

[28] 高流動化コンクリートの品質に及ぼす分離の影響

正会員 十代田 知三 (芝浦工業大学)

1. まえがき

単位水量を増さずにコンクリートの流動性を著しく改善する手段として、高性能減水剤あるいは高流動化剤などによられる表面活性剤(以下高流動化剤という)が開発され、実用化され始めている。減水効果を高強度化に適用した二次製品への使用はかなり定着しつつあるが、施工性を目的とした建築用現場打軌練りコンクリートへの適用にあたっては、基礎・応用の両面とも資料が十分とは云えない。

本研究は、高流動化剤の分散・流動化効果がまだ固まらないコンクリートの分離性に与える影響に着目して、高流動化剤を後添加したコンクリート(以下高流動化コンクリートという)について、分離性状とその硬化後の品質への影響に関し実験的に検討するものである。フレッシュコンクリートの分離は、運搬・打設時におけるものと、打設後に生ずるものとに大別できるが、前者については別に報告する予定である。後者については、既に一部の結果を発表¹⁾した。これによると、高流動化剤の添加はペースト、モルタルのブリージングを助長すること、AⅡ剤の併用や練置後の添加はブリージングを抑制すること、ブリージングは引張強度を低下させること、高流動化コンクリートは粗骨材の沈降が多く、レイトランスが顕著なこと、などが示された。

本報告は、高流動化コンクリートの硬化後の諸性質を、位置・方向を変えて調べることにより、フレッシュ時の分離性がもたらす部材上下方向の非均質性や異方性を把握して、硬化後の品質への影響を、無添加のコンクリートと比較検討したものである。

2. 実験の概要

実験は次の二つのシリーズから成る。シリーズⅠは、15cm立方供試体を用いて、打設方向およびこれに直角方向の引張強度を求め、主としてブリージングによる粗骨材下面の欠陥の程度を知ろうとするものである(図-1)。シリーズⅡは、15×15×45cm柱状供試体を用いて、高さ方向各部分における打設方向の引張強度、粗骨材量、容積吸水率を求め、ブリージング、粗骨材の沈降など分離による品質の上下差を知ろうとするものである(図-2)。これら割裂引張を主とするコンクリートの品質試験方法は、引張強度の構造敏感性に着目して先に提案²⁾したものである。

各シリーズとも、使用材料・調合等は若干異なるが、ベースコンクリート(硬練AⅡコンクリート)、高流動化剤2種、添加量2種による高流動化コンクリート、これと同スランプ・同水セメント比の軟練AⅡコンクリートについて比較検討した。供試体数は、シリーズⅠ各3個、シリーズⅡ各2個とした。

割裂試験による引張強度 t (Kg/cm²)は下式により求めた。

$$t = 2P / \pi \times 15^2 \quad \text{ここに } P: \text{最大荷重 (Kg)}$$

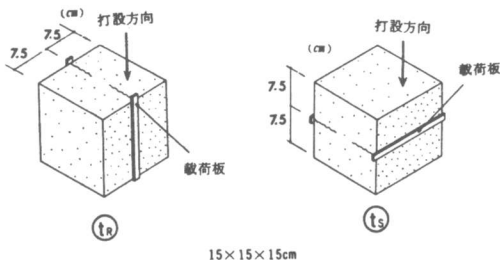


図-1 割裂試験における打設方向と載荷位置との関係および引張強度の表示

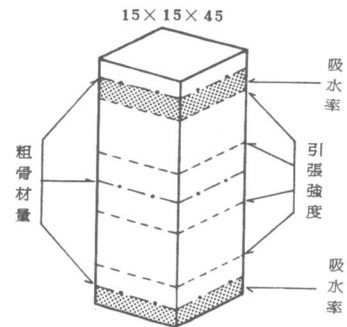


図-2 柱状供試体における各測定位置(引張強度は割裂面を示す)

● 測定項目 一般：スランプ（フロー）、空気量、単位容積重量、圧縮強度。

引張強度（前述）、柱状供試体における打設面の沈下量、切断面における粗骨材面積、比重・吸水率。

● 使用材料および調合

シリーズ	記号	コンクリート種類	高流動化剤 [※]	スランプ [※] (^{cm})	W/O (%)	材 料
I (1978)	N	普通軟練り	—	18.5 ~ 20	40,45,60	普通ポルトランドセメント1種
	B	ベース	—	6.5 ~ 15 (3.5~9.5)	40,45	AⅡ剤1種(全調合AⅡ)
	F _a	高流動化	6 0 0 0 ^{cc}	13 ~ 21	50,60	高流動化剤2種
	F _b		1.6 0 0 0	15.5 ~ 23		
	F _a '		9 0 0 0	21	60	a. ナフタリン系
	F _b '		2.4 0 0 0	23		b. メラミン系
						川砂利(富士川25)川砂(富士川2.5)
II (1979)	N	普通軟練り	—	19.5 ~ 20	46	普通ポルトランドセメント1種
	B	ベース	—	12 ~ 14.5(6~8.5)		60
	F _a	高流動化	1.0 5 0 0 ^{cc}	19 ~ 19.5	高流動化剤2種	
	F _b			16.5 ~ 21		
	F _a '		1.5 7 5	22.5 ~ 24	60	a. ナフタリン系
	F _b '			20.5 ~ 24		b. メラミン系
						川砂利(熊野川25)山砂(木更津5)

※セメント100kg当りの添加量 ※※実測値を示す。()内は練置30分後のスランプ。

高流動化剤の添加量は、シリーズIではメーカーの推奨値およびその1.5倍としたが、シリーズIIでは試験練りによって定めたためメーカー推奨値をかなり上廻った値およびその1.5倍とした。bはIとIIで品種が異なる。

3. 実験の結果および考察

●シリーズI 図-3に t_R と t_B の関係を示す。高流動化剤の有無・種類にかかわらず、ほとんどのコンクリートの t_B は t_R とほぼ等しいか、やや上廻る値を示している。ただ添加量の多い一調合のみは t_R に対し15%ほど t_B が低下を示している。また、 t_R と t_B の平均値を各調合の引張強度として比較しても同水セメント比の場合大差がない。本実験は既報¹⁾の実験の一部として行われたものであるが、それより得られた分離性状の影響は打設方向の引張強度にみられない。ただ、割裂面の観察によると、 t_B の場合粗骨材下面の抜け出し跡および粗骨材の破断が多い。図-4にはシリーズIIの結果と併せて、圧縮強度と打設方向の引張強度による脆度係数との関係を示した。両シリーズとも、周知のとおり圧縮強度が高いほど脆度係数が大きくなる傾向をもつが、全般に普通コンクリートに比べて高流動化コンクリートの方が脆度係数がやや高い傾向がみられる。この点さらに検討を要する。

●シリーズII 柱状供試体についての主な結果を総合的に比較して図-5に示す。

〔沈下収縮〕 柱状供試体打設後3時間でコンクリート表面の沈下は、いずれのコンクリートにもほとんどみられず、最大の60Nでも二個の平均が1.4mmとわずかであった。これは、細骨材として使用した山砂の保水性によるものとみられる。

〔引張強度〕 いずれのコンクリートも、下部に比べて上部の引張強度は低下を示している。(割裂試験は高さ方向に亘り4段について行ったが、ここでは最上段と最下段をとりあげる。)これは、内在ブリージングによる上層部セメントペーストの多孔質化、下層部の圧縮による密実化、骨材の架橋作用とマトリックスの沈降との相対関係により生ずる骨材下面の欠陥の上層における増大、などによると考えられる。²⁾特に本実験の場合、引張応力の方向が打設方向と一致するため、骨材下面の欠陥には敏感である。

上下差の程度は、W/O46%の場合、単位水量の多いNがやや大きい程度で大差はなく、高流動化剤の添加量が多い場合上下差が少く、かつ強度も大きい。W/O60%の場合は、全般にほとんど同じ傾向で、かつ上下それぞれほぼ同じ値を示している。両W/Oとも高流動化剤の種類による違いはほとんどみられない。

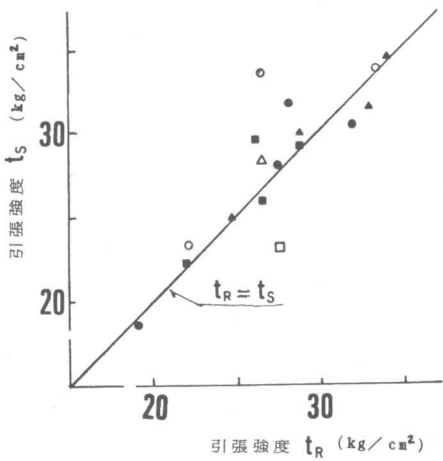


図-3 t_R と t_S との関係

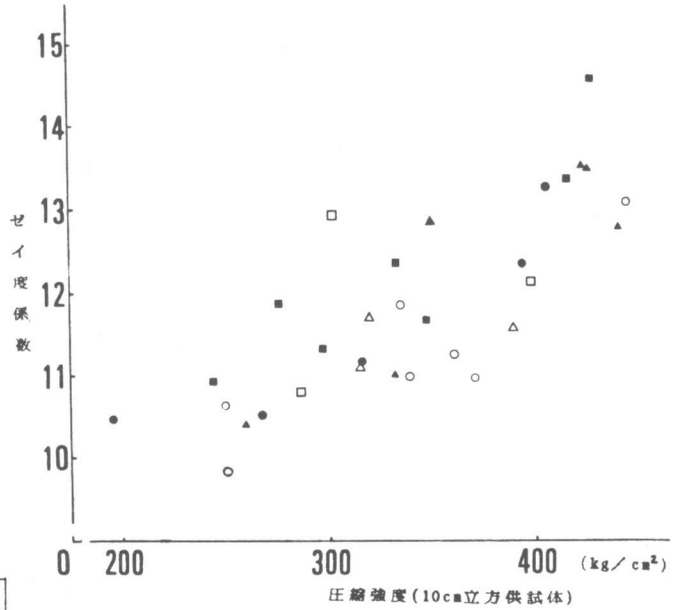


図-4 圧縮強度と脆度係数との関係

$$\text{ゼイ度係数} = \frac{\text{圧縮強度}}{\text{引張強度} \times \text{※}}$$

※シリーズIは t_S 、シリーズIIは上下4個所の平均

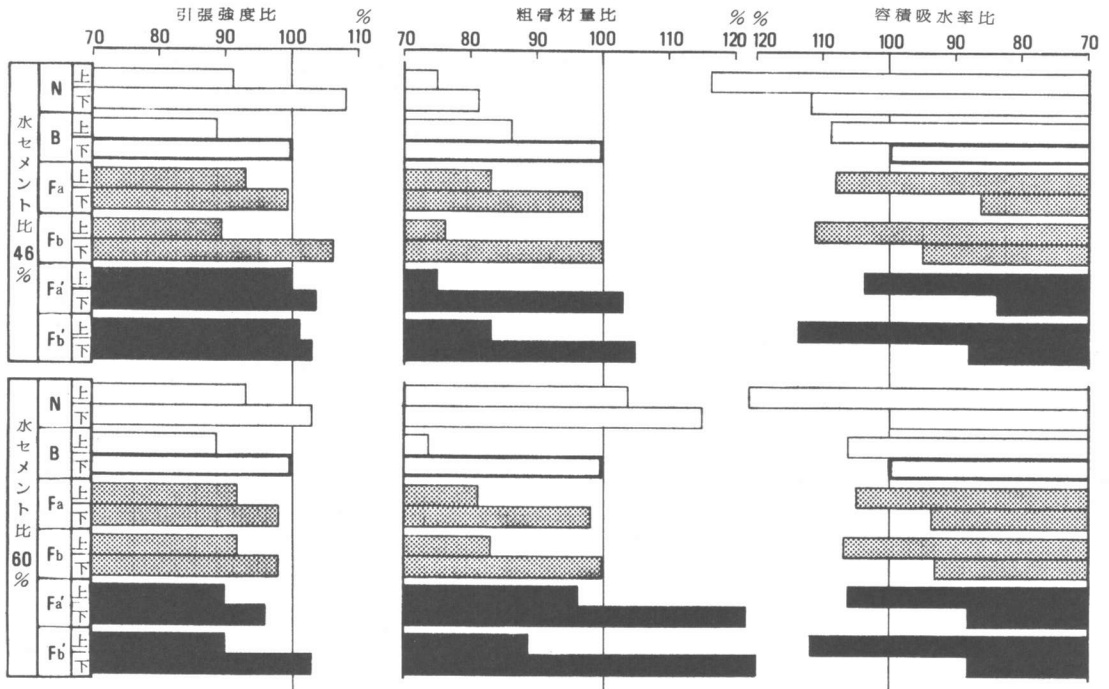


図-5 上下の非均質を表す主な結果 (全て各水セメント比におけるBの下段を100%とする)

〔粗骨材量〕いずれのコンクリートも下部に比べ上部の粗骨材量が少なくなっており、粗骨材の分離・沈降性状を示している。硬練りのBにもみられるのは、B供試体のみ振動締めをしたのでかけ過ぎがあったのではないかと思われる。高流動化剤の種類による差はみられないが、添加量の多い場合に粗骨材の沈降が顕著であり、分離の助長があったものとみられる。

〔容積吸水率〕いずれのコンクリートも下部に比べ上部の吸水率が高くなっており、密実さの非均質性を示している。単位水量の多いNは上下とも高い。高流動化剤の添加量が多い場合は上下差が大きくなる傾向がみられる。

〔総合考察〕引張強度、粗骨材量、吸水率ともに、高流動化剤の有無・多少、水セメント比の大小にかかわらず全てのコンクリートに上下差が明らかである。粗骨材量と吸水率とは、その上下差の傾向の相関性がつよく、特に流動化剤の添加量が多い場合に粗骨材の分離を助長して沈降を多くし、同時にこれが滲出起動力となってブリージングを促進して上層部が多孔質となるという内部構造の非均質性をうかがわせる。しかし、この二つの性質に表われた上下差は、引張強度には敏感に表われていない。すなわち、引張強度にもすべてに上下差がみられるものの、各部で比べるとあまり大差がなく、あってもその差に一定の傾向はみられない。これは、流動化剤の分散効果がセメントの水和に寄与するプラスの面が、分離をもたらすマイナス面より優れた結果として表われたものとも考えられ、セメントの結合機構や骨材との附着性など基礎的な検討が必要と思われる。

総体的にみて、高流動化剤の添加量および調合が適切であれば、高流動化コンクリートの分離性が硬化後の品質-特に均質性-に及ぼす影響は、同材料を用いた普通AEコンクリートと比べ大差ないといえよう。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られた主要な結果から総合的に考察すると次のようにいえよう。

- (1) 高流動化剤の添加量および調合・打設が適切であれば、高流動化コンクリートの分離性が硬化後の均質性に及ぼす影響は、同じく調合・打設が適切な普通AEコンクリートと比べて大差ない。
- (2) 上記のような高流動化コンクリートは同スランプ・同水セメント比の普通AEコンクリートに比べ、分散・減水効果に応じ密実となる。
- (3) 高流動化剤の過剰な添加はコンクリートの分離性を助長し、硬化後の非均質性を大きくする。
上記より、高流動化コンクリートの施工にあたっては以下の留意が必要であろう。
 - (a) 高流動化剤の計量管理を十分にする。
 - (b) 一回の打設高さをあまり高くしない。

なお、マクロな面で柱・壁のような実大実験による高流動化コンクリートの均質性や打継部の調査、ミクロな面でセメントペーストと骨材との附着性に及ぼす高流動化剤の影響の検討、などが今後望まれる課題である。

〔謝辞〕本研究は昭和54・55年卒業研究として行ったものであり、卒業研究生諸君の努力に感謝致します。また実験にご協力いただいた工学研究所・西田宏氏に御礼申し上げます。

〔文献〕

- 1) 十代田：高流動化コンクリートの分離性状(I)、建築学会大会号、昭和54年
- 2) たとえば 十代田：引張強度にみられるコンクリートの異方性、建築学会論文報告集、230号、昭和50年
同：コンクリートの品質指標について、セメントコンクリート、330号、昭和49年
同：コンクリート内部構造の指標について、材料研究連合講演会、第20回、昭和51年、など
- 3) Lukas, W. : Segregation Tendency of Concrete Compounded With Superplasticisers, 4th International Symposium on Concrete Technology in Monterrey, Mexico, March, 1979