

V-261

CFTラーメン高架橋の非線形解析による耐震性能照査（その1）

— 配筋等の決定と静的非線形解析による照査 —

九州旅客鉄道 正会員 中島 大使 九州旅客鉄道 正会員 瀧口 将志
九州旅客鉄道 正会員 津高 守 構造計画研究所 正会員 石原 真一

1. はじめに

兵庫県南部地震による構造物の被害を契機に、種々の機関の耐震設計に関する技術基準が改訂されている。その中で、構造物の耐震性能の照査を、静的・動的非線形解析法を適用して行うことの重要性が従来にも増して謳われているのが現状である。鉄道構造物においても、大地震時の耐震性能照査にあたっては、地盤および構造物の非線形性を考慮するものとされている¹⁾。このような背景のなかで、鉄道CFT ラーメン高架橋の耐震設計にあたり、従来からの線形解析による設計手法を用いて鋼管肉厚、配筋等の断面緒元を仮定し、静的・動的非線形解析により耐震性能照査をおこなったので、以下に報告する。

2. 線形解析による設計

当該構造物は、5径間×5径間の駅部ラーメン高架橋であり、柱部材はCFT、地中梁はRC、上層梁はRC(部材接合部付近はSRC)、杭はRC(杭頭部は複合構造)からなる混合構造物である。図-1に断面図(C2 ラーメン)を示す。設計(鋼管肉厚・配筋量の決定)は、平面線形解析によりおこなった。まず経験により各部材の断面寸法を仮定し、つぎに線形解析により設計水平震度(構造物の設計塑性率により低減したもの)²⁾作用

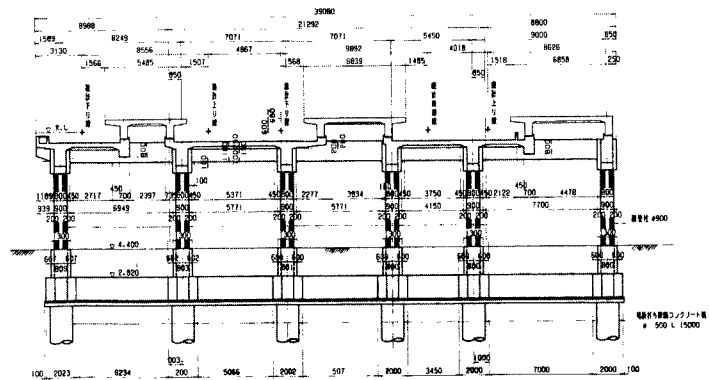


図-1 断面図(C2 ラーメン)

時の設計断面力を算定し、CFT 鋼管が降伏しないように、柱部材の鋼管肉厚を決定した。このとき線路方向および線路直角方向で所要の鋼管肉厚が異なる場合が多数生じたが、大きいほうの肉厚を採用した。最後に保有水平耐力時の設計断面力に対して、杭・地中梁・上層梁が曲げ降伏せずかつせん断破壊しないように軸方向鉄筋量およびせん断補強鉄筋量を決定した。なお保有水平耐力はCFT 柱の実肉厚を用い、材料修正係数($\rho_m=1.2$)を考慮した柱の曲げ耐力を用い、すべての柱上下端が最大耐力に達すると仮定して算定した²⁾。また計算の簡便化のため、杭・地中梁・上層梁が降

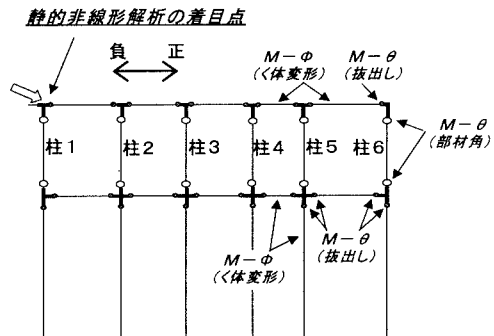


図-2 非線形解析モデル(C2 ラーメン)

キーワード：耐震設計，CFT，耐震性能照査，静的非線形解析

九州旅客鉄道 施設部工事課 北九州市門司区清滝2丁目3-29 Tel 093-331-7046 Fax 093-332-4673

伏しない配筋量を定める際にも、すべての部材について $\rho_m = 1.2$ とした。

3. 静的非線形解析

構造物は、棒部材 (線材) として平面でモデル化し (図-2)、部材、地盤バネは、鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計) ¹⁾ に準じて材料非線形性を考慮してモデル化した。CFT 柱部材は負勾配を考慮したテトラリニア型 $M-\theta$ (図-3) で、杭・地中梁・上層梁は設計方針より応答値が比較的小さいと考えられたため負勾配無しのテトラリニア型 $M-\phi$ (図-4) でモデル化した。また鉛直部材のモデル化には軸力変動を考慮した。静的非線形解析は、幾何学的非線形性を考慮して正負両方向についておこなうこととし、強制変位を柱1と上層梁との接点に与え、柱部材が負勾配に入ることにより構造系の耐力が十分低下するまで押し切ることにした。これは設計想定地震以上の地震が発生したときに、部材がせん断破壊しないことの確認、ならびに構造物の損傷箇所と程度の把握のためである。図-5にC2ラーメンの荷重-変位曲線を示す。中間柱については、線形設計の想定どおりの損傷過程をたどったが、圧縮側端部のL1柱上端は、構造系の耐力がかなり低下してから負勾配に入る結果となった。この原因としては、①非線形解析では軸力変動幅が大きい My , Mu の変動幅が大きくなること、②当該構造物では端部柱の鋼管肉厚は線路方向の検討により決定されていること等が考えられる。

4. 部材の照査

静的非線形解析による部材の照査は、杭の曲げ変形とせん断、および梁のせん断についておこなうこととした。図-6に、杭の最大応答断面曲率と損傷レベル2限界曲率 (1D平均) ¹⁾ の関係、ならびに最大せん断力とせん断耐力の関係を示す。杭部材の断面は主として施工上の理由で決まっているため、曲げ (曲率) については比較的余裕のある結果となったものの、せん断については厳しい結果となった。

5. おわりに

鉄道 CFT ラーメン高架橋の耐震設計を従来の線形設計手法を用いておこない、耐震照査を静的非線形解析によりおこなった。その結果柱部材が想定どおりに損傷しない場合があること、また杭部材のせん断が厳しくなる場合があることが分かった。

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 (案)，1998.11
- 2) 鉄道総合技術研究所：新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料，1996.3

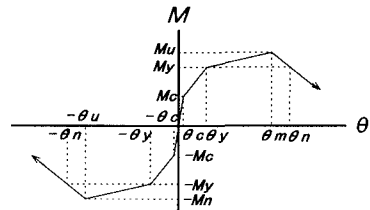


図-3 柱部材のモデル ($M-\theta$)

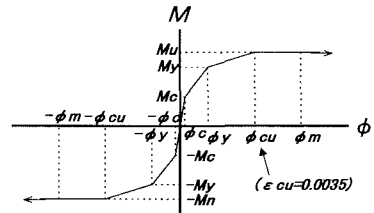


図-4 梁・杭部材のモデル ($M-\phi$)

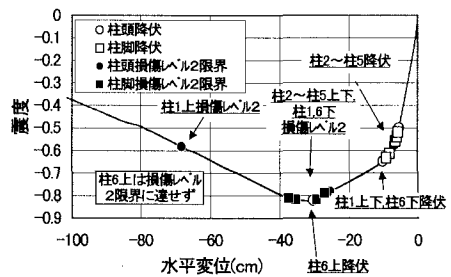


図-5 構造系の荷重-変位曲線 (負載荷)

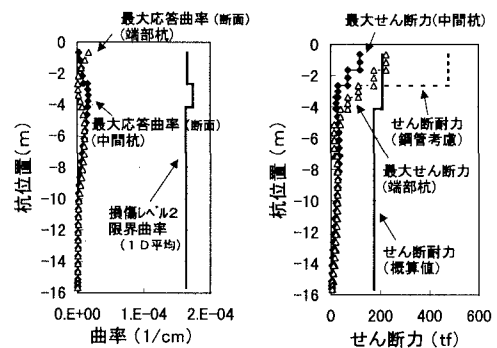


図-6 杭部材の照査
(最大曲率および最大せん断力)