

# 鉄筋間隙通過を伴うコンクリートの材料分離抵抗性および締固め性に及ぼす配合の影響

首都大学東京 学生会員 ○谷 遼太 首都大学東京 正会員 宇治 公隆  
 首都大学東京 正会員 上野 敦 首都大学東京 正会員 大野健太郎

## 1. 目的

コンクリート構造物の長期耐久性確保は、コンクリートが型枠の隅々まで充填し、かつ計画通りの組成となっていることが前提となる。しかし、内部振動機によってコンクリートをかぶり部に流動させて充填した場合、鉄筋の干渉によりモルタルと粗骨材が分離し、かぶり部のコンクリートが計画配合とは異なるものとなり、本来の品質及び耐久性を発揮出来なくなる懸念がある。本研究では、コンクリートの配合がかぶり部のコンクリートの品質変動に及ぼす影響を明らかとすることを目的とし、実験的検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 配合および使用型枠

使用材料及びコンクリートの配合を表-1、表-2に示す。本研究では、コンクリートの粘性に着目することとし、各配合で骨材体積及びs/aを一定とし、W/C=40, 50, 60及び60%で増粘剤添加、の4水準とした。スランブおよび空気量の目標値はそれぞれ8±1.0cm, 4.5±0.5%で管理した。W/C=40%については、高性能AE減水剤を使用した。

### 2.2 実験方法

本研究では、スランブ、空気量試験と同時にウェットスクリーニングを行い、モルタルのレオロジーを測定した。表-3にそれぞれのフレッシュ性状試験の結果、図-1、写真-1に型枠形状及び充填の様子をそれぞれ示す。型枠にコンクリートを投入した際、かぶり部に流入しないように、仕切り板を設置した。内部振動機(φ28mm, 実験時の加速度は40~50Gの範囲)により振動締固めを開始すると同時に仕切り板を引き上げ、コンクリートがかぶり部に流入する様子をビデオカメラで記録した。その映像からかぶり部の充填高さを測定した。内部振動機挿入位置は鉄筋から150mm, 振動時間は15秒とした。また、材齢28日がかぶり部と配筋内部の超音波伝搬速度を測定した。超音波の入力にはファンクションジェネレータにて振幅値5V, 継続時間10μsの矩形波をAEセンサ(60kHz共振型)に作用させ、信号入力を各測定箇所にて10回行った。測定距離は300mmとした。AEセンサ(60kHz共振型)により検出した超音波は、プリアンプにて60dB増幅した後、サンプリング間隔0.1μsで記録した。図-2に示すように、測定箇所はかぶり部、配筋内部でそれぞれ5箇所であり、底面から20mmの高さから鉛直方向に35mm間隔で測定した。超音波伝搬速度の測定後、図-3に示すようにかぶり部と配筋内部でφ62mmのコアをそれぞれ3本ずつ計6本採取した。材齢35日で底面から100mmとなる高さにカットして圧縮試験を行った。本研究では、かぶり部のコア圧縮強度を配筋内部のコア圧縮強度で除した圧縮強度比を品質評価の指標として取り扱った。

表-1 使用材料

種類	性質	
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm <sup>3</sup> ブレーン値 3190cm <sup>3</sup> /g	
細骨材	粗目(S1)	砕砂 F.M. 2.85 表乾密度 2.56g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.78%
	細目(S2)	陸砂 F.M. 2.52 表乾密度 2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 3.27%
粗骨材(G)	砕石 F.M. 6.53 表乾密度 2.62g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.36%	
混和剤	AE減水剤(A1)*	リグニンスルホン酸化合物と ポリオール複合体
	高性能AE減水剤(A1)*	ポリカルボン酸エーテル系化合物と 分子間架橋ポリマー複合体
	AE助剤(A2)	アルキルエーテル系
増粘剤(A3)	ヒドロキシエチルメチルセルロース	

\*A1:W/C=40%については高性能AE減水剤を使用

表-2 コンクリートの配合

配合	Gmax (cm)	SL (cm)	Air (%)	s/a (%)	W/C (%)	単用量(kg/m <sup>3</sup> )					混和剤(kg/m <sup>3</sup> )		増粘剤(kg)
						W	C	S1	S2	G	A1 (4倍希釈)	A2 (100倍希釈)	
(A)	20	8	4.5	42	40	146	393	583	146	1020	7.86	2.75	0
(B)					50	165	344				4.13	1.38	0
(C)					60	180	307				0.61	2.27	0
(D)											0.61	0.92	0.6

表-3 フレッシュ性状試験の結果

配合	W/C [%]	SL [cm]	Air [%]	温度 [°C]	塑性粘度 [mPa·s]	降伏値 [Pa]
(A)	40	7.0	4.5	17	5358	37.56
(B)	50	7.5	4.0	21	3946	18.54
(C)	60	9.0	4.0	21	2506	8.13
(D)	60	7.5	4.1	21	4682	22.61

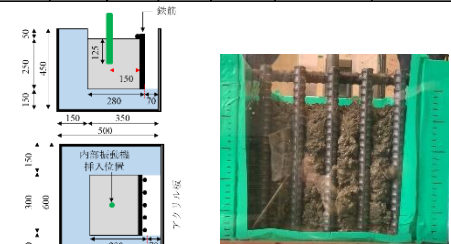


図-1 型枠形状 写真-1 充填の様子

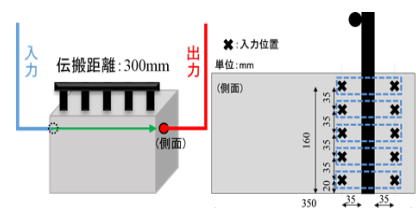


図-2 超音波速度測定位置

キーワード 材料分離抵抗性, 締固め性, 超音波伝搬速度, 増粘剤

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 コンクリート研究室 TEL 042-677-1111

### 3. 実験結果および考察

各配合のかぶり部の充填高さを図-4に示す。配合(D), (C), (B), (A)の順に充填高さが大きくなっており、水セメント比が大きいほどかぶり部が締固められた結果となった。また、配合(C), (D)を比較すると、増粘剤を添加している配合(D)の方がより締固められており、今回用いた規模の内部振動機と鉄筋の距離が150mmの場合、W/C=60%で増粘剤を添加し粘性を高めたコンクリートは、かぶり部の充填性能が良好であったといえる。

次に超音波伝搬速度をもとに検討する。既往の研究より、弾性波は骨材体積濃度が増加するほど、弾性波速度が大きくなることが報告されている。本研究で用いた超音波も弾性波の一種であるため、既往の研究と同じ傾向を示すと考えられる。従って、かぶり部と鉄筋内部の超音波伝播速度差が大きくなるほど、かぶり部では骨材量が少なく、鉄筋内部では骨材量が多くなると考えられる。鉄筋間隙通過前後で骨材量が変わる原因として、コンクリートが鉄筋間隙通過する際に、粗骨材が鉄筋に干渉することで滞留し、モルタル分が多くかぶり部に流れることが挙げられる。図-2のように各供試体高さのかぶり部および配筋内部の超音波伝播速度の差を式(1)にて算出し、その値を平均して各配合の超音波伝播速度差の値とする。この値が大きいと鉄筋間隙通過時に骨材が鉄筋に滞留し、配筋前後でコンクリートの配合組成の変化が大きいのを示す。

$$(超音波伝播速度差) = | (配筋内部の超音波伝播速度) - (かぶり部の超音波伝播速度) | \quad (1)$$

図-5は横軸に塑性粘度、縦軸に超音波伝播速度差の値を示したものである。この図から、塑性粘度が高くなるほど超音波伝播速度差が小さくなっており、粘性が高くなることと材料分離抵抗性が向上すると考えることができる。

図-6にかぶり部と配筋内部のコアの圧縮強度比を示す。ここで、圧縮強度比は配筋内部のコアと鉄筋を介して直線上にあるかぶり部コアの強度比である。配合(D)は他の配合に比べ強度比が1.0に近い値となった。これはセメントペーストの粘性が大きいこと、骨材が分離しにくく、セメントペーストと骨材が一体となって鉄筋間隙を通過したことで、鉄筋間隙通過前後で配合組成の変化が少なかったためと考えられる。なお、配合(A)は粘性が過剰に大きいため、流動性が著しく低下したことが考えられる。図-6より、配合(D), (C), (B), (A)の順でかぶり部の締固めの性能が優れていたと考えられる。図-5の充填高さの結果もこの順で優れているため、締固めの性能はかぶり部の充填高さの結果に対応することが示唆された。また、W/C=60%のコンクリートは一般に分離しやすいと考えられるが、充填性能を落とさない程度の増粘剤を添加することで、適度な材料分離抵抗性を発揮させることができた。

#### 4. まとめ

- (1) セメントペーストの粘性が大きいほど、鉄筋間隙通過前後における材料分離が生じにくい。
- (2) ただし、粘性を過剰に大きくすると締固め性が悪くなるため、配筋条件に見合った粘度の配合を選定する必要がある。

#### 5. 参考文献

- 1) 岩波光保, 大即信明, 二羽淳一郎, 鎌田敏郎, 長瀧重義: コンクリート中における弾性波伝播挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集, Vol.44, No.627, pp.223-238, 1999.

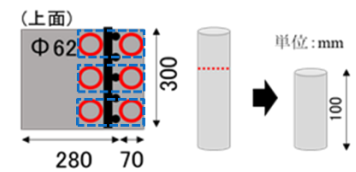


図-3 コア採取位置

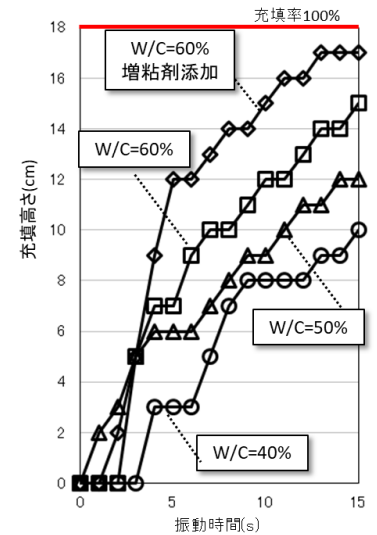


図-4 充填高さ と 振動時間の関係

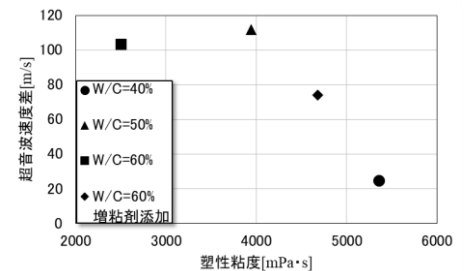


図-5 塑性粘度と  
超音波伝播速度差の関係

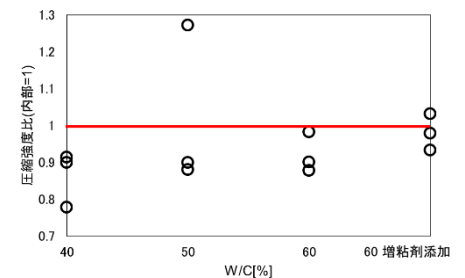


図-6 かぶり部と配筋内部における  
コア圧縮強度比