

九州工業大学 正員 ○高山 俊一

同 正員 石橋 孝治

同 学生員 江本 幸雄

1. まえがき

高性能減水剤の発達によって高強度コンクリートが、特殊な方法によらずに現場で容易に施工されるようになってきた。しかし、高強度コンクリートの性質は普通コンクリートに比べて高い粘稠性を有している。筆者らの数年来の研究によって、高強度コンクリートのコンシステンシーはモルタルのコンシステンシーによって左右され、そのモルタルのコンシステンシーは多くの要因によって変化すること、最適配合ではコンクリートのコンシステンシーが変化してもモルタルのコンシステンシーはほぼ一定となることが明らかになった。本報告では、水セメント比を変化させた場合の最適配合を求め、モルタルのフロー値との関係を調べ、また、3種のコンシステンシー測定器との相関性について検討した。次に求めた最適配合を用いて耐久性および水密性について実験を行った。さらに、高強度コンクリートではワーカビリティが練り混ぜ方法や減水剤の添加方法によって大きく変化することが明らかとなった。

2. 使用材料 セメントは三菱普通ポルトランドセメント(比重 3.16)、細骨材は海砂(比重 2.55、粗粒率 2.60)、川砂(比重 2.47、粗粒率 2.33)の2種、粗骨材は碎石(最大寸法 20mm、比重 2.72、粗粒率 6.89)を使用した。減水剤はマイティ 150(主成分: β -ナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物、比重 1.21)とポゾリス No.5 L を使用した。

3. 実験方法 1) ワーカビリティを考慮した最適配合

コンクリートは練り混ぜ量を 25ℓとし、一定のコンシステンシーを有するモルタルに粗骨材を加えていく配合とした。コンシステンシーの測定はスランプ、VB およびフローの各試験の3種類で行なった。モルタルは練り混ぜ量を 0.5ℓとしてフロー試験を行なった。水セメント比は 28, 32, 35% とし、減水剤添加量は水セメント比 35% では 1.0%, その他は 1.5% とした。

表-1 最適配合と強度試験結果

スランプ (mm)	コンクリート						モルタル				静水圧係数 ($\times 10^{-6}$)
	W/C	S/A	C	W	70-18 (%)	VB (sec)	S _m	70-18	0 ₅	0 ₂₀	
8	28	312	566	158	58	4.8	371	179	645	705	47.9
	30	321	482	145	38	7.1	420	238	—	—	—
	32	317	467	144	53	5.6	418	222	655	752	40.0
	35	333	500	175	53	4.7	390	207	474	670	37.2
10	28	327	582	163	69	3.6	372	179	695	789	44.4
	30	328	490	147	50	5.6	419	238	—	—	—
	32	342	442	157	66	4.1	419	222	669	755	49.2
	35	351	518	181	66	3.6	389	207	507	678	36.5
12	28	342	600	168	81	2.8	371	179	632	690	53.1
	30	337	498	149	62	4.5	420	238	—	—	—
	32	366	517	165	78	3.0	418	222	623	773	44.8
	35	371	538	188	78	2.8	388	208	517	719	39.6
14	28	376	620	174	92	2.2	370	179	622	711	47.6
	30	347	509	153	74	3.6	420	238	—	—	—
	32	384	535	171	91	2.2	417	223	637	758	44.2
	35	390	555	194	91	2.1	389	207	491	614	44.7

2) 耐久性 および水密性

両試験とも配合は最適配合で求めたスランプ 12cm の場合と、比較のため W/C 55%, C=340%, 45% の普通コンクリートを用いた。凍結融解試験は 75×10×40cm の角柱供試体を使用し、ASTM C290 の急速水中凍結融解試験に準じて行なった。透水試験は $\phi 15 \times 30$ cm の円筒供試体を使用し、インプット法によって 20 kg/cm² の圧力で、W/C 55% は 48 時間、その他は 96 時間実施して試験を行ない、拡散係数を求めた。

3) 減水剤の遅れ添加法

減水剤の添加方法をモルタルで3種類、コンクリートでは4種類に変化させて試験を行ない、スランプ、フロー値および強度の各変化を調べた。供試体は圧縮用は $\phi 10 \times 20$ cm, 引張用は $\phi 75 \times 15$ cm を使用した。

4. 試験結果および考察

1) ワーカビリティを考慮した最適配合
スランプ-粗骨材量の曲線から同一のコンシステンシーを示す配合のセ

表-2 強度試験結果

水セメント比 (%)	凍結融解試験(14)		透水試験(28d)	
	圧縮強度	引張強度	圧縮強度	引張強度
28	613	46.9	788	47.2
30	630	44.3	715	47.4
32	589	45.7	764	46.7
35	552	41.7	719	46.7
55	281	26.6	344	36.1

メント量と細骨材率の
曲線を描き、最小セメ
ント量を示す配合を求
めて最適配合とした。
各コンシステンシーに
おける最適配合と強度
試験結果も表-1に示
す。水セメント比が異
なる場合でも、コンク

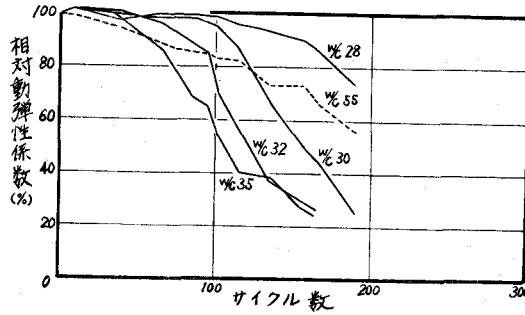


図-1. 凍結融解の繰返しによるコンクリートの品質低下

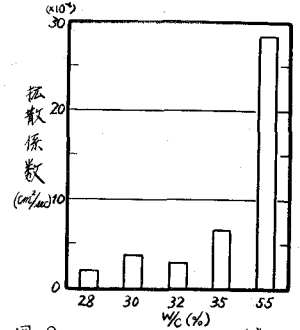


図-2. 水セメント比と拡散係数との関係

リートのコンシステンシーにかかわらずモルタルのコンシステンシーは一定となることかわかる。このことから最適なフロー値を有するモルタルに粗骨材を加えて、スランプ～粗骨材量曲線を描いておけば必要なコンシステンシーを有する最適な配合が得られると考えられる。

2) 耐久性 および水密性

強度試験および凍結融解試験の結果をそれぞれ表-2と図-1に示す。100サイクルを越えたと相対動弾性係数は低下しはじめ、約200サイクルになるとW/Cが28%、55%以外では著しく耐ス性が劣っている。しかし、重量変化はW/C 55%が200サイクルで1%減少しているほかはほとんど変化は認められなかった。表面状態は、W/C 55%では表面のモルタルが剥離し骨材が露出しているが、高強度コンクリートではわずかにモルタルの剥離が見られる程度であった。透水試験結果も図-2に示す。W/Cが35%以下の高強度コンクリートでは拡散係数がW/C 55%の普通コンクリートに比べてはるかに小さく、水密性が高いことが認められた。

3) 減水剤の遅れ添加法

モルタルの試験結果も図-3に、コンクリートの結果を表-4図-4に示す。モルタル、コンクリートのいずれの場合も水と減水剤を別々に加えた方がよいコンシステンシーが得られている。スランプ低下後に1%の減水剤を遅れ添加した場合は、最初のスランプより大きくなり、強度的にも良好な結果が得られた。

表-3 遅れ添加に使用したコンクリートの配合

コンクリートの配合	W/C	Sa	単位量 (kg/m³)					減水剤
			w	C	S	G		
I	28	34.0	174	620	528	1130	9.30	
II	32	34.0	176	550	537	1149	8.25	
III	32	36.0	187	583	550	1081	8.75	

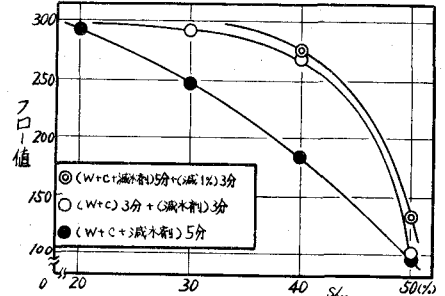


図-3. モルタルの遅れ添加によるフロ-値と砂率

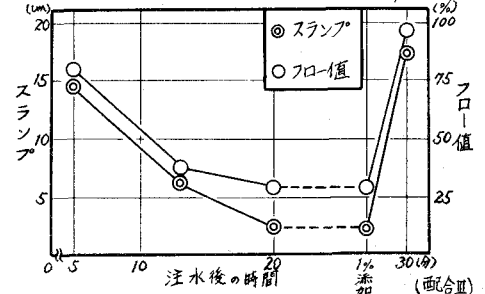


図-4. 遅れ添加によるコンシステンシーの回復

表-4 コンクリートの遅れ添加によるコンシステンシーと力学特性

練り混ぜ方法	配合 I								配合 II							
	スランプ (cm)	7日 圧縮強度 (MPa)	28日 圧縮強度 (MPa)	7日 引張強度 (MPa)	28日 引張強度 (MPa)	7日 弾性係数 (GPa)	28日 弾性係数 (GPa)		スランプ (cm)	7日 圧縮強度 (MPa)	28日 圧縮強度 (MPa)	7日 引張強度 (MPa)	28日 引張強度 (MPa)	7日 弾性係数 (GPa)	28日 弾性係数 (GPa)	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
A. (セメント+砂+減水剤)+(砂利) 3分 2分	5.3	32	56.9	703	38.0	52.8	3.45	3.65	10.8	55	54.0	663	44.8	44.9	3.04	3.41
B. (セメント+砂)+(砂利)+(減水剤) 3分 3分 2分	12.6	53	60.1	740	44.5	52.7	3.75	3.52	23.9	119	51.8	666	42.6	44.7	3.60	3.51
C. (セメント+砂)+(砂利)+(減水剤) 3分 2分 3分	5.1	27	62.2	702	42.4	47.8	3.61	3.83	19.2	113	55.3	673	44.5	44.8	3.43	4.12
D. Aと同じ	2.6	28	—	—	—	—	—	—	10.8 (1.4)	61 (1.7)	—	—	—	—	—	—
E. Aに減水剤 1%を添加し 3分間練り混ぜ	11.1	54	71.1	789	42.8	53.2	3.20	3.57	3.3	23	54.7	668	45.8	47.3	3.38	3.43

(*) はオミ四日測定後、約10分放置し、練り返した後のデータ