

分割練りコンクリートの内部振動下における充填性能

(株)IHIインフラ建設 正会員 ○高木 祐介
 (株)IHIインフラ建設 正会員 小林 崇
 (株)IHIインフラ建設 正会員 中村 定明

1. はじめに

水を分割投入して練り混ぜる分割練りコンクリートは、同配合の一括練りコンクリートと比較し、強度が向上し、かつ安定するとされている。また、ブリーディング水の発生が少なく、分離抵抗性が高いためポンプ圧送性が良好で、振動下での充填性能が向上するとされており、トンネルの吹付用コンクリート、建築用コンクリートおよびダム用コンクリートなどで使用されている。

分割練りコンクリートについては、ブリーディングの低減効果や振動下での充填性能などに関して様々な研究¹⁾²⁾が行われているが、PC上部工に使用するような高強度で水セメント比の小さいコンクリートを対象とした研究は少ない。そこで今回、振動下での充填性能に着目し、PC上部工の現場打ちを想定したコンクリートにより、一括練りと分割練りの練混ぜ方法の違いによる内部振動下での充填性能の比較を目的とした充填試験を実施した。

2. 分割練りコンクリートの練混ぜ方法

分割練りコンクリートの練混ぜフローを図-1に示す。まず、セメントおよび細骨材の特性値から定まる適量の一次水 (W1) と細骨材、粗骨材を練り混ぜる。次に、セメントを投入して一次練りを行い、図-2に示すように細骨材の周囲に低水セメント比のセメントペーストを付着させる。最後に所要の流動性を得るための残余の二次水 (W2) と混和剤を投入して練り混ぜる。

一次水量 (W1) の決定については、次の式を用いて算出する。

$$W1 = \alpha / 100 \times C + \beta_{OH} / 100 \times S$$

W1 : 一次水量 (kg/m³)

α : セメントの拘束水率 (%)

(キャピラリー状態に必要な

水セメント比 (%))

β_{OH} : 細骨材の拘束水率 (%)

C : 単位セメント量 (kg/m³)

S : 単位細骨材量 (kg/m³)

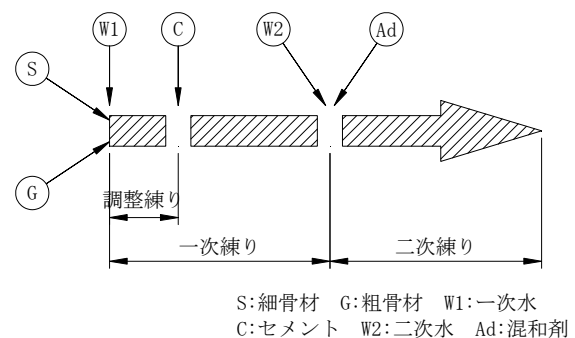


図-1 分割練混ぜコンクリートの製造フロー³⁾

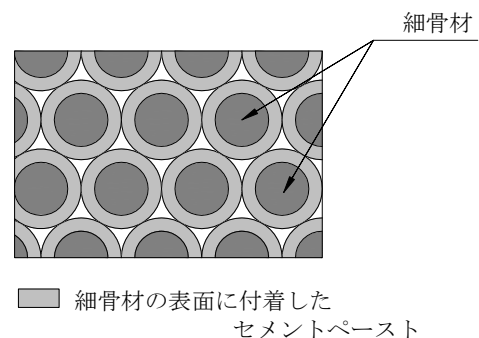


図-2 一次練り後の状態

なお、キャピラリー状態とは、セメント粒子と水が毛管相を形成し、空気が存在しない状態をいい、その状態となる時の水セメント比をセメントの拘束水率と定義している。セメントの拘束水率の測定はトルク試験で求め、細骨材の拘束水率は遠心力試験で求めている。

3. 試験概要

3.1 コンクリート

コンクリートは、PC上部工の現場打ちを想定して設計基準強度を40N/mm²とし、水セメント比を39.0%とした。使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。一括練りコンクリートと分割練りコンクリートは同配合で、スランプの目標値は8cmとした。分割練りにおいてトルク試験によって求めたセメントの拘束水率は28%で、遠心力試験によって求めた細骨材の拘束水率は1.09%であり、それらの値から算出された一次水量(W1)は133kg/m³である。

練混ぜには、100リットルの二軸強制練りミキサを使用し、1回の練混ぜ量を80リットルとした。一括練りと分割練りにおける各材料の投入順序および練混ぜ時間を図-3に示す。全体の練混ぜ時間は、ともに105秒とした。

表-1 使用材料

種別	種類	記号	仕様
セメント	早強ポルトランドセメント	HC	密度 3.14g/cm ³
細骨材	滋賀県犬上郡産 石灰砕砂	S	表乾密度 2.67g/cm ³ , 粗粒率 2.78
粗骨材	滋賀県犬上郡産 石灰砕石	G	表乾密度 2.70g/cm ³ , 粗粒率 6.68
混和剤	AE減水剤	Ad	変性リグニンスルホン酸系
	AE剤	AE	変性ロジン酸系

表-2 コンクリート配合

練混ぜ方法	目標値		水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
	スランプ SL (cm)	空気量 Air (%)			セメント HC	水 W	一次水 W1	二次水 W2	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤	
											Ad	AE
一括練り	8±2.5	4.5±1.5	39.0	42.3	446	174	-	-	722	995	6.69	0.02
分割練り						-	133	41			4.46	0.02

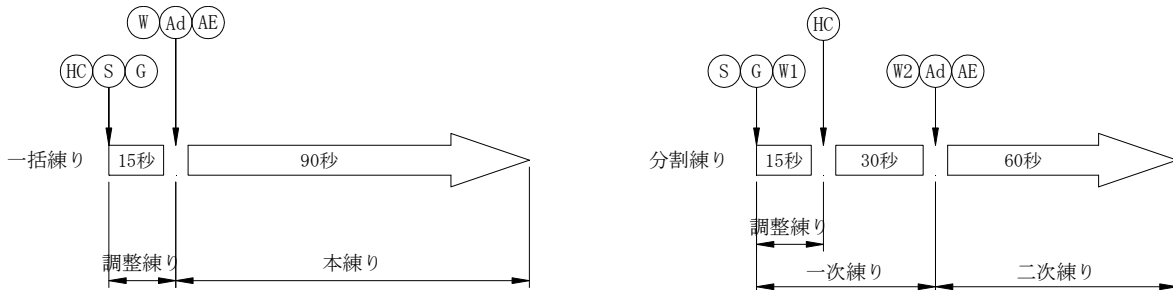


図-3 投入順序および練混ぜ時間

3.2 充填試験

(1) 充填試験器

充填試験器は、既往の研究⁴⁾を参考に製作し、室内試験で容易に実施できる試験器とした。試験器の概要図を図-4に、外観を写真-1に示す。充填性能の確認方法としては、仕切り板に設置した開閉用の仕切りゲートを下げた状態でA室天端まで詰めたコンクリートが、仕切りゲートを上げた後に振動機によってB室に流動し、B室の充填完了高さに至るまでにかかる充填時間を評価するものとした。A室とB室の高さはそれぞれ600mmと500mm、幅は250mm、奥行きは400mmであり、振動開始前にA室に充填するコンクリートの容積は60リットルである。また、仕切り板をコンクリートが通過する高さは、効果が得

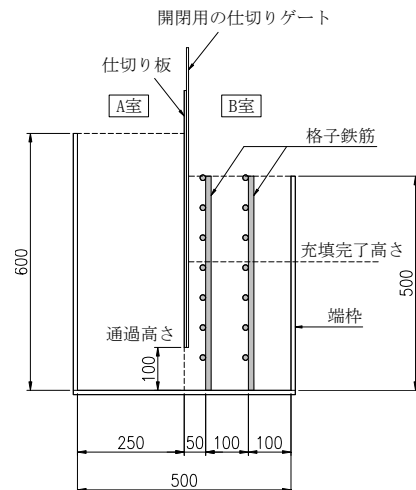


図-4 充填試験器

られた場合に評価できるよう100mmとした。試験器の型枠および仕切り板の材料は鋼製であるが、片側の側面はコンクリートの充填状況を確認できるように透明のアクリル板で製作している。B室には、PC鋼材定着部付近の鉄筋量を想定した格子鉄筋を100mm間隔で2列配置した。格子鉄筋はD13を70mm間隔で格子状に配置したものであり(図-5)、通過容積(通過高さ100mm×幅250mm×奥行き400mm)に対する鉄筋質量を鉄筋量とすると、2列の鉄筋量で約180kg/m³である。

(2) 試験方法

図-6に試験手順を示す。まず、充填試験器の仕切りゲートを下げた状態でA室の天端までコンクリートを詰めた。その後、仕切りゲートを上げ、棒状振動機によってA室のコンクリートを内部振動させ、時間測定を開始した。そして、振動開始からB室のコンクリートが充填完了高さ300mmまで達し、A室とB室の水頭差がなくなるまでの充填完了時間を測定した。充填状況は充填完了までアクリル板側からビデオ撮影し、10秒間隔で抽出した静止画像によりB室の端枠での充填高さを測定した。なお、充填高さは、静止画像での充填完了高さを基準高さとした比率により算出した。また、振動方法は現場打ちコンクリートの充填を想定し、主に実際の施工で使用されている棒状振動機(φ40mm)を使用し、振動位置はA室の中央とした。



写真-1 充填試験器

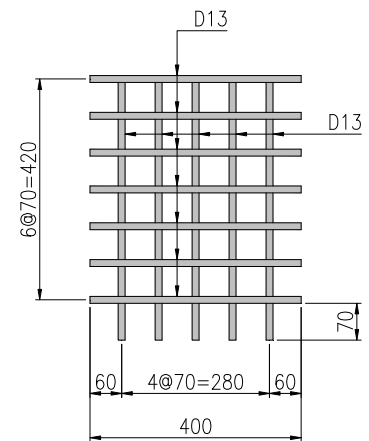


図-5 格子鉄筋

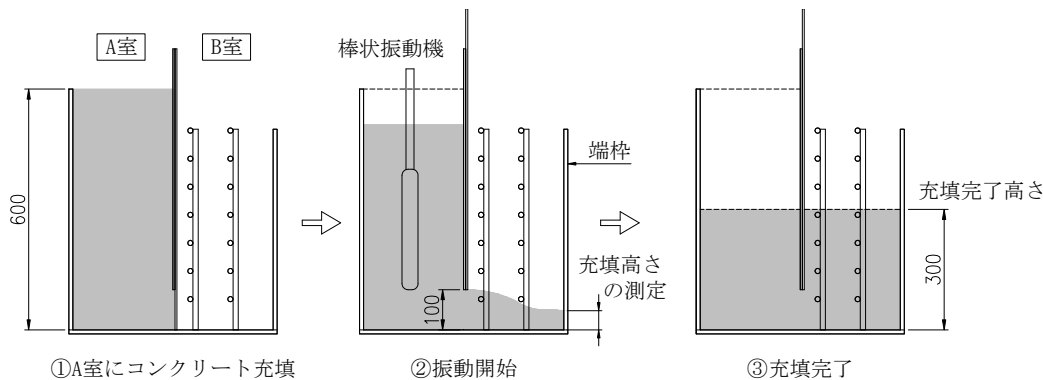


図-6 試験手順

4. 試験結果および考察

4.1 コンクリートの特性

コンクリートのフレッシュ性状を表-3に示す。スランプは、一括練りと分割練り共に7.0cmであった。

表-4に材齢28日における硬化コンクリートの物性を示す。圧縮強度は、共に目標値よりも大きい値を示した。また、分割練りコンクリートは、同配合の一括練りコンクリートと比較して強度が向上するといわれているが、今回の試験では、分割練りの方がやや小さい結果であった。

表-3 フレッシュ性状

練混ぜ方法	スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)
一括練り	7.0	5.3	17.7
分割練り	7.0	5.4	18.8

表-4 硬化コンクリートの物性(材齢28日)

練混ぜ方法	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	単位容積質量 (g/cm ³)
一括練り	65.3	38600	2.356
分割練り	62.2	37100	2.336

4.2 充填試験

振動開始からの充填時間とB室の端枠での充填高さの関係を図-7に示す。

一括練りと分割練りは共に充填時間10秒以降にB室の端枠に到達し、30秒以降に明確に差が現れた。写真-2は、50秒における充填状況であるが、充填高さの差異が見てとれる。また、写真上の線が示すように、一括練りに比べ分割練りのコンクリート表面の傾きは緩やかであった。充填完了時間は、分割練りが短い結果となり、分割練りによる振動下での充填性能が高いことを確認した。

既往の研究²⁾⁵⁾によれば、コンクリートのフレッシュ性状におよぼすモルタルの塑性粘度が、分割練りによって低減することが明らかとなっている。また、分割練りによって塑性粘度が低減することにより振動下での充填性能が向上することが確認されており、本試験でも同様に分割練りによりモルタルの塑性粘度が低減し、充填性能が向上したと考えられる。

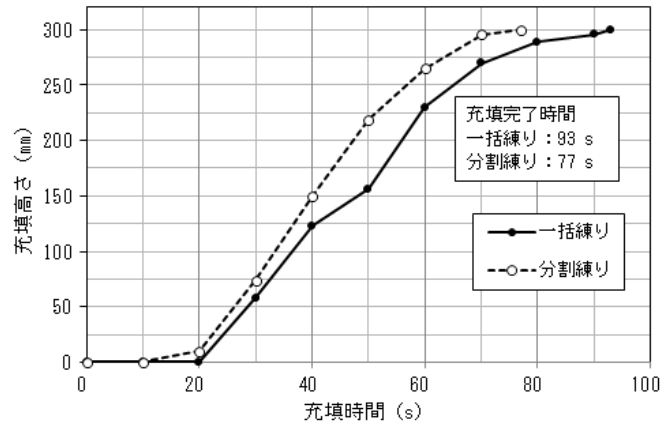
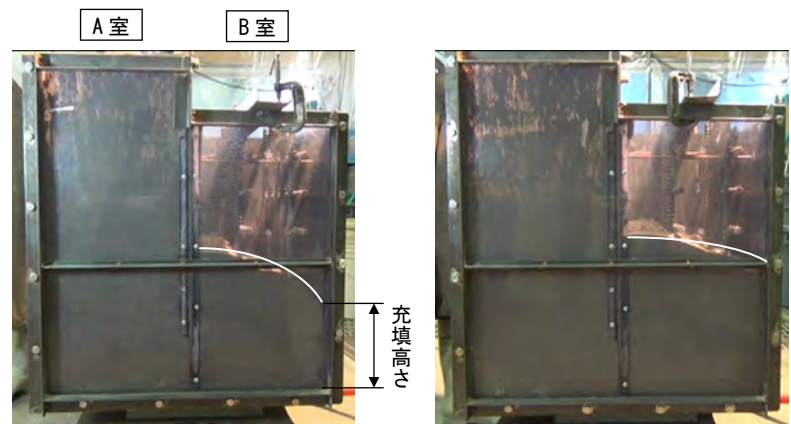


図-7 充填時間と充填高さの関係



一括練り

分割練り

写真-2 充填時間 50 秒での充填状況

5. まとめ

一括練りと分割練りコンクリートの充填試験を実施し、PC上部工に使用するような高強度で水セメント比の小さいコンクリートにおいても、分割練りは振動下での充填性能が高いことを確認した。今回の試験では、目標スランプ8cmで一配合のみ実施したが、今後は充填性能に影響すると考えられるスランプや水セメント比、細骨材率などをパラメータとした試験を実施し、分割練りの充填性能を確認する必要がある。また、分割練りコンクリートには、充填性能が高いなどのフレッシュ性状に関する特長だけでなく、硬化後の品質の安定や耐久性の向上などの特長があるとされており、今後、PC上部工に使用するコンクリートに対してその有意性を確認したいと考えている。

参考文献

- 1) 伊達, 長谷川, 池田, 辻: 分割練混ぜにより製造したモルタルのブリーディングに及ぼす細骨材特性の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 26, No. 1, pp. 615-620, 2004
- 2) 伊達, 御領園, 渡辺, 橋本: コンクリートの振動充てん性能に及ぼすフレッシュ性状の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 2, pp. 25-30, 2007
- 3) 土木研究センター: 建設技術審査証明報告書 技術名称 SECコンクリート, 2008
- 4) プレストレスト・コンクリート建設業協会: スランプ検討小委員会報告 施工性を考慮したコンクリートの性状に関する報告書, 2005. 10
- 5) 伊達, 長谷川, 室賀, 辻: モルタルの粘性に及ぼす分割練混ぜの効果, コンクリート工学年次論文集, Vol. 27, No. 1, pp. 991-996, 2005