適切な施工方法を柔軟に決めることが肝要である。

(2)および(3)について このガイドラインの6.4.1~6.4.10に示された施工方法を採用した場合、これまで長い実績から構造物中のコンクリートの品質は保証されていると考えてよい。それ以外の施工方法を採用する場合には、十分保証されていないことも考えられるため、品質への影響を確認することが必要である。そのような材料、施工法には高流動コンクリートや低発熱セメント等が挙げられる。これらについては、土木学会から設計施工指針が示されており、それらの指針や信頼できる技術資料に基づいて施工計画を立案する。

6.2.3 コンクリートの施工性能の設定および配合の選定

- (1) 設定した施工方法に即して、ワーカビリティや強度発現特性などの施工性能を適切に設定しなければならない。
- (2) 要求される施工性能を満足する配合は、原則として JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」に定められたレディーミクストコンクリートの種類の中から選定するものとする。
- (3) 施工方法に必要とされる施工性能を満足する配合を選定することができない場合には、施工方法を見直さなければならない。

【解説】 (1)について 施工作業の各段階で必要とされるコンクリートの施工性能としては、充てん性、ポンプ圧送性、凝結特性などのワーカビリティおよび強度発現特性がある^{施)}。これらのうち特にワーカビリティは経時的な変化があるので、要求される性能が必要とされる時点で確保できるように定めることが重要である。フレッシュコンクリートの性質の経時的な変化は環境温度によって大きく影響され、気温が高いと変化が早く逆に気温の低い場合には凝結などが著しく遅れる場合があるので、暑中や寒中の時期に施工する場合には特に注意が必要である。

スラブは土木学会標準示方書に示されるように、打込み時に必要とする最少スラブを選定し、現場内運搬時およびプラントから現場までの運搬時のスラブロス、品質のバラツキを考慮して製造時のスラブを定めなければならない(解説 図6.3.1参照)。

施工中の強度発現が必要となるのは、型枠・支保工の取外し時期やPC鋼材の緊張時期が設定される場合などである。施工時のコンクリート強度はセメントの種類や配合の他打込み時のコンクリート温度や環境温度、養生条件などによって大きく影響を受ける。特に寒中で高炉セメントを用いる場合など、強度発現が相当遅れることがあるのでこれらの条件をよく考慮して施工時期を決めることが肝要である。

(2)について このガイドラインの解説 表4.1.1, 4.1.2には構造物毎にそれぞれの条件に応じた配合が標準配合基準として示されており、その要求品質を満足する配合を JIS A 5308 に示されたコンクリートの種類から選定する。

JIS A 5308 では骨材の最大寸法、スラブ、強度等の組み合わせの中から所定の配合を指定することとし

ている。しかし、コンクリートに要求される性能にはこのほかにも多くの項目がある。耐久性の優れたコンクリート構造物を構築するためには、単に一覧表の中の適当な組み合わせを選択するだけでなく、単位水量や単位セメント量の上限值、セメントの種類、強度を保證する材齡など必要に応じて製造者側と施工者側とが協議し、当該工事の必要条件を満たす配合を定めることが肝要である。

6.2.4 施工計画の照査

- (1) コンクリートの施工計画が、構造物の要求性能を満足するものであることを適切な方法で照査しなければならない。
- (2) 選定した材料および配合のコンクリートが、設計で示されている特性値およびその他の要求される性能を満足することを照査しなければならない。

【解説】 (1)について 施工者は発注者に対して施工計画書を提出し、発注者は提出された施工計画書によって設計図書に示された構造物を構築できることを確認し、施工計画を承認する^{施)}。所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、施工における各作業が遅滞なくスムーズに行われることが極めて重要である。また実際の施工においては、設計時には予想しえない事柄やトラブルの生じることもある。したがって施工計画の確認においては、各作業が施工標準に述べられた標準的な作業であるのか、想定される変動要因に対して余裕があるか、トラブル発生時の対応方法などが盛り込まれているか、等について確認する必要がある。計画された作業が特殊な材料や新工法を含む場合には、信頼できる資料や実規模の試験施工などを行って施工性能などを確認することが望ましい。

一般的なコンクリート構造物の設計では土木学会コンクリート標準示方書や本ガイドラインで示されている標準的な施工方法を対象にされており、施工計画でこれらの標準的な施工が採用されている場合には構造物の性能を照査する必要はない。しかし実際の施工条件や環境条件によっては標準的な施工方法が適切でない場合も起こりうる。そのような場合には、立案した施工計画によって構造物の性能を確保できるか照査しなければならない。

(2)について 一般の構造物に対して照査の対象となるコンクリートの特性値は、

- ・ 構造物の設計において設定された強度
- ・ 中性化速度係数
- ・ 耐アルカリシリカ反応性
- ・ 乾燥収縮ひずみ

等が、また構造物のおかれた条件によっては対象とすべき特性値としては

- ・ 塩化物イオンに対する拡散係数
- ・ 耐凍害性
- ・ 耐化学薬品性
- ・ 透水係数
- ・ 耐火性

等がある。しかし全ての構造物に対してこれら全ての項目が必要と言うわけではなく、当該構造物に必要な

項目について照査することとなる。また一般の構造物の施工計画において設定する充てん性、ポンプ圧送性、凝結特性、強度発現特性なども照査の対象となる。

照査する方法としては、従来の実績などから類推する方法、試験によって確認する方法などがある。

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

6.3 施工上要求されるコンクリートの品質

6.3.1 一 般

コンクリートは、品質のばらつきが少なく、作業に適したワーカビリティを有するとともに、硬化後は所要の強度、耐久性、水密性、ひび割れ抵抗性等をもつものでなければならない^{施)}。

【解 説】 所要の性能を有するコンクリート構造物を造るためには、それらの要求性能を構造物に付与でき、かつ、適切な施工を行うことができるコンクリートを用いる必要がある^{施)}。この節は、この原則に基づいて、施工上コンクリートに求められる基本的な品質について規定するものであり、均質性、ワーカビリティ、凝結特性、施工上要求される強度を取り上げた。

6.3.2 均質性

コンクリートは、その材料の品質および製造のばらつきが少なく、品質が安定していなければならない^{施)}。

【解 説】 コンクリートに使用する材料の品質および製造のばらつきが大きいと、所定の品質のコンクリートを安定して供給することが困難になり、コンクリート構造物の性能に悪影響を及ぼすことにもなりかねない。したがって、コンクリートの製造にあたっては、材料の品質管理ならびにコンクリートの製造管理を十分に行い、バッチ間の変動が少なく、安定した品質のコンクリートを常に供給できるように配慮することが大切である。特に、骨材の表面に付着している微粒分量、細骨材の表面水率、細骨材および粗骨材の粒度等は変動しやすく、かつコンクリートの品質に著しい影響を及ぼす因子であるので、品質安定性を確保するためにはこれらの変動を最小とするよう適切に管理することが重要である。^{施)} また、工事の規模によっては複数の工場から同時にレディーミクストコンクリートを受け入れる場合も考えられるが、この場合も受け入れるコンクリート間の品質の差異が少なく均質なものとなるよう管理することが大切である。さらに、コンクリートは運搬や打設においても材料分離が生じることのないよう十分な管理が必要である。

6.3.3 ワーカビリティ

コンクリートは、施工条件、構造条件、環境条件に応じてその運搬、打込み、締固め、仕上げ等の作業に適するワーカビリティを有していなければならない^{施)}。

【解 説】 所要の性能を有するコンクリート構造物を構築するためには、コンクリートの運搬、打込み、締固めや仕上げ等の作業が適切に行われる必要がある。これらの作業には、フレッシュコンクリートの品質および凝結特性が大きな影響を及ぼすため、コンクリートは、運搬、打込み、締固め、仕上げ等の作業に適するワーカビリティを有する必要がある。ここで、本来ワーカビリティは凝結に至るまでのフレッシュコンクリートの施工のしやすさに関するあらゆる項目を含むものであるが、その全てを詳細に解説するのは難しい。このため、このガイドラインでは、一般的なコンクリート工事で、問題なく施工が実施されることに重点を置き、ワーカビリティとして充てん性、ポンプ圧送性を取り上げて記述することとした。

6.3.3.1 充てん性

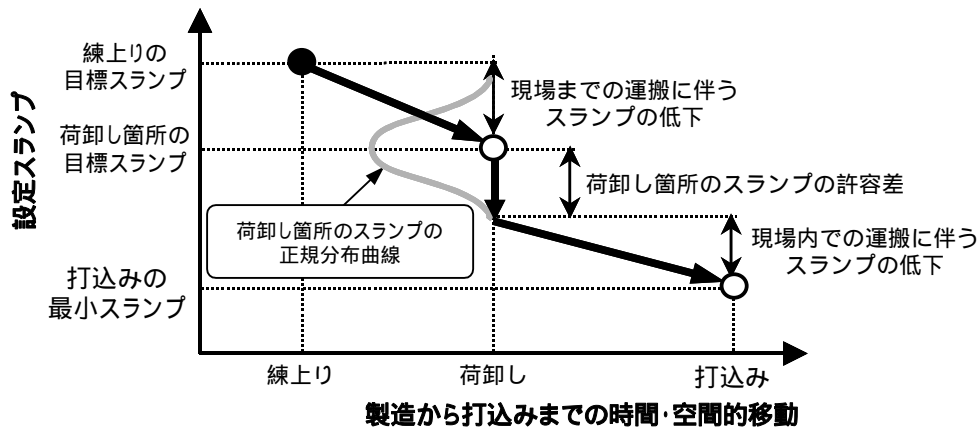
- (1) 充てん性は、振動締固めを加えた場合の流動性と材料分離抵抗性との相互作用によって得られる性能とし、両者のバランスを考慮して定める必要がある。
- (2) 充てん性は、構造物の種類、部材の種類および大きさ、鋼材量や鋼材の最小あき等の配筋条件とともに、場内運搬の方法や締固め作業方法を考慮して、作業のできる範囲内で適切に定めなければならない。
- (3) コンクリートを円滑かつ密実に型枠内に打ち込むための流動性は、打込みの最小スランプを確保することによって得られるものとする^{施)}。打込みの最小スランプの設定にあたっては、施工できる範囲内でできるだけスランプが小さくなるように、事前に、打込み位置や箇所、締固め作業高さや内部パイプレータの挿入間隔、1 回当りの打込み高さや打上り速度等の施工方法について十分に検討しなければならない。

【解 説】 (1)について コンクリートに要求される充てん性とは、振動締固めを通じて、コンクリートが材料分離することなく鉄筋間を円滑に通過し、かぶり部や隅角部あるいはPC 定着部等に密実に充てんできる性能である。充てん性は、振動締固め時の流動性と材料分離抵抗性との相互作用によって定まることが経験的に知られている。したがって、充てん性の良否は流動性と材料分離抵抗性の相互のバランスによって定まるものと考えることができる。

流動性と材料分離抵抗性は、単位水量と単位セメント量あるいは単位粉体量との関係はもとより、使用するセメントや粉体の種類、細・粗骨材の粒度や粒形、細骨材率さらには混和剤の種類の違い等によっても影響を受ける。また、材料分離抵抗性は一般に塑性粘度と降伏値等のレオロジー定数によって数値化できる性能であるが、このガイドラインでは、実務面での利便性を考慮して、流動性をスランプで表わし、材料分離抵抗性は主として細骨材率を適切に定めることで確保することとした。

(2)および(3)について 作業の条件に応じて必要とされる充てん性は異なるため、所要のスランプとそれ

に対応した細骨材率および単位粉体量は、種々の施工条件を考慮して定める必要がある。スランプはコンクリートの製造から打込みまでの時間経過や運搬等によって解説 図 6.3.1 に示すように変化するが、コンクリートの密実な充てんを確実に得るためには、打込み時において必要なスランプを確実に確保しておく必要がある。そのため、このガイドラインでは、充てん性を確保するための流動性について、打込み時の最小スランプを基準にすることとした。



解説 図 6.3.1 各施工段階の設定スランプとスランプ経時変化の関係^{施)}

所定の打込みの最小スランプを満足するためには、運搬方法、練上りから打込み終了までの時間、気温等を考慮して、練上りのスランプおよび荷卸しのスランプを定める必要がある。具体的には、練上りのスランプは荷卸し時に所定のスランプとなるように、現場までの運搬におけるスランプの低下を考慮して設定する。また、荷卸し時のスランプは、打込み時に所定のスランプが確保されるように、現場内でのスランプの低下（経時変化と現場内での運搬にともなう低下）を考慮して定める。なお、経時や現場内での運搬にともなうスランプの低下は諸条件によって異なるため、施工条件を事前によく検討してスランプの低下を適切に見込むことが重要である。^{施)}

上記のように、打込み、荷卸しや練上りでは所定のスランプの大きさが相違するため、打込み箇所では所要の充てん性を確保するためには、練上り時あるいは荷卸し時において打込み箇所のスランプよりも大きなスランプで品質管理することになる。しかし、例えばスランプの大きさによって最適な細骨材率が異なるように、厳密には、打込み、荷卸し、練上りのいずれの時点も想定して配合設計を行うかによって、適切な配合も異なる。^{施)}

このガイドラインでは、打込み箇所において最適な充てん性となるように配合設計を行うことを基本とする。ただし、場外運搬や時間経過にともなうスランプの低下が大きい場合や特にポンプ圧送で場内運搬する場合のスランプの低下が大きく見込まれる場合で、所定の打込みの最小スランプに対して練上りや荷卸しの目標スランプが相当に大きくなるのが予想される場合には、製造時や現場までの運搬にともなう材料分離、さらには場内運搬における管内閉塞等のポンプ圧送性の低下を生じないように適切な配合を定める必要がある。このような場合には、製造管理や品質管理、荷卸し箇所の受入れ検査で支障が生じないように、練上りあるいは荷卸しの目標スランプにおいて良好なワーカビリティを有するコンクリートとなるように配合を定めるのがよい。なお、レディーミクストコンクリートを用いる場合には、打込みの最小スランプを満足する

荷卸しの目標スランプを定め、従来と同様にこの荷卸しの目標スランプを指定スランプとするのがよい。

打込みの最小スランプは、構造条件として部材の種類や寸法や補強材（鉄筋、鋼材）の配置等を考慮し、打込み方法（落下高さ、打込みの1層の高さ）や締固め方法（振動機の種類、挿入間隔、挿入深さ、振動時間、締固め作業高さ）に基づき、これらの条件を考慮して設定するものとする。解説表6.3.1に示す標準的な運搬・打込み・締固めが行われる場合を前提として、土木学会2007年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕では解説表6.3.2～6.3.6を示している。また、場内運搬としてポンプ圧送を行う場合には、圧送にともなうスランプの低下を考慮して、解説表6.3.7に示す圧送条件、最小スランプ、環境条件等の諸条件に応じたスランプの低下量を見込むのがよいとしている。なお、これらの表には締め固め作業高さが3mを超える場合も示してあるが、可能であれば打込み箇所のすぐ近くで締固め作業を行うのが望ましく、作業高さが3m以上となる場合は施工計画の見直しを行うか別途適切な方法で確認して用いるのがよい。

解説表6.3.1 このガイドラインで対象とする標準的な運搬・打込み・締固め条件

作業区分	項目	標準	
運搬	現場までの運搬方法	トラックアジテータ車	
	現場内での運搬方法	コンクリートポンプ	
打込み	自由落下高さ（吐出口から打込み面までの高さ）	1.5m以内	
	一層当りの打込み高さ	40～50cm	
	許容打重ね 時間間隔	外気温 25 以下の場合	2.5 時間
		外気温 25 を超える場合	2.0 時間
締固め	締固め方法	内部振動機	
	挿入間隔	50cm 程度	
	挿入深さ	下層のコンクリートに 10cm 程度	
	一箇所当りの振動時間	5～15 秒	

解説表6.3.2 スラブ部材における打込みの最小スランプの目安（cm）^施

鋼材量 ¹⁾ (kg/m ³)	鋼材の最小あき ¹⁾ (mm)	コンクリートの 投入間隔 ²⁾	締固め作業高さ		
			0.5m未満	0.5m以上～1.5m未満	3m以下
100～150	100～150	任意の箇所から 投入可能	5	7	-
		2～3m	-	-	10
		3～4m	-	-	12

1) 鋼材量は100～150kg/m³、鉄筋の最小あきは100～150mmを標準とする。

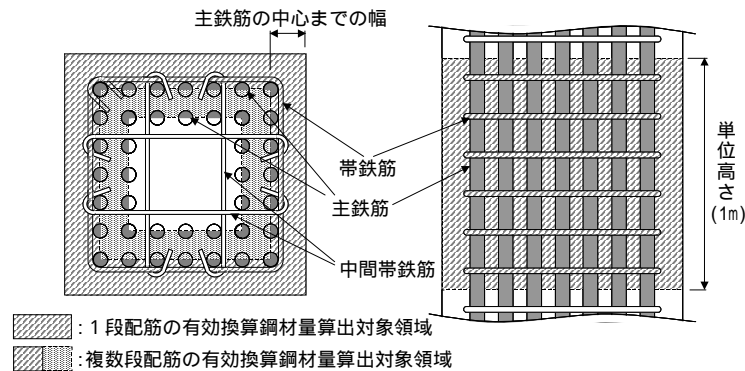
2) コンクリートの落下高さは1.5m以下を標準とする。

6章 施工

解説 表 6.3.3 柱部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) 施)

かぶり近傍の有効換算鋼材量 ¹⁾	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上～5m 未満	5m 以上
700kg/m ³ 未満	50mm 以上	5	7	12
	50mm 未満	7	9	15
700kg/m ³ 以上	50mm 以上	7	9	15
	50mm 未満	9	12	15

1) かぶり近傍の有効換算鋼材量は、下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量を表す。



解説 表 6.3.4 はり部材における打込みの最小スランプの目安 (cm) 施)

鋼材の最小あき	締固め作業高さ ¹⁾		
	0.5m 未満	0.5m 以上～1.5m 未満	1.5m 以上
150mm 以上	5	6	8
100mm 以上～150mm 未満	6	8	10
80mm 以上～100mm 未満	8	10	12
60mm 以上～80mm 未満	10	12	14
60mm 未満	12	14	16

1) 締固め作業高さ別の対象部材例

- ・0.5m 未満：小ばり等，0.5m 以上 1.5m 未満：標準的なはり部材，1.5m 以上でブーム等。
- ・40mm 程度の棒状バイブレータを挿入でき，十分に締め固められると判断できるか否かに基づいて打込みの最小スランプを選定する。
 - () 十分な締固めが可能であると判断される場合は打込みの最小スランプを 14cm とする。
 - () 十分な締固めが不可能であると判断される場合は，高流動コンクリートを使用する。
- ・スランプが 21cm を超えるような場合，所要の材料分離抵抗性を確保し密実に充てんするために，高流動コンクリートを使用するのがよい。

解説 表 6.3.5 壁部材における打込みの最小スランプの目安（cm）^{施)}

鋼材量	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3m 未満	3m 以上～5m 未満	5m 以上
200kg/m ³ 未満	100mm 以上	8	10	15
	100mm 未満	10	12	15
200kg/m ³ 以上 ～ 350kg/m ³ 未満	100mm 以上	10	12	15
	100mm 未満	12	12	15
350kg/m ³ 以上	-	15	15	15

解説 表 6.3.6 PC 部材における打込みの最小スランプの目安^{施)}

打込み場所	平均鉄筋量 ¹⁾	呼び強度の目安	打込みの 最小スランプ
内ケーブルを主体とした PC 上部工の主桁 ³⁾	120kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 250kg/m ³ 程度未満)	36 または 40	7
	120kg/m ³ 以上 140kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 250～300kg/m ³ 程度未満)		9
	140kg/m ³ 以上 170kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 300～350kg/m ³ 程度未満)		12
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 350～400kg/m ³ 程度未満)		15
	200kg/m ³ 以上 (RC 換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)		-
	170kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 350kg/m ³ 程度未満)	50	12
	170kg/m ³ 以上 200kg/m ³ 未満 (RC 換算 ²⁾ 350～400kg/m ³ 程度未満)		15
	200kg/m ³ 以上 (RC 換算 ²⁾ 400kg/m ³ 程度以上)		-
T 桁橋の横桁および間詰床版	-	30	7
上記以外の間詰床版	-	30	5
高密度配筋部を含む部材 ⁴⁾	300kg/m ³ 以上 (RC 換算 ²⁾ 500kg/m ³ 程度以上)	-	-

1)平均鉄筋量は、1 回に連続してコンクリートを打ち込む区間の鉄筋量をコンクリートの体積で除した値。

2)RC 換算鉄筋量は、シースの全断面を鉄筋断面として換算した場合の参考値。

3)主桁は中空床版橋上部工を含む。ただし、PRC 橋は PC 鋼材が少なく、鉄筋量が多いため、鉄筋量をもとに標準値を定めるのは適切でない場合が多いことから、本表の対象外とする。

4)高密度配筋部とは、斜張橋や外ケーブル構造の定着部付近等、特に鉄筋量の多い部材をいう。

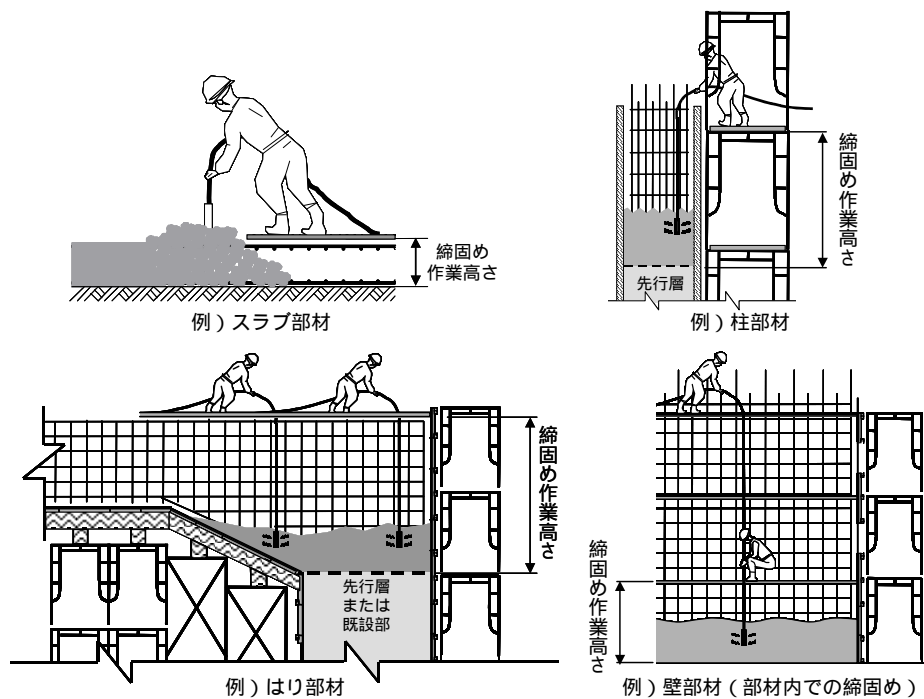
解説 表 6.3.7 施工条件に応じたスランブの低下の目安^{施)}

施工条件	スランブの低下量	
	最小スランブが 12cm 未満の場合	最小スランブが 12cm 以上の場合
ポンプ圧送距離 (水平換算距離) 150m 未満 (バケツ運搬を含む)		
150m 以上 300m 未満	1cm	
300m 以上 500m 未満	2cm ~ 3cm	1cm
500m 以上	既往の実績または試験施工の結果に基づき設定する	

参考として、日平均気温が 25 を超えるとき(暑中コンクリートとしての取扱いが必要なとき)は、上記の値にさらに 1cm を加えたスランブの低下を見込むとよい。

ここで、締固め作業においては、作業員が型枠内にてコンクリートの打込み面近くで締固め作業を行える場合、あるいは型枠内に入れずコンクリート打込み面から比較的離れた位置での締固め作業を余儀なくされる場合等、部材断面や配筋密度の程度によって締固め作業の状況が異なり、その状況ごとに施工の難易度も異なる。一般的に、コンクリートを打ち込む際の 1 層あるいは 1 リフトの高さを指す用語として「打込み高さ」が用いられるが、このガイドラインでは、一般的に用いられている打込み高さとは、締固め作業の難易度に関連する作業高さを区別することとし、解説 図 6.3.2 に示すように、作業員の足元の位置から、型枠下端あるいは既設コンクリートの上面までの高さを「締固め作業高さ」と定義した。

なお、締固め作業高さに応じた打込みの最小スランブの設定にあたっては、事前に、打込み位置や箇所、締固め作業高さや内部パイプレータの挿入間隔、1 回当たりの打込み高さや打上り速度等の施工方法について十分に検討し、施工のできる範囲内でできるだけスランブが小さくなるようにするのが前提である^{施)}。

解説 図 6.3.2 締固め作業高さの一例^{施)}

以上のことを考慮して定めた最少スランブに対して、材料分離抵抗性が確保できるよう細骨材率、単位粉体量を定めることになる。解説 表 6.3.1～6.3.6 に示した施工条件における最小スランブの値は 15cm 以下であり、この程度のスランブであれば一般的な品質の骨材を用いた場合、細骨材率を多少増やすことで所定の材料分離抵抗性が確保される場合が多い。しかし、品質のよくない骨材しか入手できない場合や温度ひび割れ抑制のために単位セメント量を極端に抑えた場合などでは、十分な材料分離抵抗性が確保できないことも考えられる。そのような場合には、石灰石微粉末、高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどを使用し、ある程度の単位粉体量を確保することも一つの対策である。

6.3.3.2 ポンプ圧送性

- (1) コンクリートポンプでコンクリートを圧送する場合には、フレッシュコンクリートは、作業に適するスランブを有していなければならない^{施)}。
- (2) 圧送管内で閉塞が生じないように、適度なポンプ圧送時の分離抵抗性を確保しなければならない^{施)}。

【解 説】 ポンプによる運搬を行う場合には、管内で閉塞を起こすことなく、計画された圧送条件の下で所定の圧送量を確保できることが必要であり、圧送前後でフレッシュコンクリートの品質が大きく変化しないことが望ましい。本来はこのような条件を満たすためには、コンクリートの性能を変更するだけでなく、ポンプの種類、圧送管の径、圧送距離などの施工条件の変更も検討して、総合的に適切な条件を決定すべきである。また、フレッシュコンクリートの性状は、製造出荷から現場までの運搬、現場内での運搬、打込みおよび締固め作業に至る一連の作業を通して変化する。特にポンプ圧送による現場内運搬を行うとスランブの低下が大きくなる場合があるので、適切なワーカビリティを有し、打込みに必要な充てん性を確保できるように、圧送にともなうスランブの低下を適切に見込んだ配合を選定する必要がある。ポンプ圧送にともなうスランブの低下量は、解説 表 6.3.7 等を参考にして設定するのがよい。^{施)}

ポンプ圧送特有の現象として輸送管内の閉塞がある。まずは輸送管内での閉塞を生じない良好なポンプ圧送性を有する配合を選定したうえで、圧送にともなうスランブの低下を適切に見込む必要がある。単位粉体量（粉体としてセメントのみを用いる場合は、単位セメント量）や細骨材率が小さ過ぎると管内閉塞が生じ易くなるため、特に留意する必要がある。ただし、単位粉体量の増加に伴い、コンクリートの粘性も大きくなり圧送負荷が増大するため、適度なバランスが重要となる。コンクリートのポンプ圧送計画に際しては、「コンクリートポンプ施工指針 [平成 12 年版]」を参照するとよい。^{施)}

良好なポンプ圧送性を確保するためのスランブと単位粉体量は、標準として、スランブ 8～18cm の範囲で単位粉体量 270～300kg/m³ 程度以上が目安となる。骨材の品質等によっては、所定のスランブを得るのに必要な単位水量が過大になる場合もあるため、AE 減水剤や高性能 AE 減水剤等の化学混和剤を適切に用いて単位水量をできるだけ小さくすることが重要である。^{施)}

圧送管内での閉塞を生じない場合、ポンプ圧送性は、一般的に吐出量と管内圧力損失との関係で示すことができ、所要量のコンクリートを効率よく運搬できるか否かの指標とされている^{施)}。

6.3.4 凝結特性

フレッシュコンクリートの凝結特性は、締固め、打重ね、仕上げ等の作業に適するものでなければならない^{施)}。

【解 説】 凝結特性は、コンクリートの締固め、許容打重ね時間間隔、仕上げ時期、型枠に作用する側圧等と関連するものである。暑中コンクリートや寒中コンクリート等では、打込み時期や打込み温度等に応じて、凝結を遅らせたり、早めたりする等、適切な凝結特性とする必要がある。^{施)}

凝結特性は、凝結の始発時間と終結時間で評価されるが、一般のコンクリート構造物の施工においては、JIS A 1147「コンクリートの凝結時間試験方法」による凝結時間が、始発時間 5～7 時間、終結時間 6～10 時間程度であるといわれている。しかし実工事における凝結時間は外気温の影響を強く受け、外気温が 30 以上の場合には、始発時間は 4 時間を切ることがある。さらに、セメントの種類によっても異なり、早強ポルトランドセメントの場合にはさらに早くなる。コンクリートの凝結時間は、混和剤の種類によってある程度制御することは可能であるが、凝結時間に合わせて施工計画や施工方法を検討するのが一般的である。

6.3.5 施工上要求される強度

施工に際しては、必要に応じて、施工時の各段階で必要となるコンクリートの強度発現特性を確認しなければならない。

【解 説】 コンクリートの施工において、施工途中段階の強度の確認が必要になる例として、型枠・支保工の取外しや、プレストレストコンクリートにおける PC 鋼材の緊張等の作業時期を早期に設定する場合等がある。コンクリートの強度発現は、打ち込み温度や環境温度、養生状況に大きく影響されるため、このような場合の強度確認用供試体は構造物と同一の養生条件に置かれたものを用いることが望ましい。

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

6.4 施 工

6.4.1 現場での受入れ・打込み・締固めおよび仕上げ

6.4.1.1 一 般

現場内での受入れ，打込み，締固めおよび仕上げは，所要の品質を有するコンクリート構造物が得られるよう，それぞれ適切な方法を具体的に定めて適切に実施しなければならない。

また，コンクリートの受入れは，コンクリートの施工を円滑に行うために，構造物の種類と形状，コンクリートの種類，納入日時，数量，荷卸し場所，時間当たりの出荷量等を考慮して，コンクリート製造者との協議のうえで実施する。

【解 説】 コンクリートの受入れは，運搬車の配車・運行計画，場内運搬路，場内試験・検査場所，コンクリートの品質検査（荷卸し時のスランプ，空気量，コンクリート温度および単位水量，水セメント比等）などについて定める。配合の中のセメント量，単位水量などの印字記録については，荷卸し時に確認することが望ましいが，現在のところ印字記録を納入伝票に記載できるような設備を設置しているレディーミクスト工場は少なく，実際問題としての対応が難しい。しかし，新しい JIS A 5308 では記録を納入伝票に付けることが義務づけられることになっており，今後そのような体制が整った時点では配合の確認を荷卸し地点で行うこととする。

コンクリートの受入れについて：コンクリートの受入れにあたっては，荷卸し時のスランプ，空気量等を確保し，コンクリートの性状変化が最小限となるように計画しなければならない。すなわち，現場までの運搬経路，運搬に要する時間等の選定に際し，交通渋滞時の状況も考慮して最小の時間で運搬できるルートを選定する。一度に運搬する運搬車の容量，時間当たりの供給量は，構造物の規模，レディーミクストコンクリート工場の供給能力，コンクリートポンプの能力等を考慮して決める。

また工事現場に到着したレディーミクストコンクリートを出来るだけ短時間に使用できるように計画しなければならない。すなわち，コンクリートの荷卸し場所に運搬車が安全かつ円滑に出入りすることができ，荷卸し作業が容易にできるように，運搬車の通路，運搬車を誘導するための誘導員の配置などを計画することが重要である。

コンクリート荷卸し時の品質の確保について：運搬中のコンクリートの性状変化を考慮し，運搬距離と時間に応じて荷卸し時のスランプを確保するためには，練上がり時のスランプを適切に設定することが重要である。レディーミクストコンクリートを用いる場合は，施工者とコンクリート製造者がよく協議することが重要である。また，運搬中にコンクリート温度の上昇が予想される場合には，製造時のコンクリート温度を低く抑えるとともに，運搬時のコンクリート温度の上昇を抑える方法（トラックアジテータのドラムへの散水，ドラムクーリングカバーの使用等）を採用することが望ましい。

6.4.1.2 工場の選定

- (1) 工場の選定に際しては、現場までの運搬時間、コンクリートの製造能力、運搬車の数、工場の製造設備、品質管理状態等を考慮しなければならない^{施)}。
- (2) レディーミクストコンクリート工場は、JIS 認証品を製造する工場のうち、全国生コンクリート品質管理監査会議の策定した統一監査基準に基づく監査に合格した工場から選定しなければならない。

【解 説】 (1)について 工場の選定にあたっては、運搬時間も重要な要因となる。運搬中におけるコンクリートの品質変動を考慮すると、運搬時間はなるべく短い方が良い。また、運搬時間は、搬路の交通状況や天候等により変動するため、変動する時間も考慮しておく必要がある。^{施)} 運搬時間は、JIS A 5308 では練混ぜを開始してから1.5時間以内に荷卸しができるように運搬しなければならないとしている。しかし、練混ぜてから打ち終わるまでの時間は、一般の場合には、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内の条件を満たす工場を基準とする。運搬路の交通規制、渋滞、不測の事態等を考慮すれば、現場までの運搬時間として1時間以内を目標にしなければ、外気温が25℃を超える時期に施工を行うことが難しくなる。ただし、東北地方では、山間部等の運搬により、打ち終わるまでに時間を要する現場が想定される。これらの際には、有識者の意見を取り入れる等の措置を講じ、発注者、施工者の間で入念な協議を行う必要がある。

(2)について レディーミクストコンクリート工場は、製造設備、製造技術、品質管理状態等に差があるのが実情である。^{施)} これらの工場の製造・管理技術を鑑み、レディーミクストコンクリート工場の選定にあたっては、JIS マーク認定工場で、かつ、コンクリートの製造、施工、試験、検査および管理などの技術的業務を実施する能力のある技術者（コンクリート主任技士またはコンクリート技士）あるいはこれらと同等以上の知識と経験を持つ技術者が常駐し、配合設計および品質管理等を適切に実施できる工場（全国品質基準監査会議の策定した統一監査基準に基づく監査に合格した工場等）から選定し、JIS A 5308（レディーミクストコンクリートに適合するものを用いることを標準とした。東北地方ではほとんど全ての地域でこれらの条件を満たすレディーミクストコンクリート工場からの供給が可能と考えられるが、条件を満たす工場からの供給が難しい場合には、配合上で遅延剤などを利用することや品質管理を厳しく行うことなどを検討して対処することが必要となる。

なお、(社)日本コンクリート工学協会が認定した「コンクリート主任技士」の常駐している工場は、現時点では全工場の半分程度であり、土木学会コンクリート標準示方書では「コンクリート主任技士またはコンクリート技士の資格を持つ技術者、あるいはこれらと同等以上の知識と経験を有する技術者が常駐」している工場から選定することとしている。重要構造物ではより耐久的なものとするため、一定以上に品質管理されたレディーミクストコンクリートの納入が求められる。レディーミクストコンクリートの品質は材料、気候ほか種々の要因で変動し得るものであるが、それらの変動を最小限に抑えて安定した品質のコンクリートを継続的に製造するためには「コンクリート主任技士」の常駐している工場から優先して選定するのが望ましい。

6.4.1.3 現場での受入れ

- (1) 現場の受入れは、コンクリートの性状変化が少なく、経済的な運搬が行えるようコンクリートの運搬方法や供給速度などについて定めることとする。
- (2) コンクリートのポンプ圧送にあたっては、コンクリートポンプの機種、台数、設置場所、配管および圧送条件などについて定める必要がある。

【解 説】 (1)について コンクリートの運搬においては、材料分離、空気量の変化、スランプロスなどのワーカビリティの変化ができるだけ少なく、迅速かつ遅滞なく経済的に行えるように、「打込み終了までの時間や運搬距離をできるだけ短くする」ことが基本である。したがって、現場内の受入れにおいては、コンクリートの種類および品質、構造物の種類と形状、打込み場所の条件、打込み時の気候、打込み量、打込み速度、作業の安全性等を考慮して、コンクリートの受入れ方法や供給速度などについて定めなければならない。

コンクリートの現場での受入れ方法には、コンクリートポンプ、バケット、ベルトコンベア、シュート、手押し車等がある。この受入れ方法は、工事規模や施工条件等を考慮して、コンクリートの性状変化ができるだけ少なくなる最も合理的な方法を選定することが重要である。

(2)について コンクリートポンプを用いる場合には、コンクリートの種類および品質、粗骨材の最大寸法、圧送距離、高低差等の条件を考慮し、輸送管径、配管経路およびコンクリートポンプの機種、台数を適切に選定する必要がある。コンクリートはポンプ圧送中にその品質が変化し、また、コンクリートの品質や圧送条件によってはポンプが閉塞することがある。閉塞すると、許容の打重ね時間内の打設が困難になるおそれがあり、コールドジョイントや締固め不良などの初期欠陥の原因になりやすい。これらを防ぎ、ポンプ圧送作業を計画通り進めるためには、事前の試験によりポンプ圧送性を確認することが有効である。また、ポンプ圧送計画を行うにあたっては、「コンクリートのポンプ施工指針 [平成 12 年版]」（土木学会）を参考にするとよい。

コンクリートのポンプ圧送は、ポンプ圧送作業者の技量に大きく左右される。このため、ポンプ圧送作業者は、適切な知識や経験を有している必要があり、コンクリート圧送施工技能士（1 級、2 級）等の資格を有していることが望ましい。特に、ポンプ圧送を停止させた後再開する場合には、コンクリートの温度変化やコンクリートへの圧力の不均一化等の影響により、配管内の閉塞や筒先のコンクリートの品質が変動する可能性が大きい。従って、休憩等により打込み時間間隔が空く場合には、少量のコンクリートを圧送し続けるか、適宜、数ストローク分を排出するインターバル運転を行う等、できるだけ、圧送を中断しない配慮が必要となる。

6.4.1.4 練混ぜから打終わりまでの時間

練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、一般の場合には、外気温が 25 以下のときで 2 時間以内、25 を越えるときで 1.5 時間以内を標準とする。

【解 説】 フレッシュコンクリートの品質は、練り上げてから時間の経過とともに変化するため、運搬、打込みおよび締固めは、なるべく短時間に終わることが望ましい。したがって、現場における各種の条件などを考慮し、各作業の時間を想定して円滑に作業が進められるように計画および管理を行うとともに、フレッシュコンクリートの品質の経時変化を事前に確認しておくことが重要である。練り混ぜてから打ち終わるまでの限度は、コンクリートの配合、使用材料、温度、湿度、運搬方法によって変わるため、これらの条件を考慮したうえで、個々の工事に即した限度を設定するのがよいが、一般の場合、外気温が 25 以下のときで 2 時間以内、25 を越えるときでも 1.5 時間以内が目安となるので、これを標準とした。

6.4.1.5 打込み

コンクリートの打込みは、コンクリートに材料分離やワーカビリティの低下が生じて、打込み作業が中断しないように打込み区画、打込み方法、打込み速度、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所等を考慮して行なわなければならない。

【解 説】 コンクリートの打込みは、コンクリートの供給能力、コンクリートの打込み工程、構造物の形状、打込み能力、型枠、打継目の位置等を考慮し、コンクリートの打込み区画、打込み方法、打込み速度（時間もしくは日あたりの打込み量）、打込み順序、打重ね時間間隔、打込み箇所などについて定めて実施する必要がある。設計で定められた部材の断面形状や鋼材の配置状況は、必ずしも施工の容易さを考慮していないため、通常の方法では打込みが困難な場合がある。例えば、過密配筋の場合には、ポンプの筒先を所定の位置に挿入できるように鉄筋を若干移動させる必要がある。ただし、このような場合には必要に応じて補強筋を配置して欠陥が生じないようにしなければならない。

また、鉄筋によってコンクリートは流動しにくくなるとともに、流動の過程でモルタルと粗骨材が分離しやすくなるので、打込み箇所の間隔を狭くすることも必要になる。コンクリートの打込み高さが高い構造物の場合では、型枠に振動機の挿入口を兼ねたコンクリートの投入口を設けて、打込み状況を目視できるようにする方法もある。

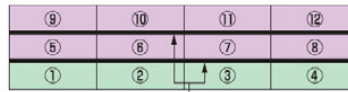
打込み面積が広い場合には、打重ね時間間隔が確保できるように、打上げ高さ、打込み速度を考慮して、コールドジョイントの防止に留意する必要がある。解説 図 6.4.1 にコールドジョイントの発生を抑える一例を示した。

●コールドジョイントの発生を抑える方法

図は計12ブロックを3層に分けて打ち重ねる際の断面図。いずれのパターンも丸数字の順に、30分ごとに打設していく。

[ケース1]

配管上下移動回数3回
全てのブロックで打ち重ねまでの時間が2時間となり、8箇所全ての水平打継ぎ部でコールドジョイントの発生する危険性が高い。



コールドジョイントの発生確率大

[ケース2]

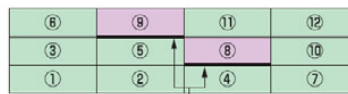
配管上下移動5回
上のケースに比べ配管を上下移動する回数は少し増えるが、打ち重ね間隔が2時間となる水平打継ぎ部は4箇所になり、コールドジョイントの発生する危険性は半分になる。



コールドジョイントの発生確率大

[ケース3]

配管上下移動9回
上の2ケースに比べ配管を上下移動する回数は増えるが、打ち重ね間隔が2時間となる。水平打継ぎ部は2箇所になり、コールドジョイントの発生する危険性は最も小さくなる。



コールドジョイントの発生確率大

解説 図 6.4.1 コールドジョイントの発生を抑える方法の一例^{d)}

コンクリートの打込み区画について：コンクリート打設は、一区画内の打込みが終了するまで連続して打ち込まなければならない。また、均等質なコンクリートを得るためには、一区画内で一体化できるようにコンクリートを打ち込み、一様に振動締固めをすることが必要である。したがって、コンクリートの打込み区画は、打込み速度や締固め能力を考慮して定める必要がある。部材寸法が大きい構造物におけるコンクリートの打込み区画に関しては、温度ひび割れの抑制にも留意しなければならない。

コンクリートの打込み速度について：コンクリートの打込み速度は、コンクリートの供給能力およびポンプ圧送能力によって支配されるが、締固めが十分にでき、かつ型枠に作用する圧力が過大とならない範囲に定める必要がある。時間当たりの打設量の目安は、橋台・橋脚やボックスカルバートのような構造を有する構造物では、ポンプ車1台につき30m³程度が、縦横の梁などを有する高架橋や水処理施設などのようなやや複雑な構造を有する構造物では、ポンプ車1台につき10m³が目安となる。したがって、打設時間を6時間程度とし、ポンプ車1台で1日の打設量の上限は60～180m³程度とするのがよい。また、1回の打設高さは3m以内とし、沈下収縮によるひび割れ防止の観点からは1～1.5m/30分程度、型枠の荷重計算からは1～1.5m/60分程度以内で打上げていくのがよい。

なお、コンクリート打設における人員配置計画については、資料 -3 を参考にされたい。

コンクリートの打重ね時間間隔について：コンクリートを2層以上に分けて打ち込む場合、下層のコンクリートが固まり始めているときに、そのまま上層コンクリートを打ち込むとコールドジョイントができるおそれがある。したがって、コンクリートの打重ね時間間隔は、コンクリートの種類および品質、練混ぜ開始から打込み終了までの経過時間、コンクリートの温度、締固め方法等の影響を考慮して設定し、できる限り短い打重ね時間間隔となるように管理することが大切である。なお、打重ね時間間隔の上限を解説 表 6.4.1 に示すのでこれを参考にするとよい。解説 表 6.4.1 に示された値は、土木学会コンクリート標準示方書では「標準」の値として載っているものであるが、コールドジョイントを防ぐことの重要性からこのガイドラインではこれを「上限」として厳しく守ることとした。しかし、コンクリ

ートの凝結時間はセメントの種類や温度によって大きく影響を受けるため、早強ポルトランドセメントを用いる場合やコンクリート温度が 30 を越えるような場合には、より短い打重ね時間間隔で施工することが必要である。

解説 表 6.4.1 打重ね時間間隔の上限

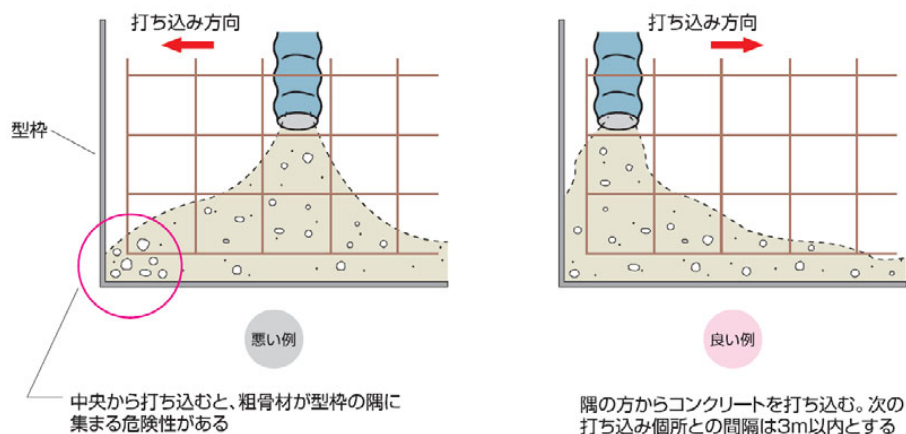
外気温	打重ね時間間隔
25 以下	2.5 時間
25 を超える	2.0 時間

2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕（土木学会）より
 注1) 打重ね時間間隔とは、下層のコンクリートの打込み・締固めが完了した後、静置時間をはさんで上層のコンクリートが打ち込まれるまでの時間である。
 注2) 練り混ぜから打ち込みまでの時間が1時間としたときの標準的な値である。

コンクリートの打込み順序について：広い平面へのコンクリートの打込み順序は、コンクリートの供給源より遠い端から手前に向かって打ち込み、一度打ち込んだコンクリートうえで運搬や打込み作業が行われないようにする必要がある。壁や梁のコンクリートを打ち込む際には、分離した粗骨材が隅角部に集中しないような配慮が必要である。

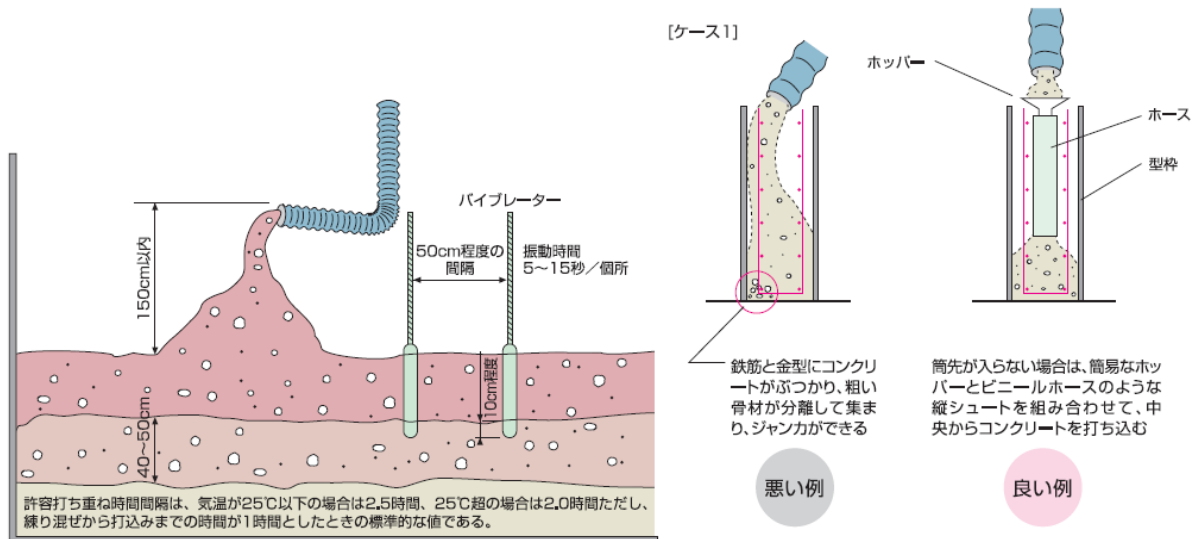
橋梁の桁や床版のコンクリートを打ち込む場合には、支保工の沈下や変形の影響を考慮して打込み順序を定める必要がある。

コンクリートの打込み箇所について：コンクリートを横移動させると、骨材とモルタルが分離する可能性があるため、打ち込みの間隔は 3m 程度以下を目安とするのがよい。1 層の打込み厚は、厚いと下の部分は振動機で十分に締め固められず、ジャンカなどが発生する危険性が増す。したがって、締め固めに内部振動機を用いる場合は、1 層の厚さを 40～50cm 以下にする。どこから打ち込み始めるかも重要な事項である。できるだけ型枠の端部から中央に向かって打込むとともに（解説 図 6.4.2 参照）、既に打ち込んだコンクリートに支障を与えないように、打ち込み区画のなかで運搬距離の遠い場所から打ち込みを始め、近い場所で終了することが基本となる。また、打込み作業によって鉄筋の配置や型枠を乱すおそれがあるので、これらも考慮して打込み箇所を定める必要がある。



解説 図 6.4.2 コンクリートの打込み方向^{d)}

コンクリートの打込み高さについて：コンクリートの打込みにおいて、高い位置からコンクリートを自由落下させると、粗骨材が分離し、コンクリートの充てん不良が発生しやすくなる。したがって、コンクリートの打込みの際は、できるだけ低い位置からコンクリートを落下させることが基本である。土木学会コンクリート標準示方書では、コンクリートの自由落下高さを 1.5m 以下と規定しているが、構造物の種類や形状によってはこの値でも十分でない場合がある。したがって、打込み作業にあたっては、粗骨材が分離しない適切な落下高さを設定する必要がある。

解説 図 6.4.3 コンクリート打込み高さ^{d)}解説 図 6.4.4 筒先が入らない場合の打設例^{d)}

また、鉄筋の間隔が狭く、鉄筋の間にフレキシブルホースが入らない場合もある。その場合は解説 図 6.4.4 のように、簡易なホッパーとビニールホースなどを組み合わせたり、フレキシブルホースの先端にビニールホースを緊結して打ち込んだりする方法がある。このように、できるだけ低い位置からコンクリートを打ち込み、鉄筋や型枠に当たらないように工夫することが大切である。

コンクリートの打設中に、まだ打込みを予定していない箇所の鉄筋や型枠に誤ってコンクリートが付着することがある。これらは見栄えの悪さ以外に、鉄筋とコンクリートの付着に支障が出るのが予想されるため、打設前に取り除き洗浄しなければならない。



写真 6.4.1 打設前の型枠や鉄筋の清掃状況

6.4.1.6 締固め

- (1) 締固めは、締固め方法、振動機の種類・台数、要員数等について事前に検討してから実施する。
- (2) コンクリートの締固めは、内部振動機を用いることを原則とし、打ち込んだコンクリートに一樣な振動が与えられるように、あらかじめ振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を定めておく必要がある。

【解説】 (1)について コンクリートの締固めは、コンクリートを密実にするとともに鉄筋、埋設物との付着をよくし、型枠の隅々までコンクリートをゆきわたらせるために行うものであり、打込み作業の良否を決める重要な作業である。締固めが不十分な場合にはコンクリートの充てん不良やコールドジョイントなどの不具合が発生することも少なくない。また、締固めを過度に行うと材料分離や砂すじの発生などの不具合が生じる。したがって、コンクリートの締固めにおいては、構造物の種類と形状、コンクリートの供給速度、打込み方法、打込み能力、締固め能力、打込み速度等を考慮して、締固め方法、振動機の種類・台数、要員数等を適切に定めなければならない。過密配筋の場合には、締固め速度を考慮した打込みを行うことが重要である。また、そのような場合には、振動機の種類や必要台数を適切に選定する必要がある。高さが高い構造物へのコンクリートの打込みにおいて、型枠にコンクリート投入口を設ける場合には、これを利用して締固め作業ができるようにするとよい。目視が困難な部位では、必要に応じて、透明型枠や充てん感知センサーを活用することも有効である。

コンクリートの締固めについて：コンクリートの締固めの良否は、型枠脱型後のコンクリートの検査（部材の位置・寸法、表面の仕上り状態、仕上りの平坦さ、打込み欠陥部の有無、外観など）において、充てん不良、コールドジョイントなどの不具合の発生状況で判断されるのが一般的である。したがって、コンクリートの締固めを行うにあたっては、事前に適切な施工計画を作成するとともに、作成した計画通りに施工が行われていることを確認することが重要である。

コンクリートの締固め状況の確認方法について：現在、施工中にコンクリートの締固めが十分に行われたことを判断するための方法としては、目視確認が一般的である。すなわち、打込みおよび締固め作業は目視確認ができるような作業を行うことが重要である。また目視以外の確認方法としては、充てん感知センサーを用いる方法等の検討が行われているが、現段階では十分に確立されていない。今後、施工中の締固めの良否を的確に判断し、コンクリート構造物に発生する施工欠陥を少なくするためにはこれらの技術の確立が望まれる。

その他：コンクリートの打込みによる材料分離を防止し、締固めを十分に行ったにもかかわらずコンクリートに充てん不良が発生した場合は、施工条件に適したコンクリートのスランプを再度検討し直す必要がある。場合によっては高流動コンクリート等の使用を検討する必要がある。なお、従来の方法では適切な対処が困難な場合は、高度な知識や経験を有する専門評価機関を交えた協議を行い、改善策を検討する必要がある。

(2)について コンクリートの締固め方法としては、突固め法、型枠たたき法、振動法があるが、一般に土木工事では振動法が採用されている。振動法に用いる振動機の種類には、コンクリート内部に直接振動を与える内部振動機、型枠の外から振動を与える型枠振動機、コンクリート表面に直接振動を与える表面振動機

などがある。振動機は、その種類によって性能や特徴が異なるので、対象とする工事に最も適した振動機を使用することが重要である。以下にそれぞれの振動機の種類と特徴を示すので、振動機を選定する際の参考にするとよい。

内部振動機・・・コンクリート中に振動機を挿入して直接コンクリートに振動を与えるもので、広く一般的に使用されている。機種および型式も多くあるが、通常振動数は7000～12000rpmのものが多い。内部振動機は、振動機と原動機との結合方式により、フレキシブル型、直結型、内蔵型などに分けられる。

型枠振動機・・・型枠外部に取り付けるか、あるいは手で押しつけてコンクリートに振動を与える装置で、コンクリート製品、建築物の壁、内部振動機の挿入が困難な箇所等に用いられる。

表面振動機・・・コンクリート打込み厚さが比較的薄く、施工面積が広い場合などにコンクリート表面より振動を与えて締固め、表面を平滑にするために用いる。振動版の大きさ300×1200～1500mm、振動数3500～5000rpm、重量90～120kg程度のもので一般的である。

内部振動機を用いるにあたっては、事前に内部振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を適切に定めておく必要がある。振動機の振動影響範囲は解説表6.4.2に示すように棒径60mmのバイブレータを用いた場合でもせいぜい50cm程度であり、スランブ10cm程度のコンクリートの場合には振動影響範囲は20～35cmである。これらのことを考慮するとバイブレータの挿入間隔は50cm程度とすることが望ましい。しかし近年、鉄筋の過密配筋によりバイブレータの挿入間隔が必ずしも50cm程度を確保できないような配筋もあるが、そのような場合には鉄筋の組立時からコンクリート打込み・締固め方法の留意点を考慮し計画することがよい。

解説表 6.4.2 振動機の振動影響範囲^{d)}

バイブレータの種類				振動影響範囲 (cm)		
分類	棒径 (mm)	振動数 (rpm/Hz)	振幅 (mm)	スランブ (cm)		
				15	10	5
小型	38	8000/133	2～3	15	12	10
大型	60	8000/133	1.8～2.0	25	20	17
	60	12000/200	0.2～1.5	50	35	22

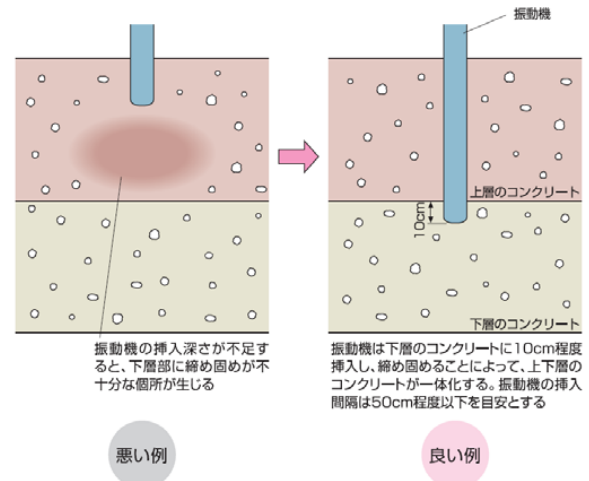
（資料：大島・亀田・毛見・平賀「高強度コンクリートの打込み振動効果に関する実験的研究」
日本建築学会関東支部第39回学術研究発表会）

過度な振動は材料分離を起こしてしまう可能性がある。締固めの時間は、コンクリート表面の沈下が認められなくなって表面がほぼ水平になった状態や、表面にセメントペーストが浮き上がり、光沢が現れた状態までとする。この時点では内部に巻き込まれた気泡が抜け出すのが収まるので、気泡の出る状態からも締固めを終えるタイミングを判断することができる。振動時間は、スランブによって異なるが、一般に1箇所あたり5～15秒が目安である。

土木学会コンクリート標準示方書には、コンクリートを2層以上に分けて打ち込む場合、振動機の挿入深さは下層のコンクリート中に10cm程度挿入すること、挿入間隔は一般に50cm以下とすること等を定めている。したがって、これらの値を参考に挿入間隔、振動時間等を適切に定めることが必要である。また、コン

クリートを2層以上に分けて打ち込む場合については、締固めを通常よりも入念に行うことが重要である。

鉄筋の結束がゆるい場合や振動機が鉄筋に当たった場合は、鉄筋が揺れ動き、周囲に水の多いモルタル分が集まることで、コンクリートとの付着力が損なわれる場合がある。また、振動機を速く抜くと抜き跡が残るため、ゆっくりと鉛直に引き抜かなければならない。



解説 図 6.4.5 振動機を使う場合の留意点⁹⁾

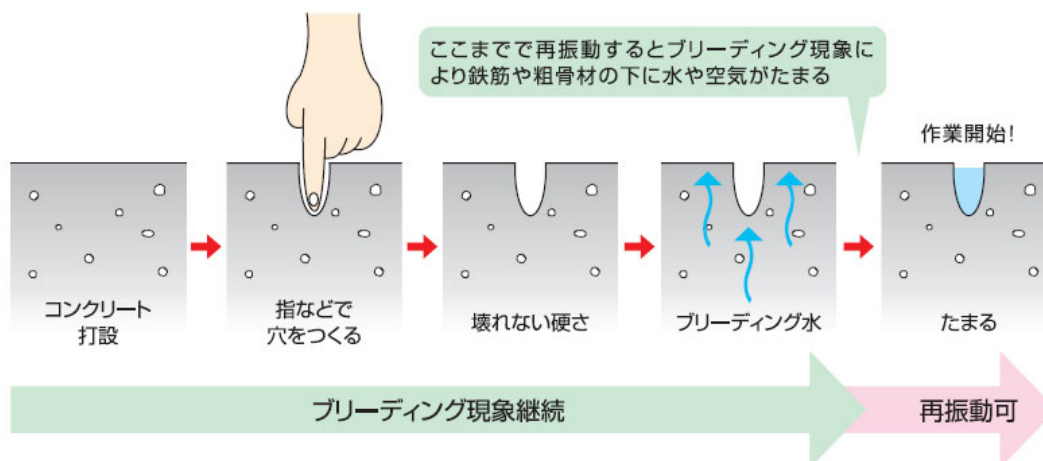
6.4.1.7 仕上げ

仕上げは、コンクリートの凝結時間などを考慮して、所定の形状寸法および表面状態が得られるように、仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて定めてから実施しなければならない。

【解 説】 コンクリートの仕上げは、コンクリート部材の形状寸法や表面の平坦さが所定の許容誤差範囲内におさまるように、また、良好な表面状態になるように、仕上げ時期、仕上げ工事に用いる器具などについて定めてから実施する必要がある。ここで、良好な表面状態とは、コンクリート表面が堅牢で、かつ組織が密実であり、コンクリート表面に、ひび割れ、気泡、凹凸、すじ、豆板、色むら等の不測の欠陥部が少ないことを示すものである。所要の性能を有する表面状態を実現するためには適切な技量を有する仕上げ作業者を選定することも重要である。

コンクリートの表面仕上げに用いる器具について：コンクリートの表面仕上げは、木ごてを用いて荒仕上げをした後、金ごてを用いるのが一般的である。ただし、床版のように仕上げ面が広い場合には、タンバ類の仕上げ機械を用いるのがよい。

コンクリートの仕上げ時期について：コンクリートの打上り面の仕上げは、締固めの後、所定の高さおよび形状寸法に均し、表面に浮き出たブリーディング水が消失した後に行う。コンクリートの仕上げ時期は、早すぎるとブリーディング水の影響を受け、コンクリートの沈降によるひび割れの発生や仕上げ面の下部にブリーディング水が集まることによって表面部分が剥離するなど、様々な初期欠陥の発生につながる。また、表面仕上げの時期が遅すぎると手間がかかり、所定の高さに均しができないなど、適切な仕上げができないことになる。仕上げ時期を逸すると、結果として不具合を生じさせる可能性が高くなる。なお、土木学会コンクリート標準示方書では、金ごてをかける適切な時期として、「コンクリートの材料、配合、天候、気温等によって異なるが、指で押してもへこまない程度に固まったときを目安にするのがよい」と示されている。

解説 図 6.4.6 再振動の時期^{h)}

再仕上げについて：仕上げ作業後，コンクリートが固まり始めるまでに発生したひび割れは，タンピングや再仕上げによって修復しなければならない．また再振動を行う場合には，土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕7.5(6)に従い，コンクリートの品質の低下を招かないように注意して行う必要がある．

6.4.2 養生

- (1) コンクリートの養生においては，完成した構造物における強度，耐久性その他の要求される品質が確保されるよう，施工環境条件に応じて打込み後の一定期間コンクリートの水和反応に必要な温度および湿度に保ち，有害な作用の影響を受けないようにしなければならない．
- (2) 凍害を受けるおそれのある場合および外部から塩化物が浸透するおそれのある場合には，コンクリートの養生を十分行うとともに，膜養生を併用することが望ましい．
- (3) コンクリートは養生期間中に予想される振動，衝撃，荷重，海水などの有害な作用から保護しなければならない^{施)}．

【解説】 (1)について 養生は，打込みが終了したコンクリートが水和反応により十分に強度を発現し，所要の耐久性，水密性，鋼材を保護する性能等の品質を確保し，有害なひび割れが発生しないようにするために，打込み後のある期間，コンクリートを適切な温度のもとで湿潤状態に保ち，かつ有害な作用を受けないようにコンクリートを保護することである．

寒中や暑中など特別な場合以外の一般的な条件下における養生では，セメントの水和反応が十分進むよう湿気を与えることが最も大切であり，単に養生といえばコンクリートに十分な水分を供給することを意味する場合が多い．セメントが水に接すると水和して水和物を生成し硬化する．しかし水の供給が停止すると，コンクリート表面から急速に乾燥してセメントペースト中の水がなくなり水和はほぼ停止する．この結果，コンクリートの強度増進も停止し水密性が著しく低下する．水和反応は硬化の初期に最も活発であり，その時期に十分な水分を供給できるよう湿潤状態に保つことによって，セメントの水和反応が進行し，強度や耐

久性などのコンクリートの品質を確保することができる。

湿潤養生の開始時期は、コンクリート表面を荒らさないで作業ができる程度に硬化した状態になった時点が適当である。湿潤養生としては、コンクリートの露出面を養生用マット、布等をぬらしたもので覆う方法や散水、湛水等により直接コンクリート表面を湿潤状態に保つ方法などがある。型枠のせき板で覆われている面は一般に水分の逸散が少ないと考えられるが、合板などの木材をせき板に用いる場合は気象条件によってはせき板が乾燥するので、せき板に散水するなどの対策が必要である。

湿潤養生の必要期間は構造物の種類、セメントの種類、施工条件、環境条件などを考慮して定めることが基本となるが、標準的な日数として土木学会コンクリート標準示方書には解説 表 6.4.3 が示されている。

解説 表 6.4.3 湿潤養生期間の標準^{施)}

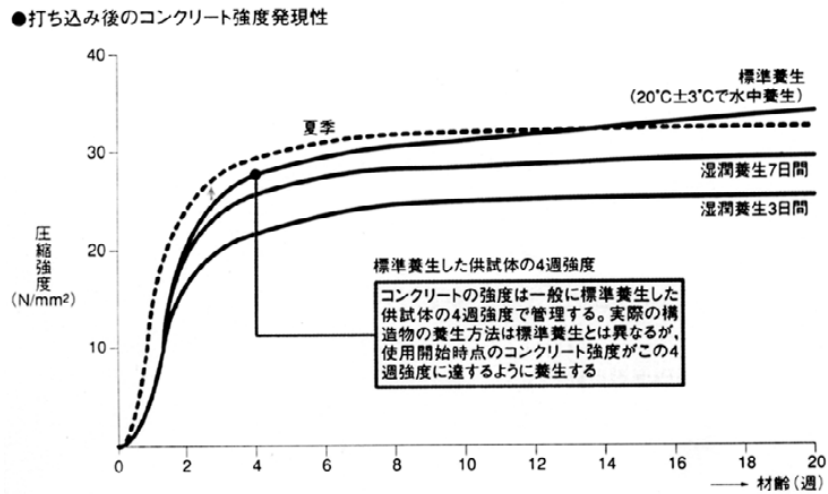
日平均気温	普通ポルトランドセメント	混合セメント B 種	早強ポルトランドセメント
15 以上	5 日	7 日	3 日
10 以上	7 日	9 日	4 日
5 以上	9 日	12 日	5 日

一般的なコンクリート工事においては、この湿潤養生期間と型枠存置期間との違いをしっかりと認識しておく必要がある。型枠を取り外した時点で養生期間が終了したと判断しているケースが多く認められるが、コンクリート構造物の長期的な耐久性の向上や脱型直後に発生するひび割れの抑制には、型枠存置期間とは関係なく、必要とされる期間にわたって湿潤状態を保つことが極めて重要である。したがって型枠存置期間を湿潤養生日数と同じにできない場合、すなわち湿潤養生日数に満たない期間で型枠を取り外す場合には、構造物全体をシートで覆ったり膜養生を行うなど、その後も湿潤状態を保つことが必要である。

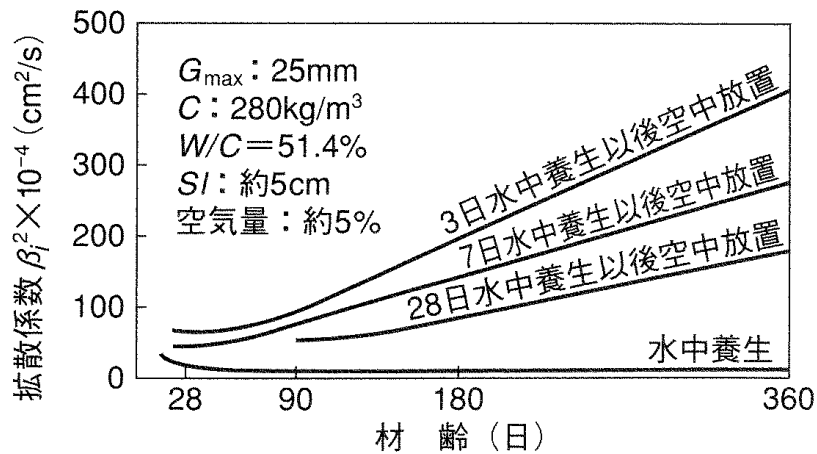
(2)について コンクリート構造物の耐久性にとって最も重要な要素は、表面部分のコンクリートの品質である。したがって凍害を受けるおそれのある場合あるいは外部から塩化物が浸透するおそれのある場合には特に長期の養生が必要となる。すなわち、十分な湿潤養生を行ったのちにも膜養生等を行って十分な品質を確保しなければならない。寒中施工の場合には、6.4.6 の項に従わなければならない。

【参 考】 初期養生の重要性について

材齢の初期において、コンクリート表面から乾燥すると、内部のコンクリートからも水が表面に移動し、この水が外に出てしまう結果となり、水和反応に必要な水が表面に近いほど不足することになる。断面の厚い部材においては、コンクリートの表面から与える水が内部まで浸透することはないので、養生水は表面部分のコンクリートの乾燥を防止することが目的である。したがって、乾燥が進むことが予測される場合には、水を補給または維持する行為が必要となる。参考 図 6.4.1 は、湿潤養生期間とコンクリートの強度の関係を示したものである。施工現場の工程上の都合から早期に湿潤養生をやめると、その後の強度の伸びは低下し、長期強度は終始湿潤養生したコンクリートとは大きな差が生じることになる。また、十分な水分の供給は、コンクリートの組織を緻密にし、その結果水密性を向上させる。これはコンクリート内部への劣化因子の侵入を遅らせることにつながり、長期強度だけでなく耐久性をも向上させることになる。参考 図 6.4.2 に湿潤養生期間とコンクリートの水密性の関係を示した。



参考 図 6.4.1 湿潤養生期間とコンクリートの強度発現^{d)}



参考 図 6.4.2 湿潤養生期間とコンクリートの水密性ⁱ⁾

(3)について まだ十分に硬化していないコンクリートは、衝撃や過大な荷重、振動などによって、ひび割れなどの損傷を受けやすいので、その上に材料等を置いたり重量物を落下させたりしないようにすることが必要である。有害な作用には、このほかにも打込み作業中の降雨、養生用水の水質、給熱養生用ヒータの過熱、海水、箱抜き内に溜まった水の凍結による膨張などがあげられる。若材齢のコンクリートの性質をよく理解したうえで、これらの有害な作用が生じないようにするか、もしそれが避けられないとすれば、コンクリートがその影響を受けないように保護する必要がある。(施)

6.4.3 継目

- (1) 継目は、設計図書に示した構造とし、所定の位置に設けなければならない^{施)}。
- (2) 設計で定められていない継目を設ける場合には、構造物の強度、耐久性、水密性および外観を損なわないように、その位置、方向および施工方法を施工計画書で定めなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について コンクリートの継目には、コンクリートの打ち継ぎによって生じる新旧コンクリートの境目である打継目、温度や湿度によるコンクリートの伸縮をある程度許容することにより、変形によってコンクリート内に発生する応力を軽減する伸縮継目、変形の拘束により発生するひび割れをあらかじめ定めた位置に集中させる目的で設けるひび割れ誘発目地がある。これらの継目は構造物の強度、耐久性および外観に大きな影響を及ぼす。特に地震時には構造物の弱点となることもあり得るので、注意をして施工しなければならない。また積雪寒冷地域の場合、打継目が弱点となり、凍害や凍結防止剤による塩分浸透による鉄筋腐食や凍害の助長の原因になることが予想される。従って、構造物の耐久性を確保するため、十分な強度および水密性を有する打継目とすることに十分に配慮しなければならない。

(2)について 設計で定めた位置あるいは構造とは異なる継目を設ける場合には、設計者と協議し、構造物に要求される性能を満足することを確かめ、その位置、方向、構造および施工方法を施工計画書に定める^{施)}。

打継目はせん断力に対して弱点になりやすい。したがって打継目はできるだけ、せん断力の小さい位置に設けること、打継面を部材の圧縮力の作用する方向と直角にして、せん断抵抗力ができるだけ大きくなるようにすることが必要である。やむを得ず、せん断力が大きい位置に打継目を設ける場合には、せん断力に対してほぞまたは溝の凹凸によるせん断キーで抵抗する方法、さし筋などの鉄筋によって打継目を補強する方法等を講ずることがある。これらの対策は、設計で所要の性能を満足することを照査したうえで実施する必要がある。^{施)} 打継目は施工計画により、水平打継目と鉛直打継目があり、留意点が多少異なる。

水平打継目について

- 1) 水平打継目の型枠に接する線は、美観上の理由から水平な直線として、目違いのないようにする。方法としては、型枠に位置を表示するか、適当な面木を付けて表示するのがよい。
- 2) 十分な強度、耐久性および水密性を有する打継目を作るために、既に打ち込まれた下層コンクリート上部のレイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材粒などを取り除いてから打ち継ぐことが必要である。既に打ち込まれた下層コンクリートの打継面の処理方法には、硬化前処理方法と硬化後処理方法およびこれらの併用とがある。^{施)}

a. 硬化前処理方法

硬化前処理方法としては、コンクリートの凝結終了後高圧の空気および水でコンクリート表面の薄層を除去し、粗骨材粒を露出させる方法が用いられている。この処理方法は、打継ぎ面が広い場合に能率のよい方法であるが、コンクリートを打ち込んだ後適切な時期に適切な方法で行わないとコンクリートを害するおそれがあるので、十分な注意が必要である。このような打継目の処理に適した作業時間は一般に短く、この時期を逸すると所定の打継ぎ性能を確保することが難しくなることがある。この施工上の制約を緩和するために、コンクリート打継面に

グルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を散布して、コンクリート打継ぎ面の薄層部の硬化を計画的に遅らせ、処理時期を大幅に延長できる打継目処理剤を用いる方法がある。

b. 硬化後処理方法

硬化後処理方法による場合、既に打ち込まれた下層コンクリートがあまり硬くなければ、高圧の空気および水を吹き付けて入念に洗うか、水をかけながら、ワイヤブラシを用いて表面を粗にする。旧コンクリートが硬いときは、ワイヤブラシで表面を削るか、表面にサンドブラストを行った後、水で洗う方法が最も確実である。なお、すでに打ち込まれた下層コンクリート上面の水は、新しくコンクリートを打ち込む前に除去する必要がある。^{施)}

- 3) 新コンクリートを打ち継ぐ直前にモルタルを敷く方法は、新旧コンクリートの付着をよくするに効果的である。敷モルタルの水セメント比は、使用するコンクリートの水セメント比以下にする必要がある。
- 4) 逆打ちコンクリートの水平打継目は、打継目が常に旧コンクリートの下面となり、その下に打ち継がれる新しく打ち込んだコンクリートのブリーディング水や沈下によって、打継目は一体とならないのが普通である。このため、直接法、充てん法、注入法などの方法の中から適切な方法を選定し、施工を行う。
- 5) 打継目の近くは新旧コンクリートの収縮差によってひび割れが発生しやすい。このようなおそれがある場合には、新コンクリートの打継目近くにひび割れ制御用の鉄筋を配置するのが望ましい。

鉛直打継目について

- 1) 鉛直打継目の施工にあたっては、コンクリートの打継ぎ面を粗にして十分吸水させ、セメントペースト、モルタルあるいは湿潤面用エポキシ樹脂などを塗った後、新しくコンクリートを打ち継がなければならない。
- 2) 既に打ち込まれたコンクリートの鉛直打継面を粗にする方法には、ワイヤブラシ、手はつり、機械はつりによる方法がある。また、コンクリートの打込み前に、型枠表面にグルコン酸ナトリウム等を主成分とする遅延剤を塗布し、コンクリート表面の薄層部の凝結を計画的に遅延させ処理時間をうまく調整することによって、硬化前に打継目処理を行う方法もある。さらに、打継面の型枠に金網などを用いて、鉛直打継目を粗にする施工方法もある。^{施)}
- 3) 打継目近傍の締固めにおいては、新旧コンクリートが密着を確保するために、新コンクリート打込み後、適当な時期（再振動限界内）に再振動締固めを行う。
- 4) 止水板を用いないと、鉛直打継目を水密にすることは困難であるため、水密を要するコンクリートの鉛直打継目では止水板を用いることを原則とする。

伸縮継目について

伸縮継目は、両側の構造物あるいは部材の相対する両面を完全に絶縁する場合と、構造物の種類や設置場所によっては、コンクリートだけを絶縁し鉄筋を通す場合がある^{施)}。伸縮継目を設ける場合は、設計において定められた継目の間隔、位置、種類などに従うことを原則とする。伸縮継目の間隙に土砂、その他の入り込むおそれのあるときは、目地材を用いるのがよい。目地材としては、アスファルト系、

ゴム発泡体系，樹脂発泡体系等の目地版，シール材および充てん材が用いられている．また，水密を要する構造物の伸縮継目には，適度の伸縮性をもつ止水板を用いるのがよい．止水板としては，銅板，ステンレス板，塩化ビニル樹脂，ゴム製などがある．

ひび割れ誘発目地について

ひび割れ誘発目地は，設計図書で定めた構造とし，所定の位置に設けなければならない．コンクリート構造物の場合は，セメントの水和熱や外気温などによる温度変化，乾燥収縮など外力以外の要因による変形が生じることがあり，このような変形が拘束されるとひび割れが発生することがある．^{施)} ひび割れ誘発目地は，このようなひび割れをあらかじめ決めた位置に発生させるために，計画的に設置する目地である．ひび割れ誘発目地については，設計において設けてある場合と施工計画段階で設ける場合の両者がある．設計においてひび割れ誘発目地が設けてある場合については，これに従うことを原則とする．また，設計においてひび割れ誘発目地が設けてない場合において，施工段階で必要と判断した場合には，予め設計者と協議の上，適切にこれを設けることがひび割れを制御するうえで有効である．

その他の継目について

その他の継目の種類としては，床組みと一体になった柱，壁の打継目，床組みの打継目，アーチの打継目などがある．これらの継目については，土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕p.5，9.6 および 9.7 として，それぞれ施工における原則が示されている．

6.4.4 鉄筋

- (1) 鉄筋は設計図書で定められた正しい形状および寸法を保持するように、材質を害さない適切な方法で加工し、これを所定の位置に正確に、堅固に組立てなければならない。
- (2) 鉄筋は、正しい位置に配置し、コンクリートを打ち込むときに動かないよう堅固に組み立てなければならない。このため、必要に応じ組立用鋼材を用いなければならない。また、鉄筋の交点の要所は、直径0.8mm以上の焼なまし鉄線または適切なクリップで緊結しなければならない。^{施)}
- (3) 鉄筋の組立てが困難な場合、三者会議に回り必要な処置を行うものとする。
- (4) 東北地方は、寒冷、風雪に伴う塩分飛来および凍結防止剤散布という厳しい環境の中にあるので、かぶりに関しては所定の値を確保できるようにしなければならない。また、塩害に対する耐久性能の確保のために使用するエポキシ樹脂塗装鉄筋や止むを得なくかぶり内に鋼材等を用いる場合は、十分な配慮を行わなければならない。
- (5) 型枠に接するスペーサはモルタル製あるいはコンクリート製を使用することを原則とする^{施)}。
- (6) 鉄筋の継手の位置および方法は、設計図書に従わなければならない。また、設計図書に示されていない鉄筋の継手を設ける必要がある場合には、継手の位置および方法は〔設計編〕に従うこととする。
- (7) 鉄筋の継手に、重ね継手、ガス圧接継手、溶接継手、機械式継手を用いる場合は、「鉄筋定着・継手指針」に従うことを原則とする^{施)}。
- (8) 密実なコンクリートを打設し、コンクリートの耐久性を向上させるため、締固めを行う内部振動機等を挿入する施工上必要な鉄筋のあきを計画する。
- (9) 鉄筋および構造用鋼材は、直接地上に置くことを避け、適当な間隔で支持して、倉庫内に貯蔵するか、または、屋外に置く場合には適当な覆いを施して貯蔵しなければならない。継足し等のために、放置しておく鉄筋は、損傷、腐食等を受けないように保護しなければならない。

【解説】 (1)について 設計図書で示されたかぶり、あき、曲げ形状、定着、継手、用心鉄筋などを確認し、設計どおりの鉄筋の組立ができるように準備しておく必要がある。配筋図は、設計段階で十分に確認されたものであることが前提であるが、作図段階で誤りがないとは限らない。また、設計者が鉄筋工および型枠工の実際の作業を理解していない場合には、組立作業段階になって図面どおりに鉄筋を配置できないこともある。したがって、設計図書を正確に理解し、鉄筋工に係わる技術・技能者ともに、作業を開始するまでに十分に確認しておくことが重要である。その結果として、設計どおりの鉄筋の配置が困難な場合には、発注者および設計者と協議して対応策を決める必要がある。^{施)}

特に PC 構造物の場合、鉄筋と PC 鋼材の配置は別々の図面で表現される場合が多く、両者を重ね合わせた場合、鉄筋に不具合が発生するケースが見られる。

(2)について 鉄筋の位置が設計図書で示されている位置からずれていると、鉄筋コンクリート部材の強度に影響を及ぼすこと、また耐久性を損なうことも考えられることから、このように規定した^{施)}。

設計図書のなかには、鉄筋の中心線のみでその位置を示し、かぶりを適切に表示していないものもある。かぶりや有効高さ、あるいは鉄筋相互のあきを正確に確保するためには、鉄筋の外径や曲げ加工半径、組立順序等を考慮して、鉄筋の組立図を作成して事前に配筋精度を確認しておくのがよい。^{施)}

組立用鋼材は、鉄筋の位置を固定するために必要なばかりでなく、組立を容易にする点からも有効である。組立用鋼材は設計図書に示されているのが普通であるが、設計図書に書かれていない場合や、図示されている組立用鋼材以外に組立用鋼材を用いるのが有利なこともある。なお、組立用鋼材についても、耐久性の観点から、かぶりを確保することが重要である。^{施)}

耐震設計等により、鉄筋が過密に配置される傾向が多く、円滑なコンクリートの投入や締固めに影響が生じる。このような場合には、鉄筋の間隔を一部広げ打設用ホースや振動締固め機が容易に入り込めるスペースを作る必要がある。この対策を行う場合、施工者は鉄筋間隔を修正する図面を作成し承諾を受けるものとする。なお、これによってもコンクリートの締め固めに支障するような場合は、コンクリートの配合を見直すなど三者会議にて決定する。

(3)について 耐震設計の見直し等による鉄筋の過密化や複雑なPC構造物において、鉄筋の組立てが困難な場合がある。鉄筋の定着や継手の工夫により組立てが可能となる場合が多く、定着方法や継手の構造を三者で協議し組立てに支障のないようにしなければならない。

(4)について かぶりとは、コンクリート中に配置された鉄筋、PC鋼材、シースあるいは形鋼の表面から、これらを覆うコンクリートの表面までの最短距離のことをいう。構造物の耐久性に対しては、かぶりの確保が重要である。特に東北地方は、寒冷な気候、風雪に伴う塩分飛来および凍結防止剤散布というコンクリートにとって厳しい環境といえるので、よりこのことが重要である。かぶりの確保においては、主筋の表面からの距離を確保するのはもちろんのこと、帯筋、配力筋および組立て用鋼材などのコンクリート中に設置されているすべての鋼材を対象にしなければならない。

鉄筋組立て作業におけるかぶり確保について、このガイドラインの4.2.2に柱や梁等の部位に応じて水セメント比の最大値やかぶりの最小値、施工誤差が示されている。この施工誤差は、施工においてばらつきが生じることを表わしており、この誤差を考慮したかぶり確保としなければならないことを示している。

エポキシ樹脂塗装鉄筋の取り扱い：塩害対策等の目的で使用されるエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる場合には、塗膜が損傷しないように加工、運搬、貯蔵、組立、継手およびコンクリートの打込み、打継ぎ目処理等に配慮しなければならない。施工により生じた塗膜欠落部や変質部、傷等はコンクリートの打込み前に適切に補修しなければならない。また、エポキシ樹脂塗装鉄筋を保存する場合にはブルーシートで覆うなどしてできるだけ紫外線に曝されないようにしなければならない。具体的な取扱いは、土木学会「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針」を参照すると良い。

かぶり内に用いる鉄筋組立て用鋼材には、エポキシ樹脂塗装鉄筋や発錆の可能性が少ないステンレス製の鉄筋等を使用し、使用箇所などをあらかじめ図示することが望ましい。

(5)について スペースの数は、土木工事共通仕様書に従って配置する。なお、スペースの材質や配置の検討に際しては、(社)日本土木工業協会「鉄筋工事用スペース設計施工ガイドライン」を参照するのが良い。また、スペースの仕様は図示しておくことが望ましい。

(6)について 継手の選択においては、その環境における施工性や品質性を考慮し、ガス圧接でも、機械式継手でも両方の選択を認めることとする。但し、その品質を証明する資料を事前に提出する。

(7)について 鉄筋の各継手に関する詳細は、土木学会「鉄筋定着・継手指針」に従うものとする。中でも熱間押抜ガス圧接は、圧接ふくらみを押抜き除去することで、ふくらみによるかぶりを犯す恐れが無くなったり、外観検査により一本ずつ割れ等の不適合品を排除することができたり、不合格圧接部を再圧接でき

たりと施工上の優位性があるので、この工法による圧接を採用することを推奨する。

(8)について コンクリートの耐久性を向上させるために十分な締固めは重要である。そのために内部振動機が鉄筋の隙間から入って締固めが容易にでき、材料分離を防ぎ密実なコンクリートが得られるような隙間が必要となる。また、コンクリートの落下する高さによっては、ホース自身を挿入させる隙間を空けておくことが必要である。このため 2, 3 本の鉄筋を束ねて配置するなどの方法があるが、設計を確認するなど発注者の承認を得たうえで方法を決定するものとする。

(9)について 鉄筋等に対するさびや付着阻害を防止する事項に関しては、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書 [施工編：施工標準]3.7.5 を参照されたい。



写真 6.4.2 鉄筋の防さび剤塗布状況



写真 6.4.3 エポキシ塗装状況



写真 6.4.4 シートによる柱頭部鉄筋の防さび状況

構造物を継足す等後施工のために鉄筋を組み立てたままで放置する場合において、鉄筋の腐食を防ぐには、セメントペーストを塗ったり、高分子材料の被膜で包んだりする方法がある。いずれの場合にも、コンクリート打設前には、コンクリートとの付着を害するものは除去しておくことが必要である。また、放置期間が 1 年程度以下では防さび剤で被覆するのが一般的である。長期的放置する場合は、エポキシ樹脂塗装鉄筋や

ステンレス鉄筋の使用も検討するのがよく、放置期間に応じた防さび性能を有するものを選択すると良い。

6.4.5 型枠・支保工

- (1) 型枠および支保工の計画は、コンクリート構造物が正確な位置、形状、寸法を保つとともに打ち込まれたコンクリートを保護することができるように、それらの構造、材質、組立て、取外しその他の事項について定めなければならない。
- (2) 型枠や支保工の取り外す時期は、季節やセメントの種類、構造物の種類・部位等を考慮して、適切に定めなければならない。
- (3) 支保工の基礎は、過度の沈下や不等沈下などを生じないようにしなければならない^{施)}。
- (4) コンクリートを打ち込む前および打込み中に、型枠の寸法および不具合の有無を確認しなければならない^{施)}。
- (5) 型枠の締付けには、ボルトまたは棒鋼を用いるのを標準とする。これらの締付け材は、型枠を取り外した後、コンクリート表面付近に残しておいてはならない。^{施)}
- (6) 型枠および支保工の設計、施工においては、この章によるほか、「労働安全衛生規則(厚生労働省令)」を遵守しなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について 型枠および支保工の計画にあたっては、作用する荷重、材料、設計、施工、取外し時期などについて定める必要がある。なお、重要度の高い構造物はかぶりが大きいくことが多く、かぶり部分のコンクリートを振動機により締め固めることがある。このような場合は、締め固め中に型枠が移動もしくは変形することがあるので、一般の場合よりも型枠を堅固に行うなどの配慮が必要である。

(2)について 型枠および支保工を取り外す時期は、コンクリートの強度、構造物の種類とその重要度、部材の種類および大きさ、部材の受ける荷重、気温、天候、風通し等の多くの要因によって異なるので一定の規則を与えることは困難である。

鉄筋コンクリート構造物において、型枠および支保工の取り外しに必要なコンクリートの圧縮強度の参考値を下表に示す。

なお、解説 表6.4.4に示した圧縮強度が得られ、型枠を取り外した後も、湿潤養生は解説 表6.4.3に示した期間中は継続する必要がある^{施)}。

解説 表6.4.4 型枠を取り外してよい時期のコンクリートの圧縮強度の参考値^{施)}

部材面の種類	例	コンクリートの 圧縮強度 (N/mm ²)
厚い部材の鉛直または鉛直に近い面、傾いた上面、小さいアーチの外側面	フーチングの側面	3.5
薄い部材の鉛直または鉛直に近い、45度より急な傾きの下面、小さいアーチの内面	柱、壁、はりの側面	5.0
橋、建物等のスラブおよびはり、45度より緩い傾きの下面	スラブ、はりの底面、 アーチの内面	14.0

(3)について 支保工の計画において、不等沈下のないよう規定されているが、当初からその地盤が沈下する可能性がある場合には、地盤改良や鉄板を敷いて荷重を分散する等の処置を講じ、図示する必要がある。また、当初計画が変更し、基礎地盤が堅固なものから埋戻地盤等へ変更した場合は、基礎地盤が沈下しないような前述の措置を立案し協議を経てから施工しなければならない。

(5)について 締付け材として用いたボルト、棒鋼等をコンクリート表面近くに残しておく、その先端が工事完成後、水の浸透経路になったり、さびてコンクリート表面に汚点ができたり、あるいはコンクリートにひび割れが生じたりする。このため、コンクリート表面付近にあるボルト、棒鋼等の部分は、穴をあけてこれらを取り去り、そのときできたコンクリート面の穴は、高品質のモルタル等で生めておく必要がある。施)

6.4.6 寒中コンクリート

6.4.6.1 一般

- (1) 日平均気温が4 以下になることが予想される時は、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない施)。
- (2) 寒中コンクリートの施工にあたっては、コンクリートが凍結しないよう、また寒冷期においても所要の品質が得られるよう、打込み、養生、型枠および支保工などについて適切な処置をとらなければならない。

【解説】 (1)について 日平均気温が4 以下になるような気象条件のもとでは日最低気温が氷点下に下がることも多く、コンクリートの凝結および硬化反応が著しく遅延するとともに日中でもコンクリートが凍結するおそれがあるので、寒中コンクリートとしての十分な配慮が必要となる。硬化前のコンクリートは氷点下にさらされると、容易に凍結、膨張し、初期凍害を受ける。初期凍害を受けたコンクリートは、その後適切な養生を行っても強度を回復することはなく、耐久性、水密性等が著しく劣ったものとなる。また、コンクリートが凍結しないまでも5 程度以下の低温度にさらされると、凝結および硬化反応が相当に遅延するため早期に施工荷重を受ける構造物では、ひび割れ、残留変形等の問題が生じやすくなる。

寒中の施工では、5.3 に示した製造によって練混ぜられたコンクリートを用いるものとする。施工中にコンクリートを凍らせないようにするためには、打込み時のコンクリート温度、養生温度などを管理し必要に応じてコンクリート材料を給熱する設備を設けたり構造物全体を覆う養生囲いを施して内部を加熱する、などの対策が必要である。しかし、コンクリートの温度を上げすぎると養生中にコンクリートは乾燥しやすくなりひび割れが発生することも考えられるため、打込み・養生中は常に温度管理を行い、適切な温度に保つことが必要となる。また、東北地方では冬期に激しい降雪のある地方も多く、施工中のコンクリートに氷雪の混入を避けるためには打ち込む場所の除雪はもちろんのこと運搬路や構造物周囲の除雪が必要となる。

このように寒中コンクリートの施工は経済的にも工程的にも負担が大きく、さらに細心の注意を払って施工を行っても所要の品質を確保することが難しい場合がある。したがって可能な限りこのような時期にコンクリートの施工とならないよう、工事に関係する発注者、設計者、施工者それぞれの立場で検討・計画しなければならない。止むを得ずこの時期に施工せざるを得ない場合は、寒中コンクリートとしての十分な考慮

6章 施工

と対策が必要となる。

東北地方の主要都市の日平均月平均気温は解説 表 6.4.5 に示すとおりであり、観測地点により差があるが、日平均気温が4℃以下であっても最低気温がマイナスとなる観測地点がみられる。コンクリートの凍結温度は水セメント比等によって異なるがおよそ-0.5~-2.0℃といわれており、日平均気温が4℃以下になっていなくても最低気温がコンクリートの凍結温度に達することがある。このため、建設地点の気象条件をよく勘案し11月~3月までの間には寒中コンクリートとしての施工を計画することが良い。また、コンクリートの露出部やメタルフォームの型枠面に直接風があたるとコンクリートの温度がさらに低下したり、飛来塩分が付着しコンクリートに影響を及ぼすので注意が必要である。

解説 表 6.4.5 東北地方各都市における冬季日平均気温および最低気温の月平均温度

(2005~2007年の平均)

単位(℃)

測定場所	月日	11月	12月	1月	2月	3月
	気温					
青森市	日平均気温	7.0	0.8	-0.6	-0.5	2.0
	最低気温	-1.9	-5.9	-6.7	-7.0	-6.0
八戸市	日平均気温	7.3	1.1	-0.4	-0.2	2.7
	最低気温	-2.2	-5.9	-7.3	-7.9	-5.9
盛岡市	日平均気温	6.0	0.0	-1.4	-0.9	1.7
	最低気温	-3.6	-7.9	-9.2	-10.8	-7.7
仙台市	日平均気温	9.6	3.8	2.0	2.3	4.8
	最低気温	-0.2	-2.3	-4.5	-5.0	-3.3
秋田市	日平均気温	8.2	2.3	0.8	1.0	3.4
	最低気温	-1.0	-3.5	-5.2	-5.9	-4.0
阿仁合	日平均気温	5.7	-0.2	-1.6	-1.4	0.8
	最低気温	-2.5	-6.5	-9.3	-11.0	-8.2
山形市	日平均気温	7.5	1.9	-0.1	0.4	3.2
	最低気温	-2.6	-4.2	-7.3	-7.5	-5.4
福島市	日平均気温	9.3	3.8	1.8	2.6	5.3
	最低気温	-1.1	-3.1	-6.0	-5.5	-3.8
若松市	日平均気温	2.7	1.8	-0.8	0.5	2.7
	最低気温	-3.0	-5.3	-10.0	-8.8	-6.8

(2)について 寒中コンクリートの施工に際して重要なことは、以下の事項である。

凝結硬化の初期に凍結させない^{施)}。

養生が終了した時点で、その後の施工中に想定される凍結融解作用に対して十分な強度を持たせなければならない^{施)}。

工事中の各段階で予想される荷重に対して十分な強度を持たせなければならない^{施)}。

6.4.6.2 打込み

- (1) 打込み時のコンクリート温度は、構造物の断面寸法，気象条件に応じて 5 ～ 20 の範囲に保つものとする。
- (2) コンクリートの打込み時には、打込む部分にある冰雪を完全に取り除かなければならない。特に鉄筋，型枠等に冰雪が付着してはならない。

【解 説】 (1)について 日平均気温が 4 より低い場合には、硬化が著しく遅くなるばかりでなく、温度が急に低下する場合にコンクリートが凍結するおそれがある。このため、打込み時には、構造物の種類，大きさ，気温，養生方法に応じた適切なコンクリート温度を確保する必要がある。気象条件が厳しい場合や部材の薄い場合には、コンクリートの最低打込み温度は、10 程度を確保する必要があるが部材厚が厚い場合には、打込み温度を上げると、かえって水和熱に起因する温度応力によってひびわれが発生しやすくなる。また、温度が高すぎると配合設計において単位水量が多くなったり、コンクリートが過早に固まったり、長期強度が低下する、などの悪影響が顕著となる。したがって、コンクリート温度は、構造物の部材寸法や気象条件等を考慮し 5 ～ 20 の範囲で定めることとした。

寒中コンクリートの製造については 5.3 によらなければならない。

一般的な場合の、打込み時のコンクリート最低温度および運搬時の温度低下を考慮した練混ぜ時および打込み時のコンクリートの最低温度は解説 表 6.4.6 を標準とする。

解説 表 6.4.6 寒中コンクリート施工時のコンクリート温度の標準¹⁾

断 面		薄い場合	普通の場合	厚い場合
打込むときのコンクリート最低温度		13	7～10	5
練混ぜた時の コンクリートの 最低温度	気温-1 以上	16	10～13	7
	気温-1 ～ -18	19	13～16	10
	気温-18 以下	21	16～19	13

* 断面が薄い場合とは、部材の最小寸法が 300mm 以下
断面が普通の場合とは、部材最小寸法が 300～1800mm
断面が厚い場合とは、部材の最小寸法が 1800mm 以上 を対象と考えてよい。

(2)について 型枠内にある冰雪を溶かすには湯または蒸気をかけるのがよいが、低温の場合、一度溶かした水がさらに凍結することもあるので注意が必要である。プロパンガス，灯油等のバーナ，ヒータ等を併用するのも一つの方法である。なお、溶けた水および溶かすために使用した水は、コンクリートの打込みまでに取り除いておかなければならない。打込み場所が覆われていない場合、冰雪を溶かす作業はコンクリート打込み作業の直前に行う必要がある。

コンクリートを打込む地盤や打継目が凍っている場合、これを完全に溶かした後にコンクリートを打ち込む。コンクリートを打ち込む部分が凍っていると、コンクリートの温度が急激に低下することがある。また凍結した地盤が打ち込まれたコンクリートの熱により溶けるとコンクリートが沈下し、ひび割れなどを発生させることがある。したがってコンクリートを打ち込む箇所が凍結しているおそれのある場合には、打込み

直前までシートなどで覆い、必要とあれば投光器やヒータなどで保温しておく。

また、打設に必要な区域の除雪を行うのは当然であるが、アジテータ車の運搬路や構造物回りも十分に除雪を行い、安全かつスムーズな施工を行えるよう準備しておく必要がある。雪から溶けた水が型枠内に流れ込まないようにすることやスリップ等を起こさないよう作業の安全に配慮すべきである。

コンクリート打設時の降雨による作業の中止基準については土木学会 コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編] に 4 mm/時間を目安にするとされている。降雪に対しては特に定められていないが、新しく打ち込んだコンクリート上の雪がすぐに溶ける程度を目安に作業継続を検討するとよい。雪が積もるようであれば打設箇所に覆いをかける必要がある。

6.4.6.3 養生

- (1) 打ち込まれたコンクリートは、打込み後の初期に凍結しないように覆い工を施すなどして十分に保護し、露出面が外気に長時間さらされることのないようにしなければならない。
- (2) 養生中のコンクリート温度は、5 以上に保たなければならない。
- (3) 養生中はコンクリート温度および雰囲気温度を測定し、施工計画どおりの温度条件が保たれていることを確認する。
- (4) 寒中コンクリートの養生期間は、表 6.4.1 の圧縮強度が得られるまでを標準とする。なお、この後 2 日間はコンクリート温度 0 以上を保たなければならない。

表 6.4.1 厳しい気象作用を受けるコンクリートの養生終了時の所要圧縮強度の標準^{施)}

		単位 (N/mm ²)		
構造物の露出状態	断面	薄い場合	普通の場合	厚い場合
	(1)連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合		15	12
(2)普通の露出状態にあり、(1)に属さない場合		5	5	5

【解 説】 (1)について コンクリートの打込み終了後から養生を始めるまでの間は、コンクリート表面の温度が急冷される可能性があるため、打込み後ただちにシートその他適当な材料で表面を覆い、降雪や風による影響を防がなければならない^{施)}。表面の覆いが難しい構造のときは、構造物全体を覆う等の覆い工の措置を施す必要がある。

コンクリートが初期凍害を受けると、その後養生を続けても強度の増進が少ない。したがって、所定の強度が得られるまで、打ち込まれたコンクリートのどの部分も凍結しないように保護しなければならない。特にコンクリート構造物の「かど」や「へり」の部分は、最も保温の難しい箇所であり、初期凍害を受けやすいので十分に養生するように注意する必要がある。^{施)}

(2)について 寒中コンクリート養生は、コンクリートの配合、外気温、構造物の断面寸法および期間、温度管理方法等を考慮して定めなければならないが、養生温度を高くすると強度発現が早くなるため養生期間を短くできるが、乾燥しやすくなるため長期の強度が低下したり、養生終了後冷却されたときにひび割れが発生しやすくなる、などの悪影響が生じる。したがって、このガイドラインではひびわれ発生および初期

凍害防止の観点から、コンクリートの養生温度を最低 5℃ としたが、部材の厚さが 20cm 以下の薄い場合には、これを 10℃ 程度とすることが望ましい。また、一般にはコンクリートの表面温度が 20℃ を超えないようにするのが良い。このような温度条件を確保するためには、構造物の周囲を覆って風を防ぐとともに場合によっては内部の温度を確保するための加温が必要となる。

寒中コンクリートの養生方法としては、保温養生と給熱養生とに分類される。最低気温 -3℃ までは保温養生で対応できる。保温養生は、断熱性の高い材料でコンクリートの周囲を覆い、セメントの水和熱を利用して所定の強度が得られるまで保温するものである^{施)}。最低気温が -3℃ 以下となると保温養生だけでは養生に必要な温度を保つことが難しくなり、給熱が必要となる。給熱養生ではコンクリートの温度ができるだけ一様になるようにし、局部的に熱せられることがないようにしなければならない。また、給熱中はコンクリートが乾燥しやすくなるため、湿潤状態を保つことに注意する必要がある。

寒冷地におけるコンクリート養生例を下記に示す。



写真 6.4.5 全覆による寒中養生例（高架橋）



写真 6.4.6 ワーゲンの全覆による寒中養生例（橋梁工事）



写真 6.4.7 全覆による寒中養生例（橋脚工事）



写真 6.4.8 給熱養生例

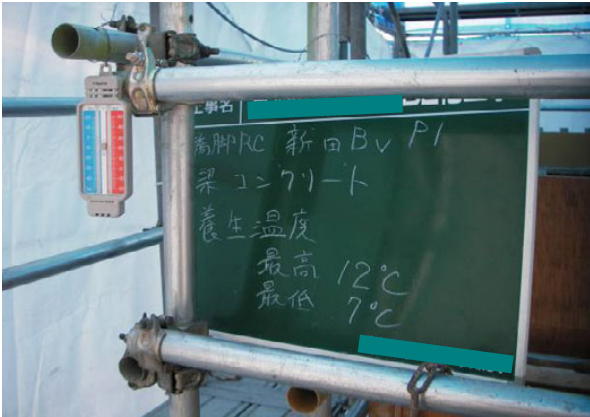


写真 6.4.9 外気温の測定例



写真 6.4.10 コンクリート温度の測定例

(3)について 寒中コンクリートの施工に際しては、コンクリートが計画どおりに養生されているかを管理しなければならない。特に温度管理が重要となり、このため練混ぜた時のコンクリート温度、打込時のコンクリート温度、外気温、気象条件等を記録しておくとともに、養生中のコンクリート温度および保温された空間の温度を測定し、コンクリートの水和反応に支障をきたさないようにする必要がある。養生中にコンクリートが異常に高い温度になったり、計画養生温度に達していない場合には、ただちに施工計画を変更し、必要に応じて、材料温度の調整、保温養生、給熱養生などの必要な措置を講じなければならない。

(4)について 耐凍害性は、コンクリートの強度、含水率および空気量、大きさ、分布等によって異なるので、所要の抵抗性を強度のみで示すことは、必ずしも適当とはいえないが、圧縮強度が $4N/mm^2$ 以上になれば数回の凍結では凍害を受けることが比較的少ないとされている。耐凍害性の観点から養生終了時に必要とされるコンクリート強度は、気象条件、部材の大きさ、露出条件等によって異なるので表 6.4.1 のような区分でその標準を示した。したがって、より多くの凍結融解作用を受けるような気象条件の場合には、より高い強度が得られるまで養生する必要がある。養生終了後も低温下にあるような施工条件では、その後に大きな強度増進は望めないため、養生終了後 2 日間はコンクリート温度を 0 以上に保つものとした。

寒中コンクリートの養生を打ち切ってよい時期は、基本的には構造体におけるコンクリート強度が表 6.4.1 に示す値が得られるまでであるが、セメントの種類、配合、コンクリートの養生温度等によって異なるので、構造体とできるだけ同じ条件で養生した供試体を試験することにより決めるのが基本である。

東北地方では冬期間の最低気温がかなり低下することを考慮し、標準的な養生日数の目安を解説表 6.4.7 のように定めた。これは、表 6.4.1 に示す圧縮強度を確保するための養生日数の目安である。

解説表 6.4.7 5 および 10 で養生する場合の養生日数の目安

構造物の露出状態	養生温度	断面 セメントの種類	普通の場合		
			普通ポルトランドセメント	早強ポルトランドセメント	混合セメントB種
普通の露出状態および	5		9日	5日	12日
水に飽和される場合	10		7日	4日	9日

* W/C=55%の場合の標準とした。

* 塩害をうける場合は解説表 6.4.7 の養生日数よりも 2~3 日長くすることが望ましい。
なお、湿潤状態を保つ養生期間は解説表 6.4.2 を満足しなければならない。

しかし、解説表 6.4.7 に示した日数は、あくまで春までに受ける凍結融解に対する抵抗性を確保するための強度が得られる日数である。普通セメントを用いた場合にはこのような養生を行うことにより長期の耐久性が得られることは、これまでの実績で示されているが、高炉セメントなどの混合セメントを寒中に用いた場合、この養生期間だけで長期の耐久性を確保できるかどうかは明らかにされていない。コンクリートの長期耐久性にはコンクリート表面部分の緻密さが大きく影響を及ぼすが、高炉セメントなどの混合セメントは低温下での水和反応が著しく遅れる場合も多く、上記の養生期間だけでは表面付近の十分な緻密性を確保できない場合もある。どの程度まで養生期間を長くすればよいか、については現在の技術レベルでは明らかにされていない。このような技術の現状を考慮すると、寒中に混合セメントを用いる場合には、使用するセメントについての水和反応の進行程度と予想される気温条件との関係について事前に十分検討しておくことが重要である。そのような検討を行わない場合には、養生期間を解説表 6.4.7 に示した日数より 2~3 日長く取ることが望ましい。

また構造物のおかれる環境によっては 6.4.2(2) に示すような膜養生との併用を行うことが望ましい。

6.4.7 暑中コンクリートの施工

- (1) 日平均気温が 25 を超える時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとしての施工を行うことを標準とする^{施)}。
- (2) 暑中コンクリートの施工にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、材料、配合、練混ぜ、運搬、打込みおよび養生等について、適切な処置をとらなければならない^{施)}。

【解説】 (1)および(2)について 施工を行う時期の日平均気温が 25 を超えると予想される場合には、土木学会「コンクリート標準示方書」と同様に、暑中コンクリートとして取り扱うこととした。

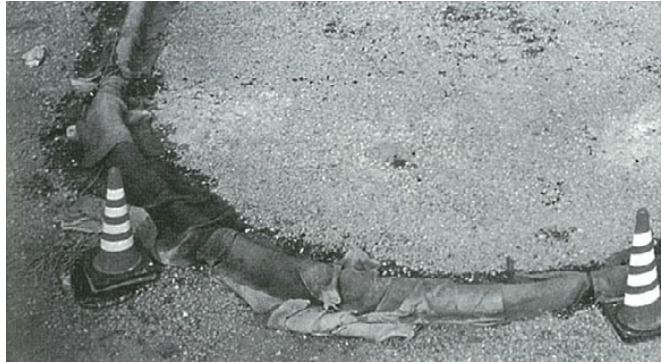
コンクリートの温度が高くなると、水和反応が促進されたり水分が蒸発しやすくなったりして、凝結が早くなる。その結果、コールドジョイントやプラスチック収縮ひび割れが発生しやすくなり、長期強度の伸びも悪くなる。したがって、気温が高い時期には、材料の選定から練り混ぜ、運搬、打ち込みといった各工程で、コンクリートの温度が高くないように配慮しなければならない。

暑中コンクリートは避けるのが望ましいが、暑いときに施工しなければならない場合は、早朝や深夜のなるべく気温が低い時間帯に施工するように計画するのが望ましい。しかし、実際には近隣住民や生コン工場事情、さらには早朝や深夜の施工は施工費が増すことなどから、昼間に施工せざるを得ない場合が多い。

標準示方書では、打ち込み時のコンクリートの温度は 35 以下にするように規定されている。夏期の昼間の場合、現場までの生コン車による運搬で温度は 2~3 上昇し、場内運搬でも同程度の温度の上昇があることを考慮すると、練り上がり時のコンクリートの温度は 30 以下とするのが望ましい。



写真 6.4.11 ドラムの日射よけ例

写真 6.4.12 輸送管の冷却例^{d)}

運搬や待機の際には、生コン車のドラムに散水や日射よけで覆う（写真6.4.11）など、コンクリートの温度の上昇を抑え、現場ではできるだけ日陰で待機させるなどの配慮が必要である。写真6.4.12は輸送管を湿らせた布で覆って随時散水し、直射日光で高温にならないようにした例であり、参考にするとよい。

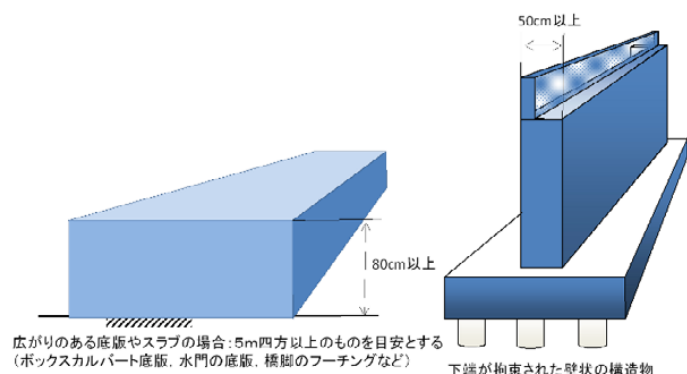
コンクリートを打ち込む際には、型枠や鉄筋などのコンクリートと接する個所が高温にならないように水をまいたり覆ったりするとともに、締め固めを終了した箇所は、できるだけ早くシートなどで覆い、直射日光や風を防ぐことが必要である。

6.4.8 マスコンクリートの施工

6.4.8.1 一般

- (1) マスコンクリートの施工にあたっては、設計段階で検討された温度ひび割れ制御対策の効果が確実に得られ、有害なひび割れが発生しないように、外気温環境などの東北地区の地域性を十分に考慮したうえでコンクリートの打込み、養生、型枠などの適切な施工計画を立案し、計画を遵守して確実な施工を実施する。
- (2) 施工計画段階では、実際の施工条件と設計段階で実施された温度ひび割れ照査の条件との差異を明確にし、その条件が大きく異なる場合には、再度、温度ひび割れ照査を実施し、有害なひび割れが発生しないように対策を検討する。
- (3) 東北地区の地域性、経済性、技術性を勘案して最善のひび割れ制御対策を実施したとしても、ひび割れの発生を完全に防止することが困難と判断された場合には、発生するひび割れの程度を想定し、構造物の重要度、耐久性への影響度などを勘案して、適切なひび割れ補修を行うものとする。
- (4) 寒中にマスコンクリートを施工する場合には、このガイドラインの6.4.6の規定に従わなければならない。

【解説】 (1)について 土木学会コンクリート標準示方書では、マスコンクリートとして取り扱うべき構造寸法は、概ねの目安として解説図6.4.7に示すように「広がりのあるスラブについてはおおよそ80～100cm、上、下端が拘束された壁では厚さ50cm以上と考えてよい」と示されているが、近年において構築される構造物はその多くがマスコンクリートに該当すると考えられる。マスコンクリートにて発生する有害な温度ひび割れは初期欠陥の一つであり、構造物の耐久性維持のためにはこれを防止する必要がある。特に東北地区にて建設されるコンクリート構造物は凍結防止剤による塩害や凍結融解作用など耐久性の低下を引き起こす作用を受けやすいことから、有害な温度ひび割れを防止する意義は大きい。また、解説表6.4.8には東北地区の代表的な地域の最高気温平年値と最低気温平年値およびその差を示すが、夏期の最高気温平年値は東北地区以外のそれと大きな違いはないものの、冬期の最低気温平年値は低く、最高気温と最低気温の差が大きい。これから判断すると東北地区では、冬期打設されるコンクリートにおいては、コンクリート内外温度差に起因する内部拘束ひび割れ、夏期打設されるコンクリートにおいては温度上昇で膨張したコンクリートがその後の温度低下に伴い収縮する際にこれを外部体が拘束することに起因する外部拘束ひび割れの発生確率が高いと思われることから、設計段階で検討された温度ひび割れ制御対策の効果が確実に得られ、有害なひび割れが発生しないように、適切な施工計画を立案し、計画を遵守して確実な施工を実施する必要がある。



解説図6.4.7 マスコンクリートとして扱う断面寸法の目安

6章 施工

解説 表 6.4.8 東北地区代表地域の外気温平年値（単位 ）

	最高気温平均値	最低気温平均値	最高気温 - 最低気温
福島	30.2	-2.1	32.3
喜多方	29.9	-4.9	34.8
仙台	27.9	-2.0	29.9
白石	27.6	-2.6	30.2
古川	28.0	-3.2	31.2
北上	28.2	-4.6	32.8
盛岡	28.1	-5.9	34.0
二戸	27.6	-6.1	33.7
山形	30.2	-3.7	33.9
米沢	29.3	-3.8	33.1
新庄	28.9	-4.4	33.3
秋田	28.6	-2.7	31.3
横田	29.3	-4.5	33.8
大館	28.0	-6.1	34.1
青森	27.6	-4.3	31.9
八戸	26.5	-4.5	31.0
弘前	28.2	-4.9	33.1
札幌	26.1	-7.7	33.8
東京	30.8	2.1	28.7
名古屋	32.2	0.5	31.7
大阪	33.0	2.5	30.5

気象庁記録より

(2)について 従来、温度ひび割れの照査・対策検討は、施工段階で実施されてきたが、土木学会コンクリート標準示方書では、設計段階および施工計画段階にて照査・検討することと規定された。このガイドラインでもこの考え方に準じることとした。設計段階で検討された温度ひび割れ対策の効果が確実に得られるようにするために、施工計画は設計段階における温度ひび割れ照査での照査条件とされた配合、打込み、養生、型枠条件などを遵守して立案することを原則とするが、設計段階では、施工環境・条件などの面においてある程度の仮定・想定のもとに温度ひび割れ照査が実施されるため、施工計画段階では、実際の施工条件と設計段階で実施された温度ひび割れ照査の条件との差異を明確にし、その条件が大きく異なる場合には、再度、照査を実施し、有害なひび割れが発生しないように対策を検討する。ここに条件が大きく異なる場合とは、設計段階で使用を想定したセメント種別と同等性能のセメントが入手困難である場合あるいはその地域性からコスト増が大きくなる場合、コンクリートの打込み時期が設計段階で想定した時期と異なる場合、設計で想定した外気温条件と建設地点の外気温条件が大きく異なる場合などである。

解説 表 6.4.8 に主な温度ひび割れ対策を示すが、施工段階で適用可能な対策のみでは温度ひび割れ、特に構造物への影響度が大きい外部拘束ひび割れを十分に防止できないこともあるため、発注者、設計者、施工者が共同で問題解決にあたる必要がある。したがって、設計段階での想定条件と実際の施工条件が大きく異

なる場合には、発注者、設計者、施工者の三者会議を必要に応じて開催し協議するのが望ましい。所要のひび割れ安全性を満足するためには、コストが増加する可能性もあるが、温度ひび割れの防止は耐久性確保につながるものであるため、協議の場ではイニシャルコスト増にとらわれず、ライフサイクルコストの低減を考えてその対応を検討することが肝要である。

解説 表 6.4.9 主な温度ひび割れ防止対策

対 策	対策効果	施工段階での適用性
発熱量の少ないセメントの利用 (発熱量の低減)	低熱ポルトランドセメントの使用	
	中庸熱セメントの使用	
	高炉 B 種セメントの使用	
単位セメント量の低減(発熱の低減, 単位水量の低減による乾燥収縮低減)	強度保証材齢の長期化	
	高性能 AE 減水剤の使用	
収縮量の低減	膨張材の使用	*
打込み温度低減(発熱量の低減)	極暑期での打設を避ける	
	早朝・夜間打設とする	
	ブレーキングの実践	
コンクリート内部発熱量の低減	パイプクーリング	
L/H を小さくする(外部拘束度の低減による貫通ひび割れの低減)	リフト高さ H を高くする	
	打設長さ L を短くする	
	ひび割れ誘発目地の設置	
型枠・養生対策(内部拘束の低減による表面ひび割れ防止)	保温・給熱養生	
	型枠存置期間の延長	
ひび割れ幅低減	ひび割れ幅制御鉄筋の増加	
ひび割れ補修の実施		

対策効果 [: 効果大 : 効果あり]

施工段階での適用性 [: 適用可]

* 低熱セメントとの併用で効果あり、との報告がある。

(3)について 近年の補修材料の開発や研究の成果より、ひび割れに対して適切な補修を実施することによって、耐久性低下を防止することが可能となっており、ひび割れを抑制する対策を講じるよりも、補修を選択することで建設コストを抑えることが可能な場合もある。東北地区の厳しい外気温環境、コンクリート断面寸法、施工環境によっては、経済性、技術性を勘案して施工上最善のひび割れ制御対策を実施したとしても、ひび割れの発生を完全に防止することが困難と判断される場合が生じる可能性があるが、この場合には発生するひび割れの程度を想定し、構造物の重要度、耐久性への影響度、表面保護性、維持管理性、経済性などを勘案して、適切なひび割れ補修計画を立案する。ひび割れ補修計画の詳細は、このガイドラインの資料 -1 に示す。

(4)について 寒い時期にマスコンクリートを施工する場合には細心の注意が必要となる。コンクリートを

凍らさないためには構造物の全ての部分において、必要な養生温度を確保する必要があるが、表面の温度をあまり高く保つと、内部の温度がかなりの高温となり、温度ひび割れが発生しやすくなる。さらに養生終了時に低温の外気に直接曝され表面温度が急冷されると、コンクリート内外部の温度差による内部拘束ひび割れの発生することもある。したがって、寒中のマスコンクリートの施工では十分な温度管理を行ってコンクリート温度を一定範囲内に制御することが必要であり、そのためにはあまり高くない温度で長時間にわたる養生を行うことが望ましい。

6.4.8.2 打込み

- (1) マスコンクリートの打込みに関しては、打込み・締固めなどの施工上の条件、コンクリートの発熱・放熱条件、拘束条件などを総合的に勘案し、所要のひび割れ制御効果が得られるようにリフト高さ、打込み区画、目地位置、打継ぎ間隔などについて適切に定めなければならない。
- (2) マスコンクリートの打込みに際しては、コンクリートの打込み温度が上昇しないように適切な施工計画を立案し、コンクリートの打込み温度が計画時の温度ひび割れ照査条件として設定した打込み温度以下となるように管理する。

【解 説】 (1)について マスコンクリートの打込みに際しては、1 回に打込み可能な施工量や締固めなどの施工上の条件の他に、有害なひび割れの発生を防止することにも配慮して、リフト高さ、打込み区画、打継ぎ間隔などについて、これらを照査条件として温度ひび割れ照査を実施し、所要のひび割れ制御効果が得られるように計画する必要がある。一般にスラブ状構造物では、リフト高さ h を低くすることによりコンクリート内部の温度上昇を低くすることが可能であり、温度ひび割れのうち内部拘束ひび割れの抑制に効果的である。一方、外部拘束ひび割れに関しては、リフト高さを小さくすることは温度降下量を低減するという点では有利である。しかしながら、打込み区画の長辺長（打設長） L とすると L/h が大きくなるほど、外部拘束度は大きくなるので、外部拘束ひび割れに関してはリフト高さを低くすることが必ずしも効果的であるわけではない。また、外部拘束の影響が大きい壁状構造物では、一般にコンクリートの発熱性状にはリフト高さよりも壁厚が影響する上に、リフト高さ h は構造体諸元や施工工程・工期から決定されることが多い。その反面、打込み区画の長辺長（打設長） L を短くすることは外部拘束度を低減でき外部拘束ひび割れに対して防止効果が大きい。打込み区画を設けることにより目地の設置が必要となるが、その位置および構造に関しては、一般の場合と同様に要求される耐荷力、耐久性、水密性などを考慮して計画する必要がある。

コンクリートをいくつかの打込み区分やリフトに分けて打込む場合、新コンクリートは旧コンクリートから外部拘束を受ける。外部拘束の大小に影響を与える要因としては前述の L/h 以外に、新コンクリートの弾性係数 (E_c) と旧コンクリートの弾性係数 (E_r) の比 (E_c/E_r) がある。一般に (E_c/E_r) が小さいほど外部拘束度は大きくなるが、打設間隔が大きくなると旧コンクリートの強度発現とともに弾性係数 E_r が大きくなって外部拘束度が高くなり外部拘束ひび割れの発生確率が高くなる。したがって、外部拘束度の観点からすれば、打設間隔は短くするほうが有利であるが、リフト高さの条件によっては、打設間隔を短くすることによってコンクリート内部温度の上昇を増長することもあることに留意する必要がある。リフト高さ、打込み区画、目地位置、打継ぎ間隔には以上のようにコンクリートの発熱性状、拘束度などが複雑に関係するので、

計画段階で、これらを照査条件として温度ひび割れ照査を実施し、有害なひび割れが発生しないよう、実現性、経済性などを考慮して最適ナフト高さ、打込み区画、目地位置、打継ぎ間隔を選定する必要がある。

(2)について コンクリートの打込み温度が高くなると、温度上昇速度が大きくなってコンクリート内部の最高温度が高くなり、内部拘束ひび割れおよび外部拘束ひび割れともその発生確率が高くなるため、コンクリートの打込み温度の制限は重要な管理項目である。無対策の場合のコンクリートの打込み温度は一般的に外気温+4～5程度であるが、建設地点の外気温特性などを十分に調査の上、計画段階では温度ひび割れ照査を実施し、有害なひび割れが発生しないことを確認する必要がある。有害なひび割れが発生すると予測される場合には対策が必要であるが、施工現場で比較的容易に適用可能な対策としては、早朝・夜間打設、トラックアジテータへの日除けの実施がある。その他の方法としてはコンクリート製造時におけるプレクーリングや重要構造物における特殊な対策として液体窒素によるコンクリートの冷却があるが、温度ひび割れ照査を実施してその効果を確認したうえで、実現性、経済性などを考慮して必要に応じて発注者・設計者・施工者の三者で検討・協議し、対策を実施するのが望ましい。また、これらの対策を選定した場合には冷却方法や管理方法などが一般の施工とは異なるため、施工計画を変更する必要がある。

前述のとおり打込み温度は温度ひび割れ発生と直接的に関係するため、施工時（特に夏期打設時）には、打込み温度が計画時の温度ひび割れ照査条件として設定した打込み温度以下となるように管理することとした。

6.4.8.3 養生・型枠

- (1) マスコンクリートの養生に関しては、養生方法の特性と東北地区の外気温環境条件を十分に考慮して、有害なひび割れが発生しないように適切な養生方法を定めなければならない。
- (2) 型枠の特性と東北地区の気温環境条件を十分に考慮して、有害なひび割れが発生しないように、計画段階で適切なマスコンクリートの施工に用いる型枠材料の選定、型枠取外し時期を定めなければならない。

【解説】 (1)について コンクリートの養生方法としては、湿潤養生（散水、湛水）、保温養生、給熱養生などがある。マスコンクリートでは、温度上昇を抑制する養生方法を選定する必要があるが、その選定にあたっては、構造物の諸元、コンクリートの温度上昇・降下性状、外気温特性を考慮する必要がある。東北地区では冬期における外気温は一般に低く、部材内部と表面の温度差が大きくなるため内部拘束ひび割れの発生確率が高い。これに対しては、断熱性の高い木製型枠や断熱材で型枠を覆うなどの保温養生、外気温条件がさらに厳しい場合には、構造物をシートで覆いジェットヒーターなどで温風を供給する給熱養生が強度発現の面からみても効果的である。ただし、これらの養生方法はかえってコンクリート内部温度を上昇させる可能性があることに留意する必要がある。必要に応じて温度管理を実施するのが望ましい。さらに保温、給熱養生を実施する場合には、湿度低下による乾燥収縮ひび割れの発生や強度低下を防止するため、例えばスラブ状構造物上面での湛水養生などのように水分供給とその保持・管理が不可欠である。なお、近年では保温性の高い養生シートやマットが開発されて、その適用事例も増えつつあるが、これらを使用した場合にも、一般的な保温・給熱養生と同様にかえって断面中心温度を上昇させ、外部拘束ひび割れの危険性を高め

る場合もあるので、その特性を確認・検討の上、適用する必要がある。なお、外部拘束が卓越する構造物においては、東北地区の外気温特性から、冬期打設では部材全体の温度降下速度が速くなることにより外部拘束ひび割れの発生確率が高くなる場合もある。この場合にも保温養生・給熱養生の適用や養生期間を長くする対策が有効である。

一方、夏期打設したコンクリートでは冬期の外気温が低いことから、ピーク温度からの温度降下量が大きいため外部拘束ひび割れの発生確率が高い。したがって、夏期打設においてはコンクリートの温度上昇を極力抑制する養生方法を選定する必要がある。温度上昇抑制に効果のある養生方法は少なく、一般的に夏期の養生方法として散水が採用される場合が多いが、冷水による散水は内部拘束ひび割れを誘発する可能性があることに留意が必要である。

その他の特殊な養生方法としては、コンクリート内部温度上昇の低減や部材全体の平均温度降下速度抑制を目的としたパイプクーリングがある。内部温度上昇低減を目的として冷水や冷風を循環させる場合には、クーリングパイプ近傍で大きな温度勾配が生じて内部拘束ひび割れを誘発したり、設定実施期間以上に長くクーリングを実施してしまうと、早期に想定以上の温度低下が生じ、かえって有害な外部拘束ひび割れを生じさせる可能性もあるため、温度ひび割れ解析にてその効果を十分に検討し、実施に際しては温度測定などの施工管理を十分に実施する必要がある。

(2)について (1)に示したように、東北地区では、特に冬期打設において内部拘束ひび割れが発生しやすい。この場合には、断熱性の高い木製型枠や断熱性の高い材料で被覆した型枠を用いると効果的である。ただし、このような型枠を冬期に利用した場合には脱枠時にコンクリート表面が急冷されてひび割れを誘発する可能性があるため、適切な脱枠時期を設定する必要がある。

以上のように養生・型枠による温度ひび割れ制御効果には、養生方法、型枠材の特性以外に外気温環境や温度ひび割れ発生メカニズムなどが複雑に関連するが、温度ひび割れ解析では養生・型枠の効果を比較的容易に反映させることができるので、解析によってその効果を確認したうえで、実現性、経済性などを考慮して最適な養生方法・型枠を決定しなければならない。

6.4.9 高流動コンクリート

6.4.9.1 一般

- (1) 高流動コンクリートを使用する場合には、コンクリートの特性を十分に考慮し、構造物が所定の要求性能を満足するために施工計画を立て、計画に従って確実に施工する。
- (2) 高流動コンクリートが所定の自己充填性を得られるように、高流動コンクリートに関する十分な知識と経験を有する専門技術者の指導のもと、材料、配合、製造方法、品質管理の方法を定めて施工する。
- (3) 寒中に高流動コンクリートを施工する場合には、このガイドライン 6.4.6 の規定に従わなくてはならない。

【解説】 (1)および(2)について 高流動コンクリートは、フレッシュ時の材料分離抵抗性を損なうことなく流動性を高めたコンクリートである。その中でも、振動・締固め作業を行うことなく充填することが

可能な自己充填性を有するコンクリートが本項の対象である。

自己充填性を有する高流動コンクリートは、確実な充填性により施工欠陥がなく、品質や耐久性などの点で構造物の信頼性を向上できるほか、施工の省力化、省人化、合理化が図れる。また、締固め不要であるため現場、工場での騒音・振動防止が可能な利点がある。

高流動コンクリートは一般に鉄筋の過密配筋、締固めが困難な構造物に使用される場合が多いが、その他に狭隘な作業箇所、ポンプ車打設時の配管切替えが非常に困難で打込み箇所が限定される場合、閉塞された鋼殻構造、補強材・補強鉄筋が錯綜した鋼・コンクリート複合構造への適用も有効である。適用例を次に示す。

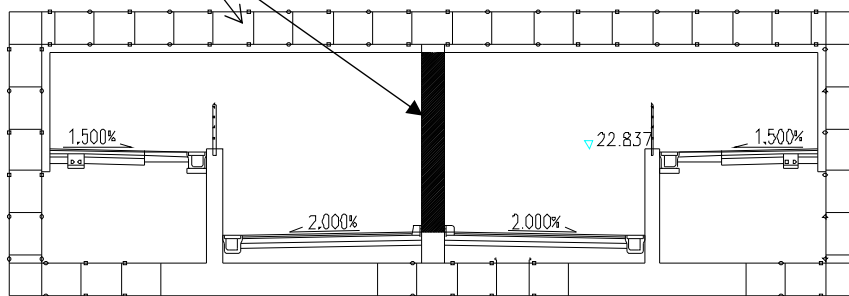
逆巻き工法となる中壁コンクリートの施工

本構造はボックスカルバートであり、軌道または道路下に継手を持った箱型の鋼管を挿入して、鋼管内部にコンクリートを充填する。この内、最初に構築された上部の鋼管によりコンクリート打設作業が制約を受ける中壁、および片側からコンクリートを充填する鋼管のコンクリートに高流動コンクリートを使用した。



写真 6.4.13 全景（中央が中壁コンクリート）

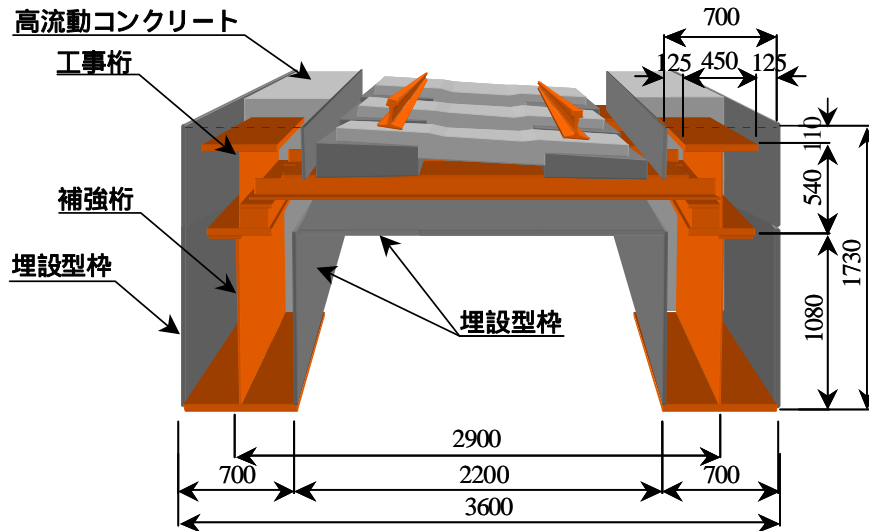
高流動コンクリート



解説 図 6.4.8 断面図

SC 桁

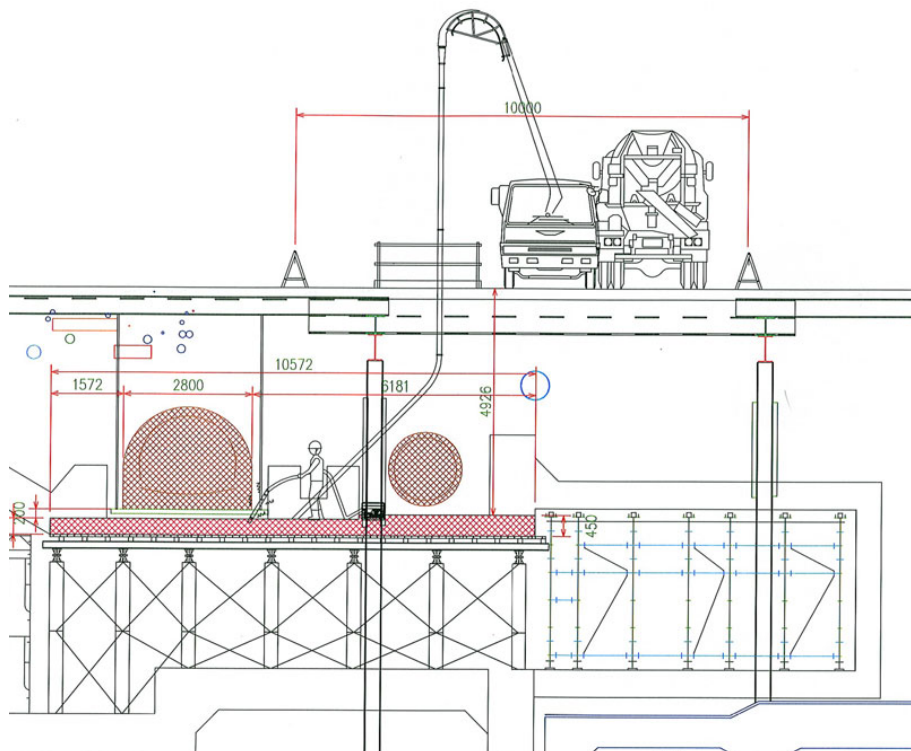
本構造は、線路下に通行を新たに確保するために、軌道をスパンの短い鋼製の工事桁で仮受けた後、桁を補強、連結して、コンクリートで巻き立てて本設の大スパン橋梁となる。埋設型枠設置後、高流動コンクリートを充て込んで鋼とコンクリートの複合構造とした。



解説 図 6.4.9 SC 桁断面図

障害物直下のボックスカルバート

道路下に地下鉄等を構築する場合、埋設物、埋設管がコンクリート打設の障害となる。このような狭隘な場所では打込み箇所が制限されたので、高流動コンクリートを使用した。



解説 図 6.4.10 側面図（既設下水管下の床版）

高流動コンクリートは、従来のコンクリートと比較して、ブリーディングおよびレイタンス発生が少ない、凝結硬化が遅延する傾向にある、使用材料の品質変動や計量誤差による影響を受けやすいため、厳しい品質管理、製造管理ならびに施工管理が要求される、コンクリートポンプによる圧送時の抵抗が大きい、振動・締固め作業を行わないことから、流動性の保持時間に留意する必要がある、などの特徴がある。このコンクリートの特性を理解して施工計画を立案するとともに、経験を有する専門技術者の指導のもと、安定した所定の自己充てん性能が確保できるよう、材料、配合、製造方法、品質管理の方法を定め製造と施工を行わなければならない。また、このガイドラインに示していない項目に関しては、土木学会「高流動コンクリート設計施工指針（案）」を参考にするとよい。

(3)について 高流動コンクリートには3種類（粉体系、増粘剤系、併用系）のものがあるが、いずれも化学混和剤の性能を最大限利用して製造されるものである。化学混和剤の性能は温度の影響が大きく、寒中で施工する場合には流動性の保持時間などの効果が常温で用いる場合と異なることも考えられるので注意を要する。

6.4.9.2 運搬・打込み

- (1) 現場までの運搬は、所要の自己充てん性を保持できる時間内に打込みが完了するように、打込みに要する時間を考慮した適切な時間内に現場まで運搬を行う。
- (2) コンクリートポンプを用いる場合の圧送管径、配管経路、配管長さは、コンクリートの品質、ポンプ機種、圧送条件、作業性、安全性を考慮して定める。また、コンクリートポンプの機種、台数は、コンクリートの品質、圧送管径、圧送距離、圧送負荷、吐出速度等を考慮して選定する。^{施)}
- (3) 高流動コンクリートの打込み速度は、配合、部材形状、圧送距離、配筋状況、型枠への側圧に応じ、試験結果や実績に基づいて決定する^{施)}。
- (4) 高流動コンクリートの落下高さや流動距離は、配合、構造条件、施工条件を考慮して定める^{施)}。
- (5) せき板に接して生じる気泡等を防止あるいは低減させる目的で、振動機等を補助的に用いる場合は、骨材沈降による分離が生じないよう最小限とする。

【解説】 (1)について 締固めを行わない高流動コンクリートは、少なくとも打込みが終了するまで所定の流動性を保持することが重要である。高性能 AE 減水剤の品質向上により長時間にわたりフレッシュコンクリートの流動性の保持が可能であるが、運搬中の交通渋滞や予期せぬ長時間の待機など不測のトラブルが生じて時間的に余裕があることが望ましいので、できるだけ運搬時間の短い工場を選定するのがよい。

(2)について 高流動コンクリートをポンプ圧送すると、通常のコンクリートと比較して、ポンプの吐出量増加に伴い圧力損失が顕著に増加する傾向にある。両者の関係は粉体量によっても大きく異なり、粉体量が多いほど管内損失が大きくなる。また、一般にポンプ圧送によりスランプフローが低下する。使用する高流動コンクリートの種類と今までの実績に基づく管内圧力損失等を勘案してポンプ圧送を計画する。

(3)について 高流動コンクリートは粘性が大きく、自重による自然流下速度より早い速度で打込むと、十分な自己充てん性を発揮しなくなる。また、せき板に接する部分に空気を巻き込んで空気あばたが発生しやすくなる。一般に、打込み速度は通常のコンクリートの場合より小さくすることが多い。

(4)について 高流動コンクリートは材料分離抵抗性が高く、流動性に優れていることより、品質低下させることなく通常のコンクリートより、落下高さ、流動距離を大きくすることができる。一般に自由落下の最大高さで5m以下、最大流動距離は標準で8m、最大で15m以下とする。

(5)について 高流動コンクリートは、通常のコンクリートに比べ粘性は高く、また振動締固めを行わないため、打込み時に巻き込んだ空気が抜けにくく、空気あばたが発生しやすい。美観性向上のために、型枠振動機、たたき、スペーシングを補助的に実施することも考えられるが、型枠振動機による過度の締固めは、粗骨材の沈降、モルタル分の浮上等の材料分離が生じるため、できるだけ少ない振動で行う。

6.4.9.3 表面仕上げ・養生・打継目

- (1) 高流動コンクリートは、表面仕上げ時期まで表面の乾燥を防止する対策を施すとともに、仕上げ時期を逸しないよう注意する。
- (2) 高流動コンクリートは、打継目が所要の性能を有していることを確認できれば、打継面の処理を簡略化してもよい^{施)}。

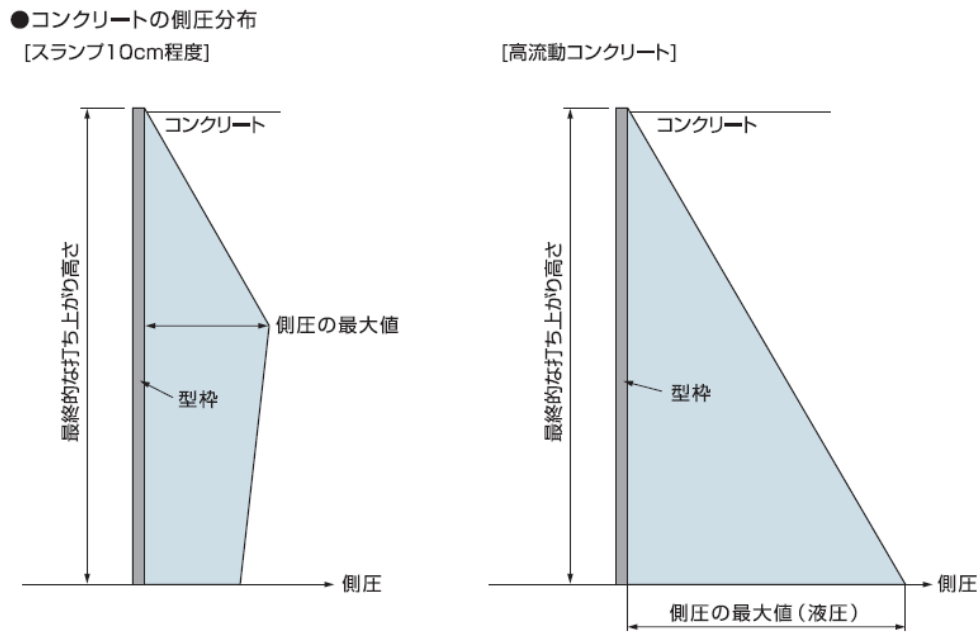
【解説】 (1)について 高流動コンクリートは粘性が高く、ブリーディングが少ないために、表面仕上げが難しい。表面仕上げを行う時期まで、表面の乾燥を防止する対策を施すとともに、その時期を逸しないよう注意する必要がある。^{施)}

(2)について 高流動コンクリートはブリーディングが少ないために打継面に形成されるレイタンスは通常のコンクリートより少ない。そのため、打継面の処理を簡略化しても打継面が所要の性能を確保できる場合がある。

6.4.9.4 型枠

- (1) 型枠に作用する高流動コンクリートの側圧は、原則として、液圧として設計する。
- (2) 高流動コンクリートを閉鎖空間に打込む場合には、上型枠の適切な位置に空気抜き孔を設ける。
- (3) 気泡が美観上の欠点となるような構造では、せき板材の性質や離剤の種類を選定に注意が必要である。

【解説】 (1)について 高流動コンクリートは流動性が高いために、打込み後に型枠に作用する側圧は、ほぼ液圧として作用する。さらに、通常のコンクリートと比較して一般に凝結時間が長いために、打込み後も長時間にわたって側圧が減少しにくい傾向にある。そのため、型枠に作用する側圧は、液圧として設計しなければならない。

解説 図 6.4.11 コンクリートの側圧分布^{d)}

(2)について 閉鎖空間内の空気はコンクリートの打込みに伴って型枠外へ排出させなければならない。打込み箇所の形状寸法、打込み方法を考慮して適切な位置に空気抜きを設置する。

(3)について 高流動コンクリートは型枠面のコンクリート表面に気泡が多く残存する可能性がある。気泡が美観上の欠点となるような構造物では、せき板材の材質や離剤の種類がコンクリート表面の気泡の残留に影響を及ぼすので、選定には注意を要する。

6.4.9.5 施工時の品質管理

- (1) 施工時の品質管理試験は打込み時に行うのが原則であるが、荷卸し地点から打込み地点までの品質変化を考慮したうえで、荷卸し地点で品質管理試験を行ってよい。
- (2) 自己充てん性の検査は、充てん装置を用いた間げき通過試験とし、検査頻度は 50m^3 につき 1 回以上を標準とする。

【解説】 (1)について 高流動の施工時の品質管理は打込み時に行うのが原則であるが、打込み地点での試験が困難な場合が多い。したがって、荷卸し地点から打込み地点までの品質変化を考慮したうえで、荷卸し地点で品質管理試験を行うのが一般的である。

(2)について 自己充てん性の検査は、充てん装置を用いた間げき通過試験によることを原則とした。検査の結果、不合格となった場合、流動性が低下している場合には、あらかじめ決められた範囲で高性能 AE 減水剤の後添加を行い、再度検査を行ってよい。コンクリートが材料分離を起こしている場合には、これを行ってはならない。いずれの場合でも、不合格になった原因を明らし、速やかに以降の製造を改善するように適切な処置を行う。^{施)}

6.4.10 膨張コンクリート

- (1) 膨張コンクリートを使用する場合には、使用前に試験練りを実施し、膨張特性や発熱特性などを試験・確認し、発注者・設計者・施工者三者の検討と協議のうえでその適用を決定する。
- (2) 膨張コンクリートの打設後は、十分な湿潤養生と温度管理を実施する。
- (3) 寒中に膨張コンクリートを用いる場合には、このガイドラインの6.4.6の規定に従わなければならない。

【解説】 (1)について 乾燥収縮ひび割れの抑制対策として、また近年では温度ひび割れ抑制対策として膨張コンクリートの使用事例が増加している。乾燥収縮ひび割れの抑制策（収縮補償用途）としての膨張材の施工事例としては橋梁地覆（高欄）コンクリートへの適用などが代表例である。また、部材厚の厚いボックスカルバート側壁などのマスコンクリート部材に対しては、水和発熱の上昇を抑制することが可能な水和熱抑制型の膨張材が適用される場合がある。いずれもコンクリート自体の収縮に起因するひび割れを制御する目的で用いられているが、膨張材は未だその特性に関しては不明な点も多い。したがって適切な使用をしないと過膨張や強度低下を起し、かえってひび割れを誘発する可能性も考えられる。特に水和熱抑制型ではない膨張材は水和発熱の発生を助長しコンクリート温度をより上昇させる特性があるため、膨張材を使用する前には試験練りを実施し、膨張特性や発熱特性などを試験・確認し、発注者・設計者・施工者三者の検討と協議のうえでその適用を決定することとした。なお、膨張特性に関しては、温度依存性が高いことが既往の研究などにおいて確認されているので、十分な調査・検討が必要である。

(2)について 膨張コンクリートが十分な膨張効果を発揮するには、十分な水分供給が必要で、コンクリートの打込み後から所要期間において湿潤養生を確実に実施する必要がある。湿潤養生としては、例えばスラブ状構造物では湛水、壁状構造物では木製型枠を使用してこれに散水する方法などが考えられる。冬期においては水分供給がコンクリート表面を冷却して内部拘束による温度ひび割れを誘発する可能性があること、養生水の凍結を防止する必要などがあることから、保温、給熱養生を併用する必要があるが、前述のとおり膨張特性には温度依存性があるため温度計測管理を実施する必要がある。なお、現時点でこれら湿潤養生の必要実施期間の明確な値の確立までには至っていないため、過去の事例などを参考にして養生期間を適切に設定する必要がある。

なお、膨張コンクリートの施工に関する一般的な注意事項は、土木学会「コンクリート標準示方書」によるものとした。

(3)について 膨張コンクリートの膨張性状は、コンクリートの温度履歴の影響を受ける。寒中に膨張コンクリートを用いる場合、部材内部では高温になるため膨張量が大きくなり、表面部では温度があまり高くないため膨張量が少なくなるなど、膨張量のばらつきが生じることも考えられる。寒中に膨張コンクリートを用いて所定の効果を上げるためには、事前に十分な検討が必要である。

6.4.11 施工中に生じた欠陥への対応

6.4.11.1 一般

- (1) 施工中にひび割れ，豆板（ジャンカ），コールドジョイント，砂すじなどの初期欠陥や損傷などが認められた場合には速やかにその発生状況を確認するとともに，その原因について発注者と施工者が協力して検討・協議したうえで，構造物の各種性能に及ぼす影響を考慮し，適切な方法，時期を選定して補修しなければならない。
- (2) 初期欠陥が生じて補修を行う場合は，健全な部分と同等の性能を確保できるようにする。
- (3) 補修実施後の構造物の健全度を診断する資料とするために，補修記録を残さなければならない。

【解 説】 (1)について 初期欠陥や施工中の損傷は，所要の品質のコンクリートを用いて適切な施工を実施していれば避けられるものである。しかし，施工作业は人為的なものであり，予期していなかった事態が生じることもあり，これらの初期欠陥を皆無にすることが困難なことも否めない。したがって，万一初期欠陥が生じた場合には，直ちに発生状況を調査するとともに，調査結果に基づいて発注者・施工者協議のもとにその原因を検討するとともに，適切な処置を講じなければならない。

初期欠陥の程度は千差万別であり比較的軽微なものから耐久性に影響を及ぼすものまである。また温度ひび割れなど，完全に防止することは費用，工期が多くなるため実際のでなく，構造物への影響の少ないひび割れであればこれを許容して計画される場合もある。したがって発生した欠陥の程度，場所，進展の可能性，構造物に及ぼす影響を検討し，必要に応じて補修することが求められる。その場合，補修部分が弱点にならないように補修計画を作成し，発注者側の承認を得たうえで補修しなければならない。

「コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針」に，初期欠陥とは施工時に発生するひび割れ，充填不良（ジャンカ），コールドジョイント，砂すじが挙げられている。これらの補修方法の詳細については，資料編資料 -1 を参考にされたい。

(2)について 構造物の劣化調査によると，劣化は初期欠陥の補修部分から発生している場合が多く見られている。これは，その部分の初期欠陥の補修方法に問題があったことを示している。初期欠陥部分は，外見的には完全に補修されているように見える場合であっても，正しい補修がなされていないと長期的には必ずその影響が現れてくるのである。したがって，初期欠陥の補修では，先ずその欠陥の種類と範囲を正しく判断し，健全な部分と同等の性能を確保できるような方法で完全に行わなければならないのである。

6.4.11.2 補修の要否の判定

初期欠陥部の調査結果に基づいて補修の要否を判定する場合には、次に示す構造物の諸性能に及ぼす影響を考慮して判断するものとする。

- (1) 構造安全性
- (2) 耐久性能
- (3) 使用性能（美観・景観を含む）
- (4) 第三者に及ぼす影響

【解 説】 一般に初期欠陥が構造物の安全性に及ぼす影響は比較的少なく、多くの場合耐久性能や使用性能に及ぼす影響を考慮すればよい。

補修の要否の判断は構造物の使用性の種類によって相違する。ひび割れに関していえば、その種類によっては直ちに補修が必要な場合、ひび割れが進行した時点で補修を行った方がよい場合、あるいはひび割れが進行性でなく放置しておいてもよい場合など、構造物の要求性能、ひび割れ発生の箇所、周囲の環境条件などによって最善の対応方法も異なる。したがって、ひび割れ補修の要否を単にひび割れ幅のみから判断することは適切ではなく、構造物の性能低下の程度、構造物の社会的重要性、補修にかかる費用などを総合的に考慮して、補修の要否、その時期を決めなければならない。しかし、他によりどころのない場合の補修の要否を判定する一応の基準として、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針（コンクリート工学協会）」に示されており参考にされたい。

【参考文献】

施) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 施工編

d) 十河茂幸, 信田佳延, 栗田守朗, 宇治公隆 (2008) : コンクリート名人養成講座 [改訂版], 日経コンストラクション

g) 十河茂幸, 信田佳延, 栗田守朗, 宇治公隆 (2007) : コンクリート名人養成講座, 日経コンストラクション

h) 岩瀬文夫, 岩瀬泰己 (2008) : ひび割れのないコンクリートのつくり方, 日経アーキテクチャ

i) 村田二郎: コンクリートの水密性の研究, 土木学会論文集, No77, 1961

j) ACI 306R "Cold Weather Concreting"

7 章 検査および工事記録

7.1 検査

7.1.1 一般

- (1) 検査は、竣工した構造物を受け取るために、発注者の責任において実施する^施。
- (2) 検査は、土木工事共通仕様書に定められた判定基準に適合しているか否かを、必要な測定や試験を行った結果に基づいて判定する。
- (3) 試験を行う場合は、客観的な判定が可能な手段を用いる。土木工事共通仕様書等に定めのない場合は、JIS または土木学会規準等に定められた方法に従って行うことを原則とする。
- (4) 検査の結果、合格と判定されない場合は、部材、構造物が所定の性能を満足するように適切な対策措置を講じなければならない^施。

【解説】 (1)および(2)について ここでいう検査とは、一般的な新設の土木構造物のコンクリート工事において、施工の各段階およびできあがった構造物に対して行う検査を示している。検査は、製造、施工されたコンクリート、部材、構造物などが、当所設定された要求性能を満足し、竣工した構造物が受取り可能かどうかを、工事の発注者が判定する行為である。コンクリートの製造、構造物の施工に伴う各段階で種々の検査があり、全ての実務を発注者が行うことは合理的ではなく、実際的ではないが、構造物の所有者としての責任を明確にするために、検査は発注者の責任において実施することを明記した。また、各段階において、測定や試験などの実務を発注者が行う場合や実務を施工者が行う場合でも、その結果を発注者が確認することで検査の責任は発注者の責任において実施すべきであることとした。

構造物構築の最終的な目標は、構造物の性能確保である。構造物の性能は直接竣工した構造物で検査することが理想である。しかし、竣工した構造物で検査できる項目は、コンクリートの表面状態や部材の位置および形状寸法等、ごく一部に限られている。したがって、設計図書、施工計画を参照しながら、合理的かつ経済的で体系的な検査計画を立案し、施工の各段階で適切な検査を実施することで、構造物の要求性能が満足されることを確認する必要がある。完成した構造物が所要の性能を有することが確認できるように、発注者の責任において必要な検査を行わなければならない。

東北地方では、海水の飛沫による塩害とともに凍結防止剤散布の影響による塩害が生じやすい環境にある。また、山間部等では凍害も懸念される。このような厳しい暴露環境においては、要求性能を確保することが重要であり、それを確認するための手段として、材料や各施工段階における検査は重要な役割を果たすこととなる。施工者と発注者は、高い意識を持って所定の要求性能を有する構造物の実現に努めなければならない。

(3)について 検査の方法は、構造物の種類、使用材料、施工法等によって異なるため、効率的かつ確実な

検査ができるよう、検査の項目、試験方法、頻度などを事前に検討し、計画しておく必要がある。また、検査における試験方法や合否の判定基準は、客観的なものでなければならない。そのためには、各種の試験を日本工業規格(JIS)や土木学会規準等に定められた方法で行うことを原則とした。一般には、検査の実施方法については契約図書に明記しておく必要がある。施)

検査は目視や試験などによって行うが、試験の信頼性や費用、所要時間なども事前に検討しておく必要がある。例えば、鉄筋の配筋検査では、非破壊で構造物の竣工後に検査できる技術があるが、現状では、費用や信頼性などの点で、コンクリートの打込み前に目視検査の方が合理的な場合が多い。また、検査の判定基準も試験の精度や信頼性などに大きく依存する。しかし、現状では完璧な検査方法はなく、検査には費用を伴うため、あまりに完璧な検査方法を求めると、非常に不経済になることもある。施)

(4)について 検査は基本的には、受取りが可能かどうかを判定するものである。このため、不合格の場合は受取りを拒否するのが原則である。しかし、土木構造物の場合には大量生産される製品とは異なり、工程の複雑さ、施工期間の長さ、竣工延期の社会的影響などを考えると、受取り拒否が最善の策とは言えない場合が多い。また、合格と判定されない構造物を解体、廃棄することによる影響が大きくなる場合もある。このため、適切な対応を行って構造物の所定の性能を確保することが現実的である。不合格の場合の対応は、種々考えられる。途中での部分的な手直しで対応できる場合もあるが、最終段階での手直しや場合によっては補強などを行う必要がある。しかし、これらのどの方法でも部材あるいは構造物の所定の性能が確保できない場合には、解体・再構築ということになる。施)

7.1.2 検査計画

- (1) 検査計画は，土木工事共通仕様書に基づき発注者が立案しなければならない。
- (2) 検査計画は，設計図書に対応して，検査する項目の選定，試験・検査方法，試験・検査の時期や頻度，試験・検査の合否判定方法，必要な人員配置等についてあらかじめ策定する^{施)}。
- (3) 構造物の重要性，工事の種類および規模，工事期間，材料や適用する施工法の信頼性・施工作业従事者の熟練度，施工の時期，その後の施工工程への影響度，効率等を考慮して検査を計画する^{施)}。
- (4) 検査計画は，構造物の維持管理段階における点検項目等を踏まえ，必要とされる初期情報を得ることを考慮して策定しなければならない。
- (5) 検査計画は，コンクリートの製造，施工，コンクリート構造物の竣工前の段階ごとに立案する。標準的な工事の場合，表7.1.1に従って検査を行うとよい^{施)}。

表 7.1.1 構造物の性能の確保に必要な検査体系^{施)}

検査対象 項目	該当箇所	コンクリート材料の受入れ	コンクリート製造・設備	レディーミクストコンクリートの受入れ	補強材の受入れ	施工の検査			コンクリート構造物の検査			
						コンクリート工	鉄筋工	型枠工および支保工	表面状態	コンクリート部材の位置および形状寸法	構造物中のコンクリート	かぶり
製 造	コンクリート材料	()										
	コンクリートの製造設備・製造工程		()									
	現場までの運搬			()								
レディーミクストコンクリート											()	
補 強 材												
施 工	現場内での運搬										()	
	打 込 み										()	
	締 固 め										()	
	表面仕上げ											
	養 生										()	
	継 目											
	鉄 筋 工											()
型枠・支保工											()	

凡 例

：検査可能。

()：必要に応じ検査を行う。(検査可能)

()：必要に応じ検査を行う。(性能等の一部に限り検査可能)

- (6) 検査計画は，通常予想しうる状況の変化に柔軟に対応できるものとする。ただし，予想を超えた状況の変化が生じて施工計画が変更されたときには，検査計画を修正する。^{施)}

【解 説】 (1)について コンクリート構造物の要求性能が保証される検査計画は，構造物の発注者の責任において立案しなければならない。

(2)、(3)および(4)について 検査の目的は、構造物が所定の性能を確保できるように、構造物が設計図書通りに施工されることを確認することである。さらに、維持管理段階において有効な情報となる各種試験や測定記録を残すことも求められる。検査計画自体は、(2)に示した項目を決める行為ではあるが、目的を達成するための検査体系はひとつではなく複数のものが考えられる。その際に考慮すべきことは、(3)および(4)に示した項目である。

通常の小規模な工事では、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：検査標準〕の 3 章以降に示した標準的な検査を適用した方が合理的な場合が多いが、重要な構造物であり置かれた環境条件が厳しい場合や、長期間にわたる大規模な工事、特殊な材料や工法を用いた工事では、別途独自の検査体系を計画した方が合理的な場合がある。

検査は、構造物の信頼性を確保するための行為である。検査は工法の信頼性等に応じて変えていくことが大切である。人的ミスなどが入りやすい工法では検査頻度を高くし、施工プロセスにほとんどミスの生じない工法では検査頻度を低くしてよい。また、たとえば、新しい工法でも同一工程が繰り返されるなら、初めは高い頻度で検査を行い、問題が起きなければ次第に検査の頻度を下げていくことが合理的である。さらに、複数の工事で見ると、新しい工法を初めて採用するときには、新しい工法に対応した厳しい検査体系を組み、実績を上げるに従い、重要度の低い検査から実施頻度を下げていくことが合理的であろう。また、ISO 9000 シリーズ取得者や各種の認定制度などの被認定者、過去に優良な実績を有するものなどについては、検査の趣旨を理解した上で簡素化することも検討に値する。これらの例としては、生コンクリートでは、JIS マークだけでなく全国生コンクリート品質管理監査会議の \circ マークのあるものは検査頻度を低くする、あるいは圧接では日本圧接協会の優良圧接業者推奨制度の「優良」マークのある圧接業者では施工時の検査頻度を低くするなどがある。(施)

また、構造物の重要性あるいは部材の重要性によって検査方法を合理化することも検討に値する。例えば、現在の JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」では、PC 部材のコンクリートも均しコンクリートも同じ受取り検査を行うことになっているが、本来ならば前者では後者より厳しい検査が必要であるし、後者では構造部材に用いるコンクリートより検査が簡略化されてもよい。(施)

材料の信頼性の面から、製造工程における品質管理の実状を考慮した検査方法がとられている場合がある。例えば、品質のばらつきが少なく、経時的な品質変化の少ない鉄筋は、ミルシートによる確認で検査が実施されているが、フレッシュコンクリートは試験による品質確認が基本となっている。(施)

現場における品質管理が十分に行き届いていないと判断される場合には、検査の効率などを考えると抜打ちによる検査も検討に値することがある。抜打ち検査は、使い方によっては品質向上の動機付けになることもある。(施)

なお、検査方法の有無や改善は、検査体系に決定的な影響を与えることもある。例えば、海砂中の塩分量の規制など、規制が設けられた時点では適切な検査法がなく、規制はなかなか有効に働かなかった。しかし、実用的なフレッシュコンクリート中の塩分測定法が開発されて、実効をあげた。このように、検査の実効をあげるには、検査機器のハードウェアの改善も非常に重要である。よりよい検査技術が開発された場合には、積極的に検査体系を見直すことも重要である。(施)

(5)について 表 7.1.1 に示すように、コンクリートの製造の段階では、材料の受取り検査、製造設備の検査があり、施工工程では、コンクリートの受取り検査、補強材の受取り検査、コンクリート工の検査、鉄筋

工の検査，型枠工および支保工の検査がある．また，できあがった構造物では，表面状態の検査，コンクリート部材の位置および形状寸法の検査，構造物中のコンクリートの検査，かぶりの検査等がある．表面状態，部材の位置および形状寸法，構造物中のコンクリート，かぶりはそれぞれ施工の段階でその不具合が検査できる．^{施)}

(6)について 検査計画は，施工計画が変更になれば検査計画も見直しが必要になる^{施)}．

7.1.3 補強材の受入れ検査

- (1) 現場に納入された補強材が設計で指定された品質を満足していることを，施工前に受入れ側が検査し，検査の結果を発注者が確認しなければならない．
- (2) 鋼材の品質の検査は，土木工事共通仕様書によることを標準とする．

【解 説】 補強材が構造物の設計において基準とした所要の品質をもたなければならないことは当然であって，これを確かめるために施工に入る前にあらかじめ検査する必要がある．施工者の責任において補強材の受入れ検査を実施し，発注者は施工者による検査の結果を確認する．^{施)}

一般に鋼材は，製造会社より結束された状態で入荷し，その束に検査済みの証印，種類の記号，呼び名，製造者名(またはその略号)などの表示がある．目視によって銘柄・種類が所定の鉄筋であることを確認し，材質，形状，寸法，質量などが JIS G 3112 あるいは JIS G 3117 のそれぞれに合格した鉄筋であることを，製造工場からの試験成績表によって確認するのが一般的な検査の方法である．このとき，鉄筋径をノギスなどで測定し，外観を確認するのがよい．鉄筋以外の各種鋼材の場合にも，上記の鉄筋の場合に準じて検査を行えばよい．また，エポキシ樹脂塗装鉄筋の場合には，その塗装部分に異常がないことを確認することが大切である．鉄筋以外の各種鋼材の場合も，上記の鉄筋の場合に準じて検査を行えばよい．^{施)}

鋼材の防錆は，構造物の耐久性に不可欠である．エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗膜は強固ではなく，取扱いにおける欠陥が生じやすいものである．他の部材との接触，摩擦および熱などの影響に注意した取扱いが必要である．

7.1.4 レディーミクストコンクリートの受入れ検査

- (1) レディーミクストコンクリートの受入れ検査は、受入れ側の責任のもとに実施し、検査の結果を構造物の発注者が確認する^{施)}。
- (2) レディーミクストコンクリートの受入れ検査は、荷降ろし時に行う^{施)}。
- (3) 検査は、土木工事共通仕様書によることを標準とする。
- (4) 受入れ側の専門技術者は、荷卸し時においてコンクリートが良好なワーカビリティを有することを目視によって確認しなければならない。ワーカビリティが適切でないとは判定されたコンクリートは、これを打ち込んではいならない^{施)}。
- (5) フレッシュコンクリートの単位水量の検査は、受入れ側と製造側の両者がその検査方法および判定基準についてあらかじめ協議したうえで実施するものとする。
- (6) 強度の検査は圧縮強度試験による。この検査で不合格となった場合、構造物中のコンクリートの強度を検査しなければならない^{施)}。
- (7) 重要な構造物に対しては、必要に応じて、収縮ひずみを確認する^{施)}。
- (8) 流動化コンクリートについては、ベースコンクリートおよび流動化後のコンクリートのスランプと空気量試験を、50m³につき1回の割合で実施するのを標準とする^{施)}。
- (9) 検査の結果、不合格と判定されたコンクリートはこれを用いてはならない^{施)}。

【解説】 (1)および(2)について 現場に納入されたコンクリートが所要の性能を有するかどうかを判定するために、レディーミクストコンクリートの受入れ側の責任において検査を実施する。一般には、施工者がレディーミクストコンクリートを購入するので、受入れ検査は荷卸し時に施工者の責任において実施する^{施)}。

(3)について 施工者は、フレッシュコンクリートが所要の施工性能を満足することを、責任をもって検査する。これに対し、構造物の発注者に必要な検査項目は、硬化後の性能に関する項目であり、塩化物イオン量、アルカリ骨材反応対策、空気量、水セメント比、強度などである。これらの項目については、構造物の発注者が最終的な責任を負うものである^{施)}。

スランプについて スランプ試験は、コンクリートのコンシステンシーを評価するために広く用いられている。また、コンクリートのプラスティシティーについてもこの試験によってある程度判断することができる。したがって、スランプの試験値だけでなく、試験後のコンクリートの形や均質性などを注意深く観察し、ワーカビリティの良否を判定するうえで参考にするとよい。なお、スランプが3cm未満および18cmを超える特殊なコンクリートの許容誤差は、該当する規定を参照するものとする^{施)}。

空気量について AE コンクリートは、同じロットの材料を用い、同じ配合のコンクリートを製造しても、骨材の粒度、気温、その他が変化すると空気量が大きく変動することがある。空気量の変動はコンクリートのワーカビリティや強度、耐久性などに大きな影響を及ぼすので、受入れ時に所要の空気量が含まれていることを試験によって確かめる必要がある^{施)}。

温度について コンクリートの温度は、フレッシュコンクリートの品質はもとより、セメントの水和熱によるコンクリートの温度上昇量、強度発現特性、などにも大きな影響を及ぼす。特に、マスコンクリート、

寒中コンクリートあるいは暑中コンクリートの施工においては、コンクリートの品質を左右する重要な項目である。施)

フレッシュコンクリートの温度の試験方法としては、JIS A 1156「フレッシュコンクリートの温度測定方法」に準拠して行う施)。

単位容積質量について コンクリートの単位容積質量は、構造物の設計において設定した単位容積質量に対して、実際のコンクリート構造物の単位容積質量が適切であることを確認するために必要な試験である。軽量骨材コンクリートの場合には、単位容積質量の大幅な変動が構造物の品質を左右することから、特に重要な検査である。施)

塩化物イオン量について 塩化物イオン量は、鋼材腐食に対する抵抗性に及ぼす影響が大きく、海砂を使用する場合など、特に塩化物イオン量が多く混入する可能性が高い場合は試験の頻度を高めることとした施)。

フレッシュコンクリートの塩化物イオン量の試験方法としては、JIS A 1144「フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験方法」がある施)。

なお、配合の中のセメント量、単位水量などの印字記録については、荷卸し時に確認することが望ましいが、現在のところ印字記録を納入伝票に記載できるような設備を設置しているレディーミクスト工場は少なく、実際問題としての対応が難しい。しかし、新しいJIS A 5308では記録を納入伝票に付けることが義務づけられることになっており、今後そのような体制が整った時点では配合の確認を荷卸し地点で行うこととする。

(4)について コンクリートは、均質で、運搬、打込み、締固め等の作業に適するワーカビリティを有していなければならない。フレッシュコンクリートのワーカビリティの良否は、目視によりある程度判定が可能である。そこで、現場での荷卸し時や打ち込む前にコンクリートの状態に異常がないかを受入れ側の技術者が目視により確かめることとし、ワーカビリティが適切でない判定されたコンクリートは打ち込むではないこととした。また、この目視による検査の信頼性、確実性を高めるには、コンクリートに関する十分な知識、経験を有する技術者によることが不可欠である。したがって、目視による検査は受入れ側のコンクリート主任技士、コンクリート技士などの専門技術者によるものとした。なお、判定に際して疑義が生じることが想定される場合は、製造側の専門技術者とあらかじめ協議し、互いの合意のもとに適切な判定基準を定めておくことが重要である。施)

(5)について フレッシュコンクリート中の単位水量を推定する試験方法として、加熱乾燥法(乾燥炉法、電子レンジ法など)、減圧乾燥法、エアメータ法、静電容量法などが開発されている。しかし、現状における測定精度には限界があるため、試験によるフレッシュコンクリート中の単位水量の検査は、あくまでも過度な水量を含むコンクリートを排除することを目的とするのがよい。また、それぞれの試験方法における試験の精度や校正方法が相違するため、検査に先立って、適用する試験方法の種類やその判定基準について受入れ側と製造側の両者であらかじめ協議を行って実施することが望ましい。施)

(6)について 十分に信頼できる製造設備ならびに製造管理・品質管理体制が整っている場合は、コンクリートの強度は、コンクリート材料の品質や配合等を確認することによって、コンクリートが打ち込まれる前に検査することも可能である。しかし、製造設備や製造品質管理体制が信頼できない場合、あるいはコンクリートの製造状況が不明の場合や設定どおりに行われなかった場合には、配合検査からコンクリートの強度を確認することはできない。このため、コンクリートが打ち込まれた後になるが、強度試験により確認する

ことが必要になる。なお、現状では、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」においては強度試験を行うことが定められている。施)

(7)について 収縮ひずみの測定は、JIS A 1129「モルタル及びコンクリートの長さ試験方法」に準拠するとよい。この試験から求めた測定値に対する判定基準は、収縮量が1000 μ を超えないことを確認することを標準としてよい。この基準値は、水中養生7日後6ヶ月の乾燥条件における収縮量である。なお、一般的な構造物に対して、実績のある通常の生コンクリートを使用する場合は、収縮ひずみの試験による検査は省略してもよい。施)

(8)について 流動化コンクリートのスランプおよび空気量は、ベースコンクリートのスランプおよび空気量が許容範囲内であっても、一定量の流動化剤を添加することで著しく変動する可能性がある。したがって、流動化コンクリートを用いる場合は、ベースコンクリートと流動化コンクリートの両方を検査の対象として、通常のコンクリートの場合より検査頻度を多くするのがよい。施)

ベースコンクリートおよび流動化コンクリートのスランプは、打込み当初から製造が安定するまでは検査頻度を多くし、以後は50 m^3 に1回程度実施するのがよい。さらに、流動化後のワーカビリティが適切かどうか、トラックアジテータ毎に目視によって確認するのがよい。施)

(9)について コンクリートの受取り検査で不合格と判断されたコンクリートを用いないのは当然である。万一打ち込んだコンクリートが所要の品質を有していないことが確認された場合は、構造物中のコンクリートについて直接検査しなければならない。施) この場合の検査は7.1.6.4によるのがよい。

7.1.5 施工の検査

7.1.5.1 一般

- (1) 施工の検査は、検査計画に基づき、発注者の責任のもとに実施する施)。
- (2) コンクリートの施工の検査は、各段階における項目が施工計画どおりに行われていることを確認することにより実施する。

【解説】 (1)について 施工の各段階では、施工者は品質管理を行い、構造物の発注者の責任において施工の検査が実施されることが一般的である。一般に、コンクリート構造物の完成後に構造物の品質を確認するのは難しい場合が多い。このため、施工の検査はコンクリートを打ち込む前か、コンクリートの施工中に実施するのが標準的である。施)

7.1.5.2 鉄筋工の検査

- (1) 鉄筋の加工および組立の検査は、土木工事共通仕様書によることを標準とする。
検査の結果、鉄筋の加工および組立が適当でないと判定された場合は、鉄筋の加工および組立を修正しなければならない。施)
- (2) 鉄筋の継手の検査は、土木工事共通仕様書によることを標準とする。詳細については、土木学会「鉄筋定着・継手指針」による。鉄筋の継手にガス圧接継手、溶接継手、機械式継手等を用いる場合には、必要に応じ、これを用いる前に、その継手の強度を確かめなければならない。
- (3) 検査の結果、鉄筋の継手が適当でないと判定された場合は、所要の目的を達しうるように処置しなければならない施)。

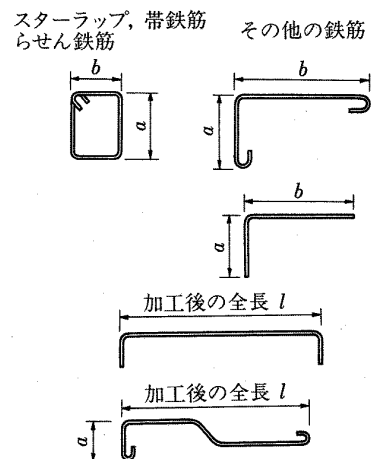
【解説】 (1)について 鉄筋の加工および組立が完了したら、コンクリートを打ち込む前に鉄筋の本数、径を確認し、折曲げの位置、継手の位置および長さ、鉄筋相互の位置および間隔、型枠内での支持状態等について、設計図書に基づき所定の精度で造られているかを検査するものとする。判定基準の許容誤差は、構造物の種類や重要度を考慮して定めるものとする。施)

鉄筋を組み立て直すには多大な労力を要することが多いので、組立中にも適宜確認して、誤りを未然に防ぐことが望ましい。また、鉄筋を組み立ててから長期間経過すると、浮きさび、どろ、油等が付いたり鉄筋の位置がくるったりするので、組み立てが終了し、清掃、組立検査をした後すみやかにコンクリートを打ち込まなければならない。施)

鉄筋の加工寸法の許容誤差は、組み立てた鉄筋の配置の許容誤差に直接影響するので、構造物の種類や重要度、部材の寸法ならびに誤差の方向によって定めるものとするが、一般には解説 表 7.1.1 を目安とするとい施)。

解説 表 7.1.1 加工寸法の許容誤差施)

鉄筋の種類		符号（右図による）	許容誤差（mm）
スターラップ，帯鉄筋，らせん鉄筋		a, b	±5
その他の鉄筋	径 28mm 以下の丸鋼・D25 以下の異形鉄筋	a, b	±15
	径 32mm 以下の丸鋼・D29 以上 D32 以下の異形鉄筋	a, b	±20
加工後の全長		L	±20



組み立てた鉄筋の配置では、その許容誤差としては、部材で異なるが ±5 ~ 20mm の範囲で定めるのがよい。ただし、継手部を含めて、いずれの位置においても、最小のかぶりは確保しなければならない。施)

かぶりについては、設計図面に明記されているかぶりとは、耐久性照査で設定したかぶりの関係を確認し、次式により判定基準値を設定する施)。

$$C_m > C_d$$

(解 7.1.1) 施)

ここに、 C_m : かぶりの測定値

C_d : 耐久性照査時で設定したかぶり値で次式による；

$C_d=C - C_e$

(解 7.1.2) 施)

ここに， C：設計図面に明記されているかぶり

C_e ：設計時に想定した施工誤差

なお，適切に配置されたスペーサの寸法が，耐久性照査で設定したかぶりよりも大きい場合，所定のかぶりは確保されていると判定してもよい施)。

検査の結果，鉄筋の加工および組立が適当でないと判定された場合は，適切に修正しなければならない。ただし，いったん曲げ加工した鉄筋は，曲げ戻すと材質を害するおそれがあるので，原則として曲げ戻して使用してはならない。施)

なお，かぶりの標準値は，このガイドライン 4.2.2 を参照のこと。また，東北地方では，積雪や凍結に対する注意が必要である。特に寒中コンクリートの検査においては，型枠や鉄筋への着氷の有無についても留意し，検査後は確実にビニールシートで覆うなどして，水の進入による着氷や雪の吹込みを確実に防止しなければならない。

(2)について 継手施工の簡易化のために各種の鉄筋継手が開発されているが，いずれの鉄筋継手も所要の性能を有していることを検査する。ガス圧接継手には，手動ガス圧接継手，自動ガス圧接継手，熱間押抜ガス圧接継手が，溶接継手には突合せアーク溶接継手，突合せアークスタッド溶接継手，突合せ抵抗溶接継手，フレア溶接継手等が，また，機械式継手にはスリーブ圧着継手，スリーブ圧着ネジ継手，ねじふし鉄筋継手，モルタル充てん継手，摩擦圧接ネジ継手，くさび固定継手，併用式継手等がある。溶接継手，機械的継手等の性能は，継手の種類，使用材料，継手作業員の技量，施工方法等によって異なる。施)

なお，詳細については，鉄筋定着・継手指針を参照するとともに，ガス圧接継手の検査は，日本圧接協会「鉄筋のガス圧接工事標準仕様書」に準じて行えばよい施)。

(3)について ガス圧接継手に関する判定が不合格となった場合の処置は，日本圧接協会「鉄筋のガス圧接工事標準仕様書」に準じて行うとよい施)。

7.1.5.3 型枠工および支保工の検査

(1) 型枠工および支保工の検査は，土木工事共通仕様書によることを標準とする。

(2) 検査の結果，型枠工および支保工が適当でないと判定された場合は，所要の目的を達しうるように処置しなければならない施)。

【解 説】 構造物の出来形を検査するのであれば，型枠および支保工自体を検査する必要性は少ないかもしれない。しかし，型枠の不備で施工時あるいはコンクリート硬化後に不具合が生じることも多いので，ここでは型枠および支保工を検査することとした。施)

なお，東北地方では，積雪や凍結に対する注意が必要である。検査においては，型枠や鉄筋への着氷の有無についても留意し，検査後は確実にビニールシートで覆うなどして，水の進入による着氷や雪の吹込みを確実に防止しなければならない。また，着氷を温水で洗い流す事態も想定されるため，型枠内からの排水についても考慮しておくが良い。支保工の支持部では地盤の凍結による凍上に対する注意が必要となる。検査においては，排水状態や集水溝等の有無や機能を確認することも重要である。

(1)について 型枠および支保工は、コンクリートの打込み前および打込み中に作用する荷重の中で最も不利な組合せに対して、十分な強度と安全性を有するものでなければならない。したがって、それらの荷重に対して、型枠のはらみ、モルタルの漏れ、移動、傾き、沈下、接続部の緩み、その他の異常が生じないように土木共通仕様書に従って検査し、構造物または部材の断面形状や寸法、施工安全性などを確保する必要がある。^{施)}

型枠工および支保工の施工精度は、所定の位置に所要の形状、寸法の構造物が得られる精度とする。なお、個々の部分の許容誤差が一般に受け入れられている程度の値であっても、これらが累積し、その影響を大きく受ける箇所がある場合には、その累積誤差が許容誤差を超えないように注意する必要がある。^{施)}

7.1.6 コンクリート構造物の検査

7.1.6.1 一般

- (1) 発注者は、コンクリート構造物の表面、部材の位置および形状寸法について検査を実施する^{施)}。
- (2) 重要構造物やかぶりが不足しやすい床版、環境条件が厳しく塩害や中性化等による鋼材腐食の危険性が高い部材に対しては、非破壊試験によりかぶりの検査を実施するのがよい^{施)}。
- (3) 工事中のトラブル等のために構造物の性能に疑いが生じた場合には、必要に応じて構造物の性能の検査を行わなければならない^{施)}。

【解 説】 (1)について コンクリート構造物が所要の性能を発揮するためには、許容できる範囲で初期の計画通りに建造されていなければならない。それを確認するために、受取り側である構造物の発注者の責任において、表面の状態が良好であるか、構造物の位置、形状、寸法等が許容誤差内で造られているか等に関する検査を行う必要がある。^{施)}

地中に構築される杭基礎等や足場が撤去されると検査ができない高橋脚等のコンクリート構造物の検査は、構造物の建造中あるいは工事の部分的な完成後に限られる^{施)}。

苛酷な環境に建設される構造物においては、その後の維持管理を念頭に置いたより詳細な検査項目を設定し、目視観察や形状測定による外観検査のほかに、必要に応じてコンクリートの品質や鉄筋の状況を検査するための非破壊試験を併用するのがよい^{施)}。

(2)について 構造物が所要の性能を満足するためには、設計通りのかぶりが確保されていることが必要である。かぶりが不足しやすい床版や特にはく落すると第三者への被害が懸念される部材などに対して、非破壊試験によるかぶりの検査を行う。環境条件が厳しく、塩害や中性化等による鋼材腐食が生じやすい部材に対しても、非破壊試験によりかぶりの検査を行うのがよい。^{施)}

(3)について 工事中のトラブルには、構造物のコンクリートが工事中に凍害を受けたおそれのある場合、コンクリートの受入れ検査結果から判断してコンクリートの強度に疑いのある場合、その他工事中構造物の安全性になんらかの根拠のある疑いが生じた場合等があげられる。そのような場合、所要の性能が発揮できることを確認するための検査を行う必要がある。^{施)}

7.1.6.2 表面状態の検査

(1) 表面状態の検査は、表 7.1.2 によることを標準とする。検査は補修等の処置を施す前に行う^{施)}。

表 7.1.2 表面状態の検査^{施)}

項目	検査方法	判定基準
露出面の状態	目視	平坦で豆板、すじ、気泡等による欠陥、かぶり不足の徴候等が認められず、外観が正常であること
ひび割れ	スケールによる測定	構造物の要求性能を損なわない許容値の範囲内であること
打継目	目視およびスケールによる測定	新旧コンクリートの一体性が保たれていると判断されること

(2) 検査の結果、異常が認められた場合は、必要に応じ、以下に示す処置を講じなければならない^{施)}。

(a) コンクリートの表面に突起、すじ等が認められた場合には、これを除いて平らに仕上げる。豆板、欠けた箇所等は、適切な補修を行わなければならない。^{施)}

(b) 許容されたものより大きい初期ひび割れに対しては、適切な補修を行う^{施)}。

(3) マスコンクリートの場合、(1)、(2)によるほか、型枠取外し後に目視によるコンクリートの温度ひび割れの検査を行う。その時期は構造物内の温度変化を考慮して定める。^{施)}

【解説】 (1)および(2)について 表面状態の検査は、補修、手直し等の処置を施す前に行うものとする。すなわち、型枠取外し、養生後のそのままの状態のコンクリートに対して行うことが大切である。表面状態については、コールドジョイント・豆板・すじ・凹凸・気泡・色むらがある箇所、あるいは鉄筋が露出もしくは露出していなくてもかぶりが極端に不足して鉄筋の位置や形状が判別できるような箇所等を目視で検査する。補修にあたっては、環境、位置、大きさ等を検討の上、適切な配合のコンクリート、モルタル、ポリマーセメントモルタル等を選択して、維持管理段階において再補修することがないように、行き届いた品質管理の下、適切な補修を行うことが必要である。^{施)}

初期ひび割れの原因としては、コンクリートの発熱に伴う温度応力によるもの、乾燥収縮によるもの、荷重によるもの等が考えられる。これらのひび割れには、構造上比較的影響の少ないものもあるが、なかには重大な影響を与えるものもあるので、判定基準とする許容値を必要に応じて適切に定めておくのがよい。ひび割れ幅の許容値は、土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕の 8.3.2 の規定によって定めるものとし、同規定の表 8.3.2 による鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値とする。また、日本コンクリート工学協会「コンクリートのひびわれ調査、補修・補強指針」に示されている「補修の要否に関するひびわれ幅の限度」を参考にするとよい。^{施)}

打継目は、新旧コンクリートの一体性が保たれているかどうかを、目視によって検査するものとする。新旧コンクリートの一体性が保たれていないと判断された場合は、ひび割れの補修に準じた補修を行う必要がある。^{施)}

ひび割れの補修に際しては、日本コンクリート工学協会「コンクリートのひびわれ調査、補修・補強指針」を参考にするとよい^{施)}。

(3)について マスコンクリートとして扱うべきコンクリートの範囲については、5.5 解説に示している。

マスコンクリートの場合には、通常のコンクリート構造物を対象とした検査のほか、構造物の所要の品質あるいは必要な機能を損なう許容ひび割れ幅を越えるような温度ひび割れが発生していないかどうかを入念に調べる必要がある。温度ひび割れの検査時期は、構造物内の温度変化を考慮して決めるのがよい。型枠取外し時、部材平均温度が外気温と平衡する時期、冬期では部材平均温度が最低となる時期などが検査のポイントとなる。^{施)}

ひび割れ補修用の材料は非常に種類が多く、工法も多種多様である。一般には充てんおよび注入工法、樹脂材料による表面処理が行われている。ひび割れ補修に用いられる樹脂は、エポキシ樹脂が多いが、同じ系統の樹脂であっても、その成分により物性、適応温度、可使用時間、粘度、使用条件等が異なっている。さらに、この分野においては、材料、工法とも次々と開発が進められており、最新の情報に基づく判断が必要である。また、止水を行えば機能上十分であるような構造物においては、防水工を施すことにより補修にかえることも可能である。^{施)}

7.1.6.3 コンクリート部材の位置および形状寸法の検査

- (1) コンクリート部材の位置および形状寸法の検査は、土木工事共通仕様書によることを標準とする。
- (2) 検査の結果、判定基準を満たさない場合には、コンクリートのはつりと再施工、コンクリートの打足し等の処置を講じなければならない^{施)}。

【解 説】 (1)について コンクリート部材の位置および形状寸法の検査は、設計図書に基づき所定の精度で造られていることを確認するものである。判定基準の許容誤差は、構造物の種類や重要度を考慮して定めるものとする。^{施)}

7.1.6.4 構造物中のコンクリートの検査

- (1) 構造物施工後には、構造物中のコンクリートの検査を行わなければならない。検査は、以下に示す方法等により行うものとする。
 - (a) 構造物中のコンクリートに対して非破壊試験を行う。
 - (b) 構造物中のコンクリートを採取して試験を行う。
- (2) (1)の検査の結果および構造物の性能に疑いのある場合は、構造物の性能についての総合的な判断を行うとともに必要な措置を講じなければならない。

【解 説】 (1)について 構造物中のコンクリートの検査とは、施工後の実構造物のコンクリート強度を確認するものである。構造物中のコンクリートの検査は、構造物の表面部から行われることとなる。構造物の表面部からコンクリート強度を確認するための非破壊検査としては、反発硬度を指標とした方法（JSCE-G504：テストハンマーを用いる方法）を用いるのが一般的である。なお、テストハンマー強度の試験においては、試験結果のばらつきを十分に考慮して判定しなければならない。

さらに、コンクリート強度に疑いのある場合には、構造物からコアを採取して確認する必要がある。コア

によるコンクリート強度試験方法は(JIS-A1107)が一般的だが、構造物へのダメージを極力小さくする手法として、小径コアやボス供試体を用いる方法も試行されている。

詳しくは、<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekkei/pdf/180925-2.pdf> を参照のこと。

(2)について コンクリート強度の問題が明らかとなった場合には、不良コンクリートの取除きとその部分の再施工はもちろんのこと、構造物の補強等も含めて、適切な対策措置を講じる必要がある。

また、施工中にコンクリートが凍害を受けたおそれのある場合等において、構造物中のコンクリートの性能を確認するには、前項の試験の他に、超音波試験等の非破壊試験、表層透気性の現位置試験等を行うなどして、構造物中のコンクリートの品質を総合的な見地から判断しなければならない。

7.1.6.5 かぶりの検査

- (1) コンクリートの硬化後にかぶりの検査が必要と判断された構造物または部材では、非破壊試験により所定のかぶり確保されていることを確認しなければならない^{施)}。
- (2) 検査の結果、合格と判定されない場合には、コンクリートのはつりと再施工、コンクリート表面への塗装などの保護工の施工等を比較検討して、適切な処置を行い、鋼材を保護する性能を確保しなければならない^{施)}。

【解説】 (1)について かぶりに疑いがある場合や重要な構造物である場合などにおいて、非破壊試験によりかぶりを確認することが求められている。非破壊試験は、コンクリート表面から電磁誘導法、電磁波反射法、放射線透過法等の方法によって行うものである。これらの試験では、コンクリートの状態や内部の配筋状態等によって、一般に5mm程度の測定誤差が含まれることが知られている。試験値の判定にあたっては、十分な注意が必要である。詳しくは、「非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領(案)」(国土交通省大臣官房技術調査課)を参照のこと。

<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekkei/pdf/180331-3.pdf>

(2)について かぶりが不足すると、コンクリートによる鋼材を保護する性能が低下する。この性能を確保する手段としてこの判定を規定した^{施)}。

7.1.6.6 部材または構造物の載荷試験

- (1) 構造物完成までの検査で不合格があった場合や、構造物の性能に根拠のある疑いが生じて必要と認められた場合等には、構造物の性能の確認を行わなければならない^{施)}。
- (2) 部材または構造物の安全性や使用性等を載荷試験によって確認する場合、所要の性能が確実に把握できるよう載荷試験の方法を定めなければならない。載荷試験の時期、方法、荷重の大きさ等の決定に際しては、部材または構造物に危険な影響を与えないように配慮しなければならない。^{施)}
- (3) 載荷中および載荷後、たわみ、ひずみ等が設計において考慮した値に対して異常でないかどうかを確かめなければならない^{施)}。
- (4) 試験の結果、部材または構造物の安全性、使用性等に疑いのある場合には、部材または構造物を補強する等の処置を講じなければならない^{施)}。

【解説】 (1)、(2)および(3)について 試験による確認を行う場合には、部材の性能の確認試験、構造物の載荷試験等が考えられる。なお、載荷試験で確認できる性能は、一般に、弾性域の挙動の一部に限られており、その適用にあたっては十分な検討が必要である。^{施)}

この条で規定する載荷試験は、コンクリートの受取り検査または構造物中のコンクリートの検査結果から判断してコンクリート強度に疑いのある場合、工事中構造物の安全性、使用性になんらかの根拠のある疑いが生じた場合等に責任ある技術者が必要と認めて、構造物の安全性、使用性等を確かめるために行う載荷試験である。なお、この場合、早期に載荷して部材または構造物が傷つくことがないように、コンクリートの強度が十分得られてから載荷するように、試験の時期を定めるのがよい。^{施)}

新しい考え方で設計された構造物の場合、新しい施工方法を用いた場合、特殊な材料を用いた場合等の理由で載荷試験を行う場合には、試験方法をあらかじめ工事仕様書に示しておく必要がある^{施)}。

載荷試験により対象部材または構造物が示す挙動は、荷重の大きさおよび種類によって異なるので、強度、その他に疑いのある部材が、設計時に想定した性能を有しているかどうか判断できるように、試験方法を定めることが大切である。一般に試験は静的載荷試験としてよいが、試験後、部材または構造物に欠陥が残ることのないように、載荷速度や荷重の大きさを定める必要がある。^{施)}

部材あるいは構造物の挙動を調べるためには、全体的な変形、各部位のたわみ、構成要素の各部のひずみ等を計測する必要がある。これらの測定にあたっては、試験の目的、解析の方法、構造物の重要度等を十分検討して、測定位置、載荷方法等を適切に定めるとよい。^{施)}

静的載荷試験では、振動、衝撃等による影響を受けないよう配慮することが大切である。また、試験中の温度変化は、計測誤差を大きくする原因となるので、なるべくその影響を受けないようにするか、あるいはその誤差を補正する方法を事前に検討しておく必要がある^{施)}。

試験中および試験後には、構造物の耐荷性や耐久性に影響するひび割れ、大きな残留変形、その他の欠陥等を生じていないかどうかをよく調べ、構造物の性能とともに試験方法の適切さも確認しておくのがよい。構造物の固有周期等の振動特性を確認する必要がある場合には、振動載荷試験を行うのがよい。^{施)}

【参考文献】

施) 土木学会 2007年制定 コンクリート標準示方書 施工編

7.2 工事記録

7.2.1 一般

構造物の管理者は、構造物の維持管理を将来にわたり適切に行うために、工事記録を作成して、保存することが重要である。

【解説】 工事記録は、構造物の維持管理の基礎資料となるものである。工事記録には、調査図書、設計図書および工事完成記録を含むものとする。構造物の管理者が維持管理を将来にわたり適切に行うために、工事記録を作成して保存することが重要である。

7.2.2 工事記録の保管

7.2.2.1 記録の項目

記録すべき項目は、土木工事共通仕様書に規定する工事完成図書（作成した構造物カルテを含む）、地質・土質調査図書および設計図書を基本とする。

【解説】 土木工事共通仕様書に規定される提出書類は、契約約款に基づいて提出する書類と仕様書に基づいて提出する書類がある。これらの記録すべてが構造物の維持管理の基礎資料となるものではないが、工事完成時点でこれらの記録を取捨選択し細分化して保存することとすると、後日、必要となった資料を探ることがかえって困難になると考えられたので、土木工事共通仕様書に基づいて提出された様式の書類を、そのまま全て保存することを基本とした。

契約約款に基づいて提出する書類には、工程表、請負代金額内訳書、現場代理人等指定（変更）通知書、支給品受領書、貸与品借用（返納）書、貸与品・支給品亡失き損報告書、工期延長承認申請書、完成通知書、工事目的物引渡書、中間前金払認定請求書、工事履行報告書、工事出来形検査請求書となっており、それぞれ様式が定められている。

仕様書に基づいて提出する書類には、施工計画書、工事打合簿、施工体制台帳、下請（計画・変更・結果）報告書、下請業者一覧表、支給品精算書、現場発生品調書品質証明書、品質証明員指定（変更）通知書、品質証明チェックリスト（案）、工事出来高報告書、内訳書、出来形管理図表（表紙）、品質管理図表（表紙）、施工管理関係管理図表等、工事写真表紙、工事写真、事故報告書、工事災害通知書、その他・監督職員・検査官が要求する書類、高度技術・創意工夫・社会性等に関する実施状況および説明資料、材料確認願、確認・立会願、階段確認書、技術者の専任届出書、説明書、（建設リサイクル法第12条第1項）、再生資源利用促進計画書、建設廃棄物処理結果報告書、工事完成写真表紙、工事完成写真となっており、それぞれ様式が定められている。これらの書類で、コンクリートや鉄筋などの材質や配合に関するものは、必ず保存することが大切である。なお、一部の項目については、入力するための支援ツールも作成されている。

設計図書および工事完成図書については、設計業務等共通仕様書が規定されており、提出書類とその様式

が定められている。

7.2.2.2 記録の保存

- (1) 記録の保存は、電子データによることを基本とする。
- (2) 工事完成図書、地質・土質調査図書は、工事完成図書の電子納品要領（案）に基づいて作成することを基本とする。
- (3) 設計図書は、土木設計業務等の電子納品要領（案）に基づいて作成されたものを基本とする。
- (4) 工事の記録は、構造物を供用している期間、保存することを基本とする。

【解 説】 (1)について これまで土木工事共通仕様書や設計業務等共通仕様書に規定された提出物は、紙によるものが基本であったが、近年、電子データ化が進められ、電子データに基づいて作成納品するための電子納品要領（案）も制定された。構造物の維持管理業務は、完成後、数十年にわたって行われることから、保管や検索が容易でなければならない。紙による保存資料よりも電子データによる保存資料の方が、これらの作業が容易であるので、電子データによる記録保存を基本にした。

(2)について 国土交通省が平成 20 年 5 月に制定した工事完成図書の電子納品要領（案）にしたがって作成することを基本とした。

(3)について 工事施工に先立って、構造物の設計が行われ、設計業務の成果品が納品されている。これらの成果品も、今後は、国土交通省が平成 20 年 5 月に制定した土木設計業務等の電子納品要領（案）に基づいて作成されと考えられるので、電子納品要領（案）に基づいて作成保存された設計図書を利用するのを基本とした。

(4)について 構造物の維持管理業務は、構造物を供用している期間中に発生するために、工事の記録を、構造物が供用中の期間、保存するのを基本とした。

8章 維持管理

8.1 基本的事項

- (1) コンクリート構造物の供用にあたっては、設計段階で定めた維持管理基本計画に基づき、設計耐用期間において構造物が保有すべき要求性能を許容範囲内に維持できるよう維持管理計画を策定し、適切な維持管理体制を構築するものとする。
- (2) コンクリート構造物の維持管理は、土木学会「コンクリート標準示方書 [維持管理編]」に準じて実施するものとする。

【解 説】 (1)および(2)について 構造物の維持管理すなわち、維持管理の原則ならびに手順、区分および内容、点検、劣化予測、評価および判定、対策、記録等については、土木学会「コンクリート標準示方書 [維持管理編]」に準拠して行うこととし、同示方書に示される維持管理区分については、A 予防維持管理(構造物の性能低下を引き起こさせないために、劣化を顕在化させないことなどを目的として実施する維持管理)として取り扱う事を原則とする。

対象構造物の種類を橋梁、擁壁、カルバート、砂防ダム、シェッド類とし、新設構造物を対象とした初期の診断、定期的診断を適用の範囲とする。

維持管理計画を策定する段階としては()予備設計段階、()竣工検査段階、()供用期間において構造物に変状が認められた段階などが考えられる。新設の構造物においては、維持管理計画の策定を()の予備設計段階で行うことを原則とする。これによって、維持管理の内容を設計に反映でき、ライフサイクルコストを考慮したより合理的な設計が可能となる。維持管理計画の策定にあたっては、構造物の部材毎の維持管理の難易度を十分考慮し、初期点検、劣化予測、点検、評価および判定、対策、方法等を総合的に勘案したうえで計画しなければならない。

適切な維持管理計画の策定や維持管理の継続が供用年数を延ばし、構造物の更なる長寿命化に繋がる場合が多い。維持管理者は、使用した材料や構造物がおかれる環境等を十分に把握し、施工記録、構造物カルテを参考にして新たな維持管理計画の策定、維持管理体制の構築および維持管理の実施を遂行する事が重要である。なお、劣化予測或いは診断結果に基づいて対策・方法等を検討する際は、構造物の凍害、凍結防止剤の散布や日本海からの飛来塩分による塩害、これらを含む複合劣化等東北地方において特徴的である劣化要因を必要に応じて勘案しなければならない。

8.2 構造物カルテ

8.2.1 一般

- (1) 対象構造物を新設した場合は、維持管理計画に関する事項、使用材料、品質、施工状況、工事中の変状や補修等の記録を作成し、維持管理者に引き継がなければならない。
- (2) 維持管理者は、各種点検・診断の結果および補修・補強の情報を構造物カルテに記載し、保管するものとする。

【解説】 対象構造物を新設した技術者が、その構造物の維持管理を担当することはほとんどなく、設計時に設定した維持管理計画や、工事中の情報を維持管理担当者に伝達する手段として、また維持管理者が行う診断の基礎データとして、構造物カルテの作成は重要である。

(1)について 初期診断において維持管理計画の見直しを行うまでは、設計時に設定した維持管理計画に基づき維持管理を実施するので、それらに関する事項を確実に維持管理者に伝達するものとする。また、維持管理段階で問題となる劣化機構の推定は、構造物の環境条件や使用条件などの外的要因と、建設時の情報である材料特性や施工状況をもとに行うことが原則である。そのため、使用した材料の品質や製造元、施工時期や方法などの工事記録から構造物カルテを作成し、新設構造物の情報として維持管理者に引き継ぐものとする。

なお、建設工事の竣工までに発見した変状や補修を実施した場合には、その記録も構造物カルテとしてまとめ、維持管理者に引き継ぐものとする。

(2)について 構造物カルテには、新設構造物の情報のみではなく、供用中に行われる診断や対策の情報も記載して行き、構造物の生涯にわたる情報の記録（維持管理データベース）として活用する。

現状では、診断や点検の結果または補修・補強の記録などが、その都度報告書として保管されることが多く、情報として利用しにくい面がある。そこで、ある程度統一された様式で構造物カルテを作成することによってデータベース化を図り、構造物ごとにこれらの情報を一括管理し、構造物の維持管理情報として活用しやすくすることが必要である。

8.2.2 構造物カルテの作成

- (1) 維持管理者に引き継ぐ構造物カルテの作成は、対象構造物を新設した請負人の責任技術者が行うことが望ましい。
- (2) 維持管理者に引き継ぐ構造物カルテは、工事完成図書の一部として完成検査時に提出する。
- (3) 維持管理者に引き継ぐ構造物カルテに記録する項目は、維持管理マニュアル、工事記録として作成した完成図、完成図書、品質管理資料、出来形管理資料の中から、維持管理に必要な部分を複写または新たな書式に書き写して作成する。

【解説】 (1)について 維持管理者に引き継ぐ構造物カルテの作成は、対象構造物を維持管理する者ではなく、工事を施工した者が作成することとした。これにより工事を施工した者の責任として、膨大な品質管理資料および出来形管理資料の中から、維持管理するために最適なものを構造物カルテとしてまとめることが可能である。また、構造物カルテは発注件名ごとの構造部材ごとに作成することを原則とするが、施工の状況に合わせてカルテ区分を変更してもよい。

(2)について 構造物カルテは供用した時点で必要なことから、完成検査時までには作成することとした。

(3)について 維持管理のデータベースとして活用するために、必要な項目を、解説表 8.2.1 に示す。

解説 表 8.2.1 構造物カルテに記載する項目

区分	項目	工事記録などの元データ・書式
構造物	1)基本	構造物カルテ総括表
	要求性能	
	予定供用期間	維持管理計画書
	設計耐用期間	
	供用環境	
	2)諸元	
	構造物名	
	請負業者名	
	工事期間	
	構造形式	構造一般図・各部構造図・配筋図
	構造寸法	
	設計荷重	
	適用基準	
設計会社名		
3)地質・土質		
地質・土質条件	地質・土質調査図書	
維持管理計画	維持管理区分	
	維持管理の期間	
	初期診断の時期	維持管理計画書
	診断計画・頻度	
	推定した劣化機構	
	構造物の更新計画	
材料	1)コンクリート	建設材料の品質記録保存業務実施要領*より
	セメントの種類	*様式 (104)
	骨材の種類・産地	*様式 (105の1)
	アルカリ骨材反応	"
	密度・吸水率	"
	混和材	*様式 (106の1,2)
	混和剤	"
	2)鉄筋	
	鉄筋の種類・メーカー	ミルシート
	3)水	
	水の種類	品質試験報告書

	1)コンクリート	
施工	施工時期（打設日）	*様式（107）
	配合	*様式（102）
	使用量	*様式 東（15）
	設計基準強度・配合強度	*様式（102）
	強度・現場強度	*様式 東（16）
	塩化物含有量	コンクリートの耐久性向上仕様書，様式（1）
	運搬方法・時間	*様式（109）
	打ち込み方法・打ち継ぎ目位置	*様式（109），施工計画書より
	2)鉄筋	
	かぶり	様式 東（5）-1
	3)プレキャスト製品	
	製造日・構造寸法	共通仕様書 材料確認願
	コンクリート強度	*様式（103）
	養生方法	*様式（108）
	据付精度	様式 東（5）-1
	場所と種類	報告書
工事中的変状や補修記録	状況または補修方法 写真	書式はコンクリートライブラリー109 参照 NO.7103，NO.7104
使用条件	供用年月 交通量	
	日時	点検結果報告書
診断結果	点検方法	書式はコンクリートライブラリー109 参照 NO.7101，NO.7103 NO.7104
	損傷の種類	
	損傷写真	
	診断	
	日時	補修・補強報告書
補修・補強	補修・補強の目的	書式はコンクリートライブラリー109 参照 NO.7101，NO.7103 NO.7104 工法により，NO.6000 台の各様式
	補修・補強の部位	
	工法	
	写真	

- 注) ・ *様式 - () は「建設材料の品質記録保存業務実施要領(案)」の書式である。
 ・ コンクリートライブラリー109 とは、「コンクリートの耐久性に関する研究の現状とデータベース構築のためのフォーマットの提案」109 コンクリートライブラリー(土木学会)である。
 ・ 各様式は巻末の「資料編」を参照ください。

8.2.3 構造物カルテの保管と利用

- (1) 維持管理者は、引き継がれた構造物カルテを供用期間中、いつでも利用可能な状態に保存しなければならない。
- (2) 維持管理者は、各種点検・診断および補修・補強に際し、構造物カルテの情報を活用しなければならない。

【解 説】 (1)について 構造物カルテは維持管理の最前線ですぐ利用出来るよう、構造物ごとに区分して保管する、また、バックアップとして電子データ化し、複数の部署で保管することが望ましい、

(2)について 構造物カルテは診断時の劣化機構の判定や劣化予測に利用でき、補修・補強の年度計画や長期計画の策定にも利用できる、なお、補修・補強を行っても、以前の劣化状況が把握できるよう構造物カルテの情報を保存することとする、

8.2.4 構造物カルテの更新

供用後に実施した診断や対策の情報は、維持管理の専門技術者が構造物カルテを更新・記録しなければならない。

【解 説】 構造物カルテは、過去から最新までの情報が一括して把握出来ることが重要であり、各種点検・診断および補修・補強を実施した都度、最新の情報に更新して行くことが必要である。維持管理の専門技術者は維持管理計画の提案、定期点検、詳細点検の実施と評価、判定結果の提案、委託の診断・対策結果の評価を行うとされており、構造物カルテの利用の責任者として、その更新も行うものとする。

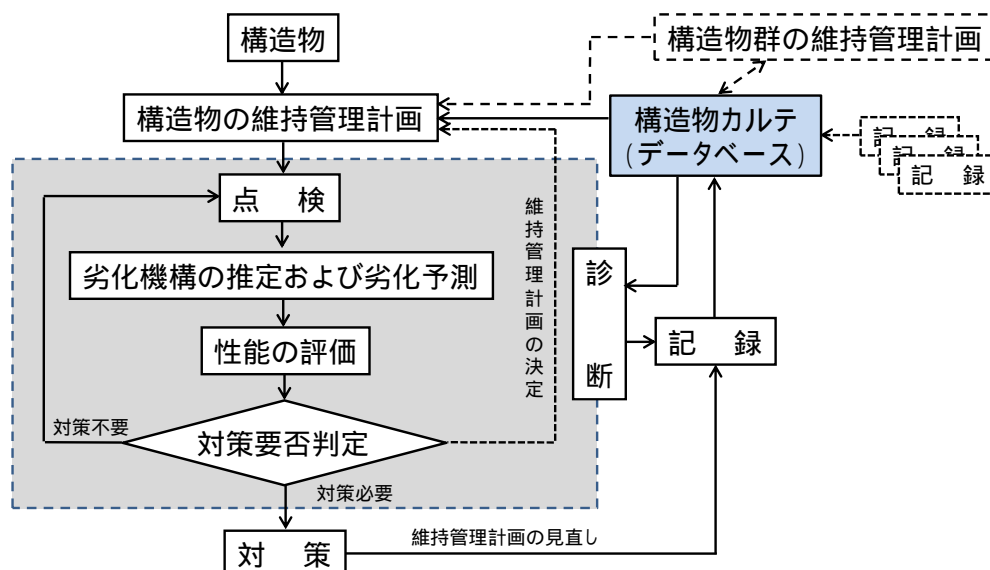
8.3 維持管理の方法

8.3.1 一般

- (1) 構造物の維持管理者は、構造物に対する要求性能および予定供用期間を考慮し、維持管理計画を策定しなければならない。
- (2) 構造物の予定供用期間中は、維持管理計画に基づいた構造物の診断、診断結果に基づいた必要な対策の実施、およびそれらの記録（構造物カルテ作成）を適切に行うものとする。

【解説】 (1)について 構造物の管理者は、構造物の要求性能および予定供用期間を考慮したうえで、8.3.2 に基づき適切な維持管理計画を策定する必要がある。これにより、構造物が供用期間を通じてその要求性能を満足するよう維持管理しなければならない。構造物の要求性能については、3章によるものとする。

(2)について 構造物の維持管理は、解説 図 8.3.1 に示すように、点検、劣化機構の推定、劣化予測、構造物の性能評価を主体とする診断および対策、さらにそれらの記録からなる。構造物の管理者は、これらの行為を適切に実行するために維持管理計画を策定するとともに、2.5 に従って維持管理を行わなければならない。



解説 図 8.3.1 構造物の維持管理の手順

合理的な維持管理を遂行するためには、必要なデータ類の保存とデータベース化が重要である。特に、新設構造物においては、構造物諸元、材料・施工、工事中の変状や補修記録などの工事記録に基づく情報や構造物の供用環境（気象条件、交通量など）に関わる情報、さらに供用期間における診断・対策の結果を一元的に管理することが求められる。このような構造物カルテ（データベース）による情報の蓄積は、新設構造物の維持管理計画の策定・見直しや診断、対策の選定のためのより所となるなど、維持管理を合理的に機能させるだけでなく、将来の構造物設計の高度化に向けた基礎資料としてのフィードバックも可能となる。

8.3.2 維持管理計画

8.3.2.1 一般

- (1) 維持管理計画は、構造物の維持管理区分を定め、対象構造物あるいは部位、部材ごとに診断ならびに対策の方法を設定することを基本とし、東北地方特有の気象作用、劣化機構、あるいは材料を考慮した計画を立案しなければならない。
- (2) 維持管理の基本計画は、予備設計段階で策定することを原則とする。
- (3) 維持管理計画は、工事中の補修などの記録、さらには、その後に実施する初期の診断結果に基づいて、必要に応じてその計画に修正を加えた後に決定することを原則とする。また、維持管理の実施中は、必要に応じて維持管理計画を見直すものとする。
- (4) 維持管理計画の策定後は、その計画に基づいた維持管理の手順を示したマニュアル類を整備しておくことよ^継い。

【解説】 (1)について 維持管理計画とは、対象となる構造物あるいは部位・部材の状況を考慮し、また、構造物カルテ（データベース）を参考として、診断、対策、記録などの実施時期、頻度、方法および体制（組織、人員、予算）などを総合的に計画することをいう。その基本的な考え方は、土木学会「2007年度制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」3.2に示されている。

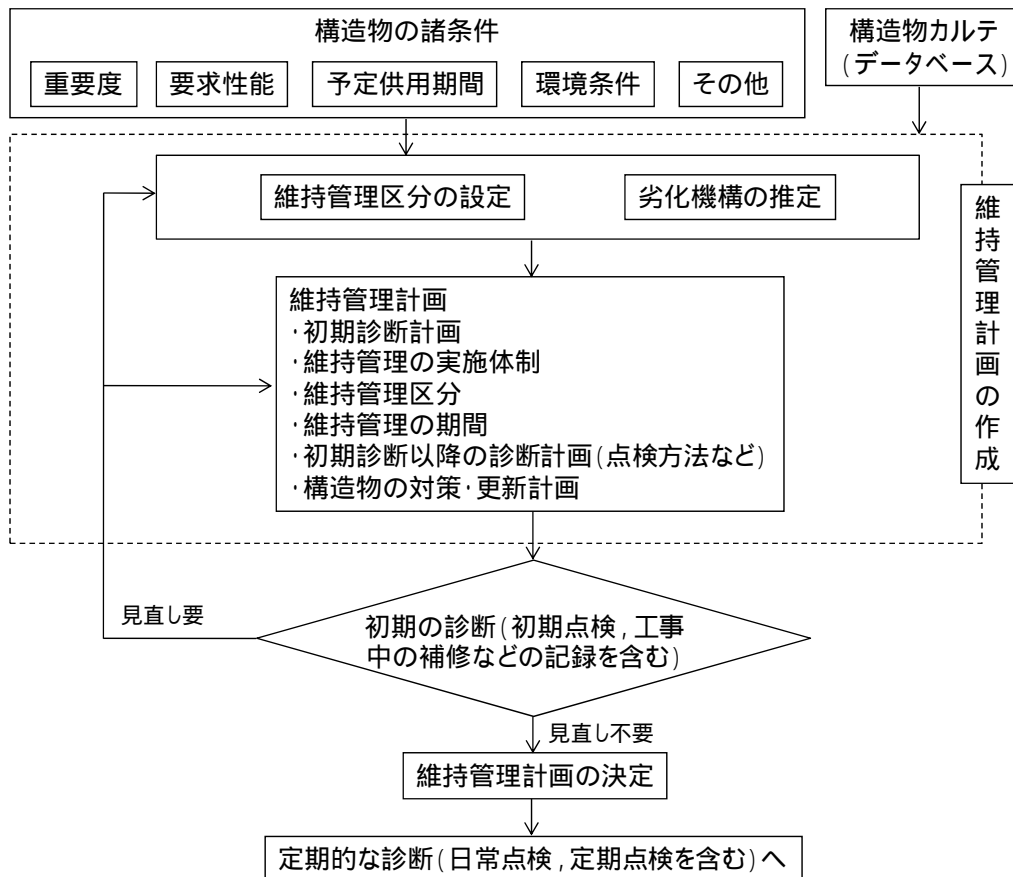
解説 図 8.3.2 に維持管理策定の主な手順を示す。構造物の維持管理計画の作成にあたっては、まず、設計段階で考慮された予定供用期間を基本として、構造物を維持管理する期間を定める必要がある。^継 また、構造物の設計耐用期間が予定供用期間より長いと想定した設計が一般であると考えられるが、部材によっては、設計耐用期間を予定供用期間より短くとり、補修・補強などの対策、更新を供用途中に実施することを前提とした維持管理を計画することもある。続いて、構造物の重要度や要求性能、供用環境など考慮し、維持管理区分を定め、予定供用期間中に想定される劣化機構を選定することとなる。

劣化機構を推定するためには、東北地方特有の構造物の立地環境の条件、気象条件、外力条件などの外的要因を考慮する必要がある。一方、同一環境条件にある構造物でも、構造物の内的要因の違いにより劣化機構やその劣化速度が異なることがあることから、部位、部材の形状寸法、かぶり、鋼材配置、配合、材料の品質などの設計に関わる要因、フレッシュコンクリートの状態、打込み方法、養生方法などの施工に関わる要因を勘案し、支配的となる劣化機構を適切に選定する必要がある。特に、東北地方において対象となる劣化機構は、塩害、凍害、骨材のアルカリシリカ反応と考えられている。また、凍結防止剤の散布状況や想定される複合劣化、交通量（車両走行荷重）なども検討時の判断事項となる。

さらに、維持管理区分や想定される劣化機構に応じて、初期診断計画、維持管理の実施体制、初期診断以降の点検で実施する調査内容（方法や頻度など）、劣化予測方法や劣化した構造物の性能評価方法、あるいは対策の判定基準など診断の具体的な方法を設定するとともに、予想される劣化状況に見合った標準的な対策の方法、規模、実施時期あるいは順序などの案を示すことになる。なお、維持管理区分の具体的な内容については、8.3.2.2において示す。

維持管理計画の具体的な策定には、「コンクリート技術シリーズ 57 コンクリート標準示方書「維持管理

編」に準拠した維持管理マニュアル(その1)および関連資料」や「コンクリートライブラリー116 土木学会コンクリート標準示方書に基づく設計計算例[棧橋上部工編] 2001年度制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」に基づくコンクリート構造物の維持管理事例集(案)」などが参考になる。



解説 図 8.3.2 維持管理計画策定の手順^{維)}

(2)について 維持管理編においては特に明確な方針は示されていないが、このガイドラインでは維持管理の基本計画は予備設計段階で検討することとなる。予備設計における維持管理計画では、予定供用期間中に想定される劣化機構を予め選定のうえ、対象となる部位・部材ごとに、その重要度や要求性能などを考慮して適切な維持管理区分を設定しておくことが重要である。これは、予備設計段階で維持管理の基本計画を策定することにより、それらが反された詳細設計がなされることを意図している。

また、重要度が高く設計耐用期間が長い構造物については、より具体的な維持管理のシナリオも作成しておくことが望ましい。シナリオは、予定供用期間中の劣化による構造物あるいは部位・部材の性能低下を勘案し、その劣化機構と劣化程度に見合った適切な対策の実施時期、工法、規模などを検討する必要がある。このため 構造物あるいは部位・部材の劣化機構や劣化程度ごとに複数のシナリオが作成されることになる。そして、それぞれのシナリオに、対策の費用対効果を取込むことで、ライフサイクルコスト(LCC)が最適となるシナリオの選定が可能となる。さらには、作成したシナリオを用いてマネジメントシステムを構築することで、より一層の効率的な維持管理計画を策定することができる。特に、維持管理区分の検討には、予備設計段階において LCC を考慮した比較設計が有効である。なお、LCC の最適化については、今後さらなる

検討が必要ではあるが、その基本的な考え方や事例を「資料：ライフサイクルコストの試算」および「資料：ライフサイクルコストの取組み事例」に示した。

(3)について 設計段階で策定された維持管理計画は、工事中の補修記録も含め、構造物の竣工後に実施する初期（供用2年後含む）の診断において、構造物の情報を収集して計画の妥当性を確認し、状況に応じて内容を見直したうえで、計画を最終決定するのがよい。また、初期の診断以降の点検や点検に基づく劣化予測の結果、劣化の進行が当初の想定と異なった場合、大規模対策の実施などにより維持管理計画を見直す必要がある。なお、維持管理計画は、ユーザーのライフスタイルやニーズの変化、物流や社会の変化など、構造物の要求性能が時代とともに変化することもあり、それに合わせて適宜修正することも必要となる。さらに、これら維持管理計画の見直しは、責任ある立場の技術者が総合的な観点から行うのが重要である。なお、これらの維持管理計画の見直しに関わる記録も、構造物カルテによって確認可能なものでなければならない。

(4)について 供用中の構造物の日常的な点検などの維持管理業務は、必ずしも専門技術者が行うとは限らない。したがって、維持管理計画の策定後は、予定した維持管理業務が計画的に実施されるよう、マニュアル類を整備し、必要に応じて講習などの教育を行うのが望ましい。特に、新しい構造形式や特殊な構造物を計画・設計する場合には、維持管理における点検方法および点検用通路（検査路、梯子など）や点検車設置の有無などの点検ツールの検討を十分に行い、併せて構造物の点検マニュアルを作成するとよい。

8.3.2.2 維持管理の区分と内容

- (1) 維持管理区分は、構造物あるいは部材の重要度、第三者影響度、予定供用期間、環境条件などを踏まえて定めることを基本とする。
- (2) 維持管理区分は、次の3つから選定する^{維)}。
 - A：予防維持管理^{維)}
 - B：事後維持管理^{維)}
 - C：観察維持管理^{維)}

【解説】 (1)について 維持管理区分は、構造物の予備設計段階において設定するものとし、構造物あるいは部位・部材の社会的・経済的な重要度、第三者影響度、予定供用期間、環境条件に加えて、劣化予測の精度や部位・部材の維持管理難易度、LCC、維持管理者の維持管理能力などを総合的に勘案することが必要である。維持管理区分の決定は、上述の設計時に考慮する事項に加えて、施工や初期診断の結果により得られた構造物の状態を踏まえて行うものとする。なお、初期の診断以降の点検結果から、当初の想定と大きく異なった場合や、大規模対策を行った場合などについては、維持管理計画と併せて必要に応じて見直すことが重要である。

(2)について 維持管理区分は、A：予防維持管理、B：事後維持管理、C：観察維持管理の3つに区分する。これら3つの区分に分類される構造物の特徴は、一般に以下の通りである。

A：予防維持管理

劣化が顕在化した後では維持管理が困難なことから劣化を生じさせないもの^{維)}。

劣化がコンクリート表面へ現れることによって障害が生じるもの[※]。

第三者に対する安全性が特に重要なもの[※]。

設計耐用期間が長いもの[※]。

供用期間中に補修・補強，更新が困難なもの。

この区分となる構造物は，一般に重要度が高いものが多く，設計耐用期間中に劣化が顕在化しないよう耐久性に十分配慮した設計（照査）を実施し，さらに，構造物の表面や内部にセンサーを取付けて，部材に発生する応力や変形，腐食，温度などを計測するなどのモニタリングを必要とする場合もある。このため，この維持管理区分を選定した場合は，他の区分に比べて初期コストが高くなる傾向があるが，効率的な維持管理が可能となり，点検頻度の低減など維持管理の省力化に繋がるため，LCC の点では有利となると考えられる。また，要求性能として第三者影響度が強く求められる構造物あるいは部位・部材では，リスク対策の観点から予防維持管理が推奨される。

B：事後維持管理

劣化が顕在化した後でも容易に対策がとれるもの[※]。

劣化が外へ現れても困らないもの[※]。

事後維持管理は，従来から各機関で広く用いられている維持管理方法で，劣化が顕在化してから対策を行うこととなるため，比較的容易で取り入れやすい維持管理方法であり，予防維持管理に比べ初期コストが低く抑えられるなどの利点がある。ただし，この維持管理区分は排水装置や伸縮装置など取替えを前提とした部材を除いては，計画的な維持管理が困難なことも多く，LCC が有利にならない場合も存在するため，選定にあたってはこの点に留意する必要がある。

C：観察維持管理

設計耐用期間の設定がなく，使用できる限り使用するもの[※]。

直接には点検を行うのが非常に困難なものについて，間接的な点検（測量，地盤沈下，漏水の有無など）から評価および判定をおこなうもの[※]。

観察維持管理は，一般に重要度が低く，第三者影響度に関する安全性を確保すればよいものに適用される。このため，劣化が顕在化した場合，更新が前提となることが多い。例えば，簡易な水路に設置する蓋や道路の歩車道ブロックなどが対象となる。さらに，基礎などは直接には点検を行うことが非常に困難なため，間接的な点検から評価判定を行うことになる。

解説 表 8.3.1 に構造物の維持管理区分の設定方法の例を示す。また，維持管理区分の設定には，構造物あるいは部位・部材ごとの維持管理のし易さが重要である。そこで，構造物・部材の維持管理難易度の目安を解説 表 8.3.2 に示すので参考にするとよい。これらの表より，一般に，設計耐用期間が長く，また，維持管理の難易度が高い（点検，補修・補強，更新が困難な）構造物，あるいは部位・部材については，区分 A の管理が望ましい。

解説 表 8.3.1 構造物の維持管理区分の設定方法の例

維持管理区分を設定する要因		推奨される維持管理区分		
		予防保全 A	事後維持管理 B	観察維持管理 C
性能低下の可能性 (要求性能のみを考慮すればよい)	使用性	(低下しない)	(低下しない)	(劣化が進行すると性能が低下する)
	安全性	(低下しない)	(低下しない)	(劣化が進行すると性能が低下する)
	耐久性 ¹	(低下しない)	(適切な対策の実施を前提とし、性能を保持する)	(劣化が進行すると性能が低下する)
	第三者影響度 美観・景観	(低下しない)	~ (劣化程度や人と構造物の関わり方によっては性能が低下する)	(劣化が進行すると性能が低下する)
重要度/規模 (補修・補強を行うときなど、構造物の供用制限による社会的/経済的な影響の大きさ)	重要/大規模			
	一般			
	重要度が低い/ 小規模			
ライフサイクルコスト (劣化の進行に応じて必要となる補修・補強の費用を予測し、予定供用期間において最小となるコストとなるように管理区分を設定)		~ ²	~ ²	~ ²
維持管理の難易度 (難易度が高い場合、部材構造的に変状・劣化を見落とし易く、性能低下が問題となる場合がある)	高い			
	中程度			
	低い			
設計耐用期間 (100年の場合、供用条件の変化や劣化予測の誤差などを考慮する必要がある)	100年			
	50年			
	10年 ³			

記号 : 強く勧められる, : 勧められる~設定可能, : 避けるべきである(なお, ~ の表記では、左側の記号の優先度が高い)

- 1 想定する劣化機構(化学的浸食、アルカリ骨材反応、凍害)や複数の劣化機構の組合せによっては、劣化予測の精度が低下あるいは困難な場合がある。そのようなケースにおいて区分Aの管理を行う場合、安全側の設計あるいは管理となる場合が多い。
- 2 ライフサイクルコストの計算によって判定する。
- 3 構造部材以外の部位・部材が対象となる。例えば、簡易な水路に設置する蓋や道路の歩車道ブロック。

劣化機構として化学的浸食、アルカリ骨材反応、凍害を選定する場合、さらに、複数の劣化機構の組合せが想定される場合、劣化予測の精度が低下あるいは困難なケースがある。そのようなケースにおいて区分Aの管理を行う場合、安全側の設計あるいは管理となる場合が多い。例えば、区分Aの管理を実施する時には、アルカリシリカ反応性が「無害」の骨材を使用することを原則とするなどの対応が肝要である。また、凍害の危険地域については、設計段階において十分な防水工や排水設備の設置、使用する骨材の選定に特段の配慮が必要となる。凍結融解作用にともなうコンクリート表層部のスケーリング劣化(剥離)は、凍結防止剤の散布開始から数年後に発生する場合も多い。そのような場合、劣化が進行した段階では塩化物イオンの拡散係数を増大させ、鉄筋の腐食開始時期を早める恐れや、アルカリ骨材反応を促進させる懸念がある。そこ

8章 維持管理

で、凍結防止剤が散布される環境下では、構造物の供用開始から点検を強化（点検頻度を増加）するなどの対策を実施し、変状（スケーリングの発生）を早期に発見するとともに、必要に応じて維持管理シナリオを修正することも有効である。

解説 表 8.3.2 構造物・部材の設計耐用期間と維持管理難易度の目安

工 種	部 材	設計耐用期間 ¹	維持管理の難易度 ²	
橋梁	橋梁基礎工	100年		
	橋梁下部構造	100年		
	橋梁上部構造（桁）	100年		
	上部 床版	交換不可	100年	
		交換可	-	
	伸縮装置	-	あるいは ³	
	支承部	-		
	落橋防止システム	-	あるいは ³	
	地覆・高欄	-		
排水設備・点検路	-	あるいは ³		
基礎工（橋梁を除く）	場所打杭本体	100年		
海岸堤防	堤体・波除工	100年		
砂防ダム	本体・副ダム	100年	表面： 裏面：	
	側壁	100年	表面： 裏面：	
	水叩	100年		
ロックシェッド スノーシェッド	本体	100年	内面： 外面：	
重力式擁壁	躯体	100年	表面： 裏面：	
鉄筋コンクリート擁壁	底版	100年		
	躯体	100年	表面： 裏面：	
鉄筋コンクリート カルバート	本体	100年	内面： 外面：	
堰・水門	堰柱	100年		
	門柱	100年		
	床版	100年		
	水叩き	100年		
樋門	本体	100年	内面： 外面：	
揚・排水機場	本体	100年		
	沈殿池	100年		

1 設計耐用期間は基本を100年とする。100年持たせることが困難なものに対しては、設計段階において実現可能な設計耐用期間を検討するものとする。

2 構造物の性能低下防止を目的として実施する、部材構造上の維持管理の難易度。
（：難易度 高い，：難易度 中程度，：難易度 低い）

3 維持管理が容易な設計・設備とすることを前提とする。

8.3.3 診断

8.3.3.1 一般

初期欠陥および経年劣化によって性能低下が生じる可能性の高い構造物の診断では、維持管理計画に基づいて、点検、劣化機構の推定および劣化予測、性能の評価、対策の要否判定を適切に行い、必要に応じて維持管理計画を見直さなければならない。

【解説】 このガイドラインでは、コンクリート構造物を適切に維持管理するために初期の診断、定期的診断を定めている。このほか、地震後や火災などに被災後に行う臨時の診断がある。維持管理期間中に定期的に診断を行うことによって、構造物の外観上の変状を未然または早期に発見することができ、また、予防的な対応も含め、補修などの対策を計画的に実施できる。

8.3.3.2 初期の診断

- (1) 初期の診断における評価および判定は、診断の目的に応じた適切な方法で行うものとする^{維)}。
- (2) 初期点検で確認された構造物の状態から、維持管理開始時の構造物の性能を評価するとともに、必要に応じて劣化機構の推定および劣化予測を行い、その結果から残存予定供用期間における性能を評価するものとする^{維)}。
- (3) 初期点検で劣化が確認された場合の対策の要否判定は、初期点検時から予定供用期間終了時までの構造物の性能の評価結果および維持管理計画の内容などを考慮に入れて行うものとする^{維)}。
- (4) 劣化以外の初期欠陥や損傷による変状は、その変状が構造物に与える影響を検討したうえで、適切に処置しなければならない^{維)}。
- (5) 初期の診断結果からあらかじめ策定した維持管理計画に従っても予定供用期間中の構造物の性能を適切に評価、判定できないと判断された場合には、必要に応じて維持管理計画を見直さなければならない^{維)}。

【解説】 (1)について 初期の診断は、策定された維持管理計画に基づいて維持管理を開始する際に行われる最初の診断である。その目的は、単に維持管理実施前の構造物の状態を把握することにとどまらず、その後に実施される定期的診断などにおいて構造物の性能を評価するうえでの初期値を得ること、ならびに、あらかじめ策定した維持管理計画の妥当性を検証し、必要に応じて維持管理計画を見直すことにもある。すなわち、初期の診断における対象構造物あるいは部位・部材の性能評価および対策の要否判定の結果は、対象とする構造物のその後の維持管理の基本的な進め方を決定するため、初期の診断における構造物の性能評価は、初期点検結果とその結果に基づいた劣化予測をもとに、できるかぎり定量的に評価できる方法で行うのがよい。^{維)}

(2)について 新設構造物の場合、初期点検においては、目視観察などにより初期欠陥などの変状がないこと、あるいは施工時に発生した初期欠陥部の修復が適切に実施されていることを確認し、あわせて構造物の設計図書・施工記録などの確認を行うことによって、点検時、すなわち維持管理開始時点での構造物の性能

が設計段階で考慮した性能と同等であると評価してよい^{維)}。

(3)について 初期の診断において劣化が確認された場合の対策の要否の判定は、構造物の初期点検時の結果ならびに構造物の残存予定供用期間、重要度ならびに維持管理区分などを考慮に入れて行わなければならない。ただし、初期の診断における構造物の性能評価は、通常、残存供用期間が比較的長いため、その分、予定供用期間終了時点での性能評価の精度はそれほど高くない。したがって、初期点検時点での性能からは対策の必要がないと判定された場合には、予定供用期間終了時点での性能がたとえ要求性能を下回ると評価されても、直ちに対策を施す必要はない。通常は、この初期点検の結果を踏まえて維持管理計画の見直しなどを行った後、その計画に沿って定期的診断を実施し、その中で実際の性能低下の状況を確認して、対策の要否の判定を行うことで対応は可能である。^{維)}

(4)について 初期点検において劣化以外の変状、すなわち、ひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじなどの初期欠陥あるいは損傷が確認された構造物やその部位・部材については、その変状が構造物に及ぼす影響を適切に検討し、将来、劣化を促進する要因となる可能性がある場合、あるいはその他構造物の諸性能に悪影響を及ぼすと考えられる場合には、適切な処置を施さなければならない。なお、これらの調査、発生原因の推定ならびに適切な処置の検討は、土木学会「コンクリート標準示方書[設計編]および[施工編]」、日本コンクリート工学協会「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」などを参考にするとよい。^{維)}

また、かぶりコンクリートの浮きやコールドジョイントなどのように、コンクリート片の落下により第三者に影響を与える可能性があるとは判断された場合には、点検後速やかに応急処置を行わなければならない^{維)}。

(5)について 初期の診断の後、性能評価を行った結果から対策の必要がないものの、維持管理計画の立案時点で想定した構造物の状態と異なる状況が明らかになった場合には、構造物の性能をより適切に評価、判定できるように必要に応じて維持管理計画を見直さなければならない。また、初期点検時に初期欠陥や損傷などの変状が顕在し、これらを処置した場合においても、その変状や処置の状態によっては、維持管理計画を見直すことも必要になる。^{維)}

設計段階で策定された維持管理計画は、構造物の諸条件を仮定したものである。初期の診断後に施工段階での初期欠陥や環境条件をふまえ、維持管理計画が決定される。

8.3.3.3 定期の診断

- (1) 定期の診断における評価および判定は、診断の目的に応じた適切な方法で行うものとする^{※)}。
- (2) 日常点検および定期点検に基づく評価および判定は、点検結果を過去の結果と比較し、構造物の部位・部材の変化の状況を把握することにより行うことを基本とする。
- (3) 日常点検および定期点検で変状が確認された場合は、さらに詳しい調査を行い、その原因を推定するとともに、その性能を評価し、対策の要否を判定しなければならない。変状が劣化の場合には、点検結果を過去の結果と比較することによりその経時変化を求め、これに基づいて劣化予測を行い、構造物の部位・部材の性能を評価するものとする。
- (4) 日常点検および定期点検により劣化が確認された場合の対策の要否判定は、点検時から予定供用期間終了時点までにおける構造物や部位・部材の性能の評価結果ならびに、構造物の重要度、維持管理区分あるいは経済性などを考慮に入れて行うことを原則とする。
- (5) 日常点検および定期点検で確認された劣化以外の初期欠陥や損傷による変状は、その変状が構造物に与える影響を検討したうえで、適切に処置しなければならない。
- (6) 定期の診断結果からあらかじめ策定した維持管理計画に従っても予定供用期間中の構造物の性能を適切に評価、判定できないと判断された場合には、必要に応じて維持管理計画を見直さなければならない。

【解 説】 (1)について 定期の診断において実施する点検には、日常点検と定期点検があるが、いずれも構造物の性能の変化を時間の経過に応じて確認するためのものである。

このうち、日常点検による診断では、日常的な業務の中で新たな変状の有無または変状が以前から発生している場合にはその進行状況を確認することによって、構造物の供用に与える変状の影響を評価することになる。点検間隔が短く、変状が顕在化する初期段階で把握できるので、迅速かつ簡便な方法により定性的な評価を行えばよい。^{※)}

定期点検による診断は、維持管理計画で設定された点検を数ヶ月から数年程度の間隔で行うもので、点検結果とそれ以前の点検結果を比較することにより、点検時の性能やその変化の程度が定められた維持管理計画通りであるか否かを定量的に評価することができる^{※)}。

(2)および(3)について 日常点検では、目視やたたき等の簡易な方法による調査を短い間隔で繰返すことにより、構造物の状態の変化を早期に発見することが目的である。したがって、実施した日常点検の結果が、それまでの点検結果と異なっていなければ、構造物は維持管理計画で想定した状態にあると評価し、対策の必要はない。^{※)}

一方、点検においてそれまでの結果と異なるような劣化、損傷、初期欠陥といった変状が確認された場合には、さらに詳しい調査を行い、その原因を推定し、変状の程度を評価するものとする。

定期点検の特徴は、異なる複数の時点において、日常点検よりもより広範囲に点検結果を入手できることである。また、必要に応じて足場を設置することによって接近して点検を行うこともできるため、目視やたたきによる調査だけでなく、必要に応じて非破壊検査機器を用いる方法やコアの採取なども組み合わせた調査も可能であり、日常点検に比べ、より詳細かつ定量的な点検結果を得ることもできる。^{※)} すなわち、定期

点検によって変状が確認された場合には、さらに詳しい調査を行い、変状の原因を推定して劣化、損傷、初期欠陥のいずれに該当するかを判断したうえで、その変状の程度をできるだけ定量的に評価するのがよい。また、変状が劣化である場合には、点検結果を過去の結果と比較することにより劣化機構の推定や劣化予測を行い、そのうえで、点検時および残存予定供用期間における構造物の性能をできるだけ定量的に評価するものとする。評価の手法としては、土木学会「コンクリート標準示方書〔設計編〕および〔施工編〕」を参考としてよいが、凍害と塩害など複数の劣化要因が原因の場合の、劣化予測式などは未だ研究途中のものもあるため、評価が困難なものもある。

(4)について 日常点検および定期点検に基づいた劣化に対する対策の要否の判定では、点検時および予定供用期間終了時の構造物あるいはその部位・部材の性能評価の結果ならびに構造物の重要度、維持管理区分、構造物群や地域全体の維持管理計画など上位計画や経済性などを総合的に考慮して対策の要否を判定するものとする。

(5)について 日常点検および定期点検において初期欠陥や損傷による変状あるいは第三者に影響を与えるような問題がある状況が確認された場合の処置については、8.3.3.2の解説(4)と同様である。

(6)について 定期の診断の後、性能評価を行った結果から対策の必要がないものの、これまでの維持管理計画で想定した構造物の状態と異なる状況が明らかになった場合には、構造物の性能をより適切に評価、判定できるように必要に応じて維持管理計画を見直さなければならない。

8.3.4 対策

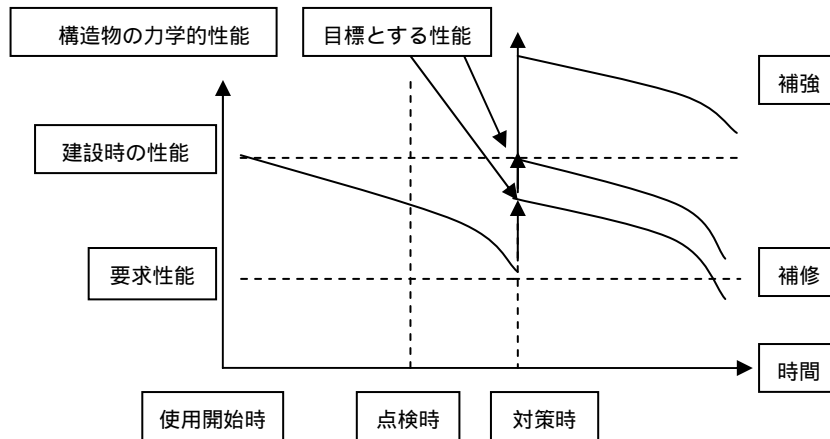
8.3.4.1 一般

- (1) 対策が必要と判定された場合には、構造物の重要度、維持管理区分、残存予定供用期間、劣化機構、構造物の性能低下の程度などを考慮して目標とする性能を定め、対策後の維持管理のしやすさや経済性を検討したうえで、適切な種類の対策を選定し、実施するものとする^{継)}。
- (2) 選定した対策の実施にあたっては、適切な対策の実施計画および対策後の維持管理計画を策定することを原則とする。なお、構造物の劣化機構が明確な場合は解説 表 8.3.3 を参照するものとする。^{継)}
- (3) 工事中に生じた欠陥や損傷がみられた場合、必要に応じて適切な補修を行うものとする。
- (4) 第三者影響の可能性が高い場合など、ただちに問題となる構造物の変状などが認められた場合には、すみやかに、適切な応急処置を実施しなければならない^{継)}。

【解説】 (1)について 8.3.3の診断において対策が必要と判断された場合、構造物の維持管理者は、目標とする性能を定め、適切な種類の対策を選定し、実施しなければならない。すなわち、()現状で構造物が保有する性能が低下しており、許容し得る限界を下回っていると評価され、対策が必要と判断された場合、()現状で問題なくても、劣化予測をして、残存予定供用期間中に構造物の性能低下が問題となる可能性があるとして評価され、予防としての対策が必要とされた場合、()作用荷重や耐震性に対する設計基準などが見直され、基準に適合するよう対策が必要と判断された場合、などが挙げられる。

対策の種類には、8.3.4.2 で示す点検強化、補修、補強、機能向上、供用制限、解体・撤去が挙げられ、構造物の重要度、維持管理区分、残存予定供用期間、劣化や構造物の性能低下などを総合的に考慮して、目

標とする性能を定め、対策後の維持管理のしやすさやライフサイクルコスト等も検討したうえで、いずれかの対策が選択されることになる^{維)}。しかし、このガイドラインでは、新設構造物が対象となるので、対策は主に建設時の性能を維持するための点検強化、補修、供用制限などが目標中心となる。



解説 図 8.3.3 目標とする性能のレベル

(2)について 選定した対策の実施にあたっては、構造物の性能低下をもたらした劣化機構ならびに、その性能低下の程度を把握したうえで、適切な対策の実施計画および対策後の維持管理計画を策定することを原則とする^{維)}。

対策の実施計画については、点検強化や供用制限が選定されると、見直し後の維持管理計画自体が実施計画となり、補修の場合は対策の設計・施工計画がそのまま実施計画となる。

対策後の維持管理計画については、点検強化や供用制限では当初の実施計画どおりとなるが、補修では目標とする残存予定供用期間維持されることを確認できるようにするため、点検の頻度、調査項目や方法、あるいは設定した性能を下回った場合の対策などについて明確にした維持管理計画を策定しなければならない。このとき、残存予定供用期間の長さによって再度、対策を見直しライフサイクルコストなどを考慮した維持管理計画を策定する必要もある。

性能低下の程度が同じであっても、劣化機構が異なると対策の実施計画や対策後の維持管理計画も異なることがあることに留意する必要がある^{維)}。

(3)について 補修は維持管理計画に従い、点検・診断に基づいての対策を基本とするが、工事中に生じた欠陥や損傷の場合、仕様規準に満たさないものや維持管理責任者と協議上、対策が必要と判断されたものは、すみやかに補修計画を立て補修するものとする。また、併せて補修後の維持管理計画も策定する。

(4)について 対策の選定、対策の実施計画や対策後の維持管理計画の策定、および対策の実施には、相応の時間が必要である。しかし、コンクリート片の落下による第三者への影響の可能性が高い場合などでは、これらに必要な時間的な余裕はない。したがって、供用制限や立ち入り制限、はく落防止ネット等によるコンクリート片の落下防止処置などの適切な応急処置を、すみやかに行うことが必要となる。^{維)}

8.3.4.2 対策の種類と選定

対策の種類には、一般的に点検強化、補修、補強、機能向上、供用制限、解体・撤去があるが、新設構造物を対象とした初期の対策として、点検強化か補修を中心に適切に選定するものとする。

【解 説】 2007年の示方書では、維持管理における対策を、点検強化、補修、補強、機能向上、供用制限、解体・撤去の6つに分類している^{註)}。このガイドラインでは新設構造物の初期欠陥のあるものを対象としているが、工事中の欠陥や損傷も必要に応じて対策の対象とした。このことから、使用前補修を含め、点検強化と補修を対策方法の主たるものとして選定し、長期使用等による機能後退や損失劣化に起因する対策としての補強、機能向上、解体・撤去を対象から外した。一般的に、建設時までの性能を維持する目標に考えた場合、安全性・使用性・第三者影響度・美観・景観・耐久性などの性能目標では点検強化、補修、供用制限が対策の選択肢になる。

コンクリート片の落下などによる通行人や車両に対する第三者影響度の問題に対しては、補修で対応するのが一般的である。ひび割れやはく離、さび汁、汚れなどにより美観の低下した構造物も、補修による回復や向上を図る。

8.3.4.3 点検強化

点検強化は、評価および判定の結果や残存予定供用期間にもとづいて維持管理計画を見直し、適切な点検頻度や点検項目を定めて、実施しなければならない^{註)}。

【解 説】 点検強化とは、補修や補強等の対策が必要と判定されたが直ちにこれらの対策を行うことが出来ない場合や、あるいはこれらの対策を行わずに経過観察（モニタリング）を目的として、点検頻度の増加や調査項目を追加するなどして行う対策をいう。点検強化の実施にあたっては、構造物の評価および判定の結果や残存予定供用期間に基づいて維持管理計画を見直し、適切な点検頻度や点検項目を定めて、実施しなければならない。

8.3.4.4 補修

- (1) 補修は、構造物の目標とする性能を満足するように、診断結果や事前調査に基づいて適切な補修の実施計画や補修後の維持管理計画を策定し、実施しなければならない^{（註）}。
- (2) 設計にあたっては、対象構造物の欠陥や損傷を十分に診断・調査したうえで、目標とする性能を満足するように補修の方針を定め、工法や材料等を適切に選定しなければならない。
- (3) 工事にあたっては、設計内容を踏まえた施工計画を実施するとともに、施工後の適切な管理と検査を入念に行わなければならない。また、変状に応じてモニタリングする必要もあり、施工中や施工後でも目標とする性能が達成することを確認しなければならない。
- (4) 工事中に生じた欠陥や損傷で仕様に満たさないものや維持管理者との協議で補修が必要と判断されたものも、すみやかに補修計画を立てて補修を実施し、維持管理計画を策定するものとする。
- (5) 劣化機構が明確な構造物あるいは部位・部材において補修・補強する場合には、別表を参照する^{（註）}。

【解説】 (1)について 補修は第三者への影響の除去あるいは、美観・景観や耐久性の回復もしくは向上を目的とした対策、また建設時に構造物が保有していた程度まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能を回復させるための対策と定義されている^{（註）}。

事前調査の実施にあたっては、設計図書、施工報告書あるいは維持管理の記録を参照するとともに構造物そのものを直接調査し、設計条件、施工の状況、構造物に生じた変状および環境・荷重作用を確認するとともに、補修を施工するうえでの制約条件や問題点を把握しておくことが重要である。

補修は、主として次のことを目的として実施するものである^{（註）}。

ひび割れやはく離といったコンクリート構造物に発生した変状の修復^{（註）}

塩化物のイオンの侵入や中性化によって劣化因子を取り込んでしまったコンクリートの除去^{（註）}

表面被覆などの処理による有害物質に再侵入防止による耐久性の向上やコンクリート片の落下等による第三者影響の防止^{（註）}

構造物の美観や景観などを確保するための修景^{（註）}

水密性が要求される構造物からの漏水防止などの使用性の回復^{（註）}

なお予防の観点から、劣化が顕在化していない潜伏期に、劣化因子の遮断あるいは劣化進行の抑制などを目的として補修を計画することは、その後の維持管理の負担軽減が図れることから重要である^{（註）}。

(2)について 補修の設計は、目標とする性能を定め、劣化機構を考慮したうえで、方針、範囲、工法と材料の構成および仕様を選定し、以下に示す事項などを考慮して実施する^{（註）}。

対象構造物の現況：形状・寸法、鋼材の配置・径など^{（註）}

診断における評価および判定の結果^{（註）}

劣化機構^{（註）}

構造物の重要度：例えば、生活重要路線における橋梁など^{（註）}

環境条件：気象条件や山間部、海岸部などの立地条件など^{（註）}

荷重条件：自動車荷重の繰り返し程度、橋脚部の地震荷重など

施工上の制約条件：施工時期、工期、施工可能時間、施工環境（作業空間の確保、騒音・振動・臭気等）

補修材料の種類とその組み合わせ，表面被覆装材などの厚さ，補修後の断面寸法，施工方法

維持管理：補修後の維持管理のしやすさなど

残存予定供用期間^{継)}

補修の設計照査について 補修後の構造物の性能を適切な方法で照査し，目標とする性能を満足することを確かめなければならない。

このうち，耐久性の回復や向上などは数値で表すことは難しいため，補修工法と材料構成，仕様などから耐久性を確保できる期間（短期・中期・長期）から照査してよい。力学的な性能の照査は，荷重条件，材料特性，構造諸元等を十分把握したうえで設定しなければならない。

なお，補修後の構造物の性能は，補修を構成する要素と既設構造物の一体化によってその性能が発現することから，両者の一体化の程度を適切に照査するとともに，補修された部材・部位の性能のみならず構造物全体の性能に対しても適切に照査する必要がある。

(3)について 補修の実施にあたっては，目標とする性能や施工上の制約条件を十分に考慮して，適切な補修の施工計画を策定することが大切である。その際，設計の主旨を十分に理解するとともに，補修後の構造物の耐久性を考慮して，使用する工法・材料の特徴，仕様，および留意事項を考慮し入念に行わなければならない。また，施工には十分な施工技術を有する専門技術者を配置して入念に行うとともに，合理的かつ経済的な施工管理や検査の項目，方法を定めて目標とする性能が施工中あるいは竣工後に達成されていることを確認しなければならない。

(4)について 工事中に生じた欠陥や損傷（ジャンカ，コールドジョイント，内部欠陥，砂すじ，あばた，ひび割れ等の初期欠陥），一部施工不良や仕様に満たさないもの，また維持管理者との協議で補修が必要と判断されたものは，すみやかに設計・施工の補修計画を立てて補修を実施し，補修後の維持管理計画を策定するものとする。

補修および補修後の維持管理計画について 補修後の維持管理計画は，構造物が残存予定供用期間を通じて目標とする性能を維持管理されるよう，適切に策定しなければならない^{継)}。また，部分的な補修であっても構造物全体を対象に適切に維持管理しなければならない。このため，補修，補強後の構造物の維持管理は重要であり，対策を施す前の維持管理計画を見直し，適用した補修，補強の状況も考慮した新たな計画を策定するとともに，その計画に基づき，適切な方法で構造物の診断（点検，劣化予測，評価および判定）およびその結果の記録，ならびに必要な応じた新たな対策の実施などを計画的に行われなければならない^{継)}。

(5)について 解説 表 8.3.3 は劣化機構別に，補修の方針，補修工法の構成，および目標とする性能を満たすための要因別にまとめたものである。補修や補強については，現在も様々な研究がなされており，適用事例が蓄積されている段階にある。工法や材料の選定にあたっては，それらの諸性質を詳細に把握するとともに，実験による効果の確認や適用実績の調査も重要である。（「2007年版 コンクリート標準仕様書」参照）

現在実施されている耐久性の回復あるいは向上を目的とした主な補修工法には，表面保護工法（表面被覆工法，表面含浸工法，断面修復工法），電気化学的工法（電気防食工法，脱塩工法，再アルカリ化工法，電着工法），ひび割れ補修工法（表面塗布工法，注入工法，充てん工法，含浸材塗布工法）などがある。

解説 表 8.3.3 劣化機構に基づく耐久性の回復もしくは向上を目的とした補修の方針と工法²⁾

劣化機構	補修の方針	補修工法の構成	目標性能を満たすために考慮すべき要因
中性化	<ul style="list-style-type: none"> ・中性化したコンクリートの除去 ・補修後の CO₂、水分の侵入抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工 ・表面処理 ・再アルカリ化 	<ul style="list-style-type: none"> ・中性化部除去の程度 ・鉄筋の防さび処理 ・断面修復材の材質 ・表面処理の材質と厚さ ・コンクリート中のアルカリ量のレベル
塩害	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入した Cl⁻の除去 ・補修後の Cl⁻、水分、酸素の侵入抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工 ・表面処理 ・脱塩 	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入部除去の程度 ・鉄筋の防さび処理 ・断面修復材の材質 ・表面処理の材質と厚さ ・Cl⁻量の除去程度
	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋の電位制御 	<ul style="list-style-type: none"> ・陽極材料 ・電源装置 	<ul style="list-style-type: none"> ・陽極剤の品質 ・分極量
凍害	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化したコンクリートの除去 ・補修後の水分侵入抑制 ・コンクリートの凍結融解抵抗性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工 ・ひび割れ注工 ・表面処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復材の凍結融解抵抗性 ・鉄筋の防さび処理 ・ひび割れ注材の材質と施工性 ・表面処理の材質と厚さ
化学的浸食	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化したコンクリートの除去 ・有害化学物質の侵入抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工 ・表面処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復材の材質 ・表面処理の材質と厚さ ・劣化コンクリートの除去程度
アルカリシリカ反応	<ul style="list-style-type: none"> ・水分の供給抑制 ・内部水分の散逸促進 ・アルカリ供給抑制 ・膨張抑制 ・部材剛性の回復 	<ul style="list-style-type: none"> ・水処理 (止水,排水処理) ・ひび割れ注工 ・表面処理 ・巻立て工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ注材の材質と施工性 ・表面処理の材質と厚さ
疲労 (道路橋鉄筋コンクリート床版の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ進展の抑制 ・部材剛性の回復 ・せん断耐荷力の回復 	<ul style="list-style-type: none"> ・水処理 (排水処理) ・床版防水工法 ・接着工法 ・増圧工法 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設コンクリート部材の一体性
すり減り	<ul style="list-style-type: none"> ・減少した断面の復旧 ・粗度係数の回復・改善 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復工 ・表面処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・断面修復材の材質 ・付着性 ・耐摩耗性 ・粗度係数

8.3.5 記録

8.3.5.1 一般

構造物の維持管理においては，診断および対策などの結果を維持管理計画に基づいた適切な方法で記録，保管しなければならない^{維)}。

【解説】 構造物を効率的かつ合理的に維持管理するためには，構造物の諸元，構造物の設計，施工時に適用した規準類，工事記録に加え，供用中の点検，劣化予測，評価および判定などの一連の診断結果あるいは，補修・補強などの対策の実施計画などを，維持管理計画に基づいて参照しやすい方法で記録し，保管しなければならない^{維)}。

維持管理の記録から，維持管理計画や維持管理技術の妥当性や，維持管理面からみた設計・施工上の問題点や改善点を明らかにし，将来の構造物建設の技術進歩に役立てることが出来る。

記録は構造物の状態に関するデータベースである。診断や対策により構造物に手を加えたときは常に記録内容を更新し最もあたらしい状態にしておかなければならない。

8.3.5.2 記録の方法

記録は，内容を容易に判読できる一定の書式を用い，かつ適切な方法で実施しなければならない^{維)}。

【解説】 構造物は，長期にわたり供用されるため，維持管理組織の変更や担当者の交代がありえる。したがって，構造物の維持管理の履歴が理解できるような書式が大切である。このため，記録は原則として，できるだけ正確かつ客観的なデータであること，また，点検，劣化予測，評価，および判定などの一連の診断結果が一定の方法で記録されることが必要である。このために記録は，維持管理の区分，種類，内容および構造物の種類に応じて，分かり易い書式にすると良く，このガイドラインでは8.2に示すような記録方法が有効である。また，記録は効率的で利用しやすく，過去の記録も活用できる電子データの状態で保管することが望ましい。また，構造物そのものに，補修履歴等を記載しておくことも有効である。

8.3.5.3 記録の項目

構造物の診断において記録すべき項目は，原則として，維持管理者および診断業務受託者などの氏名，構造物諸元等，維持管理区分，診断における点検・調査の結果，劣化予測の方法と結果，性能の評価および対策の種類と方法とする。

【解説】 維持管理において記録すべき項目は，8.2に記載される項目を基本とし，維持管理に必要な項目を，効率よく選定しなければならない。標準的な項目を解説表8.3.4に示す。

解説 表 8.3.4 診断および対策に関わる標準的な記録項目

項目		データ	
DBF-No.		()	
調査年月日	()年()月()日()曜日, 天候(), 気温()		
担当機関(事務所)	事務所 課		
担当者	維持管理者: 管理責任者(), 責任技術者()		
	専門技術者(), 責任技術者()		
	診断業務受託者: 責任技術者(), 専門技術者()		
連絡先	TEL: () (内線)		
構造物名			
所在地	位置(起点から km)		
路線名・河川名			
一般事項 構造物諸元	構造物形式		
	構造物寸法	高さ()m, 幅()m, 奥行()m	
	竣工年	年	
	適用仕様書		
	コンクリート設計基準強度:	N/mm ²	
環境条件	海岸からの距離	会場, 海岸沿い, 海岸から()km	
	周辺環境	工場, 住宅・商業地, 農地, 山地, その他	
	周辺環境	普通地, 雪寒地, その他	
	凍結防止剤の使用	無, 有()年間()日/年程度	
	直下周辺環境	河川・海, 道路, その他	
	標高	海拔()m	
点検	点検の種類	初期点検, 日常点検, 定期点検, 臨時点検, 緊急点検	
外観(豆板他, 変色)	有, 無	ジャンカ, コールドジョイント, 内部欠陥, 砂すじ, あばた, 変色	
ひび割れ	有, 無	種類: 主鉄筋方向, 直角方向, 両方向	
		本数: 1~2本, 3~5本, 多数	
		ひび割れ総延長: 約()m	
はく離	有, 無	種類: うろこ状はく離, 角欠け, 両方, その他()	
		箇所: 1~2ヶ所, 3~5ヶ所, 多数	
さび汁	有, 無	箇所: 1~2ヶ所, 3~5ヶ所, 多数	
診断 鋼材露出	有, 無	種類: スペース, スターラップ, 主鉄筋, シース	
		箇所: 1~2ヶ所, 3~5ヶ所, 多数	
		露出延長: 約()m	
ハンマーによるたたき調査	有, 無	腐食: 健全, 部分的腐食, 全面的腐食, 断面欠損	
		種類: 健全音, 異常音(浮き有り)	
その他	顕著な損傷, 補修の要否などを記入		
劣化予測	予測の方法	用いた劣化予測モデル(式とパラメータ):	
	結果	潜伏期・進展期・加速期・劣化期の予測結果:	
性能の評価および判定	性能の評価および判定評価	構造物の性能算定方法:	
		評価に用いた規準:	
	劣化度	構造物外観上のグレーディング:	
	結果	部位・部材あるいは構造物ごとの評価および判定結果:	
構造物一般図 (添付)			
対策	担当者	維持管理者: 管理責任者(), 責任技術者()	
		専門技術者()	
		対策業務受託者: 責任技術者(), 専門技術者()	
	対策の種類 対策の方法 施工記録	点検強化, 補修, (補強, 供用制限, 機能向上, 解体・撤去), モニタリング 対策の施工計画書(施工方法, 施工範囲, 材料の種類, 仕様他), 施工計画図面 対策の実施時期, 対策の竣工図面, 実施報告書, 品質管理方法, 検査方法・検査結果 履歴	

工事中における補修記録 工事中，構造物が完成する前に初期欠陥（ジャンカ，コールドジョイント等）や一部施工不良がみられる場合がある．維持管理者と十分に協議して補修した場合は，その位置や状況を記録するとともに，その補修内容も構造物カルテに準じて必ず記録しなければならない．

初期の診断における記録 初期点検では，解説 表 8.3.4 中の診断における記録の項目に加えて，初期欠陥などがあつた場合にはその位置および状況を記録する．また，点検結果に基づいた性能の評価および判定の内容（劣化機構の推定，部位・部材や構造物の状態，詳細調査の要否の判定など）を記録する．さらに，詳細調査を実施した場合には，その調査項目，方法，範囲，および調査結果とその結果に基づく構造物の性能評価ならびに対策の要否判断の結果などを記録する．^{維)}

定期の診断における記録 日常点検では，通常，調査の日時，点検担当者の氏名，変状の有無などを記録し，変状が認められた場合には，さらに変状の種類，位置と状況，それらに対する評価および判定の内容（詳細調査の要否）について追加記録する．定期点検では，解説 表 8.3.4 中の診断項目における項目に加えて，劣化などが確認された場合には，その種類，位置，程度，進行の有無ならびに，点検結果に基づく評価および判定の内容（劣化機構の推定，部位・部材や構造物の状態，詳細調査の要否判定）などを記録する．

詳細調査を実施した場合には，調査の方法（資料の採取位置や方法，用いる機器や分析方法，また，非破壊試験では試験位置や方法など）や変状の種類，位置および状況をできるだけ詳細に記録するとともに，調査結果に基づいた劣化予測の内容（初期の診断時の劣化予測との差異に関する考察），評価および判定の内容（部位・部材や構造物の状態，対策に関する検討内容），維持管理者（管理責任者，責任技術者，専門技術者，点検担当者）や診断業務受託者（責任技術者，専門技術者）の氏名などを記録する^{維)}．

臨時の診断における記録 臨時点検や緊急点検は，地震，火災，衝突など突発的な事態が発生した場合に行い，解説 表 8.3.4 中の項目に加えて，突発的な事態の内容，点検の目的，損傷などの位置および状況，性能の評価および判定の内容（部位・部材や構造物の状態，詳細点検の要否の判定）などである．なお，詳細調査を実施した場合の記録内容は，定期点検での詳細調査を行った場合と同様である．

補修対策を行った場合の記録 対策を行った場合は，対策前の構造物の劣化状況，施工の時期，天候，気温，施工方法，および施工範囲，対策に用いた材料の種類，仕様，養生方法，品質管理方法，検査方法，検査結果などを記録するほか，維持管理者（管理責任者，責任技術者，専門技術者）および対策業務受託者（責任技術者，専門技術者）などの氏名を記録しておかなければならない^{維)}．

8.3.5.4 記録の保管

記録の保管期間は，原則として構造物を供用している期間とする^{維)}．

【解 説】 構造物の維持管理の記録は，効率的かつ合理的な維持管理のための資料となるので，構造物を供用している間は保管することを原則とする．また，記録内容は，類似の構造物の維持管理に役立つこともあるため，供用期間が過ぎた後でも出来る限り保管することが望ましい．^{維)}

【参考文献】

維) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 維持管理編

8.4 点検・調査

8.4.1 一般

- (1) 構造物の診断において実施される点検は、診断の目的に応じて、適切な方法で実施しなければならない^{（注）}。
- (2) 構造物の維持管理上の初期状態を把握するために、初期点検を行うものとする^{（注）}。
- (3) 構造物の状態の変化を把握するために、日常点検ならびに定期点検を行うものとする^{（注）}。
- (4) 点検では、維持管理計画に定められた頻度、項目および方法などに準拠した調査を行うことを基本とする^{（注）}。
- (5) 点検の結果、応急処置の必要があると判断された場合には、すみやかにこれを実施する必要がある^{（注）}。

【解説】 (1)について コンクリート構造物を適切に維持管理し、良好な状態に保つためには、適切な診断を行う必要がある。このため、診断の目的に応じた点検を行い、構造物の安全性、使用性、第三者影響度、耐久性などに関する情報を入手することが基本となる。

維持管理の開始にあたって実施する初期の診断では初期点検を、定期の診断では点検頻度に応じて日常点検、定期点検を行うものとする。このほかに、臨時の診断では自然災害（地震、風水害）や事故、火災等の緊急事態に対して行う臨時点検がある。

(2)について 初期点検は、構造物が適切に施工あるいは補修がされているか否かを調べるとともに、構造物の状態の変化を把握するうえでの初期値として活用される。初期点検で得られる情報は、その後の維持管理を行ううえで、きわめて重要となることから、調査の項目や方法を選定して実施するとともに、その結果は適切に保管する必要がある。

(3)について このガイドラインでは新設のコンクリート構造物を対象としているが、日常点検、定期点検を実施することで、構造物の状態の変化を定期的に把握することが可能となり、供用後の維持管理を行ううえで、重要となる。

日常点検、定期点検では、東北地方のコンクリート構造物において特徴的な劣化損傷である凍害、日本海からの飛来塩分や凍結防止剤散布による塩害およびこれらの複合劣化等に留意する必要がある。

(4)について 点検で構造物や部材の状態について具体的な情報を得るために実施する試験などの行為を調査と呼ぶ。

頻度、項目および方法などを定めて行う標準調査の結果、より詳細な情報が必要になった場合には詳細調査を実施する。調査項目については、「土木学会 2007 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」解説 表 4.7.1 を参考にするとよい。

日常点検、定期点検は、維持管理において定常的に行われるものであり、維持管理者は適切な点検のマニュアルを作成するのが望ましい。

(5)について 点検の結果、第三者影響度が問題となるような変状が確認された場合には、速やかに応急処置をとらなければならない。

8.4.2 初期点検

- (1) 初期点検は、構造物全体について実施することを原則とする^{維)}。
- (2) 初期点検で実施する調査の項目および方法は、目視やたたきなどによる構造物全体に関する調査と、設計、施工に関する書類調査を原則とする^{維)}。
- (3) 初期点検で、コンクリート片が落下することによる第三者影響度が問題になるような変状が確認された場合には、早急に処置しなければならない^{維)}。

【解 説】 (1)について 初期点検は、維持管理の開始にあたって最初に行われ、新設構造物の諸性能に関する初期状態を把握することを目的としている。そのためにできるだけ構造物全体についてその初期状態を適切に把握しておくことが重要である。^{維)}

初期点検の時期は、構造物の供用後2年以内に行うものとする。

(2)について 初期点検は目視による方法やたたきによる調査と、設計の記録や工事記録などの書類調査を基本としてよい^{維)}。そのために、工事の記録は構造物カルテとして作成し(8.2参照)、維持管理者に引き継がなければならない。初期点検における項目、方法などについては、「土木学会2007年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」4.7を参考にするとよい。

新設構造物では、経年劣化が生じていることは稀であり、初期点検では、ひび割れ、豆板、コールドジョイント、砂すじなどの初期欠陥の有無や工事中の補修が適切に実施されているかの確認が重要となる。また、新設構造物では設計図書や工事記録(工事中の補修記録を含める)が構造物の初期状態に関する情報として利用できる。設計図書や工事記録は、整理、保管し、以後の維持管理に利用することも重要である。

(3)について かぶりコンクリートの浮きやコールドジョイントなどコンクリート片が落下する可能性がある変状が発見された場合には、人や器物などの第三者に損害を与える可能性があるため、速やかに応急処置を行わなければならない^{維)}。

8.4.3 日常点検

- (1) 日常点検は、日常の巡回で点検が可能な範囲について、劣化、損傷の有無や程度を早期に把握することを目的として実施する事を原則とする^{維)}。
- (2) 日常点検の実施にあたっては、その目的、維持管理区分、構造物の重要度および劣化予測結果などを考慮して、点検における調査項目、方法ならびに頻度を適切に定めなければならない^{維)}。
- (3) 日常点検で実施する調査は、目視、写真、双眼鏡などによる目視調査および車上感覚による調査を主体とし、状況に応じてたたきなどによる調査を行うものとする^{維)}。
- (4) 日常点検で、コンクリート片が落下することによる第三者影響度が問題になるような変状が確認された場合には、早急に処置しなければならない^{維)}。

【解説】 (1)および(2)について 日常点検は、目視やたたき等の簡易な方法による調査を短い間隔で繰り返すことにより、構造物の劣化、損傷を早期に発見することが目的である。

点検の項目 日常点検では、外観の変状・変形・変位や構造物の供用状態、コンクリートや鋼材の状態、付帯設備の状態などについて目視や、たたきにより調査することを基本とする^{維)}。

点検箇所 日常点検は、日常の巡回で点検が可能な範囲とするが、できるだけ広い範囲を対象にすることが望ましい。なお、日常の巡回で点検が困難な場所でも、点検用の足場（例えば橋梁の検査路など）を常設することにより日常点検が可能となる。^{維)}

点検の頻度 点検の頻度は、実際に点検を行う人員や予算規模を勘案するとともに、構造物の重要度、第三者影響度などを考慮して適切に定めるものとする^{維)}。一般に1回/1日～1回/週程度の頻度で実施されており、点検の頻度は、管理者と協議のうえ、維持管理計画で策定する。

(3)について 日常点検の方法は、目視、写真、双眼鏡などによる目視調査やたたきによるなどによる調査と、車上感覚による調査などに大別される。個々の調査方法は、「土木学会2007年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」4.7を参考にするとよい。また、車上感覚による調査は、伸縮継手の不良、異常なたわみや振動の有無を把握するものであり、使用性に関する直接的な調査となる。

日常点検の実施にあたっては、構造物の特徴に応じた点検マニュアルを作成し、これに従って実施するのがよい^{維)}。

また、日常点検では、劣化進行に関与する凍結防止剤の散布および洗浄状況や橋面の滞水状況、排水ますの土砂詰り、橋面舗装のひび割れ、ポットホールなどについても留意する必要がある。

(4)について 8.4.2の解説(3)と同様である。

8.4.4 定期点検

- (1) 定期点検は、構造物全体の劣化、損傷の有無や程度の把握を目的として、維持管理計画に定められた方法、頻度で実施することを原則とする^{維)}。
- (2) 定期点検の項目、部位、頻度ならびに方法は、その目的、維持管理区分、構造物の重要度、既存の維持管理の記録および劣化予測結果などを考慮して、適切に選定するものとする^{維)}。
- (3) 定期点検で実施する調査は、目視やたたきなどによる調査を基本とし、必要に応じて非破壊検査やコア採取による試験などを組み合わせるものとする^{維)}。
- (4) 定期点検で、コンクリート片が落下することによる第三者影響度が問題になるような変状が確認された場合には、早急に処置しなければならない^{維)}。

【解説】(1)について 定期点検は、日常点検では確認できない部位・部材も含む構造物全体にわたって、劣化、損傷の有無およびそれらの程度を把握するものである。日常点検では、十分把握できない部材・部位を調査するためには、高所作業車や橋梁点検車および点検用足場などが必要となる場合がある。^{維)} また、定期点検の実施にあたっては、専門的な知識に基づいてマニュアルを作成し、これに従って専門知識を有する技術者の下で行うのがよい。橋梁に関しては、国土交通省「橋梁定期点検要領(案)」が参考となる。

(2)および(3)について 点検の項目 基本的には日常点検と同様、目視やたたきによる調査により外観の変状・変形・変位や構造物の供用状態に関する項目について点検することを基本とする^{維)}。また、非破壊検査やコア採取による試験を組み合わせることにより劣化機構の推定結果や劣化状況(中性化深さ、塩化物イオン含有量、アルカリシリカ反応、鉄筋腐食傾向など)の確認が可能となる。非破壊検査は、「2007年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」4.7、コンクリートライブラリー104「2001年制定コンクリート標準示方書(維持管理編)制定資料」2.3、国土交通省「橋梁定期点検要領(案)」表解-4.2.1、土木研究所「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」などが参考になる。

点検の結果、変状が確認され、その原因が不明な場合や規模進行の可能性などが不明な場合は、必要に応じて詳細調査を行うものとする。中性化や塩害による腐食ひび割れやさび汁などが確認された場合には、鉄筋腐食が進行しており、速やかに詳細調査を実施することが望ましい。コンクリートの塩害、凍害、中性化、アルカリシリカ反応、鉄筋コンクリート床版の疲労などの劣化機構別の詳細調査は、「2007年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」第二部を参考にするとよい。

点検箇所 点検箇所は原則として構造物全体とする。また、日常点検では確認困難な箇所や劣化や損傷が生じやすいと推定される部材・部位は入念に点検することが重要である。例えば、劣化が生じやすい橋梁の端部や主要部材で曲げモーメントが大きい箇所、車両走行荷重の影響の大きいRC床版、塩害地域や寒冷地の構造物などは特に入念な点検が必要である。

点検の頻度 点検の頻度は、構造物や部位・部材の重要度、形式、維持管理区分などを考慮し適切に定めるものとする。一般に数年に1度程度で実施されており、点検の頻度は、管理者と協議のうえ、維持管理計画で策定する。橋梁については、国土交通省「橋梁定期点検要領(案)」に原則として5年以内に行うものと定められている。

(4)について 8.4.2の解説(3)と同様である。

【参考文献】

維) 土木学会 2007 年制定 コンクリート標準示方書 維持管理編

東北地方における コンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)

平成 21 年 6 月 平成 21 年 3 月制定・第 1 刷発行

編集者 .. 東北地方におけるコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会

発行者 .. 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

〒985-0842

宮城県多賀城市桜木三丁目6番1号

TEL:022-365-7988

FAX:022-365-7899

・本ガイドラインの内容を複製したり、他の出版物へ転載する場合には、東北技術事務所の許可を得てください。

許諾No.土学出事09007
