

振動による締固めが高流動コンクリートの品質に及ぼす影響

鹿島建設（株） 正会員○木村 彩永佳 横関 康祐 高柳 達徳
（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 秋山 吉弘 矢田 勤 山田 淳夫

1. はじめに

高流動コンクリートは大面積のスラブ部材を施工する際に、沈下ひび割れや表面仕上げ時の抑え不足による微細なひび割れが発生することがある。そこで、施工方法による対策として、再振動および振動による表面仕上げについて検討した。再振動は、適切な時期に行うと、コンクリート中の空隙や余剰水が少なくなり、コンクリート強度の増加や沈下ひび割れの防止などに効果がある。表面仕上げは、レタンスやプラスチック収縮ひび割れ等の防止に効果がある¹⁾。しかし、示方書等には再振動や振動による表面仕上げの最適な時期や方法が具体的に示されておらず、また、高流動コンクリートにおいては、品質向上に及ぼす効果が明確にされていない。そこで本検討では、表-1、表-2に示す高流動コンクリートおよび高流動モルタルを用いて、通常の締固めに加えて、再振動を行った試験体と振動による表面仕上げを行った試験体に対して各種試験を実施し、コンクリートの品質向上に及ぼす効果について検証および評価を実施した。

2. 再振動の時期の最適化検討

2.1 試験概要

再振動を行う適切な時期および効果について検討を行った。試験概要を図-1に示す。再振動は棒状内部振動機を用いて、1辺 50cm の立方体の型枠に高流動コンクリートおよび高流動モルタルを打ち込んだ後、表-3に示す試験ケースで実施した。試験は、再振動による試験体表面の沈下量測定、材齢 28 日における、圧縮強度(JIS A 1108)および水銀圧入法による空隙率試験を実施した。

2.2 試験結果および評価

(1) 再振動による表面沈下量および影響範囲

再振動後における高流動コンクリート表面の沈下量を表-4に示す。再振動の実施により表面は沈下し、練上りから 120 分後に再振動を行ったケースでは、端部においても沈下量が大きく、再振動の影響範囲が広いことが確認された。なお、高流動モルタルの場合でも同様の結果が得られた。

(2) 圧縮強度および空隙率

空隙率と圧縮強度の関係を図-2に示す。再振動を行うことにより空隙率は低下し、圧縮強度は高くなった。この傾向は、練上りから 120 分後に再振動を行ったケースでは最も顕著で

表-1 使用材料

材料	記号	概 要
セメント	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.22 g/cm ³ ，比表面積=3,490cm ² /g
フライアッシュ	FA	フライアッシュⅡ種 密度=2.24g/cm ³ ，比表面積=3,800 cm ² /g
膨張材	LEX	改良型石灰系膨張材，密度=3.04 g/cm ³
石灰石微粉末	LP	密度=2.70 g/cm ³ ，比表面積=5,140 cm ² /g
細骨材	S	石灰砕砂，密度=2.66g/cm ³ ，FM=2.70
粗骨材	G	石灰碎石，Gmax=20mm，密度=2.70g/cm ³
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤 ：カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物

表-2 配合

	W/B (%)	SF※ (cm)	Air	使用材料および単位量 (kg/m³)							
				水 W	粉体 P				S	G	SP P×%
					結合材 B			LP			
					LPC	FA	LEX				
高流動 コンクリート	45	65 ±5	2.5 ±1.5	160	229	107	20	178	884	780	0.94
高流動 モルタル				230	338	153	20	230	1279	—	0.68

※：SF=スランブフロー

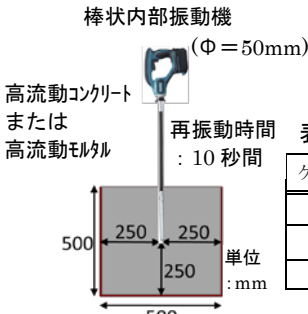


図-1 再振動試験概要

表-3 再振動試験ケース

ケース	再振動の時期
1	再振動無し
2	練上りから 120 分後
3	練上りから 150 分後

表-4 再振動後の高流動コンクリート表面の沈下量 (mm)

ケース 1 (練上りから 150 分後)										ケース 2										ケース 3									
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	0	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均：0.2mm										平均：1.0mm										平均：0.6mm									

※：各交点の沈下量を左上に記入 ※：1マス 100mm×100mm
※：○=棒状内部振動機の挿入位置

キーワード 高流動コンクリート，高流動モルタル，再振動締固め，表面仕上げ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL 042-489-6749

あり,再振動無しのケースと比較すると,空隙率は2~3%低下し,圧縮強度は5~6%向上することが確認された. また圧縮強度と空隙率には,既往の成果²⁾と同様に高い相関があることが確認された. さらに,空隙率の低下に伴い拡散係数や透水係数が低下するため³⁾,物質移行性も小さくなることが考えられる.

以上より,再振動を最適な時期で実施することで高流動コンクリートおよび高流動モルタルの品質が向上することが確認された.

3. 振動による表面仕上げ効果確認試験

3.1 試験の概要

振動による表面仕上げの効果について,表面締固めバイブレータ(58Hzを付与)とトロウエルを用いて検討を行った. 表面仕上げの状況を図-3に示す. 表面仕上げは,幅1.0 m×奥行き2.0 m×高さ0.1 mの型枠に,高流動コンクリートおよび高流動モルタルを打ち込んだ後,表-5に示す試験ケースで2回実施した. なお,表面仕上げは硬化状況から,表面締固めバイブレータの場合は練上りから2時間後,トロウエルの場合は練上りから6.5時間後に行った. 試験は,材齢28日において,水銀圧入法による空隙率の測定および試験体側面の表面気泡数を測定した. 表面気泡数は,試験体から1 m離れた位置から目視により測定した.

3.2 試験結果および評価

(1) 空隙率

空隙率の測定結果を図-4に示す. 振動による表面仕上げを行うことにより,空隙率が小さくなることが確認された. さらに,表面締固めバイブレータを使用した場合に空隙率は最も小さくなり,振動による表面仕上げを実施しないケースと比較すると,空隙率が3~4%小さくなった. また,空隙率の低下により圧縮強度は高くなり,かつ耐久性が向上することが推察された.

(2) 試験体側面の表面気泡数

硬化後の試験体側面の外観と表面気泡数を表-6に示す. 表面締固めバイブレータおよびトロウエルを使用した表面仕上げを行うことにより,高流動コンクリート試験体の側面の表面気泡数が減少することが確認された. さらに,表面締固めバイブレータを使用した場合に最も表面気泡数が減り,品質や美観が向上していることが確認された. なお,高流動モルタルの場合でも同様の結果が得られた.

以上より,表面仕上げに表面締固めバイブレータを使用することで,高流動コンクリートおよび高流動モルタル中のエントラップドエアが排除され,組織が密実となり,品質および美観が向上することが明らかとなった.

4. おわりに

本検討結果を基に本手法を実規模試験に適用した結果,沈下ひび割れおよびプラスチック収縮ひび割れを抑制できることを確認した. 本報告は経済産業

省からの委託による「H24年度管理型処分技術等事業(地下空洞型処分施設性能確認試験)」の成果の一部である.

参考文献 1)土木学会:コンクリート標準示方書, pp.121-124, 2007 2)例えば吉野ほか:空隙指標で表したコンクリート強度式の提案とその検証,コンクリート工学論文集, Vol.7, No.2, pp65-77, 1996 3)安田ら:カルシウム溶出に伴うコンクリートの物理性能及び物質移行性能の変化に関する検討,セメントコンクリート論文集, No.56, pp492-498, 2002

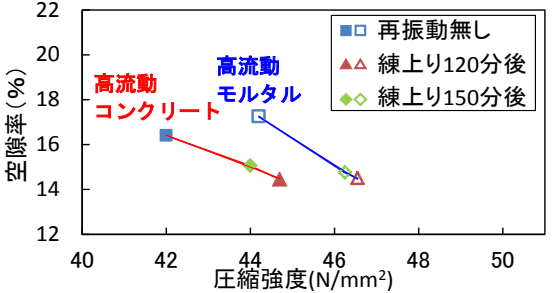


図-2 圧縮強度と空隙率の関係

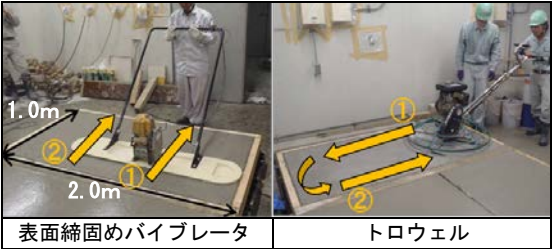


図-3 表面仕上げの状況

表-5 表面仕上げ試験ケース

ケース	表面仕上げ方法		
	1次	2次	3次
振動による表面仕上げ無し	木ごて	木ごて	金ごて
表面締固めバイブレータ	表面締固めバイブレータ		
トロウエル	木ごて	トロウエル	

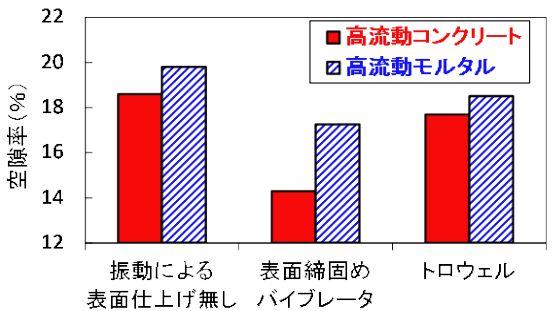


図-4 空隙率の測定結果

表-6 試験体側面の外観と表面気泡数

ケース: (1側面(1.0×0.1m ²) あたりの 表面気泡数(個))	高流動コンクリートの 試験体側面の外観
振動による 表面仕上げ無し (73)	
表面締固め バイブレータ (38)	
トロウエル (53)	