

## 波形鋼板ウェブPC箱桁橋における接合部の面外曲げ疲労に関する実験的研究

日本道路公団 正会員 鈴木 永之  
株式会社 ピー・エス 正会員 櫻田 道博

日本道路公団 正会員 上東 泰  
ドーピー建設工業株式会社 正会員 立神 久雄

**1. はじめに** 近年、PC 橋の軽量化、耐震性の向上、施工の合理化、およびこれらに伴うコスト縮減を図るため、波形鋼板ウェブを用いた複合 PC 橋(以下、波形ウェブ橋という)が多数計画、設計、施工されている。波形ウェブ橋は通常の鋼 I 桁橋と異なり、ウェブの面外剛性が高いため、床版とウェブとの接合部には活荷荷重に伴い橋軸直角方向に曲げモーメントが発生する。(図1) この橋軸直角方向の曲げモーメントにより、上床版とウェブの接合部に位置する 鋼とコンクリートの接合部、鋼フランジと波形鋼板ウェブの首溶接部、波形鋼板相互の現場接合部に局所的な応力が発生する。本稿は、鋼とコンクリートの接合部に着目し、これまでに波形ウェブ橋の接合部(図2)として実績のあるスタッドジベル接合[1]、アングルジベル接合[2]および埋込み接合[3]の橋軸直角方向をモデル化した供試体を製作し実施した静的載荷実験および疲労載荷実験の結果を報告するものであり、スタッドジベル接合の適用性について述べるものである。

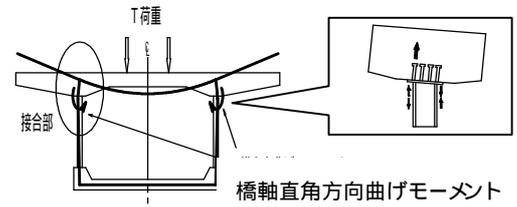


図1 橋軸直角方向曲げモーメント発生概念図

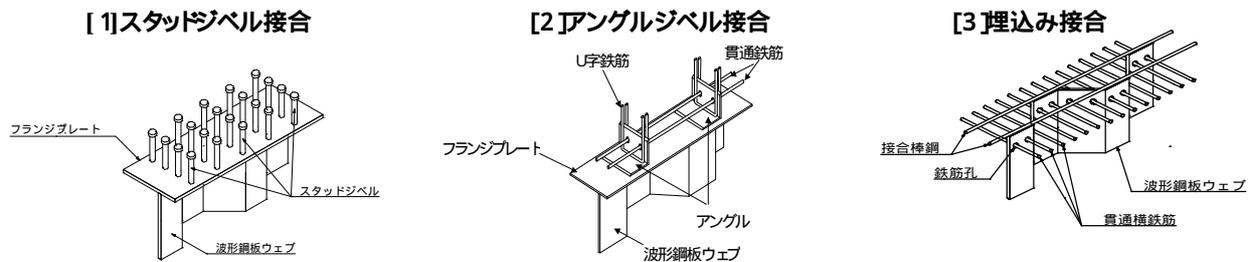


図2 波形鋼板ウェブ橋の接合部

**2. 供試体および載荷方法** 供試体はスタッドジベル接合、アングルジベル接合および埋込み接合の橋軸直角方向をモデル化した実物大の供試体とした。供試体の一覧を表1に示す。各供試体の波形鋼板ウェブの形状は、東海北陸自動車道の本谷橋と同様とした。本谷橋は、日本道路公団(以下、JH という)により施工された橋梁で、初めて埋込み接合が採用された波形ウェブ橋である<sup>1)</sup>。

表1 静的 疲労試験供試体一覧表

種別	接合方法	配置間隔	供試体数		設計破壊荷重(kN)	備考
			静的	疲労		
S-1	スタッドジベル	300mm	1	0	210	スタッド2列配置(水平せん断力のみ考慮)
S-2	スタッドジベル	300mm	1	1	262	スタッド4列配置(水平せん断力+横方向モーメントを考慮)
S-3	スタッドジベル	300mm	1	0	425	スタッド6列配置
S-4	スタッドジベル	150mm	0	1	197	スタッド4列配置
S-5	スタッドジベル	100mm	0	1	232	スタッド4列配置
A-1	アングルジベル	250mm	1	1	211	U字筋溶接あり
A-2	アングルジベル	250mm	1	1	235	U字筋溶接なし
E-1	埋込み	-	1	1	232	鋼板に200mm埋込み

載荷方法を図3に示す。荷重は接合部中心より1mの位置に載荷し、接合部に横方向の曲げモーメントを作用させた。静的載荷時には、供試体が破壊するまで静的に荷重を作用させ、疲労載荷実験では、最大荷重  $P_{max}$  を52kN、最小荷重  $P_{min}$  を18kNとした。ただし、E-1供試体は300万回載荷しても変状が認められなかったため、その後、荷重を段階的に大きくした。最大荷重52kNはS-2供試体のスタッドに作用する応力度が100MPaとなる荷重で

Key Word : 波形鋼板ウェブPC箱桁橋, 接合部, 面外曲げ, 曲げ引抜き力

連絡先 : 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 JH試験研究所 tel 042-791-1621 Fax 042-791-2380

あり、これは静的荷重実験の結果より決定した。最小荷重 18kN は疲労荷重試験機が制御できる最小の荷重であった。本実験での設計荷重は 15kN であり、疲労実験時における最大荷重 52kN はこの約 3.5 倍となる。

**3. 静的荷重試験** 静的荷重実験における各供試体の橋軸直角方向耐力および荷重と変位との関係をそれぞれ表 2 および図 4 に示す。スタッド供試体の耐力は設計値に達していないが、アングル供試体および埋込み供試体の耐力は設計値とほぼ一致している。アングル接合および埋込み接合の橋軸直角方向耐力の設計方法は、ほぼ妥当であるといえる。スタッド供試体の耐力が設計値に達していない理由は、スタッドジベルと波形ウェブとの位置関係により橋軸直角方向の荷重に対し、スタッドジベルが均等に抵抗しないためと考えられる。

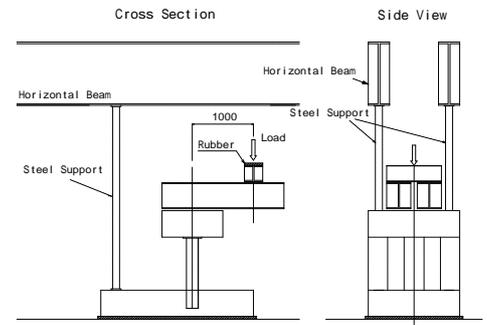


図 3 荷重方法

表 2 各供試体の横方向耐力

種別	破壊荷重		
	実験値 (kN)	計算値 (kN)	比率
S-1	90	210	0.43
S-2	139	262	0.53
S-3	162	425	0.38
A-1	253	211	1.20
A-2	267	235	1.14
E-1	251	231	1.09

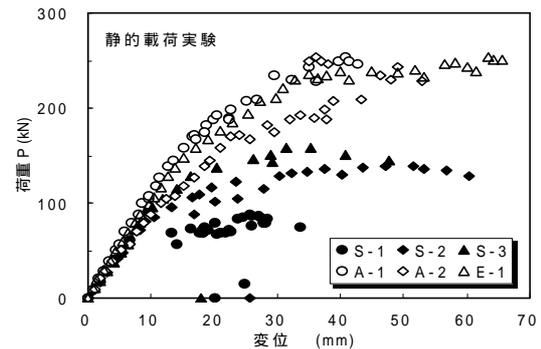


図 4 荷重と変位の関係

**4. 疲労荷重試験** 疲労実験の結果を表 3 に示す。

橋軸直角方向の疲労に対する耐久性は E-1 が最も大きく、次いで S-5、A-2、A-1、S-4 および S-2 の順である。但し、ここでの E-1 供試体の破壊回数 657 万回は、Miner 則に準じて換算した値である。表 3 より、スタッドジベル接合については、スタッドジベルの本数を増すことによりアングルジベル接合と同等以上の疲労耐久性を有することが分かる。また、スタッドジベルの溶接部から 30mm の位置の 4 箇所貼付したひずみゲージの平均値を用いて算出した応力範囲と試験体の変位が増加した時点の繰返し回数 Nf の関係を図 5 に示す。図中の JSSC-A ~ H の設計曲線は、日本鋼構造協会の鋼構造物疲労設計指針<sup>2)</sup>からの疲労等級である。スタッドジベルの曲げを伴う引抜き力に対する疲労強度等級は H 等級相当であることが思慮される。

表 3 疲労荷重試験結果

種別	破壊荷回数	破壊箇所
S-2	160,000	スタッドジベル付根の破断
S-4	1,120,000	スタッドジベル付根の破断
S-5	4,470,000	スタッドジベル付根の破断
A-1	2,890,000	アングルジベルすみ肉溶接部からの破断
A-2	3,200,000	アングルジベルすみ肉溶接部からの破断
E-1*	6,570,000**	コンクリート床版部の破壊

\* E-1 供試体：300 万回載荷後、段階的に荷重を増加した。

\*\* マイナー則による換算値

**おわりに** 本研究は、JH 試験研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会との共同研究として約 2 ヶ年に渡り実施した荷重実験結果の概要である。本研究では、スタッドジベルの適用性について着目して検討を行い実用可能であることが分かった。最後にスタッドジベル接合における今後の課題を述べる。

スタッドジベルの曲げを伴う引抜き力に対する疲労強度は JSSC-H 等級相当となった。これは橋軸直角方向に 4 本配列された場合であり、配置本数が変化し、曲げと引抜き力の比率が変わる場合には本検討において引抜き力で整理した疲労強度と異なるものと推測される。このため、橋軸直角方向の配列本数が変わり、曲げと引抜き力の比率が異なった場合の疲労強度を明らかにするか、もしくは、スタッドジベルに作用する曲げ成分を求め、実際に作用する応力で疲労強度を整理することが今後の課題といえる。

**参考文献** 1) 水口・芦塚：波形鋼板を用いた PC 箱桁橋の開発，第 22 回日本道路会議論文集，1997.11

2) 日本鋼構造協会：疲労設計指針（案），1997.11

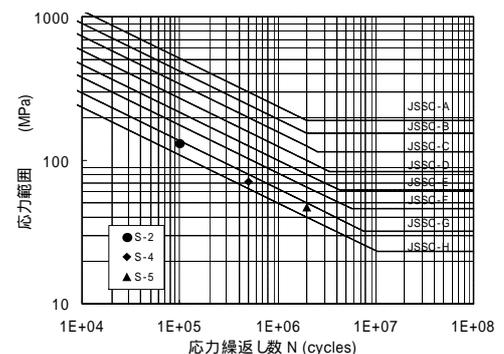


図 5 スタッドジベルの疲労強度等級