

[11] 流動化コンクリートの均質性

正会員 ○十代田知三 (芝浦工業大学)
 正会員 野崎 喜嗣 (武蔵工業大学)
 中山 千春 (前田建設工業)

1. はじめに

建築工事用軟練コンクリートの品質改善を目的とした高流動化剤の後添加手法が実用化されつつあるが、この種の混和剤がコンクリートの品質に及ぼす副次的影響に関する基礎的あるいは施工上の資料はまだ充分でない。高流動化剤（以下、流動化剤という）の添加は、減水効果によりフレッシュコンクリートの分離に対する抵抗性を増すが、一方では分散・流動化効果や単位ペースト量の減少（骨材量の増大）による分離の助長をまねき、分離に対して正負両面の影響を併せもっている¹⁾²⁾。本研究は、この点に着目し、分離がもたらす硬化後のコンクリートの不均質性や異方性について、実験的に流動化剤無添加のコンクリートと比較検討するものである。すでに15cm立方供試体あるいは15×15×45cm柱状供試体を用いた範囲で、流動化剤を後添加したコンクリート（以下、流動化コンクリートという）は、その添加量が適切であれば、同水セメント比・同スランプの普通A Eコンクリートと比べて、均質性に大差ないことを報告した²⁾。本報告は、構造物モデルとしてのRC壁体（2.4×2.4×0.3m）により、流動化コンクリートの均質性の実態についてさらに比較検討を進めたものである。

なお、本報告は昭和55年度文部省科学研究費助成による「コンクリート構造物の品質評価のための基礎研究」の実験の一部によるものであり、構造物の品質評価方法に視点をおいた結果については別に報告したい。

2. 実験の概要

●試験壁体 構造物モデルとして、図-1に示すRC壁体（半分は無筋）を、5種類の調合のコンクリートについて各1基、計5基作成した。形状・寸法は柱と壁を想定したもので、昭和55年10月上旬に東京都内屋外にレディミクストコンクリートを用いて打設した。型枠は表面処理合板とし、コンクリートはクレーンとホッパーにより各壁体中央から落し、突棒により締固めた。作業量比較のため、スランプ12cmのベースコンクリートにもバイブレータは使用しなかった。流動化剤は、工場出荷後36~38分ミキサ車に投入し、高速1分間で再混練した。壁体は、打設後足場架構シートで覆い、材令34日でコア採取した。脱型は7日、散水養生は28日までを行った。採取後のコアは材令44日まで室内気中、その後破壊試験（49日）まで標準養生を行った。

●試験項目 壁体については表-1に示す。使用コンクリートの打設と同時に採取した供試体による試験は、スランプ、空気量、ブリージング、圧縮強度、引張強度（二方向²⁾）、動弾性係数、超音波、などである。なお、メモ・モーションカメラおよび時間測定により打設作業を記録した。

●使用材料および調合 表-2に示す。

表-1 壁体の試験項目と位置

位置(列) 項目	寸法	位置 項目
B, D, F	圧縮強度・単重 $\phi 15$	B, D, F 反撥硬度
A, C, E	引張強度(二方向) $\phi 15$	B, D, F 超音波
g	吸水率・単重 $\phi 10$	k 沈下
j	写真・骨材率・単重 $t=15$	(p) 側圧

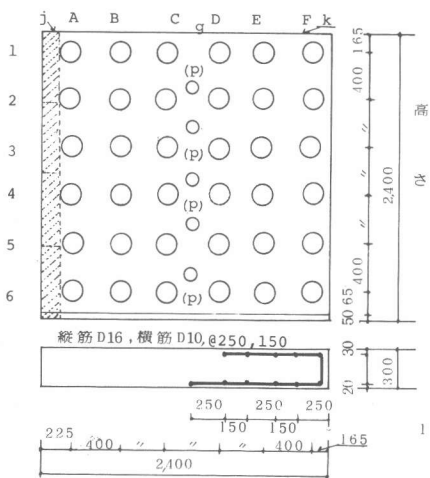


図-1 RC壁体と各種試験位置

表-2 コンクリートの使用材料と調合

略号	種類	目標		W/C	S/A	重量調合 Kg/m^3				A E 剤 ℓ	S P ℓ
		スランブ cm	空気量 $\%$			W	C	S	G		
No	non-AE	21	-	68.6	49.0	221	322	860	901	-	-
Na	標準	21	4	61.0	48.7	196	322	847	901	3.57	-
B	ベース	12	4	61.0	48.7	175	287	889	943	3.19	-
F	流動化	21	4	61.0	48.7	175	287	889	943	3.19	1.55
F'	流動化	-	-	61.0	48.7	175	287	889	943	3.19	1.98

C:普通ポルトランドセメント, S:混合山砂(2.5mm), G:混合砕石(20mm)
 S P:ナフタリン系高流動化剤。昨年度実験²⁾使用の2銘柄について差が認められなかったので1銘柄とした。添加量はメーカー標準とその1.3倍の2種とした。

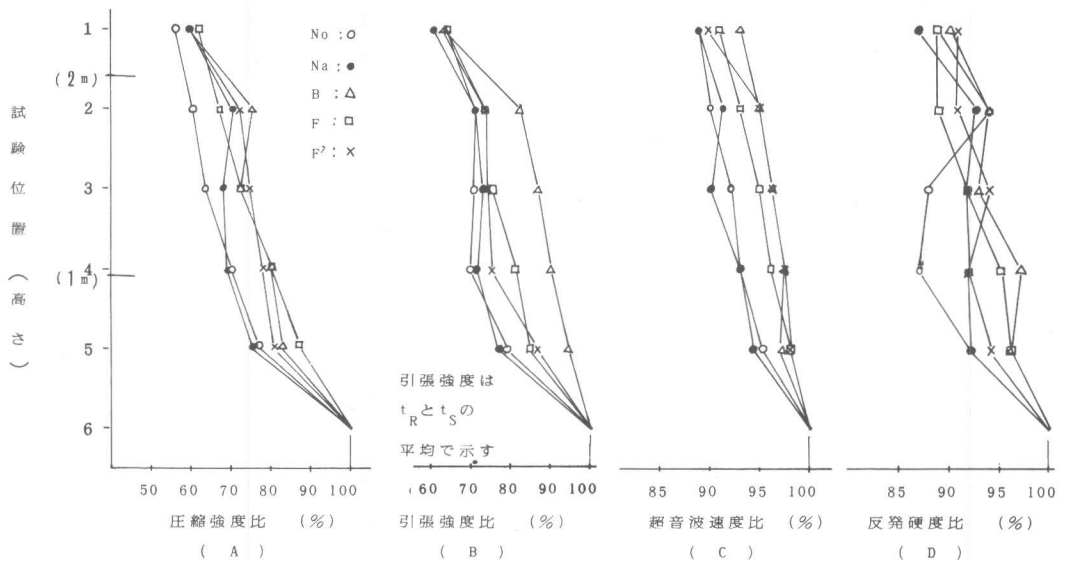
表-3 供試体試験結果

種類	スランブ cm	空気量 $\%$	ブリージング率 [*] $\%$	標準強度 ^{**} kg/cm^2	
				圧縮	引張 ^{***}
No	21.0	1.2	1.46	184	2.28
Na	21.0	3.9	1.01	249	2.87
B	12.0	4.0	0.54	212	2.49
F	12.0→21.0	5.1→4.4	0.78	235	2.72
F'	12.0→23.5	4.7→4.2	0.72	207	2.56

* 最初のコンクリート体積に対する比
 ** 28日標準養生
 *** 15cm立方供試体の二方向の割裂強度の平均値。二方向は打設方向とそれに直角方向²⁾

3. 実験の結果および考察

- 使用コンクリートの諸性質 壁体の打設時に採取したコンクリート供試体による試験結果を表-3に示す。目視によるワーカビリティは、No(non-AE)が最も悪く分離きみで、Na(標準)が最も良く、これに比べてF(流動化)はやや分離きみであり、過剰添加のF'はさらに分離が大きかった。B(ベース)は良好だった。
- 壁体表面の沈下率 打設2時間後の沈下は、全般に、無筋部が有筋部に比べて、また中央が端部に比べて、大きかった。鉄筋・型枠の拘束によると思われる。無筋部平均で比較すると、Noが最も大きく0.83%、ついでNa 0.73%、流動化はBの0.10%より大きくなりF 0.53%、F' 0.47%であった。NoとNaは単位水量の差とAEの有無、NaとBは単位水量・充填性・分離性の差、BとFは流動化効果の、それぞれの影響とみられる。
- 壁体における横方向の均質性 各調合とも、諸性質は、中央部に比べて端部が低い傾向があり、特に無筋部が顕著であった。これは既報³⁾にみられ、無筋端部における締固めの不足(有筋部は意識的に締固める傾向)、乾燥条件、ホッパーによる中央部への落下、型枠接触面積の少ない中央部の沈降により生じた滲出起動力による水分の端部への移動、などが原因と考えられるが、バラツキも大きく明瞭な考察は得られない。そこで本報告では高さ方向の均質性に主眼をおき、各高さにおける横方向の測定値を平均して示した。この結果、以下にみられる



注。(1) 各比は各調合における最下部の値に対する百分率。(2) 各位置の値は横方向3点の平均値

図-2 各種コンクリートの位置(高さ)による諸性質の変化の比較(その1)

ように、各調査とも、高さ方向における変化の傾向は、バラツキの少ないめらかな曲線で示された。

なおこのことは、実施構造物のコア採取にあたっての位置・個数の決定に一つの目安となる。

●壁体における高さ方向の均質性 各調査の高さ方向の均質性を、種々の物理的性質からみて図-2,3に示す。

(A) 圧縮強度、(B)引張強度ともに、調査にかかわらず、ほぼ同じ変化の傾向を示しており、下部に比べて上部になるほど低下する。低下の程度についても、圧縮、引張ともほぼ同じで最下部に対し最上部は40%前後の減となる。特に、最下部と最上部における大きな変化が上下差を顕著にしている。上下の不均質性の原因としては、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、ブリージング・チャンネルの発生、骨材の架構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部における増大、などの分離現象、ならびに水和反応の程度の差を含む圧密現象などによるコンクリートの内部構造の変化が挙げられ、これに対し強度性状が敏感であるためと考えられる。圧縮強度が引張強度に近い敏感性を示したのは、コア採取方向と載荷軸との関係が、コンクリートの欠陥をより示しやすくしているためと思われる。最下部における強度の急な増大は型枠の漏水に、最上部の急な減少はブリージング・チャンネル、レイトランスや乾燥などに主な原因があろう。

軟練りコンクリートでは、Noが最も悪く、non-AEの影響が確認され、Na、F、F'は傾向および差の程度に大差ないが、中でもFは傾向にバラツキの少ない非均質性を示すのが他の性質とも共通する特徴である。

FとF'とは、絶対値の強度差に過剰添加の影響がみられるが、上下差の傾向にはあまり差がない。

(C) 超音波速度は、強度性状と同様の傾向を示し、均質性の指標としての有用性を裏付けている。

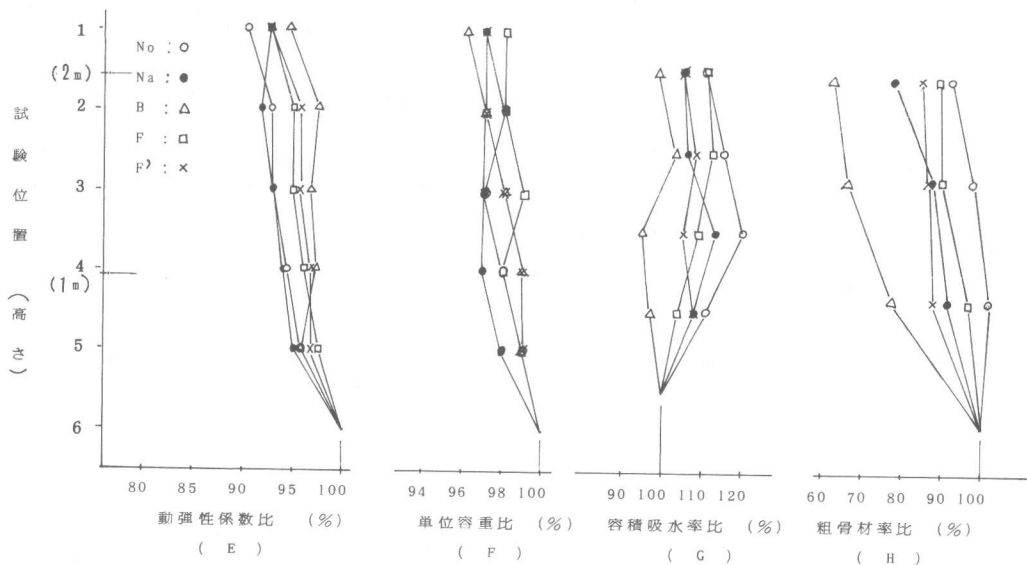
(D) 反撥硬度も、強度・超音波速度と同様の傾向を示すが、バラツキがかなり大きい。碎石中にかなりの軟石(約10%)がみられ、この影響も大きいと考えられる。

(E) 動弾性係数も強度とほぼ同様の傾向を示すが、上下差の程度は小さく、強度より鈍感である。

(F) 容積吸水率は、測定が一列に限られたためか、あまり一定の傾向がみられないが、最上部は最下部に比べ増加がみられる。絶対値ではBが大きく、単位重量からもみられるように充填性の悪さを示している。

(G) 単位容積重量は、変化の巾は小さいが、下部に比べて上部ほど低下しており、内部構造の変化を示す。

(H) 粗骨材含有率は、切断面からイメージ・アナライザーで求めたが、分離・沈降の性状をよく表している。



注. 図-3の注に同じ、但し (G) 及び (H) は 1 測定点の値

図-3 各種コンクリートの位置(高さ)による諸性質の変化の比較(その2)

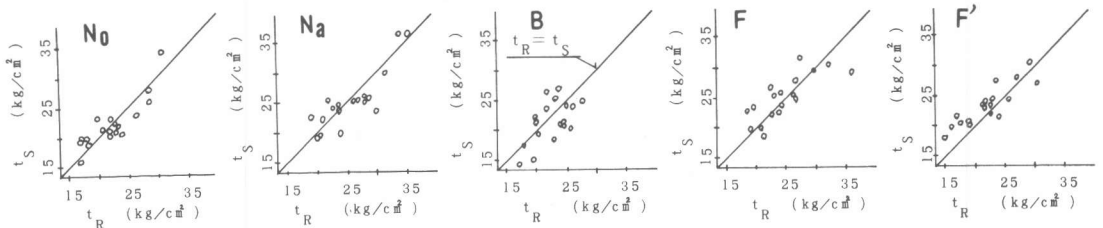


図-4 各壁体における打設方向の引張強度 (t_S) とそれに直角方向の引張強度 (t_R) との関係

●壁体における異方性 コンクリートの異方構造を把握するため、 $15\phi \times 30\text{cm}$ コアを $15\phi \times 15\text{cm}$ シリンダ 2個に切断し、一位置について、打設方向の引張強度 (t_S) とそれに直角方向の引張強度 (t_R) とを、載荷位置を変えた割裂試験により求めた。ドリル面の調整のため、 12mm 厚の合板を分布板として用いた。各壁体における t_S と t_R の関係を図-4に示す。調査にかかわらず、ほとんどの測定位置で、 t_S と t_R は相異なる値を示し、その傾向は、F'を除いて t_S が t_R を下廻る場合が多い。これは主として粗骨材下面の欠陥の影響と考えられるが、これまでコンクリートの引張異方性について得られた結果⁴⁾ほど明らかな傾向は示さない。その理由として、骨材の最大寸法が小さいこと⁵⁾、使用骨材の品質が悪く、破断面に骨材破断が多く観察されたこと、砕石であること、などが考えられる。F'に特に多くみられた t_R の低下には、端部に多いことからブリージング・チャンネルの影響が考えられる⁶⁾。各壁体におけるコア18個の総平均値による脆度係数については、既報²⁾と同様流動化コンクリートが流動化剤無添加のコンクリートに比べ上廻る傾向がみられ、流動化剤がセメントペーストと骨材との結合機構に与える影響などのミクロな検討が必要と思われる。

4. まとめ

本研究の範囲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) 流動化コンクリートは、調査・打設が適切であれば、同水セメント比・同スランプの普通A型コンクリートと比べて、その均質性に大差はない。これは、他銘柄のナフタリン系流動化剤を用いた実大実験結果⁷⁾とも一致する。
- (2) 引張強度も圧縮強度とほぼ同程度に構造物におけるコンクリートの高さ方向の非均質性を示したが、同じ位置でもコアを分断して方向を変えた割裂試験により異方性を示した。

なお、本実験より構造体コンクリートの品質評価方法に関する有用な資料が多く得られたが別に報告したい。

〔謝辞〕本実験は芝浦工大建築工学科・武蔵工大建築学科の56年卒業研究として行ったものであり、ここに学生諸君の努力に対し感謝の意を表します。

〔文献〕

- 1) 十代田, 建築学会大会梗概集, P 65, 54年, P 273, 55年
- 2) 同上, JCI年次講演論文集, P 109, 55年
- 3) Davis, Technical Report, April 1976, Cement and Concrete Association
- 4) 十代田, 建築学会論文報告集, 230号, P 1, 50年
- 5) 同上, 同上, 235号, P 1, 50年
- 6) 同上, 同上, 240号, P 1, 51年
- 7) 岸谷, 風間, 飯塚, 松尾, 嵩, 池田, 建築学会大会梗概集, P 281, 55年