

報告 合成構造用充填コンクリートの適用性に関するモデル実験

末岡 英二^{*1}・佐野 清史^{*2}・勝海 務^{*3}・清宮 理^{*4}

要旨:スランプフロー450mm程度の充填用コンクリートの合成構造への適用性を検討するために、大部分が閉鎖された合成構造用鋼殻モデルを用いた充填実験を行い、補助的な加振により充填した場合のコンクリートの充填性、硬化品質および加振効果などを調べた。その結果、固定位置での補助的な加振のみにより、本コンクリートを大部分が閉鎖された合成構造用鋼殻内に充填でき、良好な硬化品質を有することがわかった。

キーワード:合成構造用充填コンクリート、モデル実験、加振、充填性、硬化品質

1. はじめに

筆者らは、鋼コンクリートサンドイッチ構造をはじめとする合成構造部材において、大部分が閉鎖された空間に充填できるコンクリートとして、スランプフローが450mm程度で、補助的な振動を加えることにより確実な充填性が得られ、所要の品質および耐久性を有し、施工性、経済性に優れたものを合成構造用充填コンクリート¹⁾と定義し(以下充填コンクリートとする)、その適用性をモデル実験により検討した。

本稿では、充填コンクリートの打設方法、振動機の加振方法等がコンクリートの充填性および硬化品質に与える影響を調査した結果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

実験で用いたコンクリートの使用材料を表-1に示す。セメントおよび骨材は、通常生コン工場で使用しているものを用いた。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表-2に示す。コンクリートの配合は、室内実験での結果²⁾を参考に、スランプフロー450mm程度で、ブリーディン

表-1 コンクリートの使用材料

材料名	種類・産地
セメント (W)	高炉セメントB種 (U社製) 密度 3.04g/cm ³ 比表面積 4,090cm ² /g
粗骨材 (G)	笠間産砕石(2005) 表乾密度 2.66g/cm ³ 吸水率 0.64% 粗粒率 6.71
細骨材 (S)	鹿島産陸砂 表乾密度 2.57 g/cm ³ 吸水率 2.14% 粗粒率 2.51
	笠間産砕砂 表乾密度 2.62 g/cm ³ 吸水率 1.71% 粗粒率 2.91
高性能 AE 減水剤(SP)	ポリカルボキシル酸エーテルと架橋ポリマ (N社製)
増粘剤 (VA)	低界面活性型水溶性セルロースエーテル 2%水溶液 粘度 10,000cp(S社製)

陸砂と砕砂の混合比=8:2(質量比)

表-2 コンクリートの配合

配合 No.	W/C (%)	s/a (%)	粗骨材 絶対容積 (ℓ/m ³)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	S	G	VA	SP
1	50.0	48.1	345	175	350	825	918	0.175 W×0.10%	3.50 C×1.0%
2	40.0	46.5	345	170	425	775	918	—	4.25 C×1.0%
3	40.0	46.5	345	170	425	775	918	0.170 W×0.05%	3.83 C×0.9%

グ率が1%以下(室内実験での結果)のものとした。すなわち、増粘剤によりブリーディングを抑制したものの(配合 No.1)、セメントの増量によりブリーディングを抑制したものの(配合 No.2)、

*1 東洋建設(株)美浦研究所材料研究室主任研究員 工修 (正会員)

*2 東洋建設(株)美浦研究所副所長 博士 (工学) (正会員)

*3 (財)沿岸開発技術研究センター調査部第二調査部長

*4 早稲田大学教授 理工学部土木工学科 工博 (正会員)

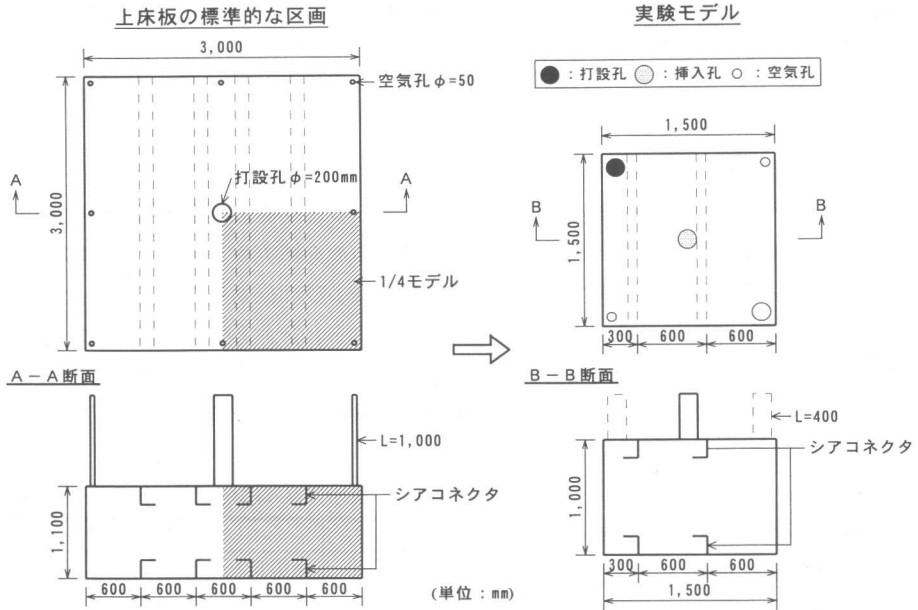


図-1 実験モデル

およびその両者を合わせたもの(配合 No.3)の3種類とした。コンクリートの製造は、生コン工場で行った。練混ぜはセメント、骨材、増粘剤を投入して空練り 30 秒行い、その後注水して 90 秒練混ぜた後に排出した。

2.3 実験モデル

実験モデルを図-1に示す。実験モデルは、合成構造である沈埋トンネル沈埋面用上床版の標準的な区画³⁾の1/4モデルとした。型枠は上面および2側面をアクリル板とし、他の2側面および底面を鋼板とした。また、上下面の内部にはシアコネクタを設け、上面にはコンクリートの打設孔、振動機の挿入孔および空気抜き孔を設けた。さらに、打設孔周辺の側面内側に、振動機による型枠の振動防止のために発泡スチロールを貼り付けた。

2.4 実験ケース

実験ケースを表-3に示す。実験はスランブフロー450mm程度で打ち込んだ3ケースおよびスランブフロー350mm程度で打ち込んだ1ケースの合計4ケース行った。スランブフロー350mmの実験No.2は、コンクリート製造後のスランブ

表-3 実験ケース

実験 No.	配合 No.	打込み時の目標スランブフロー(mm)	コンクリートの打込み位置	振動機の位置		振動時間(秒/回)
				打込み中	表面充填時	
1	1	450	打設孔	打設孔		30
2	1	350	打設孔 挿入孔 空気孔	打設孔 挿入孔 空気孔	打設孔 挿入孔 空気孔	10~30
3	2	450	打設孔	打設孔		15~30
4	3	450	打設孔	挿入孔		5

フローが 450mm 程度の配合 No.1 で、スランブフローが 350mm 程度に低下するまでアジテータ車を待機させ、所要のスランブフローになったことを確認した後、モデル内に打込んだ。

2.5 コンクリートの加振手順

コンクリートの加振手順を図-2に示す。実験 No.1~3 において、振動機(直径 25mm, 振動数 13,000~15,000VPM)による加振は、コンクリートが上面型枠に達するまで打設孔で行い、充填最終段階では状況に応じて挿入孔および空気孔でも行った。一方、実験 No.4 では、コンクリートが上面に達するまで挿入孔で加振し、その後は他のケースと同様な方法とした。

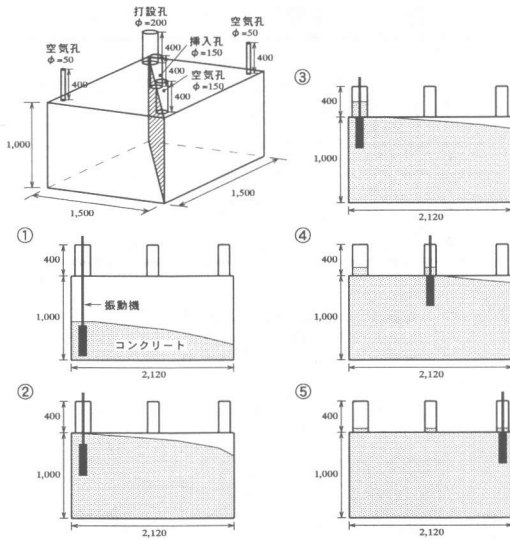


図-2 コンクリートの加振手順(実験 No. 1, 2, 3)

表-4 試験・測定項目および方法

試験・測定項目	方法
スラング70-試験	JSCE-F503に準拠
U型充填試験	土木学会高流動コンクリート施工指針に準拠。振動機を用いてほぼ水平となるまでの充填時間(振動充填時間)を測定(図-4 ²⁾ を参照)。
空気量試験	JIS-A-1128に準拠
ブリーディング試験	JIS-A-1123に準拠
圧縮強度試験	JIS-A-1108に準拠
静弾性係数試験	JSCE-G502に準拠
流動勾配	ビデオカメラ

2.6 試験および測定項目

試験・測定項目および方法を表-4に示す。圧縮強度および静弾性係数試験は、管理用供試体とモデル体から採取したコアについて実施した。供試体寸法はいずれもφ100×200mmとし、コアについては採取後に所定の位置で切断して試験を行った。また、管理用供試体の養生方法は標準養生および現場封緘養生の2種類とし、材齢28日で試験を行った。コアの採取および切断位置を図-3に示す。

流動勾配の測定は、アクリル板の側面をビデオカメラで撮影し、映像を図化することで算出した。

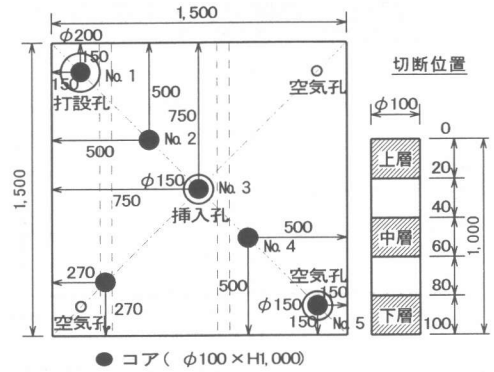


図-3 コア採取および切断位置

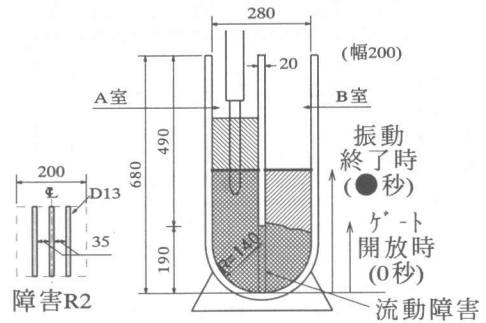


図-4 U型充填試験方法

表-5 フレッシュコンクリートの試験結果

実験 No.	経過時間 (分)	スラング70- (mm)	空気量 (%)	U型充填試験		ブリーディング率 (%)
				自己充填高さ (cm)	振動充填時間 (秒)	
1	5	47.0				
	15	43.5	4.0	19.0	39.5	1.85
	45	39.5	3.9	16.0	49.8	
2	5	42.0				
	15	40.0	4.1	16.0	25.0	0.82
	60	36.0	4.0	14.0	29.8	
	105	23.0	4.0			
3	5	42.0				
	15	44.5	3.6	26.5	10.0	0.81
	45	35.0	3.9	18.0	16.0	
4	5	45.5				
	25	42.5	3.3	26.0	15.0	0.88
	53	35.5	3.2	15.0	47.5	

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-5

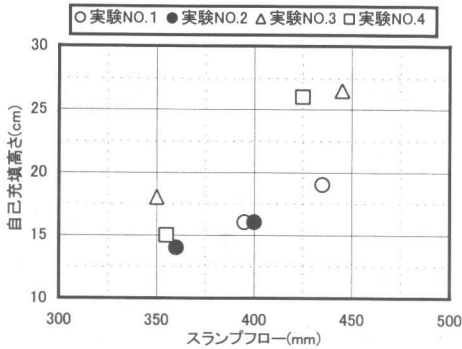


図-5 スランプフローとU型充填試験における自己充填高さの関係

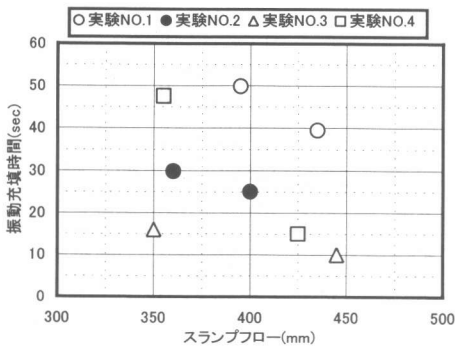


図-6 スランプフローとU型充填試験における振動充填時間の関係

に示す。ブリーディング率は、実験No.1のみ1%以上で、その他は全て1%以下となった。実験No.1は増粘剤でブリーディングを抑制する配合であるが、増粘剤添加量が少量であったため、生コン工場の実機ミキサで練混ぜた場合、十分分散出来なかったことが考えられた。

U型充填試験結果を図-5, 6に示す。スランプフローが400~450mm程度で、自己充填高さは20~25cmであったが、加振によりA, B両室のコンクリート高さはほぼ水平になった。また、水平になるまでの時間(振動充填時間)は、コンクリートの種類によって異なり、同じスランプフローでも、増粘剤を添加したものは、添加しないものに比較して振動充填時間が長くなり、加振の効果が異なることがわかった。

表-6 流動勾配と打ち込み速度

実験No.	スランプ ^o フロー (mm) (開始時~終了時)	流動勾配(%)		充填速度 (m ³ /hr)
		加振直前	加振直後	
1	435~395	4~6	4~5	14.2
2	360~230	20~27	15~23	9.5
3	445~350	6~13	2~9	8.2
4	425~355	7~14	6~14	9.3

丸数字：加振回数および経過時間
 ——：加振前コンクリート
 - - -：加振後コンクリート

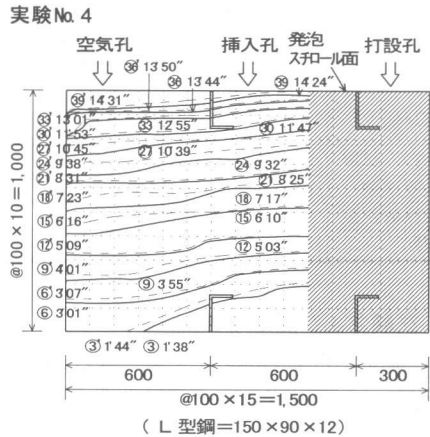
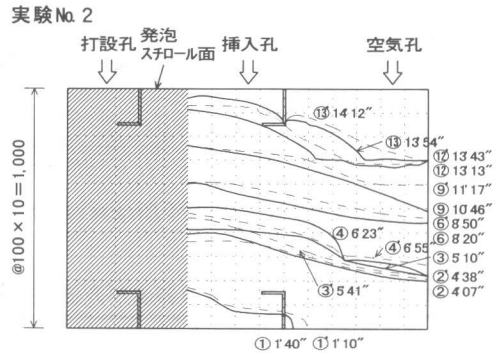


図-7 コンクリート流動状況(実験No.2,4)

3.2 流動状況

コンクリートの流動勾配と打ち込み速度を表-6に、コンクリート流動状況の一例として、実験No.2, 4の流動状況を図-7に示す。各ケースで加振時間、頻度および打ち込み速度が異なるため、厳密な比較は出来ないが、スランプフローの大きい方が流動勾配は小さかった。また、コンクリートを打ち込みながら加振したた

め、加振後のコンクリート面は、加振前から上昇しており、その勾配はいずれのケースも加振前に比較して小さかった。

3.3 モデル体の出来形

モデル体の出来形の例とコンクリートの充填率をそれぞれ写真-1 および表-7に示す。モデル体上面には残留気泡跡が見られたが、コンクリートの沈下やシアコネクタ周りの未充填箇所は見られず、形鋼率は99%以上であり、良好な充填性が確認できた。また、上面の残留気泡跡を除いた面積率は、実験No.1,2を除いて90%以上であり、高流動コンクリートを用いた同種実験⁴⁾での充填面積率に比較して大きかった。実験No.1,2においては、充填終了直前の振動機による加振時間が長すぎたため、残留気泡跡が多くなったと考えられる。特に、実験No.2においては、スランブフローが小さかったため、加振時間が長くなった。

3.4 硬化コンクリートの品質

モデル体から採取したコアの圧縮強度と静弾性係数試験結果を図-8, 9に示す。圧縮強度

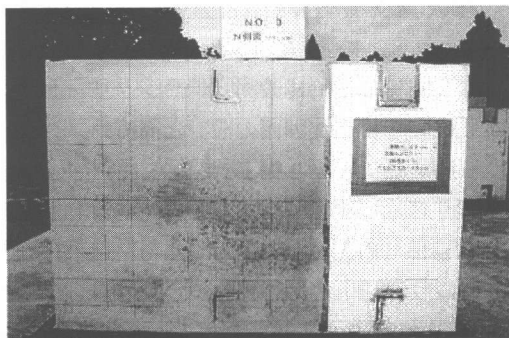
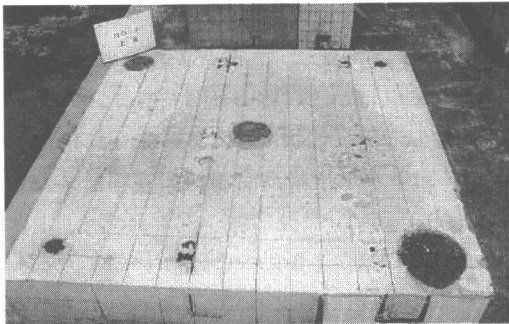


写真-1 モデル体出来形(上:上面, 下:下面)

表-7 コンクリートの充填率

実験 No.	スランブフロー(mm) (開始時 ~終了時)	充填率(%)	
		面積率	形鋼率
1	435~395	81.2	98.67
2	360~230	86.9	98.17
3	445~350	96.5	99.80
4	425~355	93.9	99.70

面積率=100-{(上面残留気泡面積/上面の面積(2.25m²))×100}

形鋼率=100-{(上面残留気泡のシヤコネクタ面に接する面積/シヤコネクタ鉛直面の面積(9,000cm²))×100}

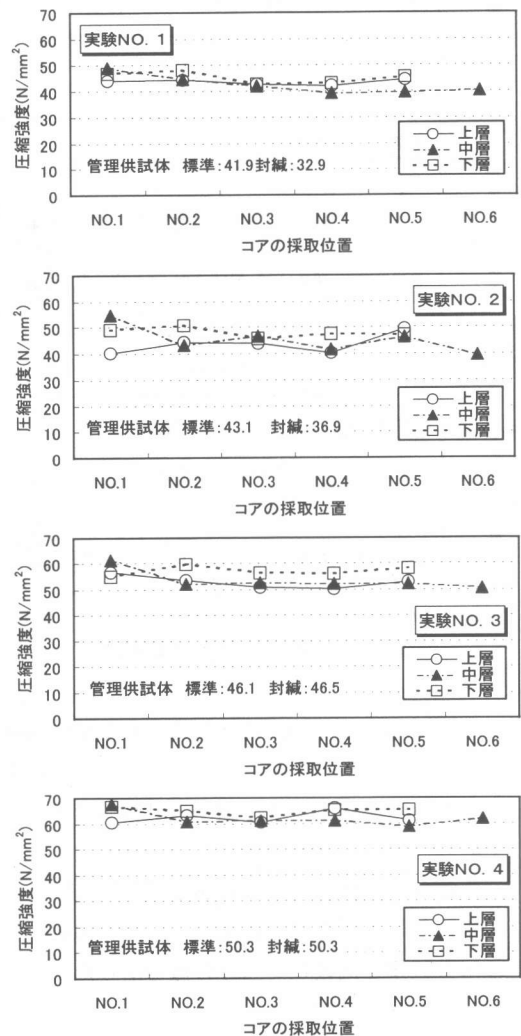


図-8 圧縮強度試験結果

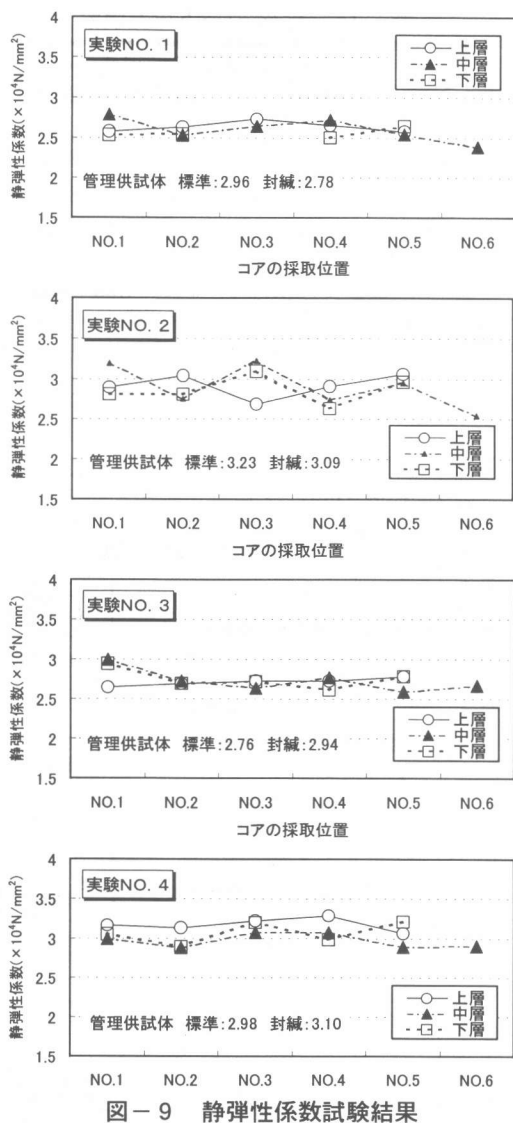


図-9 静弾性係数試験結果

はいずれのケースも採取位置によって 10N/mm^2 程度のばらつきを上・中・下層で示したものもあるが、封緘養生管理供試体の試験値を上回っており、良好な強度を有していた。

また、静弾性係数は実験 No.2 で若干、上・中・下層におけるばらつきが大きかったものの、管理用供試体と比較して同等の値を示した。

4. まとめ

今回の実験から、筆者らが定義したスランブフロー450mm 程度の合成構造用充填コンクリ

ートの、大部分が閉鎖された合成構造への適用において以下ことが確認できた。

- (1) コンクリートの種類により加振の効果は若干異なったが、本実験で実施した固定位置での補助的な加振のみでコンクリートの流動勾配の低減が見られ、シアコネクタを設置した型枠内に充填できた。
- (2) 振動機による加振時間が長くなる場合、コンクリート上面の残留気泡が多くなる傾向があった。
- (3) モデル体から採取したコアにより、圧縮強度、静弾性係数の試験を実施した結果、充填されたコンクリートは良好な硬化品質を有することが確認出来た。

なお、本研究は、国土交通省港湾技術研究所、(財)沿岸開発技術研究センター、早稲田大学理工学部清宮研究室、五洋建設(株)、佐伯建設工業(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)、若築建設(株)で実施している「合成構造用充填コンクリートの開発に関する共同研究」の一環として行ったものである。本研究にご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤原敏弘ほか：材料因子が充填コンクリートのフレッシュ性状に与える影響，土木学会第55 回年次学術講演会講演概要集，V-237，2000.9
- 2) 末岡英二ほか：振動を受けた中流動コンクリートの基礎性状について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21, No.2, pp.427-432，1999.6
- 3) 運輸省第三港湾建設局：鋼コンクリートサンドイッチ構造沈埋函の設計と高流動コンクリートの施工，第2編 1-2，1996.11
- 4) 本庄隆宣：沈埋トンネル・フルサンドイッチ構造部への充填を対象とした増粘剤系高流動コンクリートの諸特性について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17, No.1, pp.197-202，1995.6