モルタルの初期強度発現に及ぼす養生温度の影響

東海大学　学生会員　○中嶋　望
鶴見コンクリート株式会社　技術部研究課　正会員　丸山　貴吉
東海大学　正会員　伊達　重之

1. はじめに

強度発現の予測には積算温度法とアレニウス則等が存在するが，セメント種類の違いや養生温度の変化などの異なる状況下でも式が全て使用できるかは確認されていない[1) 2)]。そこで，本研究では養生条件を 3 パターン，セメントを 3 種類使用し積算温度法と強度推定に資する，代表的な予測式の蒸気養生モルタルへの適用性を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

使用材料を**表－1** に配合を**表－2** に記す。使用材料の混和剤はポリカルボン酸の高性能 AE 減水剤を使用した。

2. 2 実験条件

今回使用する材料は練上り温度が養生温度と同じになるように，あらかじめ所定の温度になるよう保温している材料を使用した。モルタルは練り上がりから温度は一定とし，W/C＝30%，40%，50%の 3 パターンに設定し養生温度は 10℃，20℃，40℃とした。なお，養生温度は一定とし昇温および降温は設けていない。

2. 3 試験項目

試験項目は主に圧縮強度において測定し，圧縮強度には φ50×100 の円柱供試体を用いた。試験材齢は養生温度によって異なるので，**表－3** に示す。

3 強度発現の予測方法

3. 1 積算温度に基づく有効材齢式

強度発現の予測式として一般に知られている積算温度法（マチュリティ則）を用いて，蒸気養生下におけるモルタルの超初期材齢から短期材齢における圧縮強度予測の評価を行った[3)]。

3. 2 有効材齢

(1) 積算温度法

積算温度法（マチュリティ則）に基づいて算出される。

$$t_e = \int_0^t \frac{(T_k + 10)}{30} dt \qquad (2)$$

(2) アレニウス則

アレニウス則は，コンクリートの水和反応に対する温度依存性を，Arrhenius 則に基づく式[4)]もある。

表－1　使用材料

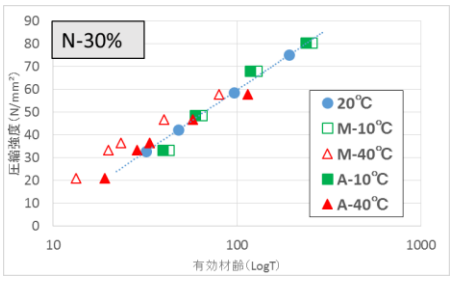
材料名	記号	種類	密度
セメント	N	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	3.14
	H	早強ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	3.12
	BB	高炉セメントB種	3.03
細骨材	S	川砂	2.69
混和剤	Ad	高性能AE減水剤	-

表－2　モルタルの配合条件

セメントの種類	W/C (%)	W (kg/m³)	細骨材
N	30	255	1168
	40		1350
	50		1460
H	30		1163
	40		1346
	50		1456
BB	30		1141
	40		1330
	50		1444

表－3　試験材齢

W/C (%)	養生温度 (℃)	材齢 (hour)
30, 40, 50	10	64, 96, 192, 384
	20	32, 48, 96, 192
	40	8, 12, 14, 24, 48, 96



図－1　有効材齢と圧縮強度 (N-30%)

キーワード：モルタル，保温養生，積算温度法，アレニウス則，圧縮強度
〒259-1292　神奈川県平塚市北金目 4-1-1　東海大学湘南校舎　TEL　0463-58-1211

$$t_e = \int_0^t \exp\left[13.65 - \frac{4000}{273 + T_k}\right] dt \qquad (3)$$

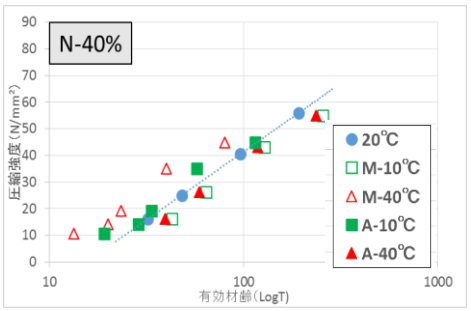
4. 実験結果

4.1 有効材齢算定式の強度推定の汎用性

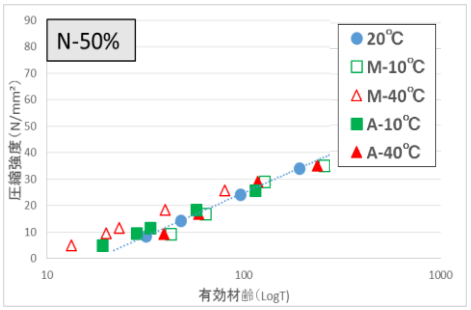
積算温度法ならびにアレニウス則から算出した有効材齢と圧縮強度の関係を**図－１～５**に示す。これらの図では，有効材齢式の基準温度である 20℃の推定強度と，10℃ならびに 40℃のなお，10℃ならびに 40℃の有効材齢は，20℃の推定強度の算出に用いた有効材齢式により算出した。

マチュリティ則とアレニウス則の結果を比較すると，すべての場合においてアレニウス則で求めた結果の方が近い結果となった。このことから，アレニウス則のほうが積算温度法よりも汎用性があるといえる。

次に，W/C に着目してみると，W/C の値が大きくなるに従ってアレニウス回帰線から離れていることから W/C の値が大きくなるほど汎用性が低いということがいえる。(**図－１～３**)セメントの種類においては早強ポルトランドセメント＞普通ポルトランドセメント＞高炉スラグ B 種の順で回帰線から遠ざかるので，強度の推定精度は他のセメントに比較して低いと言える。



図－２　有効材齢と圧縮強度
(N-40%)



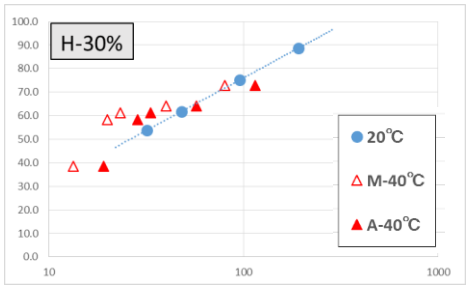
図－３　有効材齢と圧縮強度
(N-50%)

5. まとめ

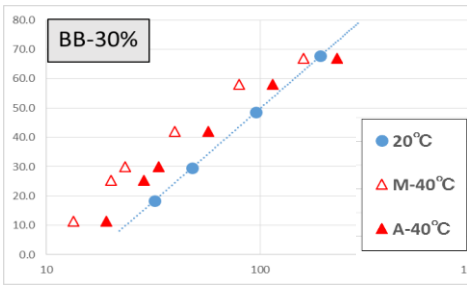
本研究では，積算温度法とアレニウ則の及ぼす養生温度の影響を検討し，その関係について積算温度や有効材齢との適合性について検討した。その結果以下のことが分かった。

(1) 強度推定に供する有効材齢に関しては，積算温度法よりもアレニウス則を用いた方が，推定精度が高い結果となった。

(2) 有効材齢に基づく強度推定の精度は，セメント種類によって異なり，早強ポルトランドセメント＞普通ポルトランドセメント＞高炉スラグ B 種の順で推定強度の精度が小さくなる傾向にあった。いずれのケースにおいてもまた，長期における推定精度では，養生温度が異なっても，比較的良好な推定精度を有することが確認された。



図－４　有効材齢と圧縮強度
(H-30%)



図－５　有効材齢と圧縮強度
(BB-30%)

参考文献

1) 笠井芳夫，ほか：コンクリートの初期強度に関する研究，セメント技術年報，第 16 回，pp.255-259，1962

2) 谷口円，桂修，佐川孝広，濱幸雄：強度増進の温度依存性に及ぼすセメント鉱物組成の影響，日本建築学会構造系論文集，第76巻，第661号，pp.443-448，2011.3

3) 伊藤憲雄，三橋博三，桐越一紀：養生過程で温度履歴を受けたコンクリートの活性化エネルギーと有効材齢，コンクリート工学論文集，Vol.15，No.1，pp.103-112,2004.1

4) Anna V. Saetta, Bernhard A, Schrefler and Renato V. Vitaliani: The Carbonation of Concrete and the Mechanism of Moisture, Heat and Carbon Dioxide Flow Through Porous Materials, Cement and Concrete Research, Vol.23, pp.761-772, 1993