

波形鋼板ウェブの埋込み方式接合部の耐力に関する検討

九州工業大学大学院 学生員 藤林 健二
新構造技術(株) 正会員 栗根 聡

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
日本鉄塔工業(株) 正会員 稲森 誠一郎

1. はじめに

複合構造である波形鋼板ウェブ PC 橋の波形鋼板とコンクリートフランジ間接合部には、これまで数種類の接合方式が検討・採用されている。その中の1つである埋込み接合方式は、溶接箇所、使用鋼材が少ないため最も経済性に優れている反面、破壊メカニズムや耐候性が懸念され、波形鋼板ウェブ PC 橋の適用数に対して採用事例が少ないのが現状である。そこで、本研究では埋込み接合方式およびそれに類似する新たな接合方式の保有耐力および現行の設計方法の妥当性について検討を行った。

2. 実験概要

表-1に供試体諸元を、図-1に供試体形状を示す。実験供試体は阪神高速道路北神戸線の中野高架橋をモデル橋梁とし、片ウェブを1/3スケールでモデル化した。ただし、波形鋼板の板厚については波形鋼板の先行座屈を避けるため実橋の1/2とした。また、接合部には従来の埋込み接合方式に加え、施工費の軽減および剛性の向上を目的に波形鋼板の拘束部材を変更した接合方式(以下、逆L方式と称す)を採用した。なお、供試体は実橋において最も危険な状況を再現するため、桁の曲げ耐力と接合部のズレせん断耐力を同程度とし、接合部は性能比較のために許容せん断耐力が同等となるように設計した。

3. 解析概要

波形鋼板ウェブ PC 橋のように複雑な形状を有する構造物の検討には、一般的に3次元解析が適しているが、本検討では波形鋼板に異方性を与え、接合部は剛結とした2次元弾塑性 FEM 解析を行い、桁全体系の挙動を簡易的に評価した。

4. 実験結果および解析結果

図-2に載荷荷重とスパン中央における鉛直下向き変位との関係を示す。材料強度の差による若干の違いはあるが、両供試体ともに同様の変形性能を示した。鉛直変位の増加傾向は主鉄筋および PC 鋼棒の降伏後に特に顕著となり、最終的に No. 1 供試体では上フランジにおいて圧壊が生じた。No. 2 供試体についても同様の傾向が見られたため、1000kN で載荷終了とした。また解析については、接合部近傍にコンクリートの破壊相当のひずみ(約 3500 μ)が進展した段階(荷重 860kN 時)を解析終了としており、図-2に示す変形状と同

表-1 供試体諸元

供試体名称		No. 1	No. 2
接合部	形式	埋込み方式	逆L方式
	埋込み長	65mm	
	拘束部材	接合棒鋼 SD345/D13	等辺山形鋼 SS400/L30×30×3
		フレア溶接	ボルト止め
鉄筋	材質	SD345	
PC鋼棒	材質	SBPR 930/1080 (ϕ 23mm)	
ウェブ	材質/板厚	SS400/6mm	

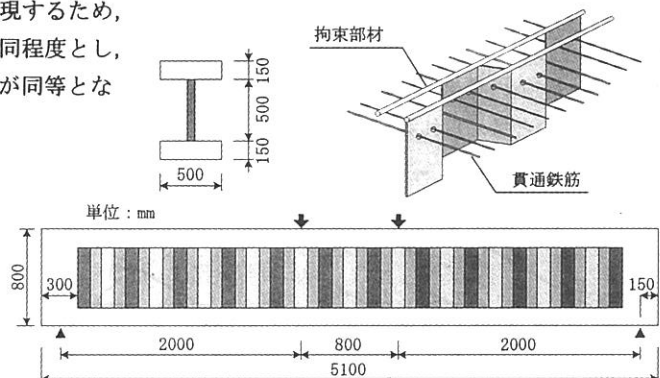


図-1 供試体形状

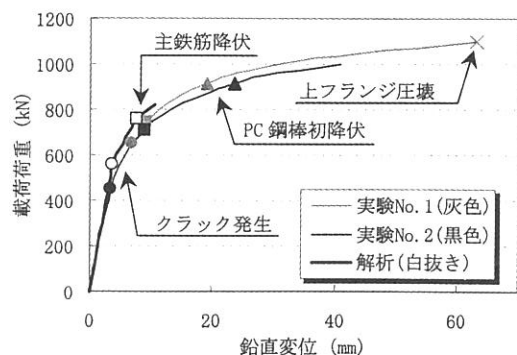


図-2 荷重-変位関係(スパン中央)

様に主鉄筋のひずみの進展，分布状況も実験を概ね再現できた。

図-3 にスパン中央近傍のひび割れの進展状況を示す。ひび割れは桁の曲げ挙動に伴い下フランジ側面を上向きに進展し，下フランジ上面では側面側から接合部へほぼ直角に進展した。ひび割れが接合部に到達したのは850kN 載荷後であり，それ以前に接合部には耐久性上問題となるひび割れは見られなかった。また，実験ではPC 鋼棒の初降伏後，ひび割れの本数および幅が著しく増大し，実験終了時には最大で5~6mm のひび割れが数本生じた。

図-4 には下側接合部の拘束部材のひずみ分布状況を示す。接合棒鋼と等辺山形鋼のひずみの進展傾向を比較すると，材料強度の差により同じ載荷状態における進展度に若干の違いがあるが，ひずみの増加傾向やその分布範囲は概ね一致している。このことから，両拘束部材は橋軸方向の変形に対しては同様の抵抗力を発揮するものと考えられる。

今回の検討では，供試体設計において接合部の終局耐力と桁の曲げによる終局耐力を同等の荷重レベルとすることで接合部での複合的な破壊を想定したが，実験では両供試体ともに終始曲げ挙動が支配的となった。接合部近傍にひび割れが発生したのは荷重 850kN 以上であり，その後も荷重の低下現象は見られず挙動も安定していることから実験終了時まで接合構造としては健全であったと考えられる。また，No. 1 供試体は設計に対して約 1.3 倍の曲げ耐力を有していた(表-2 参照)。現行の設計では曲げモーメントおよび軸力に対して波形鋼板は橋軸方向へのアコーディオン効果から無視し，合成断面に生ずる応力度の算定は上下のフランジのみを考慮して通常の PC 橋と同様に平面保持の仮定に則って設計しているのに対し，実際には図-5 に示すように荷重が大きくなると波形鋼板も軸方向に抵抗している。また，設計段階ではコンクリートの引張力を考慮していない。よってこれらの要因により設計値は曲げ耐力を過小評価していると考えられる。

5. まとめ

曲げ耐力が波形鋼板の抵抗等により 3 割程度向上したにも関わらず供試体は終始曲げ挙動が支配的になり，接合部には曲げ挙動の影響による拘束部材の降伏等の現象は見られただけで，設計で想定されている波形鋼板の埋込み位置でのコンクリートの支圧破壊は見られなかった。よって，現行の埋込み接合部の設計式には曲げ耐力の増加分以上の安全率が含まれており，埋込み接合部は十分な余剰耐力を有していると考えられる。また，接合棒鋼を等辺山形鋼に変更した逆し方式についても同様の実験結果が得られ，従来の埋込み接合方式と同程度の性能を発揮すると考えられる。

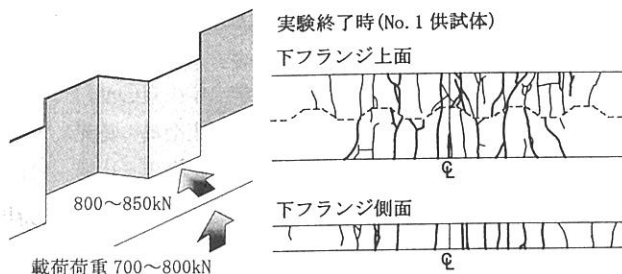


図-3 クラックの進展状況

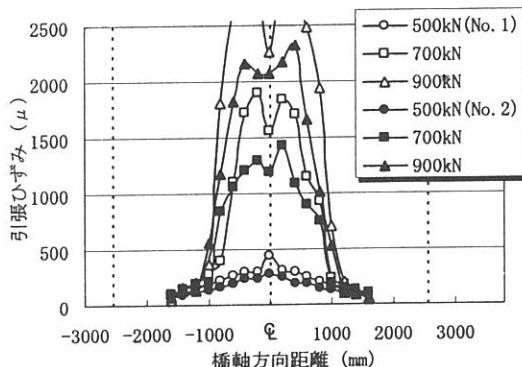


図-4 拘束部材のひずみ分布状況

表-2 供試体耐力の比較

	設計値		実験値
	接合部終局荷重	曲げ終局荷重	最大荷重
No. 1	770.2 kN	823.1 kN	1100.0 kN
No. 2	806.7 kN	810.3 kN	(1100 kN)

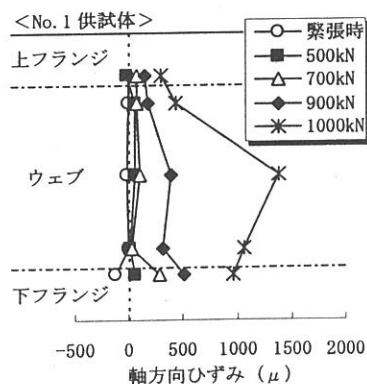


図-5 ウェブの軸方向ひずみ