

高炉スラグ微粉末を用いた電気伝導率計の圧縮強度推定のメカニズムの検討

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 建設工学専攻
 芝浦工業大学
 芝浦工業大学 工学部 土木工学科

○末木博
 伊代田岳史
 森嘉一

1. はじめに

電気伝導率計によるコンクリートの導電率計測は、計測端子を型枠に設置し、型枠内のコンクリートの圧縮強度を推定する方法として提案されている。太田ら¹⁾は、同じ水セメント比(W/C)の普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメントB種において、導電率の計測することにより、圧縮強度を推定できることを報告した。また、伊藤ら²⁾は導電率の打ち込み後に必ず現れるピークが時間によって異なり、導電率と圧縮強度の関係も水セメント比毎に変わることを報告している。

以上の既往の研究¹⁾²⁾により、コンクリートの強度と導電率に相関があると報告される一方で、電気伝導率での計測については研究の余地があり、さらなる研究の必要がある。高炉スラグ微粉末(BFS)は、混和材として環境負荷低減に向け日本で利用が促進されている。BFSは高置換にすることにより、発熱速度が低減されコンクリートの温度上昇を抑制されること、長期的な強度に対して期待がもてることなど、利点が多くあげられる。導電率に関しては、混和材と置換率の影響について詳細な考察が少ない。そこで、本研究では、電気伝導率計の計測に際して水セメント比の違いによる影響と、セメント種類による影響を把握し、コンクリートの圧縮強度と導電率のメカニズムを検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

表-1にコンクリートの計画配合を示す。W/Cの違いによる影響を把握するために、普通ポルトランドセメント(OPC)を用いW/Cを30、50、60%と設定した。また、W/Cを50%で一定とし、混和材の置換率の混入量の影響を整理するため高炉スラグ微粉末を30%、50%、60%、70%、85%とセメントにそれぞれ内割で置換した。表記方法は高炉セメント、W/C 50%、置換率30%で、B50-30と表記する。

2.2 試験方法

(1) 圧縮強度試験

φ100×200mmの供試体を、所定材齢まで恒温恒湿室(20℃ RH60%)で封かん養生を行った。圧縮強度試験は、

表-1 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	OPC	BFS	S	G
N30	30	48	170	567	-	768	850
N50	50			340	-	830	955
N65	65			262	-	890	986
B50-30	50	48	170	238	102	848	947
B50-50				170	170	846	945
B50-60				136	204	845	943
B50-70				102	238	844	942
B50-85				51	289	842	940

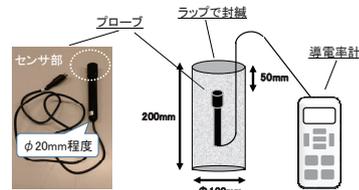


図-1 電気伝導率計測の模式図

「コンクリート圧縮強度試験(JIS A 1108-2006)」に準拠した。

(2) 導電率測定試験

導電率とは、物質の主に水中の電気の通りやすさを表す指標である。値が大きいほど電気が通りやすく、値が小さいほど電気が通りづらいことを表している。図-1に電気伝導率計測の模式図を示す。計測には、φ100×200mmの円柱供試体を使用し、供試体上部の表面から50mmの位置に電気伝導率計の端子を設置し計測を行った。供試体は打ち込み後に封かんし恒温恒湿室で静置した。

(3) 空隙率計測試験 (アルキメデス法)

圧縮試験後の試験片を、水和停止させ、105℃の乾燥炉にて絶乾にし、絶乾質量を計測した。絶乾状態の質量を真空ポンプにて水で飽和させ飽和質量を計測し、その飽和質量から空隙率を算出した。

(4) 質量計測試験

コンクリート内部の水分の含有量状況を把握するために、供試体の質量を適時計測することにより質量減少量からコンクリート内部の水分の逸散量を求めた。恒温恒湿環境下で逸散する水分は、脱型時に供試体が保持している水和に使われていない水分を液状水とし、またその量を液状水量と定義した。そして計測後の供試体を、105℃の乾燥炉に静置後、絶乾質量から含水量も算出した。

(5)水銀圧入式ポロシメーター(MIP)

セメント種類による細孔の大きさを把握するため、モルタルによって細孔量を水銀圧入式ポロシメーターにより計測した。

3. 試験結果及び考察

3. 1 導電率と圧縮強度

図-2 に、導電率と圧縮強度の関係を示す。既往の研究¹⁾²⁾の通り、導電率が減少すると圧縮強度が反比例的に増加した。高炉セメントの置換率が大きくなるほど、圧縮強度と導電率の値が小さくなっていることがわかる。

3. 2 空隙率と導電率の関係

図-3 に空隙率と導電率の関係を示す。導電率が減少すると空隙率も減少している。高炉セメントは、置換率が大きくなるほど導電率が小さい場合、空隙率が大きくなることわかる。

3. 3 液状水量と導電率の関係と細孔容積分布

図-4 に液状水量と導電率の関係、図-5 にセメント種類ごとの細孔容積分布を示す。導電率が小さくなるとともに液状水量が小さくなる。また、コンクリートは材齢ごとの試験時に保持している水分が多いほど、導電率は大きな値を示すことがわかる。よって、導電率の計測は3.2より液状水量を含んでいると考えられる空隙率と関係があることから、コンクリート中の水分を計測し、液状水量と特に関係性があることがわかる。液状水量を一定とした場合、W/C や BFS の置換率が大きくなることによって導電率が小さくなっていることがわかる。細孔容積分布では、BFS の置換率が大きくなるほど細孔量が多くなることわかる。よって液状水量と導電率の関係と細孔容積分布に関係があることがわかる。ここで、供試体内部で電気が流れる液相中において、流れにくい部分が存在することによって、計測距離が長くなると考えられる。これは、液状水量を一定に捉えた場合の、導電率の差と関係があると推測される。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。①高炉セメントの置換率が大きくなるほど、圧縮強度と導電率の割合が小さくなり、空隙率と伝導率の割合が大きくなる ②コンクリート中の水分を計測し、液状水量と特に関係性がある ③導電率の単位に関して、計測距離が長くなると液状水量が一定の際における導電率の差と関係があると推測される

【参考文献】

- 1) 太田真帆 寺内和子 伊代田岳史：電気伝導率計を用いた圧縮強度推定メカニズムの検討、第 70 回セメント技術大会講演要旨 pp172-173、2016
- 2) 伊藤孝文、伊代田岳史：電気伝導率計を用いた圧縮強度推定のメカニズムの検討、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集第 16 巻、1126、2016

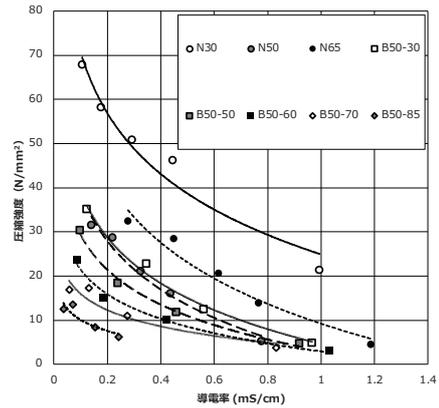


図-2 導電率と圧縮強度

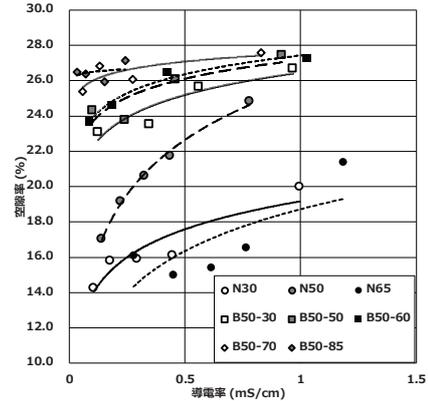


図-3 空隙率と導電率の関係

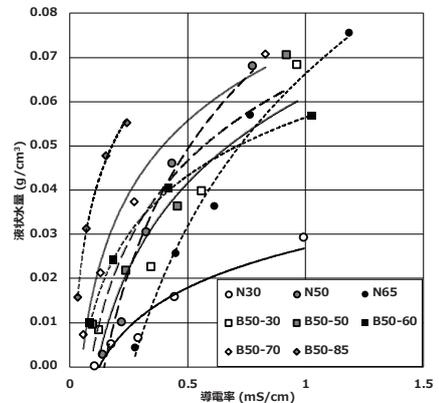


図-4 液状水量と導電率の関係

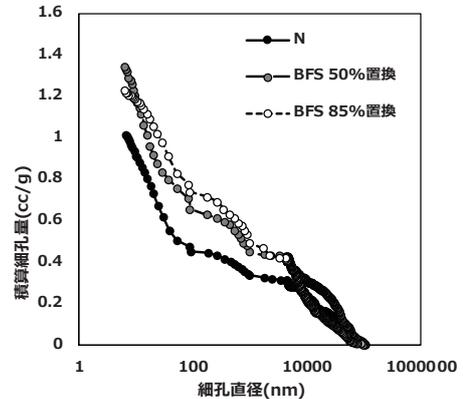


図-5 セメント種類ごとの細孔容積分布