

耐震性能の設定が杭基礎 RC ラーメン高架橋の設計に及ぼす影響

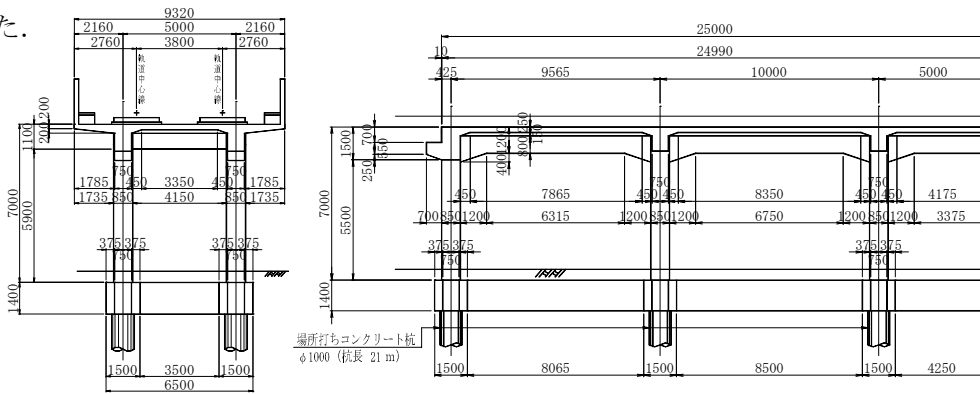
(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○戸島 敦嗣
同 正会員 谷村 幸裕
同 正会員 長谷川 淳史

1. はじめに

現在、鉄道構造物は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 平成11年10月」¹⁾（以下耐震標準という）により耐震設計が行われている。それによれば、設計する構造物に対し想定する地震動と要求する耐震性能を設定し、その地震動における構造物の最大応答時において、各部材が要求した性能を満足していることを、各部材の損傷レベルが制限レベル内にあるか否かにより照査している。この耐震標準が適用されて以降、多くの鉄道構造物が設計されてきたが、その結果として得られる部材断面や配筋は、使用する材料や設定する耐震性能等により大きく異なるものと考えられる。そこで、本検討では、標準的な杭基礎 RC ラーメン高架橋を対象として、地震時に要求する性能（耐震性能）の設定（各部材の損傷レベル制限値）が設計結果に及ぼす影響について検討を行うこととした。

2. 検討概要

検討対象構造物は、鉄道構造物で一般的な2柱式1層5径間複線軌道 RC ラーメン高架橋とした。構造寸法等は、図1に示すとおりである。検討方法は、通常行われている簡易な動的解析手法である非線形スペクトル法を用いた。なお、静的非線形解析は、この構造を2次元骨組みモデル（線路方向、直角方向各2断面、計4モデル）にしモデル



【設計条件等】
コンクリート設計基準強度： $f_{ck}=27\text{N/mm}^2$ （杭： $f_{ck}=30\text{N/mm}^2$ ）
鉄筋種別（2種類）：①SD345，設計引張強度 $f_{suk}=490\text{N/mm}^2$ ，設計引張降伏強度 $f_{syk}=345\text{N/mm}^2$
②SD390，設計引張強度 $f_{suk}=560\text{N/mm}^2$ ，設計引張降伏強度 $f_{syk}=390\text{N/mm}^2$
設計地震動：L1 地震，L2 地震（スペクトルⅡ）
地盤区分：G3 地盤（杭長 21.0m）

図1 RC ラーメン高架橋一般図

(単位 mm)

の各部材に非線形性を考慮して行った。考慮した非線形性は、図2に示すように曲げモーメント M と部材角 θ で表されるテトラリアモデルとした。

検討ケースを表1に示す。表1のケースに対し、基本ケースのCASE1-1で決定した断面寸法を一定とし、各部材が設定した損傷レベルの制限値に収まるよう、鉄筋量をパラメーターとした検討を行った。鉄筋種別はSD345を基本とし鉄筋配置が不可能となった場合はSD390に変更した。なお、L1地震時は損傷レベル1をすべて確保した。CASE1は耐震性能Ⅱ，CASE5は耐震性能Ⅲを想定した。CASE3は耐震性能Ⅱで柱の制限値を厳しく設定したものである。CASE2，CASE4は地震による損傷部位を柱のみに集中させ、その損傷レベルの制限値を2または3とし、柱以外の部材を無損傷としたケースである。CASE1-2，CASE2-2は、それぞれCASE3，CASE4との比較が明確となるようSD390を用いたものである。なお、基礎の安定レベルは杭の損傷レベルと同じとし、検討の結果すべて制限内

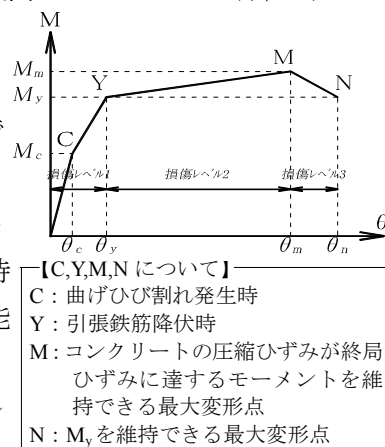


図2 部材非線形 M-θ モデル

キーワード RC ラーメン高架橋，耐震設計，非線形スペクトル法，耐震性能

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL：042-573-7281

に収まっている。

3. 結果

検討の結果、各ケースの総鉄筋量、柱の鉄筋量を比較したものが図3である。

①CASE1-1 から CASAE1-2 への変更：設定した制限値は同じ（耐震性能Ⅱ）とし、最も損傷が大きくなる柱の鉄筋を SD345 から SD390 と変えて比較した。その結果、柱の軸方向鉄筋量、帯鉄筋量とも約 90%に減少した。これは、鉄筋の降伏強度比 345/390 とほぼ同じで、鉄筋強度が高くなった分、鉄筋量を減少させることができたものと考えられる。他の部材については、ほとんど影響も無く、総鉄筋重量はあまり差が無い。

②CASE1-1 から CASE2-1 への変更：CASE2-1 は、柱以外を無損傷とし、柱の損傷レベル制限値を 3 としたものである。その結果、全ての部材で軸方向鉄筋量、せん断補強筋量が増加した。鉄筋の総増加量は約 12t で総重量比としては約 1.1 倍となった。L2 地震動でも柱以外を無損傷としたため、総鉄筋筋量は大きく増加する結果となった。

③CASE1-2 から CASE3 への変更：耐震性能Ⅱで柱の損傷レベル制限値を 3 から 2 へと厳しくしたものである。この場合、柱の変形性能の調整となり、その結果、帯鉄筋が D16-2 組 100mm ピッチから D22-2 組 150mm ピッチとなった。帯鉄筋量としては約 1.3 倍（約 3t）の増加であった。他の部材については、ほとんど影響は無かった。④CASE2-2 から CASE4 への変更：柱の損傷レベル制限値を 3 から 2 と厳しくしたものであり、③と同様、柱の変形性能の調整となった。その結果、柱の帯鉄筋は D19-2 組 100mm ピッチから D22-2 組 100mm ピッチとなり、帯鉄筋量としては約 1.4 倍（約 3t）の増加であった。他の部材については、ほとんど影響は無かった。⑤CASE5 について：耐震性能Ⅱ（CASE1-1）で決定された断面寸法で、鉄筋量、鉄筋種別の調整により全ての部材が損傷レベル 3 となるような結果は得られなかった。これは、全ての部材を耐力低下域に達するように部材のバランスを図り、配筋を調整することが非常に困難であったためである。

4. まとめ

本検討では断面寸法を耐震性能Ⅱで決定したものを基準とし、損傷レベルの制限値の違いにより、鉄筋量・鉄筋種別を調整し比較を行った。その結果、制限値を厳しくすると鉄筋量は、部材毎で比較すれば大きく増加するが、鉄筋の材料費³⁾の観点からみれば高架橋全体の工事費に占める割合は、数%程度であると考えられる。したがって、設計時における損傷レベル制限値の設定について、地震後の部材損傷度合いと部材補修費用等を考慮して決定していくことは、コストの面から重要であると考ええる。

参考文献

1)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 1999.10
2)渡邊忠朋ほか：鉄筋コンクリート部材の損傷状況を考慮した変形性能算定手法，土木学会論文集，No.683／V-52，2001.8
3)（財）建設物価調査会：建設物価 2004.3

表 1 損傷レベル制限値の組合せ

	上層梁 地中梁	柱	杭	備考
CASE1-1	2	3	2	SD345
CASE1-2				柱のみ SD390 を使用
CASE2-1	1	3	1	SD345
CASE2-2				上層梁以外 SD390
CASE3	2	2	2	柱のみ SD390 を使用
CASE4	1	2	1	上層梁以外 SD390
CASE5	3	3	3	SD345

損傷レベル 1²⁾：無損傷
損傷レベル 2：かぶりコンクリートのはく落程度で、必要によりひび割れ注入・断面修復の補修が必要。
損傷レベル 3：帯鉄筋の緩みや破断を生じる状態で、ひび割れ注入・断面修復・鉄筋の補修等が必要。

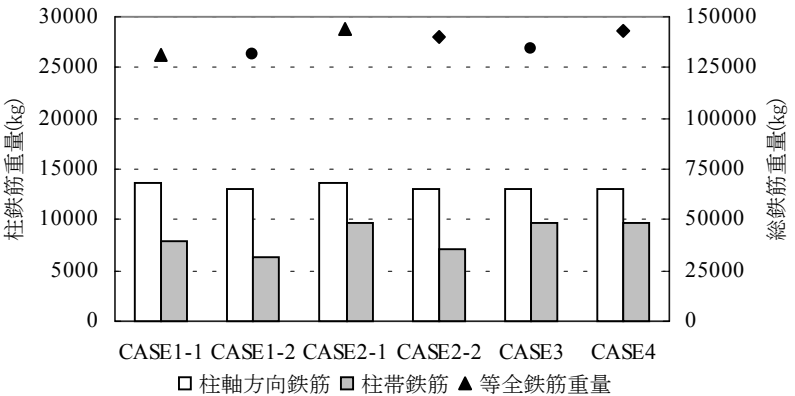


図3 鉄筋重量比較