

# コンクリートの材料分離抵抗性の定量的評価に関する研究

維持管理工学研究室 菱刈智也

## 1. 研究背景と目的

現在は、コンクリートの材料分離抵抗性を現場で迅速に、かつ、定量的に評価する手法がなく、経験者が目視でコンクリートの分離を定性的に評価することが一般的である。

そこで、水分センサを用いて、加振中のフレッシュコンクリート内部での電気伝導度（以下、EC）の変化を測定することにより、材料分離抵抗性を定量的に評価する手法の開発・検討を行った。また、既存の簡易的な評価手法である、T ポストスランブ試験、粗骨材沈下割合試験、ふるい分離試験、円筒貫入試験も同時に行い、試験による材料分離の評価のしやすさ、精度の比較・検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料および配合

本実験に用いた材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。材料分離に影響する配合要因をそれぞれ変化させた12種類の配合で、各試験方法を実施した。

### 2.2 伝導度測定試験

伝導度測定試験は、土壌用の水分センサである「WD5-WET」を用いて実施した。この水分センサは土壌の体積含水率、EC、温度の測定が可能であるが、本実験ではECのみを評価に用いた。測定に用いる容器とその寸法を図-1に示す。公称径Φ200mmの塩ビ管を用いて作成しており、容器内には12Lのフレッシュコンクリートが入る。側面には水分センサを差し込むために、上部・中部・下部の3箇所にて穴を開けた。また、測定後に下部の粗骨材量を計測するために、底面から80mmのところまで容器を分断できるようにしている。

試験手順については、円筒容器にコンクリートを打

ち込んだ後、コンクリートにΦ23mmの棒状パイプレータを挿し込み、60秒間振動締め固めを行いながらセンサによりECの測定を行った。結果は1秒毎にPCに記録される。測定後、容器上部および下部からΦ200mm×80mmの円柱容器分のコンクリートを採取する。その後、採取した試料から5mmふるい上で粗骨材を洗い出し、乾燥させた後、粗骨材質量の測定を行う。式(1)を用いて粗骨材変化割合を求めた。

$$\text{下部の粗骨材変化割合} = \frac{G3}{G4} \quad (1)$$

G3：加振後の下部の粗骨材の乾燥重量（g）

G4：採取に用いた容器体積中の配合上の粗骨材量（g）

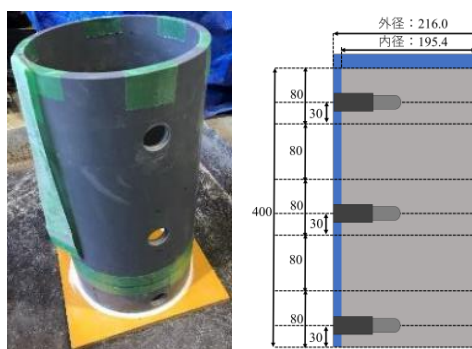


図-1 測定容器と寸法（mm）

表-1 使用材料

材料名	特性
水	水道水
セメント	普通ポルトランドセメント, 密度 3.15 g/cm <sup>3</sup>
細骨材	川砂 (揖斐川産), 密度 2.59 g/cm <sup>3</sup>
粗骨材	川砂利 (揖斐川産), Gmax25mm, 密度 2.61 g/cm <sup>3</sup>
高性能 AE 減水剤(SP)	フローリック SF500S
AE 剤	マスターエア 303A

表-2 配合表・性状試験結果

配合名	W/C	s/a	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	SP (C×%)	AE (C×%)	Air	SL (cm)	SLF (cm)	目視での分離傾向 ※2	
37-55-1	0.37	0.55	165	441	926	764	1.2	—	2.2%	23.5	48.0	大	
40-50-1	0.40	0.50	170	425	842	848	1.0	—	0.7%	22.0	51.4	過大	
40-50-2							0.8	0.004	5.7%	22.0	41.3	大	
40-55-1		0.55			926	764	0.9	—	1.8%	21.5	38.1	小	
40-55-2							1.1	—	2.4%	20.5	38.2	中	
40-55-3							1.3	—	1.3%	22.5	42.4	中	
40-55-4							1.1	0.005	5.3%	23.5	44.3	大	
40-55-5							0.8	0.008	11.0%	24.0	45.0	大	
40-55-6							0.5	0.002	3.7%	6.0 ※1	—	過小	
40-60-1		0.60			—	1010	679	1.2	—	1.6%	21.5	41.8	小
43-55-1		0.43			0.55	175	410	926	764	1.0	—	1.3%	23.0
60-55-1	0.60	0.55	199	332	764	0.8	0.004		3.8%	—	48.8	過大	

※1 40-55-6はAE減水剤を添加し普通コンクリートレベルでの試験を行った。

※2 T-ポストスランブ試験で試料上面の円形の変化を目視で確認し、独自に過小、小、中、大、過大の5段階の基準を設定して判定した材料分離傾向の大きさを示した。

### 3. 実験結果および考察

#### 1) EC 変化量

試験により得られた 60-55-1 と 40-55-6 の EC の加振中の推移を図-2 に示す。本試験では上・中・下段において EC の計測を行っているが、各配合の差が捉えやすい上・下段のみを図示した。また、各配合の加振終了後の下部の粗骨材の変化割合を図-3 に示す。

コンクリート中のセメントペーストを介して EC を測定している。センサ周辺の骨材量が増加するほど EC は減少し、骨材量が減少した領域では、セメントペーストが増加し EC は増加する。また、空気は伝導度が著しく低いため、センサ周辺の空気量が増加するほど EC は小さくなる。この 2 点の影響により、センサ周囲の状態によって EC が変化していると考えられる。

#### 2) EC と材料分離の関係

60-55-1 は W/C を 60% に設定し、著しい分離を示した配合である。図-2 に示すように、この配合では加振直後から EC の上下差が著しく大きくなった。また、図-3 に示すように、60-55-1 は多くの骨材が下部に沈降しており、粗骨材が多く沈降したことで、EC の上下

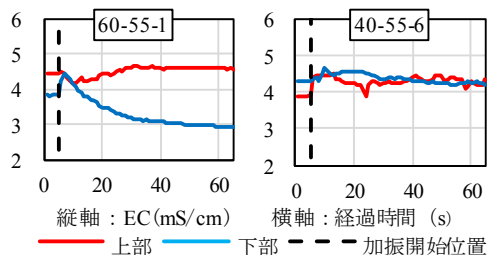


図-2 EC の測定結果

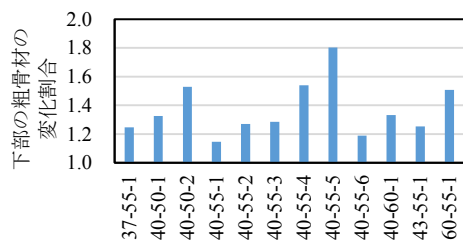


図-3 下部の粗骨材変化割合

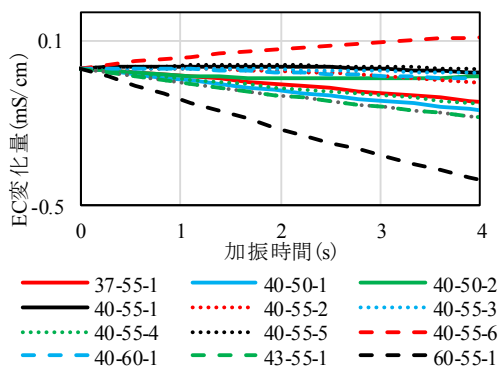


図-4 下部の EC 変化量の近似曲線

差が大きくなったと考えられる。

一方、最も固練りである普通コンクリート 40-55-6 は 60 秒加振後も上下の EC の差が開かず、上部と下部の両方の EC が横ばいとなった。また、下部の粗骨材変化割合は、全配合の中で 2 番目に小さくなった。材料分離抵抗性が大きく、粗骨材が移動しなかったことにより、EC が変化しなかったと考えられる。

#### 3) EC による定量的評価

各配合の下部の EC を平滑化したグラフを図-4 に示す。横軸の加振時間については、加振開始直後のコンクリートの締固まりによるデータの変動を考慮し、加振 2 秒後を原点としてグラフを作成した。加振 2 秒後から 6 秒後までの EC 変化量を示す。図-4 より、最も材料分離しやすい配合である 60-55-1 の EC は、初期に大きく減少し、一般的な締固め時間である 5 秒の時点で他配合と比較して最も EC の減少量が大きかった。また、加振時間 5 秒時の EC の減少量が 60-55-1 の次に大きい値を示した 43-55-1、40-50-1、40-55-4、37-55-1 は、いずれも T-ポストスランブ試験で材料分離傾向が過大もしくは大と判断された配合であり、EC 変化量の値によって、材料分離抵抗性を捉えることができる可能性が確認できた。EC の変化量を近似した数式から、ある加振時間における EC を読み取ることで、定量的な評価を行うことができ、さらなるデータの蓄積により、分離限界となる値の選定を行える可能性も考えられた。

#### 4. 結論

- 1) 円筒容器に充填したフレッシュコンクリートの加振中の上部と下部での EC の分布を測定すると、加振時間に伴って、上下の EC の差が大きくなっていく傾向が見られ、材料分離抵抗性が小さい配合は、上下の EC の差が大きくなる傾向が確認できた。
- 2) 材料分離が小さい配合ほど、下部のセンサの EC 変化量が小さくなる傾向が見られ、材料分離の大きさを定量的に評価することができる可能性が示された。
- 3) 加振中のコンクリート内部の EC 変化量の分布を把握することで、内部での分離状況を把握することができ、材料分離が起こらない適切な加振時間を把握することができる可能性が示された。
- 4) 極めて簡便かつ迅速に実施が可能な手法であり時間経過とともに多数のデータが取得できる試験であることが確認できた。

ページ数の制約上、伝導度測定試験について中心的にまとめたが、その他の試験についても、特徴と今後の課題点が明確になった。