

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○竹谷 勉

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 山内 俊幸

JR 東日本 建設工事部 正会員 小林 薫

1. はじめに

地中梁のない一柱一杭方式 RC ラーメン高架橋において、地震時の大きな荷重が作用した場合の、構造物全体系の破壊機構を確認する必要がある。そこで、弾性設計により求まる断面を標準モデルとした静的弾塑性解析を行ったので報告する。

2. 解析の概要

モデルとした高架橋の形状および骨組みを図1に、解析ケースを表1に示す。

モデルとした高架橋は線路方向 $L=60\text{m}$ 4 径間、線路直角方向 $l=5.2\text{m}$ である。柱より上側の死荷重は、左側の柱が 190tf 、右側の柱が 230tf を分担すると仮定している。

解析は部材の非線形性を $M-\phi$ 関係で表し、線路直角方向について、杭の主鉄筋量と地盤の N 値をパラメータとして 5 ケース行った。Case1 が弾性設計により求められた標準モデルで、Case2 以降では杭の主鉄筋量を変化させ、Case3 以降では地盤の N 値を変化させた。地盤の厚さは中間層が 9m、それ以下を支持層と仮定している。なお、Case1 と Case2 ～5 の杭の耐力・第 2 剛性比率 α を表 2 に示す。

荷重の組合せは死荷重と地震の影響を考え、地震の影響については水平震度 K_h を 0.001 刻みで変化させて、解析を行った。

各ケースでは塑性ヒンジの発生する水平震度を比較し、Case1とCase2では終局状態における各部材の変位塑性率を比較した。

3. 解析結果

3.1 塑性ヒンジの発生

各ケースにおける塑性ヒンジの発生を図2に示す。

塑性ヒンジの発生順序は各ケースともほぼ同じく、右柱頭部→梁端→右杭中央→左柱頭部→左杭中央の順番である。Case1のみ、梁右端より先に右杭中央で塑性ヒンジが発生しており、また同一地盤であるCase2と比較すると杭における塑性ヒンジ発生点が少し上がっている。地盤による比較では、支持層が

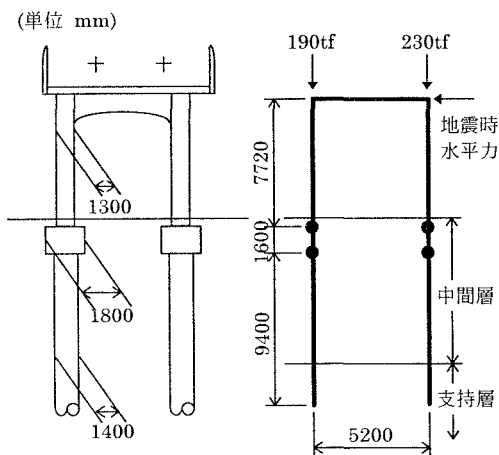


図1 モデルとした高架橋の形状および骨組み

表 1 解析ケース

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
杭径(mm)	1400				
杭の主鉄筋量 (径-本数)	D25-30	D32-36			
柱(mm)	1300×1300				
中間層の N 値	4	4	2	2	
支持層の N 値	50	25	25	50	

表2 各杭の耐力・第2剛性倍率 (単位 tf・m)

	ひび割れ	降伏	終局	第2 剛性倍率 α
Case1 左	108.37	301.34	367.50	0.1718
Case1 右	115.37	317.34	383.42	0.1765
Case2~5 左	108.37	475.88	580.74	0.2826
Case2~5 右	115.37	490.90	593.91	0.2848

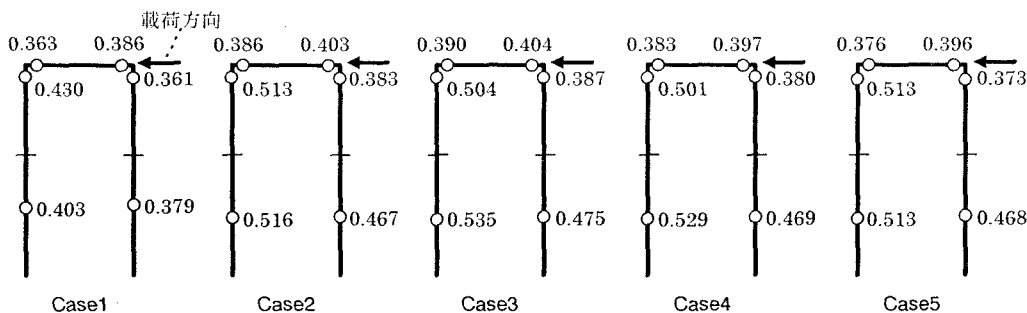


図2 塑性ヒンジの発生 (図中の数字は水平震度)

同じである Case2 と Case5、Case3 と Case4 を比較すると、それぞれ後の方が塑性ヒンジの発生する水平震度が小さい。一方中間層が同じである Case2 と Case3、Case5 と Case4 を比較すると、それぞれ後の方が塑性ヒンジの発生する水平震度が大きい。

3.2 変位塑性率の計算

Case1 と Case2 の終局時における杭の変位塑性率を表3に示す。終局状態の定義は、降伏した部材節点からせん断スパン間の相対変位を $1 \delta y$ とし、変位が $10 \delta y$ に達した時点とした。なお、杭の変位塑性率 μ は(1)(2)式により計算した。

$$\mu = 0.878 \times (1.11)^{\mu_0} \quad \dots(1)$$

$$\mu_0 = \phi / \phi_y \quad \dots(2)$$

ここに、 ϕ : 各断面の曲率、
 ϕ_y : 各断面の降伏時の曲率

両ケースとも右柱上端で降伏し、同じく右柱上端で変位が $10 \delta y$ に達して終局状態となった。Case2 は Case1 と比較して柱部材終局時における杭の変位塑性率が小さく、変位塑性率が最大になる節点の位置は地表面から深くなった。また終局

表3 終局時における杭の変位塑性率

	Case1		Case2	
降伏変位 δy (cm)	6.427(右柱頭部)		5.838(右柱頭部)	
降伏水平震度 $Kh(y)$	0.361		0.383	
終局水平震度 $Kh(u)$	0.446		0.527	
杭の変位塑性率	左	右	左	右
地表から 4.1m	—	—	—	—
4.6m	—	1.850	—	—
5.1m	—	1.448	—	1.035
5.6m	1.585	8.328	—	1.774
6.1m	3.604	10.620	—	2.756
6.5m	4.184	8.374	1.058	3.474
7.0m	3.807	3.949	1.322	3.422
7.5m	2.227	1.003	1.623	2.403
8.0m	—	—	1.245	1.175
8.5m	—	—	—	—

時における塑性化の範囲は、Case1 より Case2 の方が全体的に小さくなり、地表面からは深くなった。

弾性設計による断面である Case1 では柱部材終局時における杭の変位塑性率が 10.62 で杭の損傷が大きくなるが、杭の主鉄筋量を増加して耐力を 6 割程度上げた Case2 では 3.474 と、かなりの改善が見られた。

4. おわりに

これらの解析で仮定した条件のもとでは次のことがいえる。

1. 弾性設計による断面においても、杭より先に梁・柱等で塑性ヒンジが発生する。同一支持層の場合は中間層が軟弱であるほど、同一中間層の場合は支持層が良好であるほど塑性ヒンジの発生が早い。
2. 弾性設計による断面では終局時における杭の損傷が大きくなるが、主鉄筋量の割り増し等で杭の耐力を上げることにより、損傷を抑えることができる。

参考文献

- 1) 松田 猛：弾塑性解析による RC ラーメン高架橋の検討，構造物設計資料 No.81，日本鉄道施設協会