

## 長支間合成床版における底鋼板の施工時耐荷力について

川田工業株式会社 正会員 ○玉利 仁 辻 翔太 藤林 博明  
川田工業株式会社 庭山 孝史 森下 弘行 秋元 勇人

## 1. はじめに

大型シールドトンネルの中床版として採用される長支間の合成床版における施工時の底鋼板の耐荷力について検討を行った。本稿では、床版支間が 8m を超えるトンネル中床版を対象とし、板厚 6mm の底鋼板に多機能突起リブ（以下、横リブと略す）を溶接した合成床版<sup>1)</sup>を対象としている。トンネル中床版に用いる合成床版パネルの構造を図-1 に示す。長支間の場合、コンクリート打設による合成床版パネルの鉛直変位が大きくなるため、横リブが所要の耐荷力を有していることを確認する目的として、FE 解析および静的載荷試験を実施することとした。

本稿では、静的載荷試験に先立ち、実構造から抽出した基本モデルによる横リブの耐荷力の特性を確認し、次に載荷試験モデルに対する耐荷力と載荷方法の妥当性を FE 解析で検証した結果を報告する。

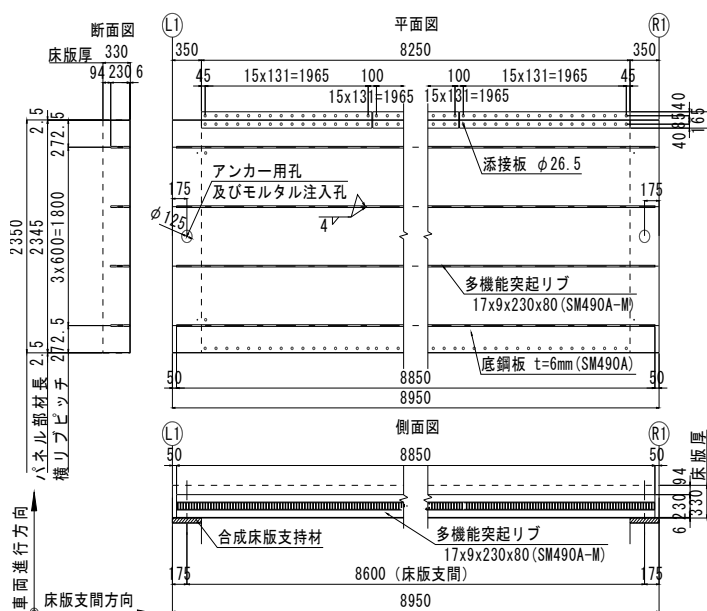


図-1 合成床版パネルの構造

## 2. 基本モデルの解析

合成床版パネルから 1 本分の横リブと底鋼板を抽出した FE 解析のモデルを図-2 に示す。基本モデルでは車両進行方向の底鋼板は連続しているとして、境界条件により変位を拘束している。幾何学的非線形と材料非線形を考慮した複合非線形解析により、コンクリート打設時の設計断面力に対する荷重と変位の特性から耐荷力を求める。底鋼板と横リブおよび横リブと底鋼板を接合するすみ肉溶接もソリッド要素としてモデル化を行い、横リブと底鋼板はすみ肉溶接を介して接合している。横リブは図-3 に示すリブ中間部の腹の高さが 130mm の A タイプと 80mm の B タイプ 2 種類とした。A と B の鉛直方向のリブの総高さは応力計算により高さを設定した。解析モデルでは実施工時の上げ越しキャンバーと横リブの初期不整を考慮している。初期不整は、固有値解析から得られる座屈モードの波形を用いて、横リブ上縁で最大 3mm の倒れを与えることとした。また残留応力の影響を考慮するため、座屈設計ガイドライン<sup>2)</sup>に準拠して、図-4 に示す応力分布を初

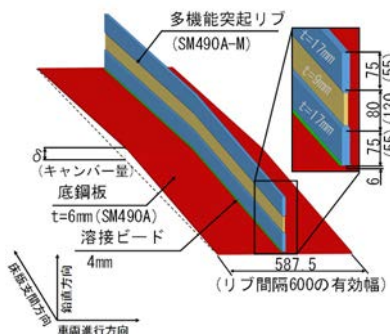


図-2 基本モデル

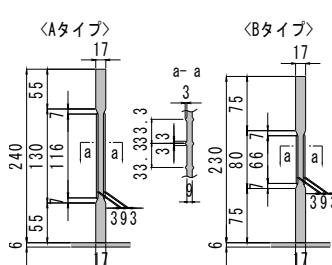


図-3 多機能突起リブ詳細

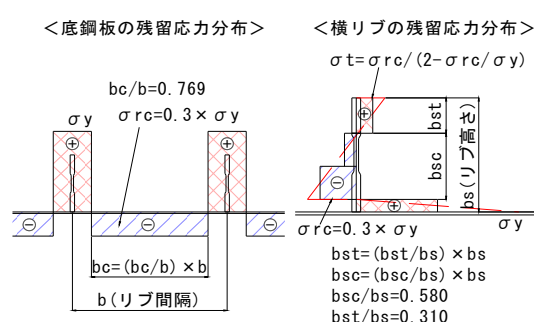


図-4 残留応力分布

キーワード 鋼コンクリート合成床版, 耐荷力, 複合非線形解析, 多機能突起リブ, トンネル中床版  
連絡先 〒550-0013 大阪府大阪市西区新町 2-4-2 川田工業(株)大阪支社 TEL 06-6532-4897

期応力状態とした。

複合非線形解析の結果を図-5 に示す。B タイプの耐荷力は A タイプに比べ 1.13 倍となっている。耐荷力に差が生じた要因としては、B タイプの横リブの面外剛性が大きく、横リブが倒れようとする変形が A タイプに比べ抑制された影響と考えられる。B タイプの横リブは設計荷重に対し、安全率 1.7 以上を有していることが確認できた。

以上のことから、多機能突起リブはいずれのタイプにおいても高い耐荷力性能を有することが確認できた。

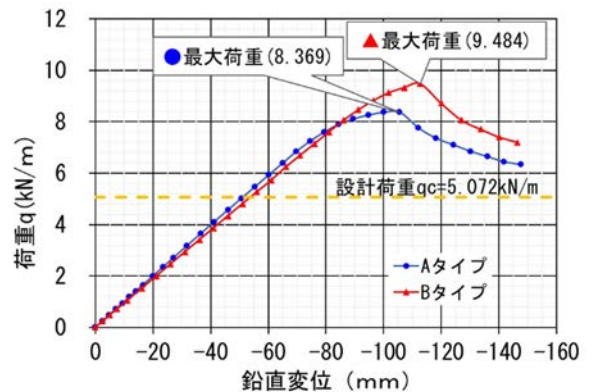


図-5 荷重と鉛直変位の関係

### 3. 載荷試験モデルの解析

載荷試験モデルを図-6 に示す。試験体は 3 本の横リブを有するパネルで、着目リブとしてパネル中央に多機能突起リブ、両端にパネルの形状を保持する目的で平リブ PL-180×19 を設けている。静的載荷試験において、鋼板重量は自重として等分布載荷されるが、コンクリート打設時の等分布荷重を載荷試験の荷重として再現することは困難である。そのため、形状保持リブ間に作用させているコンクリート重量を 2 点集中のジャッキ荷重に置き換え、図-7 に示す等分布荷重を載荷した時の設計曲げモーメントを包括する換算曲げモーメントを生じさせることとした。ジャッキ荷重は、着目リブを挟んだ両側の底鋼板上に 500mm 角の載荷板を設置し、1 載荷点あたり 2 面で載荷する。以上の載荷試験の条件に対し、耐荷力特性や等分布載荷と 2 点載荷の差異などの妥当性を検証するため、FE 解析を実施した。

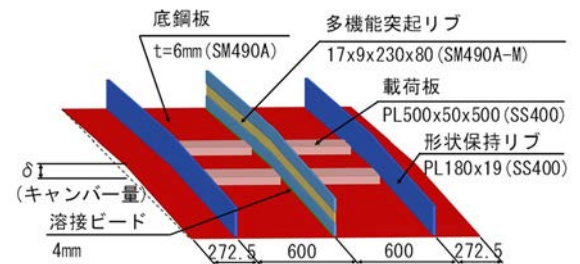


図-6 載荷試験モデル

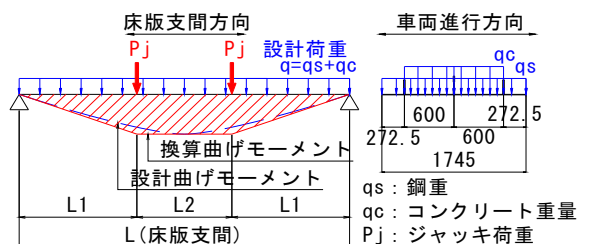


図-7 載荷方法

FE 解析による荷重と鉛直変位の関係を図-8 に示す。等分布載荷と 2 点載荷における変位の変曲点の荷重差は 5%程度であり、2 点載荷のケースが若干大きくなる結果であった。また、耐荷力および荷重と鉛直変位の挙動はほぼ同等であり、設計荷重に対し、安全率 1.7 以上を有している。以上より、2 点載荷では荷重と鉛直変位の変曲点が早く表れるがその差が小さく、載荷方法としては妥当だと判断できる。

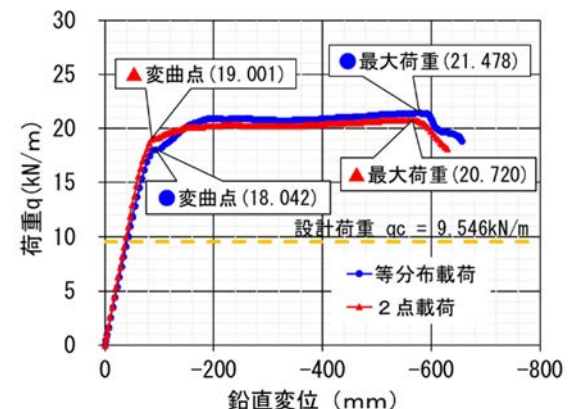


図-8 荷重と鉛直変位の関係

### 4. まとめ

床版支間 8.6m の合成床版を対象として、FE 解析による検証を実施した。多機能突起リブはコンクリート打設時の設計荷重に対し安全率 1.7 以上を確保できており、従来通り設計と製作を行うことで安全性が確保できることが確認できた。また、載荷試験において 2 点載荷による載荷方法の妥当性を確認できた。本検証において計画している試験体は、2023 年度に静的載荷試験を実施する予定である。

### 参考文献

- 1) 岩田,小枝,井口,甲木,松井,東山: 多機能突起リブを用いた鋼コンクリート合成床版の輪荷重走行試験,構造工学論文 Vol.67A, pp.769-778,2021.
- 2) 土木学会: 座屈設計ガイドライン 改訂第2版 [2005 年版] pp.60-64