

締固め不要コンクリートの粗骨材量が充填性に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○六本木日菜子 松本修治 水野浩平 橋本 学 渡邊賢三 柳井修司 坂井吾郎

1. はじめに

筆者らは、一般的な RC 構造物を対象に、コンクリートを間配することで材料分離を抑制し、安価に締固めを不要とする性能を付与した汎用的なコンクリート（以降、汎用締固め不要コンクリートと称す）の実現を目指している。汎用締固め不要コンクリートはコストダウンを指向していることから、単位セメント量を $320\text{kg}/\text{m}^3$ 程度に抑え、細骨材中の 0.6mm 以下の粒子の容積割合を増加させた上で、スランプフローを 500mm 程度に設定している。ここで、汎用締固め不要コンクリートの単位セメント量は既存の高流動コンクリートと比べて小さいため、フレッシュコンクリートの性状は、骨材の影響を受けやすいことが明らかになっている¹⁾。そこで本稿では、粗骨材の種類や粗骨材量が汎用締固め不要コンクリートの充填性に及ぼす影響を検討した結果について述べる。

2. 実験概要

本実験では、汎用締固め不要コンクリートの標準としているスランプフロー 500mm に加え、比較としてスランプフロー 600mm において、それぞれ高流動コンクリートの充填試験方法（案）（JSCE-F 511-2011, 自己充填性ランク 2 の U 形容器）を実施し、充填高さ（以降、U 形充填高さと呼ぶ）²⁾を確認した。表-1 に使用材料、表-2 に実験要因を示す。No.1 および No.2 は、スランプフローを $500\pm 50\text{mm}$ の範囲とし、異なる粗骨材を使用して、それぞれの U 形充填高さや粗骨材絶対容積（以降、Gvol と称す）の関係を確認した。Gvol は No.1 では 5 水準、No.2 では 3 水準変化させた。No.3 は、スランプフローを $600\pm 50\text{mm}$ の範囲とし、No.1 と同じ粗骨材にて、Gvol を 4 水準変化させた。なお、No.1~No.3 は同一の細骨材を用いた。表-3 に No.1~No.3 における Gvol が $320\text{l}/\text{m}^3$ のときのコンクリートの配合を示す。本実験では、汎用締固め不要コンクリートの単位水量を $175\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位セメント量を $320\text{kg}/\text{m}^3$ に固定し、粗骨材の Gvol の増減を細骨材の容積で調整した。実験では、スランプフロー（JIS A 1150）と空気量（JIS A 1128）についても全ケースで測定した。

3. 実験結果

表-4 に各配合での試験結果一覧を示す。図-1 に Gvol と U 形充填高さの関係を示す。目標のスランプフローが 500mm の No.1 と No.2 のケースでは、同じ Gvol において No.1 の方が U 形充填高さが高くなった。さらに U 形充填高さが高くなる Gvol が明確に存在し、No.1 では $320\text{l}/\text{m}^3$ 、No.2 では $300\text{l}/\text{m}^3$ であった。また、単位セメント量が $320\text{kg}/\text{m}^3$ 、スランプフロー 500mm の条件において、細骨材の粒度を調整し、適切な Gvol を設定することで自己充填性ランク 2 を満足することができることを確認した。ここで、No.1 と No.2 は高性能 AE 減水剤の添加量がわずかに異なるだけで、その他の単位量は全

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント,密度: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	S1	砕砂,表乾密度: $2.72\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 0.77% ,F.M.: 2.69
	S2	山砂,表乾密度: $2.57\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 1.90% ,F.M.: 2.18
	S3	石灰砕砂,表乾密度: $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 吸水率: 0.95% ,F.M.: 3.03
粗骨材	Ga	硬質砂岩,表乾密度: $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ F.M.: 6.59 ,実積率: 62.7%
	Gb	硬質砂岩,表乾密度: $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ F.M.: 6.56 ,実積率: 59.3%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤,ポリカルボン酸化合物
	AE	AE 剤,樹脂酸塩系界面活性剤

表-2 実験要因

No.	スランプフロー (mm)	粗骨材種類	Gvol (l/m^3)
1	500 ± 50	Ga	280,300,320,340,360
2		Gb	280,300,320
3	600 ± 50	Ga	300,320,340,350

表-3 コンクリートの配合 (Gvol が $320\text{l}/\text{m}^3$ のとき)

No.	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	Gvol (l/m^3)	単位量 (kg/m^3)						SP (C×%)	
					W	C	S1	S2	S3	Ga		Gb
1	54.7	52.8	4.5 ± 1.5	320	175	320	88	619	240	848	-	1.23
2										-	842	1.25
3										848	-	1.50

キーワード：高流動コンクリート、粗骨材、締固め不要、充填性

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL：042-489-8008

く同一であることから、モルタルの性状もほぼ同一である。したがって、U形充填高さに違いが生じた理由は、粗骨材の種類が影響していると判断できる。Gvol の変化に対する U 形充填高さの変化の度合いは、No.1 と No.2 で異なり、同じ量の Gvol の増減において、No.1 は U 形充填高さが緩やかに変化したことに対し、No.2 は急激に変化した。本実験では Gvol を減じると、細骨材容積が増加するため、コンクリートが流動する際にモルタル中の細骨材粒子の衝突や干渉の影響が大きくなり、充填性が低下したと推察される³⁾。さらに、流動性を確保するために高性能 AE 減水剤の使用量が増え、ペーストの粘性が低下することで細骨材の衝突や干渉が助長されるものと推察される。一方、Gvol を増加させると粗骨材粒子同士の衝突や相互干渉が大きくなったことが影響し、これらの骨材の干渉の程度も粗骨材の種類が影響していることが考えられる。

No.1 と No.2 の粗骨材 (Ga, Gb) を比較すると、どちらも硬質砂岩であったが、実積率は No.1 (Ga) で 62.7%、No.2 (Gb) で 59.3%と、3.4%の差があった。そのため、図-2 では、粗骨材の実積率を考慮し、単位粗骨材かさ容積で整理し直した。No.1 および No.2 はいずれも $0.51\text{m}^3/\text{m}^3$ 付近のときに U 形充填高さが最も高くなることが確認できた。したがって、本実験の範疇においては、U 形充填高さが最大となる単位粗骨材かさ容積が存在し、その値は粗骨材の種類に関わらず一致する可能性が示唆された。

なお、図-1 および図-2 に No.1 と同じ粗骨材およびコンクリートの配合でスランブフローを 600mm とした No.3 の結果を併記している。No.3 も、No.1, No.2 と同様に Gvol が $320\text{l}/\text{m}^3$ より増加すると、U 形充填高さは低くなったが、全てのケースにおいて 300mm 以上であった。

しかしながら、U 形容器の鉄筋障害を通過した後の B 室のコンクリートは、ペーストが多く分離気味であった。単位セメント量 $320\text{kg}/\text{m}^3$ では、スランブフローを 600mm 程度とすると材料分離が生じており、この材料分離を自己充填性ランク 2 の U 形容器による充填高さだけで評価することは難しいものと考えられる。

4. まとめ

本実験において、スランブフローを 500mm 程度とし、単位粗骨材かさ容積を指標として配合を調整することで、優れた充填性を有する汎用締固め不要コンクリートを実現できることを明らかとした。

参考文献

- 1) 松本修治, 倉田和英, 柳井修司, 坂井吾郎: 生産性に資する締固め不要コンクリートの配合設計手法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, 第 42 巻, 1 号, pp.1037-1042, 2020.
- 2) コンクリートライブラリー136号 高流動コンクリートの配合設計・施工指針 [2012年版], 土木学会, 2012.
- 3) 大内雅博: 高流動コンクリートモルタル中の固体粒子間摩擦を緩和して骨材量を確保する技術の変遷, コンクリート工学, Vol.54, No.5, 2016.5

表-4 試験結果一覧

No.	Gvol (l/m^3)	SP (C%)	スランブフロー (mm)		空気量 (%)	U 形充填高さ ランク 2(mm)
			$\ell_1 \times \ell_2$	平均		
1	280	1.45	489×467	480	4.1	283
	300	1.28	495×460	480	4.1	317
	320	1.23	509×470	490	4.8	330
	340	1.13	503×462	485	5.0	320
	360	1.00	513×450	485	5.0	299
2	280	1.45	450×450	450	4.5	276
	300	1.25	488×467	480	3.4	312
	320	1.25	501×477	490	3.7	283
3	300	1.55	575×567	570	5.0	349
	320	1.50	613×581	600	4.2	346
	340	1.25	612×590	600	4.8	331
	350	1.20	565×556	560	4.2	319

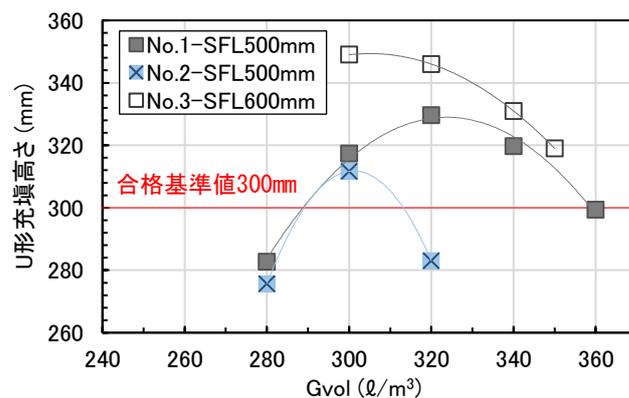


図-1 Gvol と U 形充填高さの関係

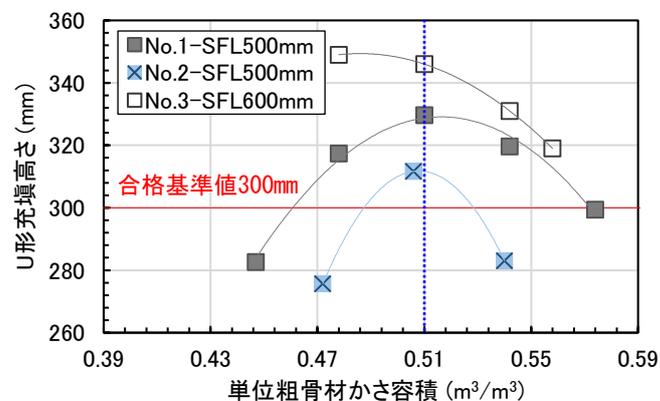


図-2 単位粗骨材かさ容積と U 形充填高さの関係