

運輸省港湾技術研究所 正会員 清宮 理
 (株)新日鐵 正会員 木村秀雄

まえがき 鋼とコンクリートによる合成部材のずれ止めに形鋼が使われる。形鋼によりずれ止めと鋼板の補強ができる。形鋼のずれせん断力については清宮¹⁾、上田²⁾らにより実験式が提案されている。しかしながら図-1に示す合成版式沈埋函に使用される大型な形鋼の耐荷力は、既往の提案式ではかなり危険側の値を算定することが判明した。ここでは形鋼の寸法がずれせん断力に及ぼす影響を実験的に調べるとともに実験結果を説明できる算定式を誘導した結果について述べる。

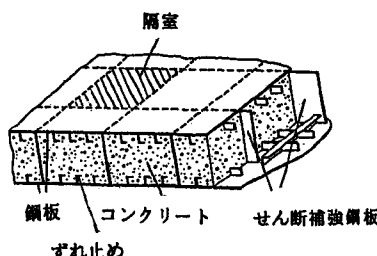


図-1 鋼コンクリートサンドイッチ構造

載荷試験の概要 載荷試験の概要を図-2に示す。板厚9mmの鋼板にL形鋼を溶接し、鋼板とコンクリート間に油圧ジャッキを設置して単調載荷により鋼板を引き抜いて形鋼のずれせん断力を調べる。鋼板には面外の拘束のための補強は特にしていない。コンクリートブロックの寸法は高さ240cm、幅80cm、奥行き40cmである。セメントの種類は早強ポルトランドセメントでコンクリートの設計基準強度は300Kgf/cm²である。形鋼の寸法はL100x100x7, L100x100x13, L150x150x12, L150x150x15, L150x150x15の5種類である。形鋼のフランジの向きが載荷方向と反載荷方向の2種類とし合計10体の供試体を製作した。計測項目は、油圧ジャッキの荷重値、形鋼とコンクリート間の相対変位及び鋼板のひずみである。

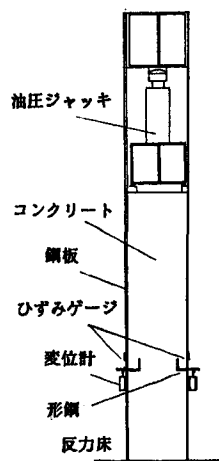


図-2 載荷試験の概要

載荷試験の結果 載荷試験での破壊性状を図-3に示す。形鋼の隅よりせん断ひびわれが斜め方向に発生し、その後形鋼の前面のコンクリートが圧壊して終局を迎えた。いずれの供試体も同じような破壊性状を示した。ずれせん断力は60.0-80.3tfの範囲にあった。形鋼の大きさが大きくなってもずれせん断力はさほど増加しなかった。またフランジの向きが載荷方向であると反載荷方向と比較して若干ずれせん断力は大きくなった。形鋼はウェブ部分の中央付近で折れ曲がったが鋼板との破断は見られなかった。図-4に実験で得られたずれせん断力値と鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)³⁾で計算される値との比を示す。指針(案)よりも今回の実験値が小さい値を与えた。形鋼が大きくなってもずれせん断力は上昇せずほぼ一定値となった。

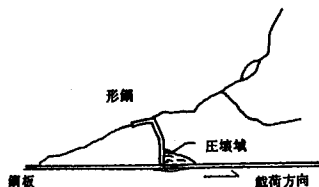


図-3 破壊性状

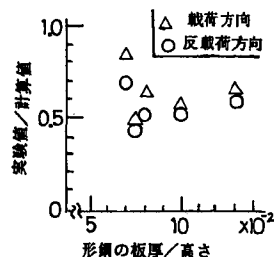


図-4 実験値と計算値との比較

形鋼の耐荷力の計算 形鋼とコンクリートの破壊性状を基に図-5に示す計算モデルを作成する。形鋼前面のコンクリートを弾性領域と圧壊領域とに分類する。形鋼は弾性挙動を示すはりと仮定しずれ耐荷力は形鋼と鋼板との溶接部に水平方向に作用するとする。形鋼のウェブに関する基礎方程式は以下の通りである。

$$\text{圧壊領域 } (0 \leq x \leq l_1) \quad EI d^4 y / dx^4 + S_{max} x = 0 \quad (1)$$

$$\text{弾性領域 } (l_1 \leq x \leq l_2) \quad EI d^4 y / dx^4 + E_c y = 0 \quad (2)$$

それぞれの一般解は以下の通りである。

$$y_1 = -(S_{max} / 24EI) x^4 + Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (3)$$

$$y_2 = e^{\beta x} (E \cos \beta x + F \sin \beta x) + e^{-\beta x} (G \cos \beta x + H \sin \beta x) \quad (4)$$

ここにEI：ウェブの曲げ剛性、 E_c ：コンクリートのヤング率、 S_{max} ：コンクリートの支圧強度、 $\beta = (E_c / 4EI)^{1/4}$ 、 $A \sim H$ ：係数

境界条件として溶接部の固定条件、弾性域と圧縮域の連続性およびフランジでの固定条件を考慮する。ただし解は l_1 を仮定しながら試行的に求める。またコンクリートの支圧強度は、有限要素法（弾性解）により形鋼前面の主応力状態からKupferの降伏面を考慮して低減を行う。

計算結果 図-6にL150x150x15の形鋼の場合の計算例を示す。コンクリートの支圧強度は300Kgf/cm²である。形鋼の変位分布から分かるように形鋼の溶接部から8cmの箇所でウェブが折れ曲がっている。またウェブの最大曲げモーメントもこの位置に生じている。図-7に支圧強度を関数にしてずれせん断力と圧縮域の長さとの関係を示す。また併せて実験値と計算値との比較を示す。圧縮域の長さが長くなるほどまた支圧強度が大きくなるほどずれせん断力は大きくなる。実験結果ではずれ耐荷力が65-85tf圧壊域の長さが5-8cmの範囲にあり計算値とほぼ等しい。

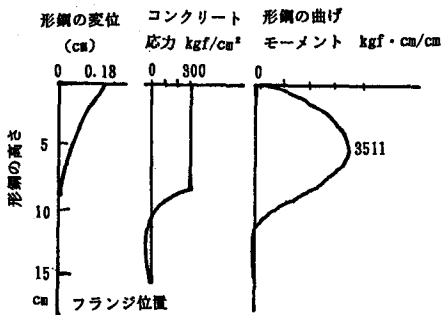


図-6 計算結果

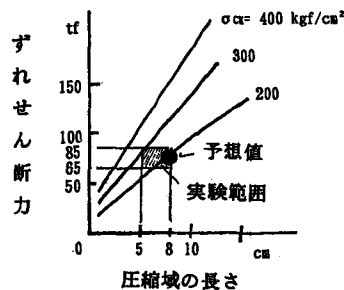


図-7 ずれせん断力と圧縮域の長さの関係

まとめ 合成版式沈埋トンネルに使用される実物大の形鋼の引き抜き載荷試験よりずれせん断力を求めたところ、大型の形鋼では高さに比例してずれせん断力は増加せずほぼ一定となった。また形鋼前面のコンクリートの支圧破壊により終局を迎えた。これは形鋼前面でコンクリートの支圧強度を受け持つ領域が形鋼の変形によりほぼ一定となるからだと考える。従来提案されている比較的小型の形鋼の載荷試験を基に提案されているずれせん断力の算定式は今回危険側の値を与えた。なお本研究は港湾技術研究所と新日鐵との共同研究により行ったものである。

参考文献 (1)横田、清宮：鋼コンクリート合成部材での形鋼によるずれ止めの耐荷力、港湾技研資料No. 595, Sept., 1987 (2)上田、チン：形鋼シアコネクタのせん断強度、第2回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、1989, Sept., pp. 149-156 (3)土木学会：鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案）、1992, April, pp. 62-63