

論文

[1009] 使用材料の品質変動が超流動コンクリートの性状に及ぼす影響

正会員○新藤竹文 (大成建設技術研究所)

正会員 松岡康訓 (同上)

正会員 S. TANGTERMSIRIKUL (同上)

正会員 坂本 淳 (同上)

1. はじめに

超流動コンクリートには明確な定義はないが、ここでは、気中コンクリートを対象とし、高流動性と高分離抵抗性を付与した締固めを必要としないコンクリートと定義する。すなわち、材料分離が無く粗骨材を保持した状態で、締固めを行わなくとも鋼材が複雑に配置された型枠の隅々まで充填する能力を有するコンクリートである。

超流動コンクリートのフレッシュコンクリートの状態の中で特に要求される性能は、高流動性と高材料分離抵抗性と言え、両性能を適正にバランスさせた状態で両性能ともに極力大きくすることによって、過密配筋部への良好な充填が可能になると考えられる。

しかし、高流動性と高材料分離抵抗性は本質的には相反する性能であることから、一般に使用されているコンクリートと比較して、使用材料の僅かな品質変動や計量誤差等によっても流動性や分離抵抗性などの性状が敏感に変化しやすい傾向にあり、使用材料の品質管理の良否が超流動コンクリートを製造する上での重要な課題として指摘されている [1]。

本研究は、使用材料の品質変動において、細骨材の表面水ならびに粒度分布の変動に着目し、これらの変動が、分離低減剤の有無や結合材の種類を変えた各種超流動コンクリートの充填性に及ぼす影響について検討したものである。

2. 検討配合

2.1 配合種別

検討した配合は、結合材の種類と分離低減剤の使用の有無を要因とした表-1に示す4ケース(以下、基本配合と称する)である。

CASE-1およびCASE-2は普通ポルトランドセメン

トと高炉スラグ微粉末およびフライアッシュの3成分系の結合材を使用し、CASE-3およびCASE-4は普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末の2成分系の結合材とした。また、水結合材比は33%相当とし、細骨材率は45%とした。

これらの基本配合は後述の充填性評価試験によって選定したものであり、いずれも超流動コンクリートとして良好な充填性を付与した配合である。

ここで、分離低減剤を使用したCASE-1およびCASE-3の配合選定にあたっては、スランプフローが50cmに至る所要時間と最終スランプフローが同等になるように配合調整し、両配合の流

表-1 検討配合

配合No	水結合 材比 (%)	細骨材 率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)						注1)混和剤	
			水 W	注2)結合材P			細骨材 S	粗骨材 G	高性能 減水剤	分 離 低減剤
				C	B	F				
CASE-1	33	45	165	200	200	100	705	911	2.1	1.0
CASE-2										1.25
CASE-3			180	275	275	-	681	869	1.3	0.75
CASE-4										

注1) 高性能減水剤: P×容量%、分離低減剤: kg/m³

注2) C: 普通ポルトランドセメント、B: 高炉スラグ微粉末、F: フライアッシュ

動性や変形性などの性状がほぼ等しくなるようにした。

また、分離低減剤を使用しないCASE-2およびCASE-4の配合は、それぞれ、分離低減剤を使用したCASE-1およびCASE-3の配合を基本として、充填性評価試験における充填高さが最大となるように高性能減水剤の添加量を調整した。

2.2 使用材料

結合材および骨材の品質は表-2に示すとおりである。粗骨材には最大寸法20mmの碎石を使用した。また、細骨材の粗粒率は2.77で一般的に使用される標準的な品質のものと言える。

高性能減水剤にはナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合物系を使用し、分離低減剤としては発酵技術によって生産される天然高分子の多糖類ポリマー（平均分子量70,000程度）を使用した。

表-2 使用材料の品質

種別	比重	ブレン (cm ³ /g)	粗粒率	
結合材	普通ポルトランドセメント	3.16	3280	—
	高炉スラグ微粉末	2.90	4270	—
	フライアッシュ	2.24	3150	—
骨材	細骨材 (相模川木更津混合砂)	2.55	—	3.26
				3.06
(注) 基本配合の粗粒率、他はフルイ分けにより調整した。				

3. 評価内容

3.1 評価項目

使用材料の品質変動として取り上げた項目は、細骨材の表面水の変動および粒度の変動の2つであり、この2項目に対して、これら基本配合における充填性能の変化を調査した。

細骨材の表面水の変動については、表面水率として±2%程度の変動を考慮し、基本配合の単位水量に対して、外割りで±15kgの範囲で投入水量を加減させる方法とした。

また、細骨材の粒度の変動については、「土木学会コンクリート標準示方書」に規定された粗粒率のほぼ上下限値を考慮し、基本配合に使用する粗粒率2.77の細骨材をフルイ分けし、粗粒率を1.89から3.26までに調整した細骨材について評価した。

3.2 評価方法

投入水量や粗粒率の変動に対する充填性能の評価は、図-1に示すU型充填試験装置により行った。本評価手法は、鉄筋を配した障害部を通過した際のコンクリートの充填高さ [H] を評価するもので、充填性の良否については、充填高さが30cm以上の場合を充填性良好と判定する。なお、詳細については、既に前回の本大会において報告している [2]。

本手法により、投入水量や粗粒率を変えた場合の充填高さを比較し、充填高さが30cm以上となる範囲を求めた。この範囲は、障害部通過後の粗骨材量が通過前とほぼ同等であり、超流動コンクリートとして締め不要による良好な充填が可能な範囲と考えられ、この充填可能範囲が小さいほど使用材料の品質変動の影響を受けやすい敏感な超流動コンクリートと言える。

以上のように、ここでは各基本配合の充填可能範囲を求めることによって、超流動コンクリートとして充填性能を確保し得る使用材料の品質変動の許容範囲を評価したものである。

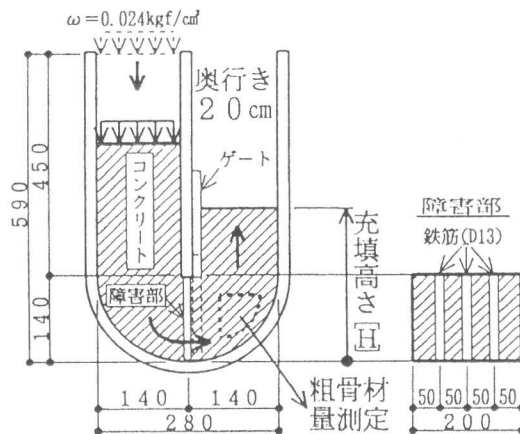


図-1 U型充填試験装置

4. 試験結果および考察

4.1 表面水の変動に対する許容範囲

各基本配合に対して投入水量を変化させた場合のスランプフローと空気量および充填高さの結果を表-3に示す。また、充填高さとの投入水量の関係を図-2に、スランプフローと投入水量の関係を図-3に示す。

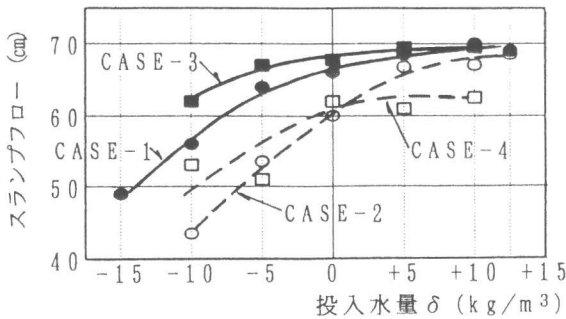


図-3 スランプフローと投入水量の関係

図-2において、3成分系の結合材を使用したCASE-1とCASE-2を比較すると、CASE-1の充填可能範囲は投入水量の変動幅として $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ 程度（表面水率の変動として $\pm 1.5\%$ 程度）であるのに対して、CASE-2の充填可能範囲は $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ 程度であり、分離低減剤を使用した超流動コンクリートは、細骨材の表面水率の変動に対して、2倍程度の許容範囲を有していることが分かる。

また、2成分系の結合材を使用したCASE-3とCASE-4を比較した場合についても同様の傾向であり、分離低減剤を使用することによって品質変動に対する許容範囲の向上が認められる。

このように、分離低減剤を使用した場合に充填可能範囲が大きくなる理由は、分離低減剤の添加により分離抵抗性が大きくなり、その結果として、図-3に示すように相対的に大きなスランプフローが得られ流動性も高めることができるためと考えられる。

ここで、結合材の種類の違いについて比較すると、フライアッシュを使用した3成分系の結合材を使用した方が、2成分系の結合材に比べて充填可能範囲が大ききようである。

しかし、分離低減剤を使用することによる許容範囲の向上効果は、3成分系のCASE-1におい

表-3 表面水の変動における試験結果

配合 No.	単位量 (kg/m^3)		評価試験結果		
	基本水量 W	投入水調整量 δ	空気量 (%)	スランプフロー (cm)	充填高さ (mm)
CASE-1	165	+12.5	6.6	69.0	270
		+10	5.5	70.0	315
		+5	5.1	68.5	360
		基本量	4.2	66.0	360
		-5	3.8	64.0	335
		-10	3.5	56.0	315
CASE-2	165	+12.5	6.2	68.5	190
		+10	5.2	67.0	220
		+5	4.7	66.5	320
		基本量	4.4	60.0	310
		-5	4.1	53.5	295
		-10	3.5	43.5	200
CASE-3	180	+10	4.6	69.5	260
		+5	4.6	69.5	325
		基本量	4.1	67.5	355
		-5	3.5	67.0	345
		-10	3.0	62.0	145
		CASE-4	180	+10	4.6
+5	3.8			61.0	285
基本量	5.2			62.0	340
-5	3.7			51.0	290
-10	3.3			53.0	230

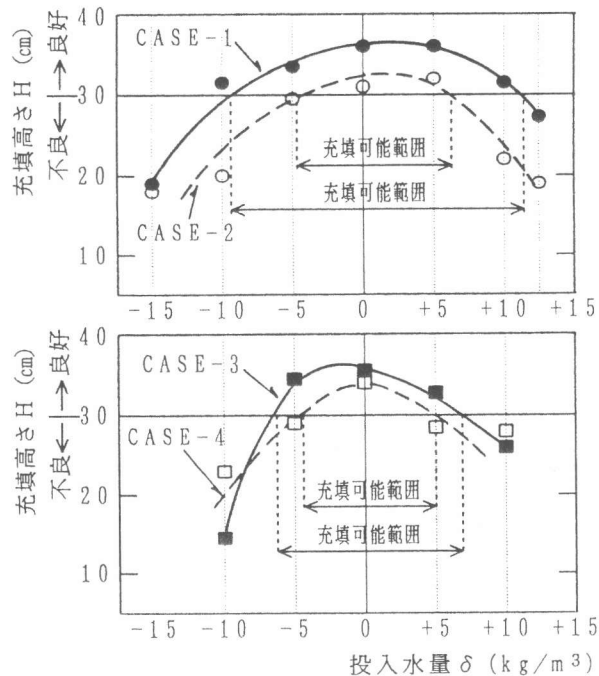


図-2 充填高さとの投入水量の関係

特に顕著に認められ、フライアッシュと本分離低減剤との併用による相乗効果があるようにも考えられる。結合材にフライアッシュを使用することは、品質変動に対する敏感性を抑制する有効な方法と考えられるが、この理由については、フライアッシュと本分離低減剤との相互作用も含めてさらに検討が必要である。

4.2 粗粒率の変動に対する許容範囲

細骨材の粗粒率を変化させた場合のスランプフローと空気量および充填高さを表-4に示す。

また、充填高さとの関係を図-4に示し、スランプフローと粗粒率の関係を図-5に示す。

分離低減剤を使用しない場合の充填可能範囲は粗粒率2.5から上限値程度の範囲と言え、粗粒率が小さくなるような品質変動に対して特に敏感であると考えられる。

これに対して、分離低減剤を使用した場合には、粗粒率の下限から上限値まで良好な充填性が得られており、コンクリート標準示方書に定められた粗粒率の範囲内であれば、この種の品質変動に対しては問題ないことが明らかとなった。

また、これは図-5に示すスランプフローの傾向と良く一致しており、分離低減剤を使用した場合には、粗粒率の変動に対するスランプフローの変化が僅かであることからもうかがえる。

5. まとめ

各種の超流動コンクリートにおいて、その充填性能を確保し得る細骨材の表面水ならびに粒度などの品質変動の許容範囲を評価した。本研究によって得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 超流動コンクリートの結合材としてフライアッシュを混合して使用することは、細骨材の表面水の変動に対して許容範囲を大きくする点で有効である。
- 2) 分離低減剤の使用によって分離抵抗性が高まることで材料分離を生じない状態で流動性も大きくすることができ、細骨材の表面水の変動に対する超流動コンクリートの許容範囲を大きくすることが可能である。
- 3) 分離低減剤を使用することによって、細骨材の粒度の変動に対する超流動コンクリートの許容範囲を大きくすることが可能である。

(参考文献)

- [1] 岡村 甫・小沢一雅: コンクリートの信頼性向上のために; コンクリート材料の改革による建設工事の近代化、月刊生コンクリート、Vol. 9, No. 7, 1990
 [2] 新藤竹文・松岡康訓・S. TANGTERMSIRIKUL・坂本 淳: 超流動コンクリートの基礎物性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、13-1、pp. 179~pp. 184, 1991

表-4 粗粒率の変動における試験結果

配合 No.	細骨材の粗粒率	評価試験結果		
		空気量 (%)	スランプフロー (cm)	充填高さ (mm)
CASE-1	3.26	6.4	66.5	325
	3.06	4.7	68.0	325
	2.77	4.2	66.0	360
	2.47	4.8	68.5	360
	1.89	4.3	59.0	365
CASE-2	3.26	4.1	64.5	310
	3.06	4.3	60.0	310
	2.77	4.4	60.0	310
	2.47	4.0	50.5	305
	1.89	4.7	21.5	200
CASE-3	2.77	4.1	67.5	355
CASE-4	2.77	5.2	62.0	340

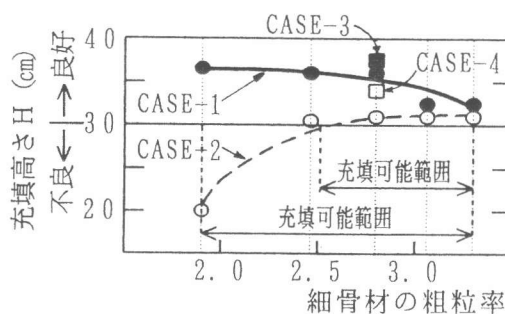


図-4 充填高さとの粗粒率の関係

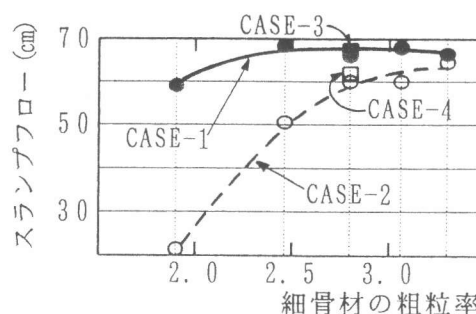


図-5 スランプフローと粗粒率の関係