

合成桁における孔あき鋼板ジベルの終局挙動

石川島播磨重工業(株)橋梁事業部設計部
 広島大学大学院工学研究科助教授工博
 広島大学工学部第四類
 広島大学大学院工学研究科

○正会員 岩崎 初美
 正会員 藤井 堅
 正会員 深田 和宏
 正会員 豊田 正

1. 目的

鋼・コンクリートの合成構造のずれ止めに、せん断強度が高くかつ疲労強度の高い孔あき鋼板ジベルが採用されつつある。本研究では、孔あき鋼板ジベルを合成桁に適用する場合において、孔あき鋼板ジベルを使用した合成桁の全体挙動と孔あき鋼板ジベルまわりの拘束効果に着目して得られたずれ挙動の知見について報告する。孔あき鋼板ジベルを使用した過去の研究¹⁾²⁾は床版コンクリートが薄い供試体が多いが、今回はハンチ高も考慮して実橋に使用される床版厚および配筋を想定した(図-1)。

2. 合成桁実験

孔あき鋼板ジベルを使用した合成桁の床版と鋼桁の合成作用・ずれ挙動を把握するため、静的曲げ載荷実験をおこなった。図-2に供試体のコンクリート部の断面を示す。供試体は実橋断面を2/3倍した形状とし、粗骨材径も15mmとした(図-3)。なお、供試体は床版の主鉄筋を設けたType1と、床版の主鉄筋を省略したType2の2種類とした。合成桁の中立軸が鋼桁ウェブ内に位置するようにウェブ高・板厚を決定し床版コンクリートに引張力が発生しないように設計した。また、供試体のせん断スパン比を5.0とし曲げ破壊を対象とした。また、孔あき板ジベルの崩壊が桁の崩壊に先行して現れるように、孔径40mm・孔間隔500mmとした。また、D10の貫通鉄筋、ジベル上にD13の主鉄筋を配置した。載荷は50tf油圧式アクチュエーターを使用し変位制御で中央1点載荷である。

3. 引き抜きせん断実験

合成桁実験に先立って、同じかぶりを持つ引き抜きせん断実験をおこなった。図-4に引き抜きせん断実験用供試体を示す。実験は50tf油圧式アクチュエーターを使用しプレート上部を上方向に変位制御で引き上げた。

4. 合成桁 FEM 解析

図-5に示すように、合成桁の実験供試体をモデル化してFEM解析をおこなった。解析はABAQUSによる複合非線形解析である。孔あき鋼板ジベルは要素実験から得られたバネ定数を使用した弾性バネとし、一方、上フランジと床版間の付着はジベルのバネ定数の約1/100の弾性バネとしてジベルバネが効果的に働くようにモデル化した。

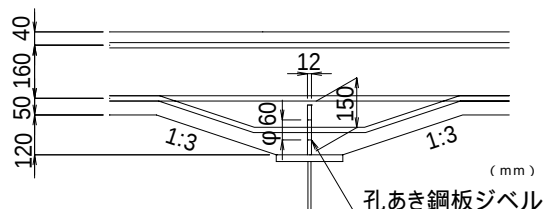


図-1 孔あき鋼板ジベルを用いた合成桁の断面

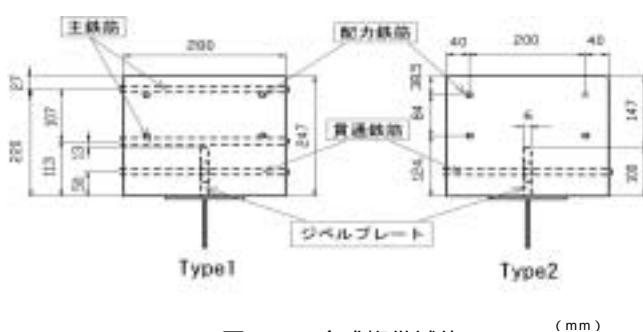


図-2 合成桁供試体

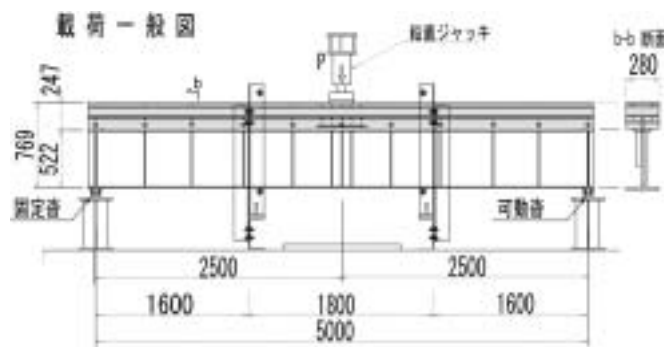


図-3 合成桁実験

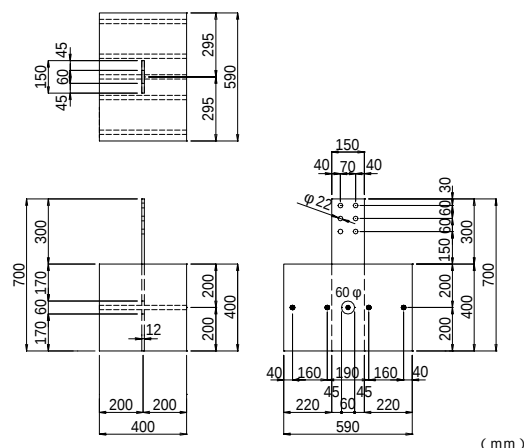


図-4 引き抜き実験供試体

キーワード 孔あき鋼板ジベル, 合成桁, ずれ挙動

5．合成桁の実験結果

図 - 6 に荷重-桁中央のたわみ関係を示す．合成桁の実験値（Type 1，Type 2），FEM 解析値，完全合成と重ね梁の計算値，有吉³⁾の完全弾塑性モデルによるシェル要素を用いた FEM 解析の解析値（push out, pull out）をあわせて示す．Type 1，Type 2 とともに 600 kN 付近までたわみはほぼ一致しているが，600 kN を超えると Type 1 は Type 2 に比べ高い剛性を示し，最大荷重は Type 1 の方が Type 2 よりも約 1 割大きくなった．これは主鉄筋の効果による．また，合成桁の FEM 解析は 300 kN でコンクリートにひび割れが発生し解析不能となったが，300 kN までは実験と解析はよく一致している．また，有吉らの解析値は 600 kN 付近までは実験値と一致しているが，コンクリートを完全弾塑性としているので最高荷重は実験値よりもかなり大きくなった．なお，今回の実験では，ジベル崩壊時には床版上面のひび割れは発生しなかった．また，孔あき鋼板ジベル位置における床版と鋼桁の間のずれ計測結果から，載荷点から離れるほどずれ量は大きくなっていった．

6．引き抜きせん断実験結果

引き抜き実験では，せん断力が約 150 kN まで除々に上昇しその後は一定の耐力を保持し約 13.0mm までずれが増大した．本実験では，実橋をモデル化したため，かぶり厚が 220mm と厚く崩壊はジベルのまわりのコンクリートのみが破壊し，かぶりコンクリートを貫通するひび割れは発生しなかった．

7．かぶりコンクリートの応力状態

図 - 7 に合成桁のかぶりコンクリート部のひずみ分布を示す．コンクリート床版と鋼桁間にずれが生じると図のジベル上部のかぶりコンクリート部には曲げひずみが発生しており，孔内コンクリートと周辺コンクリートの噛み合いによってジベル中央部では周辺のコンクリートを押し上げる力が発生していることがわかる．これは，引き抜きせん断実験のひずみ分布でも確認された．（図 - 8）

8．まとめ

- 1) 主鉄筋の効果はコンクリート床版にひび割れが発生した後に現れ，主鉄筋のひび割れ拘束効果により，主鉄筋がないものに比べ最大荷重が約 1 割増加した．
- 2) 床版コンクリート・鋼桁間にずれが生じると，ジベル孔にコンクリートを押し上げる力 T_{ct} が発生し，かぶりコンクリート部には曲げ応力が発生することがわかった．

参考文献

- 1) 藤村伸智：孔あき鋼板ジベルを用いた合成桁の曲げ実験，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol. 55，2000．
- 2) 中園征臣，藤井堅：孔あき鋼板ジベルを用いた合成桁の曲げ挙動，土木学会中国支部研究発表会プログラム，Vol. 53，2001
- 3) 有吉孝文，藤井堅，藤村伸智：孔あき鋼板ジベルのずれ挙動解析，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol. 55，2000．

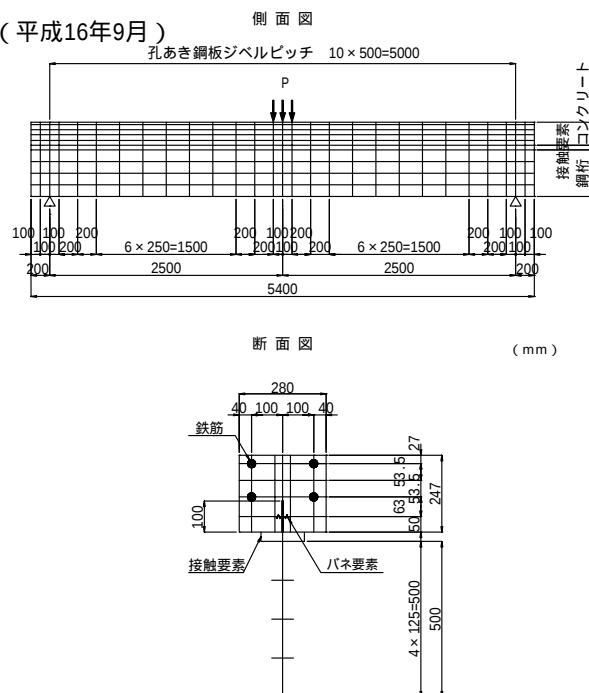


図 - 5 合成桁 FEM 解析モデル

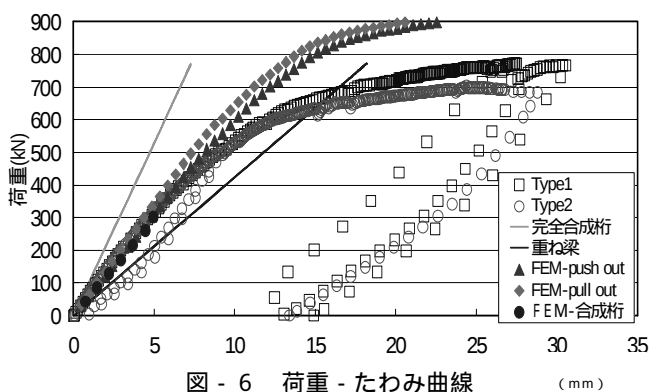


図 - 6 荷重 - たわみ曲線

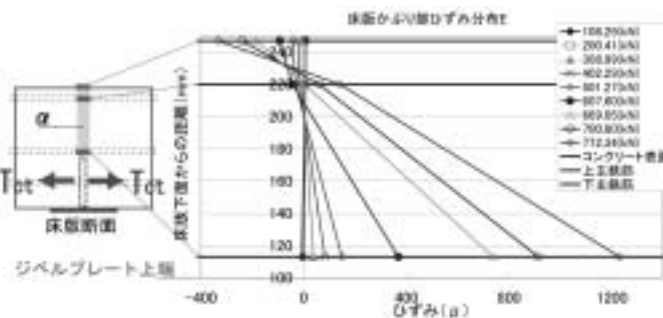


図 - 7 合成桁 かぶりコンクリート部ひずみ分布

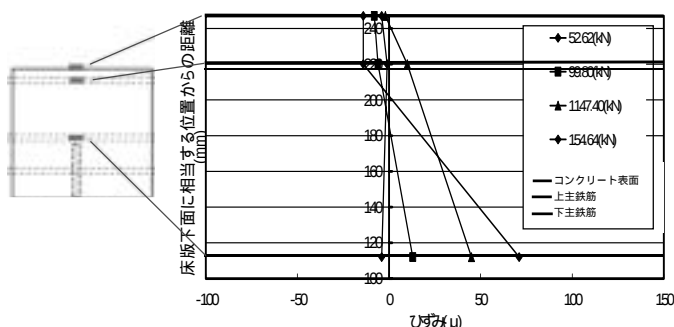


図 - 8 引き抜きせん断実験 かぶりコンクリート部ひずみ分布