

養生温度および水分供給の履歴がセメントペーストの強度に与える影響

群馬大学工学部 学生会員 ○齋藤 愛
 群馬大学大学院 学生会員 上原 丈児
 群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎

1. はじめに

セメント硬化体の性能は水和反応に伴い形成される細孔構造に左右され、養生温度の影響を受ける。高温養生では初期の反応が促進されるが、長期的には緻密化や強度増加が小さく、常温養生と比較すると強度は小さい傾向である¹⁾。細孔構造の生成は、水和反応時の外部からの水分供給の有無により、同じ養生温度でも細孔構造の生成に違いが生じる可能性がある。養生温度が変化する場合ではマスコンクリートのような初期に高温履歴を受ける環境が考えられる。このような環境の検討は数多いが、長期的な影響の検討や詳細なメカニズムの分析は少ない。

そこで本研究では、長期の養生において水和物の緻密化と強度発現の関係について、養生温度、方法の違いがセメントの強度の発現に及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

本実験では研究用セメントとイオン交換水を用いて、W/C=60%のセメントペースト供試体を作製した。φ50×100mmの型枠に打込み後、直ちに所定の温度環境（20℃または60℃）にて養生を行った。図-1に養生条件を示す。水分供給の履歴の検討については、養生温度20℃または60℃の温度一定条件下で水中養生および封緘養生を所定の材齢まで行った。温度履歴による検討は、温度を変化させて所定の材齢で測定を行った。なお、水中養生は打込み後1日間の封緘養生を行い脱型した後に行った。

シリーズ名については水中養生をW、封緘養生をSとし、養生温度をその後に表記する。

2.2 測定項目

各測定は材齢3、28、91日に行った。また、測定を行う環境は常温のため、60℃養生を行った供試体は測定前の急激な温度変化によるひび割れを防ぐ目

シリーズ名	0	1	3	28	91
W20		封緘 (20℃)		水中 (20℃)	
S20			封緘 (20℃)		
W60		封緘 (60℃)		水中 (60℃)	
S60			封緘 (60℃)		
W60-20		封緘 (60℃)	水中 (60℃)	水中 (20℃)	

図-1 養生条件

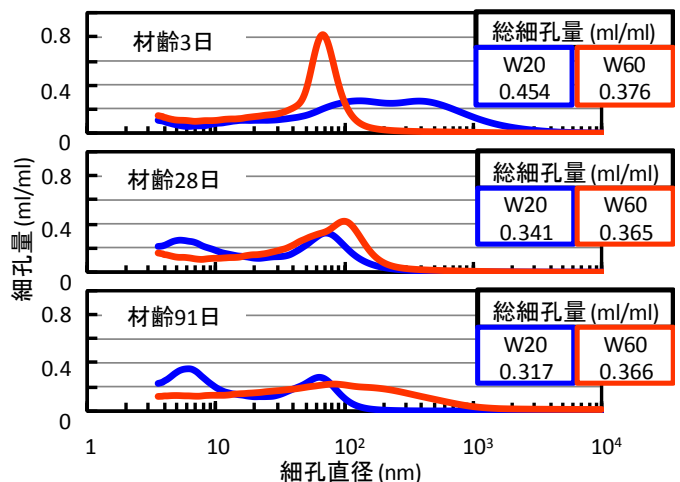


図-2 W20 および W60 での細孔径分布

的で養生終了後に常温まで緩やかに温度を下げた。

(1) 水銀圧入試験

所定の材齢にて、供試体中央部から試料を採取後、5mm角程度に粉砕し、アセトンを用いて水和を停止させた。その後、粗粉砕試料を20℃で48時間真空乾燥させて水銀圧入試験を行い、総細孔量、細孔径分布を算出した。

(2) 圧縮強度試験

所定の材齢にて、圧縮強度試験を行った。圧縮強度は供試体3体の平均値とした。

3 実験結果および考察

3.1 温度一定条件下の水中養生での細孔構造

図-2に水中養生を行ったW20およびW60での細孔

キーワード 細孔構造, C-S-H, 養生温度, 圧縮強度, 熱変質

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

径分布を示す。W20 では材齢経過により、ピーク径が小径方向へ移動し、総細孔量も減少していることから細孔構造が緻密化したと言える。一方 W60 では材齢 3 日では W20 よりピーク径が小さく、総細孔量も少ないが、以降はピーク径が大径方向に移動し、細孔構造は粗大化の傾向を示した。このような細孔構造の変化については、20℃養生では水和反応の進行による緻密化であるが、60℃養生に関しては水和物の熱変質の影響が考えられる。既往の研究²⁾では、常温で十分な水中養生後の高温養生による総細孔量、または高温養生前に比べて細孔径の大きい細孔量の増加を、高温養生によってセメント水和物である C-S-H が変質したためと推察している。本研究でも細孔構造の粗大化が生じており、C-S-H の変質が示唆される。

3.2 温度一定条件下の水中養生での圧縮強度

図-3 に圧縮強度の経時変化を示す。W20 の場合、材齢 3 日では強度が小さいが、材齢 28 日で強度が大きく発現している。その後、強度は緩やかに増加する結果となった。W60 では高温養生による水和反応が促進されるため初期強度が大きいものの、材齢 28 日での増加は W20 より少ない。また、その後強度が低下した。これらに関しては、図-2 の細孔径分布に示したように、W20 では材齢の経過とともに水和反応の進行によって緻密化したためと考えられる。W60 については C-S-H の熱変質の影響により、細孔構造が粗大化したことで、圧縮強度が低下したと考えられる。

3.3 様々な養生条件での比較

温度一定条件下での封緘養生および温度履歴を与えた水中養生での圧縮強度の経時変化も図-3 に示す。

まず水分供給の違いに着目し比較する。S20 と W20 は材齢 3 日と 28 日において、圧縮強度に大きな差は見られない。一方、S60 と W60 は材齢 3 日では差が見られないが、材齢 28 日では W60 の強度が増加しているのに対し、S60 では低下するという反対の結果となった。これは、50℃環境にて封緘養生を行った供試体の強度が低下していない既往の実験³⁾とも異なる結果である。本実験で設定した養生温度や W/C は既往の実験と比較して高いために、強度変化への影響が大きく表れた可能性が考えられる。したがって、W60 の材齢 91 日で生じた C-S-H の熱変質による強度低下が、水分供給のない S60 ではより早

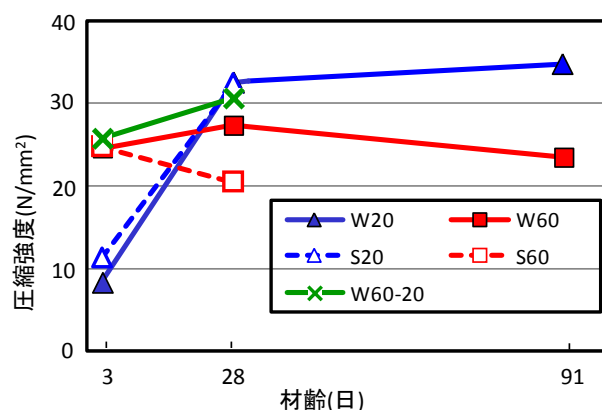


図-3 圧縮強度の経時変化

期に生じたことが考えられる。以上より、材齢 28 日まででは水分供給の違いは常温養生よりも高温養生で現れ、強度の差が大きくなることが示唆された。

次に温度一定条件下と温度変化を伴った水中養生の比較である。W60-20 に着目すると、養生温度が 20℃に変わった後の材齢 28 日では、強度は 20℃一定の養生のものに近く、60℃一定の養生よりも増加するという結果となった。これは、材齢 3 日では 60℃高温養生によって水和反応が促進されても完全に水和されず、その後の 20℃養生で、さらに水和反応が進行したこと、または 60℃一定の養生での材齢 28 日から C-S-H の熱変質の影響が作用し始めていることで、強度増加が小さかったことが考えられる。

4. まとめ

高温養生を長期間行うことで強度が低下したが、これは水和物の熱変質による細孔構造の粗大化が生じたことによると考えられる。

圧縮強度における養生条件での検討では、水分供給の違いは高温養生で大きく表れるという結果であった。また、高温から常温の温度履歴を与えると、長期では常温養生のような挙動になる可能性がある。

参考文献

- 1) 地濃茂雄ほか：コンクリートの強度発現性状におよぼす温度履歴条件（20～90℃）の影響，日本建築学会論文報告集，第 337 号，pp.8-14，1984.
- 2) 蔵重勲ほか：高温負荷による普通・低熱ポルトランドセメント硬化体の細孔構造変化とイオン拡散性に及ぼす影響，電力中央研究所報告，研究報告：N07041，2008.
- 3) 杉山央ほか：高温養生を受けたコンクリートの細孔径分布および強度発現に及ぼす骨材の影響 セメント・コンクリート論文集 No.51，1997.