

導電率を用いたコンクリートの若材齢強度の推定

芝浦工業大学 渋谷 俊貴
芝浦工業大学 伊代田 岳史

1. はじめに

コンクリートの脱型は、所要の強度に達してから行う必要がある。しかし、実際の現場では強度をリアルタイムで確認することは難しい。また、コンクリートの強度発現は、セメント種類や温度環境によって異なるため、現場では強度発現に余裕をもった時間で脱型時期を判断している場合が多い。コンクリートの脱型の可否は、供試体の圧縮強度から判断できるが、試験所へ供試体を運搬し、圧縮強度試験をしなければならない。したがって、型枠内の強度を非破壊かつ簡易に推定できれば、施工の合理化や省力化に繋がると考えられる。本研究では、コンクリートの強度を推定する手法の一つとして、コンクリートの導電率（電気伝導率）に着目した。既往の研究¹⁾では、コンクリートの導電率と圧縮強度には相関があると報告されている。しかし、まだ強度が十分に発現していない低強度域での関係は検討されていない。本研究では、導電率を用いて 15N/mm² 以下の若材齢強度を推定することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び試験体諸元

表-1 に本研究で使用したコンクリートの計画配合を示す。目的を達成するために、以下に示す3つの実験を行った。a) コンクリートの導電率と水和反応の関係を確認するために、硬化促進剤を4%添加したコンクリートと無添加のコンクリートを比較した。b) コンクリートの導電率と若材齢強度の関係を確認するため、セメント種類と雰囲気温度を変えることで強度発現を変化させ、その関係を検討した。セメント種類は、普通ポルトランドセメント（以下 OPC）及び高炉セメント B

表-1 コンクリートの計画配合

実験項目	記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				促進剤添加率(%)	養生温度(°C)
				W	C	S	G		
a)	A-0%	50	48	175	349	840	938	0	20
	A-4%							4	
b)	OPC-5°C	50	48	175	349	840	938	-	5
	OPC-20°C							20	
	OPC-35°C							35	
	BB-5°C							5	
	BB-20°C							20	
	BB-35°C							35	
c)	OPC-28°C	50	48	175	349	840	938	-	28

種（以下 BB）とし、雰囲気温度は 5°C、20°C、35°C とした。c) 実際に計測された導電率から若材齢強度を推定するために、雰囲気温度 28°C のコンクリートを作製し、推定された強度と実強度を比較することで、強度推定精度の検証をした。

2.2 試験方法

a) 硬化促進剤による水和反応の変化の検討

コンダクションカロリメータを用いて、モルタルの水和発熱速度を計測した。また、導電率計を用いてコンクリートの導電率を計測した。図-1 に導電率測定の大略図を示す。円柱供試体内部にプローブを埋め込み、計測を行った。導電率が乾燥の影響を受けることを防ぐために、プローブの埋め込み位置は表層から 50mm とし、5 分間隔で計測した。

b) 導電率と若材齢強度

導電率測定と圧縮強度試験を行った。コンクリートの圧縮強度試験は、JIS に準拠して行った。養生方法は、各雰囲気温度で型枠存置による封かん養生とした。また、試験材齢は 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 時間及び 3, 28 日とした。若材齢での試験体は、石こうキャッピングを用いた。

c) 若材齢強度の推定

雰囲気温度 28°C の OPC コンクリートの導電率測定

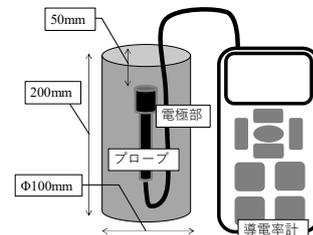


図-1 導電率測定の大略図

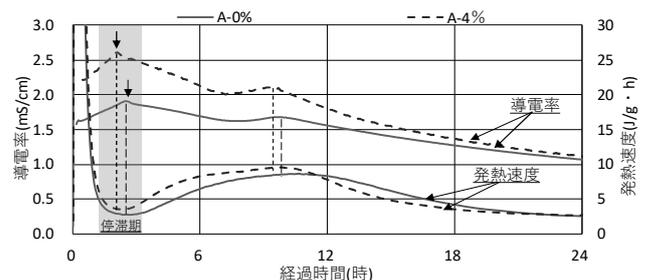


図-2 導電率と水和発熱速度

と圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果及び考察

a) 硬化促進剤による水和反応の変化の検討

図-2に導電率と水和発熱速度を示す。導電率は、接水からおよそ2時間でピークを迎え、ピーク後に減少した。この挙動は、セメントからCa²⁺が溶出することで導電率が上昇し、水和反応による水分の消費により導電率が減少したと考える。

また、導電率のピークと水和発熱の停滞期の時間が一致した。さらに、導電率がピーク後に変曲する時間と発熱速度のピークが概ね一致した。このことから、計測される導電率の経時変化は、極初期材齢における水和反応の進行を捉えていると考えられる。

b) 導電率と若材齢強度

図-3に雰囲気温度の異なる OPC と BB の導電率測定の結果を示す。コンクリートの導電率は、雰囲気温度が高いほどピーク値とピーク後の減少速度が大きくなった。また、BB コンクリートでは、雰囲気温度が高いほど、導電率がピークを迎える時間は早くなった。図-4に導電率と圧縮強度の関係を示す。導電率と圧縮強度は、雰囲気温度によらず、概ね同一の関係を有することが分かった。つまり、異なる雰囲気温度のコンクリートは、強度発現性と導電率の減少速度が異なるが、同一導電率となる時間の圧縮強度がほぼ等しいと考えられる。

c) 若材齢強度の推定

若材齢におけるコンクリートの強度推定のために、前述の図-4で得られた全ての若材齢の導電率と圧縮強度の結果から回帰式を算出した。また、コンクリート標準示方書〔施工編〕に記載されている圧縮強度 3.5N/mm²、5.0 N/mm²及び 14.0 N/mm²に到達する時間を回帰式から推測した。ここで、異なる温度環境においても運用可能か検討するために、雰囲気温度 28℃の OPC コンクリートを用いて、上記の強度から推定した時間において、強度を測定し、推定強度と実強度を比較した。試験結果を図-5に示す。それぞれの推定強度に比べて実強度は上回る結果となり、安全側を示した。また、実強度を推定強度で除した強度比は 1.76 であり、若材齢強度を精度良く測定できる可能性がある。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) コンクリートの導電率は、水和反応の進行を評価している。

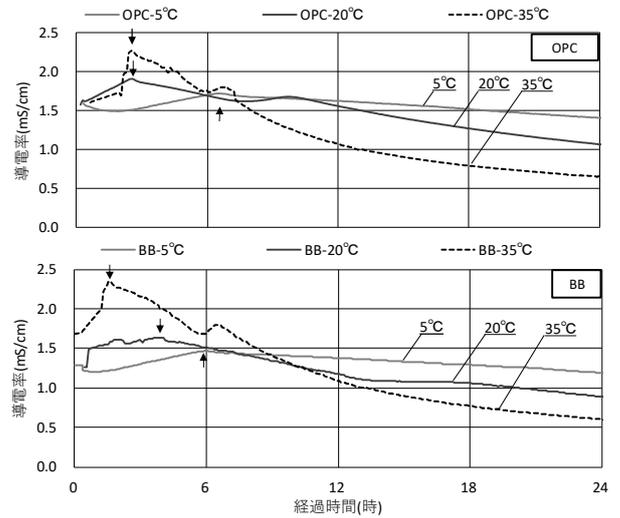


図-3 導電率測定の結果

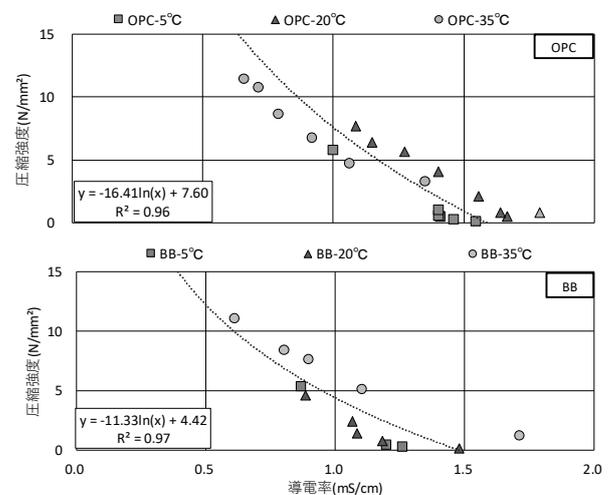


図-4 導電率と圧縮強度の関係

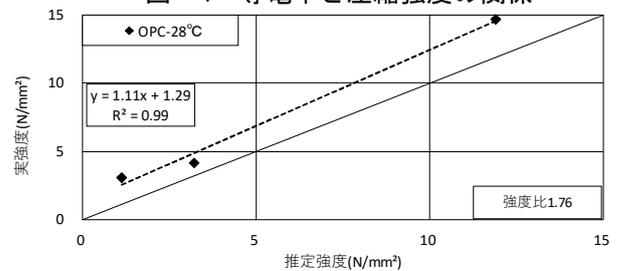


図-5 推定強度と実強度

- (2) 雰囲気温度が高いほど、コンクリートの導電率のピーク値は大きく、ピーク後の減少速度は大きくなる。
- (3) コンクリートの導電率と圧縮強度は、雰囲気温度によらず、概ね同一の関係を有する。
- (4) 若材齢の強度を推定したところ、推定強度に比べて実強度は上回る結果となり、安全側を示した。

参考文献

- (1) 森嘉一ほか、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの導電率計測による圧縮強度推定式の提案、第44回土木学会関東支部技術研究発表会、V-54、2017