

締固めを必要とする高流動コンクリートの締固めのし易さの評価

大成建設（株）技術センター 正会員 ○梁 俊
大成建設（株）技術センター フェロー会員 坂本 淳
大成建設（株）技術センター フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

締固めを必要とする高流動コンクリートは、自己充填性を有しておらず、構造体コンクリートとして密実な充填を確保するためには外力による軽微な振動・締固めを必要とするが、現状では軽微な締固めの程度が明確になっていないことが施工計画の策定、および施工の実施において懸念事項となっている。本研究では、締固めエネルギーの観点から、配合の相違、スランプフローの変化および鉄筋径と鉄筋間あきが締固めを必要とする高流動コンクリートの締固めし易さに与える影響に関して検討を行った。

2. 実験の概要

試験には、図-1 に示す締固め完了エネルギー測定装置を使用した。試験は、まず円筒容器（内径 310mm、高さ 220mm）中に鉄筋セット用治具を用い鉄筋をセットした後容器の中でスランプ試験を実施する。本論文では、D19、D25、D32 の鉄筋をそれぞれ 4、9、12 本ずつセットして、各ケースの締固め完了エネルギーを測定した。表-2 に鉄筋配置による鉄筋間あきを示す。鉄筋は、テフロン製円盤の孔を通して振動台上のフレームにある磁石に固定することができる。振動数 35Hz、最大加速度 1 G 程度で振動を与えることにより、円盤はコンクリート上面の沈下とともに沈下する。この際に、フレームにセットされているレーザー変位計が円盤の沈下を測定し、容器の下にセットされている加速度センサーで加速度を測定して、測定されたデータはパソコンに送られるようになっている。締固め完了エネルギー測定プログラムは、送られたデータを用い締固め度と締固めエネルギーを計算する¹⁾。

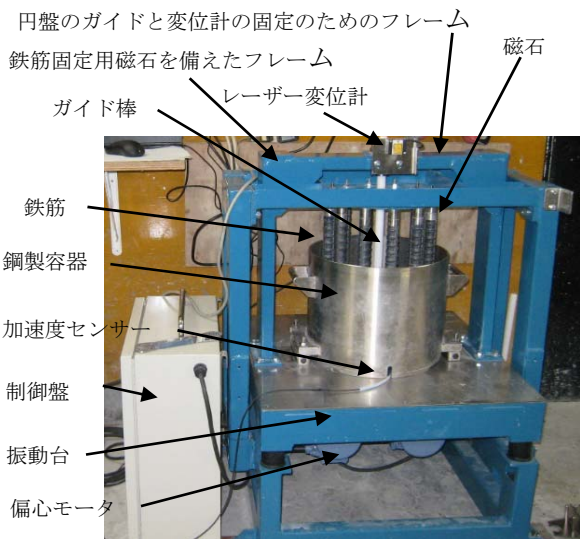


図-1 締固め完了エネルギー評価装置

鉄筋間あきと鉄筋径は両方ともに鉄筋間を通過するコンクリートの締固め完了エネルギー $E_{RE99.5}$ に影響を与える。本研究では、式 (1) に示すように、鉄筋径と鉄筋間あきの影響を総合的に表す指標である締固め指数 α を定義して鉄筋間を通過するコンクリートの締固めし易さを検討した²⁾。

表-1 コンクリートの配合

配合 No.	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位粗骨材量 (L/m³)	単位量 (kg/m³)				
				W	C	S	G	SP
1	50.0	42.4	390	170	340	752	1037	3.06
2	50.0	49.3	360	150	300	917	958	9.90

$$\alpha = s/d \quad (1)$$

α : 締固め指数, s : 鉄筋間あき (mm), d : 直径 (mm)

3. 使用材料及びコンクリート配合

使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³）、細骨材は千葉県君津産山砂（表乾密度 2.62g/cm³、吸水率 1.56%、FM 2.44）、粗骨材は青梅産石灰石碎石（最大寸法 20mm、表乾密度 2.66g/cm³、吸水率 2.86%、F.M. 6.39、実積率 62.0%）を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸エーテル系化合物の高性能 AE 減水剤を使用し、一般的に使用されるアルキルエーテル系の AE 剤により空気量を調整した。コンクリー

キーワード：締固め完了エネルギー、充填性、鉄筋間あき、鉄筋径、締固め指数

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7231

トの配合を表-1 に示す. 配合 1 は, 単位セメント量を 340 kg/m³ にしたスランプフロー42cm の一般的な締固めを必要とする高流動コンクリートであることに對して, 配合 2 は, 単位水量を減らして, 高性能 AE 減水剤の量を増やしてスランプフローを確保した配合である. なお, 水セメント比は 50%一定にした.

コンクリートの練混ぜおよび試験は 20℃の恒温試験室で行い, 練混ぜには水平 2 軸型強制練りミキサを用いた. 混和剤の添加量は各配合でスランプフローが 42±2cm, 空気量が 4.5±1.0%となるよう調整した.

4. 締固めし易さの評価方法の検討

表-2 に鉄筋径および鉄筋間あきをパラメータとした締固め指数と表-1 の各配合の鉄筋間を通過するコンクリートの締固め完了エネルギーの測定結果を, 締固め指数と締固め完了エネルギー E_{RE99.5} の関係図を図-2 に示す. スランプフローの低下が締固め完了エネルギーE_{RE99.5} に与える影響を検討するために, 配合 1 のコンクリートのスランプフローが目標スランプフローの 42cm から 35cm に低下した試料に対しても締固め完了エネルギーE_{RE99.5} を測定した.

図-2 に示すように, いずれの配合も締固め指数が大きくなるほど締固め完了エネルギーE_{RE99.5} は小さくなる傾向となっている. 鉄筋径が小さいほど, 鉄筋間あきが大きいほど, 締固めがし易くなっていることを説明している. また, 各ケースで締固め完了エネルギー E_{RE99.5} を比較すると, 同値が小さい方から配合 No.1 (FL42cm), 配合 No.1 (FL35cm に低下), 配合 No.2 (FL42cm) の順になっている. 締固めを必要とする高流動コンクリートのスランプフローが同じであっても, 配合の相違により, コンクリートの締固めし易さは大きく相違していることを示唆している. ペースト量や細骨材量が配合 1, 2 では異なることから, 細骨材間距離が充填におけるコンクリートの変形に大きく影響したと推測される. また, スランプフローが大きい配合の締固め完了エネルギーE_{RE99.5} が必ずしも小さいと言えないことがわかる.

5. まとめ

本研究の結果は, 締固めを必要とする高流動コンクリートの締固めし易さをスランプフローだけにより評価することは適切でないことを示唆している. 特に, 細骨材間距離が締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性に影響を与えることがわかる. 締固めを必要とする高流動コンクリートの締固めは, 普通コンクリートの締固めに比較して, 空隙の排除と鉄筋間あきの通過のほかに, 流動性の向上も締固めの目的の一つとしている. したがって, 締固めを必要とする高流動コンクリートの締固めを検討する時には, 締固め完了エネルギー E_{RE99.5} だけではなく, 振動締固めがコンクリートの流動性, 並びに流動時における分離抵抗性に及ぼす影響も考慮して検討する必要がある.

参考文献

1) 梁俊, その他: 締固めエネルギーに基づくコンクリートの締固め完了範囲の評価方法に関する研究, 土木学会論文集, Vol. 69, No. 4, pp. 438-449, 2013
2) 梁俊, その他: 鉄筋間隙を通過するコンクリートにおける締固めエネルギーに基づいた締固め性に関する研究, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol. 75, No. 2, pp. 142-156, 2019

表-2 締固め指数および各配合の締固め完了エネルギーE_{RC99.5}の測定結果

鉄筋径(mm)	32	25	32	19	25	19	32	25	19
鉄筋本数(本)	12	12	9	12	9	9	4	4	4
鉄筋間あき(mm)	29	34	49	38	54	57	150	152	153
締固め指数	0.9	1.4	1.5	2.0	2.1	3.0	4.7	6.1	8.1
締固め完了エネルギーの測定値 E _{RC99.5} (J/L)	配合 1(FL42cm)	7.20	6.62	4.31	5.79	4.59	3.35	2.67	3.02
	配 1(FL35cm に低下)	11.64	8.75	6.20	7.36	5.05	6.18	6.32	5.00
	配合 2(FL42cm)	10.42	11.75	6.55	—	8.60	7.07	5.07	6.25

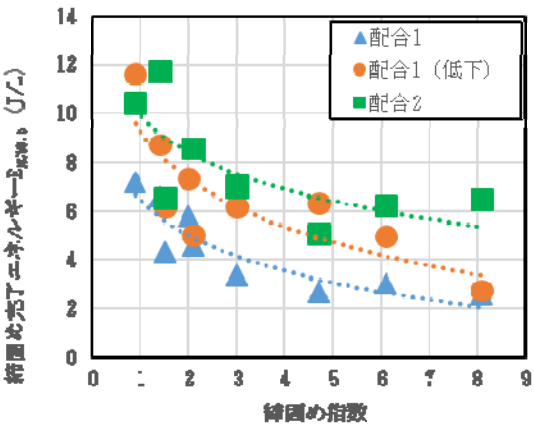


図-2 締固め指数と締固め完了エネルギーE_{RC99.5} の関係