

丸鋼鉄筋を用いた RC 高架橋の耐震性能

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○桑木野 耕介

1. はじめに

現在 RC ラーメン高架橋や RC 橋脚に対する耐震補強が進められているが、対象構造物の中には丸鋼を用いたものが含まれている。既往の研究^{例えば 1)~2)}では、丸鋼を用いた RC 部材は、異形鉄筋を用いた RC 部材と比較してひび割れが少なく、変形性能が高いことが報告されている。しかし丸鋼を用いた RC 構造物の耐震性能の評価は、異形鉄筋を用いた RC 部材の力学特性を適用しているのが実情である。本論文では、既存の丸鋼を用いた鉄道 RC ラーメン高架橋の耐震性能を評価するため、この高架橋柱を模擬した試験体の交番載荷試験を行い、得られた履歴モデル³⁾を用いて動的非線形解析を行ったので報告する。

2. 力学特性

2.1 既存の RC ラーメン高架橋

対象とした高架橋は、1954 年に建設された 1 層 4 径間のビームスラブ式高架橋である (図 1, 2)。この高架橋柱の諸元と、この高架橋の力学特性を求めるため、柱を模擬して交番載荷試験を行った試験体諸元を表 1 に示す。

2.2 骨格曲線

交番載加試験から得られた試験体の部材端の曲げモーメントと部材角の関係について図 3 に示す。図中に異形鉄筋として計算した骨格曲線の部材降伏点 (Y 点)、最大耐力点 (M 点)、終局点 (N 点) を併記するが、N 点以降も急激な損傷や耐力低下が生じていない。よって柱部材に軸短縮が発生しない最大変形点 (J 点) を終局状態と定義し 4 折れ 5 勾配の骨格曲線でモデル化することとした。

2.3 履歴モデル

図 3 のとおり履歴曲線は Y、M 点では紡錘型の挙動を示すが、N 点以降はスリップ型の挙動を示した。そこで履歴ルールを N 点までは紡錘型となる Takeda モデル、N 点以降はスリップ型となる Takeda-slip モデルを適用することとした。なお、履歴モデルで用いる除荷剛性 K_r 、スリップ剛性 K_p 、立ち上がり剛性 K_s のそれぞれの係数 α 、 β 、 γ を試験結果から算出³⁾し表 2 を用いた。

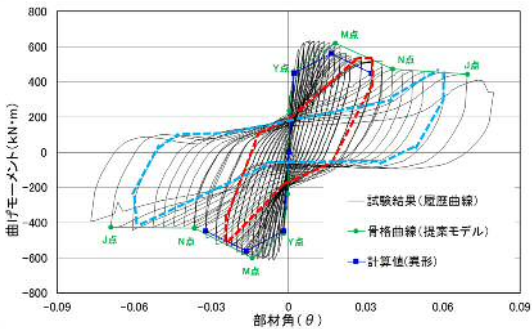


図 3 M-θ 関係 (No8)

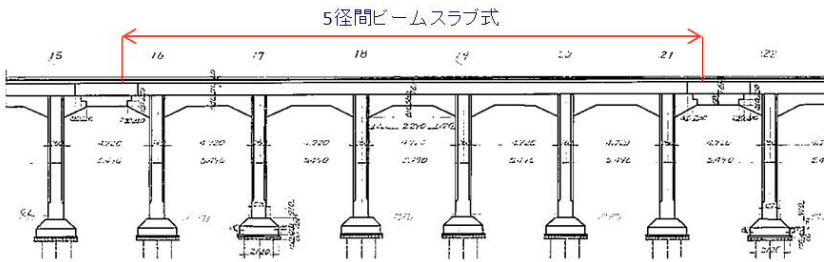


図 1 既設高架橋側面図

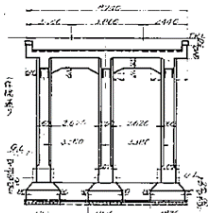


図 2 断面図 (中間部)

表 1 既設高架橋柱、試験体の緒元

	断面 寸法	a/d	軸方向鉄筋				帯鉄筋		材料強度*			曲げ せん断 耐力比
			径・本	間隔 D	D/φ	P _t	径・間隔	P _w	コンク リート	鋼材		
										軸方向 鉄筋	帯鉄筋	
	[mm]		mm・本	[mm]		[%]	[mm]	[%]	[N/mm ²]			
既設高架橋(1954年)	760×760	3.7	φ22×6	160.0	6.40	0.37	φ9etc150	0.11	21.0	200.0	200.0	1.76
模擬した試験体	700×700	2.5	φ22×4	193.3	8.79	0.34	φ9etc150	0.07	28.9	293.4	372.6	1.62

※材料強度はコンクリートが圧縮強度を、鋼材が引張降伏強度を示す。

表 2 履歴モデルに用いる係

係数	α	β	γ
	0.69	0.41	0.97

3. 解析条件

図4のとおりに構造全体系を多質点系とし、下記の方針でモデル化し解析を行うこととした。

- (1) 検討方向は中間部の線路直角方向とした。なお、一般的な異形鉄筋を用いた RC 部材と比較するため、次の2ケースを実施した。

ケース1：鉄道構造物設計標準・同解説耐震設計⁴⁾の骨格曲線が3折れ4勾配の履歴モデル（異形鉄筋を対象）

ケース2：上述した丸鋼の試験結果から求めた4折れ5勾配の履歴モデルを適用

- (2) 柱は非線形部材とし、部材を1D毎（D：柱断面高さ）に要素分割し、各要素を $M-\phi$ （M：曲げモーメント， ϕ ：曲率）関係でモデル化し、上層梁、地中梁は線形部材とした。またフーチング基礎と地盤の相互作用ばねは、水平、鉛直ばねとし 簡単のため地盤ばねは線形とした。

- (3) 減衰は部材 5%，地盤 10%とし、ひずみ比例減衰とし減衰マトリックスを構築し、固有値解析を実施し、1次及び2次のモード減衰定数を算出した。動的解析には、両モード減衰定数を満足するような Rayleigh 減衰を用いた。

- (4) 入力地震動は鉄道構造物の耐震設計で標準的に用いられている設計地震動（図5）を用いた。この地震動は断層近傍方を想定したものである（スペクトルⅡ地震，G3 地盤用）

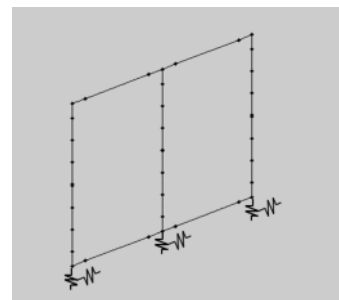


図4 解析モデル

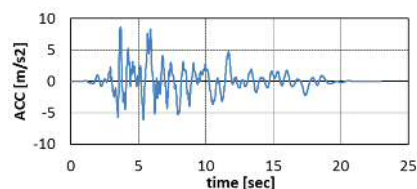


図5 解析に用いた入力地震動

4. 解析結果とまとめ

図6に動的非線形解析より得られた柱の $M-\phi$ 関係を示す。異形鉄筋の履歴モデルを用いたケース1では、終局点（N点）を上回る応答となるが、実物を模擬した試験結果から得られる丸鋼の履歴モデルを用いたケース2では、終局点（J点）に達していない。

以上より、丸鋼の履歴モデルはN点以降にスリップ型に移行するものの、異形鉄筋の履歴モデルを用いた場合と比較して、高い耐震性能を示した。

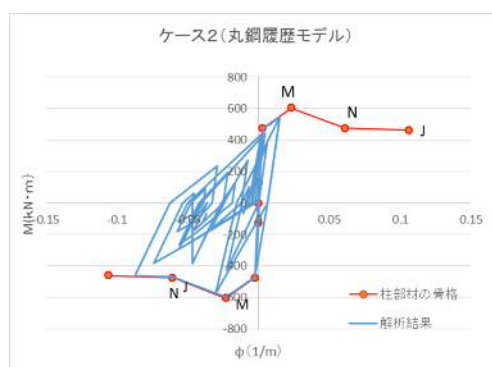
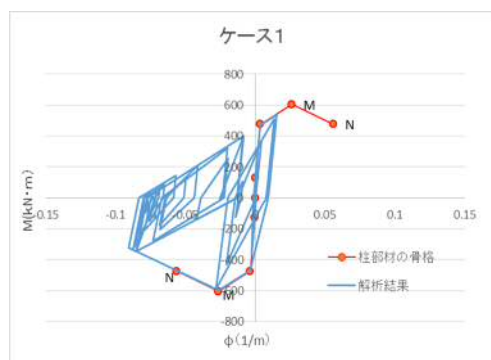


図6 解析結果

参考文献

- 1) 伊東典紀, 桑木野耕介, 大郷貴之: 丸鋼を用いた RC 部材の地震時破壊形態に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No2, pp667-672, 2014
- 2) 澤松俊寿, 三田村浩ら: 柱部の鉄筋に丸鋼を用いた鉄筋コンクリート橋脚の履歴特性, 構造工学論文集, Vol.58A, pp.333-342
- 3) 桑木野耕介, 大郷 貴之丸鋼鉄筋を用いたラーメン高架橋柱の履歴モデルに関する一考察, 第73回土木学会年次講演 I-386
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 H24.9

キーワード 丸鋼鉄筋, 静的正負交番載荷試験, 履歴モデル

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1 JR 東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-5435-7627