

各種セメントを用いたコンクリートの湿潤養生期間に関する一考察

清水建設技術研究所

正会員

○高橋圭一

黒田泰弘

清水建設土木技術本部

正会員

杉橋直行

矢ノ倉ひろみ

川村和湖

電力中央研究所

正会員

蔵重勲

1. 目的

コンクリートの湿潤養生期間について、コンクリート標準示方書〔施工編:施工標準〕では、早強ポルトランドセメント（H）、普通ポルトランドセメント（N）および混合セメントB種を対象に、湿潤養生期間中の日平均気温に応じて、標準的な日数が示されている。この日数は十分な給水を行った場合を対象として、コンクリートの強度発現の実験結果を参考に設定されたものとされ、上記以外のセメントを使用する場合には、信頼できる資料や試験により湿潤養生期間を適切に設定する必要があるとされている。

そこで、中庸熱ポルトランドセメント（M）や低熱ポルトランドセメント（L）、および、これらにフライアッシュ（FA）を置換した配合について、養生温度を変えて行ったコンクリートの強度発現の実験結果を参考に、必要な湿潤養生期間に関する考察を行った。

2. 実験概要

本実験では、N（密度 3.16g/cm³）、M（密度 3.21g/cm³）、低熱ポルトランドセメント（L、密度 3.22g/cm³）、高炉セメントB種（BB、密度 3.04g/cm³）、石灰岩碎石（G、表乾密度 2.70 g/cm³）、石灰岩砕砂（S、表乾密度 2.67 g/cm³）、フライアッシュ（FA、能代火力発電所産、JIS A 6201 FAⅡ種品、密度 2.19 g/cm³）および石灰石微粉末（LP、密度 2.70g/cm³）を使用した。配合は、表-1に示すとおりであり、水結合材比（W/B）は 45%一定とし、練上がりから 60 分後の目標スランブを 18.0±2.5cm、目標空気量を 5.5±1.5%（耐凍害性に配慮）となるように化学混和剤で調整した。なお、FA を 30%混入した配合では、単位水量を減らすだけでは状態が悪くなったため、LP を添加した。

コンクリートの練混ぜは公称容量 100L の水平 2 軸強制練りミキサを用いて 20±2℃の環境下で実施した。練り上がりから 60 分後にフレッシュコンクリートの試験を行い、試験体を作製後、養生温度を 5、10 および 20℃とし水中養生を行い、7、28、56 および 91 日において圧縮強度試験を実施した。

3. 実験結果および考察

3. 1 有効材齢と圧縮強度との関係

コンクリートの強度発現はマチュリティ（温度成分を考慮した時間）と強い相関関係がある²⁾。そこで、配合毎に有効材齢（CEB）³⁾ との関係について整理した。有効材齢と圧縮強度との関係を図-1 および図-2 に示す。

表-1 コンクリートの配合

記号	W/B (%)	s/a (%)	スランブ (cm) ※	空気量 (%) ※	単位量 (kg/m ³)									フレッシュ試験結果※		
					W	N	M	L	BB	FA	LP	S	G	スランブ (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)
N	45.0	44.0	18.0 ±2.5	5.5 ±1.5	165	367	—	—	—	—	—	780	1004	19.5	5.7	21
M						—	367	—	—	—	—	782	1007	20.0	6.7	19
L						—	—	367	—	—	—	782	1007	20.5	6.1	19
BB						—	—	—	367	—	—	774	997	20.0	5.3	19
FB					160	303	—	—	—	53	—	782	1004	18.0	5.4	21
FC					155	241	—	—	—	103	62	757	974	17.5	6.5	21
MF30						—	241	—	—	103	62	758	976	20.0	6.5	21
LF30						—	—	241	—	103	62	759	976	18.5	6.1	21

※目標スランブおよび目標空気量およびフレッシュ試験結果は、いずれも練上がりから 60 分後のものを示す。

キーワード 圧縮強度，有効材齢，強度発現率，湿潤養生，養生温度

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL 03-3820-5504

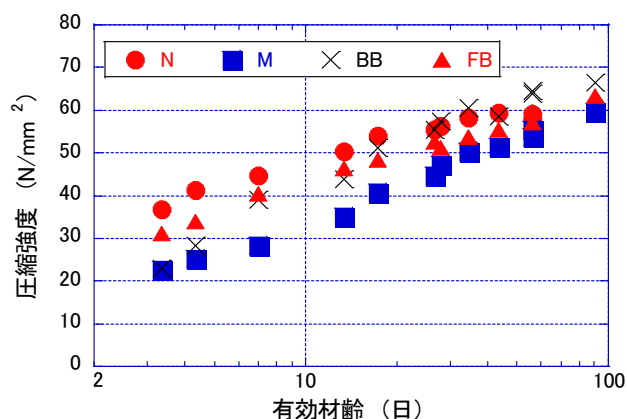


図-1 有効材齢と圧縮強度の関係 (N, M, BB および FB)

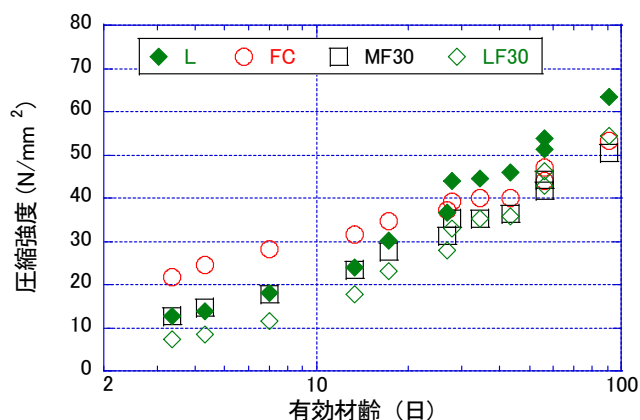


図-2 有効材齢と圧縮強度の関係 (L, FC, MF30 および LF30)

3. 2 湿潤養生期間に関する考察

表-2 にコンクリート標準示方書の湿潤養生期間の標準を、有効材齢の計算結果とともに示す。湿潤養生期間は、養生温度 20°C に換算した有効材齢では、平均値が、H で 2.4 日、N で 4.2 日、混合セメント B 種 (BB および FB) で 5.6 日となり、ある程度有効材齢で一律に整理できることがわかる。

強度発現を考慮し、N で有効材齢 28 日まで、M, BB および FB で有効材齢 56 日まで、L, FC, MF30 および LF30 で有効材齢 91 日までの区間の強度発現を式 (1) (a, b は実験結果より求められる回帰係数) より算出し、さらに強度比を求めて、有効材齢との関係を示した結果を図-3 および図-4 に示す。

$$f(t_e) = a \cdot \log_{10} t_e + b \quad \text{式 (1)}$$

図-3 より、N の有効材齢 4.2 日における強度比が 0.75 に対し、M, BB および FB の有効材齢 5.6 日における強度比はそれぞれ 0.50, 0.52 および 0.63 となり、後者の強度比の方が小さいことがわかる。

図-4 より、L, FC, MF30 および LF30 において湿潤養生期間を仮に有効材齢で 7.0 日と設定すると、強度比は 0.33, 0.56, 0.40 および 0.27 となり、セメントの種類によって差を生じることがわかる。ベースとなるポルトランドセメントの種類によって、湿潤養生期間の設定を変える必要があると考えられる。

4. まとめ

各種セメントを用いたコンクリートの強度発現について検討し、コンクリートの湿潤養生期間について考察した。本報がコンクリート標準示方書で標準が示されていないセメントを用いたコンクリートの湿潤養生期間を適切に設定する際の検討の一助となれば幸いである。

表-2 湿潤養生期間の標準

日平均 気温	材齢 (日)			有効材齢 (日)		
	H	N	混合 B 種	H	N	混合 B 種
15°C以上	3	5	7	2.4	3.9	5.5
10°C以上	4	7	9	2.5	4.3	5.6
5°C以上	5	9	12	2.4	4.3	5.7
			平均	2.4	4.2	5.6

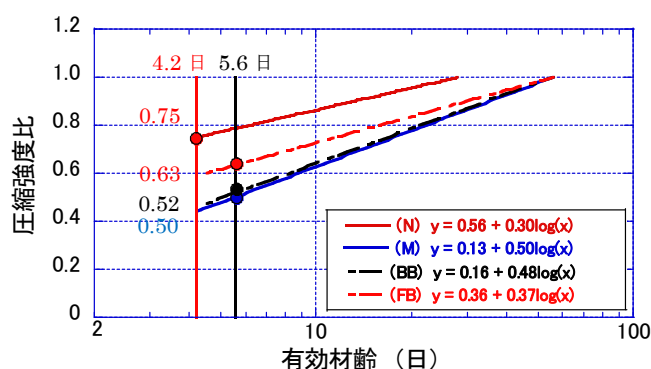


図-3 有効材齢と強度比の関係 (N, M, BB および FB)

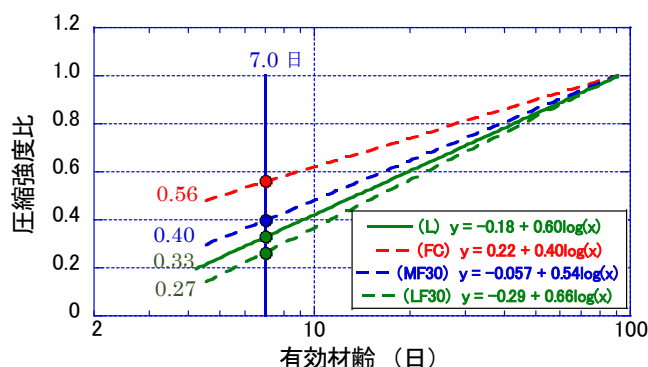


図-4 有効材齢と強度比の関係 (L, FC, MF30 および LF30)

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書【施工編】
- 2) 友澤史紀，牛島栄：セメント・コンクリート，No.527，pp.66-75，1991，
- 3) CEB-FIP Model Code 1990, Committee Euro-international du Beton, 1990