

温泉水に部分浸漬したコンクリートの耐久性に関する実験的検討

鹿児島大学大学院	学生員○佐村 有人
鹿児島大学工学部	非会員 木村 和光
鹿児島大学工学部	正会員 山口 明伸
アジア工科大学院	正会員 武若 耕司

1.はじめに

全国各地域の温泉地帯においては、温泉水や温泉ガスに含まれている有害成分や温泉の熱などによりコンクリートが侵食を受け、その耐久性が以前から問題となっている。そこで本研究では、温泉環境で最も劣化の厳しいと思われる気中と水中との境界部分での浸漬実験を行なった。また、南九州に多量に存在し未だ利用価値の少ないしらすを、細骨材または混和材として使用した供試体を用いて耐久性評価を行なった。ここでは、その、暴露1年目の結果を報告する。

2.実験の概要

2.1 供試体

今回調査を行った供試体は、4種類の円柱コンクリート供試体である。使用したセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は豊浦産川砂、および、垂水産しらす、粗骨材に始良産碎石を使用した。混和材としては、フライアッシュ（比表面積約 5000cm²/g）、しらす微粉（比表面積約 5000cm²/g）を用いた。なお、混和材については2種類ともセメント置換率 15%として使用した。表-1 にコンクリートの配合を示す。また、表-2 には混和材として使用したしらすの概要を示す。さらに、表面被覆材の効果について検討を行うために、エポキシ樹脂被覆材をコンクリート表面に厚さ 600μm で塗装した供試体も作製した。

2.2 暴露条件

暴露実験は霧島温泉地帯に位置するホテル内で実施している。今回の調査対象とした暴露環境は、常時高温の温泉水が直接接する硫黄泉浴槽中である。表-3 に温泉の概要を示す。ここにおいて以下のような2条件を設定した。供試体全面を浸漬する方法（全浸漬）と、供試体半面を浸漬し水中暴露と気中暴露の境界部における劣化現象を検討する方法（半浸漬）である。

2.3 測定項目

所定の期間が経過した供試体について、外観観察、重量測定、侵食深さ、圧縮強度の測定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 外観観察

暴露された供試体は、両暴露条件ともに初期段階から供試体の表面に茶褐色の変色が認められた。また、暴露12ヶ月までは表面のモルタル部分が消失し、粗骨材の露出が認められた。特に、全浸漬暴露を行った供試体は、表面が均一に劣化する程度であったが、半浸漬暴露を行った供試体は、水流の流れが速いため水面の高さが一定ではなく、実験当初考えていたくびれの様な極端な凹凸は見られなかったが、全浸漬と比べると全体的に激しい劣化が確認された。また、エポキシ樹脂塗装を行った供試体の劣化状況に関しては、現状ではいずれの環境とも塗膜のひび割れや膨れなどは確認されていない。

表-1 コンクリートの配合

供試体の種類	記号	W/C	単位量(kg/m ³)				混和材量 (kg/m ³)
			C	W	S	G	
普通 P.C.+川砂	OR	50	394	197	848	883	
普通 P.C.+川砂 +フライアッシュ	ORF		335	197	848	883	59
普通 P.C.+川砂 +しらす微粉	ORS		335	197	848	883	59
普通 P.C.+しらす +しらす微粉	OSS		335	197	680	708	59

表-2 しらすの概要

しらすの種類	火山ガラス	結晶質
しらすA	98.74%	1.26%

表-3 温泉の概要

温泉の種類	泉温 (°C)	pH	硫酸イオン濃度 (ppm)
硫黄泉	45~55	3.0	300

3.2 重量減少率

図-1に、各供試体の重量変化の状況を示す。この結果から、両暴露条件とも12ヶ月で約10%の重量減少を示し温泉水の侵食の激しさがうかがわれる。浸漬条件の違いによる比較を行うと、まず、暴露6ヶ月・12ヶ月ともに半浸漬暴露した供試体の方が重量減少が大きいことが確認された。また、使用セメントの違いによる比較では、OSS（普通P.C.にしろす細骨材としろす微粉を用いたもの）が、12ヶ月目までのところ他の供試体と比べて幾分小さい値を示した。これは、しろす細骨材が川砂と比べ平均粒径が小さいため組織自体が密であり温泉水の浸入を防いでいるものと思われる。その他の供試体においては、ほぼ同様の重量減少傾向を示し、混和材にフライアッシュ、しろす微粉を使用した供試体のポゾラン性による向上効果は確認されなかった。エポキシ樹脂塗装供試体については暴露環境にかかわらずこれまでのところ大きな重量変化は認められなかった。

3.3 侵食深さ

図-3には、侵食深さの測定結果を示した。なお、ここでの侵食深さは、重量減少量から換算した消失深さに中性化深さを加えたものと定義したものである。浸漬条件の違いによる比較を行うと、侵食深さも、重量減少率と同様に半浸漬暴露のほうが大きい結果となった。しかし、中性化深さは、2条件とも同様な値を示した。使用セメントの違いによる比較では、OSSを使用した供試体が最もよい結果となった。微小ではあるが中性化深さにおいてもその他と比べて最も小さい値となった。

3.4 圧縮強度

図-3に圧縮強度の測定結果を示した。なお、エポキシ樹脂塗装供試体においては、エポキシ自体の強度がコンクリートの圧縮強度に影響を及ぼさないようにするため表面樹脂被覆を削り落とした後に強度試験を行った。この結果より、エポキシ樹脂塗装を行った供試体と比べて、そのまま浸漬させた供試体の強度は、いずれも明らかに大きく、このことは、これまでのところ温泉水が強度低下に直接的には影響していないことを示している。特に、温泉に暴露する事で高温養生の影響もあってか、6ヶ月強度までの伸びは顕著となっている。しかし、6ヶ月から12ヶ月までの強度は、殆どの供試体において低下が見られ、温泉水の侵食による影響が表れ始めている。暴露条件の違いにおいては、半浸漬暴露の強度低下が全浸漬に比べ小さく、また、平均的に圧縮強度の値が大きく、重量減少率や侵食深さでの結果と反する結果となった。ここで、重量減少率、侵食深さにおいて最も良い結果であったOSSを使用した供試体の強度が、その他の供試体と比べて低い値を示した。これは、しろす細骨材の強度が主に影響していると思われる。

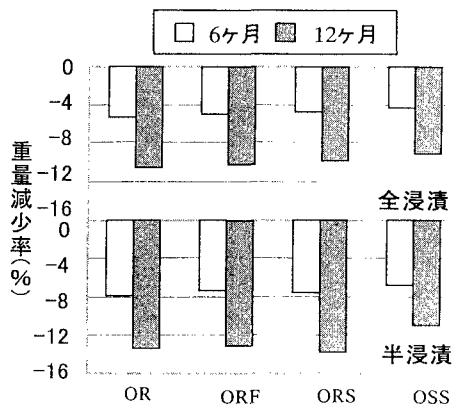


図-1 重量減少率

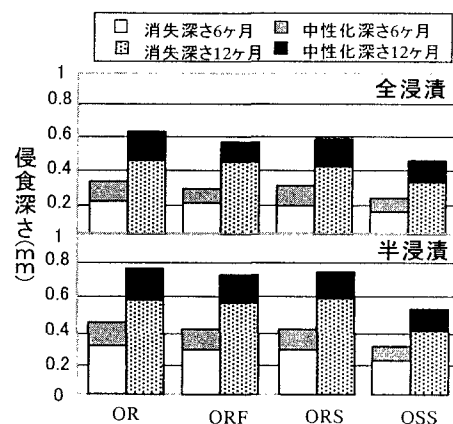


図-2 侵食深さ

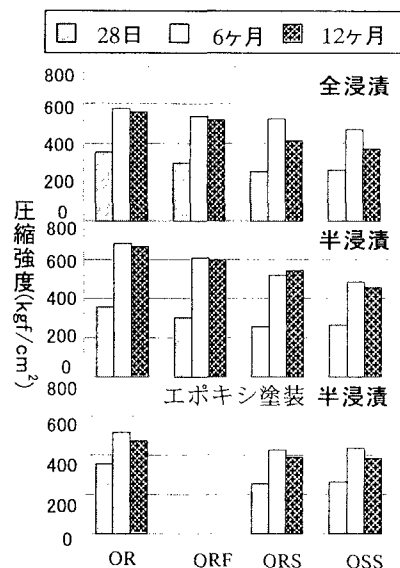


図-3 圧縮強度