

12 径間連続ラーメン高架橋の耐震診断および耐震補強方法の検討

(独)鉄道・運輸機構 ○正会員 西 恭彦 玉井真一 鈴木喜弥
日本交通技術(株) 正会員 高木智章 大島 篤 藤原 朗

1. はじめに

本報告は、1988 年から供用を開始した既設鉄道構造物の耐震診断および耐震補強設計を特殊構造物となる全長 132m の 12 径間複線ラーメン高架橋（写真-1）について実施した結果について述べるものである。

2. 構造物の概要

本構造物の概要を図-1 に示す。本構造物は山間部の河川流域平野に位置し、地質は基盤の泥岩とこれを覆うように谷に埋積した沖積層の 2 層からなる。基盤面は GL-16m 付近に水平な状態にあるが起点側に向けて 40° で急激に立ち上がっている。

上部構造は開床式構造であり、軌道直下に主梁が上下線にそれぞれ 2 本配置され、横梁と柱で格点部を剛結した構造になっている。ダクト受け梁は横梁とスパン中央の横小梁で単純支持されている。また、横梁の線間部分は巡回作業用に上部を切り欠いた構造になっている。

本構造物の起点方はトンネル坑口部の橋台に接合しており、線路方向の地震時水平力の全てを接合部が支持する構造である。終点方は端横梁が可動支承を介して橋脚に支持されている。多径間ラーメン高架橋は柱に対して縦梁の温度変化や乾燥収縮による不静定力の影響が大きい。そのため、本構造物の柱幅は直角方向が 2100mm に対して、線路方向が 350mm と断面が小さく、発生モーメントを軽減している。基礎は RC 杭（φ450）を直角方向に 8 本配置している。



写真-1 12 径間ラーメン高架橋

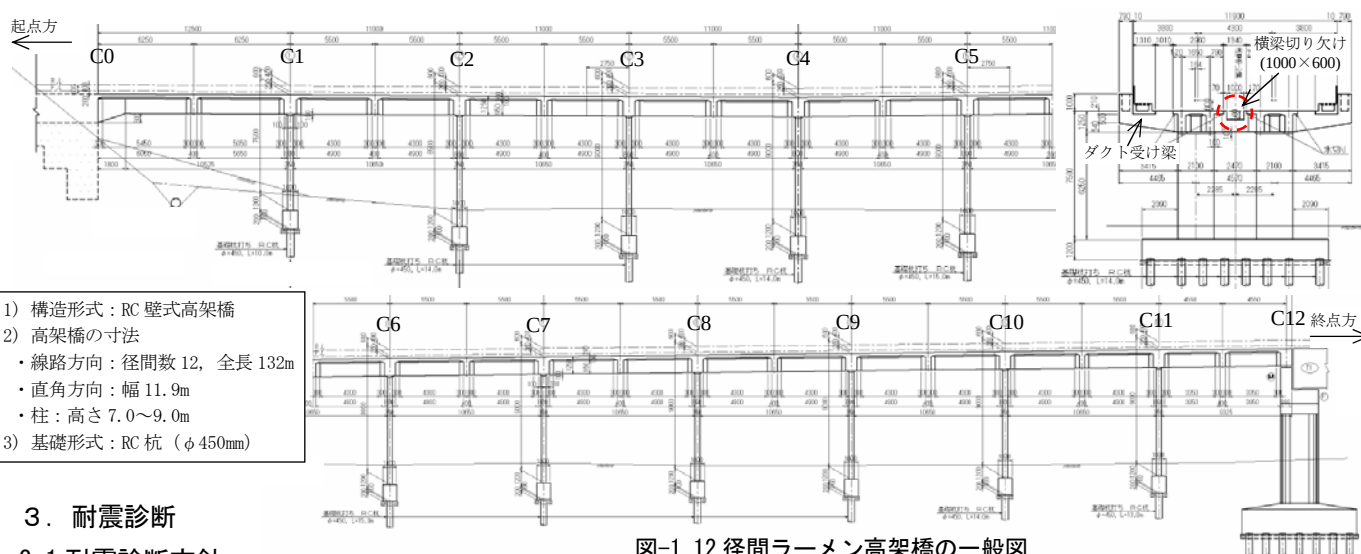


図-1 12 径間ラーメン高架橋の一般図

3. 耐震診断

3.1 耐震診断方針

既設構造物の耐震補強に要求される耐震性能は、新設構造物と同等に近づけるべきであるが、本高架橋の要求性能は、L2 地震動に対して構造物全体が崩壊しないものとしている。従って本構造物の耐震診断は上部構造部材に対して、せん断力、変形性能の照査を実施することとした。

3.2 耐震診断の方法

本構造物は、軌道面にスラブがない開床式であり平面解析を行う際の前提条件（軌道面が剛体である）に外れる、柱が線路方向の地震時水平力を負担しないなど、地震時の挙動が不明確な構造物である。そこで解析モデルはラーメン高架橋および終点方の RC 橋脚を含む 3 次元立体骨組みモデルとした。

基礎と地盤のモデル化は各柱の位置で地層が異なることから、修正 Penzien モデルとした。

キーワード：多径間ラーメン高架橋、耐震診断、耐震補強、時刻歴動的解析

連絡先：〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 TEL：045-222-9082 FAX：045-222-9102

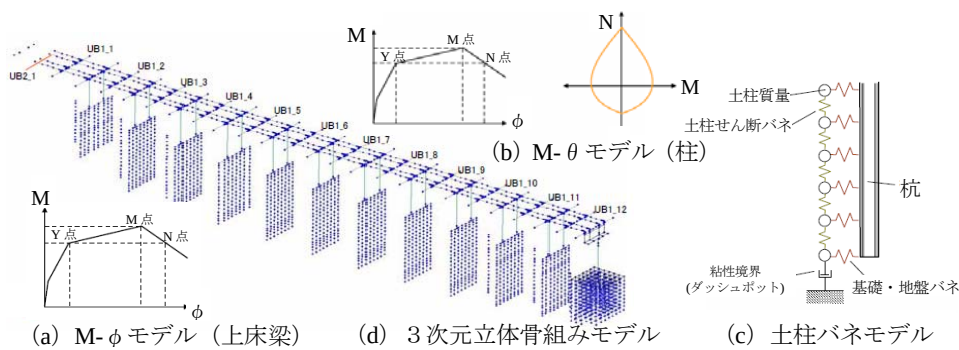


図-2 3次元立体骨組み解析モデル

解析モデルを図-2、各部材モデル化を表-1に示す。解析ケースは、鉄道構造物等設計標準（耐震設計）に示されるL2地震動スペクトルⅡの時刻歴加速度波形（基盤波）¹⁾をCase1では線路方向、Case2では直角方向に入力した。

3.3 耐震診断結果

Case1（線路方向）の解析結果は、上層縦梁、上層横梁、柱とも、せん断力および損傷レベルに対して限界値を満足した。

Case2（線路直角方向）の耐震診断結果を表-2に示す。上層縦梁については第1径間でせん断耐力が不足した。

上層横梁にはせん断力が鉛直方向（面内方向）と水平方向（面外方向）の2方向に生じ（図-3）、全ての切欠き部で耐力が不足した。第1～第3横梁は切欠き部以外でもせん断耐力が不足した。

柱についてはそのほとんどでせん断耐力が不足した。

曲げについては、全ての部材で制限値である損傷レベル3を満足した。

図-4は下り線側上層縦梁の軸心位置における直角方向の時刻歴変位である。

4. 耐震補強設計

上層縦梁は主桁2本を並べた構造であり、せん断補強は主桁間にRC断面を増し厚する方法が外観上の変化も少なく有効と考えられる。

上層横梁は2方向のせん断力が生じるため、せん断補強は柱の外側からPC鋼棒による横締めが有効であると考えられる。横締めによるせん断耐力の向上分は、棒部材のせん断耐力式に基づいて算定される。

柱のせん断耐力の補強は、鋼板巻き立て補強が有効と考えられる。この場合、設計補強せん断耐力 V_{sd} は $2 \cdot t \cdot h \cdot f_{syd} / \gamma_b$ で算定される²⁾。ここに、 t は補強鋼板厚(mm)、 h は充填モルタル厚を加味した断面高さ(mm)、 f_{syd} ($=f_{syd} / \sqrt{3}$)は補強鋼板の設計せん断降伏強度(N/mm²)、 γ_b は部材係数である。補強鋼板厚を6.0mm、充填モルタル厚を30mm、 $f_{syd}=130\text{N/mm}^2$ 、 $\gamma_b=1.0$ とすると $V_d/V_{sd}=1,468\text{kN}/3,370\text{kN}=0.44$ となる。

図-4によると、上層横梁は隣接する横梁と位相差をもって直角方向に変位するため、柱にはねじりが生じると考えられるが、鋼板巻き立て補強によるせん断補強の実施は、ねじりに対しても有効であると考えられる。

5. まとめ

12径間連続ラーメン高架橋の時刻歴応答解析を実施し、L2地震に対して耐震補強が必要となる部位と以下の点が明らかになった。

- 1) 耐震補強には上層縦梁はRCによる増厚、横梁はPCによる横締め、柱は鋼板巻き立て工法が有効と考えられる。
- 2) 耐震診断を実施した全ての部材において、損傷レベルの制限値3を満足することが分った。

参考文献

1) (財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）、丸善、1999.10
2) (財)鉄道総合技術研究所：既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針（鋼板巻き立て補強編）、1999.7

表-1 部材等のモデル化

部材	非線形モデル	減衰定数
柱	テトラリニア M-θ	5%
梁	テトラリニア M-φ	5%
杭	テトラリニア M-φ	5%
地盤	Clough モデル	10%
土柱	R-O モデル	—

減衰モデル：ひずみエネルギー比例型
数値解析：時刻歴応答解析(Newmark β法)

表-2 耐震診断の結果 (Case2)

部 位	せん断力 $V_d(\text{kN})$	せん断耐 力 $V_{sd}(\text{kN})$	V_d/V_{sd}	θ_d/θ_{nd} ϕ_d/ϕ_{nd}
上層縦梁	935.9	531.9	1.76	0.323
上層横梁	面内 1,447	1,850	0.78	0.042
	面外 1,560	830.2	1.88	0.042
同(切欠部)	面内 1,916	1,156	1.66	0.048
	面外 1,561	699.5	2.23	0.032
柱	1,468	759.4	1.93	0.078

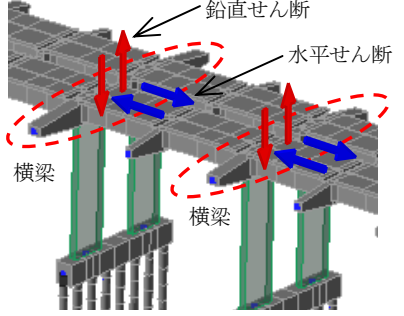


図-3 横梁の2方向せん断力

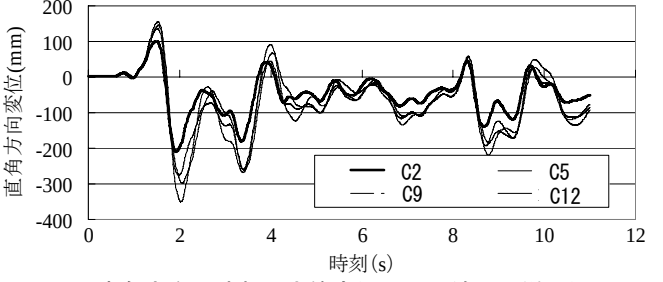


図-4 直角方向の時刻歴応答変位（下り線上層縦梁位置）