

阪神外貿埠頭公団 正会員 佐藤 寛  
 川崎製鉄 正会員 ○近藤 伸治  
 川崎製鉄 今津 司

1. まえがき

海洋環境における鋼材の防食法としては、電気防食・塗装等が一般的に採用されている。耐海水性鋼は2、3の成分を添加することにより鋼材そのものを耐海水性にしたもので施工上きわめて取扱いやすい腐食対策の一つである。ところが大気中と異なり海洋環境における鋼材の腐食特性は複雑な要因が重なり、なかなか定量的に把握することは困難で、耐海水性鋼の今後の普及をはかる為にはこの問題をできるだけ明確化しておかなければならない。本試験で対象とした耐海水性鋼は1964年米国のUSスチールが開発したマリナー鋼と呼ばれる鋼種である。これは、ニッケル・銅を約0.5%リンを約0.1%含有した低合金鋼で特に飛沫帯で耐食性の高い鋼種といわれている。近年クロムの含有が耐海水性を著るしく向上させることが判明し飛沫帯だけでなく、海水中、干満帯にも有効な鋼種が開発されているが、このマリナー鋼は約15年前に完成し、現在までに長期間の腐食データが蓄積されていることから最も信頼のおける耐海水性鋼の一つであろう。今回の試験はマリナー鋼の実大鋼管杭を用いて10年間という長期間にわたりその耐海水性を大阪港内において調査したものである。

2. 試験概要

試験に使用した鋼管杭の形状寸法おとび材質を表1に示す。また図1に打込後の状況を示す。マリナー鋼管杭のうち1本(φ27m)には5種類の塗装を行ない塗料との併用効果を調査した。

表-1 試験杭の形状と材質

| 杭No | 鋼種     | 形状・寸法            |                   |                 |                    | 化学成分 |     |     |      |      |     |     |
|-----|--------|------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|
|     |        | 径                | 肉厚                | 長さ              | 重量                 | C    | Si  | Mn  | P    | S    | Cu  | Ni  |
| 1   | マリナー鋼  | 71 <sup>mm</sup> | 9.5 <sup>mm</sup> | 27 <sup>m</sup> | 4.455 <sup>t</sup> | .13  | .05 | .80 | .100 | .023 | .70 | .46 |
| 2   | "      | "                | "                 | 33              | 5.445              | .13  | .06 | .84 | .080 | .016 | .59 | .59 |
| 3   | STK 41 | "                | "                 | 33              | 5.445              | .18  | .06 | .84 | .011 | .023 | -   | -   |

の塗装を行ない塗料との併用効果を調査した。

試験は昭和44年4月より約10年間にわたり大阪港木津川河口付近の海域において実施した。この海水は10年間で若干変化しているが表2のように清浄海水に比較し、塩度が少なくまた0.0・Dも比較的大きく、かなり汚染されていることがわかる。試験片を切出して調査する破壊試験は2年毎に実施し最終の10年目には捨石面以下4.0mの位置で切断し捨石部の腐食状況を調査した。試験片はマイクロメーターによる板厚と重量

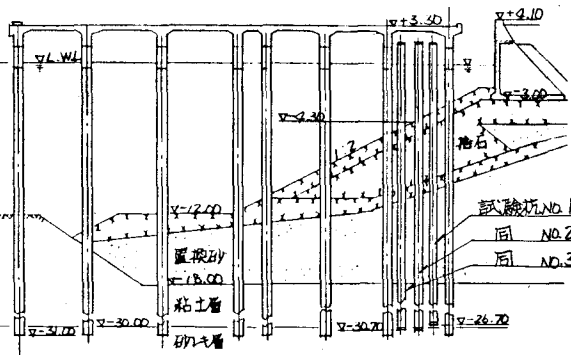


図-1 核橋構造図と試験杭断面図

による腐食速度の測定及びダイヤルゲージを用いて表面粗度・孔食について調べた。塗装した鋼管については、塗膜性能調査等を行つたがここでは割愛する。

3. 試験結果

表-2 海水分析結果

| 試験期間            | 採水日     | 採水時期 | 採水位置        | ppm   |      |     |     |                 |       |                 |                 |       |       |      |                   |  | 塩度 (ppt) | C.O.D (ppm) | BOD (ppm) | pH  | 水温 (°C) |      |
|-----------------|---------|------|-------------|-------|------|-----|-----|-----------------|-------|-----------------|-----------------|-------|-------|------|-------------------|--|----------|-------------|-----------|-----|---------|------|
|                 |         |      |             | Na    | Mg   | Ca  | K   | NH <sub>4</sub> | Cl    | SO <sub>4</sub> | NO <sub>3</sub> | S     | CN    | Br   | NH <sub>4</sub> N |  |          |             |           |     |         |      |
| 2年              | 26.4.27 | 干潮時  | 水面          | 9500  | 620  | 200 | 160 | 0.163           | 8890  | 1220            | 6.5             | Trace | Trace | 15.6 |                   |  | 16.08    |             | 7.31      |     |         |      |
| 10年目のデータをもととした腐 | 54.8.27 | 干潮時  | 水深0.5M      | 6800  | 730  | 290 | 260 |                 | 12800 | 1750            |                 |       |       |      |                   |  | 1.64     | 23.13       | 6.0       | 2.9 | 6.60    | 27.5 |
|                 |         |      | 水深4.0M (鋼管) | 8420  | 1060 | 350 | 310 |                 | 15800 | 2150            |                 |       |       |      |                   |  |          | 0.98        | 28.55     | 3.6 | 2.7     | 7.40 |
|                 |         |      | 水深4.0M (水面) | 8850  | 930  | 340 | 320 |                 | 16700 | 1930            |                 |       |       |      |                   |  | 6.19     | 30.17       | 5.4       | 1.4 | 8.10    | 26.8 |
|                 |         |      | 清浄海水        | 10556 | 1272 | 400 | 380 | 0.05            | 18780 | 2649            | <0.6            |       |       |      | 65                |  | 32.29    | <5          |           |     | 7.5-8.2 |      |

食速度測定結果の1例を示す。まず鋼管杭の腐食傾向をみると、つぎのようなことがわかる。STK41はM・L・W・L下部で腐食が集中しているがマリナー鋼は飛沫帯とM・L・W・L下部に2つの山を有している。また海中中部ではSTK41が水深が深くなるにつれて漸減しているがマリナー鋼はほぼ均等な腐食量であった。捨石部では両鋼種とも水深に関係なく、ほぼ一定の腐食傾向であった。STK41のような普通鋼を鋼杭として海水中に打設した場合一般には飛沫帯で最も激しく腐食するといわれているが今回の実験ではマクロセルにより発生するといわれるM・

L・W・L下部の腐食が最大となつた。この原因としてはつぎのようなことが考えられる。

①波のおだやかな場所である為海水の飛沫が鋼材面にあまり当たらない。②栈橋の下で太陽光線が当らず乾燥がおそい。③腐食性が強いと思われる河川水が海面近くに流入している。なお同じ港内で波浪条件の厳しい場所にSTK41の鋼管杭を26本昨年打設し約9ヶ月経過後の板厚減少量を測定したところ飛沫帯で約0.8mm(両面)となり干満帯での約0.4mm(両面)より大きな腐食量であった。このことは上述した原因を裏付けるものと思われる。

つぎに腐食速度について図2よりつぎのことがわかる。STK41は飛沫帯で0.4mm/y(両面)、M・L・W・L下部で0.87mm/y(両面)という最大腐食速度を示し海中中部および捨石部では0.2~0.4mm/y(両面)であった。またマリナー鋼はそれぞれ0.3、0.3、0.05~0.15mm/y(両面)であった。これよりマリナー鋼はM・L・W・L下部および海中中部でSTK41に比較し、35~50%も耐海水性が優れていることがわかる。

STK41のM・L・W・L下部における0.87mm/yおよび海中中部の0.2~0.4mm/y(両面)は一般の0.1mm/y(片面)をかなり上回っているという結果となつた。おそらくこの海域における環境の特異性によるものと思われるが海水の汚染と腐食性との関係づけは今後の課題であろう。

表3は、最大侵食深さに関する測定結果の一例である。表3より飛沫帯と干満帯で比較的大きく0.5~2.5mm、海中中部では0.1~1.5mmであることがわかる。また耐海水性鋼とSTK-41では大差なく海水中でやや耐海水性鋼が優れているようであった。

おわりに本試験を企画された野村辰己氏(現大阪市港湾局)後藤健夫氏(関西ペイント)ほかの関係者各位および検討段階で懇切なるご指導をいただいた運輸省の工学博士・善主任研究官には深く感謝いたします。

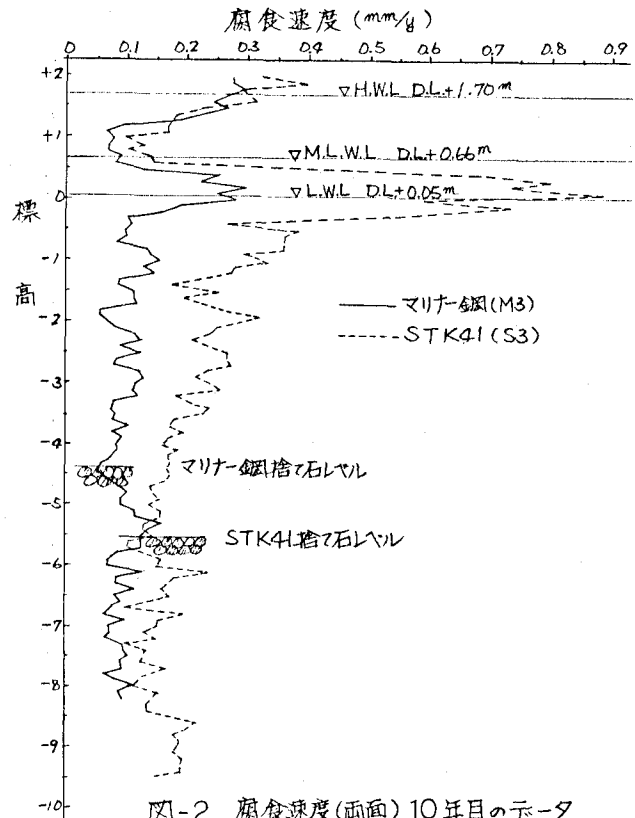


図-2 腐食速度(両面)10年目のデータ

表-3 切り取り試験片の最大侵食深さ(mm)

| 杭頭の高さ<br>深さ(m) | 環境<br>区分 | 2年     |      | 4年     |      | 8年     |      | 10年    |      |
|----------------|----------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
|                |          | STK-41 | マリナー | STK-41 | マリナー | STK-41 | マリナー | STK-41 | マリナー |
| 0.5            | 飛沫帯      | 1.90   | 0.66 | 2.22   | 2.20 | 2.24   | 2.23 | 1.46   | 2.57 |
| 1.0            | 干満帯      | 0.90   | 0.61 | 1.16   | 0.91 | 3.42   | 1.65 | 1.18   | 1.36 |
| 1.5            |          | 0.53   | 0.14 | 0.97   | 0.18 | 1.65   | 0.32 | 1.70   | 0.87 |
| 2.0            |          | 0.80   | 0.35 | 0.71   | 0.44 | 1.41   | 0.48 | 1.32   | 0.97 |
| 2.5            | 海中中部     | 0.27   | 0.16 | 0.91   | 0.78 | 0.76   | 0.75 | 0.92   | 1.80 |
| 3.0            |          | 0.33   | 0.13 | 0.46   | 0.45 | 0.94   | 1.18 | 0.66   | 1.52 |
| 3.5            |          | 0.34   | 0.26 | 0.38   | 0.62 | 0.54   | 1.07 | 0.90   | 0.78 |