

V-110

P C 杭の海洋環境下における耐久性

運輸省港湾技術研究所 正会員 福手 勤
 運輸省第三港湾建設局 正会員 宮島正悟
 (株)ピー・エス 正会員 久野公徳
 同上 正会員 由浅直洋

1. まえがき

本報告は、海洋環境下に長年月(37 年経過)暴露されていたプレストレストコンクリート杭 (P C 杭) を対象にして、コンクリートと P C 鋼材の経年変化を明らかにするために各種の調査を行い、海洋構造物への P C 構造物の有効性について総合的に評価検討するものである。

2. P C 杭の概要

調査対象の P C 杭は、神戸港で 37 年間暴露されていたもので、対角線の長さが 719mm(A タイプ)と 810mm(B タイプ)の各タイプ 2 本ずつの合計 4 本である。B タイプのうちの 1 本を除くと、 $\phi 500$ mm の中空断面を有し、使用 P C 鋼線($\phi 12.4$)の配置間隔は 10cm である。断面図を図-1 に示す。

設計基準強度は $f'_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$ 、導入プレストレス量 $\sigma_{pe} = 2.0 \text{ N/mm}^2$ 、コンクリートの配合は、単位セメント量 $C = 450 \text{ kg/m}^3$ 、水セメント比(W/C)45%、スランプは 8cm から 10cm、細、粗骨材は川砂、川砂利(最大骨材寸法: 25mm)を使用し、早強セメントを使用している。

3. 調査内容および試験方法、試料の採取方法

調査対象とした P C 杭は、海上大気部、干満部、海中部および土中部の 4 部位に分割し試料を採取した。調査項目とその試験方法を表-1 に示す。なお、採取したコア供試体の寸法は、P C 鋼線を含まないように $\phi 75 \times 150$ mm の大きさで統一している。

表-1 調査項目

調査項目	調査方法
1. 外観観察	目視にて確認
2. 塩化物イオン量調査	全塩分: JCI-SC5 可溶性塩分: JCI-SC4
4. 圧縮強度	JIS A 1107 に準ずる
5. 曲げ試験	JIS A 5337 に準拠する
6. P C 鋼材引張試験	JIS Z 2241 に準拠する
7. ヤング係数	ストレインゲージを添付し測定する
8. X 線回折	X 線回折装置を用いる
9. 透水性試験	

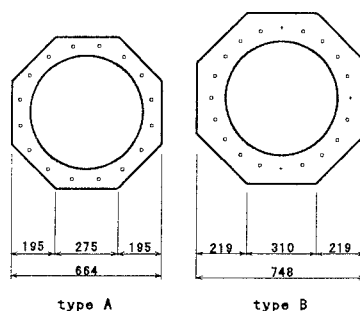


図-1 P C 杭の断面図

4. 試験結果

4. 1 外観観察

本 P C 杭はウォータージェットにより打ち込まれているため、部材中に鋼管が埋設配管されている。この鋼管の腐食が激しく、錆による膨張が原因と思われるひび割れ、欠損が発生している。ひび割れ幅は 1~5mm であり、鋼管に沿って杭軸方向に発生している。その他は、P C 鋼線のかぶり量が 1.5cm 程度のところで、P C 鋼線に沿った杭軸方向のひび割れが確認されたが、かぶり 2cm 以上では認められなかった。

同時に P C 鋼線の引張試験も行った。かぶり 1.5cm 位置での P C 鋼線は、腐食部分で規格値以下の引張荷重で破断したが、他の P C 鋼線は現行の JIS の規格値以上を示し問題はなかった。このことから海洋環境下での P C 鋼線のかぶりは、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻)」(日本港湾協会)に規定されている 7cm を確保することで、長年月の耐久性を保持できると考えられる。

キーワード: 耐久性、海洋構造物、プレストレスコンクリート、塩害

連絡先: 〒170-0004 東京都豊島区北大塚 1-13-17 HIB 大塚ビル TEL.03-5974-2671 FAX.03-5974-2679

4. 2 圧縮強度、ヤング係数および透水性試験

圧縮強度試験用のコア供試体は、各部位ごとに杭軸方向に採取し、また、透水性試験用のコア供試体は、杭軸直角方向に採取した。表-2 に杭A-2 と杭B-2 の試験結果を示す。圧縮強度は $f'_c = 68.8 \sim 111.1 \text{ N/mm}^2$ と設計基準強度を大きく上回り、ヤング係数もコンクリートの圧縮強度結果と対応して大きい値となっている。ただし海上大気部は、その他の部位と比較すると、約 $10 \sim 40 \text{ N/mm}^2$ 程度小さくなっていることが特徴である。また拡散係数は表-2 に示すとおりとなり、圧縮試験結果を裏付けるように、海上大気部が他の部位と比較して、コンクリートの密実性が低いという結果を示している。図-2 に現行のコンクリート標準示方書における圧縮強度とヤング係数との関係を、実測値と対比して示す。その結果、現行示方書で規定されている圧縮強度とヤング係数の関係とほぼ同値を示しており、示方書に示される関係を外挿した部分に位置する。

また、P C 部材内の残存プレストレス量を把握するために、JIS A 5337 に準拠した曲げ載荷試験を実施したが、P C 杭の部材におけるプレストレス量の大幅な損失はなく、設計計画段階のプレストレス量が導入されていることが確認でき、P C 部材として力学的に健全であることが判明した。

表-2 各部位の物性値

種類	部位	圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング 係数	拡散係数
A 2	大気	68.8	3.92	-
	干満	111.1	4.40	-
	海中	104.7	4.38	-
	土中	112.9	4.55	-
B 2	大気	81.2	3.59	141.3
	干満	102.0	4.08	3.85
	海中	94.7	4.14	3.92
	土中	90.7	4.07	4.47

ヤング係数: ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$) 拡散係数: ($\times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$)

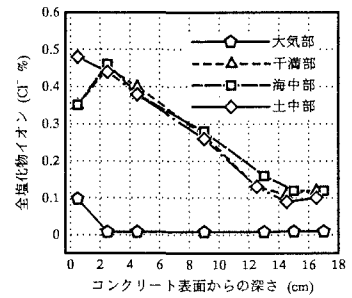
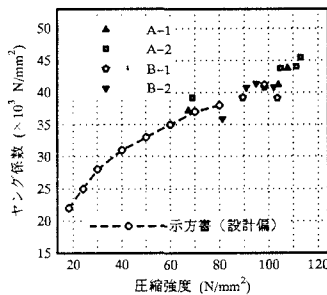


図-2 圧縮強度とヤング係数の関係

図-3 全塩化物イオンの浸透深さ

4. 3 塩化物イオンの分布

塩化物イオンの分布状態を把握するために、可溶性塩化物イオンおよび全塩化物イオンのコンクリートへの浸透深さの測定をおこなった。ここでは全塩化物イオン測定結果のみを図-3 に示す。

海上大気部においては、可溶性塩化物イオンおよび全塩化物イオンともコンクリート表面より 2cm の深さの位置でほぼ 0 となっているが、干満部、海中部および土中部では、可溶性、全塩化物イオンとも深さ 13cm 程度まで浸透しており、それ以後はほぼ一定値となっている。

また、あわせて急速塩化物イオン透過性試験 (AASHTO T-277) もおこなった。その結果、塩化物イオンのコンクリート部材内への浸透性について AASHTO 規準より評価すれば、“Low” レベルを示しており、本 P C 杭のコンクリートは、材料学的に塩分浸透抵抗性に富んだコンクリートであると評価することができる。

4. 4 X線回折

コンクリート中の鉱物検出を目的に、X線回折を各部位ごとに実施した。その結果から、水酸化カルシウム、カルシウム・アルミネート水和物および骨材中に含まれている鉱物のみが認められ、エトリンガイトやフリーデル氏塩などは認められなかった。また水酸化カルシウムはすべての部位で認められ、特にコンクリート表面で水酸化カルシウムの溶脱など、劣化につながる徴候は認められなかった。

5. まとめ

以上、物理的、化学的な試験結果より判断すると、海洋環境下に長年月敷設されていたにもかかわらず、本 P C 杭は比較的健全な状態が保たれており、耐久性に富んだ P C 部材であると思われる。従って、この種の海洋環境下での P C 構造物の適用にあたっては、部材中のウォータージェット用鋼管等については耐腐食性対策 (グラウト注入等) を施すとともに、P C 鋼材のかぶり厚を現行の 7.0cm で確保すれば、P C 部材の耐久性の向上をはかることが十分可能である。

6. 参考文献

- [1] 福手ほか：海洋環境に 20 年間暴露されたコンクリートの耐久性に関する研究、土木学会論文集 No. 442