

1

# 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  
中村英佑

2

## 低炭素型セメント結合材とは？

- 低炭素型セメント結合材**
  - 混和材を従来よりも多量に使用した結合材
  - 混和材 = 高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、など

従来のコンクリートの例  
ポルトランドセメント 100%

VS.

低炭素型セメント結合材  
(= 混和材を多量に用いたコンクリート)

ポルトランドセメント 混和材  
(高炉スラグ微粉末、フライアッシュ)

- 特長**
  - 環境負荷の低減：
    - 二酸化炭素排出量の削減、副産物の有効利用、など
  - コンクリートの品質向上：
    - 塩分浸透抑制、アルカリシリカ反応抑制、長期強度発現、温度上昇量低減など

3

## ガイドラインとは？

### “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を用いた  
コンクリート構造物の設計と施工の原則、  
配慮することが望ましい事項を提示
- 9機関で共同研究を実施
  - 国立研究開発法人土木研究所
  - 一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会
  - 株式会社大林組
  - 大成建設株式会社
  - 前田建設工業株式会社
  - 戸田建設株式会社
  - 西松建設株式会社
  - 鉄鋼スラグ協会
  - 電源開発株式会社 (※平成23～27年度)
- 共同研究報告書として  
平成28年1月に発刊済み
  - 土木研究所のホームページからダウンロード可能

4

## ガイドライン発刊の背景(1/3)

コンクリートに用いる材料の製造時に発生する二酸化炭素排出量の削減

- 材料起源の二酸化炭素排出量の削減
- 副産物の活用による廃棄物の削減

材料製造時の二酸化炭素排出量 (t-CO<sub>2</sub>/t)

材料	CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /t)
ポルトランドセメント	26.5
高炉スラグ微粉末	19.6
フライアッシュ	3.7
珪砂	2.9

プレストレストコンクリート構造物の建設時の二酸化炭素排出量

材料	割合 (%)
コンクリート	42.3%
鉄筋	16.6%
その他	9.8%
PC材料	11.4%

出典：土木学会、コンクリート構造物の環境負荷低減への取組み

コンクリートの高耐久化と構造物の長寿命化

- 塩分浸透の抑制
- アルカリシリカ反応の抑制

塩分浸透による鋼材腐食

アルカリシリカ反応によるひび割れ

建設後50年以上経過する道路橋の割合の推移

年	割合 (%)
2013年	約18%
2023年	約24%
2033年	約27%

出典：国土交通省2015

コンクリート構造物の長寿命化に貢献

5

## ガイドライン発刊の背景(2/3)

### 1990年以降の日本の二酸化炭素排出量

日本の二酸化炭素排出量 (t-CO<sub>2</sub>)

京都議定書の目標排出量  
日本の約束草案の目標排出量 (2013年度比-26%)

日本の約束草案

- 2020年以降の新たな温室効果ガス排出削減目標 (2015年決定)
  - 2030年度に2013年度比で **-26%**
- 技術的制約やコスト面の課題を考慮した裏付けのある対策や技術の積上げを根拠
  - 非エネルギー起源の対策として“**混合セメントの利用拡大**”を明記

※混合セメント：高炉スラグ微粉末やフライアッシュなど混和材を混合したセメント

6

## ガイドライン発刊の背景(3/3)

### 規・基準類での混和材を多量に用いたコンクリートの取扱い

- 混和材はJISに適合するもの使用が認められている。

しかし、

- 橋梁の上部構造では、クリープや乾燥収縮などの設計値が明確でなく、原則として、混合セメントの使用が認められていない。
- 耐久性や強度などの品質や設計時の留意点が明確ではない。
- 養生期間などの施工方法や施工時の留意点が明確ではない。

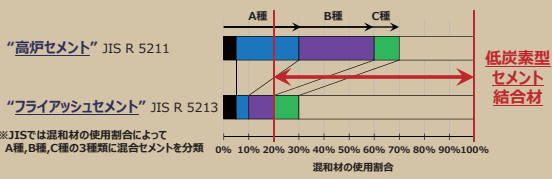
既存の規・基準類には、  
混和材の種類や使用量を限定する記載はないが、  
設計・施工の方法や留意点が十分には明確にされておらず、  
混和材を多量に用いたコンクリートの使用実績は少ない。

混和材を多量に用いたコンクリートを実用化していくために  
(= “安心して積極的に活用していく”ために)  
設計・施工の方法をとりまとめたガイドラインが必要とされていた。

## ガイドラインの対象

従来のコンクリートとガイドラインで対象とするコンクリートの比較

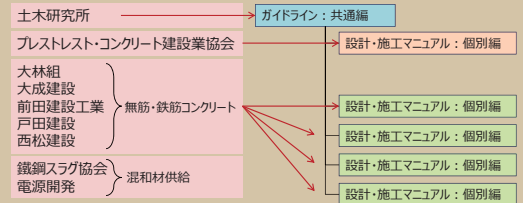
構造物の種別	従来 (例)	ガイドラインの対象
・プレストレストコンクリート	・早強セメント100% ※主に橋梁の上部構造	早強セメントの一部を高炉スラグ微粉末あるいはフライアッシュで置換 ※高炉スラグ微粉末30～50%, フライアッシュ20%
・鉄筋コンクリート ・無筋コンクリート	・普通セメント100% ・高炉セメントB種 (高炉スラグ微粉末45%程度) ※主に上部構造以外	高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどを含めた 混和材の置換率を高炉セメントC種の上限值 である70%以上に



## 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・施工ガイドライン及び、構造物の種別や個別の配合に特化した設計・施工マニュアルの提案
- \* 期間: 2011年度～2015年度 (5年間)
- \* 参加機関:



- \* ガイドライン・マニュアル:  
共研報告書471～476号として平成28年1月に発行  
土木研究所のホームページからPDFファイルをダウンロード可

## 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 (土木研究所+プレストレスト・コンクリート建設業協会)  
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 (土木研究所+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 (土木研究所+大成建設+前田建設工業)  
多成分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 (土木研究所+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 (土木研究所+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

## ガイドラインの目次構成

- \* 低炭素型セメント結合材を用いたコンクリートの品質, 設計と施工の原則, 配慮することが望ましい事項, 実験と解析の結果について, 全9章と付録資料として提示

- 1章 総則
- 2章 低炭素型セメント結合材を用いたコンクリートの品質
- 3章 材料
- 4章 配合
- 5章 設計
- 6章 製造及び施工
- 7章 品質管理
- 8章 検査
- 9章 記録

付録資料 (実験と解析の結果)

→マニュアルでは, ガイドラインと同様の目次構成で, 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

## 検討において特に着目した事項

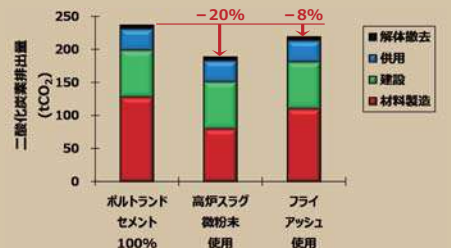
- \* **ワーカビリティ**
  - ・フレッシュコンクリートの特性, 経時変化に対する配慮
- \* **強度**
  - ・養生期間の影響, 温度の影響
- \* **耐久性**
  - ・中性化に対する抵抗性
  - ・塩化物イオン浸透に対する抵抗性
  - ・凍結融解に対する抵抗性
  - ・化学的侵食, アルカリシリカ反応, 長期的な安定性
- \* **クリープ・収縮**
  - ・プレストレストコンクリートへの適用
- \* **ひび割れ抵抗性**
  - ・若材齢の温度変化と自己収縮ひび割れに起因するひび割れ
- \* **環境負荷低減効果**
  - ・二酸化炭素排出削減効果の定量評価

## 検討例1: 二酸化炭素排出削減効果

- \* 二酸化炭素排出削減効果の定量化
  - ・構造物のライフサイクルで発生する二酸化炭素排出量を積み上げて定量化

上部構造	下部構造	舗装
プレテンション方式PC単純T桁橋 橋長20m	橋接基礎 橋脚高10m	10年に1回表面切替オーバーレイ 全層打ち替えを交互に実施

ライフサイクルをとおした二酸化炭素排出量



## 検討例2：耐久性（塩分浸透抑制）

13



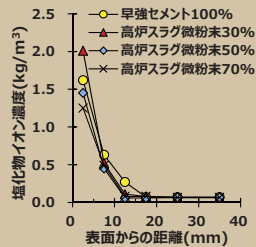
### \* 耐久性の検証

・混和材の使用による塩分浸透抑制効果を暴露試験によって検証



沖縄県の沿岸部で暴露試験を実施

暴露4年後の塩化物イオン濃度分布



※フライアッシュを用いたコンクリートでも同様の傾向を確認  
※新築の暴露試験でも同様の傾向を確認

## 検討例3：クリープ・収縮

14



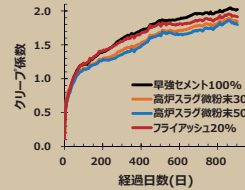
### \* クリープ・収縮特性の把握

・混和材を用いたコンクリートのクリープ・収縮特性を室内試験によって把握

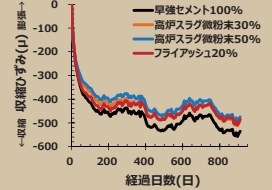


プレストレス導入時を想定して  
材齢3日に載荷あるいは乾燥を開始し  
3年間のクリープ・収縮試験を実施

クリープ係数



収縮ひずみ



## ガイドラインの入手方法

15



### \* 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>

