

新日鐵化学(株) 正会員 近田孝夫
 新日鐵化学(株) 正会員 前田悦孝
 九州共立大学 正会員 松下博通

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の施工の信頼性向上と合理化を目的として高流動コンクリートの開発、施工が各方面で進められている。高流動コンクリートの流動性の裏付けや配合設計方法についてはいくつかの報告がなされているが¹⁾、まだ各種の考え方があり集約される過程にあるといえる。

本研究は、筆者らが研究を続けてきた余剰ペースト膜厚理論²⁾の考え方を高流動コンクリートの流動性と分離抵抗性の評価および配合設計への適用を検討するための2、3の考察を加えたものである。

2. 実験概要

実験に使用したセメントと高炉スラグ微粉末を表-1に示す。結合材のスラグ置換率は50%とした。図-1は結合材の粒度分析結果であり、90%通過相当粒子径(以下、 d_{90})は31 μm であった。混和剤は表-2に示す高性能AE減水剤と高性能減水剤の2種類を使用した。以下これらを総称して単に減水剤と称する。使用した骨材は減水剤の種類によってロットが異なり、本実験では、高性能AE減水剤を使用した場を実験I、高性能減水剤を使用した場合を実験IIとしてそれぞれ表-3に示す骨材を使用した。

コンクリートの配合を表-4に示す。水/結合材比を35.8%に、細骨材率を53%に統一し、実験I、IIともそれぞれ単位ペースト量、すなわち余剰ペースト膜厚を3水準に変化させた。

表-1 セメントおよび混和材

セメント	普通ポルトランドセメント, 比重 3.14, 粉末度 3130 cm^3/g
混和材	高炉スラグ微粉末, 比重 2.88, 粉末度 5890 cm^3/g

表-2 混和剤

実験	記号	主な成分
I	PCA	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
II	NFS	ナフタリンスルホン酸系高性能減水剤

練混ぜは、55 ℓ 強制2軸ミキサーを使用し練混ぜ量は40リットルとした。練混ぜ手順は、結合材および骨材を投入後30秒間空練りし、注水後2分間練混ぜた。練混ぜ終了から10分間ミキサー内に静置し、10秒間練混ぜて排出した。排出後は直ちにフレッシュコンクリートの試験を行った。測定項目は、スランプフロー、V漏斗流下時間、L型フローおよび目視による分離状況の観察である。V漏斗は口径 6.5 $\times$ 7.5cm のものを使用し、L型フローはゲート部に水平筋をあき45mmの間隔で3本配置したものを使用した。これらの試験のコンクリート容量は10リットルであり、ミキサーから排出する際に10 ℓ の容器に直接採取した。分離の状況は、おもにL型フロー試験の流動状況におけるモルタルやペーストの先走り、ペーストの浮き、および静置試料の骨材の沈降具合から判断した。

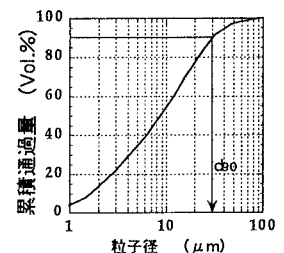


図-1 結合材の粒度曲線

表-3 使用骨材の性状

実験	使用材料	記号	比重	粗粒率
I	粗骨材	Ga	2.71	6.63
	細骨材	S1a	2.56	3.09
		S2a	2.61	2.01
II	粗骨材	Gb	2.74	6.79
	細骨材	S1b	2.59	2.83
		S2b	2.61	1.91

粗骨材：碎石、細骨材：海砂

表-4 コンクリートの配合

実験	s/a (%)	W/B (%)	単位量(kg/cm^3)						ペースト量 ($1/\text{m}^3$)	余剰ペースト膜厚 δ (μm)
			W	C	BFS	S1	S2	G		
I	53	35.8	184	257	257	565	286	796	355	32.8
			175	244	244	582	294	819	337	26.8
			165	231	231	598	302	820	319	21.2
II	53	35.8	184	257	257	572	288	805	355	35.8
			175	244	244	588	296	828	337	29.9
			170	237	237	597	301	840	311	27.0

3. 実験結果

図-1に減水剤添加率とスランプフローの関係を示す。図中の白抜き記号はコンクリートが分離したことを示す。実験Ⅰ、Ⅱとも、減水剤の添加率による流動性の増大には限界があって、スランプフローの増大とともに分離が顕著になり、スランプフローの増大は頭打ちとなっている。その限界のスランプフローは余剰ペースト膜厚が大きいほど大きくなる傾向がある。また、同一のスランプフローを得るための減水剤の添加率は余剰ペースト膜厚が小さいほど大きくなっている。余剰ペースト膜厚理論では、ペーストの性状が同じであれば膜厚が大きい方が流動性が大きく、膜厚が同じであればペーストの流動性が大きい方がコンクリートの流動性が大きくなると考えられている。単位ペースト量の少ない配合では、余剰ペースト膜厚も小さいため、単位ペースト量の多い配合と同程度の流動性を得るためにはペースト部分の流動性をより大きくする必要があり、減水剤の添加率が多くなると考えられる。しかし、ペースト部分の流動性が大きくなると同時に粘性が小さくなるため高流動コンクリートが分離しやすくなると考えることができる。

図-2と図-3は、それぞれスランプフローとV漏斗流下時間の関係、スランプフローとL型フローとの関係を示したものである。余剰ペースト膜厚の最も小さい $21\mu\text{m}$ の配合では、スランプフローの増大とともにV漏斗流下時間は増大し、L型フローの値も他とは異なった傾向を示した。この配合はスランプフローが60cm以上で分離しており、膜厚が小さく、かつその粘性も小さいために骨材どうしがかみ合いやすく間隙通過性が低下していると考えられる。余剰ペースト膜厚が $27\sim 30\mu\text{m}$ の配合では、スランプフロー65~68cm以上では、分離と同時に漏斗流下時間は急増し、L型フローは急激に低下した。一方、余剰ペースト膜厚が $30\mu\text{m}$ を越える配合は、常にV漏斗流下時間が最も短く、L型フローは最も大きくなっており、スランプフローが70cm以上では分離が顕在化しているがV漏斗流下時間の急激な増加はなく、L型フローの低下も小さい。これらの配合は高流動コンクリートとして要求される流動性と間隙通過性をバランス良く保てていると言える。

ここで、余剰ペースト膜厚と結合材の $d_{90}=31\mu\text{m}$ を比較すると、余剰ペースト膜厚が d_{90} より大きい配合では比較的良好な性状が得られており、高流動コンクリートの配合条件に関して、骨材の表面に結合材粒子の大きさに比較して十分な厚さの余剰ペースト膜厚が形成されることが一つの目安となることが示唆される。

4. まとめ

単位ペースト量を増大させることにより高流動コンクリートの流動性、分離抵抗性および間隙通過性を向上でき、骨材表面に形成される余剰ペースト膜厚がペースト中の粉体粒子径より大きくなるペースト量の設計が配合上の一つの目安であることが示唆された。

〔参考文献〕

- 岡村、前川、小澤：ハイパフォーマンスコンクリート、技法堂出版、1993

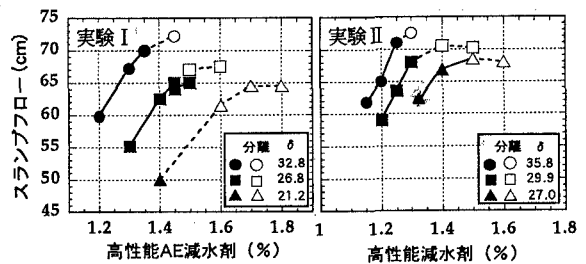


図-2 減水剤の添加率とスランプフローの関係

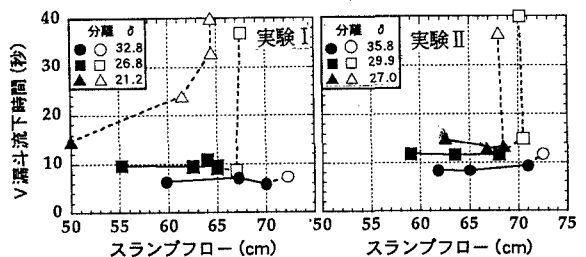


図-3 スランプフローとV漏斗流下時間の関係

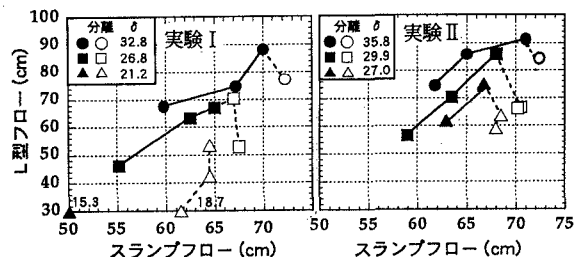


図-4 スランプフローとL型フローの関係