

## 各種練り混ぜ水によるモルタルの材料物性への影響に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○瀧川 みづき  
 大阪市立大学工学部 古仲 巧  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛 久雄  
 株式会社アイゾールテクニカ 正会員 田村 悟士

## 1. 研究背景・目的

コンクリートの構成要素のひとつである水は、コンクリートの性質に重大な影響を及ぼすとされている。しかし、JISA 5308 附属書 C「レディーミクストコンクリート」では、練り混ぜに用いる水は、上水道であれば規定はなく、その他の水についても有害物質の混入量等に規定されている程度である。水の品質については、あまり重要視されていないと言える。

また近年、人為的な処理により再現性のある有用な機能を獲得した水溶液である機能水など、様々な水が開発され、医療や農業の分野で実績を残している。コンクリート分野でも、既往研究の結果から、練り混ぜ水をこれらの水に変えることで、圧縮強度の発現やワーカビリティの改善に影響があることが分かっている<sup>1)</sup>。これらの効果から、コンクリート施工における作業性の向上や単位セメント量、混和剤の削減による低コスト化が期待されている。しかし、定量的な結果は得られていないのが現状である。

そのため本研究では、練り混ぜ水に様々な種類の水を用いて、水の成分元素の違いによるセメントペーストの基本性状を把握することを目的とし、セメントの物理試験の配合を基準に、モルタルのフレッシュ性状および硬化後の性状について比較を行った。

## 2. 研究概要

用いる練り混ぜ水の種類は、表-1 に示す。配合は、JIS セメント規格のセメントの物理試験に準じて行った。配合の詳細は表-2 に示す。なお、養生方法は、気中養生および水中養生の2種類で検討した。

水の成分は、ICP 発光分光分析を行い、水の元素含有量の違いを把握した。モルタルの物性試験の検討項目について、表-3 に示す。なお、打設時のばらつきを考慮し、異なる日に製作した2回分の試験体を用いたが、紙面の都合上、一部結果のみを示す。

## 3. ICP 発光分光分析結果

結果を表-4 に示す。R は唯一 Ca が検出されたが、微量のため、ほぼ純水であるとみなせる。他は含有する成分元素の種類が多いが、W1 は各元素の含有量が少なく、W2 と比べ、Ca, K, Na の含有量が特に少ない。W2 は Ca や Na の含有量が多く、Ag, Al などといった他には含まれていない金属元素が含まれている。D は Si の含有量が非常に多く、Fe が少ない。また、他にはない Li が微量に含まれていた。結果、R と W1, W2 と D がそれぞれ似た傾向となった。

表-1 練り混ぜ水の種類

名称	使用水	W/C (%)	S/C	単位量(%)		
				水 W	セメント C	細骨材 S
R	高純度の水(逆浸透膜・圧縮処理水)	50	3	256	513	1539
W1	京都市の水道水					
W2	大阪市の水道水					
D	和歌山県橋本市の鉱泉水					

表-2 配合

表-3 検討項目		試験方法
フレッシュ性状	モルタルフロー	JIS R 5201
	空気量	JIS A 1128, 無水注水法
	保水係数	NSKS-003
硬化後の性状	自己収縮ひずみ	モールドひずみゲージ
	乾燥収縮ひずみ	JIS A 1129-3
	発熱量	モールドひずみゲージ
	吸水率 ※	JSCE-K 571
	塩化物イオン浸透に関する抵抗性 ※	JSCE-K 571
	弾性係数, 圧縮強度 (材齢28日の弾性係数試験)	JIS A 1149
圧縮・曲げ強度(材齢: 7, 28, 90日)		JIS R 5201

※1 回のみ実施

表-4 元素含有量

	元素含有量 (ppm)													
	Ag	Al	B	Ba	Ca	Fe	K	Li	Mg	Na	Si	Sr	Ti	Zn
R	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W1	0.000	0.000	0.000	0.000	3.955	0.162	0.324	0.000	1.331	2.950	3.725	0.041	0.000	0.000
W2	0.011	0.209	0.022	0.014	14.780	0.135	3.757	0.000	2.400	15.772	2.891	0.066	0.009	0.024
D	0.000	0.000	0.064	0.020	11.600	0.010	1.845	0.087	3.904	18.090	24.780	0.135	0.000	0.000

キーワード 練り混ぜ水, フレッシュ性状, 材料物性, 元素含有量

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本町 3-3-138 T E L 06-6675-2733

表-5 保水試験結果

	保水係数			比率 各水/R
	1回目	2回目	平均	
R	0.305	0.307	0.306	1.000
W1	0.338	0.321	0.330	1.077
W2	0.298	0.317	0.308	1.036
D	0.307	0.313	0.310	1.013

表-6 吸水率・塩化物イオン浸透試験結果

	吸水率 (%)	比率 各水/R	塩化物イオン 浸透深さ (mm)	比率 各水/R
W1	2.18	0.969	11.53	0.920
W2	2.21	0.982	13.11	1.046
D	2.28	1.013	11.49	0.917

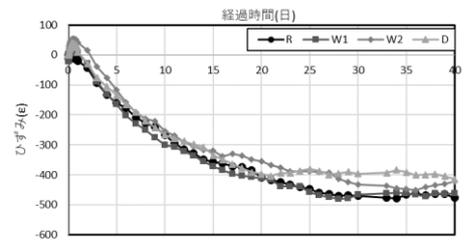


図-1 自己収縮ひずみ試験結果

(a) 28日圧縮強度

	水中養生		気中養生		気中/水中
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	比率 各水/R	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	比率 各水/R	
R	51.39	1.000	37.27	1.000	0.73
W1	56.57	1.101	34.54	0.927	0.61
W2	49.12	0.956	39.35	1.056	0.80
D	55.88	1.087	27.73	0.744	0.50

表-7 弾性係数試験結果

(b) 弾性係数

	水中養生		気中養生		気中/水中
	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	比率 各水/R	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	比率 各水/R	
R	36.37	1.000	31.27	1.000	0.86
W1	36.72	1.010	30.59	0.978	0.83
W2	35.76	0.983	31.11	0.995	0.87
D	36.59	1.006	26.60	0.851	0.73

## 4. モルタル性状試験結果

### 4. 1. フレッシュ性状について

空気量およびフロー値では、練り混ぜ水による差はあまり見られなかった。水和反応開始直後であったため、差異が出にくかったと考えられる。

保水試験の結果を表-5に示す。保水係数は、W1が大きく、Rが小さい傾向にあった。水の分析結果と比較するとFeの含有量との相関性があるように考えられる。同様にFeの多いW2に関しては、ばらつきが大きい、2回目の保水係数が大きかった。

### 4. 2. 硬化後の性状について

自己収縮ひずみの結果(1, 2回目の平均)を図-1に示す。30日前後で収縮が収まり、RとW1のひずみは大きく、W2とDのひずみはやや小さい傾向がみられた。水の分析結果と比較すると、元素含有量が少なければ、自己収縮ひずみが大きくなり、Ca, Naの含有量が多いと小さくなる可能性がある。なお、乾燥収縮ひずみでも同様の傾向がみられた。また、W2に関しては、打設直後の膨張が大きい傾向および発熱の継続時間が長い傾向があった。これは他の水には含まれていないAlとの相関性が考えられる。

吸水率試験および塩化物イオン浸透試験の結果を表-6に示す。吸水率では、W1とW2が小さくなり、Dが大きくなる傾向がみられた。W1は基本的には元素含有量が少ないが、Feに関しては、4種の水の中で最も多く含んでいる。また、W2は4種の水の中でFeの含有量がW1について大きいため、Feの含有量が多ければ、吸水率が小さくなる可能性がある。塩化物イオン浸透では、Dが小さくなる傾向が

みられた。一般に、吸水率が高いと、水溶液が浸透しやすいので、塩化物イオン浸透も大きくなりそうだが、Dではその傾向がみられなかった。水の分析結果と比較すると、SiやLiが塩化物イオン浸透を阻害している可能性が考えられる。

1, 2回目を平均した弾性係数試験結果を表-7に示す。圧縮強度では、養生方法の違いによって異なる傾向がみられた。水中養生では、W1とDが大きいが、気中養生では、W1とDが小さかった。特に、気中養生のDが小さい傾向にあった。弾性係数では、気中養生のDが圧縮強度と同様に小さい傾向にあったが、それ以外で圧縮強度と弾性係数の相関は見られず、水の違いによって差異があるが、水の成分との相関性は見つけることができなかった。

圧縮・曲げ強度試験では、練り混ぜ水の違いにより、結果に差が生じることは分かったが、供試体作成時のばらつきが大きく、傾向を見つけれなかった。

## 5. まとめ

練り混ぜ水を変えることにより、モルタルの材料物性に違いが出るのが分かった。

水の元素含有量の傾向と似た材料物性も見られたが、相関がないものも多く、水の成分だけでは十分な評価をするには至らなかった。今後は、さらなる検討にむけて、水の分子構造にも着目する。

### 参考文献

- 1)松本ら：新規練り混ぜ水によるコンクリートの強度特性，土木学会第59回年次学術講演会，5-241，pp.479-480，2004
- 2)森村ら：イオン化Ca混入による強化モルタル及びコンクリートに関する研究，近畿大学工学部研究報告，No.38，pp.71-76，2004