

栃木県庁 正員 井沢 清二  
新潟大学大学院 学生員 藤村 勝一  
日本国有鉄道 正員 吉森 一夫

1. まえがき モルタル補強二重鋼管構造は、海洋構造物のレグ材等の設計において用いられているが、この補強効果は十分に考慮されておらず、その研究はあまり発表されていない。そこでモルタル補強二重鋼管の基礎的強度を明らかにするため、単純な条件の下での実験を行い、その挙動と強度特に耐力の評価について検討を行った。

2. 実験装置と実験方法 実験では、図-1のように一村の線荷重が作用した場合の弾性挙動、ならびに耐力を調べた。そしてフロー材(モルタル)幅の違いが強度に与える影響、及び外管板厚の変化が強度に与える影響に着目した。荷重は、ほぼ1m間隔で増加させ、降伏以後はたわみ制御とした。鋼管はSGPを使用した。モルタルは、 $W/C=45\%$ 、モルタル充填後乾燥収縮が起らないようにタスコンを使用した。供試体寸法及びモルタル強度を表-1に示す。

3. 実験結果 荷重-たわみ曲線を図-2に示した。この図から明らかに次の事が指摘される。耐力については、外管板厚の厚い程、モルタル幅の厚い程、上昇する。またモルタル幅が、外管、内管の板厚に比べてあまり大きくない場合はモルタルの強度による耐力への影響は小さいが、モルタル幅が大きくなると、モルタルの強度の影響を大きく受ける。弾性域では、外管の曲げモーメントはモルタル幅に大きく影響され、モルタル幅が3.4倍になると曲げモーメントは、 $1/4 \sim 1/2$ 程度に減少している。また軸力については、ほぼ $1/2$ 程度に減少している。外管の板厚の影響は、曲げモーメントで20~30%程度である。

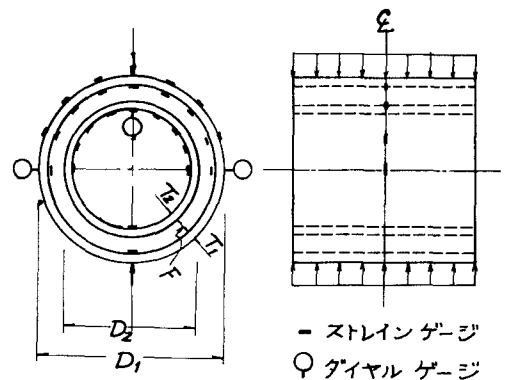


図-1 載荷状態及びゲージ位置

4. 弾性解析 モルタル補強二重管は、モルタルと鋼管の付着が載荷初期の段階で切れる事、モルタルは圧縮に対して抵抗するが、引張に対してはほとんど抵抗しない事、鋼管とモルタルの強度の差が著しい事等の原因から、かなり複雑な挙動を示し解析が困難となる。そこで荷重の低い段階、つまりモルタルと鋼管の付着があると考えられる段階での解析を有限要素法で行った。本解析にもちいた要素は、6節点三角形要素である。構造及び荷重の対称性より、全体の $1/4$ の部分で考え、鋼管部分は内外と一層、モルタル部分は三層に分割して計算を行った。図-3にDPM-2の場合の計算結果を示した。またモルタルのヤング率は、 $140000 \text{ kg/cm}^2 \sim 240000 \text{ kg/cm}^2$ までについて計算したが、鋼管部の応力の差は3%なので、モルタル部のヤング率の影響はあまりないと思われる。

| 名称     | D <sub>1</sub><br>mm | D <sub>2</sub><br>mm | T <sub>1</sub><br>mm | T <sub>2</sub><br>mm | F<br>mm | モルタル<br>強度<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|----------------------------------|
| DPM 1  | 355.6                | 318.5                | 7.9                  | 6.9                  | 10.65   | 538                              |
| DPM 1W | 355.6                | 318.5                | 7.9                  | 6.9                  | 10.65   | 210                              |
| DPM 2  | 355.6                | 267.5                | 7.9                  | 6.6                  | 36.20   | 538                              |
| DPM 2W | 355.6                | 267.5                | 7.9                  | 6.6                  | 36.20   | 250                              |
| DPM 3  | 352.6                | 318.5                | 6.4                  | 6.9                  | 10.65   | 450                              |
| DPM 3W | 352.6                | 318.5                | 6.4                  | 6.9                  | 10.65   | 250                              |
| DPM 4  | 352.6                | 267.5                | 6.4                  | 6.6                  | 36.20   | 450                              |
| DPM 4W | 352.6                | 267.5                | 6.4                  | 6.6                  | 36.20   | 250                              |

表-1 供試体寸法

5. 耐力について 耐力については、モルタルの圧縮強度を考慮した三重管とし、次の仮定を導入して解析した。

i) モルタルは、圧縮強度のみ考慮する。

ii) モルタル部の引張力は引張側にある鋼管が支持するものとする。

iii) 同一断面での外管、内管、モルタルは同一曲率を持つものとする。

この構造は、荷重を増加させると、まず載荷点に塑性ヒンジが生じ、その後、載荷点から90°の位置に塑性ヒンジが形成され破壊する。また塑性ヒンジができる断面について考えれば、載荷点では、内管がモルタル部で受られる引張力に相当する軸力を受け持ち、載荷点から90°の位置では外管がそれを受け持つことになる。この状態での曲げと軸力の組合せによる全塑性モーメントを扱うことになり、それは次式によ、表わされる。

$$(M_{pc}/M_{p0}) + (P/P_0)^2 = 1$$

ここに  $M_{pc}$  : 曲げと軸力の組合せによる全塑性モーメント、

$M_{p0}$  : 曲げのみでの全塑性モーメント、

$P$  : 作用している軸力、

$P_0$  : 軸力のみでの断面の降伏耐力、である。

この全塑性モーメントにより、外管の受け持つ耐力( $P_{01}$ )と内管の受け持つ耐力( $P_{02}$ )を算出する。

次にモルタル部分の断面の全塑性モーメントを考える。British Standard Code of Practice, CP114によれば、曲げを受けるコンクリートばりの極限状態での応力は、有効高さの半分をこえない範囲に、一様の応力  $\sigma_c = \frac{C_u}{\alpha \cdot \alpha_s}$  が分布するものと仮定している。 $C_u$ は円柱状試体の圧縮強度である。これよりモルタル部分の全塑性モーメントが求められ、それを使、モルタル部の受け持つ耐力( $P_{0m}$ )が算出できる。

結果として、二重鋼管全体の耐力は次式で求められる。

$$P_{0u} = P_{01} + P_{0m} + P_{02}$$

表-2に計算結果及び実験値との比を示した。実験値と計算値との比の平均は0.987であり、最大10%程度の違いで実験値に対応している。

6. 結論 本研究は簡単な荷重形態を扱、たおり、またその解析に際しくつきの仮定を導入したが、次のことが指摘される。

i) 耐力については、モルタル強度を考慮した三重管と仮定してその予想が可能である。またモルタル部分の受け持つ耐力はその強度により変化するが、全体の耐力に対してモルタル幅の厚いもので約5割〜6割程度、薄いもので約1割〜2割である。

ii) 弾性解析においては、モルタルと鋼管の接着が期待できる段階までなら、有限要素法により比較的正確に解析できる。

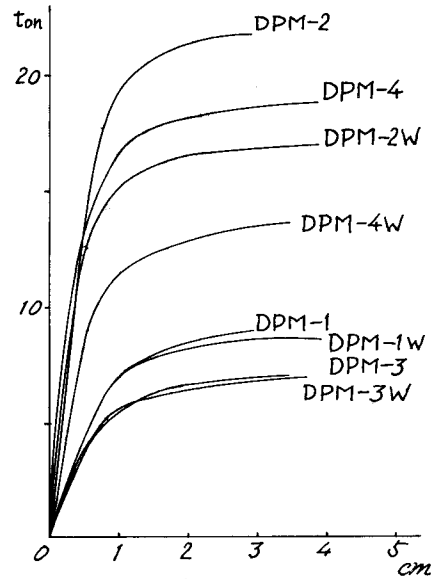


図-2 荷重-たわみ曲線

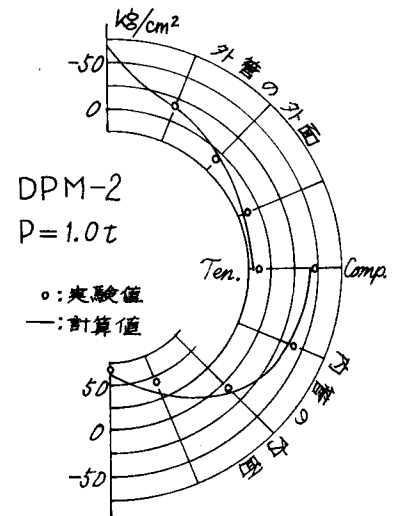


図-3 各点の応力

|       | 計算値<br>$P_{0u}$ | 実験値<br>$P_0$ | $P_0/P_{0u}$ |
|-------|-----------------|--------------|--------------|
| DPM1  | 8691            | 8150         | 0.938        |
| DPM1W | 8019            | 8100         | 1.010        |
| DPM2  | 22550           | 21200        | 0.940        |
| DPM2W | 14776           | 16200        | 1.096        |
| DPM3  | 6841            | 6670         | 0.975        |
| DPM3W | 6315            | 6350         | 1.006        |
| DPM4  | 18245           | 18100        | 0.992        |
| DPM4W | 12931           | 12100        | 0.936        |

表-2 耐力の計算値と実験値の比較