

RC 鉄道ラーメン高架橋の耐震性能評価

0417081 長治 賢太郎
指導教員 吉川 弘道 野口 聡

1 はじめに

鉄道構造物は一般に公共性の高いものであり、それらの円滑な機能の維持・確保が個人の生命や生活、社会・生産活動にとって非常に重要である。1995年に発生した兵庫県南部地震では橋脚の倒壊や落橋などの甚大な被害が生じた。特に1980年以前の設計基準で設計された橋脚に被害が集中した。その為、類似の大地震発生の被害抑制として耐震性能評価が重要視されている。そこで本研究では、RC ラーメン高架橋を対象に部材に適した補強工法の決定とその傾向の把握を目的に耐震補強における構造物の耐力と補強量を比較・検討を行った。なお、本研究ではアラミド繊維シート補強工法を用いた。理由として、財団法人 鉄道総合研究技術研究所の耐震補強工法設計・施工指針書¹⁾において補強量の算定式や説明が詳細に述べられているためである。

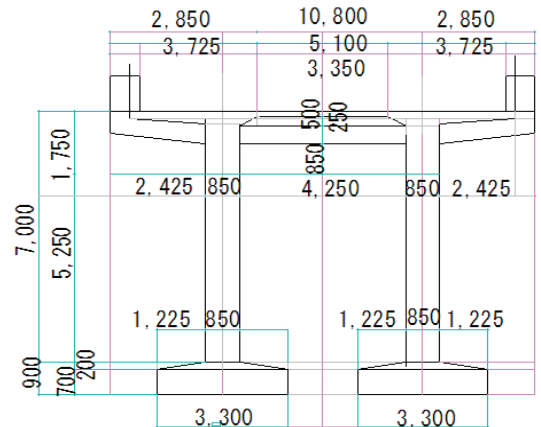


図1 鉄道ラーメン高架橋の断面図

2 解析対象構造物と解析概要

解析は平成8年版準拠構造物¹⁾のラーメン高架橋のうち、線路直角方向を対象とした。このラーメン高架橋の断面図を図1に示す。ラーメン高架橋の全長40m、スラブ幅10.5mである。また、中間横梁の配筋図、中間柱の配筋図をそれぞれ図2、図3に示す。中間横梁の縦の長さ0.9m、横の長さ0.75mで鉄筋はD13×20本である。なお、コンクリートの重さは25.0kN/m²、スラブや他の部材の重さは24.5kN/m²とし、基礎は固定基礎とした。

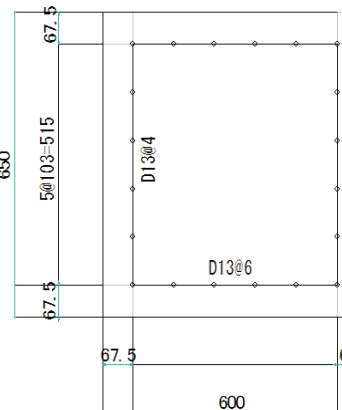


図2 中間横梁の配筋図

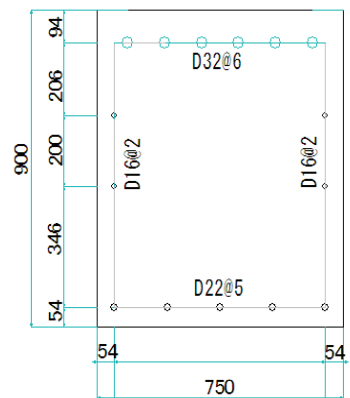


図3 中間柱の配筋図

平成8年版準拠ラーメン高架橋の線路直角方向を対象に部材の非線形を対象に静的非線形漸増解析(以下プッシュオーバー解析)を行った。プッシュオーバー解析とは構造物に対して静的な震度や荷重を漸増载荷して、その载荷荷重と水平変位の関係等によって、構造物の損傷過程や全体系の耐震性能を精度よく評価できる手法である。解析は「鉄道構造物等設計標準・同解説、耐震設計」(平成11年10月)¹⁾と「鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物・抗土圧構造物)」(平成12年3月)²⁾に準拠して行い、解析ソフトはSNAP(Structural Nonlinear Analysis Program)Ver.4.1を用いた。

3 RC ラーメン高架橋のモデル化

モデル化とは一本の部材を複数のセルに分割して離散化することであり、材料非線形による部材の挙動を適切に評価することが可能である²⁾。本解析では、構造物全体系の静的解析を実施するため、要素に分割し、部材における曲率 ϕ で材料非線形性を与えるM- ϕ モデルとし、M- δ 曲線で材料非線形特性を設定した。水平荷重を図4の3.8の点に与え、解析を行った。

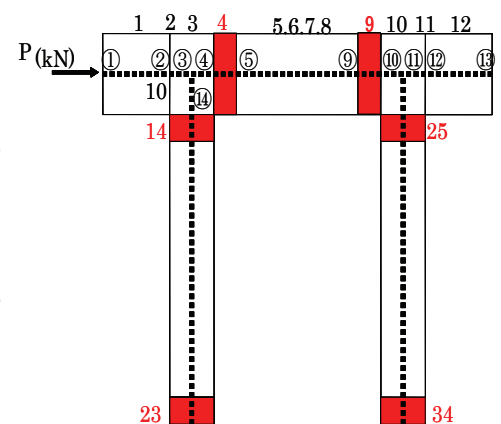


図4 モデル図

Key Words : 耐震補強, せん断補強量, じん性補強量, 必要せん断耐力

4 RC ラーメン高架橋の耐震性能評価

解析モデルに対して、プッシュオーバー解析³⁾を実施した結果より、P- δ 曲線、M- δ 曲線を図 5~7 に示す。P- δ 曲線の関係から梁端部の要素点 9 の耐震強度が他の要素点より低く、最も早く終局に至っていることが分かる。この次には柱端部の要素点 25 の耐震性能が低いと言える。この解析結果を元に構造物の梁と主鉄筋帯鉄筋、コンクリート強度を変化させたケースでの耐震補強を行った。ケース別断面詳細を表 1 に示す。本研究ではアラミド繊維シート⁴⁾を用いたせん断補強、じん性補強を行った。

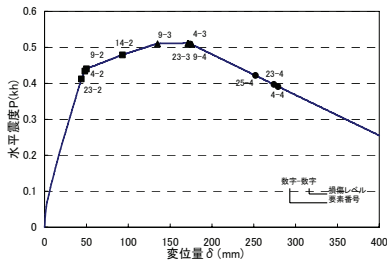


図 5 P- δ 曲線

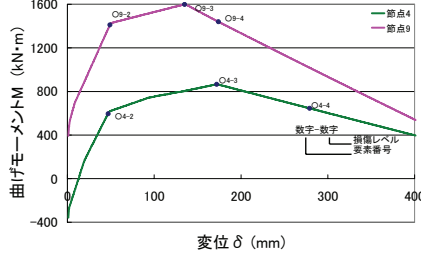


図 6 M- δ 曲線(梁部材の比較)

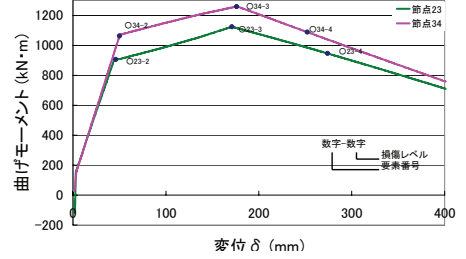


図 7 M- δ 曲線(柱部材の比較)

5 耐震補強とせん断補強,じん性補強の補強量の比較

せん断補強,じん性補強の補強量として設計補強せん断耐力が用いられる。これを補強別に比較することで塑性ヒンジ区間の部材ごとの効率のよい補強種類を判断することができる⁴⁾。本研究では梁主鉄筋量,柱主鉄筋量,帯鉄筋量をパラメータとして 3 通りを比較した。(図 8~10)なお,解析結果は最も明確に現れた左柱(要素点 14,23)を用いた。以下,せん断補強量の算定結果を表 2, じん性補強量の算定結果を表 3 に示す。

表 2 せん断補強量の算定結果

Case No	要素番号	設計せん断耐力 V_{sd} (kN)	設計せん断力 V_d (kN)	補強に必要なせん断耐力 V_{AF} (kN)	補強に必要なシート断面積 A_{AF} (mm ²)
a	23	742.78	374.40	-368.38	-507.42
b	14	734.22	418.99	-315.23	-434.21
c	23	739.60	418.99	-320.61	-441.62
d	14	722.01	422.19	-299.92	-412.98
e	23	727.40	422.19	-305.21	-420.40
f	14	678.31	210.06	-468.25	-644.98
g	23	682.10	210.06	-472.04	-650.20
h	14	405.47	415.49	10.02	13.80
i	23	409.58	415.49	5.91	8.14
j	14	722.12	422.57	-299.55	-412.61
k	23	727.50	422.57	-304.93	-420.02
l	14	405.47	415.49	10.02	13.80
m	23	409.58	415.49	5.91	8.14
n	14	327.83	408.50	80.67	111.12
o	23	332.54	408.50	75.96	104.63

表 3 じん性補強量の算定結果

Case No	要素番号	設計せん断耐力 V_{sd} (kN)	設計せん断力 V_d (kN)	補強に必要なせん断耐力 V_{AF} (kN)	補強に必要な繊維シート断面積 A_{AF} (mm ²)	補強に必要なじん性率 M_{AFs}
a	23	742.78	852.35	109.57	150.93	8
b	14	734.22	555.83	-178.39	-245.72	6
c	23	739.60	558.44	-181.16	-249.54	6
d	14	722.01	555.83	-168.18	-228.90	6
e	23	727.40	558.44	-168.96	-232.73	6
f	14	678.31	597.31	-81.00	-111.58	10
g	23	682.10	529.09	-153.01	-210.76	9
h	14	405.47	533.95	128.48	176.97	6
i	23	409.58	536.17	126.59	174.36	6
j	14	722.12	555.83	-168.29	-229.05	6
k	23	727.50	558.44	-169.06	-232.87	6
l	14	405.47	533.95	128.48	176.97	6
m	23	409.58	536.17	126.59	174.36	6
n	14	327.83	521.41	193.58	266.64	6
o	23	332.54	522.81	190.27	262.08	6

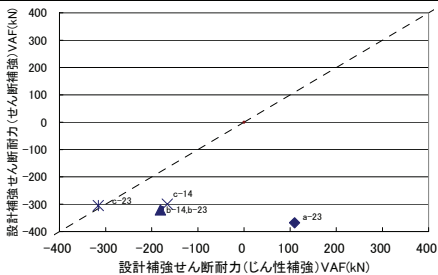


図 8 梁主鉄筋増加時の比較

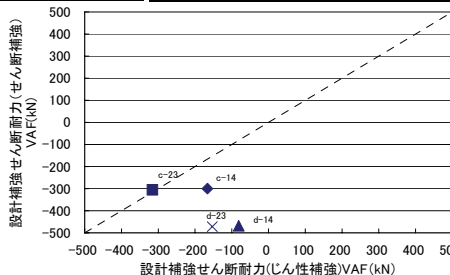


図 9 柱鉄筋減少時の比較

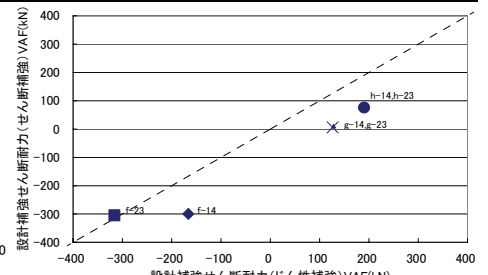


図 10 帯鉄筋減少時の比較

6 考察・まとめ

Case c は Case b に比べて柱の主鉄筋量を減少させた為、曲げ耐力が減少する。よって、Case b と同じ耐震性能を確保する為には、より大きなじん性の確保が必要である。図 9 より帯鉄筋、コンクリート強度の減少に伴い、じん性補強に必要なせん断耐力が増加する。また、柱の下端部(要素点 23)の変化が上端部(要素点 14)より高いことが確認できた。

【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説,耐震設計,1999.10
- 2) 財団法人鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物 照査例 RCラーメン高架橋, 2005年
- 3) 静的非線形解析プログラム SNAP Ver.4.1-L03 操作説明書
- 4) アラミド繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強・工法・設計・施工指針