

モルタルによるコンクリート強度の早期予測手法に関する基礎的検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○目黒 貴史 太平洋セメント(株) 扇 嘉史
 太平洋セメント(株) 正会員 前堀 伸平 太平洋セメント(株) 正会員 小川 洋二

1. はじめに

コンクリートの設計や品質管理における硬化性状に関しては、一般的に材齢 28 日の圧縮強度が基準とされている。強度結果の判明には時間を要することから、より早期に材齢 28 日の圧縮強度を予測する手法がこれまで検討されてきた。コンクリート強度の早期予測手法としては、ウェットスクリーニングしたモルタルに急結剤を添加して高温環境下で促進養生する急速硬化法¹⁻⁴⁾や、コンクリート供試体を温水で促進養生する温水養生法⁵⁻⁶⁾などが提案されている。しかし、いずれの手法においてもコンクリートの練混ぜが必要であり、試験に労力を要する。

そこで、本検討では、早期かつ簡易にコンクリートの材齢 28 日の圧縮強度を予測する手法を目指し、モルタルを用いて促進養生する方法を検討した。

2. 実験概要

使用材料を表-1 に、コンクリート配合およびモルタル配合を表-2 に示す。

2.1 コンクリートの作製

コンクリートの配合は、水セメント比(W/C)45%および 55%とし、セメントは、普通(N)、低熱(L)、中庸熱(M)および早強(H)の 4 種とした。なお、骨材は表乾状態で使用した。配合名は、例えば N を用いた W/C=45%の配合は、“Con-N45”と標記した。

コンクリートの練混ぜはパン型強制練りミキサ(容量 55L)を用いて、1 バッチ 30L とした。フレッシュコンクリートの目標値は、スランプを 12±2.5cm、空気量を 4.5 ±1.0%とし、AE 減水剤は一定とした上で、単位水量および AE 剤によって微調整した。

供試体は φ10×20cm の円柱供試体とし、打設から 24 時間後に脱型し、所定材齢の 28 日まで 20℃水中養生を行った後、圧縮強度試験を行った。

2.2 コンクリートに対応する促進養生モルタルの作製

モルタルの配合は、コンクリート配合と同様の 8 配合とした。配合名は、例えば N を用いた W/C=45%の配合は、“Mor-N45”と標記した。N を使用したものはコンクリート配合から粗骨材を除いた配合とし、それ以外のセメントについては、W/C ごとに N の単位水量と同一とした(例えば Mor-L45 の単位水量は Mor-N45 の単位水量と等しい)。ただし、コンクリート配合とは異なり、巻き込み空気の影響を除く目的で、空気量調整剤をすべての配合に 10T 用いた。

(1) 急速硬化法

練混ぜは、ホバートミキサ(容量 4.7L)を用いて、1 バ

キーワード 急速硬化法, 温水養生法, けい酸ナトリウム, 圧縮強度, モルタル

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント株式会社 中央研究所 TEL:043-498-3836

表-1 使用材料

使用材料	標記	種類	摘要
水	W	上水道水	—
セメント	N	普通	密度: 3.16 g/cm ³
	L	低熱	密度: 3.22 g/cm ³
	M	中庸熱	密度: 3.21 g/cm ³
	H	早強	密度: 3.14 g/cm ³
細骨材	S	山砂	表乾密度: 2.57 g/cm ³ 粗粒率: 2.77 吸水率: 1.98%
粗骨材	G5	碎石 (2013)	表乾密度: 2.65 g/cm ³ 粗粒率: 7.02 吸水率: 0.52%
	G6	碎石 (1305)	表乾密度: 2.64 g/cm ³ 粗粒率: 6.27 吸水率: 0.67%
混和剤	AD	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE	AE剤	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
	AF	空気量調整剤	ポリアルキレングリコール誘導體
急結剤	Na	Na ₂ SiO ₃	けい酸ナトリウム(無水)

表-2 コンクリートおよびモルタルの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					化学混和剤 (C×%)		
			W	C	S	G5	G6	AD	AE	AF
Con-N45	45	44	167	371	758	459	536	0.25	2.5A	—
Con-N55	55	46	163	296	825	459	539	0.25	2.0A	—
Con-L45	45	44	164	364	766	464	541	0.25	2.5A	—
Con-L55	55	46	160	291	833	464	544	0.25	2.0A	—
Con-M45	45	44	166	369	763	459	539	0.25	2.5A	—
Con-M55	55	46	162	295	828	461	541	0.25	2.5A	—
Con-H45	45	44	173	384	745	451	528	0.25	2.5A	—
Con-H55	55	46	169	307	812	453	531	0.25	2.5A	—
Mor-N45	45	—	288	640	1309	—	—	0.25	—	10T
Mor-N55	55	—	282	513	1428	—	—	0.25	—	10T
Mor-L45	45	—	288	640	1319	—	—	0.25	—	10T
Mor-L55	55	—	282	513	1436	—	—	0.25	—	10T
Mor-M45	45	—	288	640	1317	—	—	0.25	—	10T
Mor-M55	55	—	282	513	1435	—	—	0.25	—	10T
Mor-H45	45	—	288	640	1306	—	—	0.25	—	10T
Mor-H55	55	—	282	513	1425	—	—	0.25	—	10T

1A, 1T: 0.002%

ッチ 1.0L とし、供試体は φ5×10cm の円柱供試体とした。既往の文献⁴⁾を参考に、練混ぜ後に急結剤のけい酸ナトリウムをセメント質量に対して外割で 5%添加して練りさじで手練りした後に打設し、1 時間の 80℃蒸気養生後に脱型、直ちに圧縮強度試験を行った。

(2) 温水養生法

練混ぜは、ホバートミキサ(容量 20L)を用いて、コンクリートと同様の練混ぜ順序および時間とし、1 バッチ 3.3L とした。供試体は φ5×10cm の円柱供試体とした。JIS A 1805 「温水養生法によるコンクリート強度の早期判定試験方法」を参考に、供試体を作製した後、20℃環境下の湿気箱で 2 日間静置した後に脱型し、3 日および 7 日の所定材齢まで 40℃温水養生を行った後、圧縮強度試験を行った。

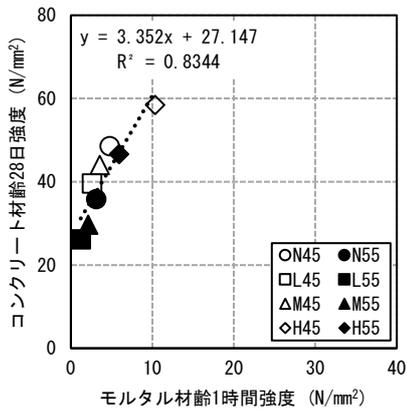


図-1 急速硬化法によるモルタル強度とコンクリート強度の関係

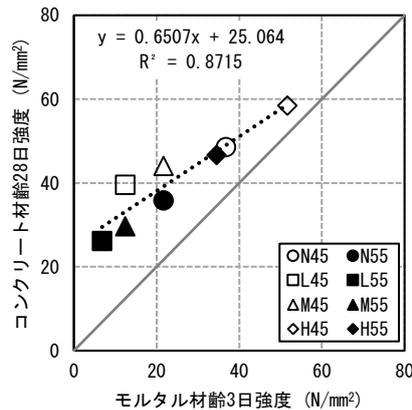


図-2 温水養生法によるモルタル強度(材齢3日)とコンクリート強度の関係

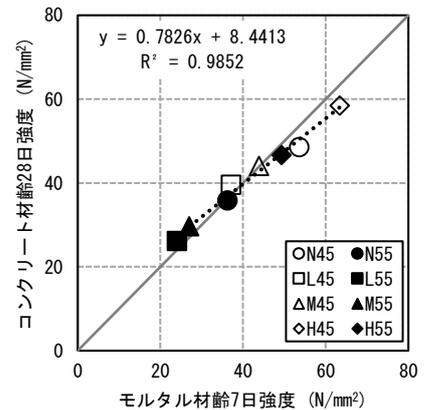


図-3 温水養生法によるモルタル強度(材齢7日)とコンクリート強度の関係

3. 実験結果および考察

急速硬化法によるモルタルの材齢 1 時間強度とコンクリートの材齢 28 日強度の関係を図-1 に示す。この図から、強度発現性は $H > N > M > L$ の順となっており、コンクリート強度の結果と同様に、セメント種類の違いによる水和反応性の特徴を捉えていた。また、単回帰分析の決定係数は 0.83 程度であり比較的相関性が高かった。また、単回帰式から明らかのように、モルタル強度が $1.0(\text{N}/\text{mm}^2)$ 変動した場合には、コンクリートの予測強度は約 $3.3(\text{N}/\text{mm}^2)$ の変動を示す結果となった。

これらから、急速硬化法では、極短時間でコンクリートの圧縮強度を予測できる可能性があるが、モルタルの強度範囲(約 $1 \sim 10\text{N}/\text{mm}^2$)が小さいために、強度の測定誤差を考慮すると、精度の良い予測は困難であると推測した。

図-2 に、温水養生法によるモルタルの材齢 3 日強度とコンクリートの材齢 28 日強度の関係を示す。温水養生法による材齢 3 日では、急速硬化法に比べて、モルタルの強度範囲が大きく、決定係数もやや大きい傾向があり、急速硬化法に比べてコンクリートの圧縮強度をより精確に予測できる可能性が示唆される。また、図-2 に示した $W/C=45\%$ と 55% に関するプロットから、 W/C に応じた回帰式が存在する可能性がある。

図-3 に、温水養生法によるモルタルの材齢 7 日強度とコンクリートの材齢 28 日強度の関係を示す。 W/C によらず、モルタル強度はコンクリート強度とほぼ 1 対 1 の関係性があり、単回帰分析した時の決定係数も 0.98 と高く、比較的精度良くコンクリートの圧縮強度を予測できる可能性が示された。

ただし、上記結果は W/C の範囲や使用骨材が限定的な中でのものであり、これらが変わった場合についても検討が必要と考える。また、急速硬化法や温水養生法の養生期間や温度についても更なる検討の余地があると思われる。

また、本検討での積算温度は、モルタルの $310(\text{C} \cdot \text{day})$ に対して、コンクリートは $840(\text{C} \cdot \text{day})$ と約 2.7 倍大きい、圧縮強度はほぼ同等であった。これに関しては、

粗骨材の有無による影響および空気量の差などが考えられ、今後の検討を要する。

4. まとめ

本検討において、以下(1)、(2)の結果を得た。(2)で得られた傾向より、早期かつ簡易に取得できるモルタルの圧縮強度からコンクリートの材齢 28 日の圧縮強度を比較的精度良く予測できる可能性が示された。今後さらなるデータの蓄積と検証を行う予定である。

- (1) 急速硬化法では、材齢 1 時間という極短時間のモルタル強度でコンクリートの材齢 28 日強度を予測できる可能性はあるものの、モルタル強度が全体的に低く、精度の良い予測は困難であると考えられる。
- (2) 温水養生法では、モルタルの強度の範囲がより広く、急速硬化法よりも要する養生期間が長くなるが、コンクリートの強度を比較的精度良く予測できる可能性が示された。特に、モルタルの材齢 7 日強度はコンクリートの材齢 28 日強度と高い相関が認められた。

参考文献

- 1) 池田尚治：急速硬化によるコンクリート強度即時判定方法に関する研究，土木学会論文報告集，No.255，1976.11
- 2) 飛坂基夫ほか：コンクリート強度即時判定方法に関する 2、3 の検討，社団法人日本コンクリート工学協会，コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム発表論文集，pp.73~76，1979.2
- 3) 社団法人日本コンクリート工学協会：JCI-SE3，コンクリート品質の早期判定指針，pp.21~24，1985
- 4) 立山創一ほか：高強度コンクリートの圧縮強度早期判定法，安藤建設技術研究所報，Vol.11，pp.55~60，2005
- 5) 社団法人日本コンクリート工学協会：JCI-SE4，JCI-SE14，コンクリート品質の早期判定指針，1985
- 6) 大塚秀三ほか：温水養生法による高強度コンクリートの圧縮強度の早期判定に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No.1，pp.1219~1224，2005