

V-477

真空曝露モルタルの物性に及ぼすセメントおよび混和材料の影響

清水建設（株） 正 金森 洋史
 東京電機大学 小林 亮介
 東京電機大学 笹谷 真道

1. はじめに

月基地建設へのコンクリート（月コンクリート）の利用に関する研究の一つとして、筆者らは従来より単一配合のモルタル供試体を使用し、その物性に及ぼす真空の影響に関する実験を行ってきた。その結果、真空に曝露されたモルタルは極度の乾燥収縮を発生すること、ならびにその圧縮強度は必ずしも水中養生のものと比較して劣らないことなどを明らかとした。この研究ではさらに、種々のセメントおよび混和材料を使って作製した供試体についても同様の実験を行った。本報告ではその結果を述べる。

2. 実験

セメントには普通ポルトランド、高炉B種およびアルミナの3種類を、また混和材料には流動化剤、収縮低減剤および膨張材の3種類を使用した。これらの材料の組み合わせを表-1に示す。供試体はいずれもW/C=65%とし、JIS R 5201に準じて作製した。ただし、フロー値が 240 ± 10 mmとなるように、使用材料に応じて単位水量を調整した。

いずれの供試体も材令1日で脱型し、水中で14日間養生した。その後所定の材令（21, 42, 70日）まで、図-1に示すような真空曝露装置を使用して真空環境に曝露した。水中養生ならびに真空曝露は、促進型の実験とするためにいずれも45℃で行った。

モルタルの物性として曝露前後の質量および圧縮強度、ならびに曝露中のひずみ（ペーパーストレインゲージによる）などを測定した。比較のために、真空曝露供試体と同期間45℃の水中で養生した供試体についても同様の測定を行った。

3. 結果および考察

3.1 質量の変化性状

図-2に供試体質量の変化性状を示す。質量の変化には、セメントおよび混和材料による明確な違いは見られず、いずれもほぼ同様の傾向を示した。真空に曝露した供試体の脱型時に対する質量の減少率は、曝露開始後28日ではほぼ一定の10%となった。初期の供試体に含まれていた水は、供試体質量の約18%であるから、混入した水の半分以上が真空曝露によって失われたと推定される。一方、残存した水とセメントの質量比は約30%となることから、曝露後の供試体には結合水のほかに吸着水や層間水も含まれていたと推定される。

3.2 ひずみの変化性状

図-3および図-4にひずみの変化性状を示す。いずれの供試体も真空に曝露した直後の5日間程度で急激な収縮を示した。セメントの種類に関しては、アル

表-1 セメントおよび混和材料の組合せ

セメント			混和材料			
Co	Cb	Ca	Fl	Sr	Ex	なし
○			○			
○				○		
○					○	
	○					○
		○				○

Co: 普通ポルトランド, Cb: 高炉B種, Ca: アルミナ
 Fl: 流動化剤, Sr: 収縮低減剤, Ex: 膨張材

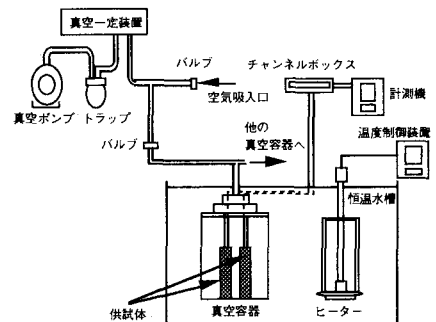


図-1 真空曝露装置

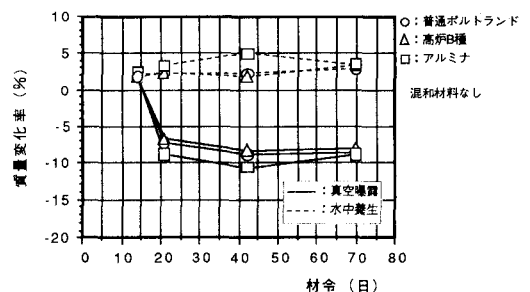


図-2 質量の経時変化

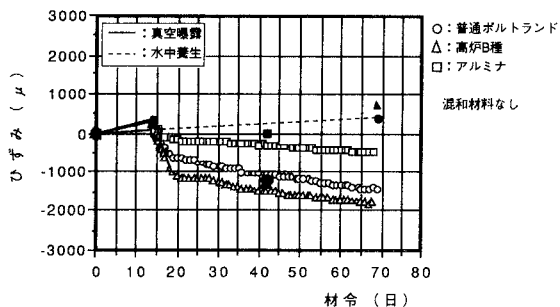


図-3 ひずみの経時変化 (1)

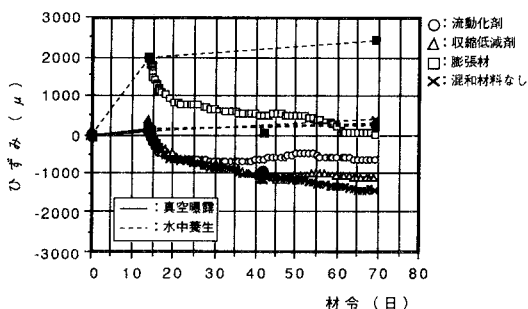


図-4 ひずみの経時変化 (2)

ミナを使用した供試体の収縮量がもっとも少なくなった。収縮には多くの因子が影響するが、アルミナセメントがもっとも多くの水を水和反応に消費したこともこの結果の一因と考えられる。混和材料に関しては、いずれも収縮の低減効果が見られた。膨張材を使用した場合、初期の膨張により最終的なひずみが供試体の作製時とほぼ同じになったが、曝露による収縮量は約 $2,000 \mu$ と大きくなった。流動化剤による単位水量の低減効果はそのまま収縮量の低減に反映したが、収縮低減剤の効果は比較的小さいことが明らかとなった。これは、収縮低減剤が主として毛細管水の表面張力低減効果をもたらすことに対し、曝露による蒸発水のほとんどが吸着水や層間水であったためと考えられる。

3.3 圧縮強度の変化性状

図-5 および図-6 に圧縮強度の変化を示す。いずれの場合も水中養生を継続した供試体よりも真空中に曝露した供試体のほうが大きな強度を示した。吸着水や層間水が蒸発することによってセメントゲル粒子同士の結合が強くなったために、このような強度の増加が生じたものと考えられる²⁾。特にアルミナセメントを使用した場合、初期養生におけるセメントの転移によって低下した強度が真空曝露によって大きく回復するという特徴的な傾向を示した。混和材料の影響に関しては、膨張材を使用したもの以外はいずれも同様に真空曝露によって強度が増加する傾向を示した。膨張材を使用した供試体は、ひずみの変化傾向からも明らかに曝露開始後のひずみ変化が大きかったことから、乾燥による強度の増加作用と、収縮に伴う内部欠陥の発生による強度の低下作用とが相殺したと考えられる。

図-5 および図-6 に圧縮強度の変化を示す。いずれの場合も水中養生を継続した供試体よりも真空中に曝露した供試体のほうが大きな強度を示した。吸着水や層間水が蒸発することによってセメントゲル粒子同士の結合が強くなったために、このような強度の増加が生じたものと考えられる²⁾。特にアルミナセメントを使用した場合、初期養生におけるセメントの転移によって低下した強度が真空曝露によって大きく回復するという特徴的な傾向を示した。混和材料の影響に関しては、膨張材を使用したもの以外はいずれも同様に真空曝露によって強度が増加する傾向を示した。膨張材を使用した供試体は、ひずみの変化傾向からも明らかに曝露開始後のひずみ変化が大きかったことから、乾燥による強度の増加作用と、収縮に伴う内部欠陥の発生による強度の低下作用とが相殺したと考えられる。

4. 結 論

真空中に曝露したモルタル供試体のひずみや強度変化性状は、使用した材料によって大きく異なることが実験から明らかとなった。特にアルミナセメントは、真空曝露による収縮量が小さく、また最終的な強度もある程度確保できそうなことから、月で使用される有力な材料の一つと考えられる。今後は、これらの実験結果に関する微視的観点からの検討を行う予定である。

参考文献：1) 金森・松本・石川，真空環境におけるコンクリートの利用，清水建設研究報告，Vol. 53，pp 1 - 10，1991.4
2) 大岸，コンクリートの組織構造と力学的性質，コンクリート工学，Vol. 19，No. 11，1981

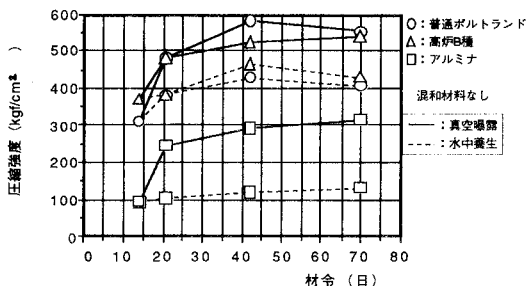


図-5 圧縮強度の経時変化 (1)

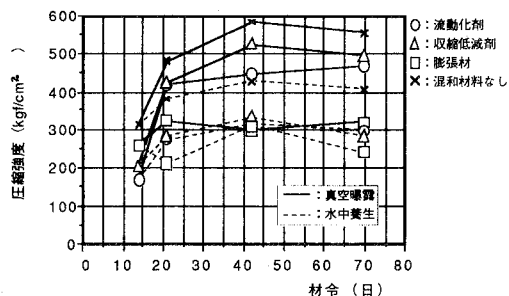


図-6 圧縮強度の経時変化 (2)