

コンクリート構造物の品質確保・向上 に向けた取組み

1. 全体方針

1.1目的、1.2検討方針、1.3検討条件、1.4検討内容

2. 検討結果(成果)

2.1着眼点と解決方法

2.2手引き(案)等のとりまとめ

2.3活用方策(広報・普及)

参考資料1:社会インフラ老朽化と中国地整の状況

参考資料2:初期欠陥と耐久性低下について

参考資料3:各建設プロセスの課題について(アンケート結果等)

中国地方整備局 中国技術事務所

1. 全体方針

1.1 目的

- 新設コンクリート構造物の品質を確保・向上させる。このことにより、ひいては長寿命化を図る。
- 設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の一連の建設プロセスにおいて抽出した課題を収集し、解決方策等について総合的に検討を行い、新設コンクリート構造物の具体的な品質確保・向上の方策を立案する。

1.2 検討方針

- ▶ 新設コンクリート構造物の設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)に係わる基本的かつ重要な事項を建設プロセス毎の専門家が相互に連携して検討を行う。



1.3 検討条件

■対象構造物:

- 新設の橋梁やその他の鉄筋・無筋コンクリート構造物
(PCや舗装、ダムなどの特殊なコンクリート構造物を除く)

■対象とする建設プロセス:

- 設計、材料、施工、維持管理(巡回・巡視)の一連の建設プロセス

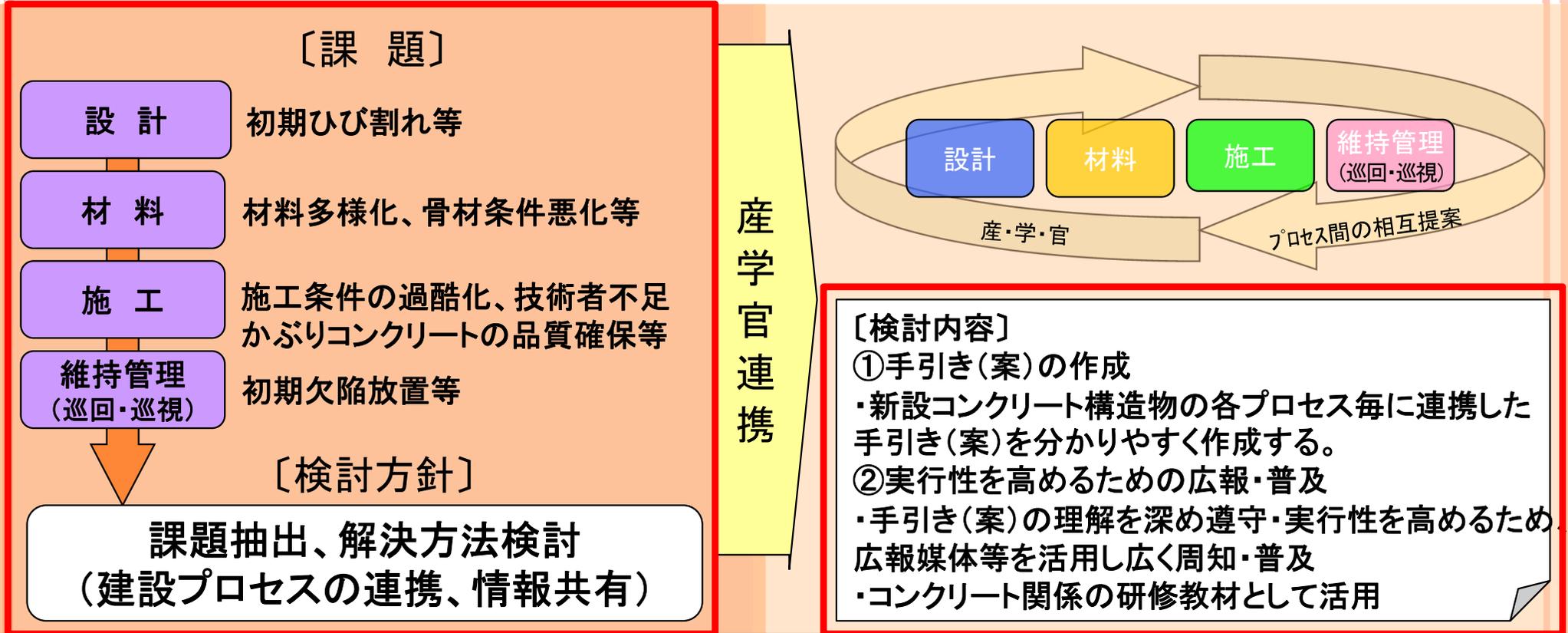
■検討の範囲:

- 基本的な技術の範囲内で新設コンクリート構造物の品質の確保・向上を図る。
- 全国的な共通課題に加え、中国地方特有の課題について着目する。

1.4 検討内容

目的・地域特性及び課題を把握し一連の建設プロセスにおいて、コンクリート構造物の品質確保・向上を図る。
・産学官で連携し、検討することにより、技術の確立、知識を共有する。
・初期欠陥を防止することで耐久性を向上させ、ひいては長寿命化を図る。

対象:新設の橋梁やその他の鉄筋及び無筋コンクリート構造物



検討スケジュール



2. 検討結果(成果)

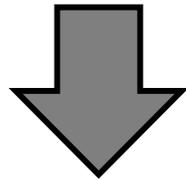
2.1 着眼点と解決方法

【課題解決のための留意すべき着眼点】

設計、材料、施工、維持管理の各プロセスで品質確保が取組みられているが、初期欠陥が生じている場合がある。初期欠陥があると、コンクリート構造物の耐久性低下に与える影響が大きい。(参考資料1,2)

着眼点: (参考資料3)

- 各建設プロセス間の連携不足
- 示方書の意図することの理解不足



【解決方法】

- ・新設コンクリート構造物の各プロセス毎に連携した手引き(案)を分かりやすく作成した。
- ・各プロセスの技術者が手引き(案)の理解を深め、遵守・実行性を高めるため、広報・普及する。

2.2 手引き(案)等のとりまとめ

各建設プロセス毎で、新設コンクリート構造物の品質を確保・向上するために重要な手引き(案)を分かりやすく作成した。

手引き(案)は、中国地整管内の初期欠陥事例とアンケート結果で得られた鉄筋腐食防止の観点(参考資料2,3)から、主に下記3つの項目に絞って技術的留意点(ポイント)をまとめたものである。

- ひび割れ抑制対策
- かぶり厚確保
- 充填不良対策

7.5 締固め

(1) コンクリートの締固めには、棒状バイブレータを用いることを原則とする。ただし、棒状バイブレータの使用が困難で、かつ型枠に近い箇所には型枠バイブレータを使用して確実に締固めなければならない。

(2) あらかじめ計画した締固め作業高さを超えることがないように、作業足場の設置や締固めの方法を検討しなくてはならない。

(3) せき板に接するコンクリートは、できるだけ平坦な表面が得られるよう打込み締め、締め固めなければならない。

(4) コンクリートを打ち重ねる場合、上層と下層が一体となるよう、棒状バイブレータを下層のコンクリート中に10cm程度挿入しなければならない。

(5) コンクリートを十分に締め固められるよう、棒状バイブレータの挿入間隔および1回あたりの振動時間を定めなければならない。また、棒状バイブレータはコンクリートから徐々に引き抜き、後に次が現れないようにしなければならない。

(6) 再振動を行う場合には、コンクリートの締固め可能な範囲でできるだけ短い時間がよい。

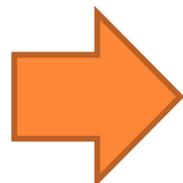
【解説】 (1) について 土木構造物は部材の厚さが比較的大きく、硬練りコンクリートが使用されることも多いため、締固めには棒状バイブレータを用いることを原則とした。ただし、鉄筋のかぶり部分等の棒状バイブレータの使用が困難で型枠に近い箇所に対しては、型枠バイブレータを適切に使用することでコンクリートの充填性を高める必要がある。型枠バイブレータを用いる場合には、適切な形式を選ぶこと、型枠にしっかりと取り付けること、その取付け位置およびこれを移動する方法を適切に定めることが大切である。バイブレータには多くの種類があり、性能もそれぞれ異なるので、工事に適したバイブレータを使用することが好ましい。棒状バイブレータはJIS A 8610「コンクリート棒形振動機」に、型枠バイブレータはJIS A 8611「コンクリート型枠振動機」に規定されている。

(2) について コンクリートの品質および充填性を確保するためには、適切な落下高さで打ち込むとともに、直接目で充填状況を確認できるように作業足場を設置する必要がある。この施工標準では、「2章コンクリートの品質」および「4章 配合設計」において締固め作業高さを想定し、適切なスランブを決定することとしている。締固め作業高さを計画を超えないことが作業足場の設置や施工方法を検討することが重要である。

また、コンクリートの配合、ワーカビリティ等は、部材の形状・配筋に合わせて決めており、配筋が密な箇所、コンクリートがゆきわたりにくいところは、コンクリートのワーカビリティが低下しないよう十分に締固めなければならない。

(3) について 露出面となるコンクリートの表面は平坦でなければならない。これは美観上必要であるばかりでなく、構造物の耐久性および水密性を向上させるためにも大切である。このためには、せき板の表面が平らであること、せき板の継目からモルタルが漏れないこと等に注意するとともに、打込みおよび締固めにも注意が必要である。

(4) について コンクリートを打ち重ねる場合、7.4.2で述べた型枠打ち時と同様に



11. 締固め

ポイント

■ 締固めは、コンクリート中の余分な空気を追い出し、密実なコンクリートになるために以下の事項を配慮

■ 使用するバイブレータの種類、予備の有無、発電機トラブルの防止、過密配筋部、せき板近くの締固め、下層コンクリートへの挿入、挿入間隔、締固め時間横移動の禁止、バイブレータの引抜き方、鉄筋との接触禁止等

解説

1. 使用する振動機

①コンクリートの締固めには、棒状バイブレータを用いることを原則とし、棒状バイブレータの使用が困難な場合は、型枠バイブレータを使用してもよい。

②バイブレータは多くの種類があり、性能も異なるので、工事に適した振動機を使用する。

③予備のバイブレータを準備するとともに、発電機のトラブルが無い事前確認を要する。

2. 締固め作業高さ

①予め計画した締固め作業高さを超えないように、作業足場の設置や施工方法を検討する。

②密な配筋の箇所などのコンクリートがゆきわたりにくいところでは、入念に締固める。

3. せき板と接する部分の締固め

①せき板に接するコンクリートは、できるだけ平坦な表面が得られるよう打込み締固める。

4. 下層への挿入

①棒状バイブレータを下層のコンクリート中に10cm程度挿入する。

5. 挿入間隔と振動時間

①棒状バイブレータは、なるべく鉛直に一様な間隔で差し込む。挿入間隔は一般に50cm以下にするとよい。締固め時間の目安は、一般に5~15秒程度である。

②棒状バイブレータはコンクリートから徐々に引き抜き、後に次が現れないようにする。

③棒状バイブレータの横移動は行わない。

④棒状バイブレータは、鉄筋に触れないよう注意して作業する。

参考

【参考】1 棒状バイブレータ
・棒状バイブレータはJIS A 8610に、型枠振動機はJIS A 8611に規定されている。

【参考】2 締固め作業高さ
・締固め作業高さは、部材の種類とコンクリートのスランブの大小によるが一般に0.5~5m未満である。

・締固めを入念に行わないと豆板(ジャンカ)になる可能性がある。

【参考】3 表面の平坦
・コンクリート表面は、耐久性及び水密性、美観を確保するために平坦にする。

【参考】4 下層への挿入
・棒状バイブレータを下層のコンクリート中に10cm程度挿入することで、上下層のコンクリートが一体となるようにする(図-1)。

【参考】5 挿入間隔、横移動
・振動の有効範囲は、棒状バイブレータの種類やコンクリートの流動性、部材寸法、配筋等によって異なるため、コンクリートの充てん性と材料分離に注意して決定する(図-2)。

・棒状バイブレータの横移動は、コンクリートの材料分離の原因となる(図-3)。

図-1 下層への振動機の挿入例

図-2 挿入間隔の悪い例

図-3 横移動による材料分離の発生

2.2手引き(案)等のとりまとめ

手引き(案)は、「①共通仕様書等の内容を分かりやすく示したもの」と「②共通仕様書等の内容を一部超えたもの」で構成される。これらの割合は各編で異なる。

特に、温度ひび割れ抑制対策、かぶりコンクリートの品質向上対策は、「②共通仕様書等の内容を一部超えたもの」に関連する内容を示している。手引き(案)本編では、「②共通仕様書等の内容を一部超えた箇所」は、斜体で記載している。

手引き(案)改訂後の各編の特徴

特徴	①共通仕様書等の内容をわかりやすく示したもの	②共通仕様書等の内容を一部超えたもの
手引き (案)種類	・基本原則編	・基本原則編(かぶりコンクリートの品質向上対策) 追加: 耐久性向上の観点からの透水性型枠の使用検討
	・設計編	・設計編(ひび割れ抑制対策、充填不良対策、かぶりコンクリートの品質向上対策) 追加: 耐久性向上の観点からの透水性型枠の使用検討
	・材料編	・材料編(ひび割れ抑制対策、充填不良対策)
	・施工編(かぶりコンクリートの品質確保) 追加: かぶり部への締固め	・施工編(温度ひび割れ抑制対策、かぶりコンクリートの品質向上対策) 追加: 透水性型枠等の特殊型枠の使用
	・施工編(監督・検査)	施工編(監督・検査)(かぶりコンクリートの品質確保・向上対策) 追加: 物質透過抵抗性の評価
	・維持管理編(巡回・巡視)	—

2.2 手引き(案)等のとりまとめ 各建設プロセスにおけるチェックリスト

各建設プロセスで示した手引き(案)が、確実に実行されるためのツールとして、チェックリストを作成した。

チェック項目を実施できなかった場合は「その理由」を、また、チェック項目を実施したが問題があった場合は「今後の対応」を、備考欄に簡潔にコメントする方針とした。

コンクリート構造物の品質確保・向上のチェックリスト 【施工編】	チェック実施者	
	所属	
	実施年月日	年 月 日

施工編				優先順位	
手引き(案)の目次	チェック項目	チェック	備考	必須項目	必要に応じて実施する項目
1 基本原則(施工段階)	・設計図書の記載事項を十分理解し、施工計画を立案したか				○
	・施工前の三者会議で引き継ぎ事項、不明確事項を確認・協議したか				○
	・施工後の三者会議で品質に対する効果や課題などを設計者・発注者へフィードバックしたか				○
	・材料メーカーと連携し、品質向上・耐久性向上方法を検討したか				○
	・品質向上・耐久性向上の協議結果を確実に記録したか				○
	・施工計画、施工記録、品質向上・耐久性向上対策を確実に整理・記録したか				○
2 温度ひび割れ抑制対策	・温度応力が問題となる場合は、マスコンクリートとしての対策を行ったか				○
	・設計の温度応力解析条件と現場条件は合致しているか				○
	・施工前に使用材料、施工方法、ひび割れ誘発目地使用の検討をしたか			○	
	・温度ひび割れ抑制で単位水量の低減を検討したか				○
	・コンクリートの温度変化を確認しながら施工したか				○

施工編のチェックリスト例

2.3活用方策(広報・普及)

広報:施策を広く知らせること。
普及:広く行き渡らせること。

【活用方策(広報・普及)】

- (1)中国技術事務所ホームページへの掲載(広報)
- (2)中国技術事務所での講習会開催(普及)
- (3)各協会からの情報発信、講習会開催(広報・普及)
- (4)現場で持ち歩けるポケット版の作成(普及)
- (5)手引き(案)試行による効果検証(普及)



2.3活用方策(広報・普及)

(2)中国技術事務所での講習会開催(普及)

中国技術事務所において手引き(案)の理解を深めるための講習会(座学、実習)を開催する。



講習会(座学)



示方書遵守した施工方法(締固めの例)



初期欠陥の発生原因



2.3活用方策(広報・普及)

(3)各協会からの情報発信、講習会開催(広報・普及)

中国地方の各協会において会員を対象とした手引き(案)の周知、理解を深めるための講習会を開催する。

(4)現場で持ち歩けるポケット版の作成(普及)

手引き(案)は現場で持ち歩けるポケット版とし、活用し易く工夫した。



各協会主催の講習会開催例

- ・建設コンサルタンツ協会(設計)
- ・全国生コン工業組合連合会(材料)
- ・日本建設業連合会(施工)

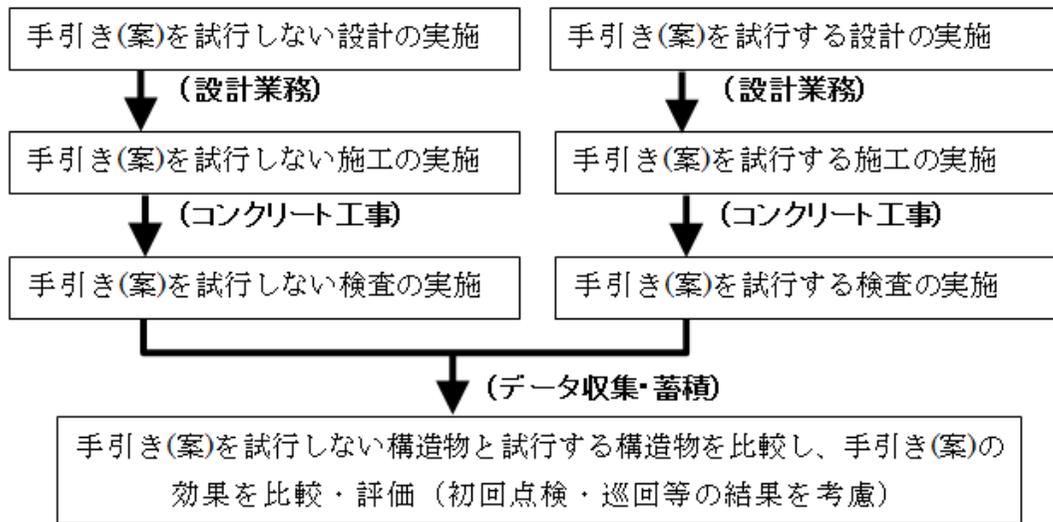
手引き(案)のポケット版イメージ



2.3活用方策(広報・普及)

(5)手引き(案)試行による効果検証(普及)

工事において、手引き(案)を適用し、設計及び施工に反映させた構造物と、反映させていない構造物を比較することにより、手引き(案)適用の効果을把握する。

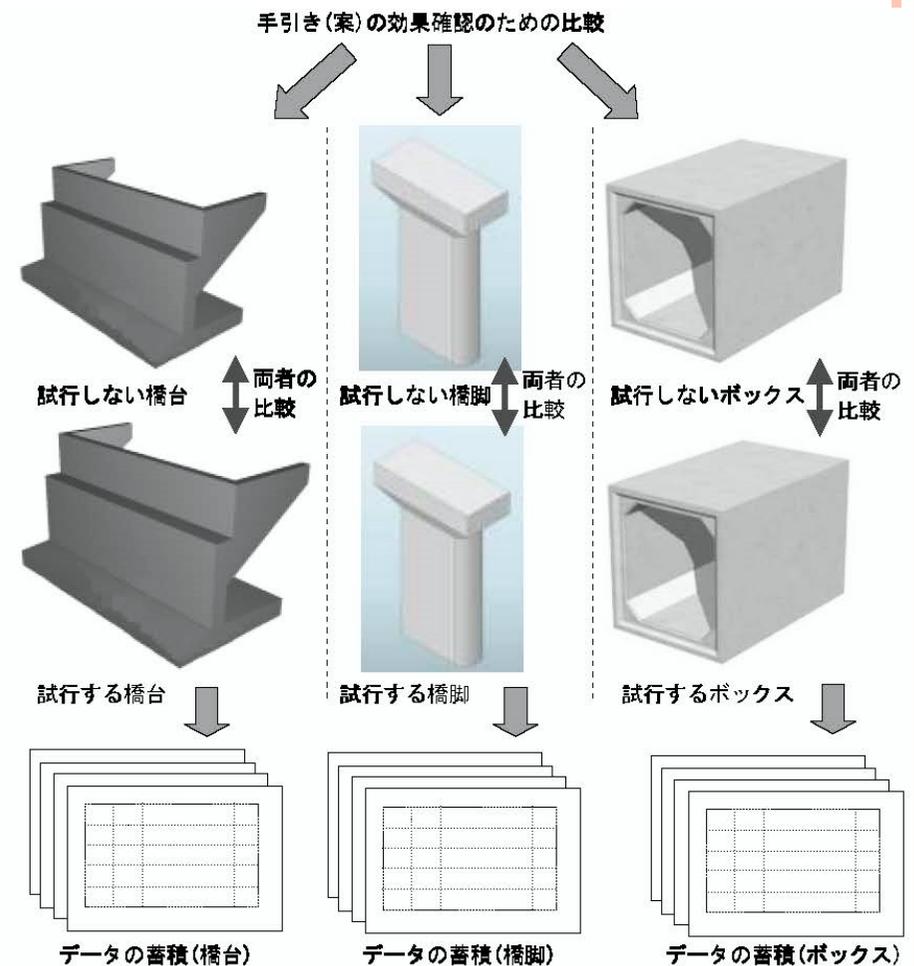


手引き(案)の効果確認のための比較手順イメージ

※初回点検や巡回結果等を考慮し、構造物種類毎に手引き(案)試行の効果と比較・評価する。

留意点: 構造物毎に設計・施工が異なるため同一材料・環境での比較が難しい

解決策: データの蓄積により構造物の種類毎に手引き(案)試行の効果을把握する

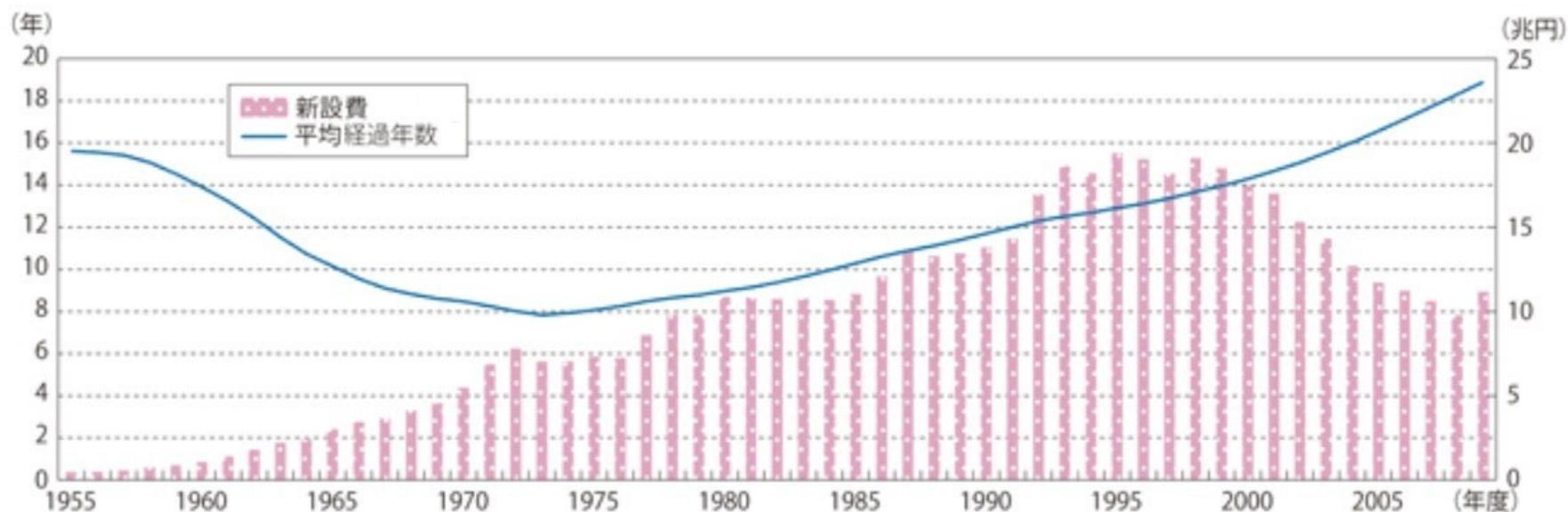


参考資料1

1.1 社会インフラの老朽化

■ 国土交通関係8分野のインフラの平均経過年数（設備の古さ）の推移を試算したものである。

■ 戦後間もない時期は、インフラの蓄積が少なく、平均経過年数が低下したが、高度成長期にインフラが蓄積されると平均経過年数が上昇に転じ、現在まで増加している。



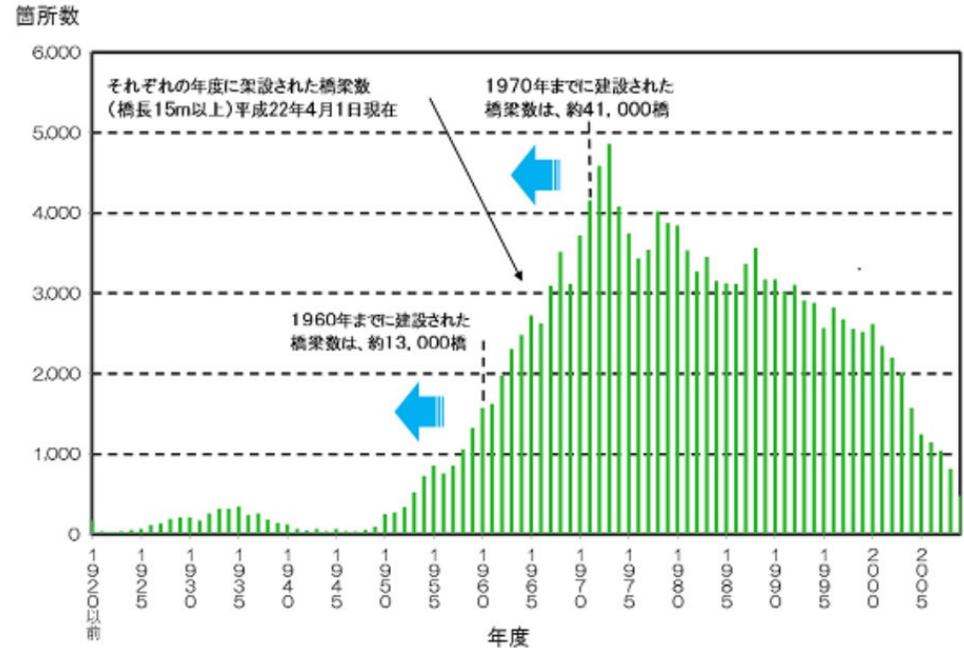
(注) 道路、港湾、航空、公共賃貸住宅、下水道、都市公園、治水、海岸について、以下の方法により計算したもの。

※2014国土交通白書、社会インフラの老朽化図表1-3-3を参考

1.2 橋梁の老朽化(全国、中国地整)

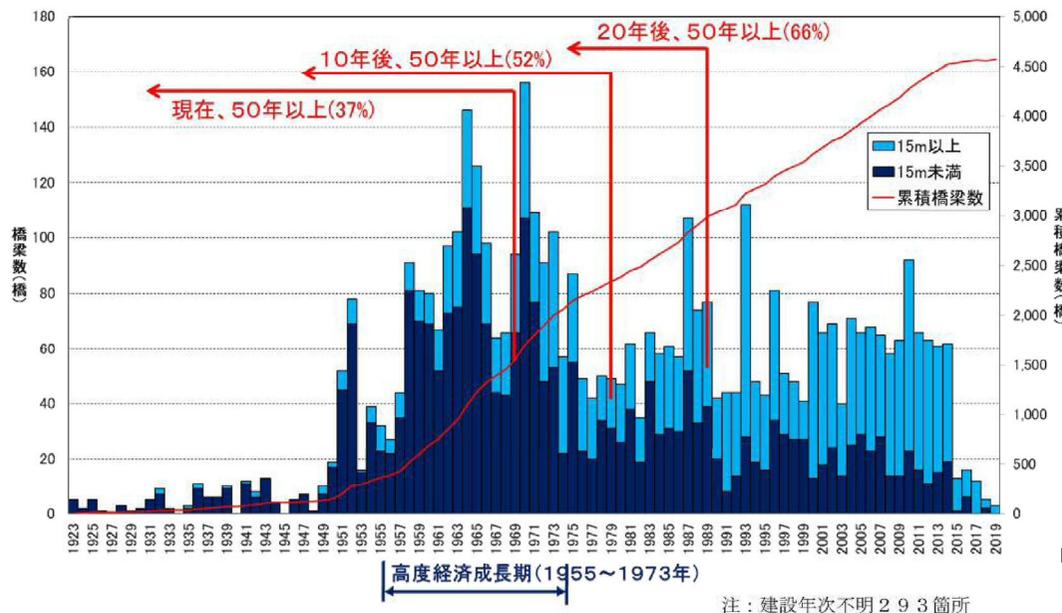
■社会インフラのうち、重要構造物の橋梁に着目すると、1970年までに建設された橋梁数は1960年までに建設された数の3倍であり、今後、建設から50年を越える橋梁数が急激に増加する。

出典：国土交通省国土技術政策総合研究所資料 第693号



■中国地方整備局における建設後50年以上を経過した橋梁箇所数の占める割合は、2019年の37%から20年後には66%にまで急激に増加。

架設年次別の橋梁箇所数分布

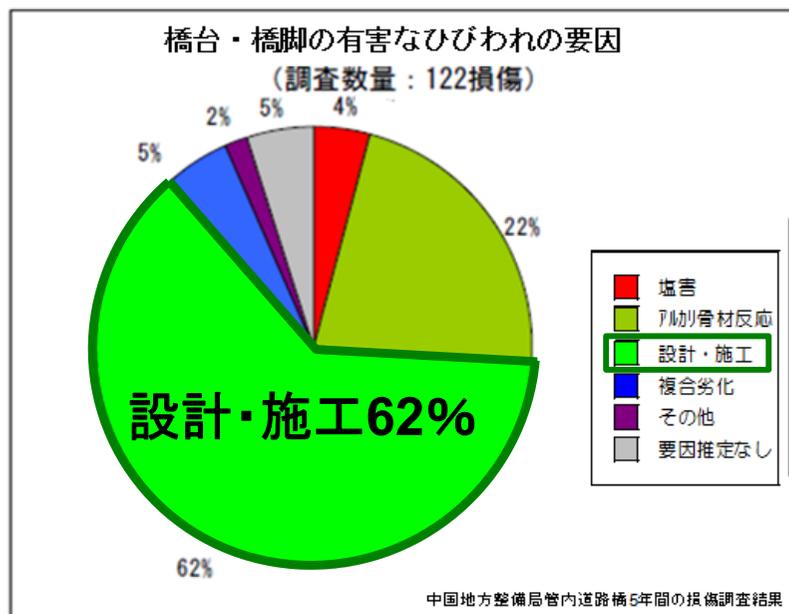


出典：「橋梁の長寿命化計画【2020年版】、中国地方整備局道路保全企画G

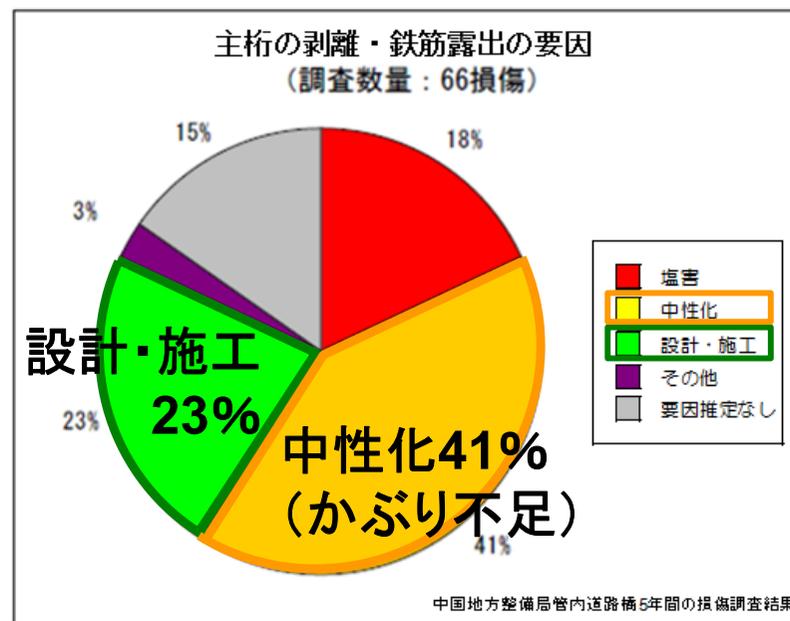
1.3 橋梁の劣化損傷(中国地整)

■中国地整管内の橋梁の劣化損傷は、下部工(橋台・橋脚)にひび割れが多く、上部工(主桁)に剥離・鉄筋露出が多い。

■下部工のひび割れの要因は、設計・施工に起因するものが62%を占める。一方、上部工の剥離・鉄筋露出の要因は、中性化(かぶり不足)が41%、設計・施工が23%を占める。



※設計・施工の内容：
荷重・桁挙動の影響、乾燥収縮、温度応力、打設不良(コールドジョイント)、施工不良(豆板)、製作・施工不良、施工時型枠等の影響、不良打継ぎ、締固め不足、打設・養生等の影響、材料分離等の施工の影響

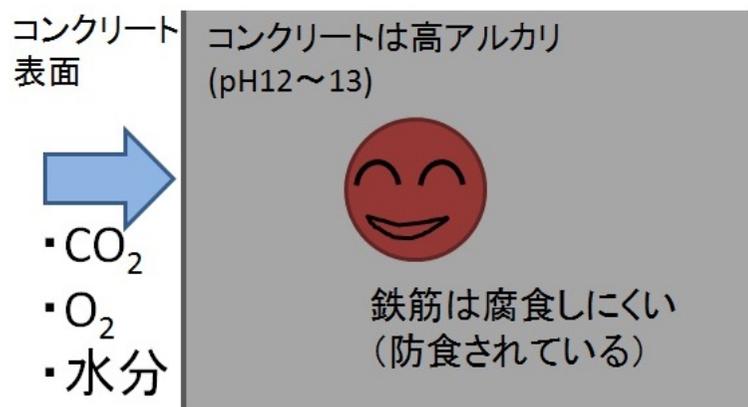


※設計・施工の内容：
荷重作用、橋台の側方移動による外力作用、施工不良(豆板)、桁の製作の影響、製作・施工不良

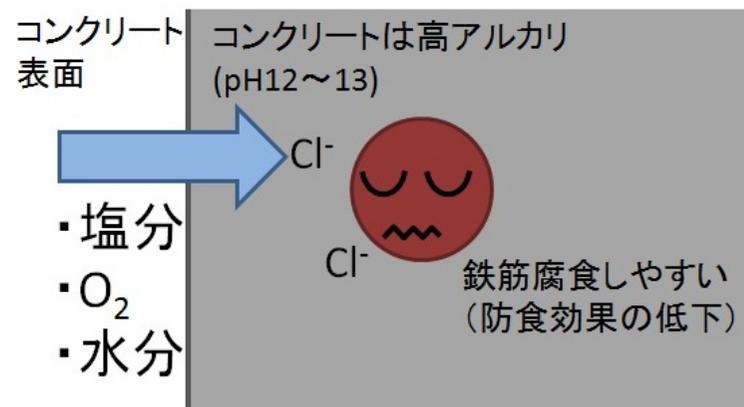
参考資料2 初期欠陥と耐久性低下について

2.1コンクリートの健全性と劣化損傷

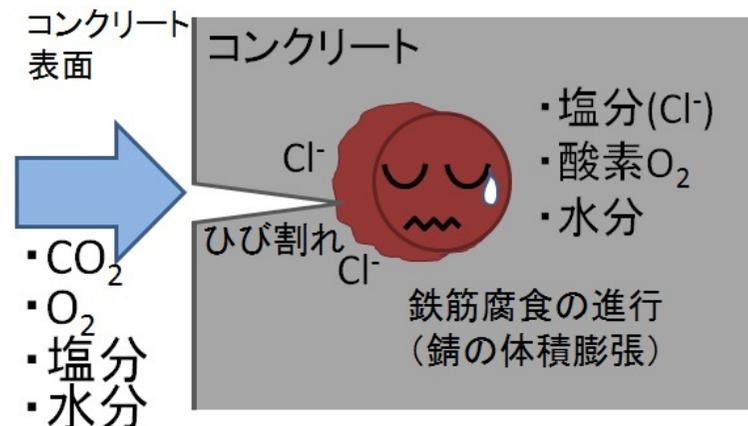
■コンクリートが健全な場合、劣化因子の侵入が抑制され、鉄筋が腐食から守られている。しかし、劣化因子が侵入すれば、鉄筋腐食・ひび割れが発生し、劣化損傷が進行する。



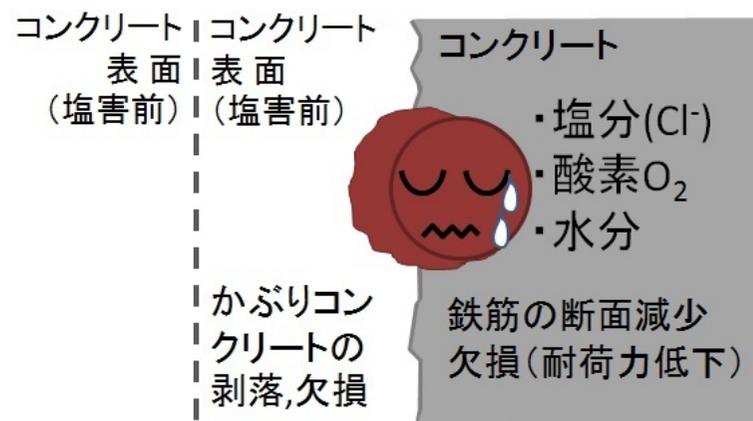
(1)健全な状態



(2)劣化因子が内部に侵入



(3)鉄筋腐食、ひび割れ発生



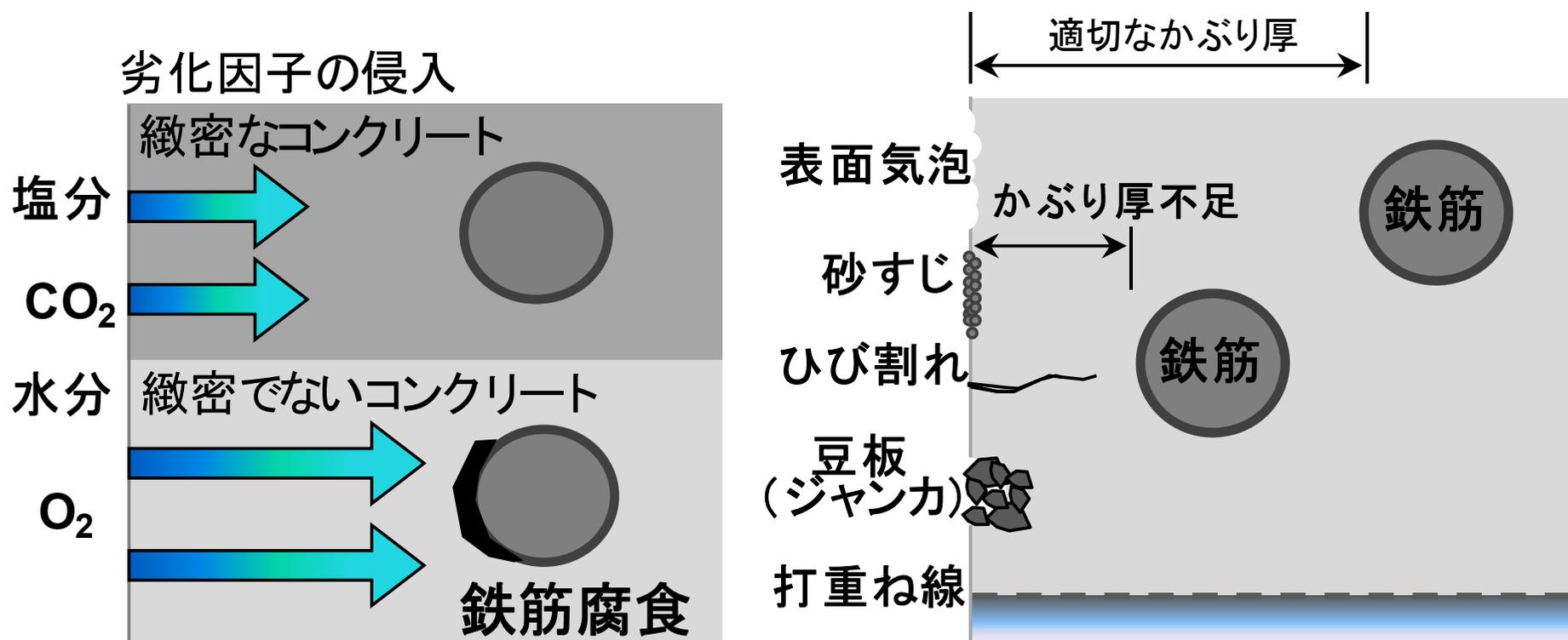
(4)かぶり剥落、耐力低下



2.2コンクリートの緻密性と初期欠陥

■コンクリートが緻密でなかったり、ひび割れ等の初期欠陥があると、劣化因子が容易に侵入し、鉄筋が腐食しやすくなる。

■初期欠陥を防止し、コンクリート構造物の品質を確保・向上し、耐久性向上を図ることは極めて重要である。



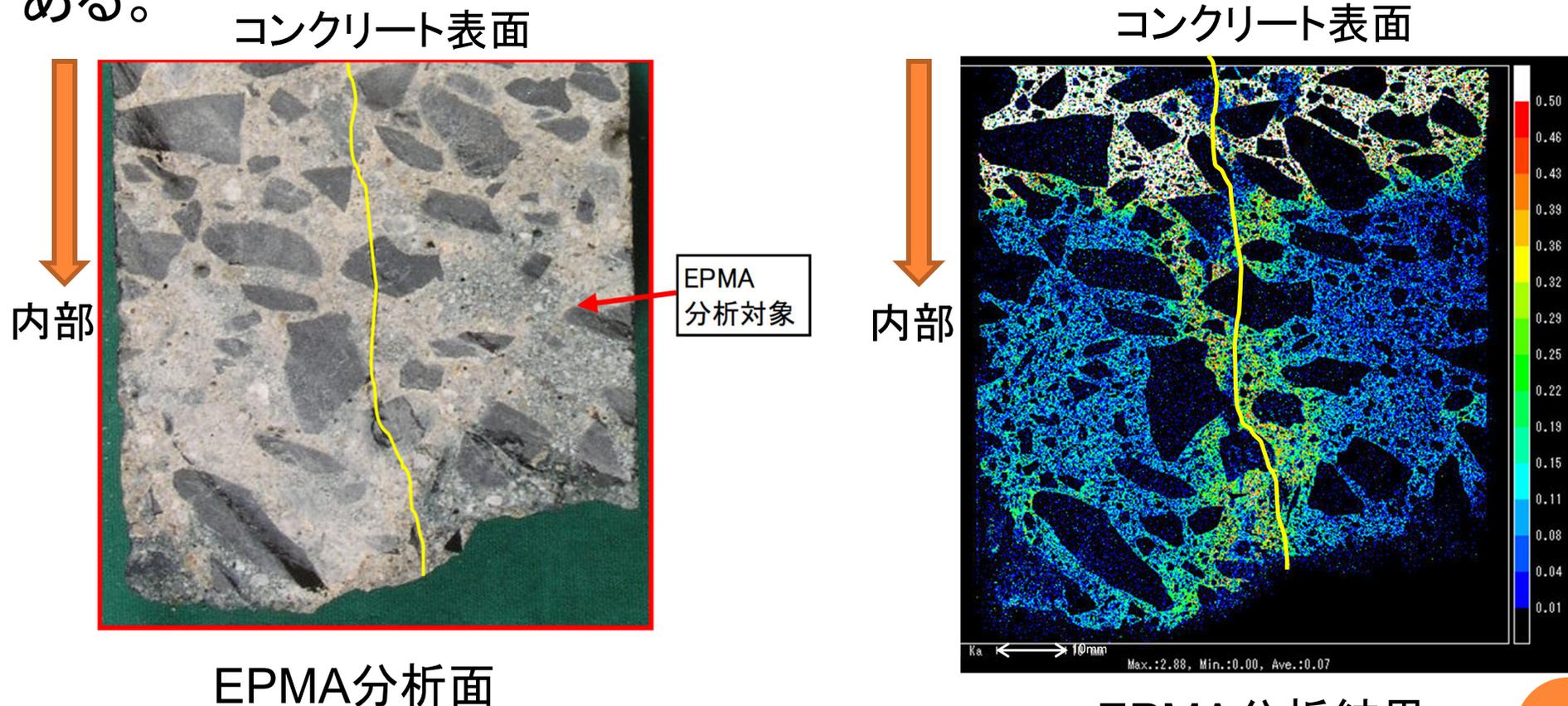
コンクリートの緻密性と劣化因子の侵入

コンクリートの初期欠陥の例
(劣化因子が侵入しやすい)

2.3 コンクリートのひび割れと塩分侵入

■コンクリートにひび割れが存在すると、そこから塩分が侵入し、鉄筋腐食が容易に発生・進行する。

■ひび割れが少ないコンクリート構造物を構築することが重要である。



EPMA:コンクリート面の塩分分布を分析する方法
※ひび割れに沿って塩分が侵入している。

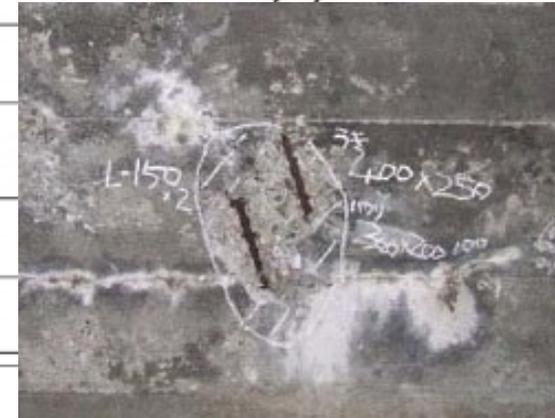
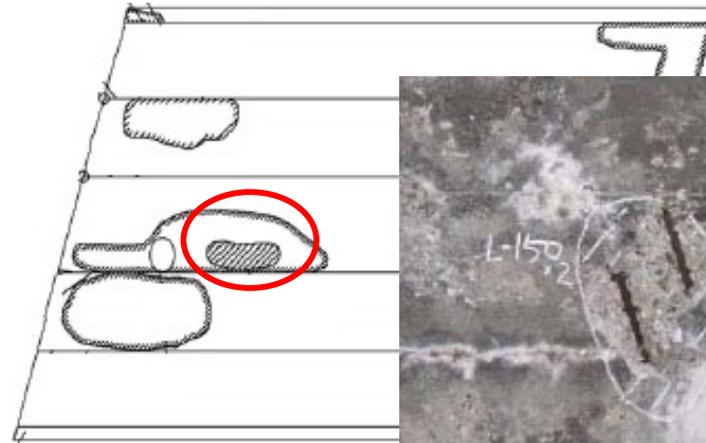
EPMA分析結果
〔 青色: 塩分少ない 〕
〔 白緑: 塩分が多い 〕

2.4 初期欠陥の例(中国地整管内)

- 新設コンクリート構造物に初期欠陥が見られる場合がある
- 初期欠陥を放置すると劣化が進行しやすい(耐久性が低下する)



橋台のひび割れ



かぶり厚不足による剥離・鉄筋露出



充填不良による表面気泡

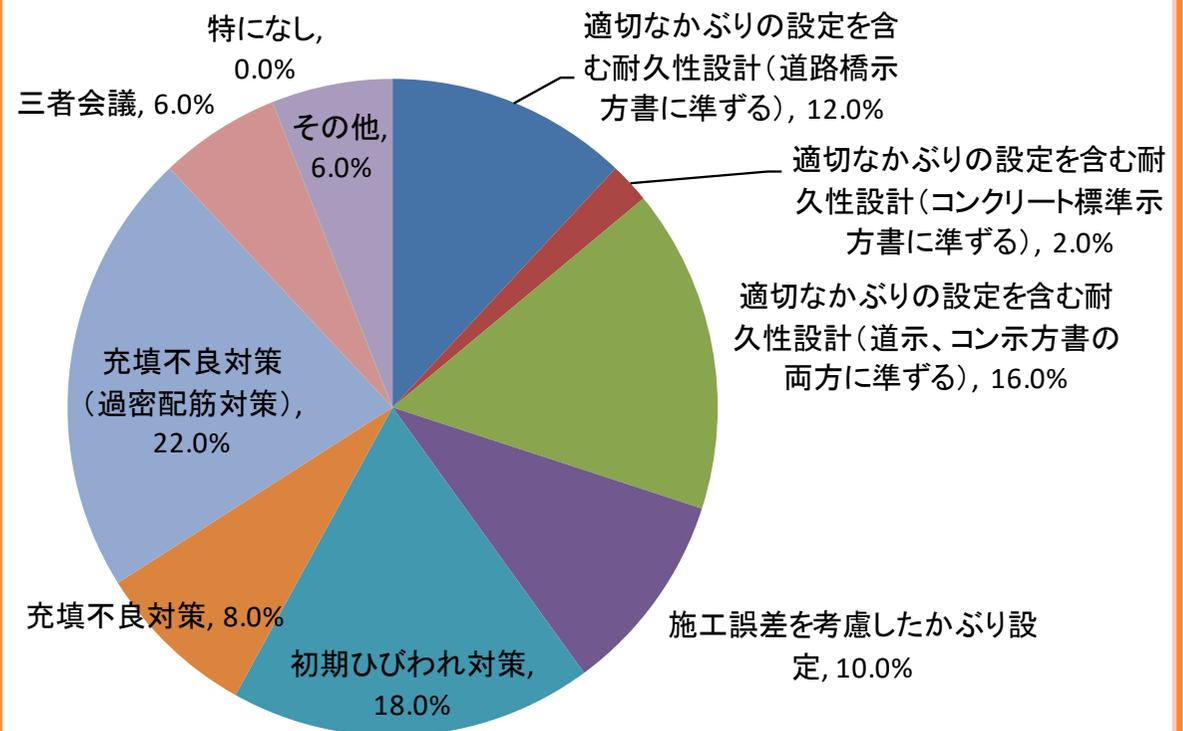


参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

【設計】

・設計段階において、新設コンクリートの品質向上のためには「ひび割れ抑制対策」、「適切なかぶり厚の設定」、「過密配筋対策」が重要

質問 26:設計段階で、新設コンクリートの品質向上に寄与する有効な項目は、どれだと考えますか？(複数回答可)



設計における品質向上の重要事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

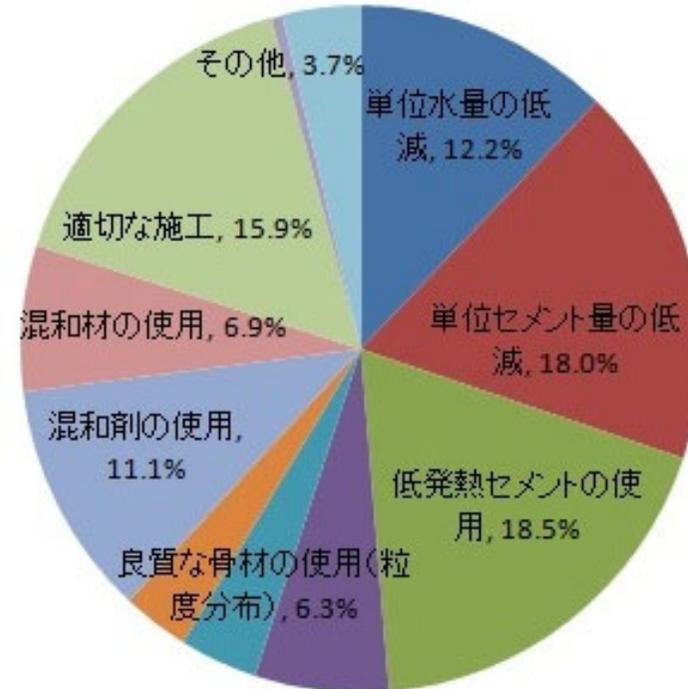
・「3.ひび割れ抑制対策」と「4. かぶり厚確保」、「5.1過密配筋対策」の手引き(案)を作成

参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

【材料】

・温度ひび割れ低減(ひび割れ抑制対策)には「低発熱セメント使用」、「単位セメント量減」、「単位水量減」が重要

質問 14:温度ひび割れを減らすために何が有効だと思いますか？(複数回答可)



材料における温度ひび割れ低減対策で重要と思われる事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

・「3.ひび割れ抑制対策」の手引き(案)を作成し、「単位水量低減」、「単位セメント量低減」、「低発熱型セメント使用」の観点を中心にとりまとめ

参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

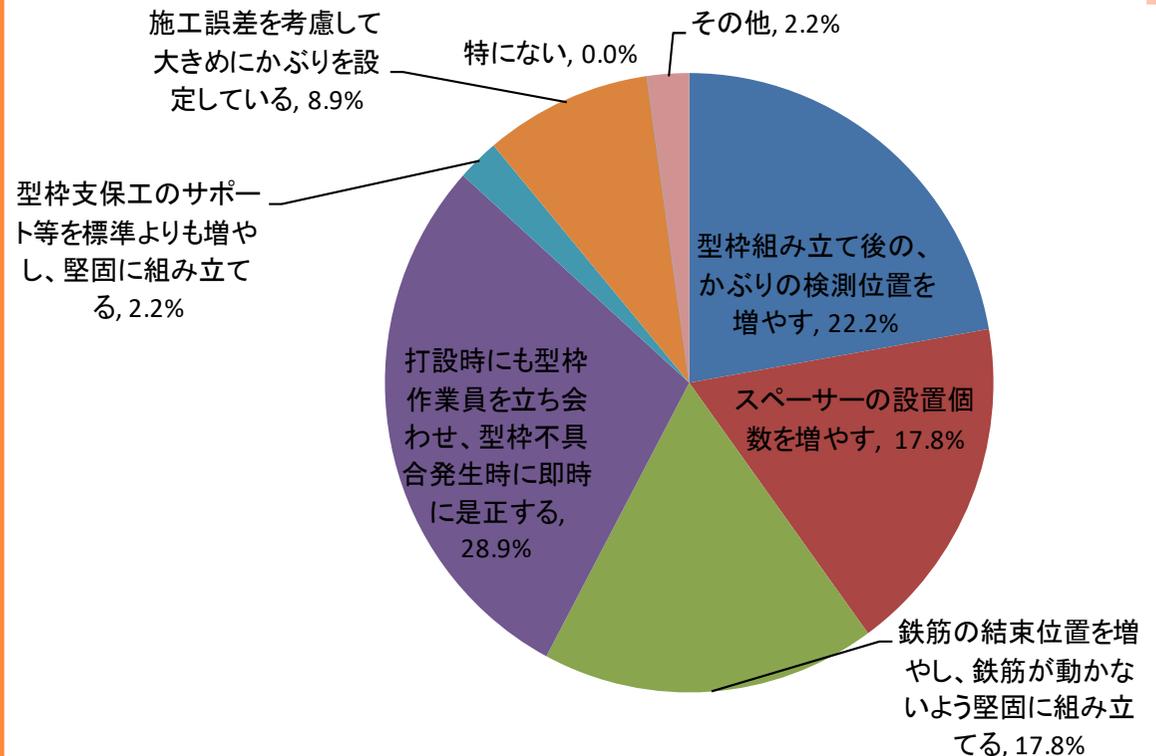
【施工－1】

・かぶり厚確保対策は「型枠不具合防止」、「検測増」、「スペーサー増」、「結束増」が重要

・ひび割れ抑制対策は「温度応力解析」、「膨張材」、「適切な養生」、「誘発目地」が重要

・コンクリートの密実性(充填不良対策)を高めるためには「細径バイブ」、「適切な締固め」、「適切な養生」、「再振動」が重要

質問 8:新設コンクリート構造物の鉄筋のかぶりを確保するために、現場で取り組んでいることはありますか？



施工におけるかぶり厚確保の重要事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

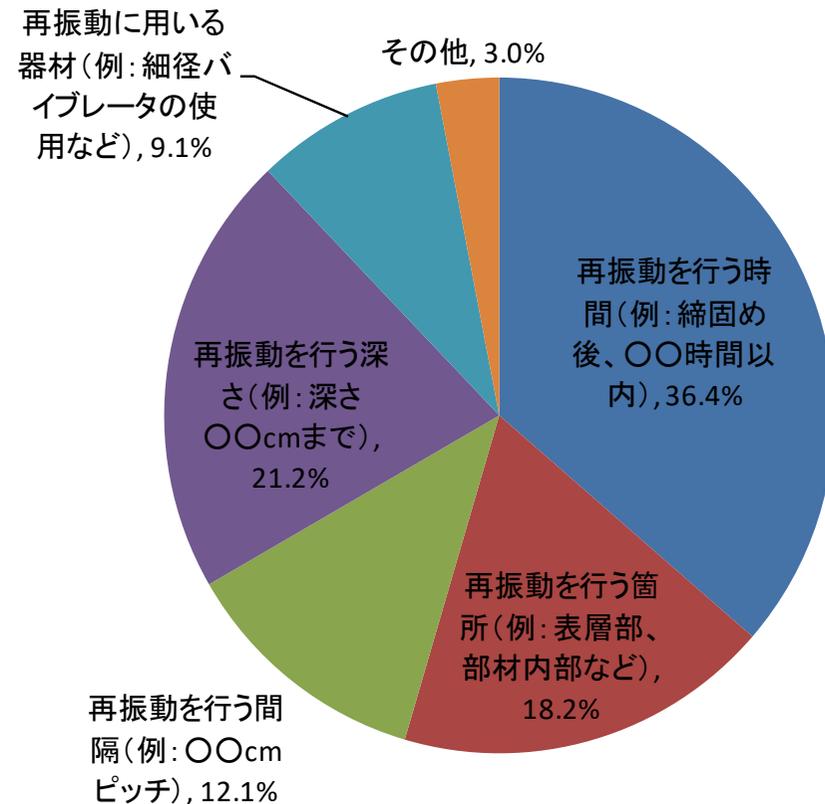
・かぶり厚確保対策、ひび割れ抑制対策、充填不良対策の重要性の回答に対する手引き(案)の作成

参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

【施工－2】

- ・再振動の必要性は大きい
- ・技術的な不明点は「開始時間」、「深さ」、「箇所」、「間隔」

質問 13:再振動が実施された場合、記載されるのが望ましいと考える項目は何ですか？



再振動実施時の重要事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

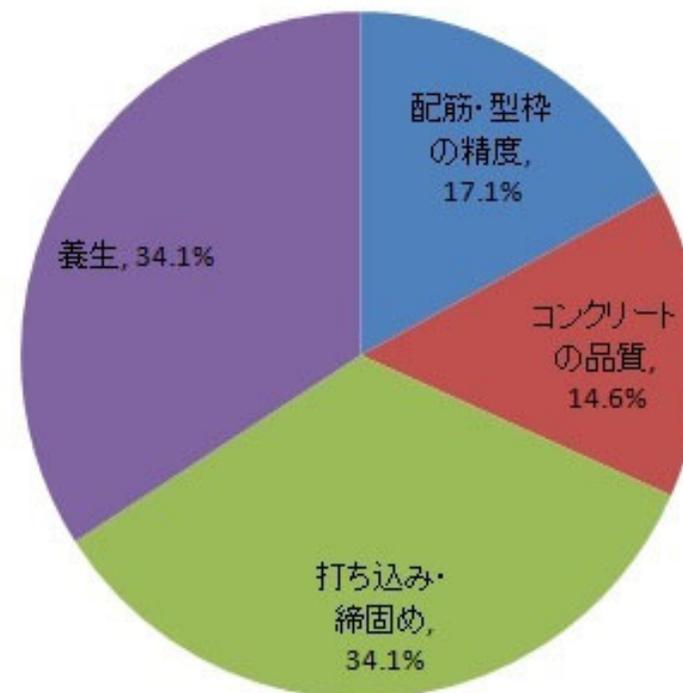
- ・「12.再振動」の手引き(案)を作成し、再振動実施時期の目安を提示

参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

【施工(監督・検査)】

- ・監督・検査の重要事項は「配筋・型枠の精度(かぶり厚確保)」「打ち込み・締固め(充填不良対策)」「養生(ひび割れ抑制対策)」
- ・コンクリートの品質向上対策としては「三者協議(連携の重要性)」、「不具合原因究明」、「使用材料変更」、「施工方法変更」が重要

質問 6: 施工中の監督・検査で最も大切な事項は何であると思いますか？



監督・検査における重要事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

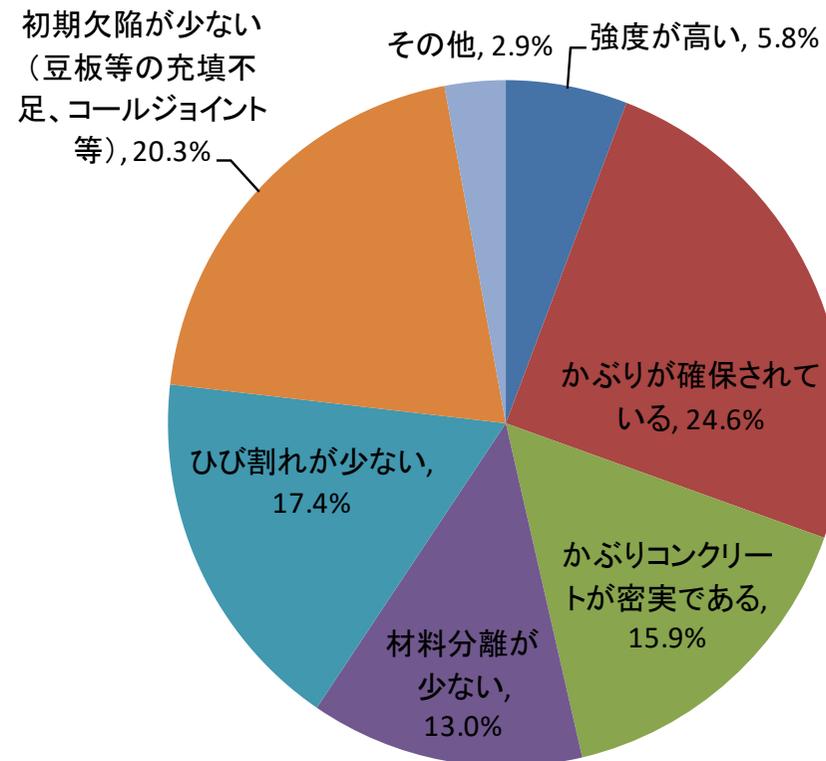
- ・「4.コンクリート工の検査」、「5.鉄筋工の検査」、「6.型枠工支保工および構造物の検査」、「7.表面状態の検査」の手引き(案)を作成

参考資料3 各建設プロセスの課題について (アンケート結果等)

【維持管理(巡回・巡視)】

- ・初期欠陥で耐久性への影響が大きい事項は「ひび割れ」、「かぶり厚不足」、「豆板」、「コールドジョイント」
- ・コンクリート構造物構築で「ひび割れ抑制」、「かぶり厚確保」、「充填不良抑制」、「かぶりコンクリートの密実性」が重要
- ・品質確保では「示方書の遵守」、「確実な検査」、「高品質・高耐久材料の使用」が重要

長寿命化を図るために新設コンクリート構造物に求められるものは何ですか？



長寿命化を図るための重要事項の割合

■アンケート結果の手引き(案)への反映

- ・初期欠陥を防止することが重要であり、維持管理(定期巡回、目的別巡視)において初期欠陥の発見・措置が必要であることを提示

参考資料3 各建設プロセスの課題について (コンクリート標準示方書[基本原則編])

【各建設プロセスの連携の課題と重要性】

■ 示方書が分冊になり、コンクリート構造物の計画、設計、施工、維持管理に至る一連の工程を見通した技術的判断が、示方書から読み取り難くなる状況がある。

■ 構造物の性能を確保する上で、各段階における情報伝達を確実に
行いながら連携して作業を進めることが重要である。

※コンクリート標準示方書[基本原則編]

2章コンクリート標準示方書の体系と各編の連携より

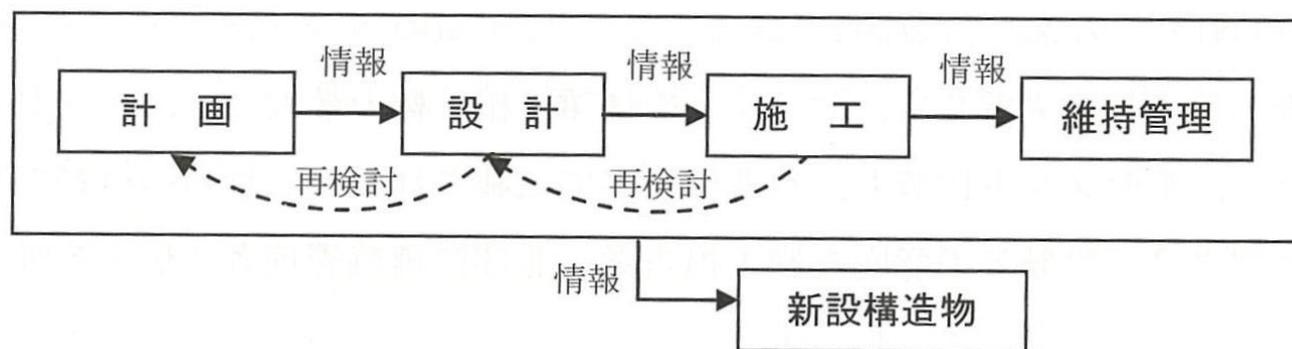


図 コンクリート標準示方書[基本原則編]
各段階間での情報の流れ