

日本道路公団福岡建設局 正員 市原誠夫 天野登人 正員 〇七沢和男

1. まえがき

高速自動車国道九州横断自動車道(建設中)が通過する別府市は日本有数の温泉地帯で、橋梁等の道路構造物を建設する場合、温泉によってコンクリートが腐食をうけると予想される。本文はこのような問題に対処するため、現地の温泉にコンクリート供試体を浸漬し、各枝令における供試体の外観観察、重量減少、侵食深さ、圧縮強度、動弾性係数等の腐食判定試験を行って、温泉によってコンクリートかどのような影響をうけるか調べたものである。なお腐食試験は、コンクリートの温泉に対する腐食抵抗性か、コンクリートの強度(あるいは密実性)と、温泉水のPH値に基因するものと想定し、5種類の異なる強度を有する円柱供試体を、PH値の異なる3箇所の温泉水槽と、比較のための標準水槽にそれぞれを浸漬して実施した。

2. 実験概要

1) 配合

配合設計はコンクリートの設計基準強度を中心に5種類考えたが、その詳細は表-1に示すとおりである。

2) 使用材料

セメント 普通ポルトランドセメント,

耐硫酸塩セメント(ともに小野田セメント製)

骨材 粗骨材(大分市産産砕石, F.M.=6.9)

細骨材(松山市産吉川河口砂, F.M.=2.6)

混和剤 ホウリス5LAz, ホウリスNL4000(H配合のみ)

3) 供試体作成と養生方法

供試体は50ℓの傾胴型ミキサーを用い、 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の円筒型ワケにコンクリートを2層に分けて注入し、棒状バイブレーターで締め固めた。供試体は打設24時間後に脱型し、屋外水槽で28日間水中養生した後、温泉水槽および標準水槽に浸漬した。

4) 試験水槽の腐食環境

腐食試験を行った現地の温泉水槽の腐食環境の概要は表-2に示す。泉温に中かあるのは、地下水の関係で温泉の湧出量が季節によって変動するためである。なお水槽は $15 \times 3 \times 1^{\text{mH}}$ の大きさに、鉄筋コンクリート製で、内側はエポキシ樹脂塗料で防食施工した。

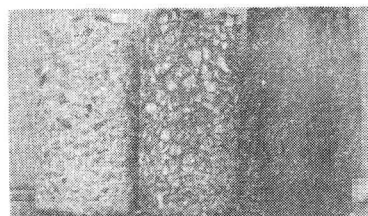
表-1 コンクリート供試体の配合

配合種類	Gk (kg/m ³)	SL (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/A (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤 (g/m ³)	実測値			
						W	C	S	G		SL	Air	G ₂₈	
H	700	-	-	31.0	30	155	500	487	1203	15,000	19	0.2	577	
P	400	3~8	2~4	40.0	38	160	400	643	1,108	1,000	6	4.0	411	
B'	240	5~10	3~6	46+	39	158	340	680	1,124	850	7	4.0	328	
B	240	5~10	3~6	52+	39	157	300	675	1,145	750	6	4.0	316	
D	120	-	-	79.0	41	190	240	740	1,124	-	6	1.2	134	

表-2 試験水槽の腐食環境

試験水槽	PH	温度	流入量	浸漬数
坂原温泉	1.5	12~75℃	3 $\frac{\text{L}}{\text{min}}$	60+
明ばん	2.3	42~72	2	60
堀田	6.5	31~64	3	60
標準水槽	-	20	0	105

写真-1. 供試体の侵食状況



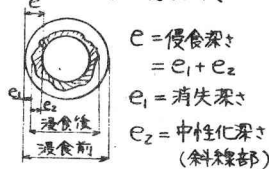
坂原 明ばん 堀田

3. 試験結果と考察

1) 外観状況

供試体表面の外観状況は坂原温泉に浸漬したコンクリートは白茶色、明ばんは黒色、堀田はうす黒く水を水変色している。この変色は温泉水中に含まれる含有物の影響によるものであり、坂原は鉄分、明ばんと堀田は温泉水中の硫化水素ガス

図-1 侵食深さ



による変色と考えられる。なお侵食の状況は、表面のモルタル部分のみが侵食されてコンクリートからハク落し、粗骨材の粒が半分ほど露出してゐるかまた落ちずに残っている。写真-1はB配合試験体の外観状況を示す。

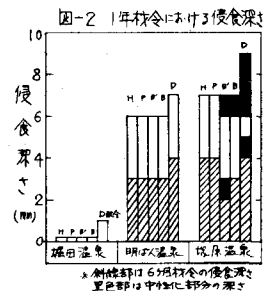
2) 重量減少率および侵食深さ

重量は図-3に示すように、酸性の強い源泉、明ばん温泉では枝令とともに減少し、1年枝令では10~13%と浸漬時と比べて1割以上も減少している。一方非常に酸性の弱い堀田温泉では、1年枝令で重量減少率が約1%とあまり減少していない。侵食深さは図-2に示すように、源泉、明ばん温泉では6ヶ月枝令で3~5mm、1年枝令で6~9mmと枝令とともに増大するが、堀田温泉ではほとんど侵食をうけず、各水槽とも重量減少率と同一傾向を示している。また配合の種類による影響は重量、侵食深さともに余りでない。なお侵食深さは図-1に示すように、実際に侵食をうけてコンクリートが消失してしまった消失深さと、残存するコンクリートのうちの中性に部分の深さとの和で定義するものとする。

上記の試験結果から、セメントを使用したコンクリートはその圧縮強度の大小にかかわらず、どのようなコンクリートも酸性の温泉に侵食されることが明らかになった。また当初想定したコンクリートの圧縮強度(密実性)と腐食に対する抵抗性との相関は余りみられなかった。

3) 圧縮強度

図-3は侵食量を考慮した実際の断面積で算出した圧縮強度の枝令による増加率を示す。図から明らかなように、各温泉水槽とも浸漬時(28日)の強度に比較して、20~200%とすべての配合試験体について増加している。とくに源泉、明ばん温泉では、温泉によりかなりの重量減少や侵食をうけているにもかかわらず、標準水槽や侵食の少ない堀田温泉と比べても遜色ない結果となっている。これは温泉水がコンクリート内部まで浸透できず、表面部が侵食されても内部組織が健全であることを示している。また強度が増加したのは、温泉水の温度による高温養生の影響で、強度発現が促進された結果であると考えられる。なお当初浸漬時の断面積による圧縮強度についても、浸漬時より強度が増加しており、1年枝令では侵食による断面低下よりも温度による強度発現の方が大きく作用している。一方弾性係数は、1年枝令ですべての配合試験体について、浸漬時より概略5%程度増加した。



4. あとがき

今回の腐食試験の結果から、どのようなコンクリートも酸性の温泉によって侵食されることが明らかになった。したがって温泉地帯におけるコンクリート構造物の施工にあたっては、何らかの防食対策が必要になるものと思われる。この防食工法等については、今後の検討課題

であり、当公団ではこれまで行ってきた普通のコンクリートの腐食試験の継続も含め、レシンモルタル等で防食したコンクリートの腐食試験や、温泉土壌に暴露したコンクリートの腐食試験についても、現在試験を実施中である。

最後に本試験にあたっては、九サ大学工学部徳光教授、同松下講師、九サ大学温泉治療学研究所古澤教授に総括御指導をいたなぎ紙上をかりて厚く御礼申し上げます。

図-3. 強度増加率と重量減少率

