

波形鋼板ウェブの新しい継手方法に関する実験的研究

住友建設 (株)	土木本部	PC設計部	正会員	○紙永	祐紀
	同	上	正会員	春日	昭夫
	同	上	正会員	永元	直樹
住友建設 (株)		技術研究所	正会員	梅津	健司

1. はじめに

近年、盛んに施工されるようになった波形鋼板ウェブ橋において、波形鋼板どうしの継手部は構造上の最も重要な部位のひとつである。現在、主に採用されている溶接継手は、張出し施工において高度な施工管理が必要であり、継手部における疲労特性に関するデータの蓄積が現在行われているところである。本研究は、波形鋼板ウェブの継手方法として、スタッドを有した鋼板を突き合わせ、その間に籠状の鉄筋を配置しコンクリートを打設することにより一体化する継手方法(図-1)を提案するものである。そして、実物大の切り出しモデルによる要素実験において、接合部のせん断耐力についての検証を行った。

2. 実験概要

2.1 波形鋼板の継手方法

現在まで実績のある高力ボルト継手、溶接継手などは、表-1に示すような特徴が挙げられる。各々、長所・短所はあるが、継手の要求性能としては、十分なせん断耐力や疲労強度以外に、桁のたわみや長さの施工誤差をどのように吸収するかということが挙げられる。そこで、従来の鋼橋に用いられてきた継手方法とは全く異なる新しい継手方法として、合成作用により鋼板どうしを接続する方法を提案する。

本構造の特徴については下記の項目が挙げられる。

- ・現場での溶接や塗装を必要としないため施工が容易に行える。
- ・架設時の施工誤差の調整が、鋼板と鋼板の間に設けた隙間により容易に行える。
- ・接合部のコンクリート打設が主桁コンクリートと同時に進むため、鋼板の継手作業が工程上クリティカルにならない。
- ・合成部の鋼板には、大きな応力が発生しないため、疲労の問題はほとんどなくなる。

2.2 実験供試体

実験は波形鋼板継手のせん断挙動に着目するものであり、寸法効果を排除するために実物大の切り出しモデルとした。継手部は実橋の波形鋼板を抽出し、載荷柱を介してせん断力が作用するようにした。

波形鋼板の形状は実橋で使用するものと同じとし、波形鋼板の加工、溶接はすべて工場で行った。

- ・鋼板部寸法 : 2.0m × 2.0m
- ・鋼板厚さ : t=16mm
- ・鋼板波長 : 1600mm、波高 : 220mm
- ・材質 : SM490YB

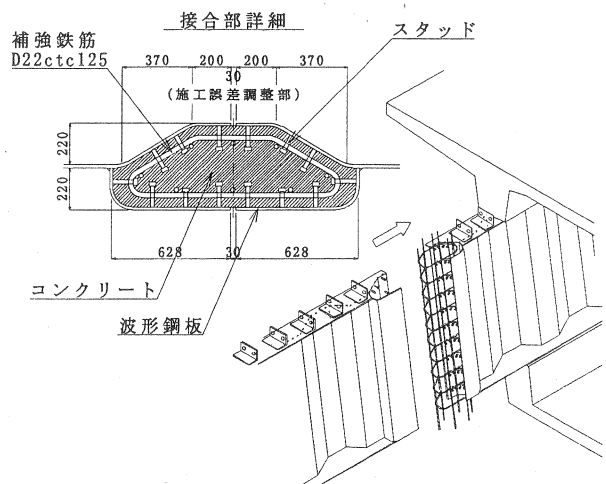



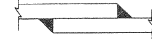



図-1 合成作用による波形鋼板の接続方法

合成部の設計においては、実際の小犬丸川橋¹⁾での終局荷重時に作用するせん断力に対し、コンクリート標準示方書²⁾の設計せん断伝達耐力により鉄筋量を算出し、配置した。スタッドは、複合橋設計施工基準(案)³⁾にしたがって必要量を求めた。

表-1 波形鋼板の継手方法比較表

種別	高力ボルト継手		現場溶接継手		合成作用により接合する方法
	重ね合せ継手	フランジ継手	突合せ継手	すみ肉溶接	
形式					
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 高力ボルトによる、締付け部材間の摩擦力によって継手の性能を確保する形式 	<ul style="list-style-type: none"> 波形鋼板の接合面にフランジプレート溶接し、フランジプレートを1面摩擦接合する形式 	<ul style="list-style-type: none"> 開先をとって、ウェブ母材同士を突き合せて溶接する形式 	<ul style="list-style-type: none"> ウェブ母材同士を重ね合わせて、すみ肉溶接によって継手性能を確保する形式 	<ul style="list-style-type: none"> スタッドを有した鋼板を突き合わせ、鉄筋を配置しコンクリートを打設する事により一体化させる形式
実績	本谷橋、前谷橋、勝手川橋	銀山御幸橋	新開橋、鍋田高架橋	ドール橋、小犬丸川橋、大内山川第2橋、下田橋、小河内川橋、鍋田西高架橋	

2.3 載荷方法

載荷は荷重を内力でとらせ、載荷柱間を外ケーブル(19S15.2×2本)を斜め方向に配置し緊張することで接合部にせん断力を作用させる。載荷荷重は1ジャッキ当り最大3500kN、合計7000kNである。(せん断方向の最大荷重は Smax=5000kN、2500kN/m) また、接合部に純せん断力を作用させるため、固定梁により水平方向の相対変位を固定する。そのため、FEM解析により応力の方向に注目し、ほぼ純せん断のみが作用している状態になるように固定梁の剛性を決定した。また、載荷時には固定梁に作用する軸力も計測した。

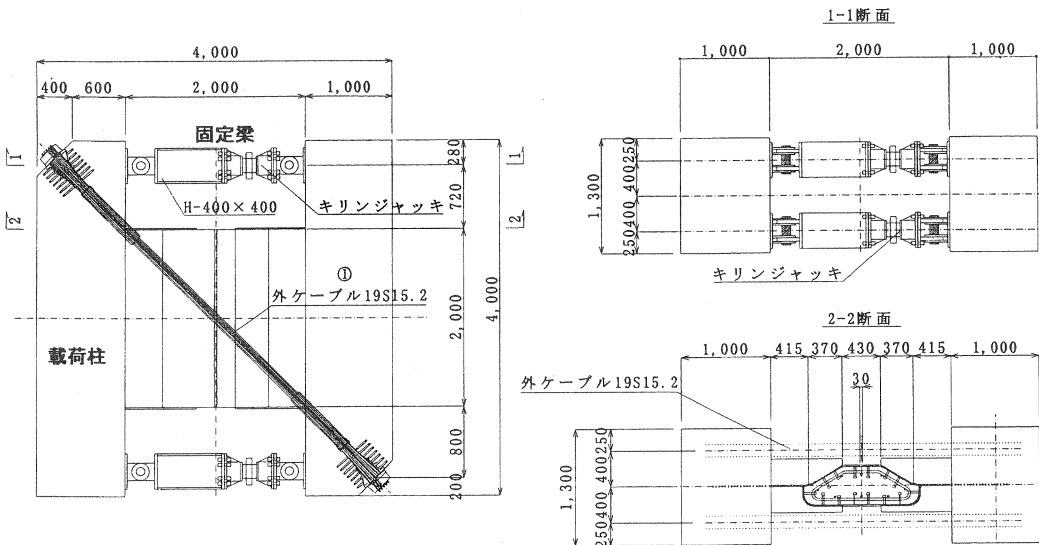


図-2 供試体構造図

3. 実験およびFEM解析結果

3.1 FEM解析

図-3に示すような3次元弾性FEM解析を行い、実験結果と変位、鋼板応力度、コンクリート応力度の比較を行った。

解析において内部コンクリートの主応力の角度は、ほぼ45度を向いており、継手部には純せん断が作用していることがわかる。(図-4)

3.2 耐力について

荷重-変位の関係を図-5に、鉄筋応力度-変位の関係を図-6に示す。耐力の照査にあたっては、実際の小犬丸川橋の荷重状態に対して検証を行った。

設計荷重時(作用せん断力 2761kN)のとき、継手部の内部コンクリートにひび割れは確認されず、鉄筋応力度の増加も見られなかった。荷重と変位の関係から、この範囲ではほぼ弾性的な挙動であるといえる。

作用せん断力が 3165kN でコンクリートにひとつめの斜めひび割れが生じた。ひび割れ発生時に表裏面ともに鉄筋応力度の増加が見られるため、このひび割れは貫通するひび割れであることがわかる。ただし、このとき鉄筋の応力は $80\text{N}/\text{mm}^2$ 以下であり有害なひび割れではない。また、ひび割れの方法はおよそ45度の方向であり、純粋なせん断ひび割れであるといえる。

作用せん断力が 4400kN でふたつめのひび割れが生じた。このときの鉄筋の応力は最大で $150\text{N}/\text{mm}^2$ 程度であった。そして、終局荷重時(作用せん断力 4769kN)でも過大な変形は見られなかった。コンクリート標準示方書により算出した継手部コンクリートのせん断伝達耐力($V_{cd}=4871\text{kN}$)に達したときでも同様であった。これは、継手部の内部コンクリートの大部分が鋼板で覆われており、鋼板による拘束およびせん断分担がおこったため、コンクリート部分のせん断伝達耐力よりも大きくなったと考えられる。また、除荷後の残留変位も約0.3mmと小さく、十分な耐力・変形性能を有していると考えられる。

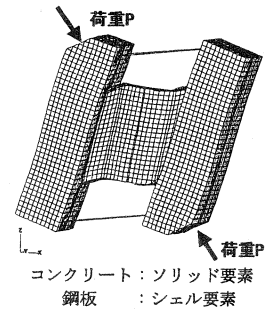


図-3 FEM解析モデルおよび変形

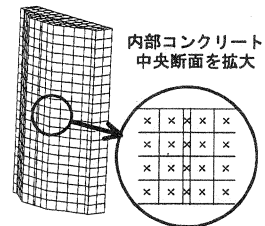


図-4 内部コンクリート応力ベクトル図

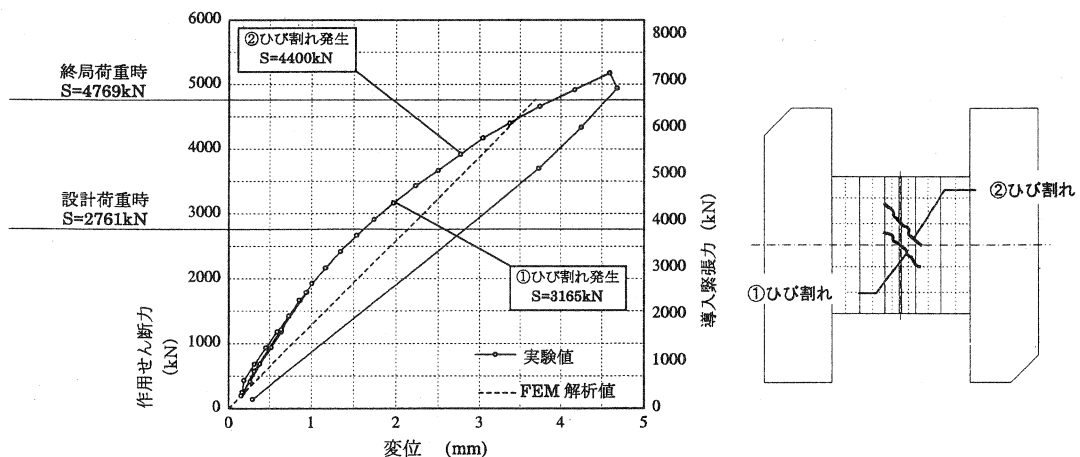


図-5 変位-荷重グラフ

3.3 鋼板およびコンクリートの応力度

鋼板の最大主応力と荷重の関係を、図-7に示す。鋼板のみの部分のほうが、コンクリート充填部よりも応力度が大きく合成部のせん断面では、せん断力のほとんどをコンクリートが負担している。また、ひびわれ発生時においても、鋼板の応力度の急増は見られないことから、鋼板へ作用したせん断力は、終局荷重作用時においても、スタッドを介してコンクリートへ確実に伝達していることがわかる。

コンクリートの最大主応力と荷重の関係を、図-8に示す。ひび割れの発生位置と応力の急増が見られるゲージの位置は一致している。①、②のひび割れ発生時の応力度は、それぞれ約 3.0N/mm^2 であり、これは材料試験における張試験結果とほぼ一致していた。

また、鋼板およびコンクリートともにひび割れ発生前の弾性範囲内においては、FEM 解析と実験値はよく一致していた。

4. まとめ

本研究で得られた知見をまとめると以下のようなる。

- ①設計荷重時において、合成部のコンクリート、および鋼板は弾性範囲内であり、FEM解析と一致している。したがって、設計荷重時においては解析によって評価が可能であることがわかった。
- ②終局重時においても十分なせん断耐力、変形性能を有していることがわかった。
- ③本研究で示した合成部の設計手法によれば、十分な安全な波形鋼板どうしの接合構造が得られる。
- ④実際の供試体作成において、施工上の問題は生じなかった。

<参考文献>

- 1) 藤岡・中菌・春日・永元：小犬丸川橋（波形鋼板ウェブ橋）の設計，第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2000年10月
- 2) (社)土木学会：コンクリート標準示方書・設計編，平成8年，pp69
- 3) プレストレストコンクリート技術協会：複合橋設計施工指針（案），平成11年12月

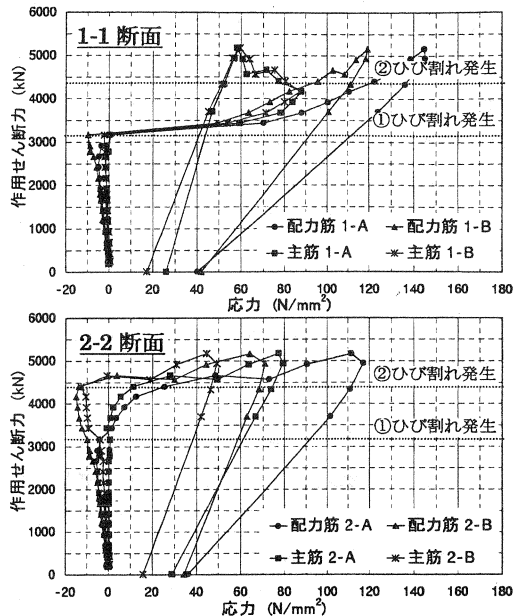


図-6 応力度（鉄筋）-荷重グラフ

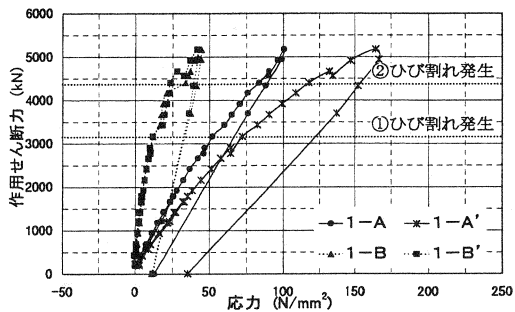


図-7 応力度（鋼板）-荷重グラフ

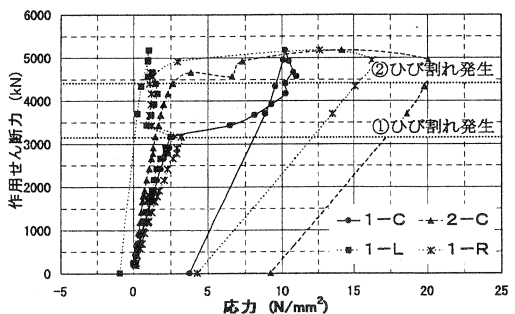
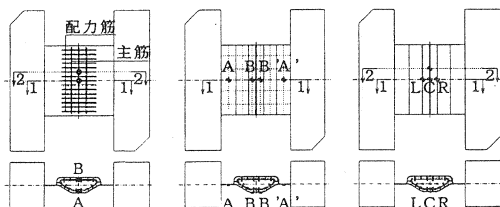


図-8 応力度（コンクリート）-荷重グラフ



計測位置（鉄筋）（鋼板）（コンクリート）