

コンクリートの温泉による浸食

大分工業高等専門学校 正員 丸山 巖 正員〇一宮 一夫
九州にユーム株式会社 藍澤 隆義
大分工業高等専門学校 泰 敏和

1. まえがき 我が国は温泉が各地に分布しており、温泉の酸および熱によりコンクリート構造物がその影響を受け浸食されている。その他、工場地帯においても硫酸、硫酸塩等により下水管きよが損傷を受けている。これらのことから、コンクリートの耐酸性について、研究者により温泉地²⁾³⁾または実験室⁴⁾⁵⁾において、特徴ある実験が試みられ、各種要因による浸食作用および浸食結果が報告されている。

本実験は、温泉土壌および温泉水を含む廃水を流す下水管きよの耐酸性向上を主たる目的とし、耐酸性用として新しく開発されたセメントを用いたコンクリートおよびモルタルについて、耐酸性の検討を行ったものである。なお、現在も実験を継続中であるが、材料1年の結果が得られたのでその概要を報告する。

2. 実験概要 現場実験として、ヒューム管供試体(図1)を別府明礬地区の噴気ガスを含む土壌中(図2)および暴露ならびに温泉水に浸漬した。室内実験として、同供試体を硫酸溶液中(0.5、5%)に浸漬し、それぞれ浸食状況の観察および重量減少率を調べた。加えて、モルタル供試体(4×4×16 cm)による浸食実験も実施し、浸食状況および強度を調べた。

表1 コンクリート配合

セメントの種類	Gmax (mm)	S1 (cm)	air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				σ ₃₀ (kg/cm ²)
						W	C	S	G	
普通	13	10	2.0	45	46	196	437	760	907	435
耐硫酸塩	13	10	2.0	45	46	196	437	760	907	513
ハイレジ	13	10	2.0	44	51	176	1212	C=400	824	423

3. 使用材料 セメントは普通ポルトランドセメント(NP)、耐硫酸塩セメント(SR)、耐酸セメント(ハイレジプレミックス、HR)、細骨材は、モルタル供試体用として標準砂を、ヒューム管供試体用として四国産海砂(比重2.57、F.M.2.59)、粗骨材は大分県北産砕石(比重2.60、F.M.6.09)を用いた。ヒューム管の配合は表1による。

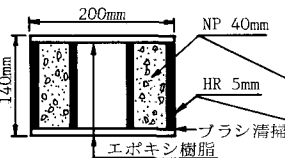


図1 ヒューム管供試体

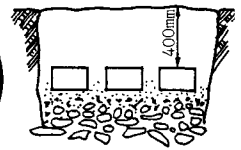


図2 土壌埋設

4. 供試体の製作 実験用ヒューム管供試体は九州にユーム(株)宇佐工場にて、実験用遠心力成型機を使用した。遠心力は、5G、15G、30Gの三段階で各5分、15分、30分を二層打ちで行った。NPにHRをライニングした供試体(HRR)は図1の様に成型した後ワイヤーブラシで清掃し、2日後ほぼ表面が乾燥したのを確認のうえエポキシ樹脂(ショーボンド#202)を塗布した。養生は全て標準養生で、4週間行った。

5. 実験環境 現場では図2の様にヒューム管供試体を埋設した。地中温度は90~100℃、pHは2.2~2.4であった。土壌分析結果は表2の通りである。室内実験は、室温一定のもと、比重計で濃度を測定しながら10日に一

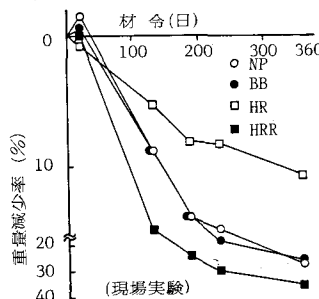


図3 セメント別、土壌浸食重量減少率

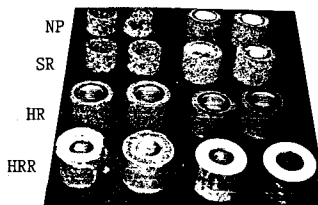


図5 硫酸溶液浸漬結果(79日)

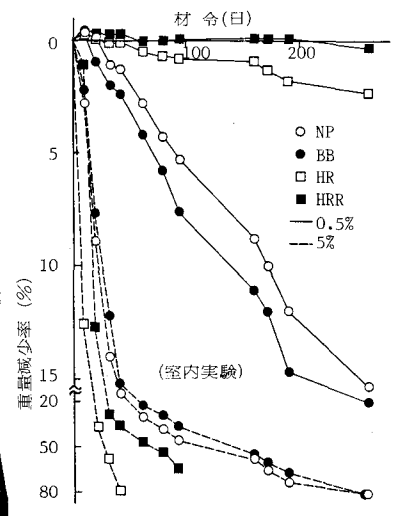


図4 セメント別、濃度別重量減少率

度硫酸溶液の入れ替えを行った。

6. 実験結果 図3は、現場の土壌にヒューム管供試体を埋設した時の重量減少率である。これによるとHRは他のセメントよりも、30%程度の重量減少を示した。図4は同供試体を室内で硫酸溶液に浸漬した場合である。図3と明らかに異っているのは、濃度0.5%でHRRは1年経過後でも重量の減少はほとんどなく、HRも1年後で2%程度の減少率にとどまっている。一方、NPとBBは、およそ20%の減少率でほぼ同一の減少傾向を示し、土壌埋設の減少率と良く似ている。濃度が5%になると、どの供試体も60日以内に重量は激減している。

土壌埋設と室内実験とを単純に比較することはできないが、0.5%に浸漬したHRRが耐酸性が高いのに対し、土壌埋設では、高温により両端のエポキシ樹脂が剥離したため、NPが浸食される結果となった。従って、重量減少率が大きくなったものと思われる。

次にNP、BB、SR、HRの4種のセメントによるモルタル供試体を作成し、硫酸溶液浸漬後の圧縮および曲げ強度を調べた。図6には標準養生における圧縮および曲げ強度を示しているが、HRは、他のセメントと比較して圧縮強度発現は大きい、曲げ強度は28日を境にして浸漬材令が増加するにつれて低下し、70日では7日強度より23%減少した。硫酸溶液浸漬後の圧縮強度(図7参照)は、0.5%で標準養生の場合とほとんど変化なく、全般的にHRの強度は大きい。一方、曲げ強度(図8参照)は、NP、BB、SRの3種のセメントで硫酸の濃度別影響は見られず、実験の範囲では、むしろ濃度が高いほど、強度が増大した。これらの中で、HRだけは濃度の増加に伴い減少している。その他、温泉(冷水)に供試体を浸漬してみたが、土壌埋設ほど浸食されなかった。

7. おわりに 以上の結果を要約すると、従来とは異った耐酸セメントを用いた結果、耐久性が他のものより顕著であることがわかった。未筆ながら、本実験を実施するにあたり大分県工業試験場高橋機料長・九州ヒューム(株)宇佐工場技術部の皆様御援助を得ました。ここに謝意を表します。

参考文献 1) 高橋機料長・九州ヒューム(株)宇佐工場技術部 2) 高橋機料長・九州ヒューム(株)宇佐工場技術部 3) 高橋機料長・九州ヒューム(株)宇佐工場技術部 4) 高橋機料長・九州ヒューム(株)宇佐工場技術部

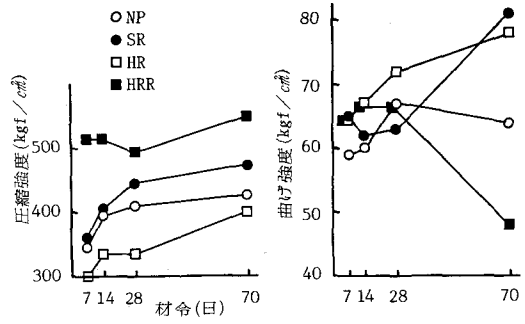


図6 標準養生におけるセメント別圧縮、曲げ強度

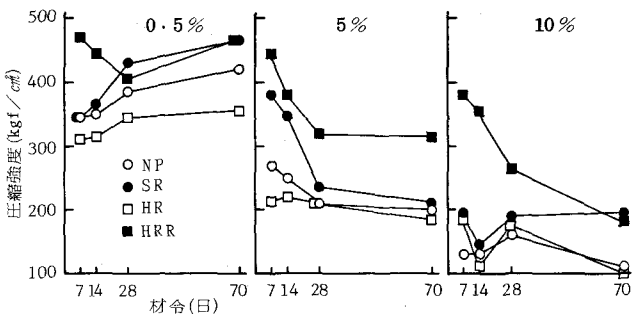


図7 セメント別、濃度別圧縮強度

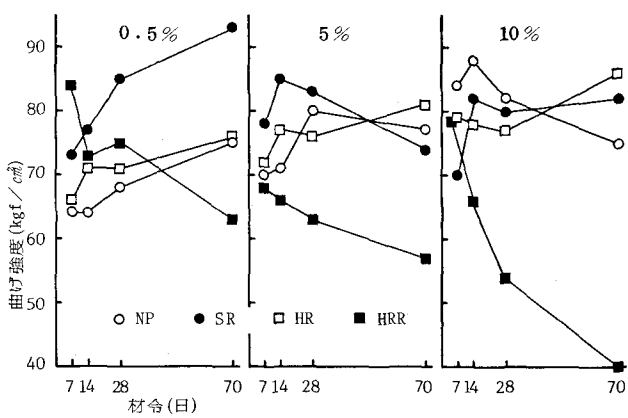


図8 セメント別、濃度別曲げ強度

表2 土壌分析結果

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Total S
71.8	0.46	4.51	1.26	0.09	3.07	9.54

表3 温泉(冷水)分析結果

pH	電気伝導率(μS/cm)	全蒸発残留物(mg/l)	アルカリ消費量(mgCaCO ₃ /l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
3.1 (24°C)	628 (25°C)	200	43 (pH4.8)	106