

インピーダンスを用いた材料分離判定技術の基礎的検討

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 社会基盤学専攻

戸田建設株式会社

芝浦工業大学 工学部 先進国際課程 兼務 土木工学科

○中島 隆

山田 勉

伊代田 岳史

1. はじめに

一般的なコンクリート構造物に使用されてきたコンクリートのスランプ標準は8cmであり、流動性の高いコンクリートはあまり使用されていなかったが、2017年に「流動性を高めた現場打コンクリートの活用に関するガイドライン」「スランプ値の設定等についての通知」等によってスランプ標準は12cmに変更された。しかし流動性を高めたコンクリートを製造する場合には単純に単位水量の増加や化学混和剤の使用量を増加させることで流動性は確保することができるが、材料分離が発生することがある。材料分離の評価では、スランプ試験中の試料形状の観察や、荷下ろし時の目視確認など定性的な評価だけであり、定量評価がされていないのが現状である。フレッシュコンクリートの電気的特性に関する著者らの研究¹⁾では骨材の存在がインピーダンス等に大きく影響を及ぼしていると推察している。

本研究ではフレッシュコンクリート中の骨材を、電気を通さない絶縁材料と仮定し、それ以外の電流(イオン)が流れるペースト部分に着目し、通電時のフレッシュコンクリートのインピーダンスより材料分離の評価を検討した。実験では材料分離を計画配合からの配合変化と捉え、配合がインピーダンスに及ぼす影響要因とその影響度を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

表-1に計画配合を示す。試作した配合はコンクリート、モルタル、ペーストに骨材を混和した特殊配合とした。コンクリートは、ペースト体積変化のC1シリーズ(W/C58%)、ペースト体積一定のC2シリーズ(W/C55%)、水中コンクリート配合のC3シリーズの3種類の配合を設定した。モルタルはペースト体積一定のM1シリーズ(W/C40~70%)、ペースト体積変化のM2シリーズ(細骨材セメント質量比2~3, W/C50%)とM3シリーズ(細骨材セメント質量比1~5, W/C55%)の3種類の配合を設定した。ペーストに粗骨材を混和した特殊配合は、ペースト体積変化のPG1シリーズ(粗骨材セメント質量比1~3, W/C40%)とPG2シリーズ(粗骨材

表-1 計画配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	S/C (-)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
C1-1	58	33.6	3.1	126	217	663	1354
C1-2	58	41.5	3.1	148	255	778	1130
C1-3	58	50.6	3.1	170	293	896	903
C1-4	58	60.7	3.1	192	331	1014	676
C1-5	58	72.1	3.1	214	369	1129	451
C2-1	55	30.0	1.6	175	318	522	1254
C2-2	55	40.0	2.2	175	318	696	1074
C2-3	55	50.0	2.7	175	318	870	895
C2-4	55	60.0	3.3	175	318	1044	715
C2-5	55	70.0	3.8	175	318	1216	536
C3-1	50	47.6	2.2	185	370	796	903
M1-1	40	100.0	1.7	273	683	1195	0
M1-2	50	100.0	2.0	299	598	1195	0
M1-3	60	100.0	2.2	320	533	1195	0
M1-4	70	100.0	2.5	336	480	1195	0
M2-1	50	100.0	3.0	241	482	1440	0
M2-2	50	100.0	2.5	267	534	1331	0
M2-3	50	100.0	2.0	299	598	1195	0
M3-1	55	100.0	5.0	186	338	1695	0
M3-2	55	100.0	3.0	258	469	1405	0
M3-3	55	100.0	1.0	418	760	758	0
PG1-1	40	0.0	0.0	206	515	0	1544
PG1-2	40	0.0	0.0	259	648	0	1296
PG1-3	40	0.0	0.0	349	873	0	874
PG2-1	55	0.0	0.0	263	478	0	1434
PG2-2	55	0.0	0.0	324	589	0	1177
PG2-3	55	0.0	0.0	422	767	0	766

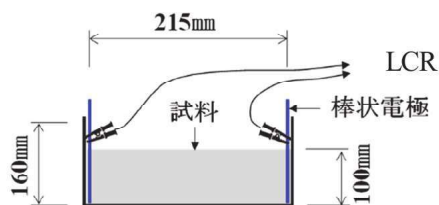


図-1 測定方法

セメント質量比1~3, W/C55%)を設定した。

2. 2 実験方法

図-1に測定方法を示す。絶縁用のゴムシート上にプラスチック製容器(幅145mm×215mm, 高さ160mm)を置き、棒状電極(φ3.0mm, SUS304)を容器の短辺中央、鉛直方向に試料を挟み込むように各1本配置した。各試料の投入高さは100mmで統一し、各配合を練り混

ぜ容器に投入後、セメント接水から15分後にLCRメータを用いて、測定信号レベル5 Vrmsを印可し電極間のインピーダンスを測定する。

3. 試験結果と考察

3. 1 細骨材率の影響

図-2に細骨材率とインピーダンスの関係を示す。細骨材率を変数としたコンクリートC1, C2シリーズのインピーダンスを比較した。C1シリーズはペースト体積変化, C2シリーズはペースト体積一定の配合である。C1シリーズは細骨材率の増大に伴い急激にインピーダンスが減少する負の相関が認められた。C2シリーズは、インピーダンスの増加が比較的小さいが、細骨材率の増大に伴いインピーダンスが増大する正の相関が認められた。しかし、C1シリーズとC2シリーズは正負逆の相関が見られ、細骨材率ではインピーダンスの変動を説明することができない。

3. 2 ペースト体積の影響

図-3にペースト体積とインピーダンスの関係を示す。コンクリート、モルタル、ペーストと粗骨材のC, M, PGシリーズでペースト体積とインピーダンスを比較した。すべてのシリーズの配合でペースト体積とインピーダンスには負の相関がみられた。しかし、コンクリートに比べてモルタルと特殊配合には差がみられた。これは骨材の種類の影響、すなわち骨材表面積の影響を受けていると考えられる。

3. 3 有効ペースト体積

3.2よりインピーダンスの変化はペースト体積と相関があるが、骨材表面積の影響を受けている。これは、骨材周囲のペーストの影響であると考えられる。図-4に示すように骨材表面に周囲にイオン泳動に寄与しない拘束ペースト膜(厚さ α)があると仮定し、骨材周囲の拘束ペーストを除いた有効ペースト部分でインピーダンスと比較する。図-5に有効ペースト体積とインピーダンスの関係を示す。有効ペースト体積を採用することで骨材表面積によるばらつきが低減した。

4. まとめ

インピーダンス変化はおおむねペースト体積に影響を受ける。骨材表面積の影響を排除するため有効ペースト体積を用いることでインピーダンスの正確な予測が可能となり、材料分離判定技術に適用できる。

【参考文献】

- 山田勉, 海野雄士, 伊代田岳史: フレッシュコンクリートの電気特性と振動伝播特性を利用した充填と締固め振動の検知に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.935-940, 2020

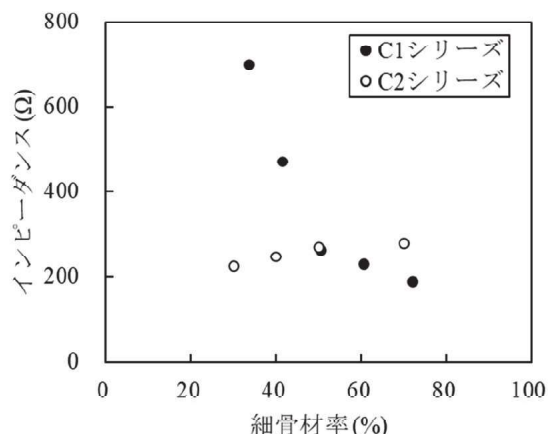


図-2 細骨材率とインピーダンスの関係

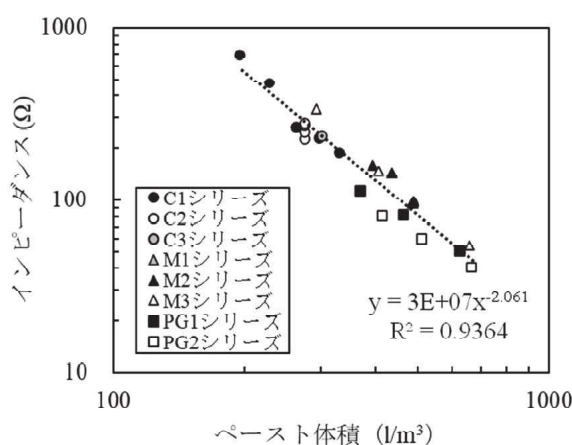


図-3 ペースト体積とインピーダンスの関係

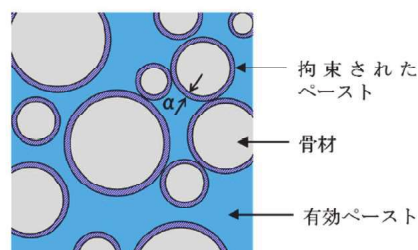


図-4 有効ペースト

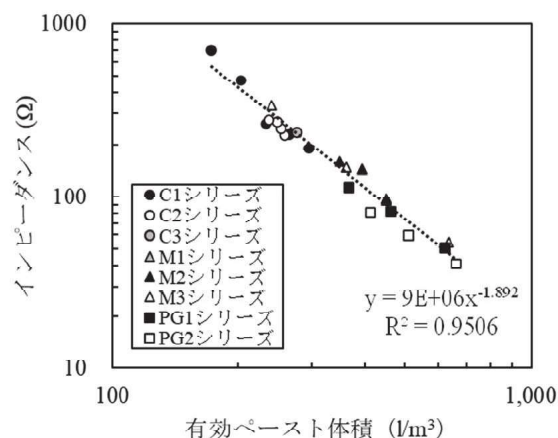


図-5 有効ペースト体積とインピーダンスの関係