

<技術紹介>

①コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル

②低炭素型セメント結合材を用いた
コンクリート構造物の設計・施工ガイドライン

国立研究開発法人 土木研究所
先端材料資源研究センター
古賀裕久

コンクリート構造物の 補修対策施工マニュアル

概要

- ✓ コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル（案）
土木研究所資料No.4343，2016年8月
- ✓ コンクリート構造物の
補修方針の決定～工法の選定
- ✓ 表面被覆・含浸工法，
断面修復工法，
ひび割れ修復工法について，
材料・工法の選定や施工上の留意点
- ✓ 補修の不具合事例に学ぶ



マニュアル（案）の構成

2.

共通編

- ✓ コンクリート構造物の補修方針の決定～工法の選定

3.

表面被覆・含浸工法編

断面修復工法編

ひび割れ修復工法編

- ✓ 材料・工法の選定や施工上の留意点

1.

不具合事例集

- ✓ 補修の不具合事例に学ぶ



補修後の不具合事例

①劣化状況の判断(調査時など)に関する不具合

道路橋コンクリート床版

◇ 架設年次:1970年代

◇ 補修年次:1990年代

◇ 補修目的:塩害対策

◇ 補修方法:断面修復

＋表面被覆

(ポリマーセメントモルタル＋塗装)

◆ 再劣化状況:

・表面被覆の剥がれ、錆汁

◆ 再劣化の主な原因:

・塩分の除去不足、表面被覆による塩分の閉じ込め→塩害劣化

・被覆材の損傷後に海水の浸入など



補修後の不具合事例

② 材料選定(設計時など)に関する不具合

河川コンクリート堰堤

- ◇ 建設年次: 1960年代
- ◇ 補修年次: 1980年代
- ◇ 補修目的: 凍害対策
- ◇ 補修方法: 吹付けモルタル
- ◆ 再劣化状況:
 - ・表面に多数のひび割れ
 - ・モルタルの土砂化
- ◆ 再劣化の主な原因:
 - ・耐凍害性に劣る材料の使用
 - 凍害劣化



不具合事例に学ぶ



③工事管理
(塗装面の結露の影響)

補修を成功させるためには・・・

- ①劣化状況の判断
- ②材料・工法の選定
- ③工事管理

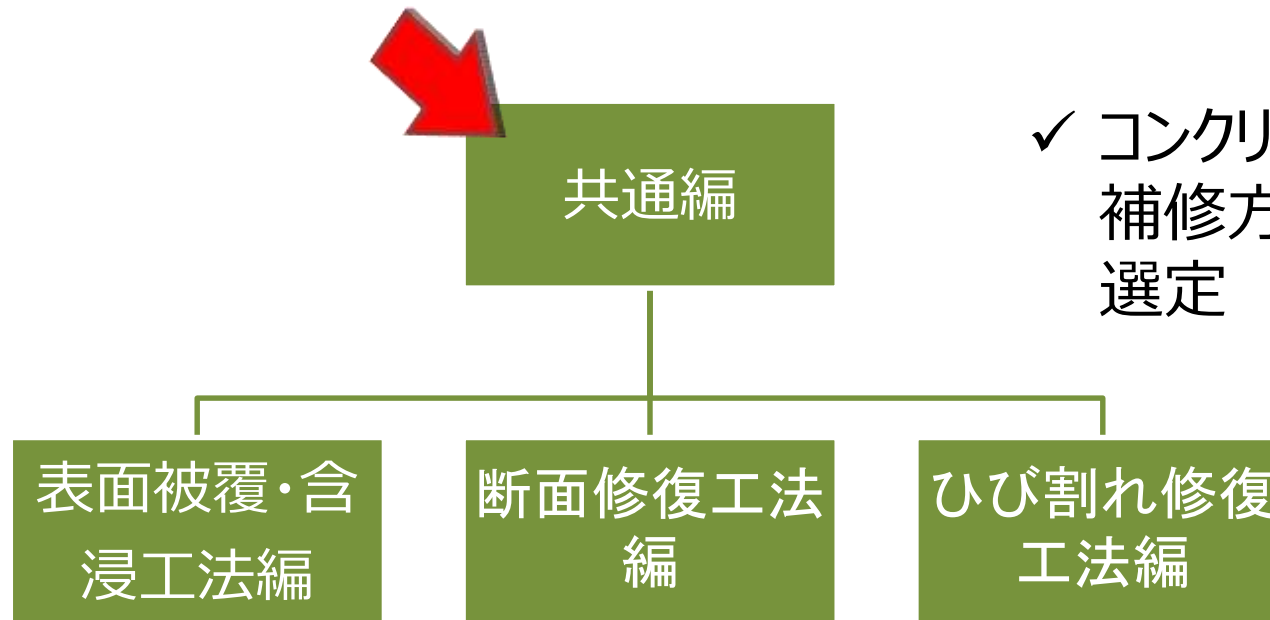
における

判断ミス、選定ミス、管理ミスをなくす。

コンクリート構造物の補修方針
の決定～工法の選定(共通編)

材料・工法の選定や施工上の
留意点(工法別編)

マニュアル（案）の構成



✓ コンクリート構造物の補修方針の決定～工法の選定


不具合事例集

共通編 補修方針の選定→補修工法の選定

<従来？>

- 既往の実績のみで工法を選定
 - 類似事例で塩害に対する補修として断面修復工法を適用した。
- スペック表で材料を選定
 - AはBよりも強度が10%高いのでAを選定。
 - AはBよりも塩化物イオンの拡散係数が20%小さいのでAを選定。

<望ましい姿>

- 補修方針を決めて工法を選定
 - 塩害で鉄筋が腐食しているので、塩分量の多いコンクリートを除去しよう。
- 
- 塩分の侵入は除去できる範囲に止まっているか？
 - 修復に用いる補修材に強度的性質はどの程度必要か？
 - 修復したあとの再劣化対策はどうか？

共通編 補修方針の分類

- コンクリート 構造物の維持管理と補修
ISO 16311 Maintenance and repair of concrete structures
- 補修方針がメカニズムごとに非常に原理的に分類されている

- 1 劣化要因の遮断
 - 2 水分の侵入抑制
 - 3 コンクリートの復元
 - 4 構造的補強
 - 5 表面改質／物理的抵抗性の向上
 - 6 化学的抵抗性の向上
 - 7 不動態皮膜の保護, 復元
 - 8 含水率の増加抑制
 - 9 カソード抑制
 - 10 カソード防食(電気防食)
 - 11 アノード域の制御
- (対策の例)
- 2.1 撥水系表面含浸
 - 2.2 表面含浸
 - 2.3 表面被覆
 - 2.4 外部パネルの設置
 - 2.5 電気化学的処理
-

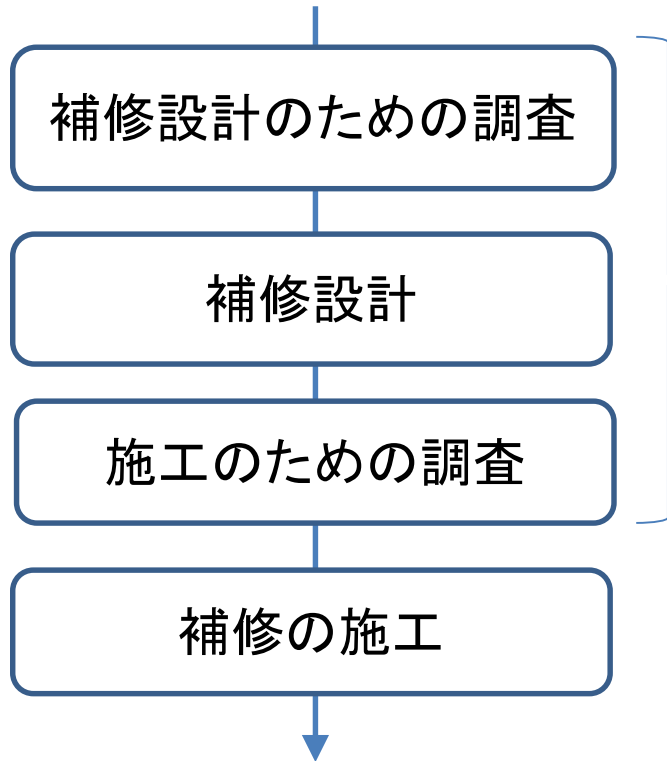
共通編：選定上の留意点

・ どの工法を選択するか？選定上の留意点（塩害の例）

塩 害				
劣化状態	変状なし (塩分量が発錆限界以下)	変状無し (鉄筋腐食が始まる)	ひび割れや浮き、錆汁	耐力値低下が懸念される劣化
水処理	・ 実施が基本	・ 実施が基本	・ 実施が基本	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補修内容は同左、ただし、延命措置と考え、再構築を計画する
表面含浸	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全ての面を覆う必要あり ・ 表面被覆に比べ遮断性は低い ・ 性能に差がある ・ 耐久性の実証データは少ない ・ 表面被覆や断面修復の付着性を阻害する可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左 ・ 既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左 ・ 断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施 	
表面被覆	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全ての面を覆う必要あり ・ 定期的な塗り替えが必要、被覆材が劣化すると滞水が生じ塩分浸透が促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左 ・ 既に内部に入った塩分に対しては効果が無い（内部拡散の可能性） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左 ・ 断面修復工法が行われる場合には、断面修復後に実施 	
断面修復		<ul style="list-style-type: none"> ・ ハツリ規模に対する耐力の照査が必要 ・ 第三者被害が想定される箇所では剥落防止対策が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同左 	

共通編：施工のための調査

- 構造物の現況と補修設計条件の整合を確認することが重要



期間が経過した場合、構造物の劣化が進行する恐れ

注視すべき項目

- ・ひび割れの有無やひび割れ幅
- ・ひび割れからの漏水(漏水跡)、析出物や錆汁の有無
- ・浮き, 剥離, 剥落の発生範囲



- 設計条件と施工条件とが整合しない場合, 補修設計を変更

マニュアル（案）の構成

共通編

表面被覆・含
浸工法編

断面修復工法
編

ひび割れ修復
工法編

- ✓ 材料・工法の選定や
施工上の留意点

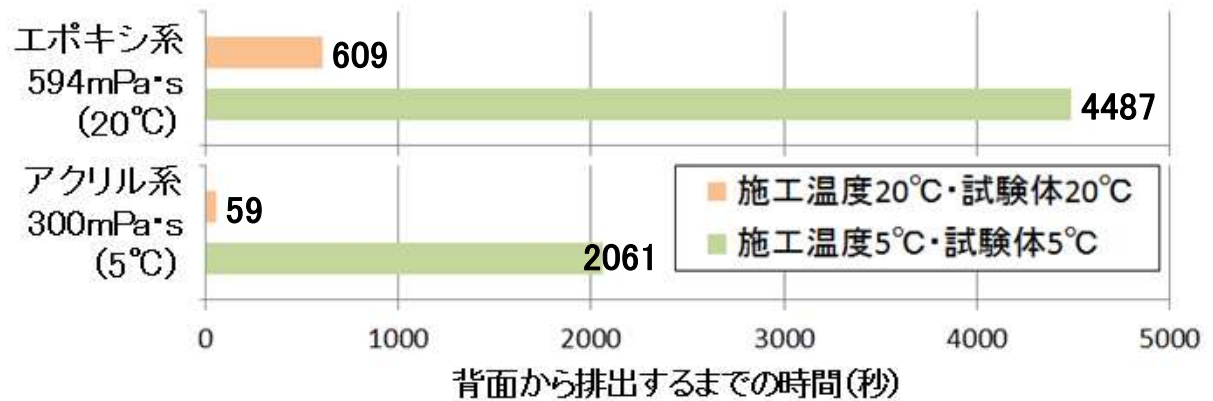
不具合事例集

ひび割れ修復工法 ひび割れ注入材の性質

- ・注入材は施工温度に影響し易い
 - 粘性や硬化時間が温度によって変化する
- ・粘度が低いと注入し易く、粘度が高いと注入し難い
 - 粘度の低い注入材は、ひび割れ幅が広いと流下しやすい
 - 粘度の高い注入材は、ひび割れ幅が狭いと入りにくい



割裂ひび割れを入れた
φ10×20cm円柱供試体に
樹脂系注入材を注入



常温環境と低温環境では、
注入材の粘性と硬化時間が変化するため、
注入完了までの時間が異なる

ひび割れ修復工法 ひび割れ注入材の選定の留意点

現在の材料選定の目安

建設省総プロ(S63)やJIS規格、

ひび割れ幅や深さ	ひび割れ補修指針(JCI)など 低粘度or中粘度or高粘度
挙動の有無	・有機or無機 ・軟質or硬質
施工環境(寒冷)	・冬用 ・低粘度
施工環境(湿潤)	・有機湿潤用or無機
劣化原因	

本マニュアルにおける材料選定の目安の提案

ひび割れ幅や深さ (貫通)	<ul style="list-style-type: none"> ・有機or無機 ・超低粘度or低粘度or中粘度or高粘度
挙動の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・有機or無機 ・軟質or硬質
施工環境(寒冷)	<ul style="list-style-type: none"> ・有機or無機 ・超低粘度or低粘度 ・一般用or冬用
施工環境(湿潤)	<ul style="list-style-type: none"> ・有機or無機 ・一般用or湿潤用
劣化原因	<ul style="list-style-type: none"> ・有機or無機 ・軟質or硬質

これまでの問合せ（補修対策施工マニュアル）

- 発注者，受注者の方
 - 研修等での使用
 - 補修計画の確認（施工方法など）
 - 失敗事例からの学び
 - 使用材料選定の参考

<技術紹介>

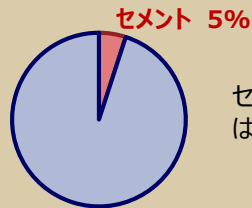
低炭素型セメント結合材を用いた コンクリート構造物の設計・施工ガイドライン

低炭素型セメント結合材の定義

◆ 低炭素型セメント結合材とは

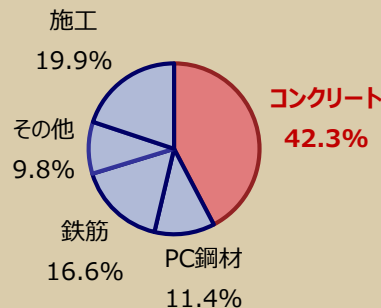
- ✓ 混和材（高炉スラグ微粉末, フライアッシュ等）を従来よりも多量に使用した結合材
- ✓ コンクリートの製造に関連する二酸化炭素の排出量の削減が可能

低炭素型セメント結合材



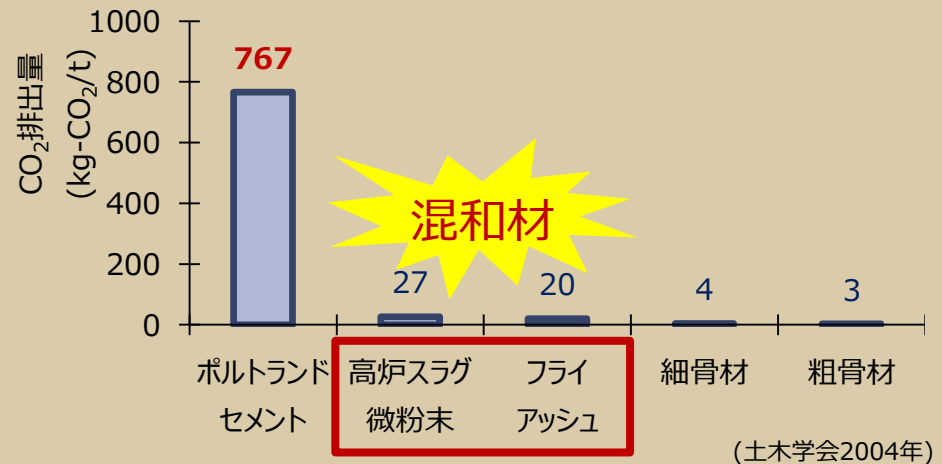
セメント製造時のCO₂排出量は、世界の排出量の約5%

セメント製造部門のCO₂排出量の割合
(IPCC Report 2007年)



材料に起因するCO₂排出量が多い

PC上部工建設時のCO₂排出割合
(コンクリート工学2010年9月号)



各材料の製造時のCO₂排出量

(土木学会2004年)

低炭素型セメント結合材の定義

部材の種類	従来（例）	このマニュアル
・プレストレストコンクリート	早強ポルトランドセメント100% ※主に橋梁上部構造	早強ポルトランドセメントの一部を高炉スラグ微粉末あるいはフライアッシュで置換
・鉄筋コンクリート ・無筋コンクリート	高炉B種セメント（40%強程度） ※橋梁上部構造以外	高炉スラグ微粉末やフライアッシュ等を含めた混和材の置換率を高炉セメントC種の上限值以上（70%以上）

従来のセメント

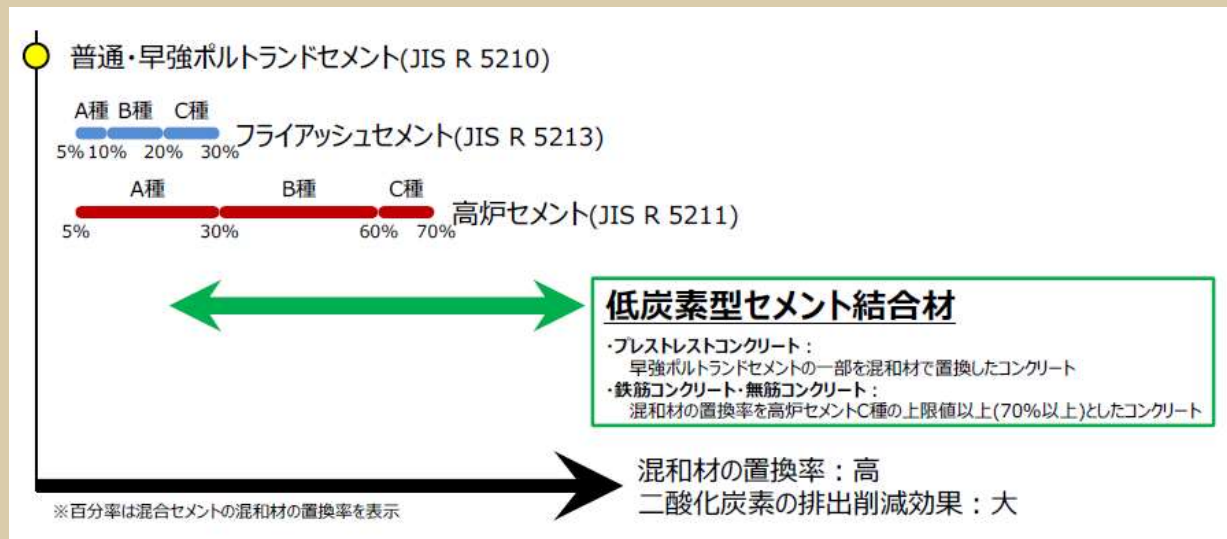
ポルトランドセメント 100%

VS.

低炭素型セメント結合材

ポルトランドセメント

混和材



低炭素型セメント結合材の特長（耐久性向上）

◆ コンクリートの品質向上

- ✓ 塩分浸透に対する抵抗性が向上
- ✓ 配合により，アルカリ骨材反応の抑制，長期強度増進効果，水和熱抑制なども期待できる

暴露試験による検証



新潟

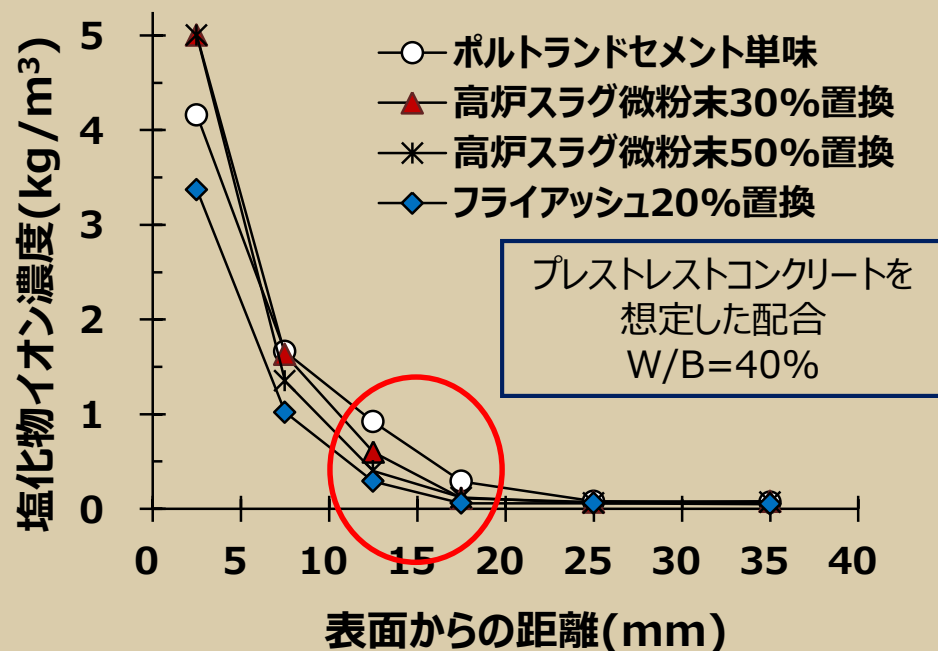


沖縄



つくば(屋外)

塩化物イオン浸透量の例



ガイドライン検討の意図

◆ 既往の規・基準の多くは、従来から用いられている材料を前提に種々の規定

- ✓ 今後は、性能規定化の方向性
- ✓ 従来品と異なるコンクリートの提案可能性

- ・混和材を高含有したコンクリート
- ・普通セメント以外のセメントと混和材を組み合わせたコンクリート
- ・3種類以上の混和材を同時に用いたコンクリート

- ✓ どのような検討で従来からの規定を適用可能と見なせるか？
- ✓ 意図せぬ品質低下を招かないための注意点
(中性化抵抗性, 初期強度, 養生期間延長, etc.)

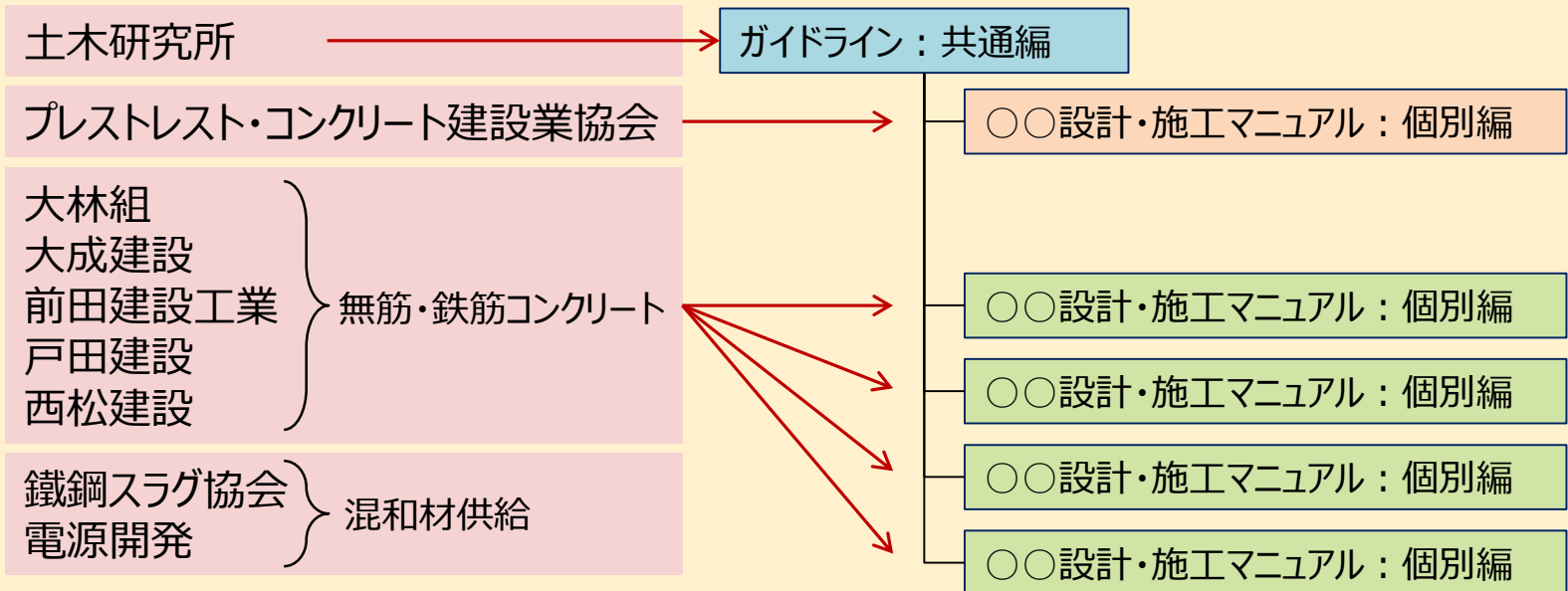
共同研究

低炭素型セメント結合材の利用技術の開発に関する共同研究

目的: 低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン(案) および、個別の構造や配合に特化した設計・施工マニュアル(案)の提案

期間: 2011年度～2015年度 (5年間)

参加機関:



ガイドラインとマニュアルの構成

共同研究報告書 第471号 (全9機関)

低炭素型セメント結合材を用いたコンクリート構造物の設計・施工ガイドライン (案)

→ **共通編：低炭素型セメントを用いたコンクリート構造物の設計及び施工の原則を規定**

共同研究報告書 第472号 (土研+PC建協)

混和材を用いたプレストレストコンクリート橋の設計・施工マニュアル (案)

早強セメントの一部を混和材で置換したコンクリートを用いたプレストレストコンクリート橋の設計施工方法

共同研究報告書 第473号 (土研+大林組)

混和材を高含有した低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル (案)

セメントの70~90%を1~4種類の混和材で置換した低炭素型のコンクリートの設計施工方法

共同研究報告書 第474号 (土研+大成建設+前田建設工業)

多成分からなる結合材を用いた低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル (案)

セメントの75%あるいは90%を2~3種類の混和材で置換した低炭素型のコンクリートの設計施工方法

共同研究報告書 第475号 (土研+戸田建設+西松建設)

高炉スラグ微粉末を高含有した低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル (案)

セメントの70~90%を高炉スラグ微粉末で置換した低炭素型のコンクリートの設計施工方法

共同研究報告書 第476号 (土研+大成建設)

高炉スラグ微粉末を結合材とした低炭素型のコンクリートの設計・施工マニュアル (案)

セメントの使用量を“ゼロ”として高炉スラグ微粉末と刺激材を用いた低炭素型のコンクリートの設計施工方法

→ **個別編：構造物の種別や配合ごとに5種類の低炭素型のコンクリートの設計及び施工の方法を規定**

共同研究報告書 第487号 (土研+電源開発)

フライアッシュコンクリートの基本的性状に関する検討

フライアッシュコンクリートの基本的性状について、実験を行って検討した結果

品質において特に着目した事項

ワーカビリティ

- ・フレッシュコンクリートの特性, 経時変化に対する配慮

強度

- ・湿潤養生期間の影響, 温度の影響

クリープ・収縮

- ・プレストレストコンクリートへの適用

耐久性

- ・中性化に対する抵抗性
- ・塩化物イオン浸透に対する抵抗性
- ・凍結融解に対する抵抗性
- ・化学的侵食, アルカリシリカ反応, 長期的な安定性

ひび割れ抵抗性

- ・若材齢時の温度変化, 自己収縮ひずみに起因するひび割れ

環境負荷低減効果

- ・二酸化炭素排出削減効果

検討例：クリープ

プレストレストコンクリートを
想定した検討の例

持続荷重試験

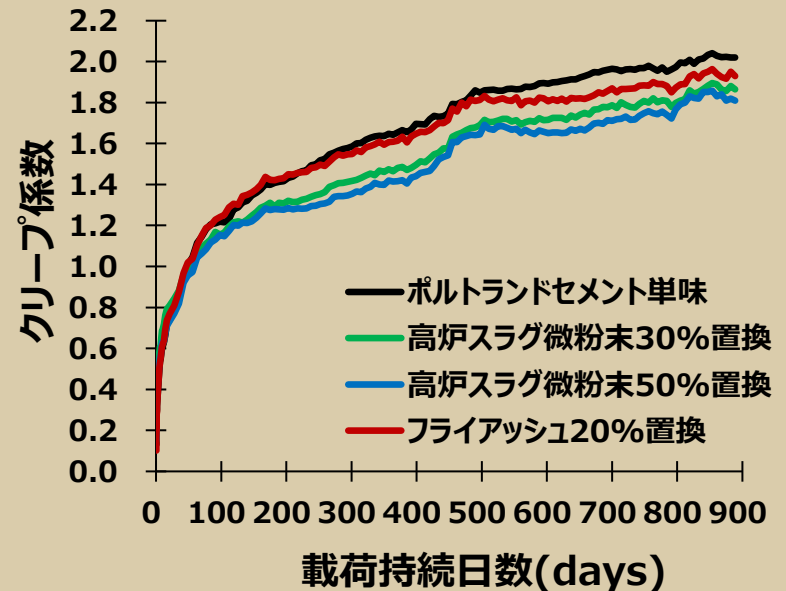


荷重開始材齢: 3, 7, 28, 365日
荷重荷重: $0.2 f'_c$ (荷重開始材齢3日)
 $0.3 f'_c$ (荷重開始材齢7, 28, 365日)
W/B: 40% (ポルトランドセメント単味)
35% (混和材使用)
※材齢3日の圧縮強度を同等とするためW/Bを調整

荷重開始材齢3日のクリープ係数

$$\varphi = \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_{sh} - \varepsilon_i}{\sigma_c E_{28}}$$

圧縮力を荷重した供試体のひずみ
同形状・同条件で製作した圧縮力を荷重していない供試体の収縮ひずみ
荷重時の弾性ひずみ
材齢28日まで水中養生した円柱供試体の静弾性係数
圧縮応力度



ガイドライン, マニュアルの入手

- 土木研究所先端材料資源研究センター (iMaRRC) の ホームページからダウンロードできます。
 - Topページ
 - iMaRRCの活動
 - 近年の主な研究成果
 - <https://www.pwri.go.jp/team/imarrc/activity/tech-info.html>

