

V-257 超高強度コンクリートの施工性改善に関する基礎研究

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦
 大林組技術研究所 正会員 青木 茂
 大林組技術研究所 正会員 芳賀 孝成

1. ま え が き

セメントにシリカフュームや超微細な高炉スラグ微粉末を混入し、高性能AE減水剤等を用いて水セメント比を25%程度以下に低減することにより、1000 kgf/cm²以上の超高強度が得られる¹⁾が、水セメント比が小さくなるほどコンクリートの粘性が増加して、流動性やポンプ圧送性等の施工性が著しく悪くなることが知られている。そこで本研究では、超高強度コンクリートの施工性改善を目的として、セメントの種類や骨材の粒度を変化させ、それらがスランプフローや流下時間²⁾に及ぼす影響について実験的に検討を加えた。

表-1 使用材料とその特性

種類	略号	名称	銘柄・産地	比重	特性・主成分など
セメント	NP	普通ポルトランドセメント	C社製	3.16	比表面積(ブレーン) 3,240cm ² /g
	MP	中庸熟ポルトランドセメント	C社製	3.20	比表面積(ブレーン) 3,380cm ² /g
	SFC	三成分系低熱セメント	D社製	2.96	普通ポルトランド(20%) 6,000クラス スラグ微粉末(65%) フライアッシュ(15%)
混和材	Sf	シリカフューム	E社製	2.20	平均粒子径 0.153 μ m, SiO ₂ = 94.0%
混和剤	SPA1	高性能AE減水剤	S社製	1.09	ポリカルボン酸系高分子化合物
	SPA2	高性能AE減水剤	P社製	1.18	変性リタン+7H ₂ リチウム脂肪酸+活性剤M-
細骨材	S1	陸砂	木更津産	2.62	吸水率1.98%, FM 2.66, 実積率66.8%
	S2	石英片岩砕砂(中)	段戸産	2.61	吸水率1.28%, FM 2.63, 実積率65.5%
	S3	石英片岩砕砂(粗)	段戸産	2.61	吸水率0.93%, FM 3.20, 実積率63.2%
粗骨材	G1	硬質砂岩砕石	青梅産	2.64	Gmax20mm, FM 6.82, 実積率60.0%
	G2	石英片岩砕石(中)	段戸産	2.62	Gmax20mm, FM 6.71, 実積率63.0%
	G3	石英片岩砕石(細)	段戸産	2.62	Gmax15mm, FM 6.59, 実積率62.6%

2. 実験概要

2.1 使用材料、配合、練りませ

実験に使用した各種材料の種類と特性を表-1に示す。セメントは普通、中庸熟と三成分系低熱セメントを使用した。減水剤はポリカルボン酸系とアルキルアリルスルホン酸系の高性能AE減水剤をまた、シリカフュームは外国産の粉末タイプを使用した。細骨材は木更津産の陸砂と中目、粗目に粒度調整した石英質砕砂を、粗骨材は青梅産の砕石と中目、細目に粒度調整した石英質砕石を使用した。

コンクリートの配合は、水結合材比23%、細骨材率34%、シリカフューム置換率15%、単位結合材量626kg/m³とそれぞれ一定とし、セメント、骨材、混和剤の種類を変えた13種類とした(表-2)。

練りませは容量100ℓの2軸強制練りミキサーを用い、1バッチ60ℓで行った。練りませ時間は、セメント、シリカフューム、骨材を投入して空練り30秒、水と減水剤を投入して本練り2分30秒とした。

2.2 流下時間による粘性の評価

主として粘性の違いによる流動性の相違を定量評価するために、 ϕ ロート²⁾による流下時間の測定を実施した。測定は練り直後に3回以上実施して平均の流下時間を求め、併せて流下途中の閉塞の状況も観察した。

表-2 配合の種類およびフレッシュ試験結果

No	配合名	配合要因の組み合わせ				空気量 (%)	単位重量 (t/m ³)	スランプ(閉塞)	流下時間 (sec.)
		セメント	細骨材	粗骨材	混和剤量				
1	N-S1-G1-A1	普通	陸砂	青梅	A1-2.5%	1.3	2.41	40.3	1/5(閉塞)
2	N-S1-G1-A2		陸砂	青梅	A2-3.5%	1.3	2.42	36.5	1/3(閉塞)
3	N-S2-G2-A1		砕砂中	石英中	A1-2.2%	1.1	2.41	44.8	70.0
4	N-S2-G3-A1	通	砕砂中	石英細	A1-2.5%	1.9	2.40	37.8	2/3(閉塞)
5	N-S3-G3-A1		砕砂粗	石英細	A1-2.5%	1.0	2.42	44.8	161
6	M-S1-G1-A1		中庸熟	陸砂	青梅	A1-2.2%	1.3	2.43	60.5
7	M-S1-G2-A1	陸砂		石英中	A1-2.2%	1.6	2.41	60.0	33.8
8	M-S2-G2-A1	砕砂中		石英中	A1-2.2%	1.2	2.41	65.8	29.7
9	M-S3-G2-A1	低熱	砕砂粗	石英中	A1-2.2%	1.3	2.42	60.5*	91.3**
10	L-S1-G1-A2		陸砂	青梅	A2-3.5%	1.6	2.37	37.8	2/3(閉塞)
11	L-S2-G2-A1		砕砂中	石英中	A1-2.5%	1.4	2.37	66.0	36.3
12	L-S2-G3-A1	熱	砕砂中	石英細	A1-2.5%	1.2	2.37	64.8	45.8
13	L-S3-G3-A1		砕砂粗	石英細	A1-2.5%	1.8	2.36	68.5*	49.0**

(注) *スランプ試験時の状態がやや分離ぎみであった。 **流下途中で閉塞ぎみとなった。

3. 実験結果と考察

3.1 使用材料がスランプフローに及ぼす影響

表-2にフレッシュコンクリートの試験結果を示す。この結果より、スランプフローや流下時間はセメン

トや減水剤の種類の違いによって大きく変化することが明らかである。セメントの種類では、普通に比べて中庸熱や三成分系低熱セメントの方がスランブフローは大きくなった。これは、中庸熱セメントでは比重がやや大きくセメント容積が少ないことや組成化合物の違い(C₃A, C₃Sが少くないこと)、三成分系低熱セメントでは高炉スラグ微粉末やフライアッシュによる減水効果が大きいことなどによるものと思われる。減水剤の種類については、低水結合材比でも、ポリカルボン酸系の方が比較的少ない使用量で十分大きなスランブフローが得られ、分散性に差が見られた。

骨材の粒度については、一般に粗粒率が大きい骨材ほどスランブフローが大きくなる傾向があるが、その影響の程度は、セメントや減水剤の種類が及ぼす影響に比べると小さいようである。

3. 2 使用材料が流下時間に及ぼす影響

一般に、スランブフローが大きいものほどコンクリートの流下時間は短くなり、見掛けの粘性が下がる傾向にある。しかし、スランブフローが大きくても、流下時間は必ずしも短くなるとは限らず、例えば、三成分系低熱セメントでスランブフローが68.5cmの配合No.13では、細骨材の粒度が粗目で若干分離ぎみのため、骨材間の摩擦の影響を受けて、流下時間は少し長くなった。

図-1は比較的大きなスランブフロー(60cm以上)が得られた配合について、スランブフローと流下時間の関係を示したものである。この結果より、スランブフローが同様でも、セメントの種類や骨材粒度の違いによって流下時間はかなり異なることが明らかである。また、セメントの種類や骨材粒度に応じた、流下時間が最も短くなるような最適なスランブフローが存在することが推察される。総合的に判断すると、中庸熱では配合No.8、低熱セメントでは配合No.11が最も流動性が良いと言える。なお、これらの場合の骨材はどちらも石英砕砂(中目)と石英砕石(中目)を組合せた配合で、骨材粒度の選定が施工性改善に効果があることが推察される。

3. 3 使用材料が圧縮強度に及ぼす影響

各種配合の圧縮強度試験結果を表-3に示す。骨材が陸砂・硬質砂岩砕石の組合せの場合には、普通および中庸熱セメントでは材令91日で1200kgf/cm²以上、低熱セメントでは900kgf/cm²以上の高強度が、また、石英砕砂・石英砕石の組合せの場合には、普通および中庸熱ポルトランドセメントで1600kgf/cm²以上、低熱セメントでは1100kgf/cm²以上の超高強度が得られた。また、何れのセメントにおいても、粗目の石英砕砂や細目の石英砕石を用いた場合に、相対的に高い圧縮強度が得られた。

4. ま と め

本研究より、スランブフローや流下時間で示されるコンクリートの流動性は、セメントや混和剤の種類および骨材粒度の違いによって大きく異なり、最も流動性が良くなる骨材粒度が存在することが明らかになった。本研究の範囲では、中庸熱ポルトランドセメントと石英砕砂(中目)、石英砕石(中目)を用いることで、流動性に優れた超高強度コンクリート(1600kgf/cm²以上)が達成できた。なお、超高強度コンクリートの圧縮強度は骨材粒度の影響も受け、今後はさらにこのような観点からの研究も進める予定である。

[参考文献]

- 1)三浦ほか：超微細な高炉スラグ微粉末を用いた超高強度コンクリートに関する基礎研究，土木学会第44回講演会
- 2)近松ほか：高流動コンクリートの流動性評価方法(大型ロート試験の提案とその適用性)，セメントコンクリート No. 530, 1991

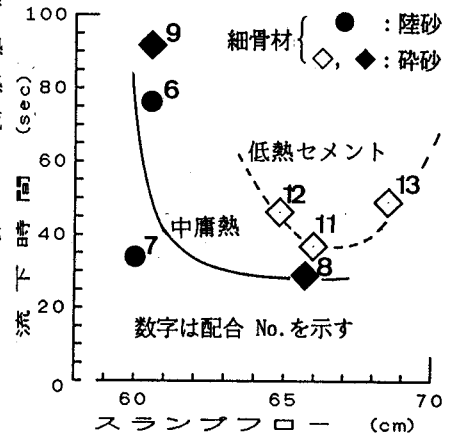


図-1 スランブフローと流下時間
表-3 圧縮強度試験結果

No	配合名	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)			
		7日	28日	56日	91日
1	N-S1-G1-A1	781	1013	1162	1238
2	N-S1-G1-A2	803	1057	1255	1292
3	N-S2-G2-A1	769	994	1107	1143
4	N-S2-G3-A1	877	1202	1433	1508
5	N-S3-G3-A1	923	1314	1551	1671
6	M-S1-G1-A1	676	995	1167	1230
7	M-S1-G2-A1	731	1038	1371	1521
8	M-S2-G2-A1	772	1185	1518	1614
9	M-S3-G2-A1	823	1260	1604	1677
10	L-S1-G1-A2	512	665	836	894
11	L-S2-G2-A1	598	814	987	1041
12	L-S2-G3-A1	668	869	1036	1149
13	L-S3-G3-A1	624	841	1003	1054