

V-438

## 一様な未充填部を有する鋼コンクリートサンドイッチばりのせん断実験

(株)オリエントコンクリート      〇渡辺英夫  
運輸省港湾技術研究所      清宮 理  
新日本製鐵株式会社      木村秀雄

## 1. はじめに

沈埋工法で建設される神戸港港島トンネルでは、わが国で初めて上床版と側壁に鋼コンクリートサンドイッチ構造が採用される。この構造では鋼殻内部に高流動コンクリートを充填して合成構造化が計られるが、充填の程度がせん断耐力に及ぼす影響については明らかでない。本稿では、この影響を把握するため、沈埋函の上床版に未充填が生じた場合を想定し、一様な未充填を有する鋼コンクリートサンドイッチ模型ばりを用いて、静的せん断載荷試験を行い未充填によるせん断耐力の低減を調べた結果について報告する。

## 2. 実験の概要

(1)供試体の形状寸法：沈埋函は函軸直角方向が構成部材の主方向となるため、上床版のせん断設計では函軸直角方向（部材軸方向）に配置したせん断補強鋼板によって全せん断力を分担させている。このため、本実験では部材軸方向のせん断補強鋼板を有し（70°タイフ）実構造の1/3程度のスケールの模型供試体を作成した。なお、実際の沈埋函では、上床版のせん断耐力は曲げ耐力を大きく上回っておりせん断破壊が先行することはないが、本実験では引張側鋼板の板厚を増厚してせん断破壊を生じる供試体とした。供試体の形状寸法を図-1に示す。

(2)実験ケース：一様な未充填部分の深さと位置（曲げ圧縮側、引張側）を試験要因とし、試験体の曲げ圧縮側または引張側に一様な深さの未充填部分を設けた。未充填の深さは圧縮側の山形鋼（L-50×50×6）に対しては高さの0, 10, 50, 100%の4ケースとし、引張側の山形鋼には高さの50%とした。実験ケースを表-1に示す。

(3)供試体の製作方法：未充填部分は発泡スチロールを埋設し、載荷点または支点は鉛直荷重のみが伝達されるようにモルタルを充填した。コンクリートの打設はせん断補強鋼板の片面ずつ行った。

(4)使用材料：コンクリートは早強で呼び強度240kgf/cm<sup>2</sup>（ $\sigma_{cs}=284\text{kgf/cm}^2$ ）粗骨材の最大寸法は20mm（碎石）である。鋼材は全てSS400であり、引張側鋼板（ $t=19\text{mm}$ ）の降伏強度は $\sigma_{sy}=2767\text{kgf/cm}^2$ 、せん断補強鋼板（ $t=3.2\text{mm}$ ）の降伏強度は $\sigma_{sy}=2995\text{kgf/cm}^2$ 、圧縮側鋼板（ $t=4.5\text{mm}$ ）の降伏強度は $\sigma_{sy}=3556\text{kgf/cm}^2$ である。

(5)載荷方法および計測項目：載荷は支間中央の1点載荷（せん断スパン比 $a/d=2.33$ ）とし、引張側鋼板降伏までは荷重漸増方式で、その後は変位制御方式で行った。測定項目は、荷重、たわみ、圧縮側鋼板・引張側鋼板・せん断補強鋼板・コンクリートのひずみ、ひびわれ幅である。

表-1 載荷実験ケースと実験結果

| ケース    | 未充填位置 | 未充填率 | 曲げひびわれ発生 | せん断補強鋼板降伏 | 下フランジ降伏                                                                        | 最大荷重<br>(引張側鋼板・圧縮側) |
|--------|-------|------|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ① W00  | 圧縮側   | 0%   | 12.5 tf  | 62.4 tf   | 89.8 tf                                                                        | 計算値 82.0 tf         |
| ② W10  | "     | 10%  | 10.9 tf  | 55.0 tf   | 86.9 tf                                                                        | 計算値 82.7 tf         |
| ③ W50  | "     | 50%  | 11.1 tf  | 55.1 tf   | $\begin{matrix} \varepsilon_s=1200\mu \\ < \varepsilon_{sy}=1319 \end{matrix}$ | 計算値 78.0 tf         |
| ④ W100 | "     | 100% | 13.5 tf  | 55.4 tf   | $\begin{matrix} \varepsilon_s=1279\mu \\ < \varepsilon_{sy}=1319 \end{matrix}$ | 計算値 71.9 tf         |
| ⑤ W50L | 引張側   | 50%  | 6.5 tf   | 52.5 tf   | $\begin{matrix} \varepsilon_s=1279\mu \\ < \varepsilon_{sy}=1319 \end{matrix}$ | 63.5 tf             |

## 3. 実験の結果

(1)荷重挙動：載荷に伴う各供試体の破壊に至るまでの挙動はほぼ同一である。この過程は、支間中央部の曲げひびわれ発生→引張側の山形鋼からのせん断ひびわれ発生→圧縮側鋼板の剥離→せん断補強鋼板（高さの中央）の降伏→引張側鋼板の降伏→圧縮側鋼板の座屈→コンクリートの破壊の順序となった。

(2)試験結果：載荷試験結果を表-1、ひびわれ図を図-2、荷重～変位曲線を図-3、未充填率と最大荷重の関係を図-4に示す。

(3)ひびわれの状況（図-2参照）：斜めせん断ひびわれは、引張側鋼板の山形鋼から載荷点直下または隣接す

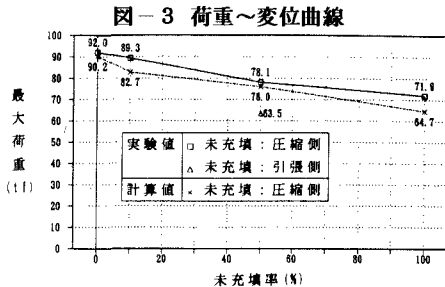
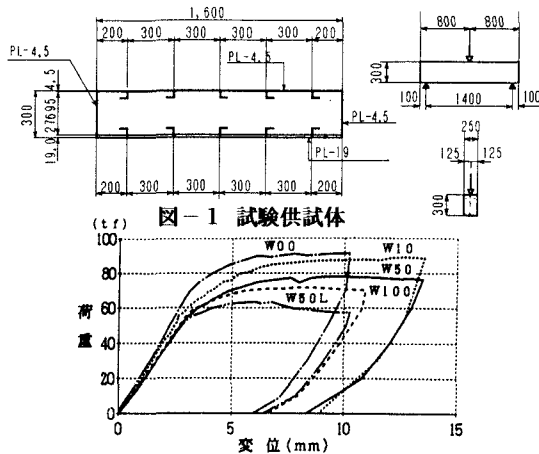


図-4 未充填率と最大荷重の関係

る山形鋼に向かって、 $\theta = 30 \sim 40^\circ$  の角度で生じている。また、せん断補強鋼板の斜め引張応力（はり高さの中心位置）の方向はこれにほぼ直交する  $\alpha = 40 \sim 60^\circ$  となっている。

(4)未充填率と最大荷重の関係(図-4参照)：圧縮側のような未充填の大きさ(未充填率)が大きくなると最大荷重は減少する。ただし、未充填率が100%でも最大荷重の低下は20%であった。また、引張側鋼板に未充填を有する場合には圧縮鋼板に未充填を有する場合よりも最大荷重は減少している。この主な要因は本構造において鋼板とコンクリートを一体化する役割は圧縮側鋼板側よりも引張側鋼板側の山形鋼の方が大きく、山形鋼周囲の未充填によるずれせん断剛性と耐力の低下の影響によるものと推定される。

(5)最大荷重と計算値の比較(表-2参照)：最大荷重は鋼コンクリートサト・イチ指針(案)によるウエブコンクリートの斜め圧縮破壊耐力(部材係数は1.0)とほぼ一致した。なお、計算に際して圧縮側に未充填がある場合にはコンクリート上面から有効高さを取っている。

(6)耐荷機構：上記(3)からわかるように、一様な未充填が存在する場合でも、曲げ圧縮領域のコンクリートが圧縮弦材、引張側鋼板が引張弦材、ウエブコンクリートが斜め圧縮部材、せん断補強鋼板が斜め引張部材としての力を伝達しており、トラス機構が成立していることがわかる。

#### 4. 結論

- ①圧縮側の未充填の増加とともに最大荷重は低下するが、未充填率100%でも20%の低下であった。
- ②各供試体のひびわれ様相はほぼ同一であり、耐荷機構はトラス機構により説明できた。
- ③最大荷重はコンクリートの斜め圧縮破壊耐力で決定され、鋼コンクリートサト・イチ指針(案)の斜め圧縮耐力の算定式で精度よく推定できた。また、圧縮側の未充填の影響はコンクリート上面から有効高さをとることで算定できた。
- ④引張側に一様な未充填部がある場合には、圧縮側にある場合に比べて最大荷重は小さくなった。

なお、本実験は運輸省港湾技術研究所、(株)オシエンコソルツおよび新日本製鐵株式会社の3社による共同研究によるものである。

〔参考文献〕土木学会：鋼コンクリートサト・イチ構造設計指針(案)、平成4年7月

