

水分供給・逸散および水和解析による養生条件の影響評価に関する研究

石川工業高等専門学校 学生会員 ○大島美穂
石川工業高等専門学校 正会員 福留和人, 学生会員 岸 亨祐, 熱野皓己
安藤ハザマ 正会員 齋藤 淳

1. はじめに

所要の強度・耐久性を有するコンクリート構造物を構築する上で養生は極めて重要な作業であり, セメントがその性能を十分に発揮するように, すなわちセメントの水和が所要のレベルの達するように水分と温度条件を所定期間維持するように養生計画を立案する手法がある. 以上の観点から, 養生で達成されるセメントの水和の程度を解析的に予測し, 目標の水和率が得られるように養生計画を立案する手法 (図-1) を提案する. すなわち, 構造物中の水分分布履歴を水分供給・逸散解析により予測し, その結果を基に水和解析を行いセメントの水和率を算定する. さらに解析で得られた構造物中のセメントの水和率とコンクリートの性能を確保するために必要なセメントの目標水和率を比較することによ

て養生の適否を照査し, 適切な養生計画を立案する手法を確立するものである. 普通セメントコンクリートだけではなく, 長期養生が必要なフライアッシュコンクリート, 高炉スラグコンクリートでも研究を行った.

本研究では, 水分供給・逸散および水和解析にコンクリート材料性能解析プログラム DuCOM-SD を用い, 供試体レベルの実験結果との比較により, 養生条件が圧縮強度の及ぼす影響の評価を試みた.

2. 解析条件

DuCOM-SD の使用材料および配合の設定は, 実験と同様 (表-1, 表-2) とした. また, 養生条件は以下のとおりである.

- (1) 養生温度 : 20℃
- (2) 湿潤養生条件 : ①水中養生 (全期間), ②封緘養生 (全期間), ③封緘養生 7 日+気中暴露 (相対湿度 60%), ④水中養生 7 日+気中暴露 (相対湿度 60%), ⑤水中養生 14 日+気中暴露 (相対湿度 60%)

フライアッシュ (北陸電力敦賀火力発電所産) のブレン比表面積は, 4740 cm²/g である.

実験では, φ10×20cm の円柱供試体を用い, 水分供給・逸散量および圧縮強度の測定を行っている. なお, 供試体はシール等を行うことなく試験に供したため, DuCOM-SD の表面から内部に向かう一次元場における解析条件と異なっている. また, 気中暴露では温度のみ制御された恒温室に静置した. 以上のことから供試体厚さをパラメータとして, 養生温度 20℃の条件で質量変化率が実験結果と合致するように解析パラメータを設定することとした.

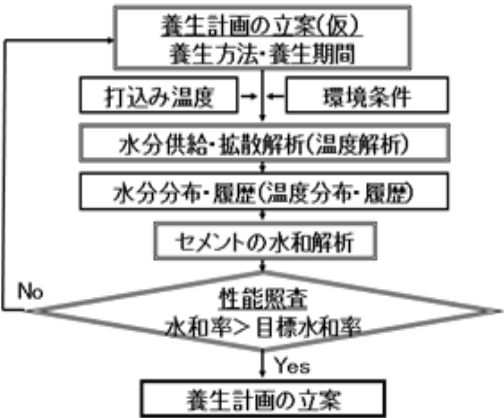


図-1 養生計画立案フロー

表-1 コンクリートの配合

セメントの種類	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					
		水 W	セメント C	混和材 FA1	細骨材		粗骨材 G
					細 S1	粗 S2	
普通	50	177	354	0	543	181	992
フライ アッシュ	40	177	377	66	490	163	968
	50		301	53	537	179	981
	60		251	44	581	193	974
高炉	40	180	450	0	488	162	966
	50		360	0	537	179	976
	60		300	0	579	193	971

表-2 セメントの鉱物組成

鉱物組成 mi (%)	エーライト C ₃ S	55
	ビーライト C ₂ S	19
	アルミネート C ₃ A	12
	フェライト C ₄ AF	8

キーワード : 養生, セメントの水和, 水和解析, 質量変化率, 圧縮強度

連絡先 : 石川工業高等専門学校, 〒929-0392 石川県津幡町北中条 tel: 076-288-8162, fax: 076-288-8171

3. 解析結果および考察

質量変化率の実測値に合致するように解析条件を検討した結果、部材厚さ 1cm に設定した。

圧縮強度は、骨材の品質等の影響を受けるため絶対値での比較は難しい。そのため圧縮強度比（各種養生条件／材齢 28 日の水中養生）により、養生の影響を評価した。長期的な性能の評価のため、材齢を 91 日とした。図 2～4 のほぼ全ての養生条件において実測値、解析値共に、養生条件が圧縮強度に及ぼす影響を適切に評価している。つまり、水中養生が長いと圧縮強度比が大きくなっている。水中養生を長く行うことにより水和が進み、コンクリートが緻密になるためである。また、水セメント比が低いほど、養生条件が圧縮強度に及ぼす影響を適切に示しており、実測値と解析値での合致が出来た。

図 3 のフライアッシュセメントの実測値において、水中 7 日+気中で圧縮強度比が 1 を超えた。使用したフライアッシュのブレン比表面積が大きく強度発現が良好である。解析値は 1 を下回る。これはブレン比表面積が強度発現に及ぼす影響を適切に評価できていない。水セメント比が高いほど、圧縮強度も高くなっている。しかし、解析値においては水セメント比の違いによる圧縮強度の差は見られなかった。

図 4 の高炉セメントにおいて、水セメント比 50%を除いて実測値と解析値での合致が出来た。

水セメント比 50%での比較をすると、実測値では普通ポルトランドセメントより、フライアッシュセメント、高炉セメントの方が高い圧縮強度が得られた。解析値ではセメントの違いによる圧縮強度比の違いは見られない。

定性的には養生条件やセメントの種類、配合条件による影響は評価出来ているが、定量的には推定精度は不十分であるため、今後の検討が必要である。

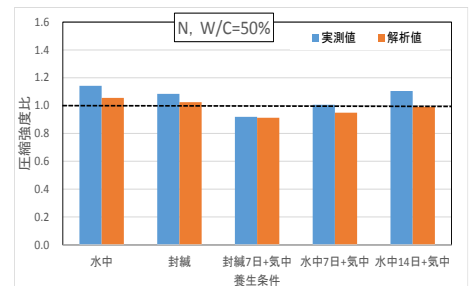


図-2 圧縮強度比に及ぼす養生条件の影響
(普通ポルトランドセメント)

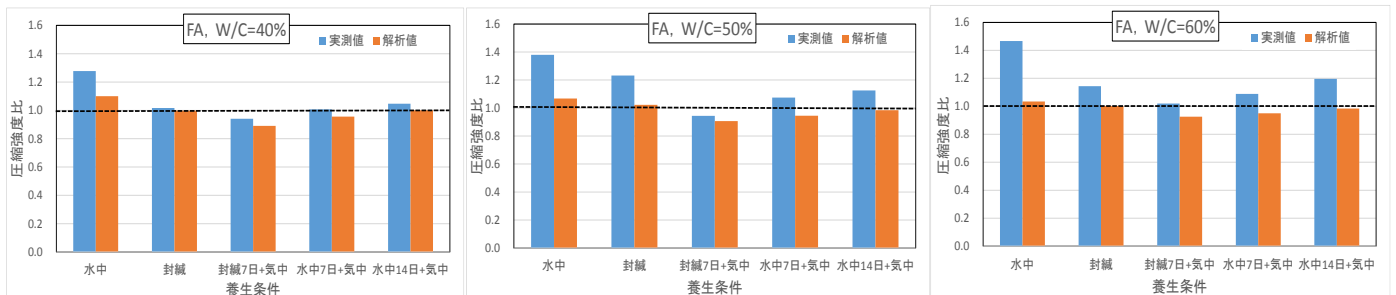


図-3 圧縮強度比に及ぼす養生条件の影響 (フライアッシュセメント)

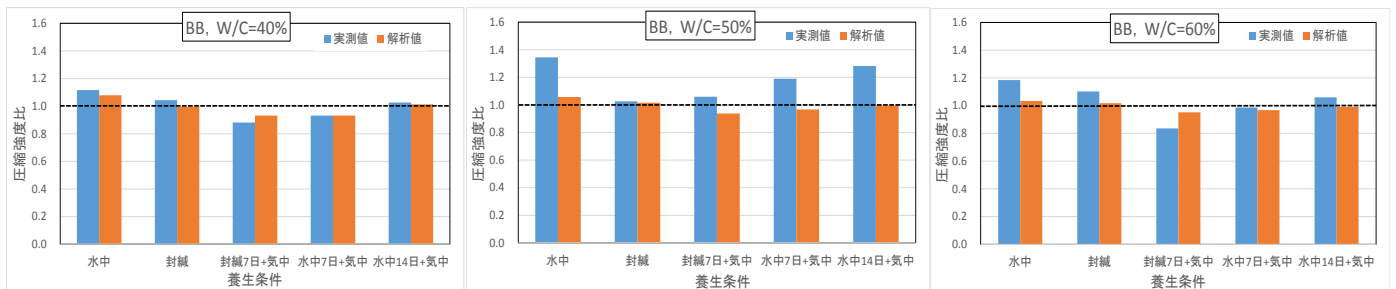


図-4 圧縮強度比に及ぼす養生条件の影響 (高炉セメント)

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金（基盤研究（C）、26420445）によって実施したものである。また、フライアッシュは北陸電力（株）よりご提供いただいた。ここに感謝致します。