

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

芝浦工業大学 学生会員 ○森 嘉一

芝浦工業大学 正会員 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。しかし、脱枠時期は基準となる強度より定められているが、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の相関が得られることが報告されている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、その推定式の実用が可能か検証を行なった。

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)、60%(B60)、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

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
B60				136	204	845	943	11	3.8
B70				102	238	844	942	8.5	3.8
B85				51	289	842	940	11.5	5.4

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。

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

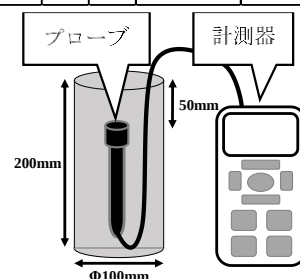


図-1 導電率計測の概要

ープを上面から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を供試体とした。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

キーワード コンクリート, 導電率, 圧縮強度, 高炉スラグ微粉末, 対数

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5 芝浦工業大学 TEL: 03-5859-8356 Email: ah13216@shibaura-it.ac.jp

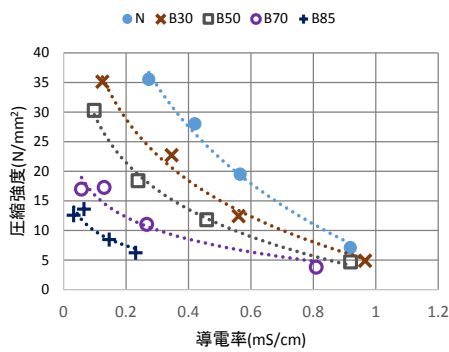


図-2 導電率比と圧縮強度

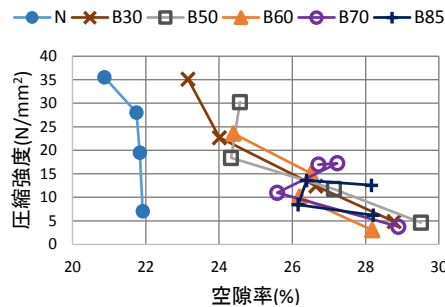


図-5 空隙率と圧縮強度

導電率と圧縮強度の関係を図-2に示す。コンクリートの配合はN, B30, B50, B70, B85を使用した。既往の研究²⁾の通り、導電率の減少とともに、圧縮強度が増加している。また、BFSの置換率によってそれぞれ相関を示した。その相関は対数近似曲線の式(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)に含まれている定数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。このことから、BFSの置換率に対するa及びbは、図-3のそれぞれの相関に線形近似を当てはめることで算出することができ、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だと考えられる。その推定式を式(2)に示す。この式が、他のBFSの置換率においても条件を満たすか検討を行なった。

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

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

σ：圧縮強度 x：導電率 y：BFSの置換率(%)

3.2 別の配合より検証

コンクリートの配合はB60を使用した。BFSの置換率の60%を式(2)のyに代入し、xに導電率の計測値を代入した。式(2)より得られた推定曲線と、実際に計測した導電率と圧縮強度の試験値の関係を図-4に示す。これより、式(2)はいずれのBFSの置換率にも対応が可

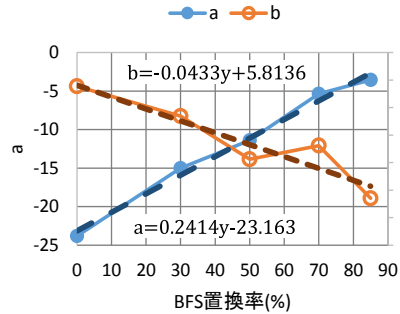


図-3 BFS置換率と定数a及びb

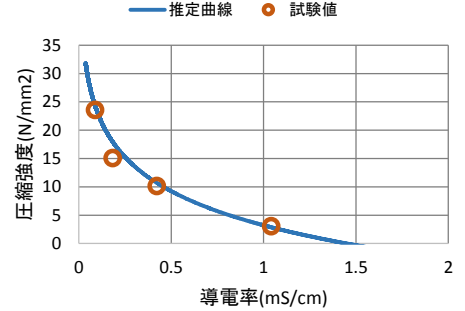


図-4 B60における推定曲線と試験値

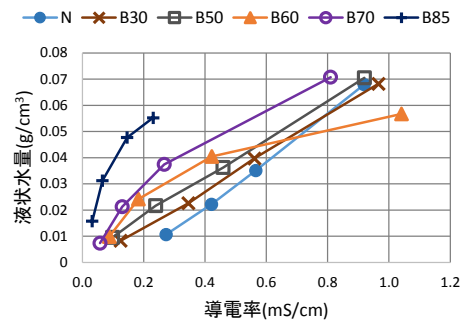


図-6 導電率と液状水量

能だと考えられる。

3.3 空隙率と液状水量

導電率と圧縮強度の相関より、BFSの置換率と導電率による圧縮強度の推定式を提案したが、導電率と圧縮強度の関係のメカニズムを満たしているか、本研究の結果を用いて確認を行った。図-5に空隙率と圧縮強度の関係を、図-6に導電率と液状水量の関係を示す。これらより、導電率と圧縮強度の関係のメカニズムを満たしつつ、強度の推定ができることが言える。

4. まとめ

- 1) 式(2)を用いることで、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) BFSの置換率を変更したときでも、推定式の使用が可能か検証を行ったところ、推定した圧縮強度とほぼ一致した。
- 3) 推定式は導電率と圧縮強度の関係のメカニズムを踏まえて求めることができる。

[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

本研究は飛島建設(株)との共同研究であることを付記する