

中流動コンクリートの締固め性および適正配合の評価方法の検討

大成建設（株）技術センター 正会員 ○太田 貴士，梁 俊，橋本 貴之，村田 哲
大成建設（株）土木本部 正会員 須藤 敏明

1. はじめに

平成 20 年頃からトンネル覆工コンクリートを中心に適用事例が増えている中流動コンクリートは，打込み時に補助的に振動を加え，軽微な締固めを行うことで充填できるコンクリートとして扱われている．しかし，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を立てるうえでの懸念事項と言える．普通コンクリートの場合，コンクリートの締固め完了エネルギーにより，必要とされる締固めの程度を評価できる¹⁾が，中流動コンクリートは評価の対象には至っていない．

そこで本研究では，中流動コンクリートが振動を受けて分離することなく高流動コンクリートと同等の状態となれば，十分な自己充填性を発揮できるとして，高流動コンクリートと同等のスランプフロー60cm に達するために要する振動エネルギーを，中流動コンクリートの流動性に関する締固め完了エネルギー（以下，FE）と定義した．同様に，流動障害 R2 の U 形充填試験の充填高さ 350mm に達するために要する振動エネルギーを，中流動コンクリートの間隙通過性に関する締固め完了エネルギー（以下，UE）と定義し，これらのエネルギーの関係から中流動コンクリートの締固め性および適正配合の評価方法を検討した．

2. 振動試験装置概要

本研究で用いた振動試験装置および試験状況を写真-1 に示す．上部の振動台はスランプフローを測定することを考慮し 1.0×1.0m とした．また，振動台の横揺れを最小とするために単軸ぶら下げ式モーターを用いた．振動台の中心下部には加速度センサーを設置し，振動台上の四隅にはスランプフロー測定用の非接触型変位計を設置した．

3. 実験概要

コンクリートの使用材料を表-1 に，配合を表-2 に示す．コンクリートの練混ぜおよび試験は 20℃の試験室で行い，練混ぜには水平 2 軸形強制練りミキサーを用いた．混和剤の添加量は各バッチ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．振動台の上でスランプフロー試験を行った試料に振動を与え，スランプフローが 60cm に到達するまでの時間を測定し，式(1)により²⁾中流動コンクリートの FE を求めた．なお，各測定について，スランプフローが 60cm に到達するまでコンクリートが分離しないことを確認した．

$$E_t = \rho \alpha_{\max}^2 t / 4\pi^2 f \quad (1)$$

ここに， E_t ： t 秒間にコンクリートが受ける締固めエネルギー(J/L)， ρ ：試料の単位容積質量(kg/L)， $\alpha_{\max}$ ：最大加速度(m/s²)， t ：振動時間(s)， f ：振動数(s⁻¹)

また，JSCE-F 511 に準じた U 形充填試験器を振動台に固定して U 形充填試験を行った後，振動を与えて充填高

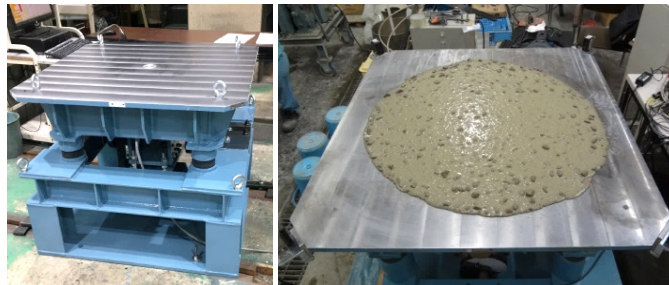


写真-1 振動試験装置および試験状況

表-1 使用材料

材料名	記号	種類・物性等
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント，密度 3.16g/cm ³
細骨材	S	君津産山砂，表乾密度 2.62g/cm ³ ，FM 2.44
粗骨材	G	青梅産碎石 2005，表乾密度 2.66g/cm ³ ，実積率 62.0%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤，ポリカルボン酸エーテル系化合物

表-2 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/m ³)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	SP
1	50.0	49.3	360	150	300	917	958	9.90
2	50.0	48.7	360	155	310	895	958	6.82
3	50.0	48.2	360	160	320	876	958	5.76
4	50.0	47.5	360	165	330	855	958	4.62
5	50.0	46.2	360	175	350	809	958	3.15
6	50.0	54.6	315	160	320	994	838	10.88
7	50.0	52.4	330	160	320	953	878	7.20
8	50.0	43.8	390	160	320	797	1037	4.48
9	50.0	41.6	405	160	320	757	1077	3.84
10	50.0	39.5	420	160	320	719	1117	3.52

キーワード 中流動コンクリート，流動性，間隙通過性，締固め性，加振試験

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL：045-814-7228

さ 350mm に到達するまでの時間を測定し、式(1)により中流動コンクリートの UE を求めた。

4. 実験結果および考察

締固め完了エネルギーに及ぼす単位水量の影響の検討結果を図-1 に示す。単位水量が小さくなると FE および UE は大きくなり、その傾向は FE よりも UE で顕著となった。これは、単位水量の減少に伴い粗骨材を取り巻くペースト量が減少することにより、間隙通過性が低下したためと考えられる。

締固め完了エネルギーに及ぼす粗骨材量の影響の検討結果を図-2 に示す。単位粗骨材量による FE および UE の増減傾向は異なり、FE は単位粗骨材量が 390~405L/m³ で、UE は 330~360L/m³ でそれぞれ極小値をとる傾向となった。

このように、スランプフローが同じ中流動コンクリートでも、単位水量や粗骨材量の違いによって FE および UE が異なることが分かった。上記の結果を踏まえ、中流動コンクリートの締固め性を以下のように評価した。FE を横軸に、UE を縦軸にとった締固め完了エネルギーの測定結果を図-3 に示す。図-3 において、FE および UE が等しい条件を示す分割線を引き、この分割線よりも上部にプロットされる配合は、コンクリートを十分に流動させるのに要する締固めでは十分な間隙通過性を確保出来ない、例えば単位水量が少なく粗骨材量が多い配合等である(図中、白)。分割線よりも下部にプロットされる配合は、コンクリートを流動させる締固めで、十分な間隙通過性を確保できる配合である(図中、緑・黄・紫)。なお、分割線より下部にある配合でも流動性を確保するためのエネルギーが大きいと、コンクリートが分離するリスクが大きくなるばかりでなく、締固めの作業量も増えるため避けたほうがよいと考えられる(図中、紫)。また、FE が小さく、UE が極端に小さい配合は、中流動コンクリートとしてはペースト量が必要以上に多い、あるいは粗骨材量を必要以上に減らしたような高流動コンクリートに近い配合だと言える。上記考察の結果、締固め性を考慮した中流動コンクリートの最適配合は、分割線に近く締固め完了エネルギーが小さい配合だと考えられる(図中、黄)。

5. まとめ

本研究で行った評価方法によって、流動性および間隙通過性を考慮した中流動コンクリートの締固め性を、締固めエネルギーという観点から捉えられることが分かった。この評価方法を取り入れた配合選定を行うことで、より最適な中流動コンクリートの配合選定を実現できる可能性が示唆された。

【参考文献】

- 1) 梁俊, 丸屋剛, 坂本淳, 吉澤崇幸: 締固め完了エネルギーによるコンクリートの締固め性の評価方法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1235-1240, 2011
- 2) 國府勝郎, 上野敦: 締固め仕事量の評価に基づく超硬練りコンクリートの配合設計, 土木学会論文集, No.532/V-30, pp.109-118, 1996.2

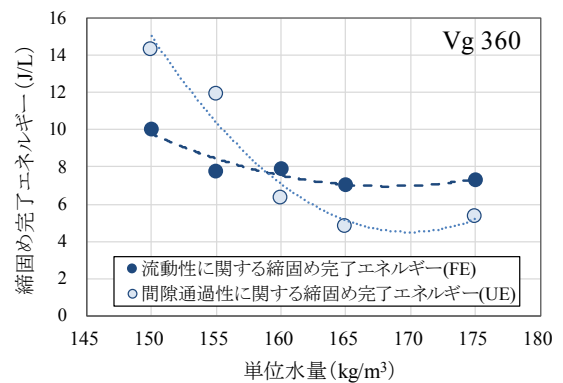


図-1 締固め完了エネルギーの測定結果(単位水量の検討)

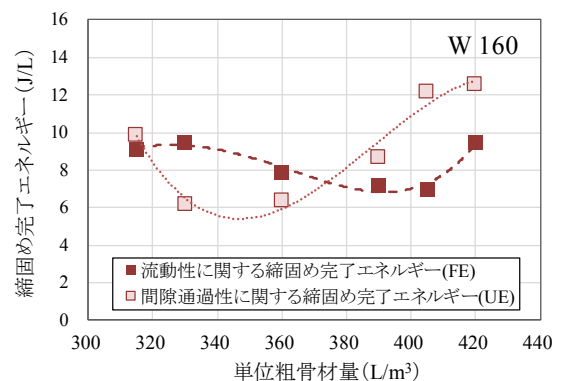


図-2 締固め完了エネルギーの測定結果(単位粗骨材量の検討)

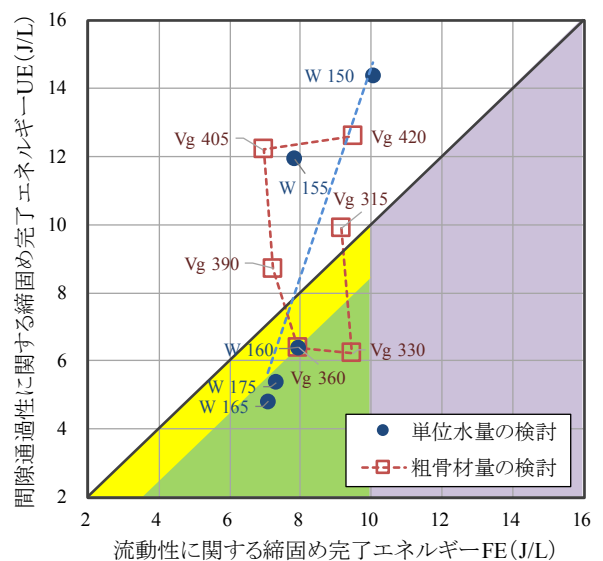


図-3 締固め完了エネルギーの測定結果まとめ