

## VI-284 溶接鉄筋を用いた港湾用ケーソンの波浪に対する疲労の検討

若築建設（研修生） 正会員 堀之内尚志  
運輸省港湾技術研究所 正会員 清宮 理  
同上 正会員 藤澤 孝夫

### 1. まえがき

ここ数年、港湾用ケーソンの製作現場での省力化のために配筋に溶接鉄筋網を使用するという提案がなされている。この溶接鉄筋網を使用することにより、今までケーソン製作現場で手作業で行っていた鉄筋の加工、配筋、および結束等の作業を大幅に低減でき、工期の短縮も図られる。また、専門技術者不足および人件費の削減等も解消できるものと注目されている。しかしながら溶接により疲労強度の低下が懸念されている。そこで今回この溶接鉄筋網を防波堤用ケーソンの側壁に使用した場合の波浪の大きい海域での疲労損傷度をマイナー則を用いて検討した。

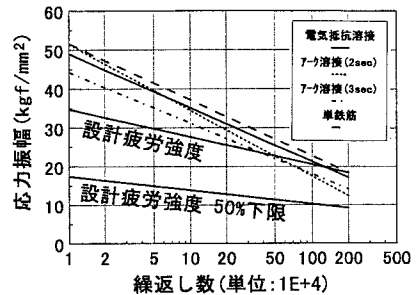


図-1 鉄筋および鉄筋網の疲労試験

### 2. 溶接による疲労強度の低下の状況

電気抵抗溶接、アーク溶接の2種の溶接法による鉄筋網および溶接部のない単鉄筋による鉄筋網の疲労試験を実施した結果<sup>1)</sup>のS-N線図を図-1に示す。また、コンクリート標準示方書（以下、同示方書とする）<sup>2)</sup>の鉄筋の設計疲労強度、その50%下限の設計疲労強度のS-N線図も併記した。

この図により、同示方書では溶接された鉄筋の疲労強度は通常の場合に対して50%低下する可能性があるとしている。しかし、この実験結果より溶接鉄筋網の場合は繰返し回数が50万回以前では設計疲労強度を下回っていない。また、50万回以降もアーク溶接（溶接時間2sec）が200万回時で最大30%程度の低下であることが確認できた。

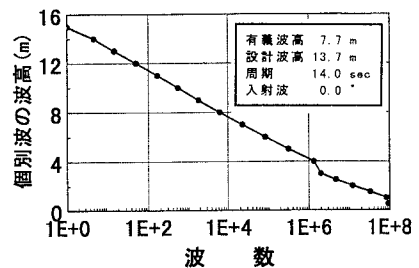


図-2 個別波の波高と波数の関係

### 3. 波浪条件

今回の検討に用いたケーソンは常陸那珂港に既に供用されているものを対象とした。このケーソンの設計波の算定に用いた実測波浪は、常陸那珂港において1990年1月～1992年12月の3年間の波浪観測データである。この波浪データから耐用期間となる50年分の波高頻度分布を推定した結果の個別波の波高と波数の関係を図-2に示す。

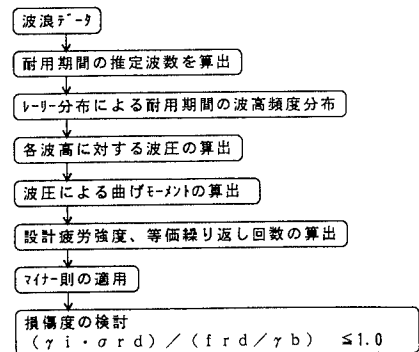


図-3 検討手順

### 4. 検討方法

ケーソン側壁部の疲労強度計算による検討の手順を図-3、検討したケーソン構造図を図-4、荷重状況を図-5に示す。

検討断面である港外側側壁の曲げモーメント算出には、三辺固定一辺自由版（x方向8等分、y方向4等分）の計算数表<sup>3)</sup>を使用した。また、鉄筋に作用させる波圧の応力振幅を全振幅として扱った。

鉄筋の設計疲労強度を算出する際、溶接鉄筋を使用する場合は同示方書では鉄筋の疲労強度が50%低下する可能性があるとしているため、等価繰返し回数Nの算出は通常の設計疲労強度算定式の50%減した次式で行った。

$$f_{srd} = (950 \times 10^6 / N^* \times (1 - \sigma_{sp} / f_{ud}) / \gamma_s) \cdots (1)$$

## 5. 計算結果

上記の計算過程により算出した鉄筋の疲労損傷度のうち、最大の損傷度を示した側壁水平筋の結果を表-1に示す。この表より、溶接鉄筋を使用しないときの損傷度は非常に小さい。溶接鉄筋を使用したときの疲労強度の低下率を50%として計算を行うと損傷度が1.0を越える結果となり、今回の検討条件で50%減した(1)式を疲労強度計算に用いた場合には側壁鉄筋が疲労破壊すると判断される。ただし、この際、波高の小さい方まで損傷度を計算したが、等価繰返し回数を200万回で打ち切ってこれ以下の波高について考慮しなくても損傷度への影響は小さいと言える。

また、設計疲労強度算定式を10%、20%、30%、40%の下限に設定し、それぞれ計算を行った場合の結果を図-6に示す。ここで損傷の安全率を5倍にみる。溶接鉄筋を使用した場合に疲労損傷度がつまり0.2以下となる疲労強度低下率は今回のケースでは35%以下であった。これにより、溶接鉄筋網の疲労による損傷の安全性は高いという結果であった。

## 6. 結論

溶接鉄筋の疲労強度の低下は30%程度であり、港湾用ケーソンに用いても疲労破壊しないと判断された。ただし、波浪に対して疲労破壊しないために溶接の影響の小さい溶接法を採用する必要がある。

## 【参考文献】

- 1) 藤澤孝夫、清宮 理：7-ク溶接鉄筋網の力学特性、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、平成7年9月、pp.400-401
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書（設計編）、平成3年版
- 3) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、平成元年版

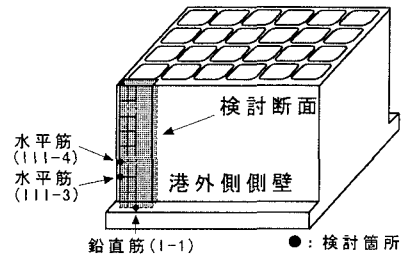


図-4 ケーソン構造図

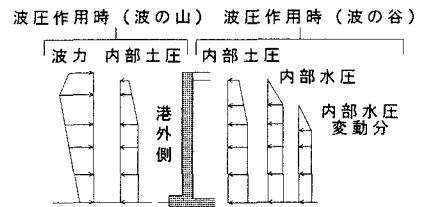


図-5 荷重状況図

| 波高<br>(m) | 50年間の波数     | 設計疲労強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 溶接鉄筋を<br>使用しないとき   |         | 溶接鉄筋を<br>使用するとき    |         |
|-----------|-------------|----------------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|
|           |             |                                  | 等価<br>繰返し回数        | 損傷度     | 等価<br>繰返し回数        | 損傷度     |
| 12.0      | 74          | 2808.1                           | 70054              | 0.00106 | 217                | 0.34101 |
| 11.0      | 166         | 2463.5                           | 208576             | 0.00080 | 647                | 0.25657 |
| 10.0      | 539         | 2118.8                           | 732464             | 0.00074 | 2271               | 0.23734 |
| 9.0       | 1,815       | 1774.1                           | 3216511            | 0.00055 | 9972               | 0.18201 |
| 8.0       | 6,301       | 1429.4                           | 19464998           | 0.00032 | 60349              | 0.10441 |
| 7.0       | 22,510      | 1168.3                           | 104532028          | 0.00022 | 324090             | 0.06946 |
| 6.0       | 82,531      | 907.2                            | 880353975          | 0.00010 | 2667435            | 0.03094 |
| 5.0       | 314,163     | 645.1                            | 1.46E+10           | 0.00002 | 45728996           | 0.00696 |
| 4.0       | 1,316,262   | 462.2                            | 2.37E+11           | 0.00001 | 735703873          | 0.00179 |
| 3.0       | 1,982,581   | 276.2                            | 1.63E+13           | 0.00000 | 5.06E+10           | 0.00004 |
| 2.5       | 4,702,680   | 186.3                            | 4.61E+14           | 0.00000 | 1.43E+12           | 0.00000 |
| 2.0       | 12,010,572  | 94.3                             | 1.34E+17           | 0.00000 | 4.16E+14           | 0.00000 |
| 1.5       | 206,154,251 | 2.3                              | 3.70E+30           | 0.00000 | 1.15E+28           | 0.00000 |
|           |             |                                  | $\Sigma = 0.00383$ |         | $\Sigma = 1.23053$ |         |

表-1 疲労損傷度の計算結果

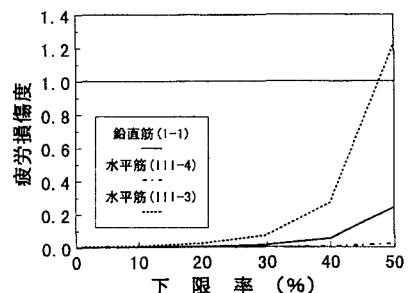


図-6 損傷度と下限率の関係