

## V-225 遠心力締め固めコンクリートパイルの耐海水性（10年試験）

運輸省港湾技術研究所 正会員 浜田秀則  
同上 正会員 原茂雅光  
同上 正会員 大即信明

## 1. はじめに

運輸省港湾技術研究所では、海洋環境下におけるコンクリートの耐久性に関する研究の一環として、鹿児島港においてコンクリート供試体の長期暴露試験を実施している。今回、暴露10年を経過した時点でRCおよびPCコンクリートパイル供試体を取り出し種々の試験に供した。本報告は、この10年試験によって得られた結果を取りまとめたものである。

## 2. 試験概要

試験に供したパイル供試体の形状を図-1に、また、その製作概要を表-1に示す。

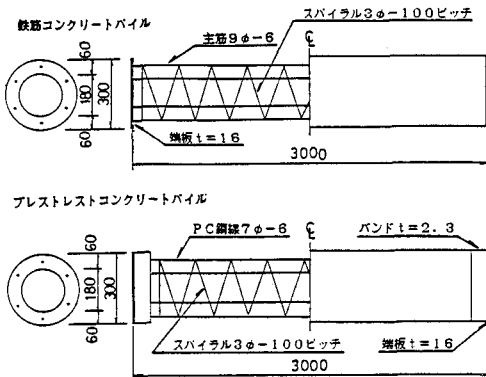


図-1 パイル供試体の形状 (mm)

表-1 試験実施パイルの種別

| Case | 型式 | 養生    | 練り水   | かぶり(mm) |
|------|----|-------|-------|---------|
| 1    | RC | (蒸)   | (水)   | 12.0    |
| 2    | "  | "     | "     | 26.5    |
| 3    | PC | "     | "     | 12.0    |
| 4    | "  | "     | "     | 26.5    |
| 5    | "  | (蒸+オ) | "     | 12.0    |
| 6    | "  | "     | "     | 26.5    |
| 7    | "  | "     | (海水)* | 12.0    |
| 8    | "  | "     | "     | 26.5    |

(蒸)：蒸気養生

(オ)：オートクレープ養生

(水)：水道水

(海水)\*：海水+水道水：Cl<sup>-</sup>濃度=0.33%

供試体の製作材料として、セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.17）、細骨材は鬼怒川産川砂（比重2.58、粗粒率2.71）、粗骨材は鬼怒川産玉石碎石（比重2.64、粗粒率6.62）を使用した。コンクリートの配合は表-2に示すとおりである。供試体は、コン

表-2 コンクリートの配合

| Case | Gmax<br>(mm) | Slump<br>(cm) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |      |     |      |        |
|------|--------------|---------------|------------|------------|--------------------------|------|-----|------|--------|
|      |              |               |            |            | C                        | W    | S   | G    | 混和剤    |
| 1 2  | 2.0          | 10±2          | 39         | 42         | 360                      | 140  | 798 | 1127 | C×0.7% |
| 3 4  | 2.0          | 10±2          | 38.8       | 39.5       | 420                      | 163  | 708 | 1110 | C×0.7% |
| 5 6  | 2.0          | 10±2          | 33         | 41         | 410                      | 135  | 768 | 1130 | C×1.5% |
| 7 8  | 2.0          | 10±2          | 33         | 41         | 410                      | 135* | 768 | 1130 | C×1.5% |

\* 水道水114 海水21

クリート打設後すぐに遠心力締め固めを行い、その後蒸気養生（65℃にて5時間）を行った。また、Case5～8についてはそれに続いてオートクレープ養生（180℃にて5時間）を行った。パイル供試体は、各ケース2本ずつ製作し、うち1本に暴露前にひびわれを入れておいた。いずれの供試体も材令28日を経過した時点で、感潮部（満潮時には水中に没し、干潮時には水面上になる部分）に設置した。なお、鹿児島港は比較的温暖であり、凍結融解作用は受けない。また、海水の平均塩素イオン含有量は約1700mg/lである。今回実施した試験は、(1). 管理供試体の圧縮強度試験、弾性係数試験、塩分含有量試験 (2). パイル供試体の曲げ載荷試験 (3). 埋設鉄筋の腐食状況観察 である。

## 3. 試験結果

3-1. 外観観察：コンクリート表面は全体的に茶色に変色し、供試体下面にふじつば等の付着物が見られた。暴露前にひびわれを生じさせておいたものも、生じさせておかなかったものも、暴露期間中に新たなひびわれは生じていなかった。また、波力等による欠損もなくほぼ完全に暴露前の形状を保持していた。

3-2. 圧縮強度：表-3に管理供試体の圧縮強度ならびにその標準偏差を示す。Case1、2は上昇、3、4はほぼ横ばい、5～8は低下の傾向を示している。オートクレープ養生を行ったものは強度低下を招くよ

うである。また、Case 7、8においてその低下が最も大きくなっているが、これは海水練りの影響によるものと思われる。しかしながら、強度値そのものは蒸気養生のみを行ったものに比べて高い水準を維持している。また、材令28日に比べて暴露10年において標準偏差が急増していることよりコンクリートの品質のばらつきがかなり大きくなったことが推察される。

3-3. 弾性係数：表-4に管理供試体の弾性係数を示す。弾性係数はいずれのケースにおいても上昇しており、コンクリートの剛性は増加していることが推察される。しかしながら、その伸び率は各ケースにより若干異なっており、Case 7、8において最も小さい値となっている。これは海水練りの影響によるものと思われるが、弾性係数そのものは低い水準ではない。

3-4. 塩分含有量：図-2に管理供試体の全域より採取した試料を用いて測定した可溶性塩分含有量を示す。各ケースとも塩分含有量に大差はないが、Case 1、2が若干大きくなっている。海水練り（Case、7、8）の場合も他のケースとさほど変らない値であることより、暴露10年が経過した時点では海水練りの影響は小さくなるものと思われる。

3-5. 曲げ載荷試験：表-5にパイルの曲げ耐力を示す。これを見ると初期ひびわれの影響は認められない。また、表-6に有効プレストレス量を示す。各ケースとも若干ばらつきが大きいものの、10年間の暴露により有効プレストレス量は減少する傾向は認められない。

3-6. 埋設鉄筋の腐食状況：表-7に埋設鉄筋の発錆面積率を示す。ひびわれの有無と発錆面積率の関係をみると、Case 3、5を除いてひびわれのある方が発錆面積率が大きくなっている。また、かぶりの小さい方が発錆面積率が大きく、PCに比べてRCの方が発錆が進んでいる。また、同一条件では海水練りの方が水道水練りよりも発錆面積率が大きくなる傾向にある。また、表-7と図-2よりわかるとおり、各ケース間の発錆面積率の傾向と塩分含有量の傾向が比較的良好一致している。

#### 4. おわりに

今回、種々の条件を変えたコンクリートパイルの試験を行ったが、いずれのパイルも埋設鉄筋の発錆は免れなかった。その発錆の程度、あるいはコンクリートの圧縮強度、弾性係数等の暴露10年時の性質と練り混ぜ水、養生方法、かぶりといった製作初期の各種条件の間にはいくつかの関連性が認められた。しかしながら、パイルの曲げ耐力は各ケースとも暴露10年においても健全な値を保持しており、低下の傾向は認められなかった。

表-3 管理供試体の圧縮強度とその標準偏差

(kgf/cm<sup>2</sup>)

| Case |   | 圧縮強度  |        | 標準偏差  |       |
|------|---|-------|--------|-------|-------|
|      |   | 材令28日 | 暴露10年  | 材令28日 | 暴露10年 |
| 1    | 2 | 42.8  | 57.0   | 6.0   | 27.0  |
| 3    | 4 | 53.0  | 54.2*  | 3.0   | 65.8  |
| 5    | 6 | 84.1  | 77.8   | 6.3   | 61.5  |
| 7    | 8 | 84.7  | 73.1** | 5.6   | 68.0  |

表中の値は6本平均ただし\*は4本平均\*\*は5本平均

表-4 管理供試体の弾性係数

(kgf/cm<sup>2</sup>)

| Case |   | 材令28日              | 暴露10年              | 10年/28日 |
|------|---|--------------------|--------------------|---------|
| 1    | 2 | $3.15 \times 10^5$ | $4.11 \times 10^5$ | 130.5%  |
| 3    | 4 | $3.23 \times 10^5$ | $4.08 \times 10^5$ | 126.3%  |
| 5    | 6 | $3.79 \times 10^5$ | $4.80 \times 10^5$ | 126.6%  |
| 7    | 8 | $3.78 \times 10^5$ | $4.41 \times 10^5$ | 116.7%  |

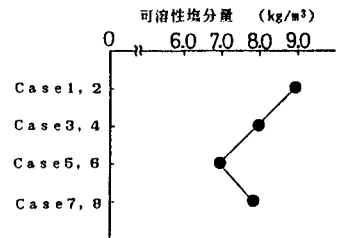


図-2 管理供試体の塩分含有量

表-5 パイルの曲げ耐力

| Case | 曲げ耐力 ( $\times 10^5$ kgf·cm) |       |
|------|------------------------------|-------|
|      | ひびわれ有                        | ひびわれ無 |
| 1    | 2.70                         | 2.70  |
| 2    | 2.36                         | 3.45  |
| 3    | 5.70                         | 5.70  |
| 4    | 6.12                         | 5.69  |
| 5    | 5.70                         | 5.70  |
| 6    | 5.70                         | 5.71  |
| 7    | 5.70                         | 5.70  |
| 8    | 5.70                         | 5.70  |

表-6 有効プレストレス量の推移

(kgf/cm<sup>2</sup>)

| Case | 暴露前  | 暴露10年  |
|------|------|--------|
| 3    | 66.3 | (96.2) |
| 4    | 74.1 | 70.2   |
| 5    | 76.7 | 80.6   |
| 6    | 79.3 | 84.5   |
| 7    | 57.2 | 78.0   |
| 8    | 67.6 | 78.0   |

表-7 埋設鉄筋の発錆面積率

(%)

| Case | ひびわれ有 | ひびわれ無 | 平均    |
|------|-------|-------|-------|
| 1    | 33.42 | 19.81 | 16.66 |
| 2    | 7.16  | 6.23  |       |
| 3    | 5.38  | 34.57 | 10.92 |
| 4    | 3.08  | 0.63  |       |
| 5    | 3.93  | 12.58 | 5.98  |
| 6    | 4.75  | 2.67  |       |
| 7    | 21.81 | 5.39  | 10.12 |
| 8    | 7.83  | 5.43  |       |

表中の値は6本の平均値である