

## アップリフト作用を受けるずれ止めの疲労挙動について

鉄道公団 正会員 保坂鐵矢, 光木 香  
 摂南大学 正会員 平城弘一  
 川田工業 正会員○牛島祥貴, 橋 吉宏

**1. まえがき** 鉄道橋に複線2主I断面桁形式の橋梁が適用された場合、走行安全性や疲労問題は道路橋よりも厳しい性能が要求される。また、この橋梁形式では、ねじれ振動に対する剛性を高めるため充腹タイプの横桁が必要であると考えられている<sup>1)</sup>。筆者らは、この橋梁形式に充腹タイプの横桁を用いた場合でも、横桁取付部においては、鋼主桁とRC床版との接合部に、橋軸方向の合成桁の曲げによる水平せん断力と橋軸直角方向の床版の回転によるモーメントが働き、ずれ止めには繰返しの上下方向の引張力が卓越するため、疲労設計上、これらを配慮する必要があることを既に、FEM立体解析によって確認している<sup>1)</sup>。しかしながら、ずれ止めには作用する上下方向の引張力に対する疲労耐力を明らかにした研究が見当たらないのが現状である。そこで著者らは、既に鉄道橋の2主桁橋に使用可能なスタッドジベルおよび孔あき鋼板ジベル(以下PBLジベルと略記する)の基礎的な静的押抜き試験を実施し<sup>2), 3)</sup>、一連の研究としてアップリフトを受けた場合のずれ止めの疲労挙動を明らかにするために、小型モデルを製作し疲労試験を行った。本文はそれらの結果について報告し、併せて考察するものである。

**2. 試験方法** 試験体は、図-1に示すように、ずれ止め3タイプについてa)スタッドタイプ8体、b)PBL並列、c)PBL直列、各々3体ずつ製作した。破線で示す部分がコンクリートであり、同図a)は19×150のスタッドを3本100mm間隔で配置したタイプであり、その内、試験体の2体にはスタッドの引張力を計測するためスタッド頭部から孔を開け、その孔内に埋込み型のひずみゲージを挿入している。同図b)はPBL2枚を、鋼板高の3倍程度の200mm間隔で並列に配置し、35の孔を各々1個ずつ設けたタイプ、同図c)はPBLをウェブ直上のみ配置し、35の孔2個を設けた直列タイプである。荷重方法は図-2に示すように、列車荷重(M15荷重を想定)によるアップリフト作用を再現するため、300kNアクチュエーターを用いて繰返しの変動荷重T(下限荷重10kNを一定)を作用させ、同時に実橋梁で想定される桁の曲げ作用を再現するため、50kNの静的ジャッキを用いて一定の水平せん断力(50kN)を作用させて行った。ここで、荷重荷重は重量単位で行っており、SI単位での表記においては1tf=10kNで行っている。また試験は2体の試験体が同時に荷重できるように、試験体1体につき $p = T/2$ の変動荷重を作用させた。コンクリートの材料特性については表-1に示し、鋼材・鉄筋はそれぞれSS400・SD295Aのものを使用した。

**3. 実験結果と考察** 今回の試験体でM15荷重が片線荷重された場合、試験体に作用する設計荷重を想定すると変動荷重pは35kNとなる。

**a)スタッドタイプ** スタッドタイプでは水平せん断力が作用しない場合も比較のために試験している。この場合の変位-繰返し荷重回数の関係図を図-3に示す。この図より明らかなように、設計荷重の2.3倍程度まで高くした変動荷重(p)80kNで、繰返し回数100万回まで作用させてもスタッドには疲労破壊が確認されなかった。一方、スタッドタイプで水平せん断力50kNを作用させた場合の試験結果が図-4に示されている。

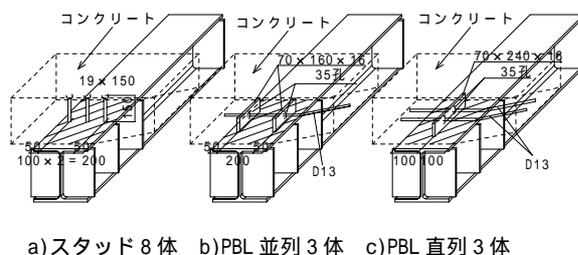
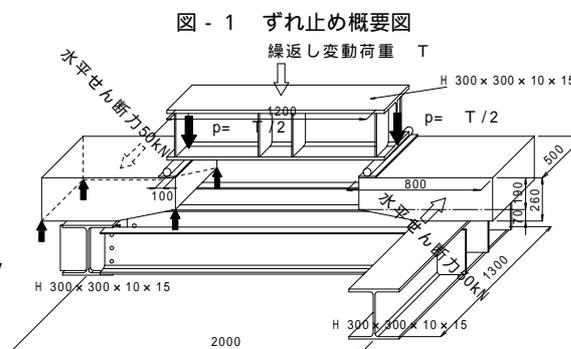


図-1 ずれ止め概要図



↑ : 変位計測位置

図-2 荷重方法

表-1 コンクリートの材料特性

圧縮強度 $f_c' (N/mm^2)$	弾性係数 $E (N/mm^2)$	引張強度 $f_t (N/mm^2)$
40.5	$3.56 \times 10^4$	12.1

キーワード：スタッドジベル，孔あき鋼板ジベル(PBL)，アップリフト，疲労試験

連絡先：〒550-0014 大阪市西区北堀江1-22-1 TEL：06-6532-4897 FAX：06-6532-4890

この図より明らかなように、水平力が作用しない場合と比較して、繰返し回数 820 万回において変位差に変化が現れていることがわかる。この段階で疲労破壊が生じているものと考えられる。このことを立証するために、試験終了後コンクリートを切削し目視観察した。その結果、写真 - 1 に示すように、スタッドが溶接部で疲労破壊していることを確認した。また、別の試験体でスタッドの埋め込み型ひずみ計から得られたひずみ - 荷回数の関係図を図 - 5 に示す。この試験では水平荷重 50kN を一定とし、変動荷重  $p$  を 3 段階で変化させた。その結果、3 段階目の変動荷重  $p=85\text{kN}$  まで大きくした時点で、変動荷重の荷重位置から一番外側に配置されたスタッドのひずみ値が低下し、同時に中央に配置されたスタッドのひずみ値が急激に大きな値に変化していることがわかる。この時点でスタッドの疲労破壊が起こり応力の再分配が生じていることがひずみ計測から確認できた。

**b)PBL タイプ(並列・直列)** 図 - 6 に PBL 並列タイプの実験結果を示す。ここで、設計荷重の 2.6 倍程度となる変動荷重  $p=90\text{kN}$  で荷重を繰返すと、沈み込み(+)と浮き上がり(-)の変形がともに大きくなった。しかしながら、別の試験体において設計荷重の 1.85 倍以下の変動荷重  $p=65\text{kN}$  で、繰返し回数 2500 万回まで作用させても破壊に至らなかったことも確認している。一方、PBL 直列タイプの実験結果については、図 - 7 に示すように、設計荷重の 2.6 倍程度まで変動荷重  $p=90\text{kN}$  を高めて荷重すると急激に疲労破壊に至ることが確認された。このことから、PBL の直列および並列の両タイプを比較したならば、PBL を並列 (2 枚以上) 配置した方が耐疲労性に優れているものと考えられる。

**4.まとめ** 橋軸方向には桁作用の水平せん断力と橋軸直角方向には列車荷重から生ずる床版作用の繰返しの回転力とを同時に受ける各種ジベルの疲労試験から、次のようなことが明らかになった。

スタッドタイプの試験では水平せん断力と繰返しの回転力(引張力)が同時に作用すると、疲労強度が低下する。また、引張力に抵抗するスタッドは、ウェブ直上から外(作用荷重の反対側)に配置したスタッドのみであり、水平せん断ありの場合、設計荷重の 2.3 倍以上のアップリフト力が作用するとスタッドは疲労破壊に至る。

PBL の試験では、設計荷重の 1.85 倍以下の引張力であれば、疲労破壊に至らない。しかしながら、PBL をウェブ直上のみ(直列)に配置した試験体では、疲労強度がフランジ面に並列に PBL を配置した場合の試験体に比べて低かった。このことから、PBL 並列(2 枚以上)配置した方がウェブ直上に(1 枚)に配置した場合よりもアップリフトに対して耐疲労性に優れている。

謝辞：本試験を行うにあたり多大なご助力をいただいた摂南大学工学部の学生である中谷雅之と松本充に感謝の意を表します。

参考文献 1) 保坂, 辻角, 橋他：鉄道橋への複線 2 主 1 断面合成桁橋の適用に関する解析的検討, 土木学会第 53 回年次学術講演会, 1998. 2) 保坂, 平城, 牛島他：孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 46A, 2000. 3) 保坂, 平城, 小枝他：鉄道用合成桁に用いるずれ止め構造のせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol. 44A, 1998.

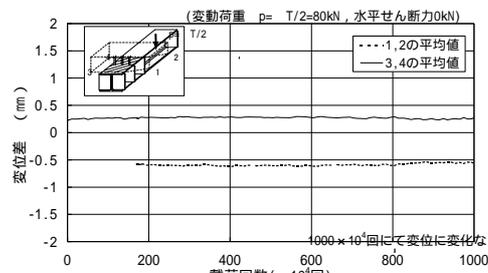


図 - 3 変位 - 荷回数(スタッドタイプ：水平せん断なし)

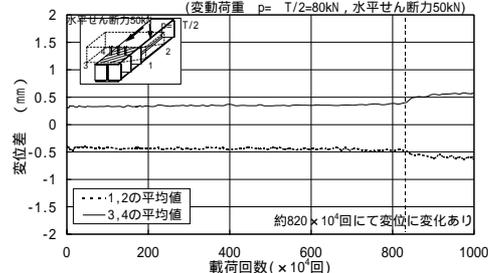


図 - 4 変位 - 荷回数(スタッドタイプ：水平せん断あり)



写真 - 1 スタッドタイプ溶接部の破壊状況

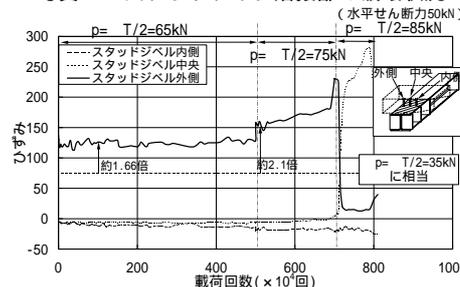


図 - 5 ひずみ - 荷回数(スタッドタイプ：水平せん断あり)

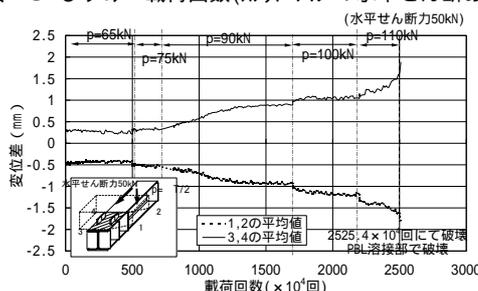


図 - 6 ひずみ - 荷回数 (PBL 並列タイプ：水平せん断あり)

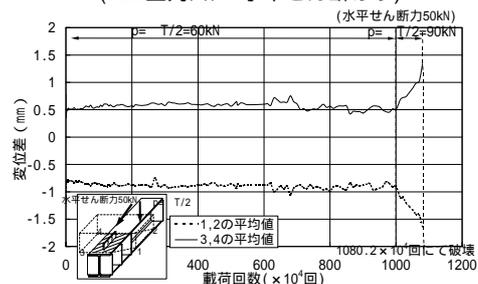


図 - 7 ひずみ - 荷回数 (PBL 直列タイプ：水平せん断あり)