

摂南大学 正会員 平城弘一 鉄道公団 正会員 保坂鐵矢 川田工業 正会員 牛島祥貴
川田工業 正会員○山本成昭 摂南大学 久保田善之 摂南大学 長谷川望

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、横桁は充填タイプのもので使用することが望ましいと考えられている。そして、この橋梁形式に充填タイプの横桁を用いた場合でも、横桁取付部における、鋼主桁とRC床版との接合部には、橋軸方向の合成桁の曲げ作用による水平せん断力と、橋軸直角方向の床版の回転作用によるモーメントとが働き、ずれ止めには水平せん断力と同時に繰返しの上方向の引張力が卓越するためことになる。そのため、疲労設計上これらを配慮する必要がある。そこで本研究では、既に鉄道橋の2主桁橋において使用実績のあるスタッドジベルがアップリフト作用を受けた場合の疲労挙動を明らかにするため、小型モデルを製作し、実橋に近い状態での水平せん断力と活荷重によるアップリフト作用を再現し、スタッドの耐疲労性を確認するため、複合加力による疲労試験を行った。

2. 試験体寸法と試験方法

試験体の形状寸法は図-1に示すとおりである。試験体は8体を製作した。3本のスタッドは100mm間隔で配置している。なお、スタッドには、引張力を計測するためにスタッド頭部から軸部中心に孔を開け、その孔内に埋込み型のひずみゲージが埋め込まれている。さらに、疲労破壊を予知するために、鉛直補剛材にもひずみゲージ6枚が貼付されている。載荷方法は図-2に示すように、300kNアクチュエーターを用いて繰返し変動荷重 Δp (下限荷重5kN一定)と、同時に50kNの静的ジャッキを用いて一定の水平せん断力50kNを作用させている。表-1に使用したコンクリートの配合と強度特性を示す。鋼材・鉄筋はSS400・SD295Aのものをそれぞれ使用した。

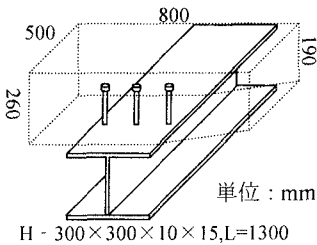


図-1 試験体の形状

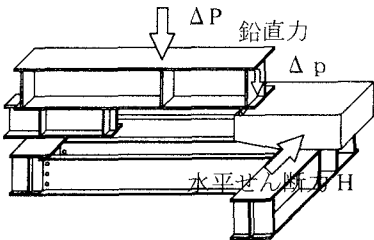


図-2 載荷方法

3. 試験結果および考察

表-2に各タイプの荷重範囲 Δp に対する破壊回数と破壊形式を示す。

表-2 試験結果一覧

タイプ	荷重範囲 Δp (kN)	破壊回数	破壊形式
Ⅰ (H=0kN)	1 150	2万回	コンクリート
	2 110	40万回	スタッドジベル
	3 90	90万回	スタッドジベル
Ⅱ (H=50kN)	1 150	4万回	コンクリート
	2 110	18万回	スタッドジベル
	3 90	70万回	スタッドジベル
	4 70	170万回	スタッドジベル
	5 50	1000万回 未破壊	—

表-1 コンクリートの配合と強度特性

呼び強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	粗骨材の 最大寸法 (mm)
30	15	25
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)
37.7	2.9×10^4	3.01

本文では、II-3 タイプ ($\Delta p=90 \text{ kN}$, $H=50 \text{ kN}$) で得られた結果を、試験結果の一例として以下の 3.1 ~ 3.3 に示す。

3.1 スタッドひずみ差 $\Delta \varepsilon$ と繰返し回数 N の関係：図-3 に示すとおりひずみゲージ A のひずみ値は繰返し回数 70×10^4 回を超えたところで、急激に低下している。一方、隣のひずみゲージ B のひずみ値が急激に増加している様子がわかる。この時点において外側に配置されたスタッド A が疲労破断し、真中に配置されたスタッド B に力の再配分が起こったものと考えられる。そこで本研究では $\Delta \varepsilon$ - N 曲線から判断して II-3 タイプの破壊回数を 70×10^4 回とした。

3.2 鉛直補剛材ひずみ差 $\Delta \varepsilon'$ と繰返し回数 N の関係：図-4 に示すとおり、鉛直補剛材ひずみ差 $\Delta \varepsilon'$ は、スタッドひずみ差 $\Delta \varepsilon$ と同様に、繰返し回数 70×10^4 回において、スタッドが疲労破断したために、急激に低下している様子がうかがえる。

3.3 変位差 $\Delta \delta$ と繰返し回数 N の関係：図-5 に示すとおり、コンクリート床版に相当する、コンクリートブロックの変位差 $\Delta \delta$ は、 $\Delta \varepsilon$ と $\Delta \varepsilon'$ と同様に繰返し回数 70×10^4 回において、スタッドが疲労破断したために、たわみ (変位計 1, 2)、浮き上がり (変位計 3, 4) とともに、増加していることがわかる。

3.4 スタッドの引張応力範囲 $\Delta \sigma$ と破壊回数 N の関係：図-6 に疲労破断が先行するスタッド A に着目した $\Delta \sigma$ と N の関係を示す。なお、図中には直接比較するために JSSC:D 等級の S-N 線も併記している。ここで、図-6 の縦軸であるスタッドの引張応力範囲は、スタッド軸部中心に埋め込まれたボルトゲージから計測されたひずみに鋼のヤング係数を乗じて求めたものである。さらにスタッドの引張応力はコンクリートブロックの回転変形を考慮してスタッド根元部の表面に生じた最大応力に換算したものである。図-6 から明らかなように、 $H=50 \text{ kN}$ のタイプ II の S-N 曲線の傾きは JSSC:D 等級のものとほぼ同じと言える。また、 $H=0 \text{ kN}$ のタイプ I は試験データが少ないがタイプ II の S-N 曲線より高い位置にあった。このことより、引抜き力を受けるスタッドの疲労強度に水平せん断力が影響を及ぼすことが明らかになった。なお、S-N 曲線は、コンクリート破壊を起こしたデータと未破壊のデータを除いて描いたものである。

4. まとめ
複合加力による本疲労試験より、引抜き力を受けたスタッドの S-N 線図において水平せん断力の有無の違いを明らかにした。

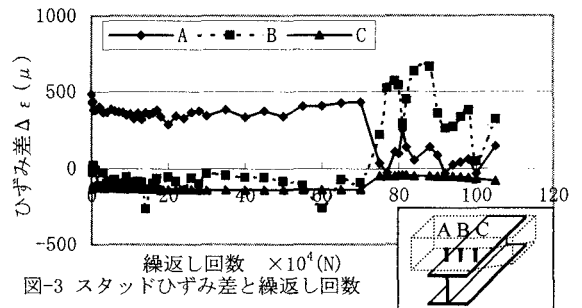


図-3 スタッドひずみ差と繰返し回数

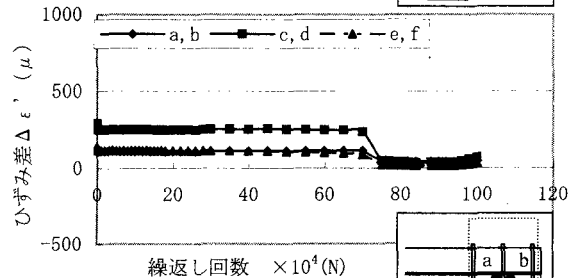


図-4 垂直補剛材ひずみ差と繰返し回数

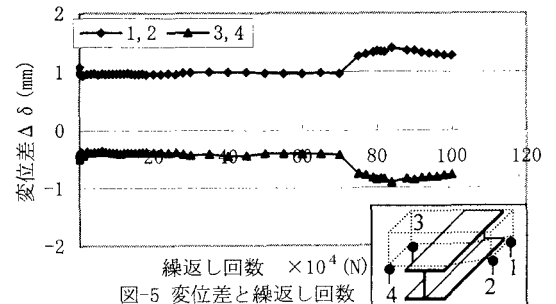


図-5 変位差と繰返し回数

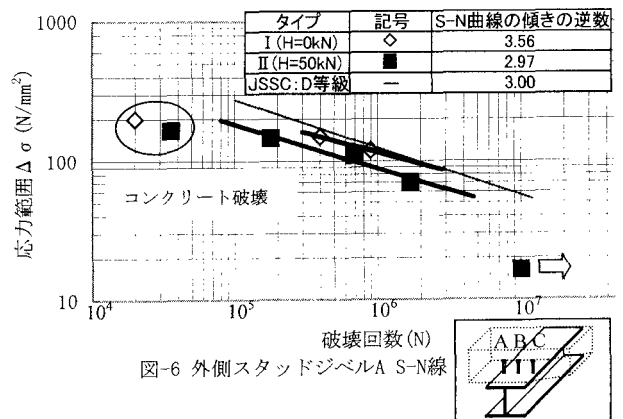


図-6 外側スタッドジベルA S-N線