

コンクリートの締固めに伴うかぶり部の品質変動の評価

首都大学東京 学生会員 ○斎藤 聖
首都大学東京 正会員 上野 敦

首都大学東京 正会員 宇治 公隆
首都大学東京 正会員 大野健太郎

1. はじめに

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、かつ計画配合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、本来の品質およ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および内部振動機の挿入位置がかぶり部コンクリートの品質変動に及ぼす影響を明らかに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

本実験での使用材料およびコンクリートの配合を表-1、表-2に示す。配合は骨材体積および s/a を一定とし、 W/C を 50, 55, 60% の 3 水準とした。スランプおよび空気量の目標値をそれぞれ $8 \pm 1.0\text{cm}$, $4.5 \pm 0.5\%$ と設定した。

図-1 に本研究に使用した型枠を示す。

2.2 実験方法

スランプ、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結果を示す。型枠にコンクリートを投入する際、かぶり部に流入しない様、仕切り板を設置した。内部振動機($\phi 28\text{mm}$, 12000rpm)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 75mm(図-1①)あるいは 150mm(図-1②)の 2 水準、予備試験を踏まえ、振動時間は 8 秒とした。また、鉄筋付近のコンクリートの材料組成を推定する目的として、材齢 28 日でかぶり部と配筋内部の超音波伝播速度を測定した。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 15V、継続時間 10 μs 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 回行い、平均値を採用した。測定距離は 300mm とし、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 40dB 増幅した後、サンプリング間隔 0.1 μs 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 になる高さから鉛直方向に 35mm 間隔で測定した。超音波伝播速度測定後、図-3 に示す通りかぶり部と配筋内部で上面からコアをそれぞれ 3 本ずつ計 6 本採取した。材齢 35 日で底面から 120mm となる高さにカットして圧縮試験を行った。なお、本稿ではかぶり部コアの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扱った。

表-1 使用材料

種類	品質
セメント (C)	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³ ブレーン値 3210cm ² /g
細骨材	粗目 (S1) 相模原産砕砂 F.M. 2.89 表乾密度 2.57g/cm ³ 吸水率 2.16%
	細目 (S2) 陸砂 F.M. 2.52 表乾密度 2.62g/cm ³ 吸水率 3.27%
	粗骨材 (G) 相模原産砕石 F.M. 6.38 表乾密度 2.61g/cm ³ 吸水率 1.82%
	AE減水剤 (A1) リグニンスルホン酸化物と ポリオール複合体
混和剤	AE剤 (A2) アルキルエーテル系

表-2 コンクリートの配合

配合	Gmax (mm)	SL (cm)	Air (%)	s/a (%)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤 (kg)	
						W	C	S1	S2	G	A1	A2
(A)	20	8	4.5	45	50	166	332	514	277	982	6.64	2.32
(B)					55	172	313	514	277	982	3.76	2.19
(C)					60	177	295	514	277	982	2.95	1.77

注)A1は4倍希釈, A2は100倍希釈

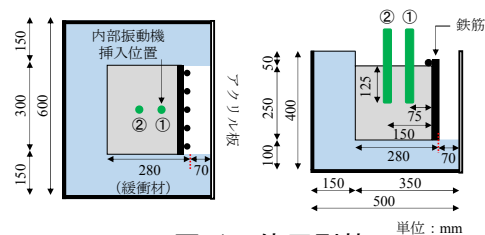


図-1 使用型枠

表-3 フレッシュ性状試験結果

配合	W/C (%)	SL (cm)	Air (%)	温度 (°C)	塑性粘度 (mPa·s)	降伏値 (Pa)
(A)	50	7.5	5.0	18	3594	18.76
(B)	55	7.0	4.2	21	3348	15.12
(C)	60	9.0	4.3	17	3408	14.40

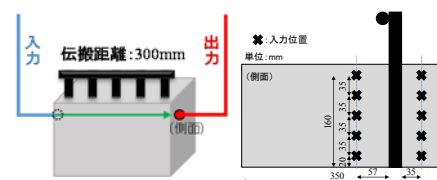


図-2 測定箇所

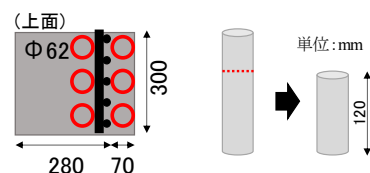


図-3 コア採取位置とコア寸法

キーワード かぶり部コンクリート, 材料分離, 超音波, セメントペーストの粘性

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

図-4 に充填高さと振動時間の関係を示す。すべての配合において振動機位置①(75mm)は②(150mm)よりもかぶり部充填高さが大きい値となり、計画配合と投入量から算出した充填率 100% (充填高さ 18cm) に近い値となった。今回用いた規模の振動機であれば、鉄筋から 75mm 以内に振動機を挿入することが有効であると考えられる。

図-5 に超音波伝播速度と供試体高さの関係を示す。本稿では、良好な充填性が見られた振動機挿入位置 75mm の結果のみを掲載する。既往の研究¹⁾より、コンクリート中の骨材体積濃度が増加するほど、弾性波伝播速度が大きくなることが報告されており、本実験で用いた超音波も弾性波の一種であることを考えると、同じ傾向を示すと考えられる。配合(A)では、同じ供試体高さでのかぶり部と内部の超音波伝播速度が近い値となり、コンクリートが鉄筋間隙通過前後で分離せずに均質な状態にかぶり部に充填されたと推定できる。対称的に配合(C)では全測定点において、かぶり部と内部に速度差が見られ、内部の方が大きい値となった。したがって、配合(C)では鉄筋通過前後で組成の異なるコンクリートとなり、超音波伝播速度の観点から、かぶり部では骨材量が少なく、内部では骨材量が多い組成となったと推定できる。また配合(B)では測定する高さによって、かぶり部と内部の超音波伝播速度差にばらつきが見られ、配合(A)と配合(C)の中間値となるような挙動となった。

図-6 にかぶり部と配筋内部におけるコア圧縮強度比を示す。

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との強度比とする。配合(A)は他の配合に比べ強度比が 1.0 に近い値となった。これは単位セメント量が比較的多く、セメントペーストの粘性が他に比べ大きいため骨材が分離しにくく、一体となって間隙を通過したものと考えられる。配合(C)-75mm においては、強度比が 1.0 を上回り、かぶり部が内部よりも高い強度がみられた。配合(C)はセメントペーストの粘性が小さく、鉄筋の干渉で粗骨材が滞留し、モルタル分が先行して流れたものと考えられる。これらの考察は前述の超音波伝播速度の傾向にも一致するものであり、ペーストの粘性が材料分離抵抗性に影響を及ぼすことが分かった。また、図-4 の振動機位置①について、配合(C)は配合(A)および(B)と変わらない流動性能を示すことから、見かけの充填性は良好と判断されても、鉄筋間隙通過前後で材料組成が大きく異なる懸念がある。

4. まとめ

かぶり部の充填高さは振動機位置による影響が大きく、締固めにおいて、鉄筋の干渉が想定される場合、本実験で用いた規模の内部振動機 (φ28mm) では、鉄筋から 75mm 以内を振動機挿入位置と設定するのが有効であるといえる。超音波伝播速度と圧縮強度比の結果から、W/C=50%は配筋内部側から均質な状態にかぶり部に流動、充填したと推測でき、ペーストの粘性が影響したと考えられる。また、見かけの充填性が良好であっても、鉄筋間隙通過前後で異なる材料組成となる懸念があることに注意が必要である。

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.

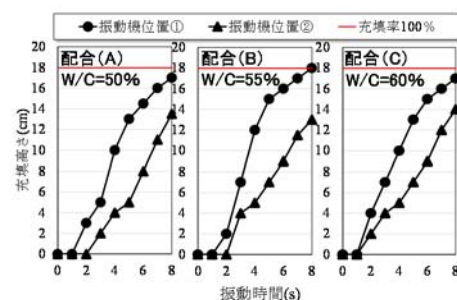


図-4 充填高さと振動時間の関係

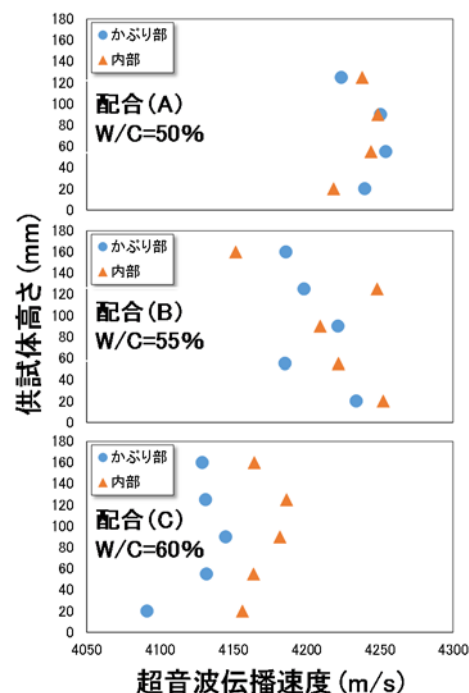


図-5 超音波伝播速度測定結果

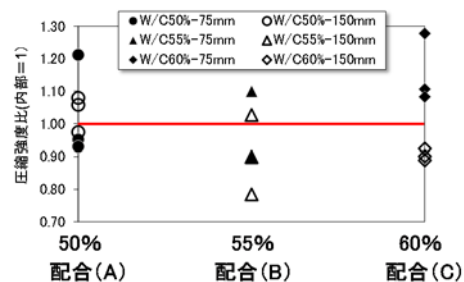


図-6 かぶり部と配筋内側におけるコア圧縮強度比