

## CS-74

## 内部に補強鋼板を有する鋼コンクリート合成構造の耐荷機構に関する一考察

三菱重工業（株） 正員○熊谷洋司  
 三菱重工業（株） 正員 関本 恒  
 東京電機大学 正員 井浦雅司  
 運輸省港湾技術研究所 正員 清宮 理

## 1. はじめに

近年、護岸ケーソンや沈埋函などの港湾構造物の部材に、鋼板と鉄筋コンクリートで構成されるオープンサンドイッチ構造が適用されつつある。筆者らは、この構造形式に関し、鉄筋及びずれ止めの削減を目的に、部材内部に、補強鋼板とずれ止めとしての形鋼を粗に配置する合成梁を先に提案し、従来の合成梁と同等の耐力を有することを示した。<sup>(1)</sup>

本報告では、この構造の力学的挙動を調べるために実施した追加の試験結果を報告するとともに、その耐荷機構の提案と考察を与える。

## 2. 試験概要

試験体一覧を表-1に、試験体の形状寸法を図-1に示す。いずれの試験体も表面鋼板厚さ4.5mm、幅500mm、高さ175mmの鋼・コンクリート合成梁である。載荷試験はせん断スパン比(a/d)とし、1.5、3.0及び4.5の3種類について実施した。また、補強鋼板の無い試験も実施した。使用材料の特性値を表-2に示す。加力は「4点曲げ載荷法」により単調載荷とし、表面鋼板が引張側となるよう試験体を設置した。

## 3. 試験結果と考察

試験結果を表-3に示す。各試験体の荷重－変位関係を図-2に、終局時のクラックの発生状況を図-3に示す。また、試験体の表面鋼板の梁軸方向応力分布を図-4に、中央断面内の応力分布を図-5に示す。

いずれの試験体についてもその最大耐力は、表-3の計算値(1)で示す通り前回と同様の「鋼材は降伏強度、コンクリートは一軸圧縮強度に基く応力ブロックの釣り合いにより求めた耐力」とほぼ一致することより、ずれ止めを密に配置した合成梁と同等の強度を有するものと考えられる。

しかし、試験結果にはずれ止めを密に配置した合成梁では見られない挙動が現れた。まず、前報で述べたと同様、クラック発生は載荷点直下に限定され、支点方向へのク

表-1 試験体一覧

| 名称    | 構 造 | 備考                                            |
|-------|-----|-----------------------------------------------|
| SW15  |     | a/d=1.5<br>L=1137.5mm<br>d=787.5mm            |
| SW30  |     | a/d=3.0<br>L=1662.5mm<br>d=1312.5mm           |
| SW45  |     | a/d=4.5<br>L=2187.5mm<br>d=1837.5mm           |
| SW30D |     | a/d=3.0<br>L=1662.5mm<br>d=1312.5mm<br>補強鋼板無し |

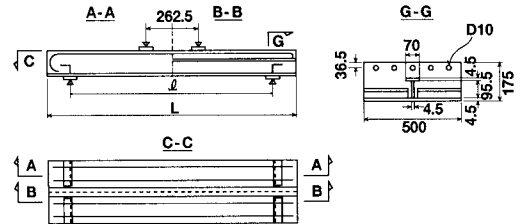


図-1 試験体形状

表-2 使用材料特性

| 項目           | 材 令            | 圧縮強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 普通コン<br>クリート | 54日<br>(試験開始時) | 299                            | 25.4                           | 2.51×10 <sup>4</sup>            |
|              | 70日<br>(試験終了時) | 317                            | 28.0                           | 2.51×10 <sup>4</sup>            |

| 材料名 | 項目     | 種 別   | 降伏点<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| 鋼 板 | 14.5mm | SS400 | 29.9                          | 39.3                           |
| 山形鋼 | t6.0mm | SS400 | 29.7                          | 40.2                           |
| 鉄 筋 | D10mm  | SD295 | 38.2                          | 52.0                           |

表-3 試験結果一覧

| 試験体名  | クラック発生荷重 (t) | 表面鋼板降伏荷重 (t) | 最大耐力 (t) | 計算値      |              |          |          |
|-------|--------------|--------------|----------|----------|--------------|----------|----------|
|       |              |              |          | 最大耐力 (1) | 表面鋼板降伏荷重 (2) | 最大耐力 (2) | 最大耐力 (2) |
| SW15  | 54.0 (中央部)   | 52.0 (一部)    | 83.0     | 87.9     | 1.06         | 72.5     | 1.05     |
|       | 72 (せん断)     | 75.8 (全体)    |          |          |              | 76.0     | 1.09     |
| SW30  | 3.0 (中央部)    | 19.0 (一部)    | 43.0     | 43.9     | 1.02         | 36.2     | 0.88     |
|       |              | 31.9 (全体)    |          |          |              | 37.6     | 1.14     |
| SW45* | 3.0 (中央部)    | 12.6 (一部)    | 25.4     | 29.3     | 0.87         | 22.1     | 0.87     |
|       |              | 19.2 (全体)    |          |          |              | 24.4     | 1.04     |
| SW30D | 3.6 (中央部)    | 32.9 (一部)    | 33.8     | 36.0     | 1.07         | —        | —        |
|       |              | 33.8 (全体)    |          |          |              | —        | —        |

\* 補強鋼板上フランジの全面荷重が先行したためこの値を記す

ラックの拡がりは認められなかった。次に、軸方向応力分布をみると、補強鋼板の無いSW30D試験体は表面鋼板が、载荷の初期の段階から一様引張応力状態になるのに対し、補強鋼板を有する他の試験体では引張応力が支点から载荷点に向かって漸増していた。これは、表面鋼板と補強鋼板一体でもってコンクリート圧縮ストラットをアンカーする引張部材として、また、直接鉛直荷重を支持する曲げ部材として機能しているためと考えられる。

さらに、断面内応力分布が「表面鋼板+補強鋼板」と「鉄筋コンクリート」との間で断面保持がなされていないことも考慮し、上記挙動を説明する力学モデルとして図-6に示すコンクリートと鋼梁で構成する力学モデルを提案する。本モデルは、「表面鋼板+補強鋼板」を「軸力+曲げ部材」、「鉄筋コンクリート」を「軸力部材」と仮定し、载荷点での「表面鋼板+補強鋼板」と「鉄筋コンクリート」とのたわみと回転角は同じとするが、両者のずれは許容するものであり、その最大の特徴は鉄筋コンクリート合力作用位置 $h$ とその有効断面積が、鋼梁の軸方向変位や回転角等から計算で決定出来ることにある。

本モデルを用いて解析した結果を図-4及び図-5で示した応力分布に併記したが、軸方向応力についても断面内応力についてもよく対応し、また降伏荷重および耐力については表-3に示す通り各試験体ともに14%以内で良く一致しており、今回提案の力学モデルの有効性が確認できた。

なお、表-3で表面鋼板の降伏が一部先行するが、これは補強鋼板直傍の部位であり、シアラグの影響による応力集中が原因と考えられる。

#### 4. まとめ

① 内部に補強鋼板を有しかつずれ止めとしての形鋼を粗に配置する合成梁では、ひずみ分布が断面保持されないが、十分な耐力を有している。

② 上記の構造体の耐荷機構は、「表面鋼板+補強鋼板」を「軸力+曲げ部材」、「鉄筋コンクリート」を「軸力部材」と仮定する力学モデルを用いて説明できる。

なお、本研究は三菱重工業（株）と運輸省港湾技術研究所とが共同して行っているものである。

#### 参考文献

1. 関本恒、熊谷洋司、清宮理「合成梁の力学性状に及ぼすずれ止め形式の影響」、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集(V)、1992年

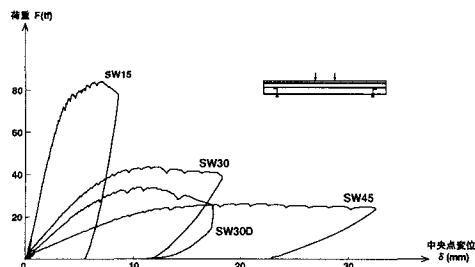


図-2 荷重-変位関係

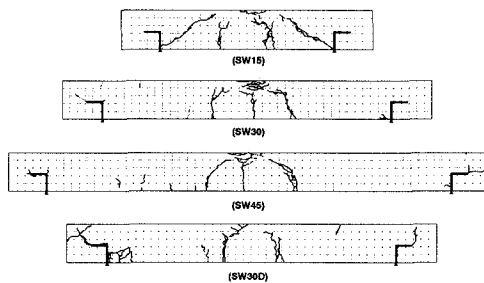


図-3 クラック発生状況

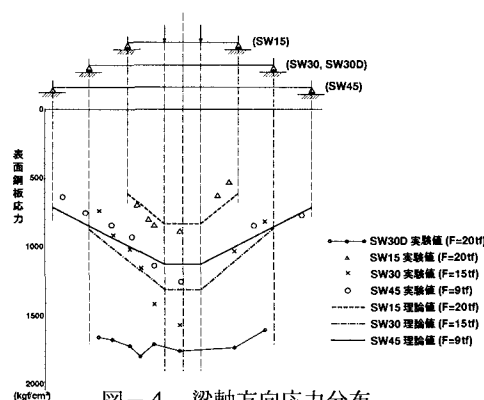


図-4 梁軸方向応力分布

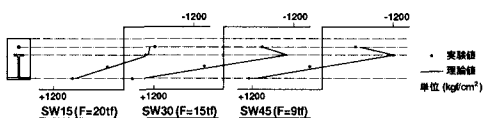


図-5 梁断面内応力分布

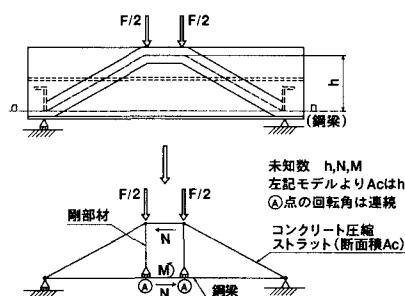


図-6 耐荷機構のモデル化