

I-259

鋼・コンクリート混合構造橋脚の接合部に関する基礎的検討

首都高速道路公団 正員 秋元泰輔 首都高速道路公団 正員 山田 淳
住友金属工業(株) 正員 〇小林洋一 住友金属工業(株) 正員 森本精洋

1. はじめに

都市内RC高架橋の建設において、特にT形橋脚の横梁張出し長が大きい場合の問題として、①構造がトップヘビーのため地震外力に対し橋脚断面や基礎形状が大きくなること、また、②横梁張出し部の支保工が梁下の交通を阻害すること、等が考えられる。そこで、脚柱をRC製、横梁を鋼製とした混合構造形式の橋脚とすることにより、脚柱断面や基礎形状の縮小、及び横梁の急速施工による梁下の交通阻害軽減、等を計ることが可能と考えられる。本研究では、混合構造橋脚の脚柱・横梁接合部の基礎的実験とFEM解析を行い、接合部の力学特性を検討したので、その結果を報告する。

2. 実験並びに解析の内容

(1) 実験： 構造検討が必要な脚柱・横梁接合部に、2種類の基本構造を考え、実橋脚との縮尺約1/8の模型供試体2体を製作した。その内容を図1に示す。供試体Sの接合部は、RC脚柱の主鉄筋をボックス状の鋼製横梁に貫通させ、上フランジにナット締結した接合部内非充填型構造である。なお、本供試体では脚柱主鉄筋の上端部にねじ切り加工を行った。他方、供試体Cの接合部は、脚柱主鉄筋を横梁に貫通させた後、接合部内にコンクリートを打設し、付着力で脚柱主鉄筋を定着する充填型構造である。両供試体とも、横梁下面と脚柱天端面との接合面には超早強セメントを敷き、その上に横梁をセットして脚柱と横梁との一体化を計った。

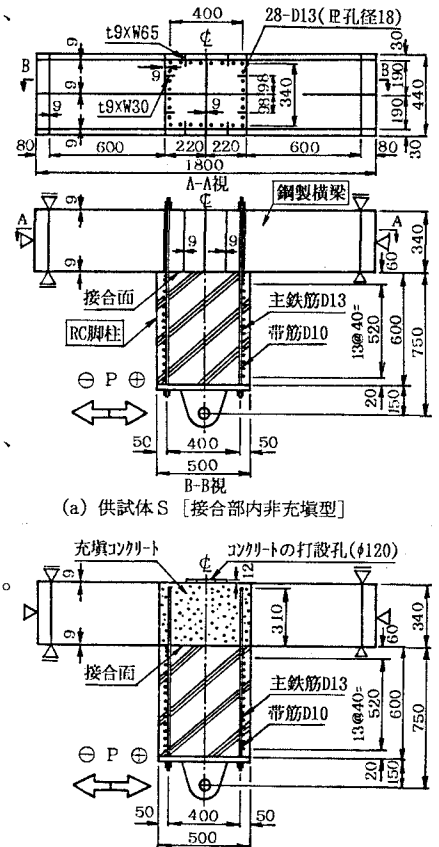
本報告では、脚柱と接合部の荷重伝達機構の検討を主目的としており、破壊部位は接合面に設定した。載荷方法は図1に示すように、接合面に対しせん断スパン比1.67の脚柱位置で水平荷重Pを与えている。これは実橋脚の橋軸直角方向において、接合面相当位置に作用する地震時の曲げモーメントとせん断力の関係を再現するよう決定したものである。載荷荷重Pに換算した接合面での脚柱許容設計耐力Paは、載荷方向に配列した側面鉄筋も考慮すると12.1tfである。加力パターンは、 $P=1.7 \times Pa$ 時の供試体Cの載荷点変位を降伏変位 δ_y と定義し、3サイクルの正負繰返し載荷を荷重Pa、及び載荷点変位比 $\delta/\delta_y=1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15$ の各々で実施した。

供試鋼材とコンクリートの性質を表1、表2に示す。

(2) 解析： 混合構造橋脚の荷重伝達機構を検討するため、供試体S、Cをモデルとした2次元弾性FEM解析を実施した。接合面の引張側では鋼製横梁の下フランジがコンクリート面から離れ、脚柱主鉄筋のみで引張力が伝達されることから、本FEM解析では接合面の脚柱コンクリート要素の引張強度を無視することとした。

3. 結果と考察

(1) 耐荷特性： 図2に荷重と載荷点変位の履歴を示す。供



(a) 供試体S [接合部内非充填型]
(b) 供試体C [接合部内充填型]
図1 供試体形状と載荷方法

表1 供試鋼材の機械的性質 (n=2)

分類	項目	材料	材質	降伏応力 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)
RC脚柱部	鉄筋 D13	SD35		3730	5480	25.1
	鉄筋 D10			3970	5740	26.6
鋼製横梁部	鋼板 t9	SS41		3600	4410	28.3

表2 供試コンクリート類の性質 (n=3)

分類	項目	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	ヤング率 (kgf/cm ²)	*フロン比
RC脚柱部		242	23.2	2.39×10^5	0.165
接合部内		285	23.8	2.57×10^5	0.179
接合面(t,t)		607	—	—	—

試体S、Cとも接合面付近の脚柱主鉄筋が降伏し始めた $P=32$ tfあたりから変位が急に増加し、かつ最大耐力は、供試体Sが35.7tf、Cが38.8tfと、側面鉄筋を考慮した接合面の破壊抵抗曲げモーメントから決まる終局耐力 $P_u(=36.7$ tf)に概ね一致している。従って、接合面の荷重伝達機構として、従来のRC理論がほぼ成り立つと考えられる¹⁾。なお、供試体Sでは上フランジにナット締結した脚柱主鉄筋が、有効断面積の小さいねじ部で破断した。他方、接合部内へのコンクリート充填は、非充填の場合に比べて初期剛性の増加、及び主鉄筋降伏後の繰返し荷重に対するエネルギー吸収性能の向上、等に大きな効果が認められる。これは非充填の場合、接合部内の脚柱主鉄筋の弾性伸び、及び降伏後の塑性伸びが大であるのに対して、コンクリート充填を行うとこれらの伸びが著しく低減されるためである。

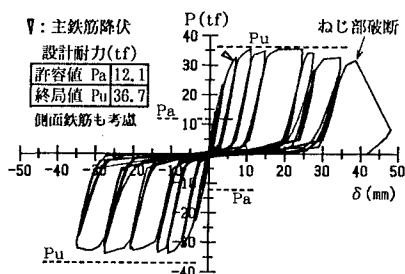
(2) 脚柱主鉄筋の応力： 接合部の脚柱主鉄筋の応力について、主鉄筋が弾性範囲にある荷重 $P=20$ tfでの実験値、FEM解析値、及び接合面のRC慣用計算値(コンクリートの引張無視)を比較した結果を図3に示す。接合面位置の主鉄筋の実測応力は引張側、圧縮側ともRC慣用計算値と良く対応し、RC脚柱と接合部との荷重伝達設計に従来のRC計算法をほぼ適用可能なことが確認される。一方、今回簡便な方法で実施したFEM解析の精度は比較的良好である。

(3) 横梁接合部の応力： $P=20$ tfでの測定ひずみから求めた接合部ウェブの主応力分布を図4に示す。接合部内にコンクリートを充填すると圧縮主応力の最大値は約60%に低減し、充填コンクリートの荷重分担効果が認められる。

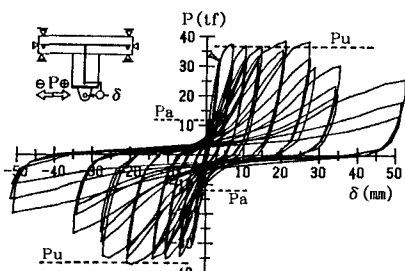
表3は、隅角部の設計で対象とするフランジと接合部ウェブの応力を実験、FEM解析、慣用設計計算²⁾(フランジのシアラグは無視)で対比したものである。FEM解析値、及び慣用計算値は、実験値と比較的良好に対応しているが、非充填型の圧縮フランジ(f_1)の実測応力が慣用計算値より高いのは、脚柱部との荷重伝達がこの部位に集中的となり、フランジ側に局所的な応力が生じているためと考えられる。

4. まとめ

混合構造橋脚の接合部に関する実験、及び解析を行った結果、接合部内コンクリート充填構造は耐力、靱性とも問題ないこと、並びにFEM解析等による応力評価は実験と比較的良好に対応すること、等が判明した。



(a) 供試体S [非充填型]



(b) 供試体C [充填型]

図2 荷重荷点変位の履歴

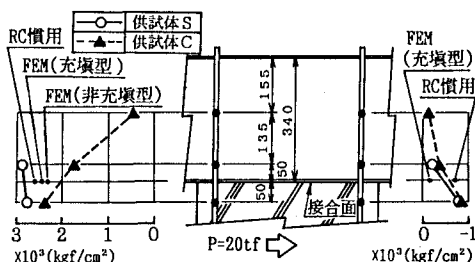


図3 脚柱主鉄筋の応力

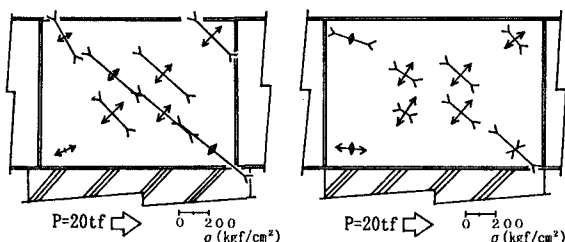


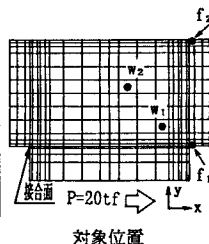
図4 接合部ウェブの主応力分布の実験値

表3 実験と解析による接合部応力の比較 (単位: kgf/cm²)

分類 応力		接合部内非充填型			接合部内充填型		
		実験	FEM	慣用計算	実験	FEM	慣用計算
フランジ σ_x^*	f1	-882	-817	-486	-353	-563	-486
	f2	248	208	250	275	215	250
ウェブ τ_{xy}	w1	315	359	216**	152	93	(73)
	w2	293	363	—	220	150	—

(注) *: 実験値はウェブ位置のフランジ外面の値

** : ダイアフラム側の τ_{xy} 値、(): 充填コンクリートを考慮



対象位置