

令和4年度「技術(シーズ)マッチング」に関する公募
取組1:インフラ分野の脱炭素化に寄与する技術研究

混和材大量使用 締固めを必要とする高流動コンクリートの開発

加藤佳孝	東京理科大学
高橋駿人	東京理科大学
早川健司	東急建設(株)技術研究所
鈴木将充	東急建設(株)技術研究所

2023.12.07 第16期建設技術展示館 第4回 出展技術発表会

研究のターゲット

低炭素化

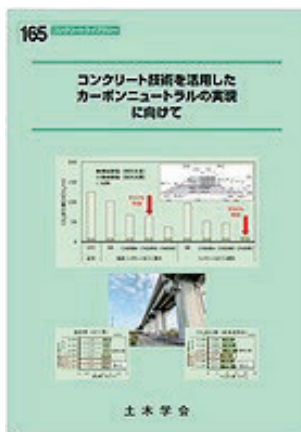
生産性向上(コンクリート工の合理化)

低炭素化

生産性向上(コンクリート工の合理化)



- 2050年までにCNを目指す @2020.10.26の所信表明演説
- 「2050年目標と統合的で、野心的な目標として、**2030年度に**、温室効果ガスを2013年度から**46%削減**することを目指す。さらに、**50%の高み**に向けて、挑戦を続けていく」
@2021.4月地球温暖化対策推進本部および米国主催の気候サミット



土木学会 コンクリート委員会
 コンクリートライブラリー165
 コンクリート技術を活用したカーボンニュートラルの実現に向けて

- OPCを用いたコンクリート: 約290 kg-CO₂/m³
- BBを用いたコンクリート: 約180 kg-CO₂/m³



2030年46%削減のためには資材ベースCO₂で

- OPCを用いたコンクリート: 約150 kg-CO₂/m³
- BBを用いたコンクリート: 約89 kg-CO₂/m³

低炭素化

生産性向上(コンクリート工の合理化)



● 高炉スラグ微粉末に関する取り組みの変遷

- 1988年 CL63「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(案)」
- 1996年 CL86「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針」
- 2018年 CL151「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」

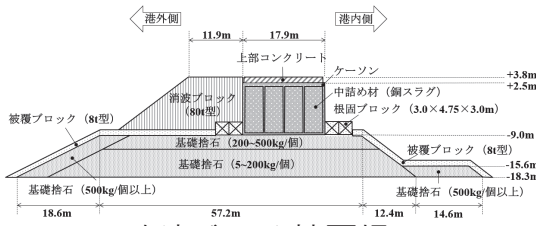
● ファイアッシュに関する取り組みの変遷

- 1999年 CL94「ファイアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案)」
- 1996年 CL132「循環型社会に適合したファイアッシュコンクリートの最新利用技術－利用拡大に向けた設計施工指針試案－」

低炭素化

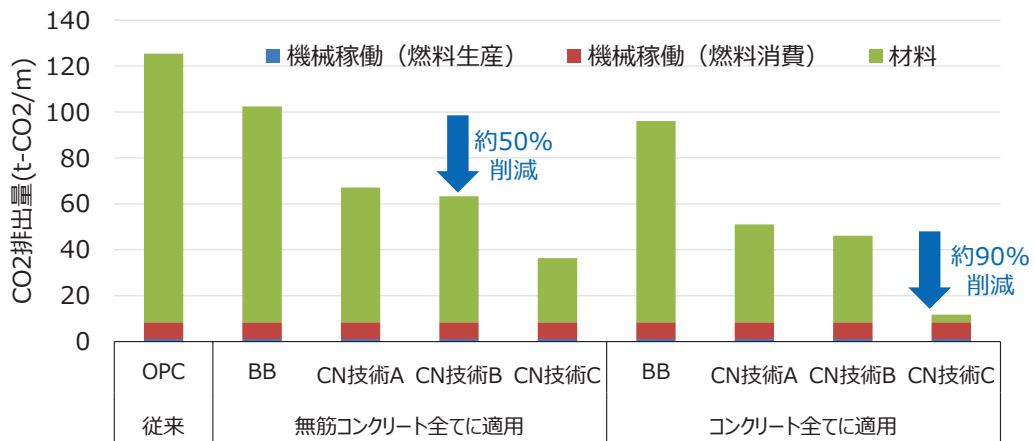
生産性向上(コンクリート工の合理化)

コンクリートライブラリー165より



消波ブロック被覆堤

使用材料	CO2排出 原単位	削減率
普通ポルトランドセメント(OPC)	341.68	---
高炉セメントB種(BB)	239.18	30%
技術A:スラグ固化体	82.00	76%
技術B:BFS85%	64.92	81%
技術C:カーボンネガティブ	-55	---



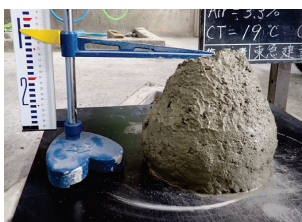
低炭素化

生産性向上(コンクリート工の合理化)

なぜコンクリートのスランプは12cm(8cm)なのか？

- SL8cm~15cm VS SL18~21cm で価格 増
- SLの増加に伴い単位水量は増加傾向(乾燥収縮懸念)

SL12cm程度



SL21cm程度



SF45cm程度



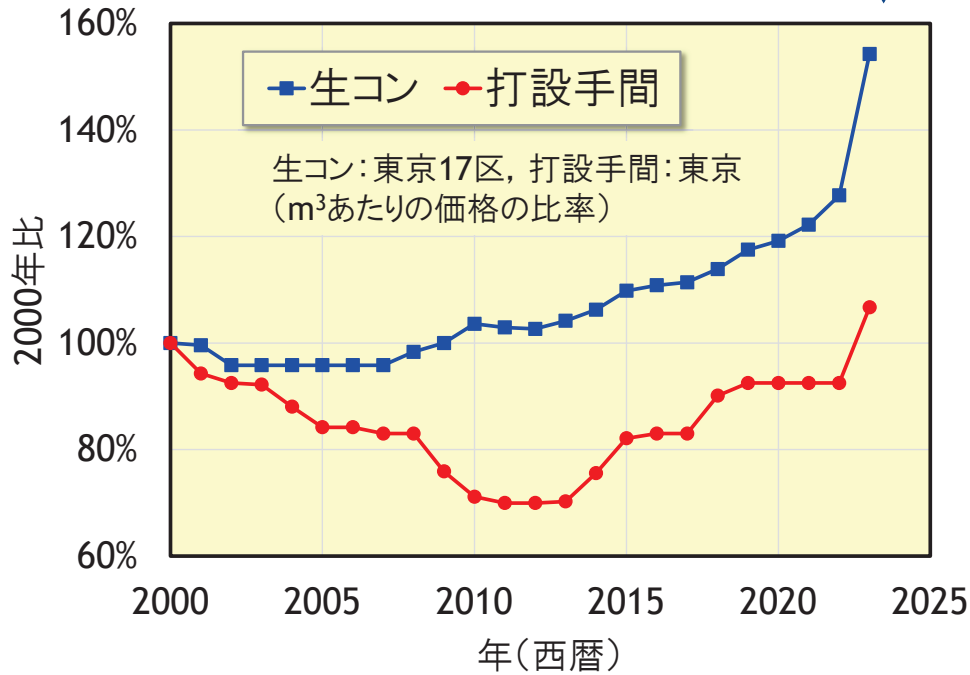
打設の
手間は？ きつい

ゆるい

でも、打設手間の価格はSLによらず一定・・・それでよいのか？

低炭素化

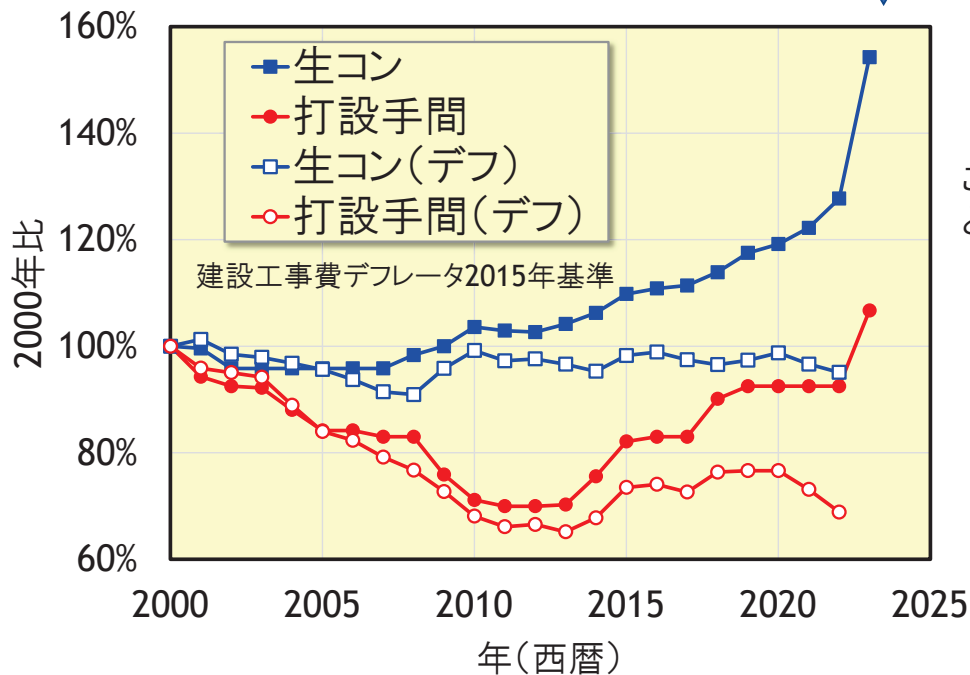
生産性向上(コンクリート工の合理化)



(一財)経済調査会 提供 積算資料, 建築施工単価より加工

低炭素化

生産性向上(コンクリート工の合理化)



この産業で働きたい
と思いますか??



(一財)経済調査会 提供 積算資料, 建築施工単価より加工

低炭素化

生産性向上(コンクリート工の合理化)

混和材大量使用コンクリート

締固めを必要とする高流動コンクリート



CO₂排出量削減, 資源の有効活用

- ⇒ 初期強度が小さいためW/Cを小さく
- ⇒ 粉体量が増加し分離し難くなる
- ⇒ 現状ではスランプコンとして成立



施工性向上, 不具合発生低減

- ⇒ 粉体量が必要なため, 普通Nの場合, 設計基準強度よりも大きな呼び強度(過剰設計)のコンクリートの選択が必要



混和材を大量に使用してCO₂を削減
設計基準強度を満足するためにはW/Cを小さく
→ フレッシュコンクリートの粘性増加, 耐久性向上?



締固めを必要とする高流動コンクリート向き: 施工性向上

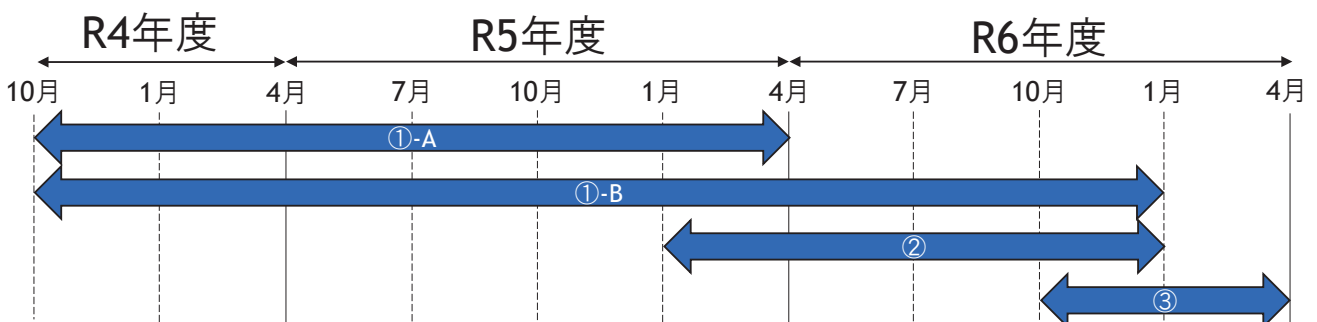
全体計画

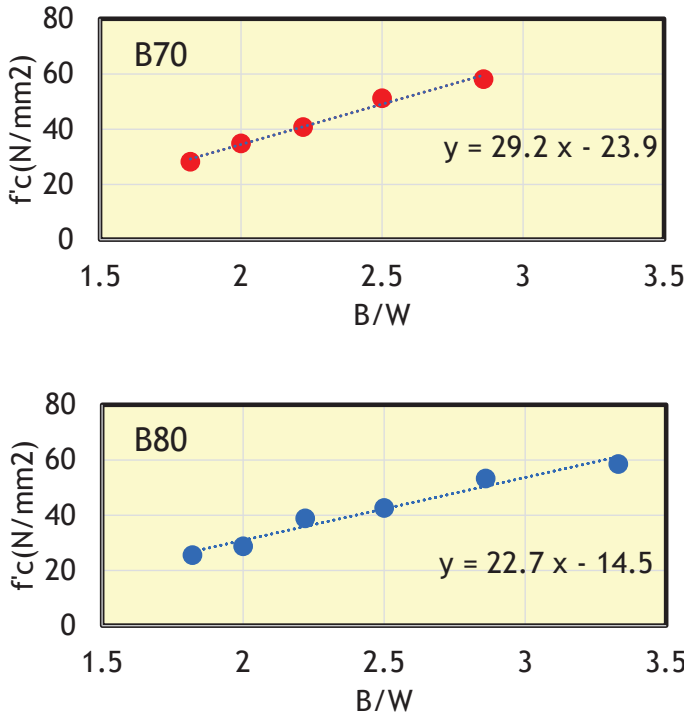
目標

呼び強度24N, 27N, スランプフロー45cm対象に, 混和材を大量使用することでCO₂排出量を削減した締固めを必要とする高流動コンクリートを開発

検討項目

- ①配合設計方法の検討(A: 配合要因, B: 鋼材腐食抑制方法の確立)
- ②実構造物を模擬した実験による施工性および硬化体品質変動の検証
- ③マニュアルの整備





※呼び強度×1.3

配合名	W/B(%)
N-24N	60
N-27N	55
N-30N	51
B70-24N	53
B70-27N	50
B70-30N	46
B80-24N	50
B80-27N	46
B80-30N	42

高置換の場合も N と同様にセメント水比則が成立

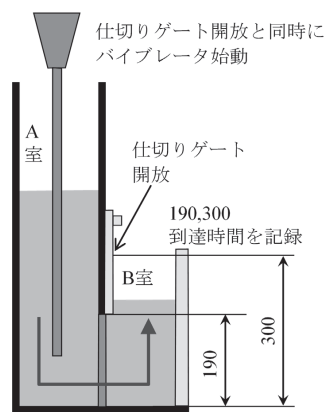
材料分離抵抗性の確保

流動性を高めた場合の懸念事項 ➡ 材料分離しやすくなる

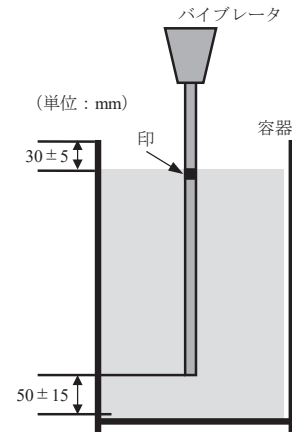


コンクリートライブラリー161

JSCE-F701附属書(規定)



JSCE-F702



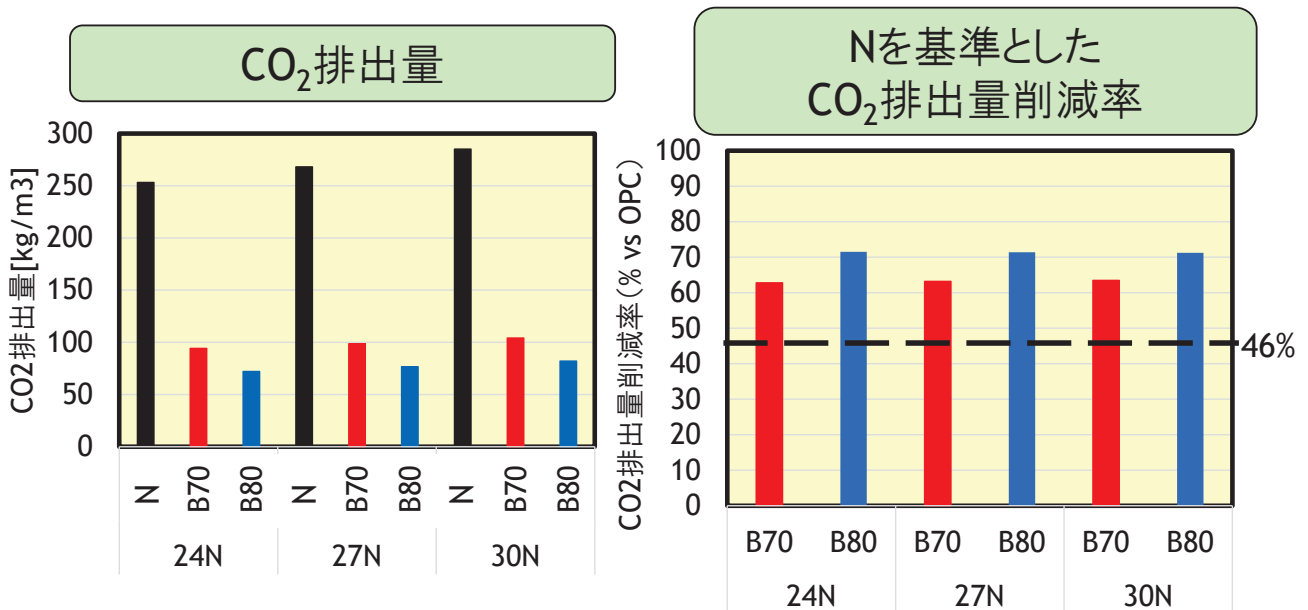
間隙通過速度 $V_{pass} = \frac{110}{t_{300} - t_{190}}$

粗骨材量比率 $\sigma = \frac{G}{G_0} \times 100$

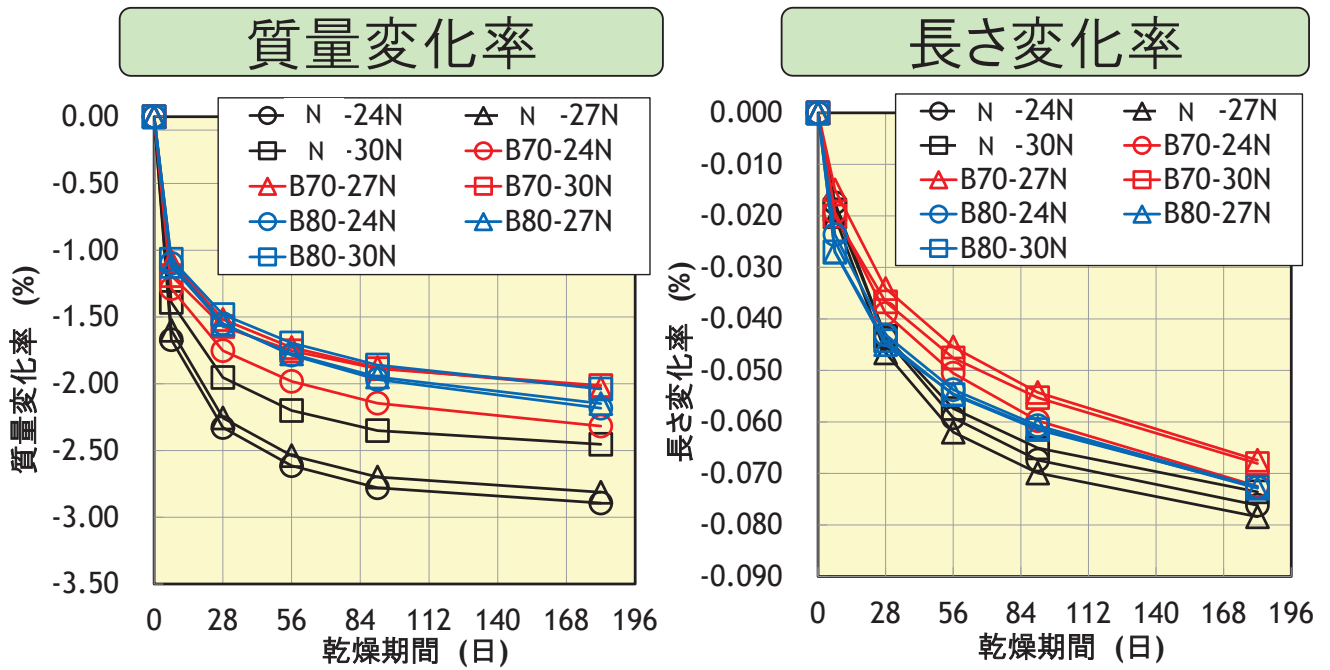
SF45cm程度で一般構造物の場合 $V_{pass} \geq 15 \text{ mm/s}$, $\sigma \geq 40 \%$

配合名	W/B [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]						化学混和剤 [(C+BS)×%]		実測値			
			W	C	BS	S1	S2	G	AE	SP	SF [cm]	Air [%]	Vpass [mm/s]	δ[%]
N-24N	60	53.4	185	308	0	678	277	837	0.008	0.8	45.0	4.1	19.6	73
N-27N	55	53	180	327	0	676	276	837	0.008	0.8	46.5	4.8	31.2	67
N-30N	51	52	178	349	0	589	329	854	0.008	0.8	44.5	5.5	27.4	70
B70-24N	53	51	175	99	231	581	325	876	0.001	0.7	49.0	5.5	36.4	71
B70-27N	50	50	174	104	244	576	322	869	0.002	0.7	49.0	4.8	17.8	71
B70-30N	46	48	170	111	259	540	302	918	0.002	0.7	45.5	4.0	27.3	86
B80-24N	50	50	174	70	278	564	315	886	0.004	0.7	46.5	3.5	19.0	82
B80-27N	46	48	172	75	299	536	300	912	0.002	0.7	46.5	3.5	15.5	63
B80-30N	42	48	170	81	324	529	296	900	0.002	0.7	49.0	5.3	20.6	88

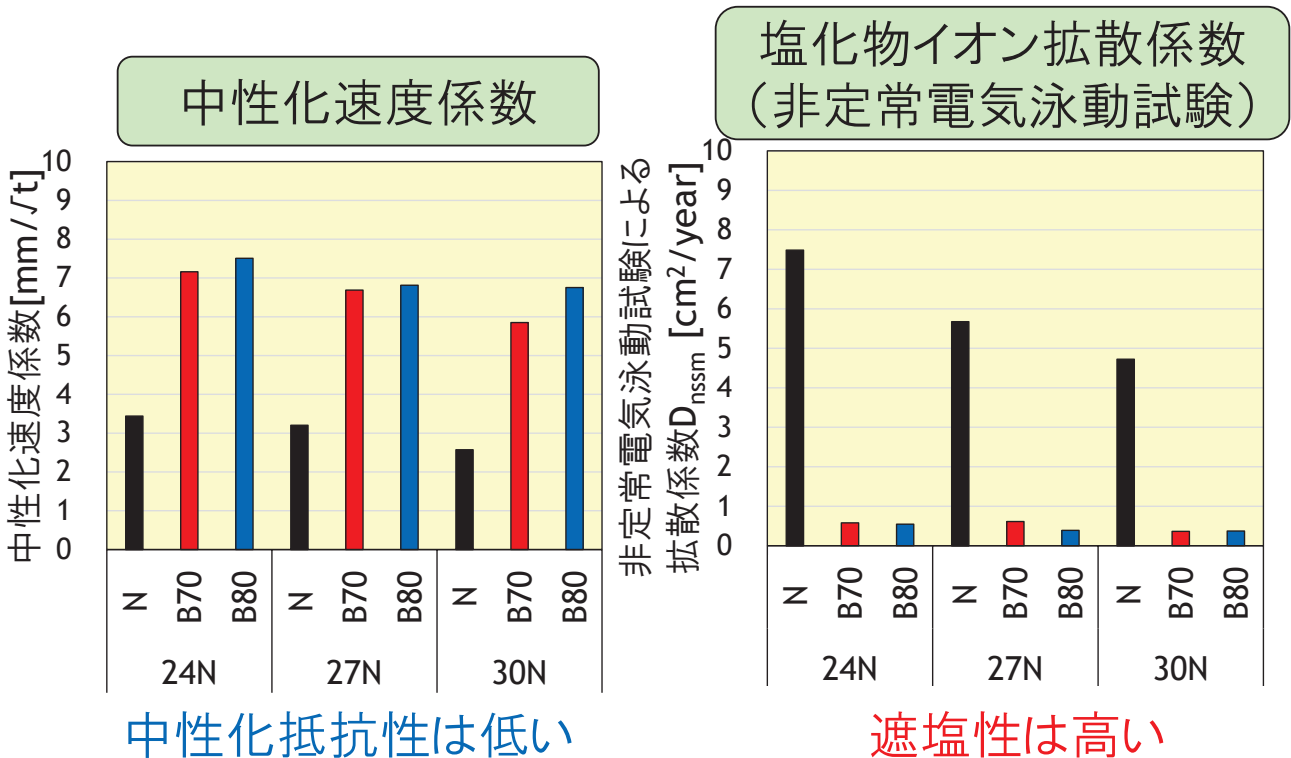
Nだと、従来のWの上限の175kg/m³を超えてしまう
 B70, B80は単位水量を5kg/m³以上(最大11kg/m³)低減



※～R6.1(材齢1年)まで継続予定

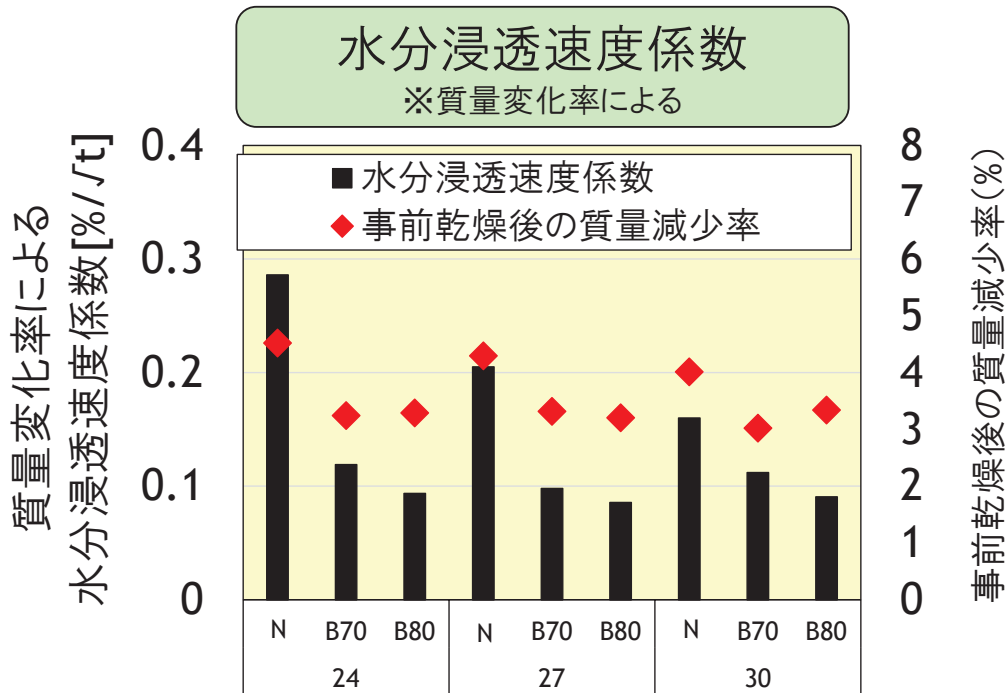


Nと比べて同等以下



中性化抵抗性は低い

遮塩性は高い



➡ Nに比べて
 乾燥しにくい ⇒ 炭酸ガスが侵入しにくい
 吸水しにくい ⇒ 腐食要因の水が侵入しにくい

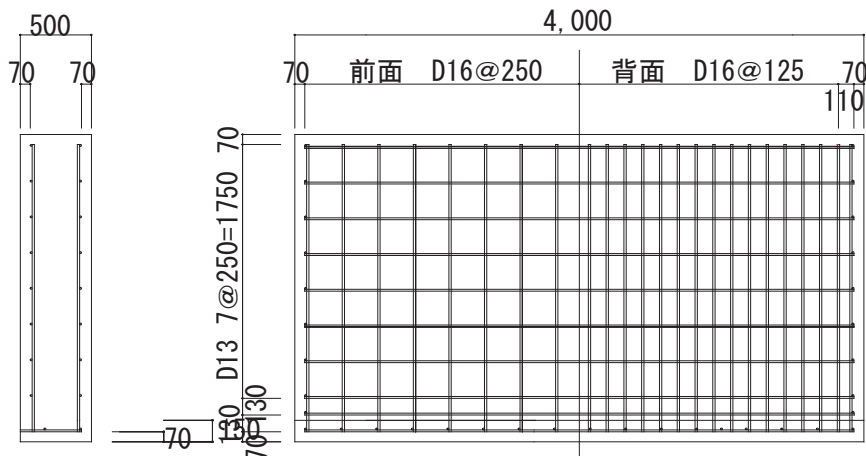
②実構造物を模擬した実験による施工性および硬化体品質変動の検証

実構造物模擬部材・・・ 壁：幅0.5m，長さ4m，高さ2m(4m³)

実験場所・・・ 施工ヤード：東急建設(株)技術研究所(神奈川県相模原市)

施工方法・・・ 場内運搬：ポンプ圧送，打上がり速度：4m/h，想定施工時間：30分

コンクリート配合・・・ 呼び強度：27N(N, B70, B80)，流動性：SF45cm
 ※比較として，27N-N-SL12cmも作製



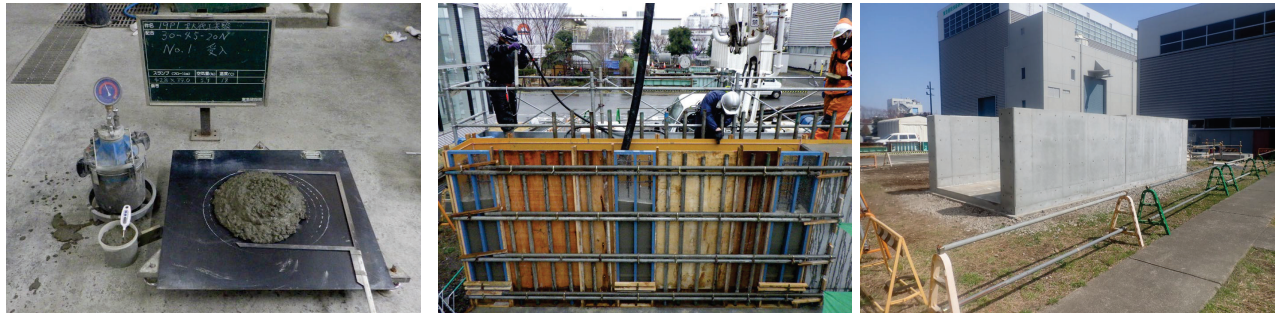
部材寸法・配筋図案

②実構造物を模擬した実験による施工性および硬化体品質変動の検証

施工性の確認方法

測定項目

施工時:フレッシュ性状, 施工時間(打込み, 締固め), 充填状況, 施工者の活動量
 脱型後:出来栄え, 均質性, 力学的特性, 物質移動抵抗性(※令和6年度実施)

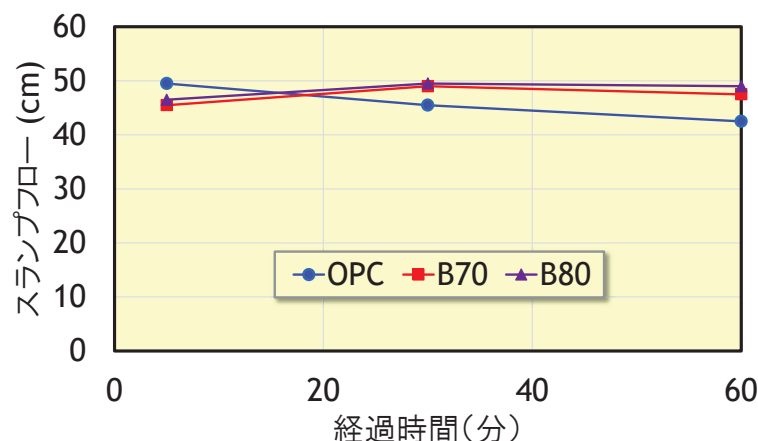


実大実験イメージ

R5年度の進捗(生コンプラントでの試験結果)

配合名	W/B [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]						実測値(30分経過時)			
			W	C	BS	S	G	Ad	SF [cm]	Air [%]	Vpass [mm/s]	δ[%]
N-27N	55	53	180	327	0	941	834	4.09	46.0	4.0	32.6	73
B70-27N	50	50	174	104	244	879	876	4.18	47.0	4.6	48.7	70
B80-27N	46	48	172	75	299	834	899	4.49	49.0	3.8	40.4	75

S:S1~S3の混合, G:G1とG2の混合, Ad:高性能AE減水剤標準型I種



②実構造物を模擬した実験による施工性および硬化体品質変動の検証

施工の合理化

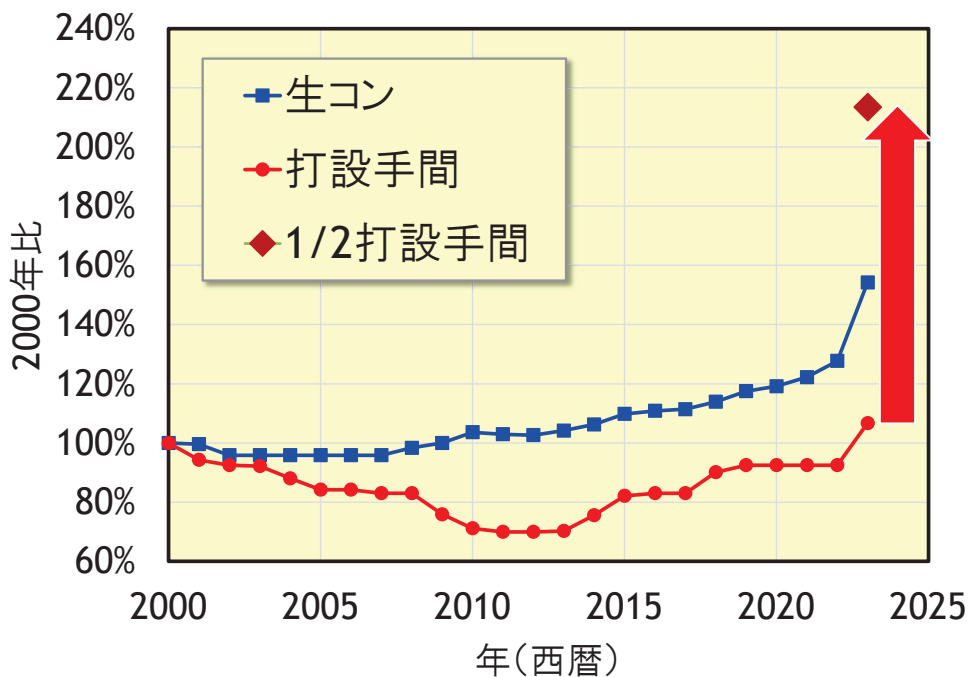
施工データより施工の合理化程度を整理(SL12cmの施工と比較)

配合	施工				比較 vs SL12			
	人員 (人)	打込み (分:秒)	締固め (分:秒)	延べ時間 (分:秒)	人員 (%)	打込み (%)	締固め (%)	延べ時間 (%)
SL12N	4	17:11	29:10	31:52	-	-	-	-
SF45N	4	10:37	14:36	15:21	100	61.8	50.1	48.2
SF45B70	4	8:56	14:30	14:55	100	52.0	49.7	46.8
SF45B80	4	9:13	11:32	13:30	100	53.6	39.5	42.4

※人員は施工管理, 締固め, 補助, ポンプOPの4人, 締固めはΦ40mm棒状バイブレータ1本使用
打込み・締固め時間は各単体の作業時間, 延べ時間は作業開始から終了までの時間を表す

部材あたりの数量が少ないため施工人員は変わらなかったが
施工時間は50%以上削減できることが確認できた

R5年度の進捗(施工の合理化の効果)

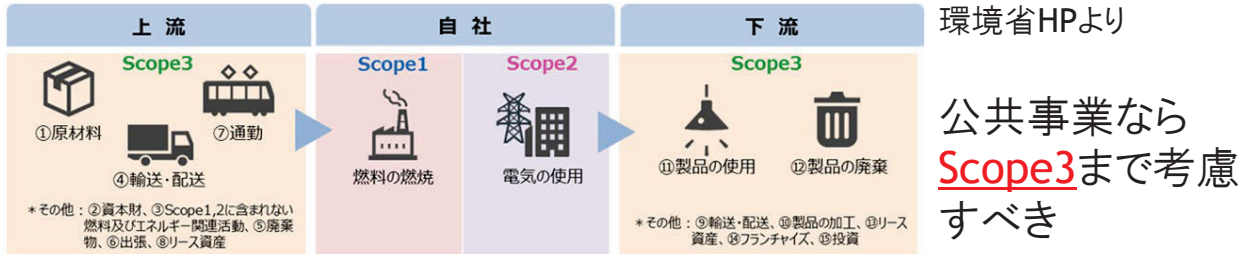


1m³当たりの打設手間の価格が変わらなくても,
半分の時間で終われば対価は2倍に! ?

今回の施工性の確認試験を通して・・・

高炉スラグ微粉末を常備していないため、諸々の経費が高額

ニーズがないから 卵が先か鶏が先か問題
 (生コンプラントでの準備がないから)



2030年度まで7年しかない。まずは、**既存技術を総動員**。

今すぐに、

- 低炭素型材料を全てに適用すると宣言すべき
- JISに拘らない技術の採用を促進すべき(大量生産時代の品質確保の体系からの脱却)

ご清聴ありがとうございました