

大阪大学大学院 学生員○三宅修司
大阪大学大学院 7E0- 西村宣男

大阪大学大学院	正会員	亀井義典
日立造船(株)	正会員	脇田雄一
日立造船(株)	正会員	嶽下裕一

1. まえがき

新しい直接基礎構造形式として考案されたUNI FLY OVER工法は上・下部工を鋼製の一体化構造とし、下部工の支持梁をプレファブ式フーチングパネルを介して直接地盤に設置する急速施工を念頭に置いた工法である。本研究では実験により連続的なU型鋼と断続的な鉄筋コンクリートパネルがスタッドジベルにより一体となった合成構造物の部材としての挙動を明らかにした。

2. 実験概要

実験モデルは橋梁下部工を対象とし、支持梁部分のみを対象としたモデル1と、橋脚柱と支持梁を含む部分を対象としたモデル2の2種類とする。共にスタッドジベルにより支持梁が5枚のフーチングコンクリートパネルと合成されている。それぞれの供試体の支持梁、橋脚柱部の詳細図を図-1に示す。モデル1の供試体は、コンクリートパネルと合成された支持梁の一部材としての特性、つまり断続的な弾性体としての特性を検証するためのものとし、モデル2の供試体は支持梁と橋脚の格点部の挙動を詳しく検証するためのものとする。

モデル1では支持梁にせん断力を生じさせ、鉄筋コンクリートパネル側が引張となるよう支持梁の中央に弾性範囲で載荷するケースとしてCASE1-1、同じく鉄筋コンクリートパネルの切れ目となっている部分の上部に載荷するケースとしてCASE1-2、ねじりを生じさせる荷重載荷ケースとしてCASE1-3、支持梁の中央に下フランジが降伏に至るまで載荷するケースとしてCASE1-4を設定する。載荷方法は、CASE1-1, 2, 4においては図-2に示すように支持梁の両端をヒンジにより支持し、フレームに取り付けられたジャッキにより鉛直方向に載荷する。CASE1-3においては支持梁の3隅を支持し、支持されていない1点に鉛直方向に載荷する。但し、可動側の支持梁端部については、上方から浮き上がりを拘束する。

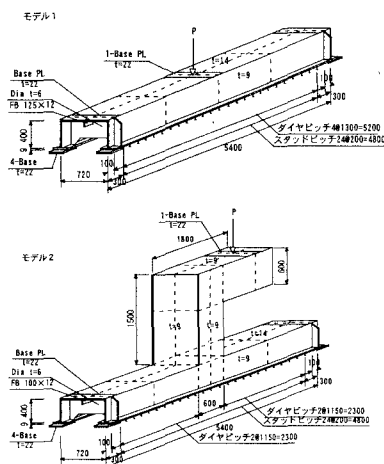
モデル2では橋脚柱と支持梁の格点部に回転モーメントが生じるように載荷するCASE2を設定する。CASE1-4と同様、下フランジが降伏に至るまで載荷する。図-2に示すように載荷方法としては橋脚柱上部に剛結されたはりに鉛直方向荷重を与えることにより格点部に回転モーメントを与えるものとする。、フランジの降伏がパネル降伏より先行するものとする。条件としては断面積比 S を用いて次のように与えられる¹⁾。

$$S \geq S_{\text{c}} \quad (= \sqrt{3}/2)$$

ここに S は、梁または柱部材の腹板とフランジプレートの断面積比 ($= d \cdot t_f / b \cdot t_f$) の大きい方を表すものであり、本実験では柱部材のそれとなる。但し、 b : フランジ幅、 d : ウェブ幅、 t_f : 板厚とする。

3. 実験結果と考察

CASE1-1の荷重-鉛直変位関係を図-3に示す。梁理論による鋼製梁のみの理論値と合成断面梁での理論値との比較を行った。フーチングパネルの切れ目部のモルタルにひび割れが生じ始める載荷荷重 $P=$ 約10tf辺りまでは合成断面の梁の理論値に近いが、 $P=$ 10tfを超えた辺りから鋼製梁のみの理論値の直線に漸近していく傾向が見られる。



圖一 鋼製支持梁，橋脚柱詳細圖

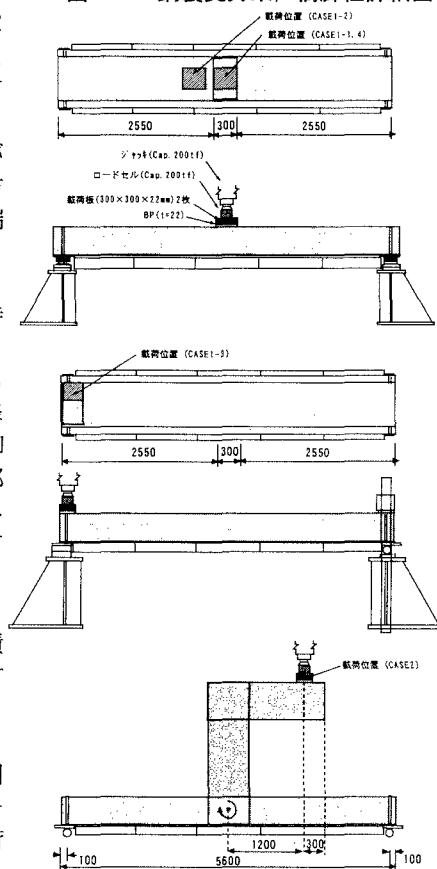


図-2 荷重載荷ケース

CASE1-1における載荷荷重 $P=30.023\text{tf}$ のときの下フランジ付近ウェブの橋軸方向応力と中立軸を表したものを図-4に示す。最も応力が大きくなるのは供試体中央の測定点である。梁理論によればこの橋軸方向応力分布は中央を最大として直線的に変化していくが、直線とはなっていない。コンクリートパネル中央付近の応力は緩和され、コンクリートパネルの継ぎ目の付近では逆に応力の集中が見られる。しかしながら中立軸については、殆ど変動は見られない。

CASE1-3の上フランジ、ウェブにおけるせん断応力を、ねじり理論による合成断面梁での理論値と共に表したのが図-5である。但し荷重は $P=2.096\text{tf}$ とし、理論値とは開閉混合断面材のねじり理論より求められた値である。供試体中央部ウェブ表面のせん断応力を除いて殆ど全て実験値が理論値（合成断面）と一致した。また、供試体中央部ウェブ表面のせん断応力に関しては理論値よりも下回る結果となった。これは供試体中央部の測定点のみがコンクリートパネル中央に位置し、その他の測定点はコンクリートパネルの継ぎ目となる断面に位置しているためであると考えられる。このことから本供試体は単純ねじりに対して完全合成閉断面ではないがほぼそれに近い挙動をするということが分かる。

CASE2における載荷荷重—隅角部ウェブパネルのせん断応力関係を図-6に示す。但し、最も大きなせん断応力となる測定点（下フランジ付近）における値のみ示すものとする。材料試験結果より引張降伏応力は $\sigma_Y=3320\text{kgf/cm}^2$ 、降伏せん断応力は $\tau_Y=1917\text{kgf/cm}^2$ である。また下フランジが降伏する荷重は $P_Y=39.6\text{tf}$ であり、このときせん断応力 τ は τ_Y を超えていない。従って隅角部のウェブパネル降伏よりも下フランジ降伏の方が先行していることが分かる。

載荷荷重 $P=39.990\text{tf}$ のときの格点部における主応力状態とその近傍の部材軸方向応力状態を図-7に示す。最も主応力が大きくなるのが下フランジ付近で $\sigma_1=3182\text{kgf/cm}^2$ となった。一方、最小主応力の最小となるのが上フランジ付近で $\sigma_2=-1869\text{kgf/cm}^2$ となる。梁、柱部材軸方向応力で、引張側の最大値は下フランジ付近で $\sigma_{max}=3139\text{kgf/cm}^2$ となった。また、圧縮側の最大値は上フランジ付近で $\sigma_{min}=-1191\text{kgf/cm}^2$ となった。

4. まとめ

本研究では、連続的なU形鋼と断続的な鉄筋コンクリートパネルがスタッドジョベルにより一体となった合成構造物の一部材としての挙動を実験により明らかにした。また、格点構造を含んだ実験モデルにより隅角部ウェブパネルの詳しい応力状態も明らかにした。得られた主な知見は以下の通りである。

- CASE1-1における鉛直変位は、載荷荷重 P =約 10tf までは合成断面の梁の理論値に近いが、 $P=10\text{tf}$ を超えた辺りから鋼製梁のみの理論値の直線に漸近していく傾向が見られた。
- CASE1-1で下フランジ付近のウェブの橋軸方向応力分布は中央を最大として直線的に変化せず、コンクリートパネル中央付近の応力は緩和され、コンクリートパネルの継ぎ目の付近では逆に応力の集中が見られた。
- CASE1-3において、単純ねじりに対して本供試体はほぼ完全合成閉断面に近い挙動をするということが分かった。
- CASE2では、当初の隅角部設計通り、せん断応力によるウェブパネル降伏よりも下フランジ降伏の方が先行することが確認された。

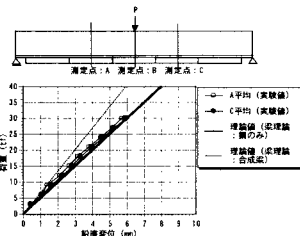


図-3 荷重—鉛直変位関係



図-4 橋軸方向応力分布と中立軸位置

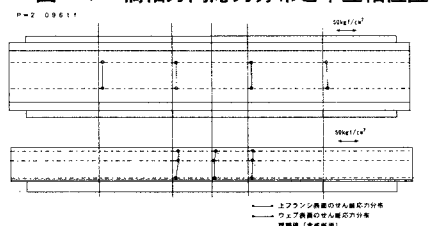


図-5 上フランジ、ウェブにおけるせん断応力

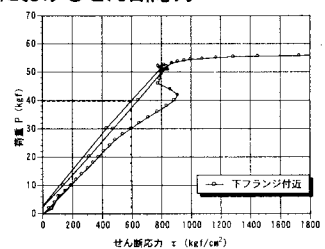


図-6 隅角部ウェブパネルのせん断応力

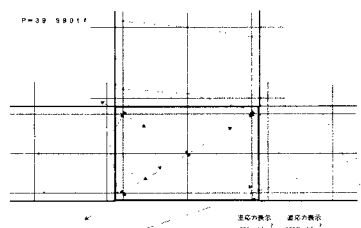


図-7 格点部における主応力状態とその近傍の部材軸方向応力状態

参考文献

- 1) 黄元燮：鋼製ラーメン橋脚隅角部の弾塑性挙動と限界状態照査法に関する研究，大阪大学学位論文，1993年7月