

流動性の高いコンクリートの 活用効果

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

内容

- コンクリート分野の生産性向上施策の一つである
「流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン」
の紹介
- 締固めを必要とする高流動コンクリートの紹介
- 配筋が密な壁状供試体の施工試験
施工の不具合が発生するリスクの低減について
- PCセグメント桁の施工試験
省力化，省人化について

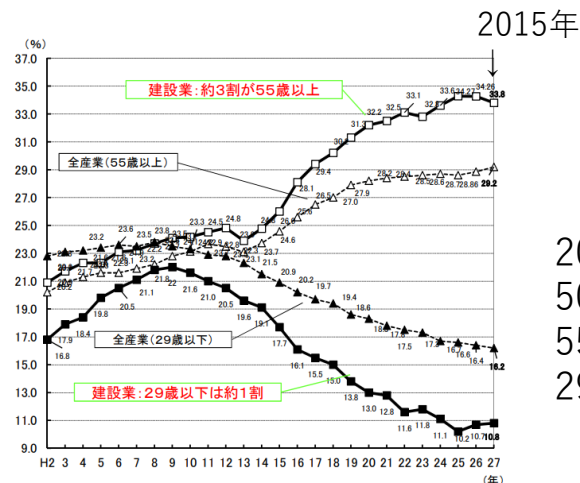
流動性を高めた 現場打ちコンク リートの活用に 関するガイドラ インについて

i-Construction

国土交通省では、2016年度より、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組、**i-Construction**を推進

i-Constructionの3つの柱

- ICTの全面的な活用
- 規格の標準化
- 施工時期の平準化



建設業

2015年	→2025年
500万人	→478万人
55歳以上が34%	→37%
29歳以下は11%	→12%

建設就業者の高齢化の進行

出典：国土交通省、i-Construction～建設現場の生産性革命～
<https://www.mlit.go.jp/common/001137123.pdf>

建設技能者数に対する外国人建設技能者比率
2015年は0.6% → 2024年は4.9% (約15万人)

出典：国土交通省、外国人建設技能者の現状と育成就労制度について
https://www.mlit.go.jp/tochi_fudousan_kensetsugyo/content/001900178.pdf

コンクリート分野の生産性向上に向けた取組の例

コンクリート工は、過去からの生産性向上が少ない分野であり、課題解決に向け種々の取組を開始

規格の標準化・要素技術の一般化

- 流動性を高めたコンクリート
- 機械式鉄筋定着工法，機械式鉄筋継手工法
- プレキャスト製品の大型構造物への適用

全体最適

- 生産性向上に資する技術・工法の導入を促す
入札・契約方式の検討
- VFMによる工法比較

サプライチェーンマネジメント

- 生コン情報の電子化
- 品質管理・検査手法の省力化

現場打ちコンクリートに関する取組

従来（i-Construction検討以前）

- 一般的な構造物では，慣例的にスランプ8cmのコンクリートを使用

課題

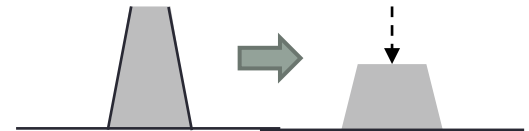
- 従来のコンクリートでは施工が困難な場合が増加
- （例）耐震設計の変化により，鉄筋量が増加
- （例）既存の構造物に隣接し作業に制約

技術の変化

- 材料の進化により品質を損なうことなく，従来より流動性の高いコンクリートを製造可能

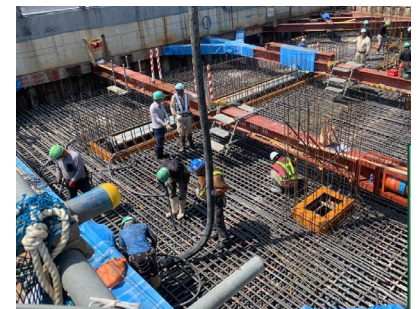
流動性を高めた現場打ちコンクリートに関するガイドライン

- 2017年3月作成
- 委員長 橋本親典徳島大学教授（当時）



当初高さ30cmからの下がり量
または広がり測定

スランプ（フロー）試験



現場打ちコンクリートの
施工現場（例）

流動性を高めた現場打ちコンクリートに関するガイドライン

目次

1. 概要
2. コンクリートの流動性の選定
3. 施工時における品質確認上の留意点
4. 高流動コンクリートの選定と留意点



- (1) コンクリートの流動性はスランプ（スランプフロー）を指標とし、打込みの最小スランプを考慮して**施工者が適切に選定**する。
- (2) 使用する**コンクリートの流動性を定める際には、**構造物の種類、部材の種類と大きさ、鋼材量や配筋条件、コンクリートの運搬、打込み、締固め等の作業条件を**適切に考慮するものとする。**

これまでの実績から、**目標スランプを12cm**とすると、ほとんどの現場において**必要な施工性を確保できる**と期待される。

- (1) 使用するコンクリートの目標スランプが 12cm の場合は、単位水量、単位セメント量、水セメント比を配合計画書により確認する。
- (2) 使用するコンクリートの目標スランプが 12cm を超える場合には、(1)に加え、試し練りを行い材料分離抵抗性を確認する。

すべての施工者が適切に流動性の高いコンクリートを選定できるとは限らないので、留意点も解説に詳述

流動性を高めた現場打ちコンクリートに関する ガイドラインの普及

時期	状況、施策等
2017年3月	ガイドライン策定
2019年度調査	スランプ12cm以上の採用率は、施工段階で約4割
2025年度調査	大部分の現場でスランプ12cm 柔軟にスランプを変更することまでは浸透していない
2026年4月	特記仕様書では「スランプ〇〇cm」のように指定しない 積算根拠を明確にするため、積算上のスランプを参考値として提示

流動性を高めた現場打ちコンクリートに関するガイドライン

目次

1. 概要
2. コンクリートの流動性の選定
3. 施工時における品質確認上の留意点
4. 高流動コンクリートの選定と留意点

- (1) コンクリートの流動性を定める際、鋼材量や配筋等の構造条件と打込み、締固め等の作業条件から、**コンクリートに特別な流動性能が必要と判断された場合、あるいは使用することにより現場打ちコンクリート工事の生産性が著しく向上すると判断された場合**には、高流動コンクリートを選定してよい。
- (2) 使用するコンクリートとして高流動コンクリートを選定する場合、試し練りを行い流動性、材料分離抵抗性、自己充填性を確認する。

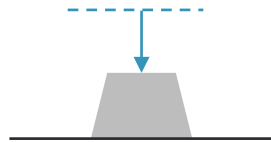
高流動コンクリートについては、原則的な考え方は示されているものの、**具体例までは提示できていなかった。**

高流動コンクリートの種類・特徴

高流動コンクリートとは

従来のコンクリート

スランプで評価



約 8 cm
過去, 土木用
として一般的



約12cm
現在, 土木用
として一般的



約18cm

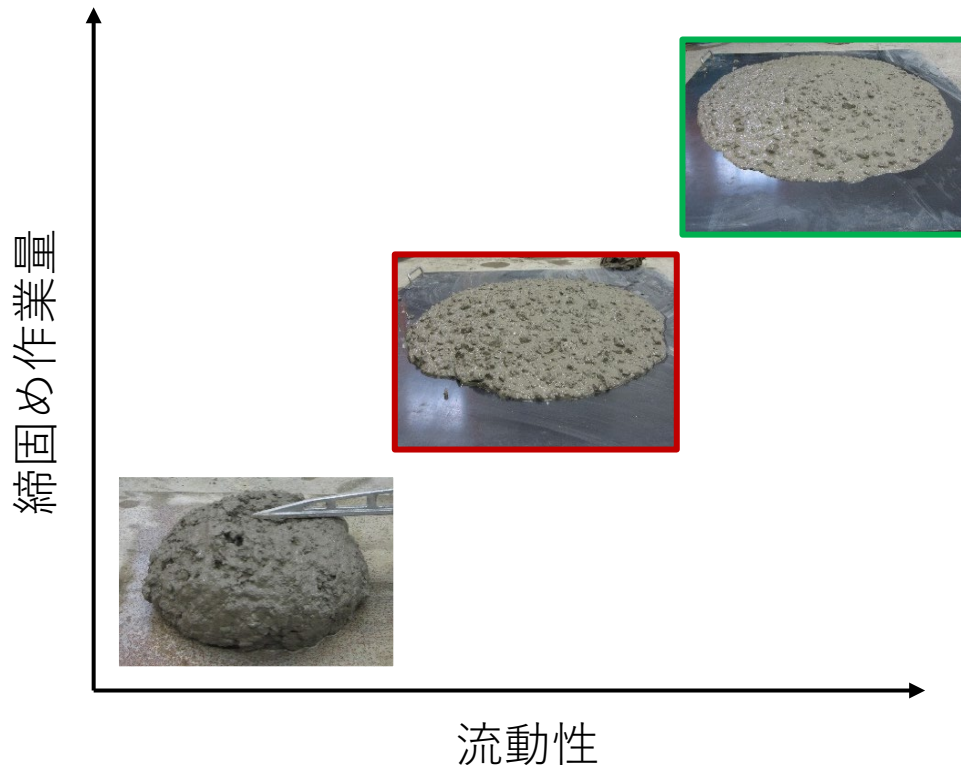


高流動コンクリート

スランプフローで評価



高流動コンクリートの種類



□ 自己充填性を有する高流動コンクリート

- 締固めを必要としない
- 1998年に土木学会から施工指針

□ 締固めを必要とする高流動コンクリート

- 締固めは必要だが作業量は大幅に軽減
- 比較的新しい技術
- 2023年に土木学会から配合設計・施工指針（案）

高流動コンクリートにするための技術

コンクリートをただ軟らかくしようとすると材料分離が生じる

材料分離抵抗性を向上させるためには、セメントペーストの粘性が必要

- セメントの使用量を増加
- 石粉などの粉体材料を追加
- 増粘成分を含む化学混和剤 (NEW)

セメントの使用量を大きく増加させると、必要以上の強度になって水和熱によるひび割れが生じやすくなるなどの課題

締固めを必要とする高流動コンクリートであれば、従来からの配合の変化を抑制しつつ、施工しやすさは大きく向上



著しい材料分離の例

検討の主な対象とした 高流動コンクリート

RC部材を想定した配合

- 一般的な土木構造物用の現場打ちコンクリートを想定
- 求められる品質は、圧縮強度 24N/mm^2 以上、水セメント比55%以下

従来のコンクリート	締固めを必要とする高流動コンクリート
水セメント比55%以下で選定 呼び強度は24や27	材料分離抵抗性で選定 水セメント比は55%よりやや低い 呼び強度は30程度

呼び強度で1ランク程度変更

PC部材を想定した配合

- 工場で製作するプレストレストコンクリート部材を想定
- 求められる品質は、圧縮強度 50N/mm^2 以上、水セメント比36%程度

従来のコンクリート	締固めを必要とする高流動コンクリート
必要な強度が十分な信頼性で得られる配合を選定 ※もともとセメント量が多い	(左同、ただし材料分離抵抗性確保のため、化学混和剤の種類や使用量を変更)

強度は変わらない

RC部材想定

配筋が密な壁
状供試体の施
工試験

施工試験の目的

コンクリートに特に流動性が求められる場合が対象

高流動コンクリートの活用による充填性の向上や施工の省力化が期待されているが実績が少なく，発注者の理解が得られにくい

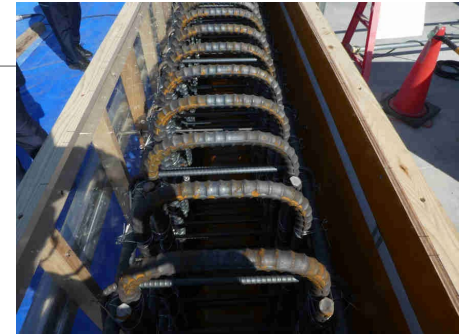
高流動コンクリートの必要性を実験により確認



施工試験の状況

施工試験の概要

多量の鉄筋が配置された幅3.6mの壁の製作を模擬し、型枠の端部付近からコンクリートの打込みおよび締固めを行った。



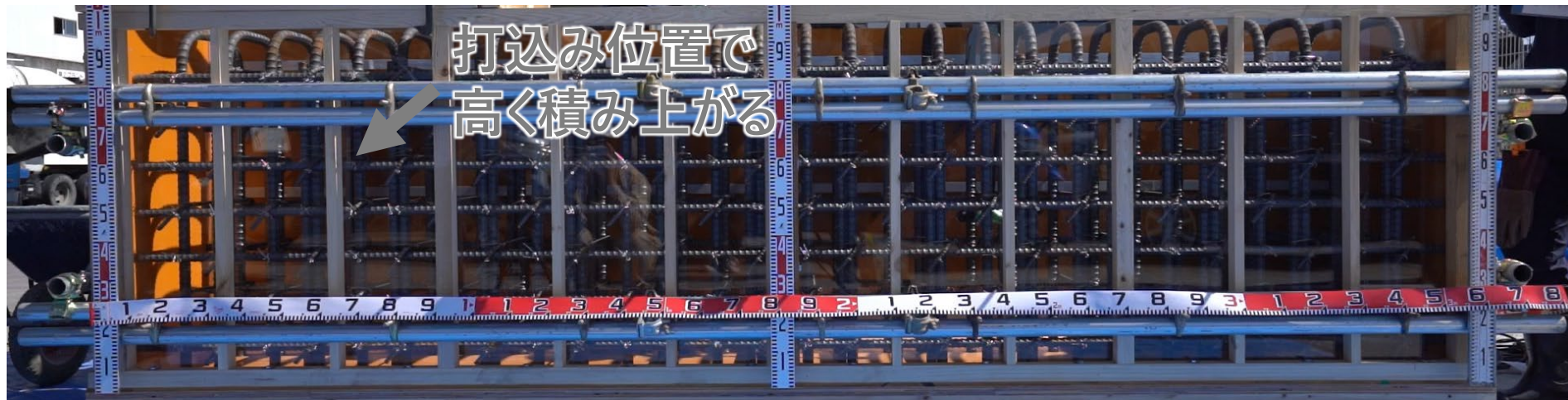
型枠内部を上から見た状況



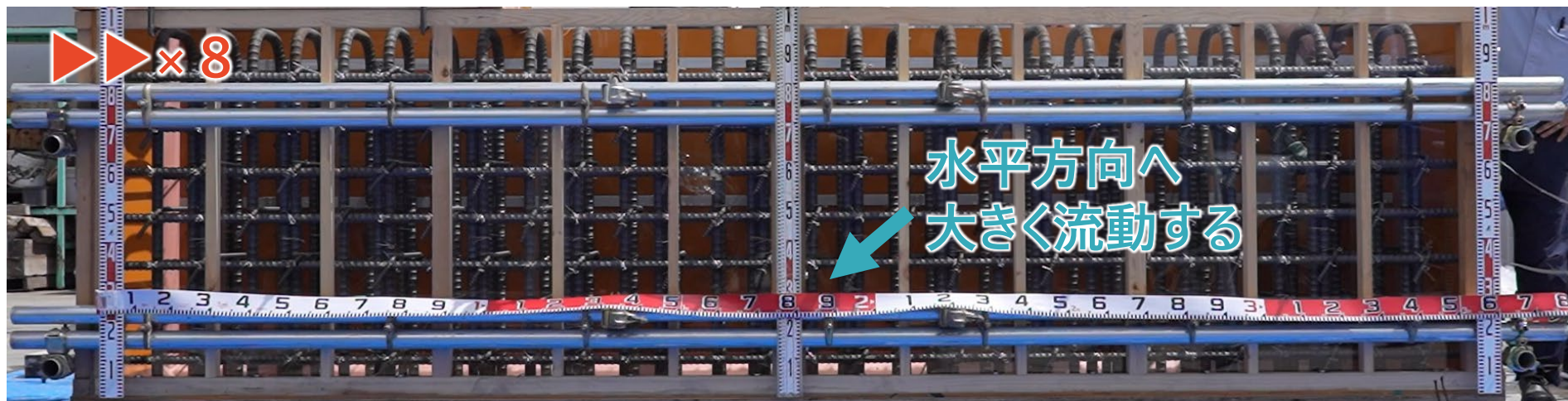
鉄筋量や鉄筋あきは、コンクリート標準示方書で例示されている条件のうち最も厳しく、少なくともスランプ15cm以上が必要

打込み状況

スランプ12cmのコンクリート



スランプフロー45cmの高流動コンクリート



締固め状況

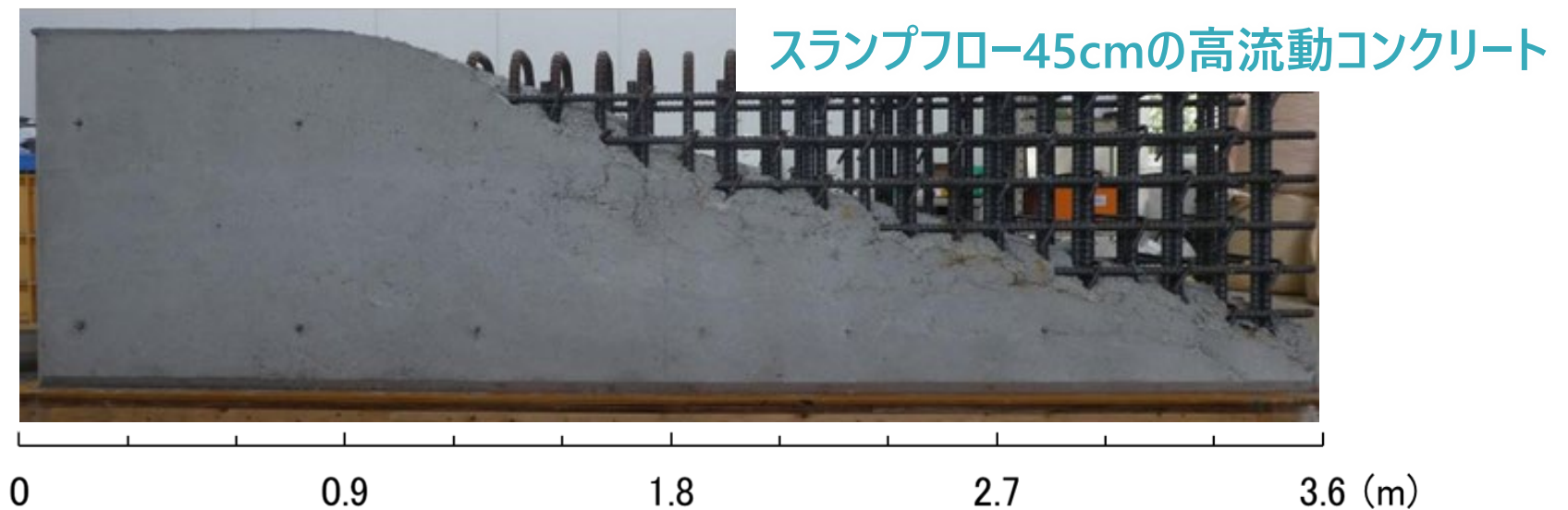
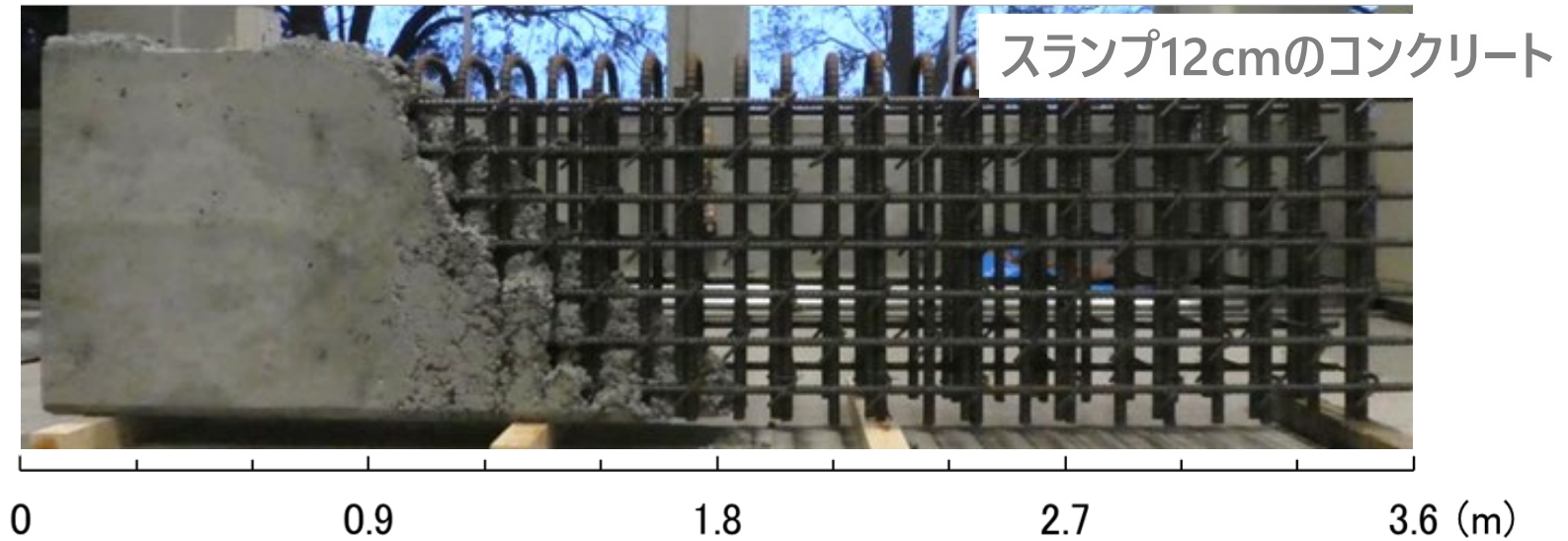
スランプ12cmのコンクリート



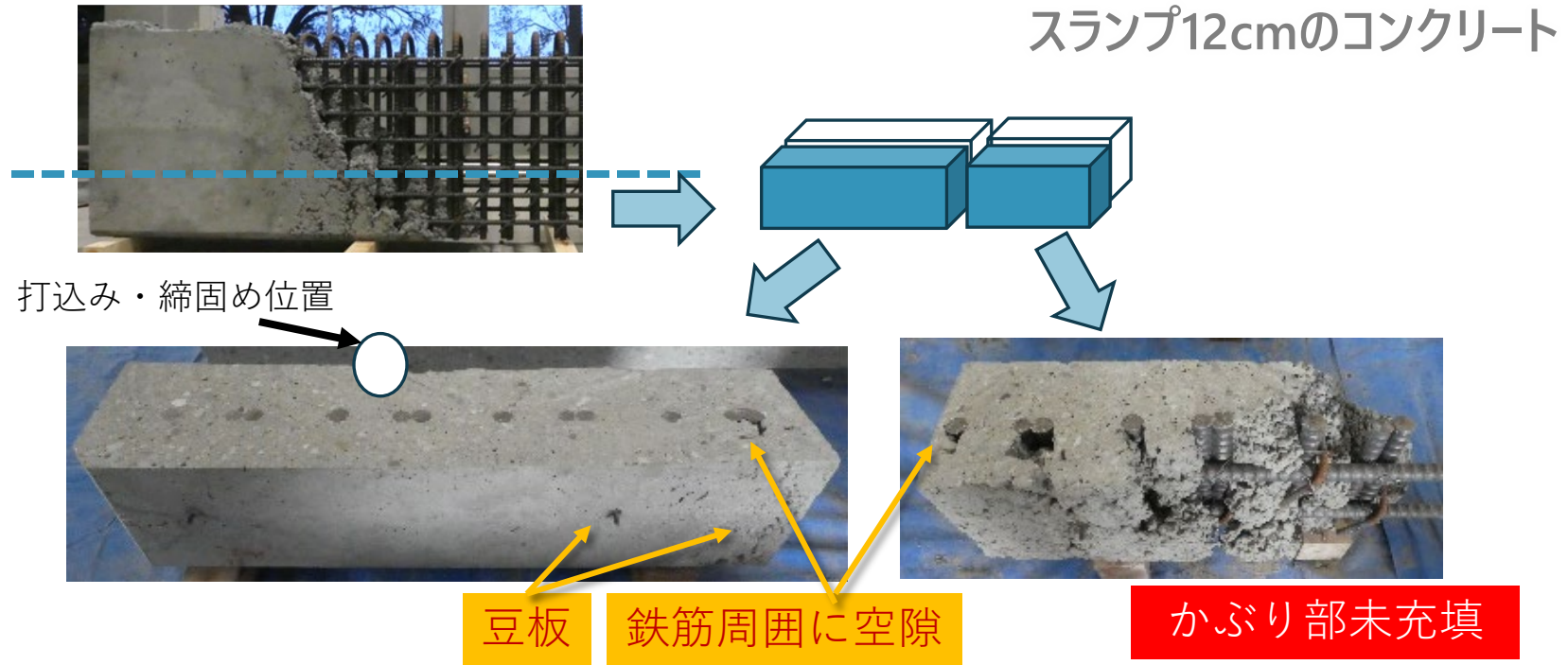
スランプフロー45cmの高流動コンクリート



硬化後の状況



硬化後の切断面



スランプフロー45cmの高流動コンクリート

先端の一部を除き充填



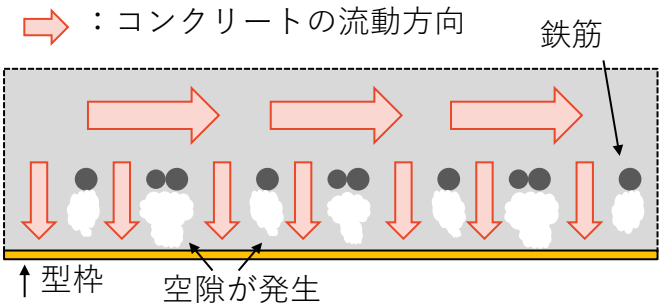
鉄筋周囲の空隙発生メカニズム

流動性の大小によって、打込み時に鉄筋間を通過してかぶり側に移動するコンクリート量に違い

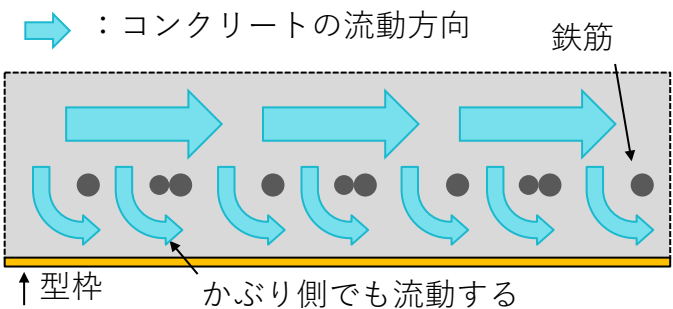
振動締固めを行うことで空隙は減少するが、締固め位置から離れた箇所では残るリスク

→打込み位置や締固め位置を十分もうけることが必要

スラブ12cmのコンクリート

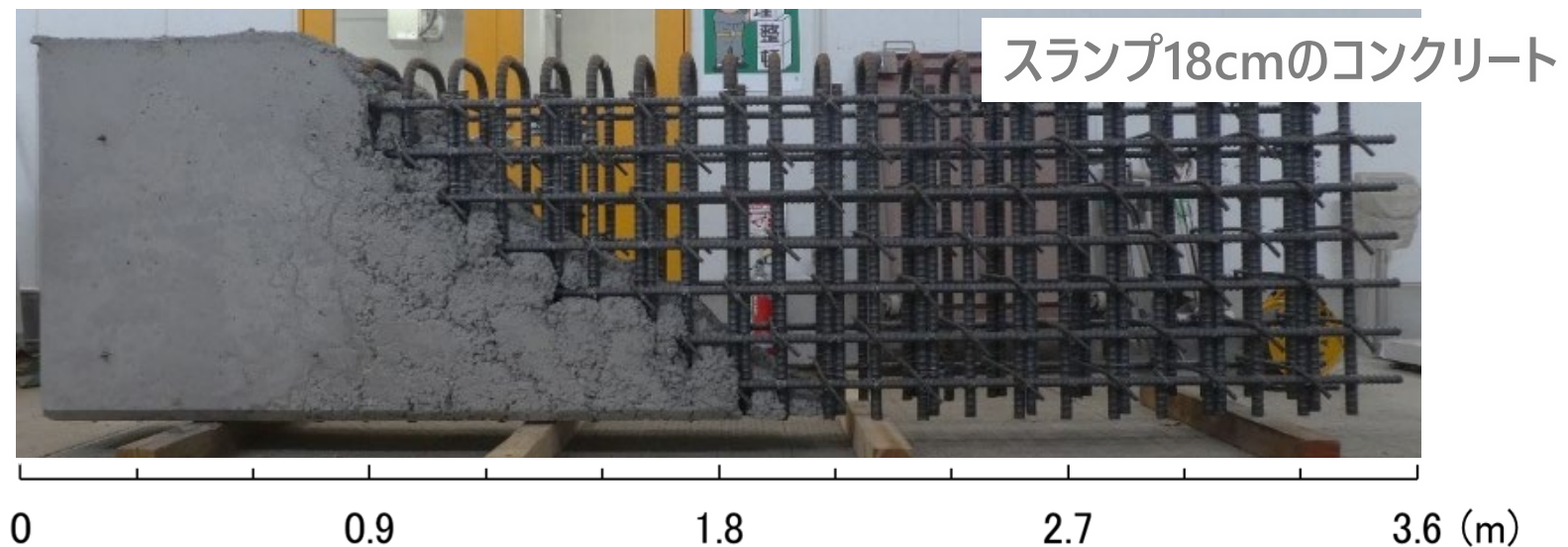
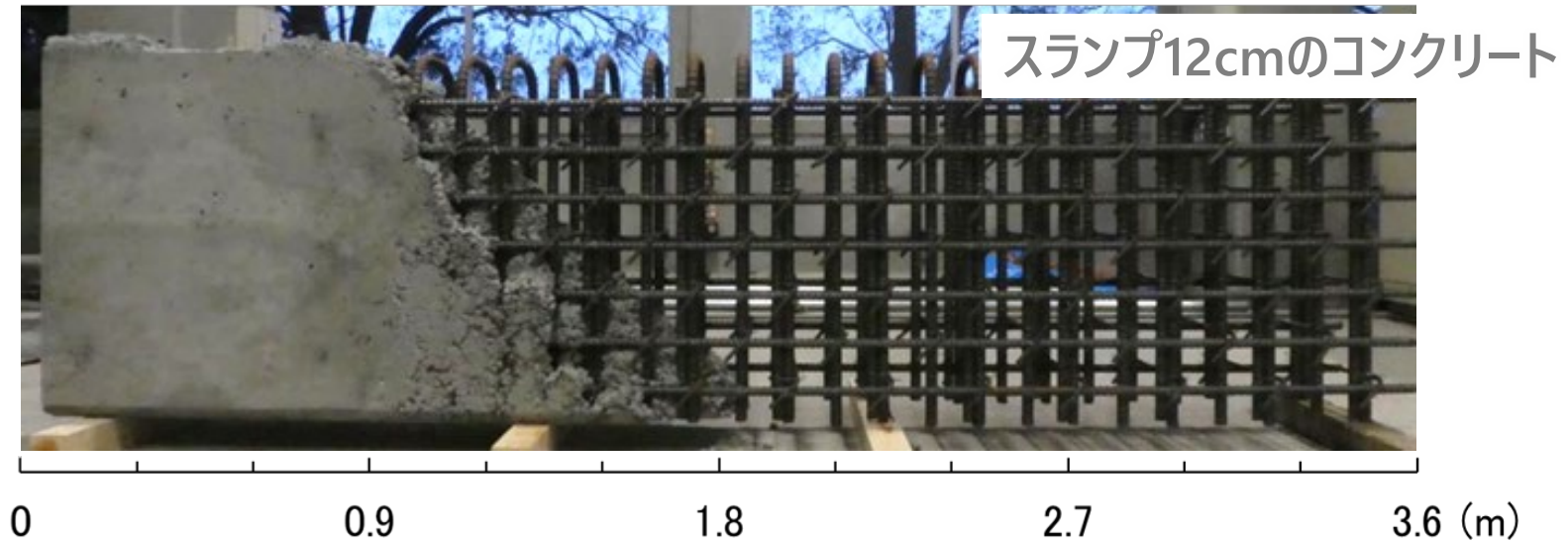


スラブフロー45cmの高流動コンクリート



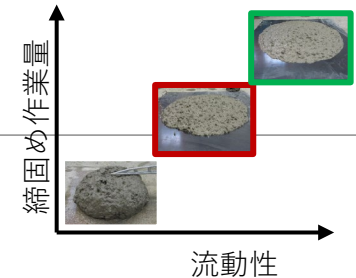
打込み時のコンクリートの動き

硬化後の状況（スランプコンの大小比較）



高流動コンクリート選定の目安

コンクリートの自由落下高さや打込み間隔、
締固め間隔に制約がある場合は、
高流動コンクリートを検討



施工の条件	スランプで管理するコンクリート	締固めを必要とする高流動コンクリート	自己充填性を有する高流動コンクリート
コンクリートの自由落下高さ	1.5m以内	1.5m以内 ※配合によっては緩和できる可能性も	5m以下
打込み間隔	横移動させずに打ち込むことが可能な範囲	材料分離しない範囲で、コンクリートの流動距離5m以下が目安	コンクリートの流動距離8～15m以下（条件による）
締固め間隔	締固め可能で、最大50cmが目安 ※鉄筋が密な場合はこまめな締固めが必要	締固め可能で、最大1mが目安	締固め不要

PC部材想定

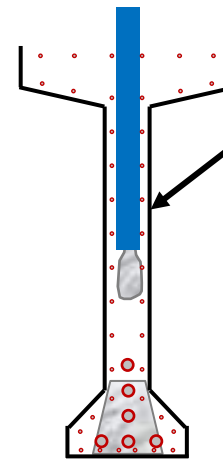
PCセグメント
桁の施工試験

施工試験の目的

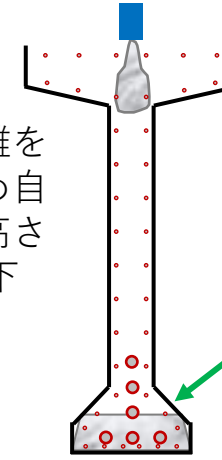
コンクリート工事の生産性向上が見込める場合が対象
桁高の高いプレストレストコンクリート橋の部材を想定



支間35m，桁高2.6mの桁を
7分割して工場で製作する想定



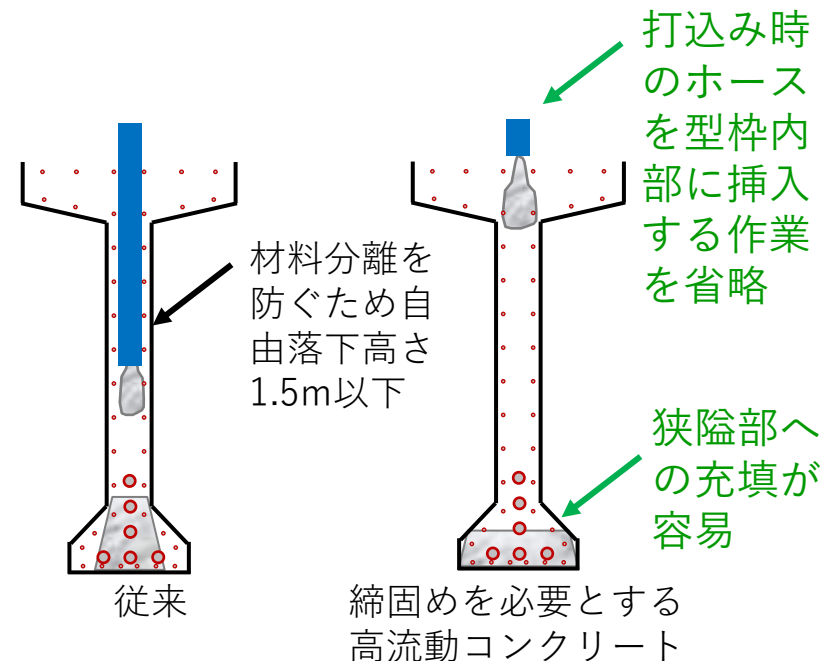
従来



締固めを必要とする
高流動コンクリート

検討のステップ

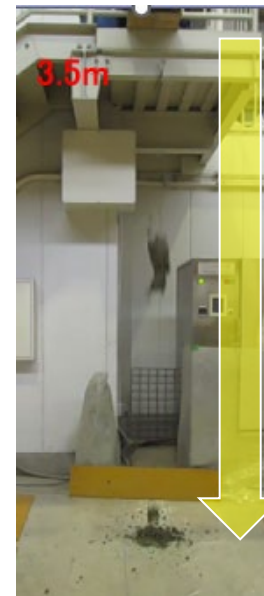
1. コンクリートの自由落下高さを大きくできるか検討
2. コンクリートの締固め条件を検討
3. 実物大の部材を製作して施工状況を比較



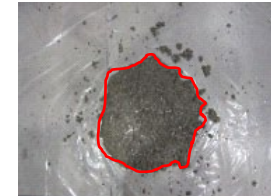
自由落下高さ

コンクリートの自由落下高さを大きくできるか検討

- 水セメント比が低い（高強度な）コンクリートや、適切に流動性を高めたコンクリートは、落下による材料分離が生じにくい傾向。
- PC桁に用いることを想定したコンクリートで、振動締固めを必要とする高流動コンクリートの場合、落下による材料分離が生じにくいことを確認



スランプ18cm



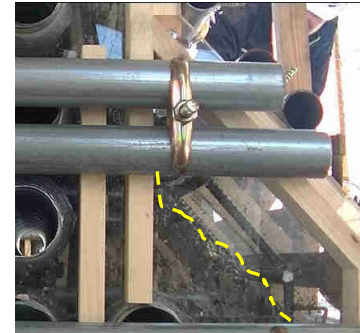
高流動コン
フロー45cm

3.5m落下させた例
(水セメント比35%)

締固め条件

コンクリートの締固め条件を検討

- 過密な箇所を想定した実物大の施工では内部の様子を伺うことが困難なため、事前に施工方法の適否を確認
- スランプコンでは打ち込んだコンクリートが山状になるため、入念な（長時間の）締固めが必要。
- 高流動コンでは、自重でほぼ充填されていた。



スランプ12cm



高流動コン
フロー55cm

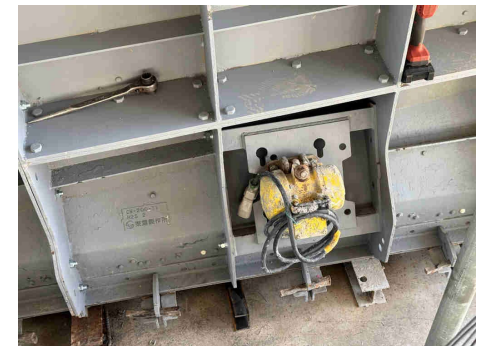
透明な型枠内にコンクリートを打ち込んだ状況

実物大の部材製作による比較

		従来のコンクリート (スランプ ^{15cm})	締固めを必要とする 高流動コンクリート
運搬	運搬方法	バケットに入れてフォークリフトで運搬	
打込み	打込み方法	バケット使用, 打込み中に バイブレータ で加振	バケット使用 (容易に打込み可能)
	打込み箇所	2	1
	自由落下高さ	1.5m以下 下部は シュート を使用して対応	3.0m以下
締固め	締固め位置の間隔	50cm以下	50～60cm
	締固め時間	5～15秒	5～10秒
	型枠バイブレータ	使用前提	打込み時に判断



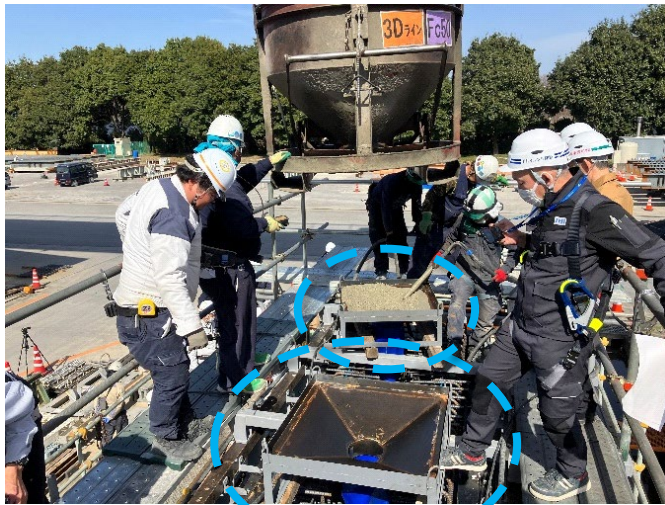
実際の施工では内部の状況を確認することは困難



下フランジ部では、型枠バイブレータも併用

実物大の部材製作による比較

従来のコンクリート
(スランプ15cm)



締固めを必要とする
高流動コンクリート



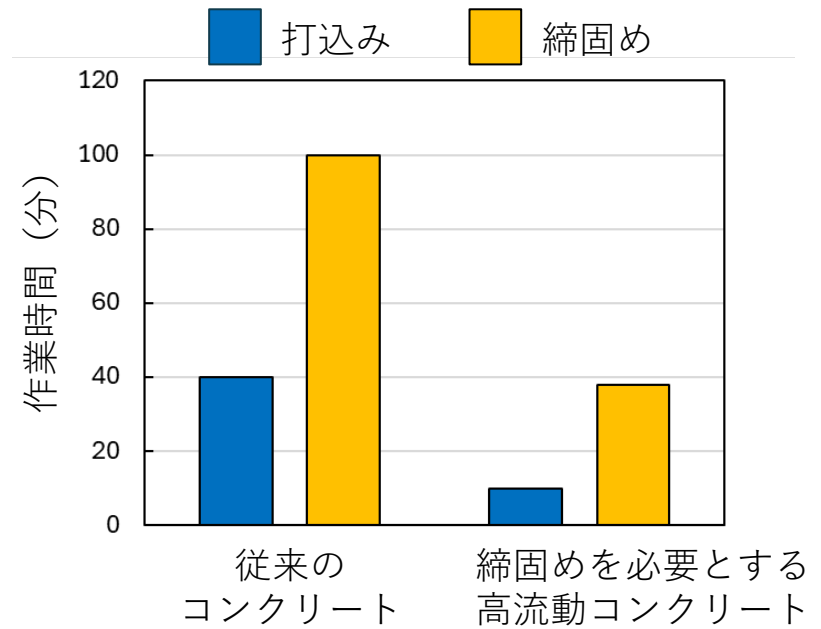
バケットからそのまま打込み

打込み時の自由落下高さが1.5m以下となるよう、
下部ではサニーホースを接続したシュートを使用

施工に要した時間の比較

■ 締固めを必要とする高流動コンクリートを使用した場合,

- 打込みに要した時間：約1/4
- バイブレータによる締固めに要した時間：約1/3
- 型枠バイブレータの起動時間：大幅に減少



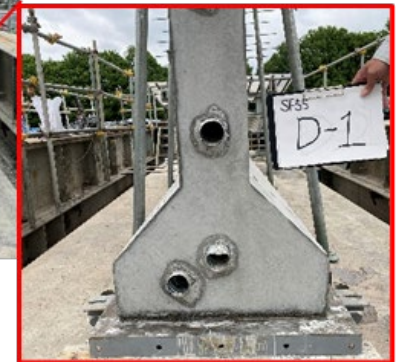
	型枠バイブレータ振動時間 (秒)	
	従来のコンクリート	締固めを必要とする高流動コンクリート
1 バッチ目	55	8
2 バッチ目	160	—



出来上がりコンクリートの評価

普通コンクリートを用いた場合、締固めを必要とする高流動コンクリートを用いた場合ともに、良好な出来上がりであった。

- コンクリートの強度分布等は同等であった
- 粗骨材の過剰な沈降等は無かった



省力化・省人化の効果

今回は、打込み・締固め等は同様な体制で行った。

省力化効果から、振動締固めを必要とする高流動コンクリートの施工に必要な作業員の人数を推測すると、右表の通り。

より少人数で桁の製造が可能になると推定される。

省人化効果の試算（作業員）

	普通コンクリート	振動締固めを必要とするコンクリート
バケット操作	1 名	1 名
バイブレータ作業	4 名 (締固め用, エア抜き用でそれぞれ 2 名)	3 名
型枠バイブレータ操作	1 名	0 名 (省略可能性)
(合計)	6 名	4 名

※この他に、監督者（2 名）

全体まとめ

□流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン

- 従来のコンクリートでは施工が困難な事例も増加。
- 品質を損なわずに流動性を高めることができるようになっている。
- **施工状況に応じたコンクリートの選定が重要。**

□締固めを必要とする高流動コンクリートの施工試験結果

- 高流動コンクリートと従来のコンクリートでは、打込み時のコンクリートの動きや充填状況が大きく異なっており、その後の締固め作業の難しさが異なる。
- **打込みや締固め作業に制約がある場合、高流動コンクリートを選定することが合理的。**
- 打込み高さが大きくなる部材や、充填状況を確認しにくい部材の場合、高流動コンクリートを使用することで作業人数を減らせる可能性。

□ガイドラインの趣旨を踏まえて、適切なコンクリートの選定を！

謝辞

今回紹介した研究成果は、

（国研）土木研究所、

（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会、

戸田建設（株）

西松建設（株）

の共同研究「土木構造物の施工における高流動性のコンクリートの活用」
における検討の一部をまとめたものです。

今年中には、共同研究報告書を土木研究所WEBページ等で公表予定

流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドラインの補足
を提案予定