

報告 合成構造沈埋函に用いる充填コンクリートの適用性に関する実験

北澤 壮介*1・東 俊夫*2・山縣 延文*3・白石 修章*4

要旨：沈埋函の合成構造部材に充填するコンクリートとして、高流動コンクリートほどの自己充填性はないが、補助的に振動を加えることで所要の充填性が得られる経済的なコンクリートの適用性を実験により検討した。その結果、スランプフロー450mm程度の充填コンクリートの製造性、フレッシュ性状の安定性、ポンプ圧送性、実大鋼殻モデルへの充填性が確認でき、本コンクリートが実用性の高いコンクリートであることが分かった。

キーワード：充填コンクリート, 合成構造, 沈埋函

1. はじめに

沈埋函は、**図-1**に示すような鋼コンクリート合成構造の採用例が近年増えてきており、自己充填性を有するスランプフロー650mm程度の高流動コンクリートが用いられている。しかしながら、高流動コンクリートは材料管理、製造管理、品質管理が煩雑で、通常のコンクリートに比べてかなり高価なコンクリートである。そこで筆者らは、補助的に振動を加えることで確実な充填性が得られ、高流動コンクリートに比べて安価で、材料、製造、品質管理が比較的容易なスランプフロー450mm程度のコンクリート（以下、充填コンクリートと称す）の適用を考え、種々の実験による検討を進めている。

本稿は、充填コンクリートの性能および施工性の検討を目的とした種々の実験について報告するものである。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの使用材料および配合

コンクリートの使用材料および配合を**表-1**、**表-2**に示す。骨材やセメントは生コン工場で通常使用されているものを用い、高性能AE減水剤は流動性の保持性能に優れ、著しい凝結遅延のないものとした。また、コンクリートの配

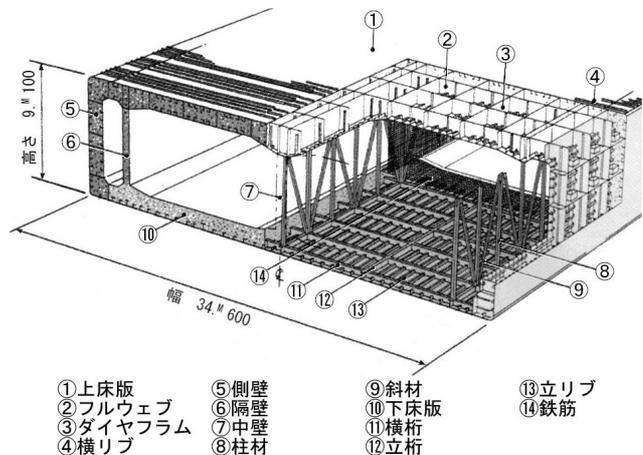


図-1 合成構造沈埋函の構造概念図

合は、事前の試験練りによって**表-3**に示す性能を満足するものとした。なお、U形充填試験は、**図-2**に示す装置¹⁾を用い、ゲートを開けた直後の自己充填高さ、およびその後A室のコンクリートを加振してA室とB室との充填高さが同一になる時間（加振時間）を測定した。

2.2 室内実験

表-2の配合の充填コンクリートを基本としてフレッシュ性状の安定性を調べた。フレッシュ性状に影響を与える要因として細骨材表面水率（以下、表面水率）、細骨材粗粒率（以下、粗粒率）および高性能AE減水剤添加量を取り上げ、これらの変動に伴うフレッシュ性状の変化

*1 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾新技術研究官 工修(正会員)

*2 国土交通省 九州地方整備局 北九州港湾空港工事事務所 所長 工修

*3 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 所長 工修

*4 (財)沿岸開発技術研究センター 調査部 第二調査部長 工博

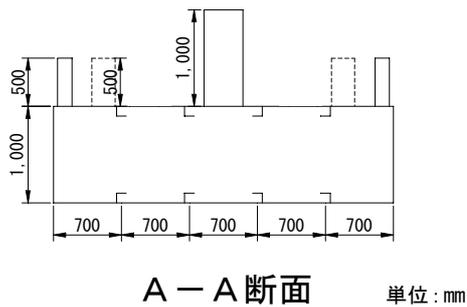
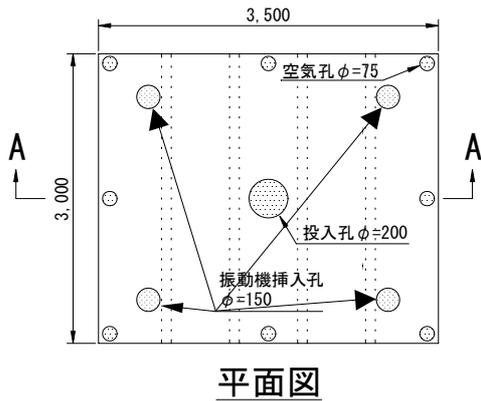


図-4 充填実験用鋼殻モデル

2.5 鋼殻モデルへの充填実験

図-1に示す沈埋函の上・下床版1区画を再現した鋼殻モデル(図-4)を2体製作し、スランプフロー400mm程度と500mm程度の2ケースについて充填実験を行った。コンクリートの打込みは高流動コンクリートの場合と同様に中央1箇所から行い、加振位置は2.4の実験結果をもとにコーナー部に近い位置(4箇所)とした。また、空気抜き孔の位置および数は、高流動コンクリートの打設事例と同様とした。

なお、打設速度については、鋼殻上面から15cmにコンクリートが到達するまでは50~60m³/hr、それ以降は20m³/hr程度とした。

3. 実験結果および考察

3.1 室内実験によるフレッシュ性状評価

表面水率等の各要因の変動に伴うスランプフローの変化を図-5に示す。スランプフローは表面水率1.0%の変動で50~75mm、粗粒率0.2の変動で50~75mm変化した。また、表面水率および粗粒率の変動に伴う自己充填高さおよび加振時間の変化は、図-6に示すように、表面水率が+1.0%変動した場合(練混ぜ水量が減少した

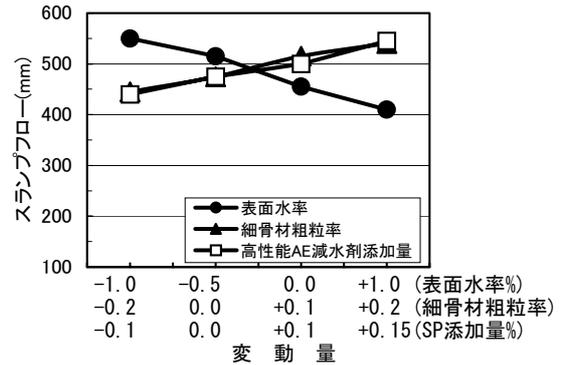


図-5 各要因の変動とスランプフローの変化

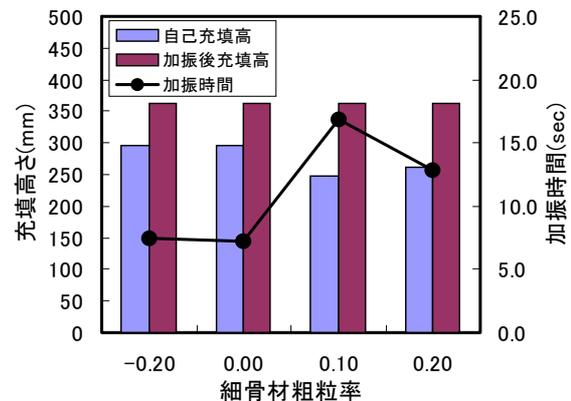
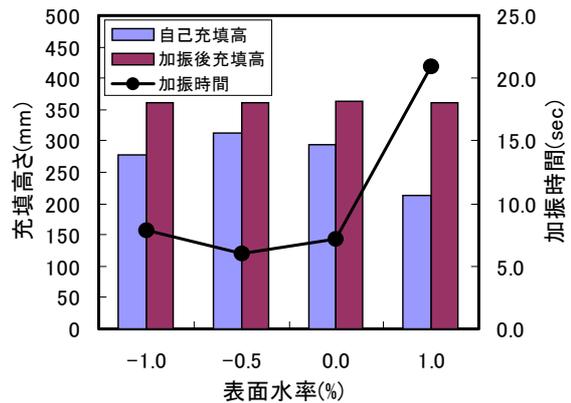


図-6 表面水率、粗粒率の変動とU形充填試験結果

場合)に自己充填高さが小さく、加振時間も長くなって充填性に影響を及ぼすことがわかった。粗粒率が+0.1変動した場合は、自己充填高さに大きな変化はないが加振時間が長い結果となった。これはフレッシュコンクリートの粘性低下と併せ、このケースで骨材の噛み合いが生じたものと思われる。ブリーディング率については、概ね1%程度の結果となる中で、表面水率が-1.0%となる場合(練混ぜ水量が増加した場合)や粗粒率が+0.2となる場合に3%以上となる結果が得られた。したがって、表面水率と粗粒率

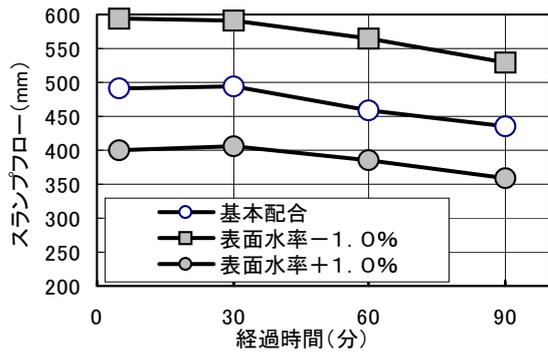


図-7 細骨材表面水率の変動とスランプフローの関係

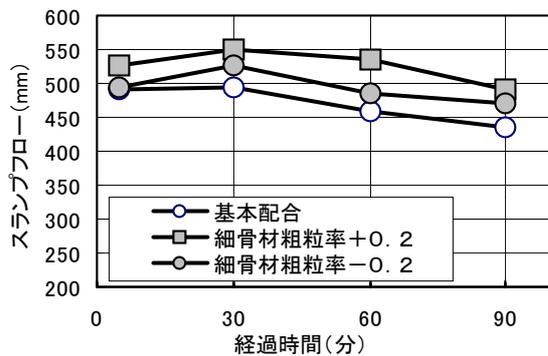


図-8 細骨材粗粒率の変動とスランプフローの関係

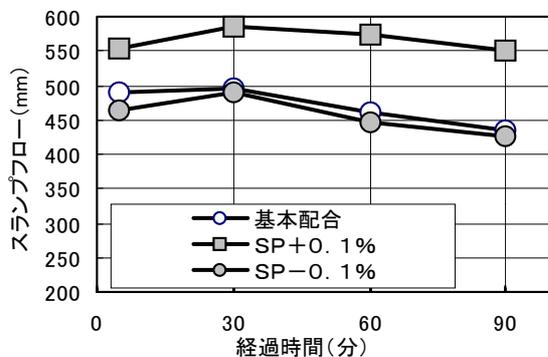


図-9 高性能 AE 減水剤使用量の変動とスランプフローの関係

の変動については注意が必要と考えられた。

3.2 実機実験によるフレッシュ性状評価

実機ミキサによる製造後のスランプフローの時間変化を各種変動要因別に図-7～図-9に示す。スランプフローはいずれの場合も製造後30分までは保持または微増し、以後減少する傾向が見られた。製造後60分でのスランプフローの低下は小さく、90分後でも概ね50mm以内で

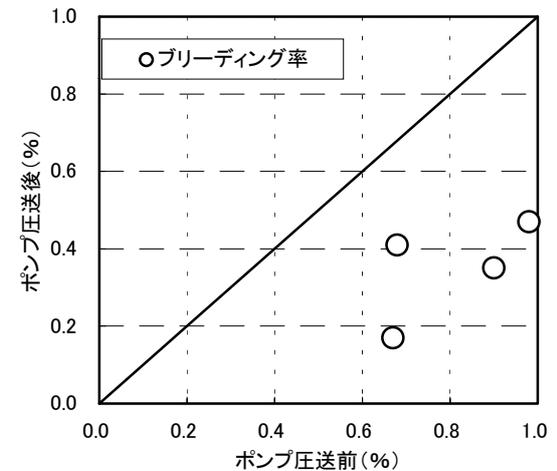
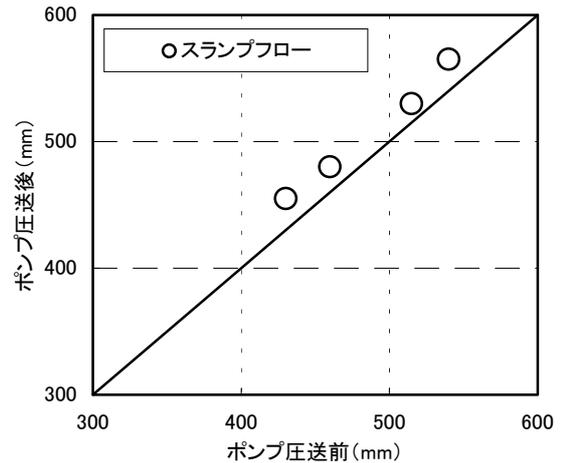


図-10 ポンプ圧送前後の性状

あり、実用性に問題はないと考えられる。

また、表面水率の変動に対しては、表面水率1.0%の変動に伴いスランプフローが100mm程度変化した。この影響は室内実験の結果より大きく、実際のコンクリート製造では表面水率の管理が相応に必要と考えられる。一方、粗粒率の変動に伴うスランプフローの変化は室内実験の結果より小さかった。

なお、これらのフレッシュ性状変化の程度は高流動コンクリートに関する既往の調査事例²⁾と比較すると、粉体系より小さく併用系と同等と判断できる。

3.3 ポンプ圧送に伴う品質変化

ポンプ圧送前後のスランプフローおよびブリーディング率の変化を図-10に示す。充填コンクリートはポンプ圧送前後においてフレッシュ性状の変化がほとんどみられず、ブリーディ

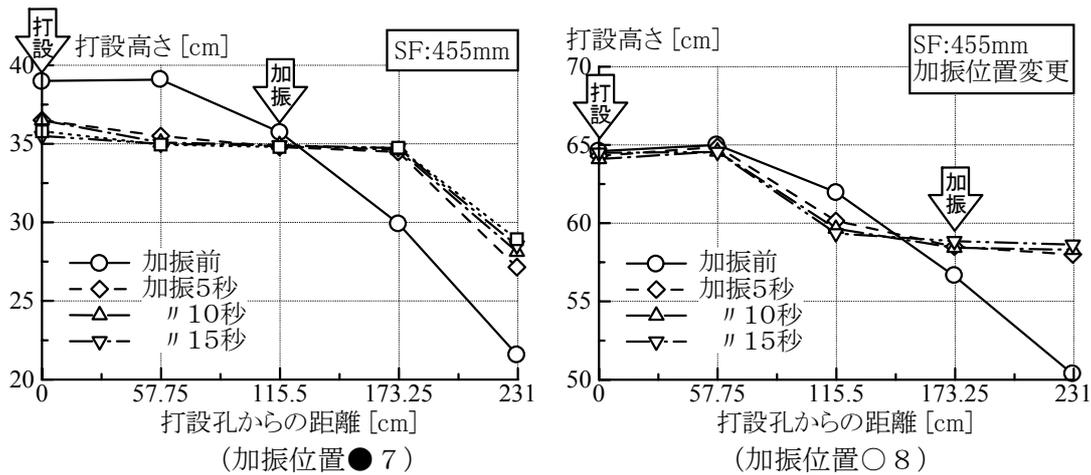


図-1-1 加振位置と加振効果

ング率はポンプ圧送後で小さくなる傾向を示した。このことから充填コンクリートは良好なポンプ圧送性を有していると考えられる。

3.4 加振の効果

図-3に示す簡易型枠を用いて行った加振時の流動勾配測定結果を図-1-1に示す。図中には加振前の勾配を実線、加振後の勾配をその他の線種で示している。

当初設定した加振位置は、打設孔とコーナーとの中央(図-3に示す●7)であったが、当位置での加振ではコーナー部のコンクリートまで加振効果が及ばないことがわかった。そこで加振位置をコーナー部に近い位置(打設孔から173.25cm, 図-3に示す○8)に変更したところ、加振効果がコーナー部のコンクリートまで及ぶことが確認できた。このことから、鋼殻モデルの充填実験の加振位置を打設位置とコーナー部の線上でコーナー部に近い位置(図-3に示す○8)に変更することとした。加振時間は5秒を超えてもその効果に変化は見られなかった。

3.5 鋼殻モデルへの充填性

充填コンクリートの現地到着時のスランプフローは530mm(計画500mm)および400mm(計画400mm)であった。コンクリートの充填は、上面鋼板から15cm程度下面まで50~60m³/hの打込み速度で行い、その後充填完了までは20m³/h以下の打込み速度で行った。また、充填時の加振は約1分間隔で行い、1回の加振時間

は5秒程度とした。打込みの終了は、鋼殻端部上面に設けた空気孔でのコンクリート上昇確認をもって充填完了とした。

コンクリートの充填性を評価するため、コンクリート硬化後に鋼殻モデル上面鋼板を撤去し、コンクリート上面を12.5cmで分割したメッシュ各点で未充填深さを測定した。コンクリート上面の出来形にスランプフローの違いによる明瞭な相違は見られなかったため、結果の一例(スランプフロー500mm程度)を図-1-2に示す。図中の数字は四隅で計測した未充填深さの平均である。スランプフロー500mm程度の充填コンクリートでは最大4mmの未充填深さが計測されたが、未充填部の形状は連続したものではなく残留気泡であることから、問題となるような未充填とは考えられない。一方スランプフロー400mm程度のものは、未充填深さの平均が5mmと若干大きい箇所も見られたが、いずれも連続した未充填ではなく、スランプフロー400~500mm程度の充填コンクリートは良好な充填性を示したといえる。なお、上述の残留気泡はいずれも加振孔の周辺に多いことから、加振の影響によるものと考えられる。

また、充填コンクリートの硬化品質を調査するため、打設孔、加振孔及び空気孔位置でコアサンプリングを行い、強度試験等を実施した。結果の一例として、打設孔と加振孔位置での結果を図-1-3に示す。

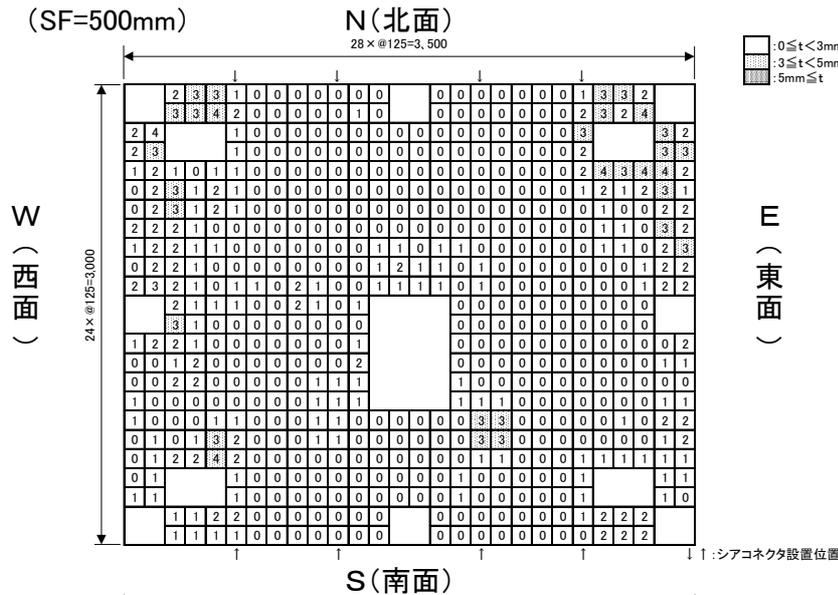


図-12 充填性調査結果

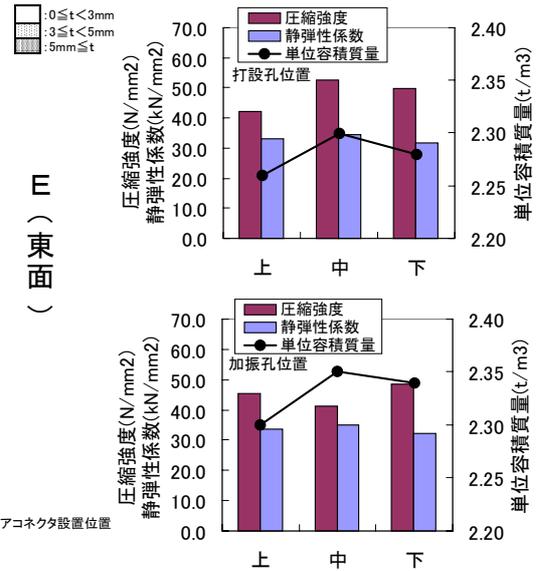


図-13 コアによる調査結果

圧縮強度、単位容積質量及び静弾性係数は、鋼殻モデルの高さ方向に違いはみられず、打設孔、加振孔及び空気孔でも大きな違いがみられなかった。すなわち、充填コンクリートの硬化品質は、材料分離や加振の影響を受けることなく所要の性能を満足していたといえる。

4. まとめ

一連の実験により、以下の知見を得た。

- (1)スランプフロー450mm 程度の充填コンクリートについて、細骨材表面水率や細骨材粗粒率の変動に伴うフレッシュ性状の変化の程度を把握することができた。その程度は、高流動コンクリートと比較すると粉体系より小さく併用系と同等と考えられ、比較的影響の大きい細骨材表面水率は相応の管理が必要と考えられた。
- (2)生コン工場の実機ミキサで製造した充填コンクリートは、所要のフレッシュ性状を發揮する。製造後のスランプフローの時間変化は、90分後で概ね50mm以内の低下に留まり、十分に施工対応が可能である。
- (3)充填コンクリートのポンプ圧送前後のフレッシュ性状にほとんど変化はなく、圧送性は良好と考えられる。

- (4)スランプフロー400～500mmの充填コンクリートを沈埋函上下床版に打ち込んだ場合、所要の充填性を確保できることが確認できた。また、その場合の加振位置はコーナー部から60cm程度の4箇所とし、加振は1回当たり5秒程度で約1分間隔の頻度で行えばよいことがわかった。

- (5)スランプフロー400～500mmの充填コンクリートは、硬化品質も所要の性能を有していることが確認できた。

以上から、種々の実験により充填コンクリートが合成構造沈埋函に十分適用可能であることがわかった。今後は、さらなる適用性の検討として、スランプフロー等の許容範囲の把握、フレッシュ性状の安定性追求等に鋭意取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 高流動コンクリート施工指針：土木学会コンクリートライブラリー93, pp.157-159, 1998.10
- 2) 岡龍一郎, 岩城実, 坂田昇：特殊増粘剤が高流動コンクリートの流動性を安定させる効果, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集, V-56, pp.138-139, 1993.9