

既設の耐震壁付き RC ラーメン橋脚の耐荷性状に関する検討

(株) 構研エンジニアリング 正 会 員 ○伊藤 雄二
土木研究所寒地土木研究所 正 会 員 岡田 慎哉
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

(株) 構研エンジニアリング 正 会 員 京田 英宏
土木研究所寒地土木研究所 正 会 員 西 弘明
室蘭工業大学 正 会 員 張 広鋒

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震を契機に、鉄筋コンクリート（以下、RC と略す）橋脚の耐震性能の照査および耐震補強が進められているが、耐震壁付き RC ラーメン橋脚に関する明確な耐震設計法は確立されていない。本研究では、一般国道 231 号石狩河口橋の耐震壁付き RC ラーメン橋脚を対象として、汎用有限要素解析コード DIANA によるプッシュオーバー解析を実施し、耐震壁の有無が RC ラーメン橋脚の耐荷性状に及ぼす影響について検討を行った。

2. 解析対象

石狩河口橋は一般国道 231 号の石狩川河口から約 5.5km 上流に位置する橋長 1,412.7m の長大橋梁である。解析対象橋脚は、石狩河口橋主橋梁部の三径間連続鋼斜張橋の耐震壁付き RC ラーメン橋脚である。支承条件は、橋軸方向には対象橋脚における一点固定、橋軸直角方向には全点固定であり、主塔基部は橋脚上にピン支持されている。設計基準は鋼道路橋設計示方書（昭和 39 年）であり、耐震設計は、震度法により設計水平震度 $k_h=0.2$ で設計されている。

3. 解析概要

3.1 解析モデル

図-1には解析対象橋脚の概要図を、表-1には柱部材の主鉄筋比を示している。橋脚基部から 3.0m の高さに主鉄筋段落し部がある。図-2には、解析モデルを主鉄筋段落し部（S1）および降伏評価位置と併せて示している。本論文では、耐震壁の効果について明確にするため、耐震壁の有るモデルと耐震壁の無いモデルの 2 タイプを作成した。ここで、躯体には三次元固体要素を、鉄筋には埋込鉄筋要素を使用した。上部構造、支承、主塔をモデル化する場合には剛体と仮定した。また、基礎は考慮せず橋脚基部を完全固定とした。本研究では、2 タイプについて汎用有限要素解析コード DIANA を用いてプッシュオーバー解析を行った。

プッシュオーバー解析は、自重解析後、橋軸および橋軸直角方向に対して変位制御により実施した。変位制御位置は、橋軸方向の場合には支承部、橋軸直角方向の場合には主塔のケーブル定着部に設定している。なお、支点反力については主塔基部に分布荷重として与えた。

図-3には、材料構成則を示している。鉄筋については、降伏後の塑性硬化を考慮したモデルを適用した。降伏の判

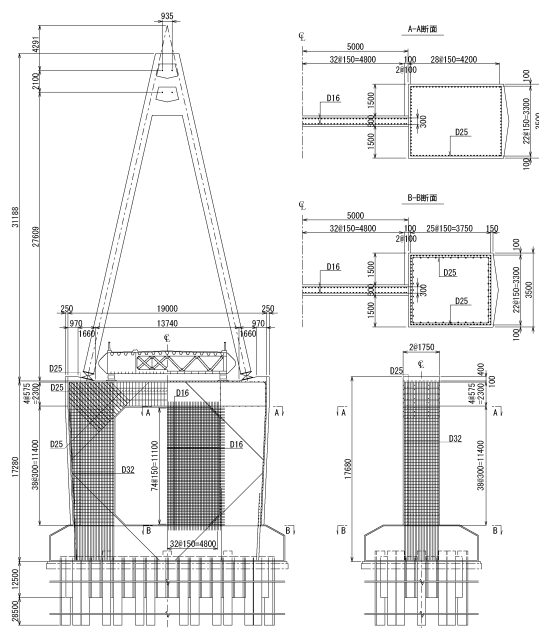


図-1 解析対象橋脚

表-1 柱部材主鉄筋比

断面	主鉄筋		帯鉄筋	
	配筋量	鉄筋比	配筋量	鉄筋比
段落し部 (3.0 m)	D32×46 D32×48	0.516%	D25ctc300	0.023%
基部	D32×46 D32×48 D32×22 D32×18	0.760%	D25ctc300 D25ctc300	0.048%

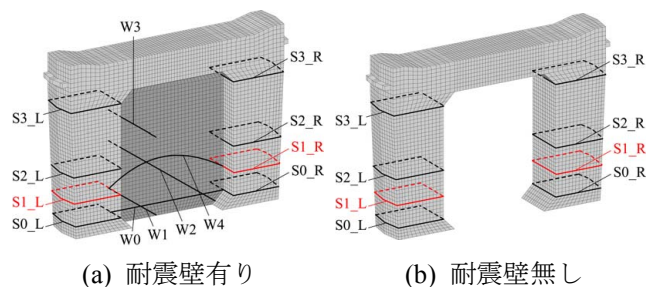


図-2 解析モデル

キーワード RC ラーメン橋脚、耐震壁、耐荷性状、有限要素解析

連絡先 〒065-8510 札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1 番 1 号 (株) 構研エンジニアリング 橋梁部 TEL.011-780-2816 FAX.011-785-1501

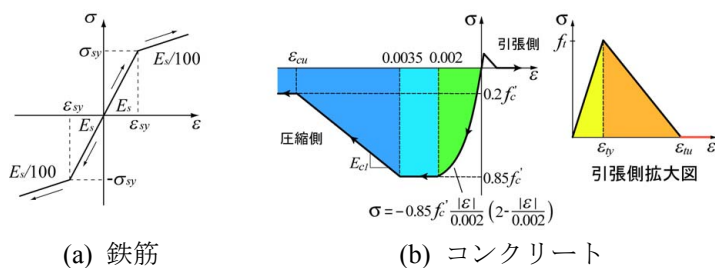


図-3 材料構成則

定には von Mises の降伏条件を適用した。コンクリートについては、圧縮側は $3,500\mu$ までコンクリート標準示方書に準じ、 $3,500\mu$ 以降は初期弾性係数の 0.05 倍で引張強度の 0.2 倍まで線形軟化するモデルを適用した。一方、引張側は線形軟化モデルを適用し、終局ひずみは鉄筋の降伏ひずみとほぼ等しい値とした。降伏の判定には von Mises の降伏条件を適用した。ここで、解析に使用する材料物性値はすべて設計値に基づいて設定した。

4. 解析結果

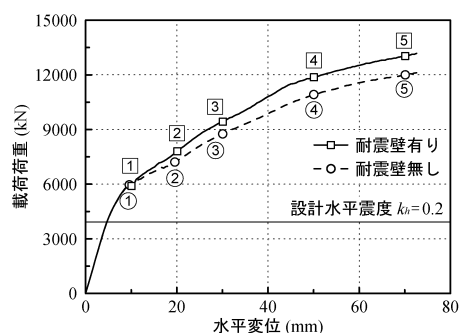
図-4には、橋軸方向載荷時の載荷荷重－水平変位関係と、着目点 5 におけるコンクリート要素の鉛直方向ひずみ分布を示している。耐震壁の有無に因らず、主鉄筋段落し部 (S1) および柱部材基部 (S0) の損傷にともない降伏しており、着目点 5 における鉛直ひずみ分布にも差異は見られない。なお、設計水平震度 0.2 では鉄筋の降伏は発生していない。

図-5には、橋軸直角方向載荷時の載荷荷重－水平変位関係と、着目点 8 におけるコンクリート要素の鉛直方向ひずみ分布を示している。耐震壁の有る場合には、左側柱部材基部 (S0_L) および主鉄筋段落し部 (S1_L) の損傷にともない耐震壁端部 (W1) に損傷が発生し、荷重勾配が低下している。その後、損傷は左側柱部材中央 (S2) へと広がり、耐震壁中央部 (W2) に壁部材を横断する斜めひび割れが発生している。したがって、壁式橋脚に近い挙動を示していると考えられる。一方、耐震壁の無い場合には、柱部材の複数箇所に損傷が発生しており、荷重レベルも設計水平震度 0.2 (2000kN) 程度の差が確認できる。なお、設計水平震度 0.2 では鉄筋の降伏は発生していない。

5. まとめ

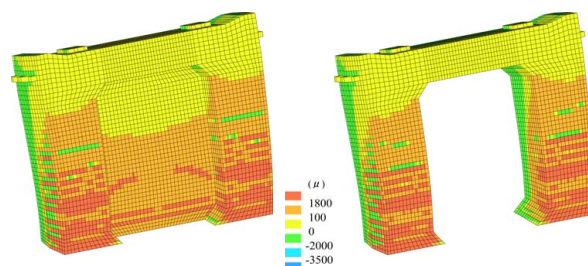
本研究により得られた知見は、以下の通りである。

- 1) 橋軸方向、橋軸直角方向ともに、当初設計時の設計水平震度に対して余耐力を有している。
- 2) 橋軸方向には、耐震壁による耐荷性状の差は見られない。
- 3) 橋軸直角方向には、耐震壁により壁式橋脚に近い耐荷性状を示していると考えられる。



(a) 載荷荷重－水平変位関係

着目点	①	②	③	④	⑤	着目点	①	②	③	④	⑤
コンクリートの降伏位置	—	S1_LR	S0_LR	S2_LR	W1	コンクリートの降伏位置	—	S1_LR	S0_LR	S2_LR	—
鉄筋の降伏位置	—	—	S0_LR	S1_LR	W1	鉄筋の降伏位置	—	—	S0_LR	S1_LR	—

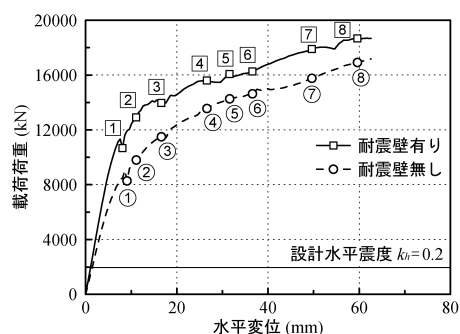


i) 耐震壁有り

ii) 耐震壁無し

(b) コンクリート要素 鉛直方向ひずみ分布 (着目点 5)

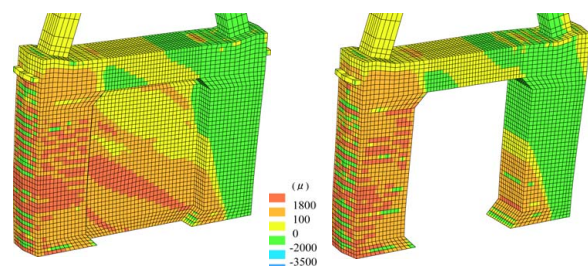
図-4 橋軸方向載荷 解析結果



(a) 載荷荷重－水平変位関係

着目点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
コンクリートの降伏位置	—	S0_L	S1_L	S2_L	W2	—	W3	—
鉄筋の降伏位置	—	—	S0_L	S1_L	S2_L	—	—	W3

着目点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
コンクリートの降伏位置	—	S0_L	—	S1_L	—	S0_R	—	—
鉄筋の降伏位置	—	—	S0_L	—	S1_L	—	S2_L	S3_L



i) 耐震壁有り

ii) 耐震壁無し

(b) コンクリート要素 鉛直方向ひずみ分布 (着目点 8)

図-5 橋軸直角方向載荷 解析結果