

鉄道橋における上下部一体構造の地震荷重時の挙動に関する基礎的研究

日本鉄道建設公団 正員 保坂 鐵矢 * 早稲田大学 フェロー 依田 照彦 ****
日本鉄道建設公団 東 光秋 ** 石川島播磨重工業 正員 岡田 誠司 ***
石川島播磨重工業 正員 岩崎 初美 *** パシフィックコンサルタンツ 正員 松尾 仁 *****

1. まえがき

経済性の追求と耐震性の向上を目指して、連続合成鈑桁の中間支点で鋼（上部工）とコンクリート（下部工）を一体とした構造（上下部一体構造）の研究が盛んに行われている。しかし、この剛結部は、鋼とコンクリートの異種材料による接合であり、応力伝達機構は非常に複雑である。また、連続合成鈑の床版コンクリートを考慮した研究は少なく、床版と剛結部の耐力について明確な評価が行われていないのが現状である。

本研究は、死活荷重状態を想定した静的載荷実験¹⁾に引き続き地震時を想定した静的交番繰返し載荷実験を行うものである。本研究では、中規模地震を想定した荷重時における 剛結部の十分な耐力と健全性、 その際の剛結部の応力伝達機構の解明、 床版のひび割れ幅と荷重の関係による床版の使用限界状態などを検討する。さらに、荷重を漸増し大規模地震を想定した耐力評価、そして、破壊に至るまでのメカニズム、残存耐力を確認することを目的とした。

2. 試設計および剛結構造

供試体は、形状決定時に 3 径間連続合成鈑桁複合ラーメン橋を想定し試設計を行い、桁断面及び柱断面を決定した。中間支点上の床版のひび割れが問題となるので、供試体は床版を設け、床版の応力状態・ひび割れ状態を確認する。なお、中間支点においてプレストレスは導入せず床版内の鉄筋量の確保により有害なひび割れを防ぐ設計を行った。剛結構造はシンプルな構造を求め、アンカービーム形式に着目し実験を行った。

表 - 1 供試体タイプ

タイプ	剛結形式	アンカービーム長	スタッド有無
Type1-1	アンカービーム	1.5D	有
Type1-2	アンカービーム	1.0D	有
Type1-3	アンカービーム	1.5D 又は 1.0D	無
Type2	主桁定着形式	無	有

1) Dは主桁高とする。

2) Type1-3のアンカービーム長は、Type1-1、1-2の結果より決定する。

3. 実験概要

(1) 実験供試体

供試体は、剛結部付近の鋼桁とRC橋脚を取り出した形状とし床版を含めた想定橋梁を再現したものとした。供試体タイプは表 - 1、図 - 1 に示すようにアンカービームの有無、アンカービーム長の変化、スタッドの有無をパラメータにした4タイプとした。

載荷装置の制限から供試体の縮尺を決定し、供試体の設計を行い、地震時荷重に相当する荷重を載荷する。

また、供試体のRC橋脚長は載荷フレームの能力により2mとし、供試体の剛結部に発生する応力度が、想定橋梁の応力度とほぼ同一になるように鉛直力と水平力を決定した。

供試体の桁はH型鋼を使用し、桁・橋脚柱の外形サイズは4/9倍とし、形状サイズを相似させた（表 - 2）。

また、引張鉄筋の耐力が橋脚・床版の耐力を左右するので、想定橋梁の応力度と同一になるように鉄筋面積を相似させ、供試体の設計を行い、鉄筋ピッチ・本数を決定した。スタッドは13φ×60mmを使用し、せん断耐力をできるだけ相似させ面積も比較的近いものとした。

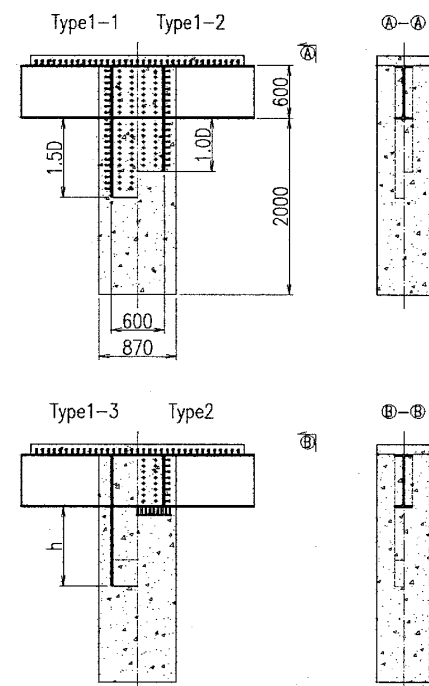


図 - 1 供試体の構造概要

キーワード：上下部一体構造、複合ラーメン橋、繰返し載荷実験

* 〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 Tel 03-(3506)-1859 Fax 03-(3506)-1860

*** 〒135-8322 東京都江東区毛利 1-19-10 Tel 03-(3846)-3152 Fax 03-(3846)-3345

(2) 実験方法

実験要領図を図-2に示す。供試体の剛結部に大きな回転拘束が起らないように、鋼桁端部の支点を上下ピンで受け、水平力に対して片側固定、片側自由の境界条件とした。

荷重は、柱部に上部工自重に相当する荷重 $V=32.5tf$ (318.5kN) を載荷する。鉛直荷重を一定のまま、水平力を $1.0 \sim 2.0tf$ を目安に漸増させ、中規模地震荷重状態 (水平設計震度 0.3) に相当する水平力 $H = 10.2tf$ (100.0kN) まで載荷し、床版及び柱部のひび割れを観察する。

その後、水平荷重を $1.0 \sim 5.0tf$ を目安とし増加させ、RC橋脚の鉄筋または鋼板が降伏するまで載荷する。供試体の設計における脚柱部の主鉄筋の降伏荷重は、Type1-1: $59.4tf$ (585.1kN)、Type1-2: $43.2tf$ (423.4kN)、Type1-3: $43.2tf$ (423.4kN)、Type2: $27.9tf$ (273.4kN) であり、この値を載荷荷重の目安とした。

降伏荷重時における脚柱部の水平変位を $1.0\delta y$ とし、脚柱を左右に3度交番させ、 $\pm 1.0\delta y$ の変位を再現する。その後、変位制御で水平変位を $2.0\delta y$ 、 $3.0\delta y$ ・・・と増加し、各々3度の交番載荷を行い、塑性後の挙動を観察し残存耐力を評価する。

4. 解析概要

図-3のように剛結部の実験の供試体を立体モデルとし、有限要素解析を行う予定である。

使用要素としては、鋼桁部及びアンカービームをシェル要素とし、コンクリート部はソリッド要素を用いる。また、床版・RC橋脚の鉄筋は梁要素を用いてモデル化する。

なお、スタッドは鉛直・水平バネを有する接合要素を用い、バネ値を変えることで完全付着モデル又はスタッドモデルとし解析を行う。

境界条件は、鋼桁両端を回転自由とし剛結部に実験と違った回転変形拘束が起らないようにし、水平方向は片側固定・片側自由とし、実験の境界条件を再現した。載荷荷重は実験で載荷した中規模地震時荷重と降伏荷重とし、解析における荷重-変位履歴曲線等と実験値を比較する。

5. まとめ

本実験において、アンカービームを使用した剛結構造の応力特性・残存耐力・変形性能 (ダクティリティー) の解明、中規模地震荷重時状態、降伏荷重状態における剛結部と床版部のひび割れの観察などにより、設計資料の一助としたい。現在、実験を実施しており、その結果は当日報告する。

参考文献 1) 保坂鐵矢、堀地紀行、依田照彦、岡田誠司、松尾仁：鉄道橋における上下部一体構造の挙動に関する基礎的研究、土木学会第54回年次学術講演会、pp.376-377、1999年9月

表-2 供試体寸法と相似則

	鋼桁・アンカービームH型鋼				床版厚
	サイズ	フランジ (mm)	A (cm ²)	I (cm ⁴)	t2 (mm)
想定	1350×450	42	681.8	2022584	250
供試体	600×200	17	134	77600	111
/	0.444	0.405	0.197	0.038	0.444

	柱サイズ	橋脚鉄筋		床版鉄筋	
		径 (mm)	A (cm ²)	径 (mm)	A (cm ²)
想定	1350×1950	29	6.4240	D19×22	63.0300
供試体	600×870	13	1.2670	D16×6	11.9200
/	0.444	0.448	0.197		0.189

	橋脚スタッド			
	径 (mm)	L (cm)	A (cm ²)	Pa
想定	22	150	3.8010	2716kgf (26.62kN)
供試体	13	60	1.3267	803kgf (7.87kN)
/	0.591	0.400	0.349	0.296

$$S = 0.444 \times 0.444 = 0.197$$

	床版スタッド			
	径 (mm)	L (cm)	A (cm ²)	Pa
想定	22	120	3.8010	2716kgf (26.62kN)
供試体	13	60	1.3267	803kgf (7.87kN)
/	0.591	0.500	0.349	0.296

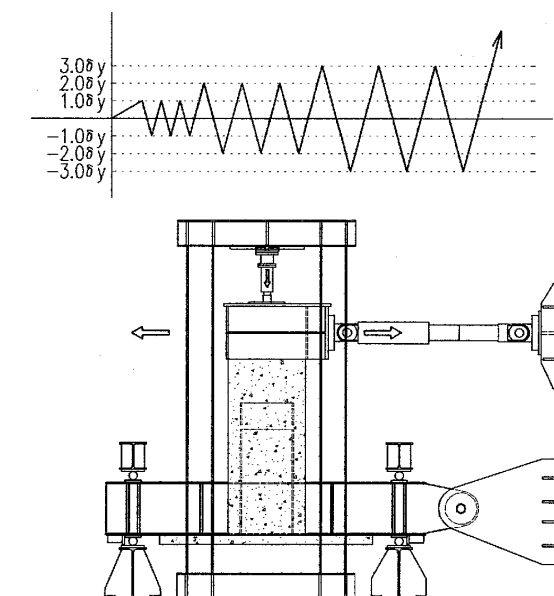


図-2 実験要領図

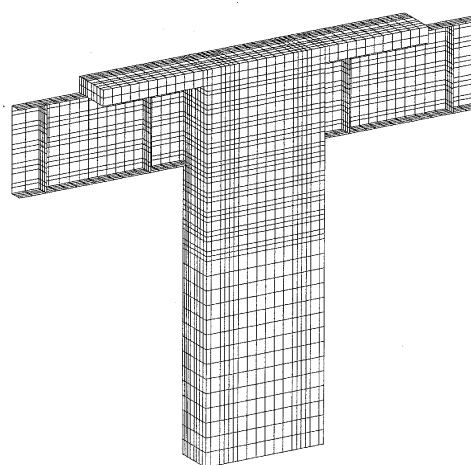


図-3 立体有限要素解析モデル図