

部材軸直角方向にせん断補強鋼板を配置した鋼コンクリートサンドイッチ構造の解析的検討

鉄建建設	正会員	○安保	知紀	鉄建建設	正会員	松岡	茂
鉄建建設	正会員		長尾	鉄建建設	正会員	栗栖	基彰

1. はじめに

本検討で対象としている鋼コンクリートサンドイッチ構造は、線路下横断構造物の構築工法¹⁾として開発され、図-1に示すような鋼製エレメントを特殊な噛み合わせ継手でつなぎ合わせ、鋼製エレメント内にコンクリートを充填して部材を完成させる構造である。この特殊な噛み合わせ継手の力学特性は、石橋ら²⁾によって報告されている。

ここで、鋼コンクリートサンドイッチ構造に関する研究は、栖原ら³⁾によって基本的な強度特性に関する研究がなされ、これらの研究成果を受けて、「鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案）（土木学会）」が発刊され、その後「【2009年制定】複合構造標準示方書（土木学会） III. 鋼コンクリートサンドイッチ合成版編」にまとめられている。これらによれば、適切な種類のずれ止めを適切な間隔で設ける場合、一般には鋼材を鉄筋とみなして鉄筋コンクリート部材として扱ってよいとされている。

本検討で対象としている構造は、ずれ止めではなく部材軸直角方向にせん断補強鋼板が配置されており、一般的な鋼コンクリートサンドイッチ構造と比べると鋼材とコンクリートの一体性が低く、荷重が作用すると鋼板とコンクリート間にすべりが発生すると考えられる。そこで本検討では、実物大の模型を用いた載荷試験から鋼板とコンクリート間の状況を確認し、2次元FEM解析により曲げの特性を再現した。

2. 載荷試験

載荷試験は、図-2に示すように噛み合わせ継手により連結された複数の鋼製エレメント群を模した梁試験体を用いて、変位制御による静的曲げ載荷試験をおこなった。鋼製エレメントを構成する鋼材の材質はSM400材を使用し、噛み合わせ継手の遊間にはセメントミルクを充填した後、鋼製エレメントの中詰めに普通コンクリートを打ち込んだ。

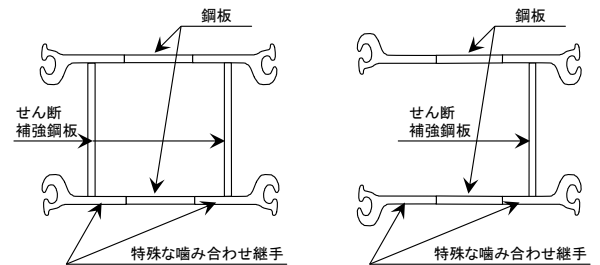


図-1 鋼製エレメントの概要



写真-1 ひび割れ状況

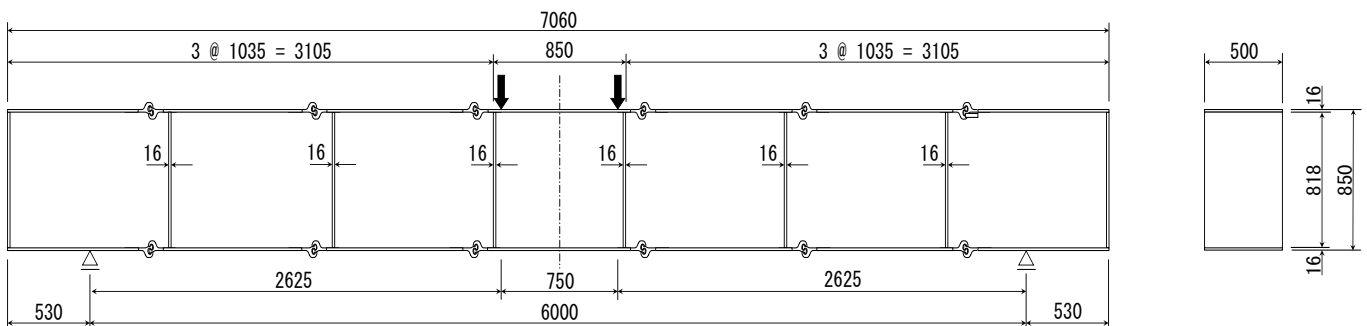


図-2 試験体概要図

キーワード 鋼コンクリートサンドイッチ構造, 噛み合わせ継手, せん断補強鋼板

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設（株） TEL 0476-36-2334

載荷試験では、写真-1 に示すように載荷点直近の引張側の噛み合わせ継手からひび割れが発生し、それに伴い引張側の鋼製エレメントとコンクリートの間にすべりが発生し、ひび割れが伸展・拡大していった。最終的には、載荷点間の圧縮側鋼製エレメントが座屈した後、コンクリートが破壊して荷重は緩やかに減少した。

3. FEM 解析

載荷試験では、ひび割れはほとんど分散することなく、せん断補強鋼板とコンクリート間の目開きやひび割れの拡大によって変形が進んでいく特徴的な結果となったことから、2次元の弾塑性 FEM 解析により試験結果との比較を試みた。

解析は、鋼製エレメントとコンクリートとの境界条件に着目し、圧縮・引張・せん断の全てを伝達する付着状態と圧縮力のみ伝達する接触状態の2ケースとし、1/2 モデルで行った。ここで、解析に用いた材料特性値を表-1 に示す。噛み合わせ継手の特性値は、文献2)の試験結果の平均値を引用し、その試験で測定した標点間距離を噛み合わせ継手としてモデル化した。

FEM 解析から得られた結果のうち、載荷点位置での鉛直変位が 100mm となった時点の主応力方向のひずみ分布を図-3 に示す。付着状態では引張側のコンクリートに引張ひずみが分散して発生しているが、接触状態ではコンクリートの隅角部に圧縮ひずみが集中しており、鋼製エレメントと鋼板の間が目開きしているのが確認でき、実験の現象を概ね再現できていると思われる。ここで、実験と解析から得られた荷重とたわみ量の関係を図-4 に示す。実験結果の初期勾配は、解析結果の付着状態に近く、変形が進むにつれて勾配が緩くなり接触状態に移行しているように見られる。

4. まとめ

ずれ止めを配置せず、部材軸直角方向にせん断補強鋼板を配置した鋼コンクリートサンドイッチ構造では、鉄筋コンクリートのような曲げひび割れの分散は見られず、鋼板とコンクリートのすべりが確認された。このすべりに伴い、せん断補強鋼板付近の目開きやひび割れが拡大し、圧縮側の鋼板が座屈した後コンクリートの圧縮破壊に至ることが分かった。また、2次元の FEM 解析と比較すると、鋼板とコンクリートは付着状態から接触状態へ移行している可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) 清水ら：鋼製エレメントを用いた線路下横断トンネルの設計法，トンネル工学研究論文・報告集第 8 巻 1998 年 11 月報告 (56)
- 2) 石橋ら：噛み合わせ継手の力学特性，土木学会論文集，No. 777/VI-65, pp. 73-82, 2004. 12
- 3) 栖原ら：鋼板とコンクリートから構成されるサンドイッチ式複合構造物の強度に関する研究(第1報)，日本造船学会論文集，Vol. 141, pp. 205-216, 1977

表-1 材料特性値

コンクリートの圧縮強度	28.8 N/mm ²
コンクリートの弾性係数	27400 N/mm ²
エレメント鋼板降伏強度	294 N/mm ²
エレメント鋼板弾性係数	200000 N/mm ²
噛み合わせ継手降伏強度	256 N/mm ²
噛み合わせ継手弾性係数	74270 N/mm ²

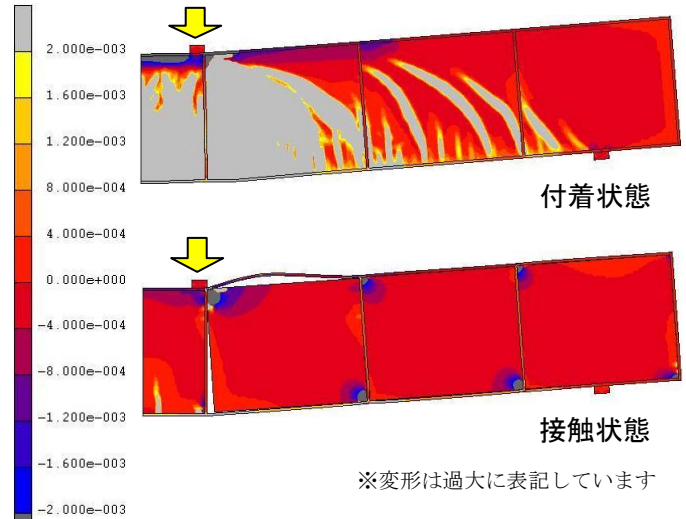


図-3 ひずみ分布

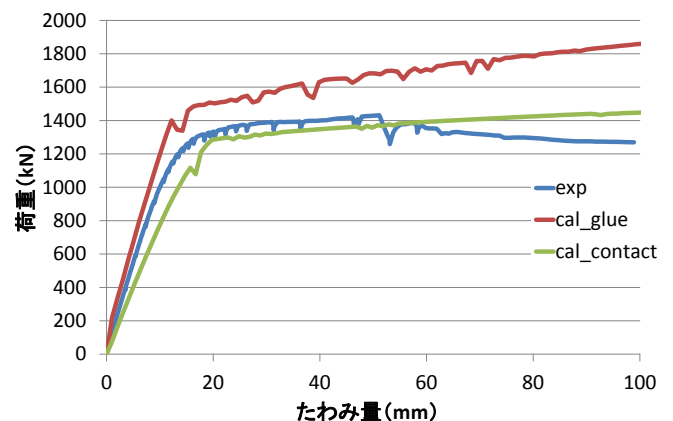


図-4 荷重-たわみ量