

高真空環境下におけるモルタルの物性変化に関する研究

Study on the Physical Properties of Mortar Specimen under High - Vacuum Environment

北海道大学大学院工学研究科 ○学生会員 迫井 裕樹 (Yuki Sakoi)
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 堀口 敬 (Takashi Horiguchi)
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 志村 和紀 (Kazunori Shimura)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐伯 昇 (Noboru Saeki)

1. はじめに

将来の宇宙開発において、期待される建設材料の一つにセメント系材料が挙げられる。宇宙環境下における種々の条件に対し、コンクリートが適していること及び宇宙においてコンクリート材料を入手できる可能性が高いこと等がその理由として挙げられる。

真空環境下におけるコンクリートの適用性に関する研究は、1980年代に始まっているが、セメント製造に関した反応論的研究やコンクリートを適用した構造物の設計論等が主であり、コンクリートの適用において最も基本となる強度、ひずみ等物性に関する研究はあまり見られない。数少ない真空環境におけるコンクリートの物性に関する研究¹⁾においては、真空装置の真空度は低く、また曝露後大気に戻して各種測定を行っており、高真空環境下での挙動及び実際の真空中における挙動に関する研究は見当たらない。

そこで本研究では、高真空環境下におけるセメント系材料の物性変化の傾向を明らかにすることを目的とし、真空中におけるひずみ測定を行い、真空雰囲気中での強度試験と所定試験材齢で大気下に戻して行った強度試験結果を比較・検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体及び試験材料

真空環境は特異な乾燥環境と考えられる。本研究においては、乾燥の影響を受けるセメントマトリックスの容積を多くし、かつ、粗骨材の品質変動の影響を除くため、モルタル供試体を用いることとした。供試体の配合・サイズに関しては、“JIS R 5201 セメントの物理試験方法”に準じて、W/C=50%, S/C=3:1, 40×40×160mmとし、各条件につき、3本作製した。

使用セメントに関しては、高真空環境（宇宙）の特徴より、早期の強度発現が求められるため、早強ポルトランドセメントを用いることとした。細骨材に関しては比較的品質の安定した標準砂を用いることとした。

2.2 養生・暴露条件

本研究における養生・暴露条件を図1に示す。

真空雰囲気中での試験結果と真空暴露後大気下における試験結果を比較するため、暴露開始材齢が異なり、暴露期間は同一のものを設定した。なお既往の研究¹⁾より、真空暴露により表面水及び自由水は暴露後直ちに蒸発することが明らかとなっており、また表面水及び自由

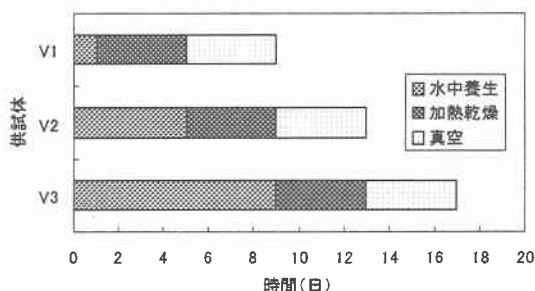


図1 養生条件

水が多数存在すると真空にするのに膨大な時間がかかるため、本研究では、水中養生後、自由水を蒸発させる目的で加熱乾燥 (105℃, 4日間) を行っている。

2.3 測定項目

1) 強度変化

所定の試験材齢に達した後、供試体の曲げ強度を測定した。強度測定は、装置に取り付けられている油圧ジャッキを用いて行った。Vi は真空雰囲気中で行い、Vo については、曝露後大気を導入し、同一の油圧ジャッキを用いて強度試験を行った。

2) ひずみ

本研究においては、埋め込み型ゲージを用いて、真空暴露中におけるひずみの経時変化を測定した。ゲージは供試体作成時に供試体中央に埋設した。

3) H₂O 分圧

真空チャンバーに付設した装置内分圧測定端子を用いて、曝露期間中における H₂O 分圧の測定を行った。

3. 結果及び考察

3.1 強度

図2に真空雰囲気中及び暴露後の大気下における曲げ強度について示す。

これより真空内での曲げ強度は、真空暴露後大気下に戻して測定した曲げ強度と比較して、真空暴露開始時期に係わらず、20%程度低くなることが明らかとなった。

Vi に関して、曝露前の養生機関に応じて、強度が増進している事実から、真空暴露前に適切な養生期間を設けることにより、真空雰囲気中でコンクリートを用いる事が可能と思われる。

3.2 ひずみ

ひずみと曝露経過時間の関係を図3に、またひずみと真空度の関係を図4に示す。ひずみは真空曝露開始を基準とし、負号は収縮を表す。ひずみ量に関しては、真空曝露前に加熱乾燥を行っており、その際のひずみ量が異なることから、一概に比較することはできないが、高真空環境における挙動の傾向を把握することは可能である。

図3より、真空曝露した供試体は、曝露開始後急激に収縮し、その後時間の経過とともに収縮ひずみが増大することが明らかとなった。

また、図4より、高真空環境におけるひずみは、水中養生期間によらずほぼ同様の傾向を示している。つまり、低真空度 ($10^{-1} \sim 10^{-2}$ torr) 域においては、ほとんど収縮が生じていないが、 10^{-3} torr 以上で急激にひずみが増大することが明らかとなった。

後述する分圧測定結果より、高真空環境において、供試体より層間水、吸着水等の逸散が考えられ、これが収縮ひずみの増大につながったものと思われる。

3.3 チャンバー内分圧

真空曝露期間中 (5 日間) のチャンパー内 H_2O 分圧の変化について、その一例を図5に示す。図中の分圧は、供試体を入れた状態の分圧から供試体を入れていない状態の分圧を差し引いてあり、供試体からの水蒸気の逸散を示している。本実験においては、真空曝露前に加熱乾燥を行っていることから、曝露時点で供試体中の自由水はほぼ逸散していると考えられる。したがって、高真空環境においては、一般乾燥環境において、脱水し得ない層間水、吸着水等の逸散が生じるとと思われる。

また、上記の真空雰囲気中の曲げ試験により供試体の内部が真空中に曝された際、蒸気分圧が増加する (図中の○印) ことから、真空曝露により逸散する水分は、5 日間程度の真空曝露では、供試体内部までは達しておらず、比較的供試体表面近傍に限定されられると思われる。

4. まとめ

本研究の結果を以下に示す。

- 1) 真空環境下におけるモルタルの曲げ強度は、大気下における強度と比較して、20%程度低くなる。
- 2) 高真空領域において、急激な収縮ひずみが生じる。
- 3) 真空曝露により、自由水のみならず、層間水、吸着水等の水分の逸散も生じるものと予想される。
- 4) 真空曝露により逸散する水分は、5 日間程度の真空曝露では、比較的表面に限定されられると考えられる。

本研究では、真空雰囲気中と真空曝露後大気下における強度の比較及び高真空域でのモルタルの挙動の傾向把握に主眼をおいて実験を行った。今後真空曝露による含水状態の変化等詳細な検討をすると共に、高真空環境における長期的な影響を検討することが必要となる。

参考文献

- 1) 金森洋史, 松本信二: 真空曝露および種々の乾燥作用を受けたモルタルの物性変化, 土木学会論文集, No.478 / V-21, pp.81-90, 1993.11

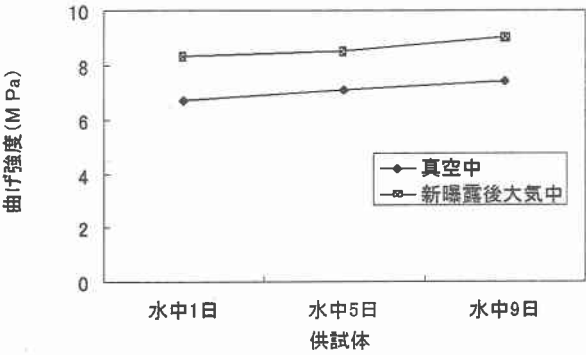


図2 曲げ強度

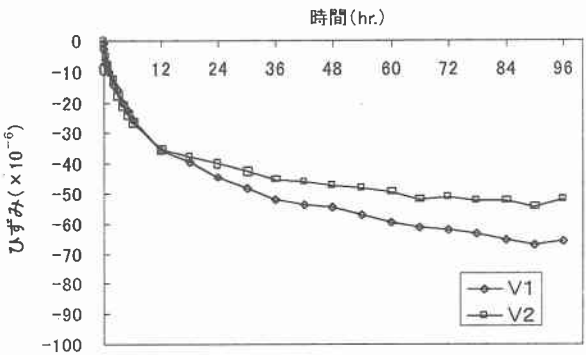


図3 ひずみ-時間曲線

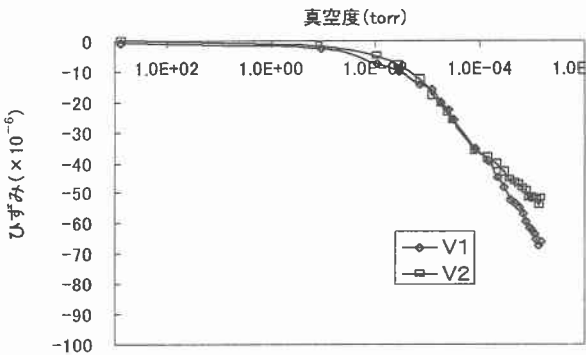


図4 ひずみ-真空度曲線

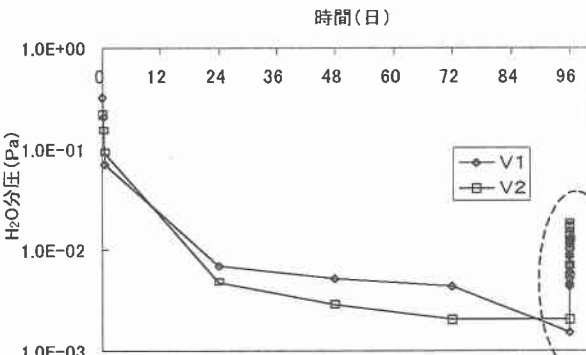


図5 H_2O 分圧の変化