

温泉コンクリートの耐久性向上におけるしらすの効果

鹿児島大学工学部 学生会員 ○吉盛 要
 鹿児島大学工学部 正会員 武若耕司
 大日本塗料株式会社 正会員 里 隆幸
 鹿児島大学大学院 学生会員 丸田満弘

1. まえがき

わが国は、世界有数の火山国であり、全国各地に温泉が分布している。温泉水には、種々の塩類が含まれ、pH 3 程度の酸性となっている場合が多く、その温度は通常、使用時でも 40℃程度、源泉では 70℃以上になることもある。また温泉地帯では、ガス化によって硫黄をはじめとする種々のイオンが大気中に浮遊した状態にある。これらのことから、温泉地帯に建設されているコンクリート構造物は、耐久性上極めて苛酷な環境にあるといえる。そこで、本研究では、温泉地帯のコンクリート構造物の耐久性向上技術を確認させるために、暴露実験を実施している。ここでは、特に温泉コンクリートの耐久性改善に対して、天然ポゾランの一種で南九州に広く分布する「しらす」の利用を考え、これについてモルタルバー供試体を用いた実験によって検討した結果を報告する。

2. 実験供試体および実験方法

実験には、モルタルバー（40×40×160mm）を用い、表1に示す要因と水準を適宜組み合わせた計14種類の供試体を作製し、これらを表2に示す5つの温泉環境に暴露した。なお、本研究においては、温泉コンクリートの耐久性改善に対するしらすの有効利用に関して、しらすを細骨材として用いる場合およ

表1. 要因と水準

セメント	混和材	混和材量(%)	粉末度(cm^2/g)	細骨材	W/C
	しらすA	15	5000	地山しらす	65
	しらすC	30	7000		

表2. 暴露環境

	温度(℃)	pH	SO_4^{2-}	Cl	備考
硫黄泉源泉槽中	55~60	3.04	183.2	30.6	槽中に堆積した湯の華中
硫黄泉浴槽中	40~45	3.04	183.2	30.6	源泉水を水でうすめたもの
浴室上部	10~35				温泉ガスの影響のみ
浴室下部	25~35				温泉利用者周辺、蒸気中
屋外	-5~30				大浴場の屋外

表3. 混和材用しらす

しらすの種類	火山ガラス	結晶質
しらすA	98.74%	1.26%
しらすC	85.69%	14.31%

び、混和材として用いる場合について検討を行うことにした。細骨材としての利用については、垂水産の地山のしらす（比重 1.73、吸水率 14.94%）を 5mm 以下にふるい分けたものを用いた。また、混和材に用いたしらすは表3に示すように、鉱物組成の異なる2種類であり、いずれも振動ミル粉砕機によって目標ブレン値 5000 および 7000 cm^2/g に粉砕したものである。暴露実験では、供試体どうしの張り付きを防止するため、各モルタルバーをネットでくみ、浸漬用のカゴに並べて暴露し、同一環境の供試体が全て同じ条件となるように、一定期間ごとにカゴの中でローテーションを行なった。暴露中は定期的に供試体の重量測定を行なうとともに、4カ月ごとに供試体を回収して、曲げ・圧縮強度試験、侵食深さの測定等を行ない、劣化状況の検討を行った。ここでは、暴露12カ月間の結果について報告する。

3. 実験結果

ここでは、まず、今回の実験に用いた供試体の代表的なものとして、セメントとして普通 p.c.、細骨材として川砂を使用した供試体および、普通 p.c. の 15%あるいは 30%をしらす A 種の微粉末（粉末度 7000 cm^2/g ）で置換した混合セメントに、細骨材として地山しらすを使用した供試体を取りあげ、しらすの効果について検討を行う。図1には、温泉水に浸漬した供試体の重量減少率の経時変化を、図2には暴露場所別の暴露12カ月後の侵食深さ（消失深さ+中性化深さ）をそれぞれ示す。これらの結果および供試体の外

観観察から、今回の暴露環境で最も厳しい環境は硫黄泉浴槽中であつた。硫黄泉源泉槽中は、暴露当初、最も厳しい環境であると考えていたが、暴露供試体の表面が黒変し、これがかえって劣化に対する

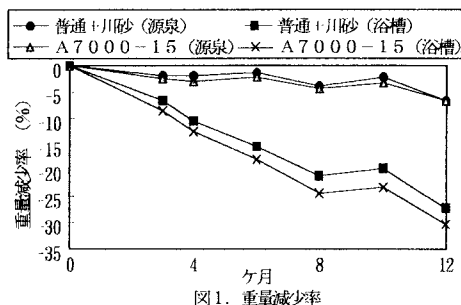


図1. 重量減少率

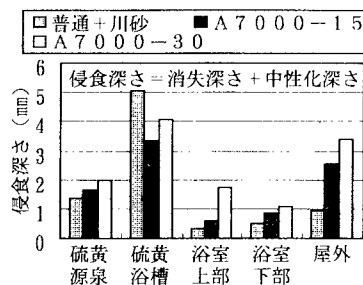


図2. 重量減少率および侵食深さ (暴露場所別)

る抵抗層となり、劣化は少なかった。なお、硫黄泉源泉槽および浴槽中の種々のコンクリートの劣化に対するしらすの効果については、源泉槽ではそれほど差はみられないが、浴槽中においては、特に中性化の進行が、しらすを使用することによって抑制されることが確認された(図—3参照)。これに対して、浴室上部、浴室下部、屋外に暴露した供試体については、外観観察上、いずれの供試体においても劣化はみられなかったが、浴槽中の場合とは異なり、しらすを用いた供試体の方が中性化深さが大きくなる傾向がみられた。

図4および図5には、上記3種類の他にしらすを細骨材としてのみ使用した場合の供試体を加え、硫

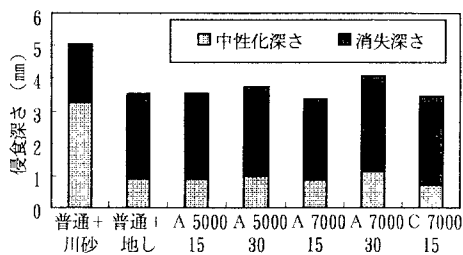


図3. 侵食深さ (硫黄泉浴槽中)

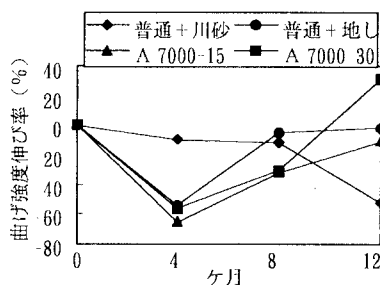


図4. 曲げ強度伸び率

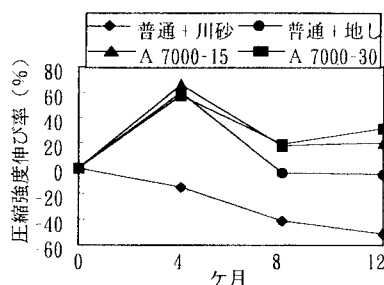


図5. 圧縮強度伸び率

黄泉浴槽中での12カ月間の暴露中の曲げおよび圧縮強度の経時変化を暴露前からの変化率で示した。このうち曲げ強度に関しては、細骨材に川砂を用いた供試体の強度は経時的に減少しているが、しらすを細骨材あるいは混和材として用いたものでは、いずれも暴露4カ月の時点で強度低下が認められたが、その後、明確な強度の

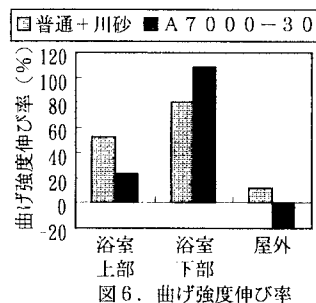


図6. 曲げ強度伸び率

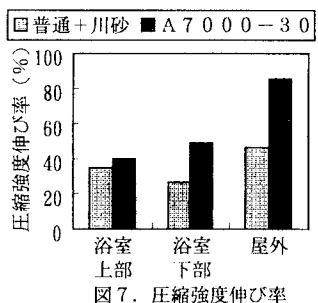


図7. 圧縮強度伸び率

回復がみられた。一方、圧縮強度については、細骨材に川砂を用いた供試体は、曲げ強度同様、経時的に強度低下しているが、しらすを用いたものでは、暴露12カ月まで顕著な強度低下は認められなかった。また、図6および図7には、気中3環境での暴露12カ月後の曲げおよび圧縮強度の伸び率を示した。曲げ強度については、屋外暴露環境において、しらすを用いた供試体で全般的に強度の低下傾向が確認された。これの原因については、初期強度の不十分さと乾燥にともなうひび割れの発生が予想される。これに対して圧縮強度については、いずれの環境においても、しらすを用いた供試体が川砂を用いたものより、大きな強度の伸びを示した。