

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



AH13216 森 嘉一
指導教員 伊代田 岳史

1. 背景・目的

コンクリート構造物を施工する際、躯体の型枠脱枠や養生期間の決定は、工程管理をするうえで重要である。脱枠や養生終了の時期はコンクリート標準示方書[施工編]に準拠し定められている。脱枠は所要の圧縮強度が発揮されることで可能となるが、養生に関しては強度ではなく養生日数より決定されている。そのため、コンクリートの打込みから養生終了時における強度発現を正確に把握することが必要となる。そこで、強度発現を非破壊かつ簡易的に計測するために、コンクリートの電気的特性(以下、導電率とする)に着目した。既往の研究では、導電率と圧縮強度の高い相関性が報告されている¹⁾。そのメカニズムは、圧縮強度は空隙率と、導電率は空隙中に存在する水分と相関があるためだと考えられている²⁾。また、導電率と圧縮強度の関係はセメント種類や水セメント比によってそれぞれ異なると報告されている²⁾。そこで本研究では、環境負荷低減の観点から注目されている混和材である高炉スラグ微粉末(以下、BFS とする)を用いたコンクリートにおける、導電率と圧縮強度の関係を、そのメカニズムに着目することで、どの BFS の置換率でも条件を満たす、導電率計測による圧縮強度の推定式を検討し、その推定式の実用性の検証を行った。

2. 実験概要

2.1 計画配合及び供試体

コンクリートの配合を表-1に示す。配合条件は、水セメント比、単位水量を一定とし、セメント種類を変化させた。セメント種類は普通ポルトランドセメント(N)と、それにBFSを30%(B30)、50%(B50)、70%(B70)、85%(B85)置換したものを使用した。

2.2 圧縮強度試験

供試体を試験材齢まで恒温恒湿室(20℃, RH60%)で封かん養生し、JIS A 1108-2006に準拠して圧縮強度試験を行った。試験材齢は1, 3, 7, 28日とし、B85のみ2, 3, 7, 28日とした。

表-1 コンクリートの計画配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				フレッシュ性状		
			W	OPC	BFS	S	G	slump(cm)	air(%)
N	50	48	170	340	-	858	951	11.5	4.1
B30				238	102	848	947	8.5	4.7
B50				170	170	846	945	11.5	5.4
B70				102	238	844	942	8.5	3.8
B85				51	289	842	940	11.5	5.4

2.3 導電率計測

導電率計測の概要を図-1に示す。φ100×200mmの円柱供試体を使用し、導電率計のプローブを上面から50mmの位置に埋め込んだ。コンクリート打込み後

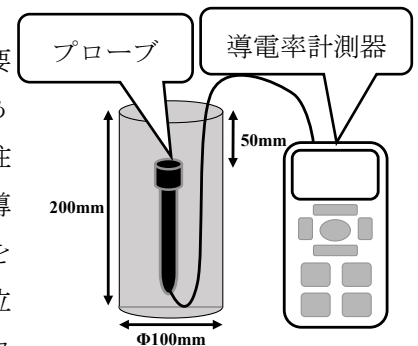


図-1 導電率計測の概要

は封かん養生をし、恒温恒湿室に静置した。計測は打込み後から5分間隔で行った。

2.4 空隙率試験

圧縮試験を終えた供試体から、大きさ20×20mm程度の破片を約100g採取した。空隙率を算出するために、真空状態で飽水にした後、水中質量と飽水質量を計測した。その後、アセトンで脱気し水和を停止させ、105℃の乾燥炉で絶乾質量を計測した。水中質量、飽水質量、絶乾質量を用いて、アルキメデス法より空隙率を算出した。

2.5 質量計測試験

φ100×50mmの供試体を、圧縮強度試験と同様の試験材齢まで恒温恒湿室で封かん養生し、脱型直後から恒量になるまでの質量を恒温恒湿室で計測した。恒量までに逸散する水分量を供試体の体積で除して、単位体積に対する水分量(以下、液状水量とする)を求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 導電率と圧縮強度

導電率と圧縮強度の関係を図-2に示す。既往の研究

の通り²⁾、導電率の減少とともに、圧縮強度が増加している。BFS の置換率によってそれぞれの関係が異なったが、対数近似曲線の式(1)より表すことができる。BFS の置換率によって対数近似曲線が異なることから、式(1)の定数a及びbとBFSの置換率の関係を調べた。BFSの置換率とa及びbの関係を図-3に示す。BFSの置換率に対するa及びbは、線形近似にて算出することができた。これにより、提案する推定式(2)からBFSの置換率と導電率より、どのBFSの置換率の圧縮強度でも推定が可能であると考えられる。

$$\sigma = a \log(x) + b \quad (1)$$

$$\sigma = (0.2414 \times y - 23.163) \log(x) + (-0.0433 \times y + 5.8136) \quad (2)$$

σ : 圧縮強度 x : 導電率 y : BFS の置換率(%)

3.2 空隙率と液状水量

BFS の置換率毎の導電率による圧縮強度の推定式を提案したが、前述の導電率と圧縮強度の関係のメカニズムが、BFS の置換率によらず満たされているか、本研究の結果を用いて確認を行った。その結果、既往の研究による報告の通り¹⁾²⁾、導電率と圧縮強度の関係のメカニズムは、BFS の置換率を変更した場合でも適応されることが分かった。

3.3 推定式の検証

同一水セメント比及び単位水量で、BFS置換率を60%としたコンクリート(以下、B60とする)を作製し、導電率を計測した。計画配合を表-2に示す。推定式より、強度発現の推定結果を図-4に示す。また測定した圧縮強度を図-4に示したところ、推定が可能であり、推定式の適用ができると考える。

4. まとめ

- 1) BFSの置換率と導電率の値より、圧縮強度が推定可能だと考えられる。
- 2) 導電率と圧縮強度の関係のメカニズムは、BFSの置換率に関わらず適応される。
- 3) BFSの置換率を変更し、推定式の検証を行ったところ、実際に得られた圧縮強度と推定した値が概ね一致した。

[参考文献]

- 1) 槇島修ほか：コンクリート構造物の導電率測定に

表-2 BFS60%置換の計画配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					フレッシュ性状	
			W	OPC	BFS	S	G	slump(cm)	air(%)
B60	50	48	170	136	204	845	943	11	3.8

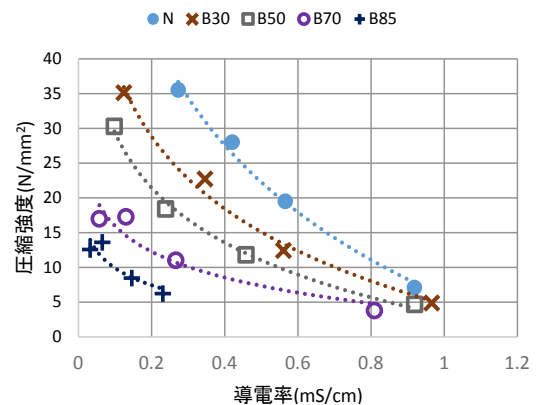


図-2 導電率と圧縮強度

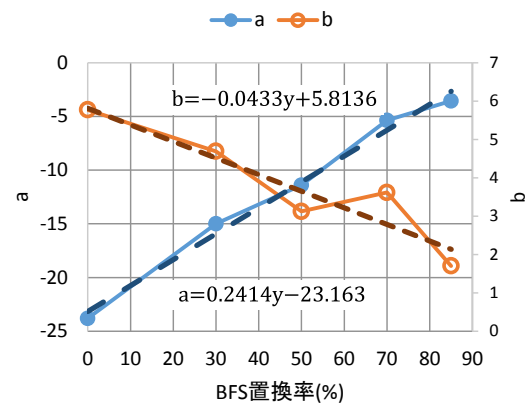


図-3 BFS置換率と定数a及びb

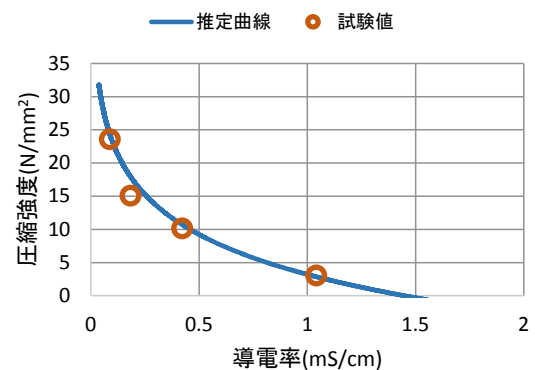


図-4 B60における推定曲線と試験値

- よる躯体内の強度発現の測定法に関する基礎的研究，土木学会第 69 回年次学術講演会，V-032，pp.441-442，2014
- 2) 伊藤孝文ほか：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，pp.227-232，2016