

ろ過処理水及び機能水を用いたモルタルの諸性状

学生氏名 細川 恵理

指導教員 栗原 哲彦

1. はじめに

近年、水の機能の多様化により、コンクリート分野でも水の機能を利用した、ワーカビリティや強度特性の改善が報告されている¹⁾。これらが安定した再現性を得ることができれば、施工現場などにおける作業性の向上やセメント、混和剤量の低減に繋がり、コストを抑えることが可能である。コンクリートは不均質な材料であるため、練混ぜ水の品質が変化すれば、硬化体の内部組織構造も異なると考えられる。本研究では、ろ過処理水及び機能水を用いたモルタルの諸性状、養生水の品質と強度発現性の関係について検討する。

2. 使用材料

モルタルの使用材料として、セメントは普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)、細骨材は相模川水系川砂(密度:2.60g/cm³)を用いた。また、練混ぜ水には水道水として本学構造材料工学研究室の水(W)、ろ過処理水(P)、機能水(F)としてPを用いて1000倍に希釈したF1・2・5・6・10・12、F13～19及び同様に1・10・100倍に希釈したF5・10・13を使用した。この内、良好な結果が得られたF5・10・13について述べる。

3. 実験概要

練混ぜ水の品質調査として、ガラス電極法によるpH測定及びWとPのみイオン分析、表面張力測定を行った。モルタルの配合を表1に示す。本研究では、フロー及び曲げ、圧縮強度試験は全てJIS R 5201「セメントの物理試験方法」に準拠して行った。

また、曲げ、圧縮強度試験には40×40×160mmの角柱供試体を用い、養生水にはW及び練混ぜ水と同じ水の2通りを用いた。なお、本論では材齢3, 7, 28日を初期、早期、長期と見なした。

4. 実験結果

4.1 練混ぜ水の品質調査

表2, 3に練混ぜ水のpH測定結果及び表面張力、イオン分析結果

を示す。本研究に用いた練混ぜ水は、水道法第4条水質基準で定められているpH5.8～8.6の許容値内であった。コンクリートはCa(OH)₂を多量に含むpH12～13の強アルカリ性であるため、WよりもOH⁻濃度の高いPやF5, F10, F13は練混ぜ水に適していると思われる。表面張力の測定結果から、WとPの表面張力は同じであることが確認された。また、イオン分析結果より、WとPのイオン含有量は近似していることがわかった。ろ過処理装置には8層のフィルタが備わっており、不純物を取り除く効果などがある。しかし、イオン分析では水溶液中に溶存していない物質については検出不能であるため、それらを確認することはできなかった。従って、WとPに溶存している物質に関して両練混ぜ水の品質は同じであるといえる。

4.2 フロー、曲げ、圧縮強度試験

フロー試験結果では、P及びF5, F10, F13の各希釈したモルタルの流動性はWと同じであった。従って、施工面上Wと同様に扱うことが可能であることが確認された。図1, 2に水道水養生における曲げ、圧縮強度試験結果を示す。なお、各機能水で最も強度の発現性が高かった希釈倍率のものを代表として図に示した。

key words : 機能水, 早期強度発現, 水和反応

表1 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
	水 W	セメント C	細骨材 S
55	293	532	1398

表2 練混ぜ水のpH測定結果

配合名	W	P	F5	F10	F13
pH	6.6	7.2	7.3	7.6	7.5

表3 イオン分析結果

配合名	表面張力 (dyn/cm)	イオン含有量 (mg/L)							
		陽 (+) イオン				陰 (-) イオン			
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
W	69.6	21.6	3.2	6.2	27.8		20.1	14.2	41.3
P	69.8	21.3	3.1	6.3	28.7	0.1	19.9	14.1	41.5

曲げ、圧縮強度では、共に同様の傾向がみられた。図 2 より、圧縮強度では、P は、材齢 7 日以降の強度の伸び率が最も優れていることから、長期強度の発現の元となるピーライト(C₂S)の水和反応が促進されたと思われる。

F5 は、材齢 3, 7, 28 日強度がそれぞれ W よりも 57, 34, 17% ずつ増加しており、長期強度は材齢 3 日強度の発現性と因果関係があると思われる。また、全体的に強度増加が最も顕著であり、初期、早期強度の発現性に優れ、初期強度を支配するアルミネート相(C₃A)及び早期強度への影響が大きいエーライト(C₃S)の水和反応の進行が速く、水和生成物が多いと考えられる。

F10 は、初期、早期強度は W と同程度であったが、材齢 7 日以降の強度伸び率は W よりも 7% 高く、長期強度に影響を及ぼす C₂S の水和促進効果があったと考えられる。P と同様に、初期の水和促進効果がないことで、材齢 7 日以降の強度の伸び率が安定すると考えられる。

F13 は、材齢 3, 7 日強度がそれぞれ W よりも 35, 28% ずつ増加しており、初期、早期強度の発現性が高かった。しかし、材齢 7 日以降になると強度伸び率が W よりも低くなった。これは、初期に水和が促進されると内部水和物が非常に緻密な層を形成し、その後の水和反応を阻害する²⁾ことで長期強度の発現性が抑制されたと考えられる。モルタルは複数の化合物が互いに影響し合いながら、水和の進行過程と共に水和生成物が粒子間空隙を充填し、密実度を増し強度を発現していく。従って、F13 では材齢 3~7 日までの水和促進効果が過大なため、その後の水和反応を妨げてしまい、強度伸び率が材齢に伴って低下したと考えられる。以上より、F5, F13 は初期、早期強度、P, F10 は長期強度の発現性が高いことが確認された。

水道水、練混ぜ水と同じ水の 2 通りで養生して得られた曲げ、圧縮強度は、水道水養生の方が強度の高いものが多かった。しかし、その強度差は極めて小さく全て誤差範囲内であったため、強度との関連は確認されなかった。養生水は、モルタルやコンクリートの急激な乾燥を防ぐ他、未水和セメントに対する補給水となり、強度の正常な発現に寄与する。しかし、水道水(W)とろ過処理水(P)、機能水(F)では補給水としての作用は同じであると思われる。以上より、便宜性から判断して、水道水養生が適当だと思われる。

5. 結論

ろ過処理水(P)及び機能水(F)は、施工面からみて水道水(W)と同様に扱うことができる。

F5 の 1000 倍希釈及び F13 の 1000 倍希釈では、水道水(W)よりも初期、早期強度の発現性が非常に高い。また、ろ過処理水(P)及び F10 の 100 倍希釈は水道水(W)よりも長期強度の発現性が高い。

養生水の品質の違いによる、強度の発現性への関連は極めて低い。

参考文献

- 1) 黒岩 正信, 滝口 隆弘: 活性水を用いたコンクリート配合試験結果について土木学会第 58 回学術講演会 pp1065-1066, 2004
- 2) 深谷泰文, 露木尚光: セメント・コンクリート材料科学, 技術書院, 2003

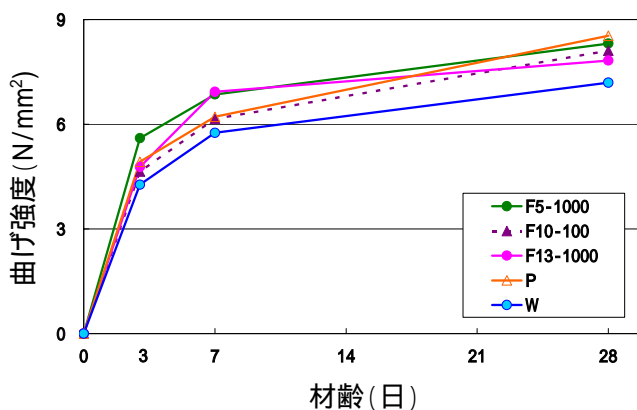


図 1 曲げ強度試験結果

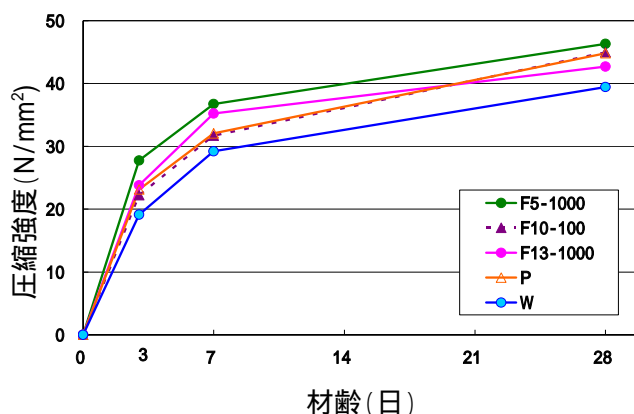


図 2 圧縮強度試験結果