

締固めを必要とする高流動コンクリートの振動締固め方法に関する検討

東急建設株式会社 正会員 ○鈴木将充, 正会員 早川健司
東京理科大学 正会員 加藤佳孝

1. はじめに

スランプフロー45cm程度のコンクリートは、締固めを必要とする高流動コンクリートに分類される¹⁾が、自己充填性を有する高流動コンクリートと比較して、安定供給が可能かつ材料コストが低減できるため、その利用が望まれている。既に、トンネル覆工等、部材や部位を限定した利用が行われている。一方、2019年のJIS A 5308の改正により、普通強度領域のスランプフロー区分が追加され、利用しやすい環境となったが、標準示方書では締固め方法等の施工方法が定まっていない。

そこで、本研究では、締固めを必要とする高流動コンクリートの締固め方法を把握することを目的に、その基礎段階として、振動締固めの有無と時間を実験条件とし、圧縮強度ならびにコンクリート中の比較的大きな気泡量に着目して検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表1に使用材料、表2にコンクリートの配合および目標としたフレッシュ性状を示す。締固めを必要とする高流動コンクリートは目標スランプフロー45cm (SF45)とし、比較用に目標スランプ12cmの普通コンクリート (SL12)と目標スランプフロー65cmの自己充填性(自己充填ランク1)高流動コンクリート (SF65)を加えた計3配合とした。

2.2 振動締固め試験

(1) 試験体の作製方法および条件

図1に試験体概要、バイブレータ挿入位置、各試験実施位置、コア観察面を示す。打込みは、人力により1層で行い、振動締固めにはφ40mmのバイブレータ(周波数240Hz)を用い、試験体の上面中央に挿入した。

振動締固め時間は、SF45は0秒(N)、5秒(5s)、15秒(15s)とし、SL12はNと15s、SF65は締固め不要であるが比較のためにSL12と同じとした。なお、バイブレータは所定の挿入深さに3秒程度で達し、振動締固め時間は、それからの時間とした。

表1 使用材料

種類	記号	物性等
水	W	上水道水(密度1.00g/cm ³)
セメント	C	普通ポルトランドセメント(密度3.15g/cm ³)
細骨材	S	川砂(表乾密度2.63g/cm ³ , 粗粒率3.11)
粗骨材	G	コンクリート用砕石2005(表乾密度2.72g/cm ³ , 粗粒率6.58)
化学混和剤	Ad ₁	AE減水剤(リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体)
	Ad ₂	増粘剤含有高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系と増粘性高分子化合物の複合体)
	Ad ₃	高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系)
	AE	AE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)

表2 コンクリートの配合

配号	配合										目標	
	W/C (%)	s/a (%)	Content (kg/m ³)				Chemical Admixture (CX%)				SL/SF (cm)	Air (%)
SL12	50	45	168	336	805	1018	0.30	—	—	0.003	12±2.5	4.5 ±1.5
SF45	50	51	175	350	897	891	—	0.85	—	0.002	45±2.5	
SL65	36	53	175	486	872	800	—	—	1.10	0.003	65±2.5	

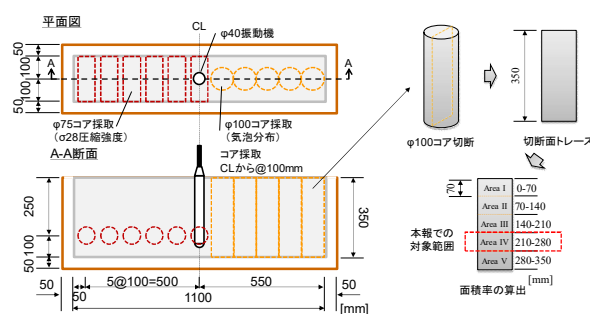


図1 試験体概要

SL12の振動締固めN (SL12-N)は中央の打込みのみでは自立して型枠内に充填されないため、φ150×300mmの型枠に打込み、上面からφ100コアを鉛直方向に採取し測定したコア供試体を対象とした。圧縮強度は、突固めなしでφ100×200mmの供試体を採取した。

(2) コアの圧縮強度試験

コアの圧縮強度試験はJIS A 1107に準拠して行った。採取したコアは、試験材齢である28日まで封緘養生した。

(3) 1mm以上の気泡面積率

気泡面積率は1mm以上の窪みを対象にトレースし、二値化処理して面積を算出した。本報ではコアの圧縮強度試験と同一の高さ210-280mmの測定結果のみを示す。

キーワード：高流動コンクリート、締固め、圧縮強度、1mm以上の気泡

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 土木材料G Tel:042-763-9507

3. 実験結果と考察

図1に試験体中央からの距離と圧縮強度の関係を示す。SL12-Nは $\phi 150 \times 300$ mmの型枠に打込んだ供試体の結果である。振動締固めを行わないSF45-Nの圧縮強度は、打込み箇所からの距離が離れても同程度であった。振動締固めを行ったSF45-5sとSF45-15sは、パイプリータ近傍の圧縮強度が高く、0mm位置での振動締固めを行わない場合との圧縮強度比は、SF45-5s:120%、SF45-15s:128%、SF65-15s:128%、SL12-15s:181%であった。SF45-5sとSF45-15sを比較すると、0-200mmまでの圧縮強度はSF45-15sの方が大きい。300mm以降は同程度であり、振動締固め時間を長くすることで圧縮強度が増加した。SF65-N、SF65-15sを比較すると、SF65は本来締固め不要であるが、振動締固めにより圧縮強度が増加した。また、SF45の適切な締固め時間は、鉛直方向の材料分離等を考慮して決めるべきと考えられるが、SF45-15sとSL12-15sを比較すると、標準的な締固めの最長時間であるSL12-15sよりも圧縮強度が大きいことから、SF45の振動締固め時間は15秒より短くできると考えられる。一方、SF45-5sとSL12-15sを比較すると、パイプリータからの距離と圧縮強度の関係はほぼ同じ値であり、両者の水セメントが同じであることを考慮すると、同程度の範囲で同程度の締固めが行われたものと考えられる。

図2に試験体中央からの距離と気泡面積率の関係を示す。気泡面積率は、振動締固めを行わないと全体的に大きく、振動締固めによりパイプリータ近傍で特に小さくなった。

図3に気泡面積率と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度は、振動締固めを行った条件では気泡面積率の増加に伴い減少し、相関関係が見られた。振動締固めを行わなかった条件では、気泡面積率がSF45-Nで4.3-7.6%、SF65-Nで3.2-5.8%の範囲で圧縮強度がほぼ一定であった。締固めを行わない時の気泡面積率は流動性が高いコンクリート程小さく、SL12-Nで8.7%、SF45-Nで平均6.5%、SF65-Nで平均4.5%であった。自己充填性を有するSF65-Nの気泡面積率(4.5%)が、振動締固めを必要とするコンクリートに求められる気泡面積率と同じであると仮定すると、SF45-Nは2%程度の気泡を除去する必要があることになる。気泡面積率4.5%以下とするための振動締固め時間と完了範囲は、SF45-5sでは300mm未満、SF45-15sでは400mm未満、SL12-15sでは300mm未満となり、SF45-5sとSL12-15sは同程度であった。

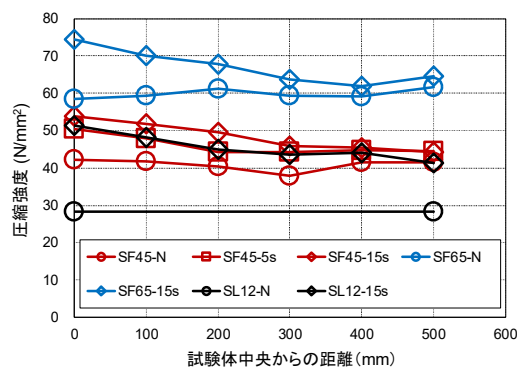


図1 圧縮強度

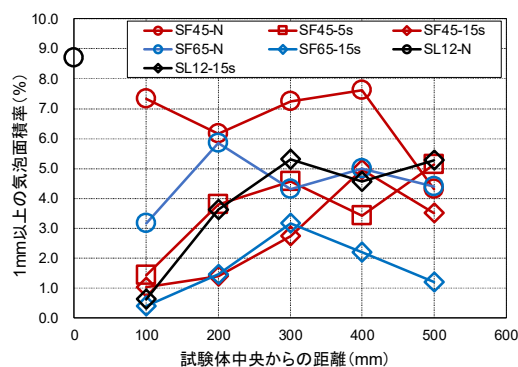


図2 気泡面積率

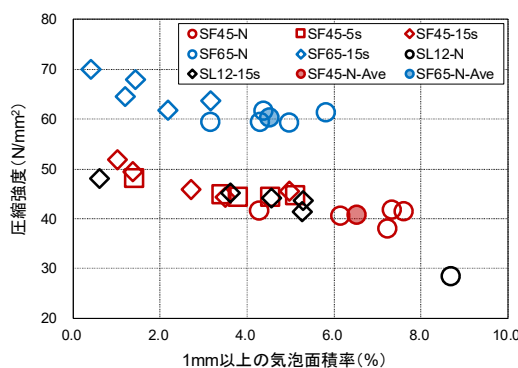


図3 気泡面積率と圧縮強度の関係

以上のことから、本実験の範囲では、SF45は振動締固めを行うことで圧縮強度が増加し、標準的なパイプリータの挿入間隔とした場合、締固め時間を5秒以下とするのがよいと考えられた。

4. おわりに

本報では締固めを必要とする高流動コンクリートの締固め方法を把握することを目的に、その基礎段階として水平方向を対象として検討した結果を示したが、限定的な配合と締固め条件であるため、今後は鉛直方向や配合、型枠・鉄筋の影響等も対象として、適切な締固め方法について検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[施工編]，2018.3