

運輸省港湾技術研究所 正会員 大即 信明

1. まえがき

樹脂を結合材としたレジンコンクリートは、構造部材として種々の特性を有している。これらのレジンコンクリートを海洋構造物に用いるには、海洋環境下における十分な耐久性が保障される必要がある。

本研究は、レジンコンクリートを海洋構造物に用いる際の基礎資料とするため、不飽和ポリエステル樹脂を結合材としたレジンコンクリートの耐海水性を5年という期間で実施したものである。

2. 実験の概要

(1)試験項目：

試験項目は、円柱供試体（ $\phi 10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ ）を用いた圧縮強度試験およびヤング係数試験，角柱供試体（ $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ ）を用いた曲げ強度試験および曲げ剛性の測定を行った。さらに、円柱供試体に $\phi 11\text{ mm}$ の異形PC鋼棒（純かぶり 1 cm ）を埋設し、PC鋼棒の腐食状況を観察した。

(2)使用材料：

結合材；結合材として不飽和ポリエステル樹脂3種を用いた。すなわち、不飽和ポリエステル樹脂で最も用いられているオルソフタル酸系不飽和ポリエステル（以下フタル酸系），フタル酸系に比べて高温時に優れていると言われるイソフタル酸系不飽和ポリエステル（以下イソフタル酸系），さらにフタル酸系に結合材と骨材との界面性状を改善すると言われるシランカップリング剤を添加したもの（以下フタル酸系+シラン）の3種を用いた。骨材；用いた粗骨材（最大寸法 20 mm ）および細骨材は、富士川産の川砂利および川砂で、使用前にアスファルトプラントにおいて乾燥させたものである。その他に、炭酸カルシウム，異形PC鋼棒2種などを用いた。

(3)レジンコンクリートの配合：

表-1に、本実験に用いた配合を示す。なお、シランは全結合材に対し重量比で1%混入した。

(4)暴露条件：供試体の暴露条件は次の通りである。

試験場所；神奈川県横須賀市運輸省港湾技術研究所構内実験用海水循環水槽および屋外暴露実験場

供試体の暴露条件；陸上部，感潮部，海中部の3水準，このうち感潮部の潮位は，1日2回人工的に上下を繰り返すものであり，陸上部

表-1 レジンコンクリートの配合

結合材	細 骨 材		粗 骨 材		炭 酸 カルシウム
	$\leq 1.2\text{ mm}$	$1.2 \sim 5\text{ mm}$	$5 \sim 10\text{ mm}$	$10 \sim 20\text{ mm}$	
270	931	230	345	345	270

(単位： kg/m^3)

は海岸線より5~10m程度離れ，常時潮風にさらされ荒天時には波しぶきをうける屋外である。

表-2 圧縮強度の経年変化

暴露 期 間	フタル酸系			イソフタル酸系			フタル酸系+シラン		
	陸上部	感潮部	海中部	陸上部	感潮部	海中部	陸上部	感潮部	海中部
1ヶ月	918	989	936	1031	976	989	794	970	813
3ヶ月	—	1054	—	—	996	—	—	996	—
6ヶ月	—	954	—	—	916	—	—	971	—
2 年	857	930	939	929	903	992	916	825	746
5 年	949	760	895	995	800	908	947	845	724

注：数値は，供試体3本の平均値，

ただし，感潮部2年のみ6本の平均値である。

試験材令；供試体暴露後，1ヶ月，3ヶ月，6ヶ月，2年および5年の5水準

3. 試験結果

圧縮強度試験結果を表-2に示すこれを暴露条件別に述べると次のようである。陸上部では，バラツキはあるものの材令5年まででは，強度低下はほとんどないと思われ

る。感潮部では、材令3ヶ月で若干強度の増加があるが、その後は材令の増加と共に強度は減少する傾向がある。海中部についてはいずれの結合材においても若干の強度低下が認められた。また、ヤング係数 $E_{1/2}$ の経年変化は、ほとんどないと判断された。

表-3 曲げ強度の経年変化 (kg/cm²)

暴 露 期 間	フタル酸系			イソフタル酸系			フタル酸系+シラン		
	陸上部	感潮部	海中部	陸上部	感潮部	海中部	陸上部	感潮部	海中部
1ヶ月	195	245	192	183	149	197	179	149	167
3ヶ月	—	203	—	—	173	—	—	212	—
6ヶ月	—	192	—	—	185	—	—	197	—
2 年	163	175	119	190	165	167	157	144	171
5 年	163	143	135	154	143	149	154	114	121

注：数値は、供試体3本の平均値

曲げ強度試験結果を表-3に示す。暴露条件別に整理すると、陸上部の経年変化が比較的少なく、海中部、感潮部の順に大きくなるようである。結合材別にみると、イソフタル酸系およびフタル酸系+シランの感潮部において材令1ヶ月の強度が低いことが注目され、さらにフタル酸系海中部、フタル酸系+シランの感潮部、海中部において材令2年、5年の強度が低いことも認められた。曲げ強度試験と同時に、供試体の引張側、圧縮側に各々2枚計4枚のストレインゲージを貼布し曲げ剛性を測定したが、イソフタル酸系の経年変化が最も少ないと判断された。

φ10cm×20cmの円柱供試体に埋設した純かぶり1cmのP C鋼棒は、材令6ヶ月では全く腐食が認められない。しかし、材令2年においてはキャッピング面より腐食の進行が認められた。さらに、材令5年ではかなりの点食が観測された。また、およその傾向としては、感潮部の腐食がもっとも大きいと思われる。

4. 考 察

(1) レジンコンクリート強度の経年変化について

本試験における一般的な傾向として、レジンコンクリートの圧縮強度、曲げ強度等は材令とともに低下する。特に、曲げ強度の低下が大きく、陸上部、海中部、感潮部の順に大きくなる傾向が認められる。これより、一般に言われている海中部での加水分解による劣化のほかに、感潮部での乾湿の繰り返しの影響も大きいようである。また、曲げ強度の経年変化が圧縮強度より大きなことが認められたが、これは次のように説明される。圧縮破壊したレジンコンクリートでは、ひびわれが骨材内部を通過しており、圧縮強度は骨材によって支配され、骨材の強度はほとんど経年変化しないことおよび欠陥に対しては曲げ強度の方が敏感であることによると考えられる。

(2) 結合材の相違による耐海水性

一般的には、イソフタル酸系の経年変化が最も少ないと思われる。また、フタル酸系とフタル酸系+シランを比較した場合、ほとんど同等でシランカップリング剤の効果は認められない。

5. 結 論

レジンコンクリートの耐海水性を材令5年までという期間で述べた。供試体も少なく、期間も耐海水性を論ずるに十分といったものではないが、次のような定性的な結論が言えよう。

- (1) レジンコンクリートの劣化は、陸上部、海中部、感潮部の順に大きくなる傾向が認められる。
- (2) レジンコンクリートの劣化は、曲げ強度および曲げ剛性に顕著に表われる。
- (3) イソフタル酸系の耐海水性が比較的良好であった。
- (4) シランカップリング剤の効果はほとんど認められなかった。
- (5) レジンコンクリートに埋設したP C鋼棒は、材令5年で点食が認められた。

参 考 文 献

- 村橋 俊介 他, “プラスチックハンドブック”, 朝倉書店, 1966年7月, pp. 212~221
井上 貞弘, “プラスチックコンクリートの耐久性”, コンクリートジャーナル, Vol. 11, No. 4, 1973年4月, pp. 50~56