

I-18 基礎との相互作用を考慮した単柱式 RC 橋脚の Sway-Rocking モデルの構築に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○武田吉広 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
 徳島大学工学部 正 員 成行義文 阿南高等専門学校 正 員 笹田修司
 国土調査設計 (株) 中西雅昭

1. 概要

図-1のような、杭基礎をもつ単柱式 RC 橋脚の基礎との相互作用を考慮した解析モデルとしては、図-2に示す Sway-Rocking モデルがよく用いられてきたが、1997年の道示の改定に伴い、最近では図-3に示すような、より実際に近い、ラーメンモデルが推奨されている。しかし、図-2のモデルは Sway バネと Rocking バネの復元力特性を適切に評価できれば、非弾性地震応答解析等では、その簡便さから捨てがたい魅力がある。

そこで本研究では、この Sway-Rocking モデルの復元力特性を精度良く評価するための基礎的研究として、両モデルに同様な荷重を繰返し載荷した場合の静的弾塑性解析を行ない、得られたフーチング底面の最大変位をもとに、Sway-Rocking モデルで用いた Hardin-Drnerich 型復元モデルの初期剛性の与え方について若干の比較検討を試みた。

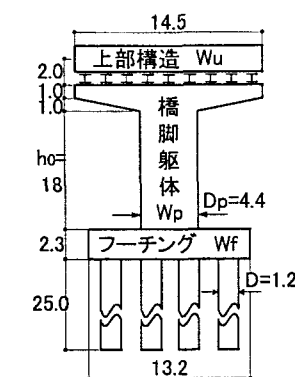


図-1 単柱式 RC 橋脚

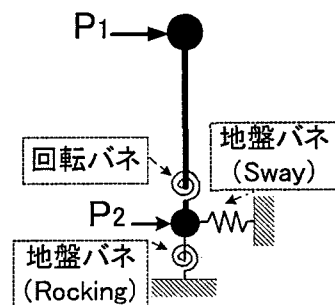


図-2 Sway-Rocking モデル

2. 解析モデル

本研究で用いた Sway-Rocking モデルとラーメンモデルは以下のようなものである。

(1) Sway-Rocking モデル

このモデルは、図-1に示すように、橋脚躯体を弾性体として橋脚下端の塑性ヒンジ区間に回転バネを設け、基礎の運動をフーチング底面に配置した Sway バネと Rocking バネで表したモデルである。本研究では、このモデルにおける、各バネの復元力特性として、塑性ヒンジ区間の曲げモーメント M - 回転角 θ 関係については、ひび割れ点を無視した修正 takeda モデルで、Sway バネと Rocking バネについては、図-4に示すような Hardin-Drnevlch 型モデルでそれぞれ近似した。

(2) ラーメンモデル

このモデルは、図-3に示すように、橋脚躯体は Sway-Rocking モデルと同じで、基礎についてはフーチングを剛体とし、杭頭がこのフーチングに剛結されたラーメン構造としてモデル化したものである。なお、本研究では、杭はいくつかの梁要素に分割し、各要素の曲げモーメント M - 曲率 ϕ の履歴関係を修正 takeda モデルで仮定した。また、フーチングの水平挙動は Slip 型の復元力特性を持つ地盤バネで表し、杭-地盤間の挙動は完全弾塑性型の復元力特性を有する鉛直バネおよび水平バネで表した。以下このモデルをラーメンモデルと呼ぶ。

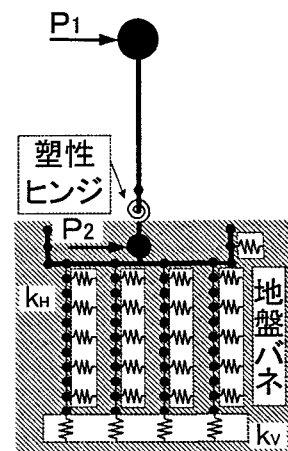


図-3 ラーメンモデル

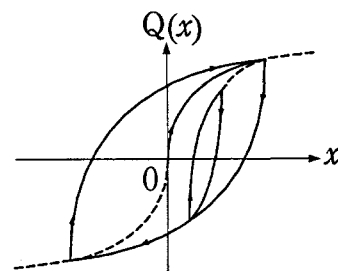


図-4 Hardin-Drnevlch 型
履歴曲線

3. 載荷方法

本研究では、1.で述べたように、Sway-Rocking モデルとラーメンモデルに同様な繰返し荷重を載荷して、静的弾塑性解析を行なった。その際の載荷点は図-2、図-3に示すように上部構造慣性力作用位置に P_1 を、

フーチング図心位置に P_2 をそれぞれ載荷し、荷重の大きさは、道示にならい、それぞれ次式のように定めた。

$$P_1 = \alpha k_{hC} W_1$$

$$P_2 = \alpha k_{hG} W_2$$

ここに、 P_1, P_2 ：水平荷重
 α ：係数（0.01 刻みで－1 から＋1 までの繰返し）
 k_{hC}, k_{hG} ：設計水平震度，フーチングに作用させる水平震度
 W_1, W_2 ：等価重量

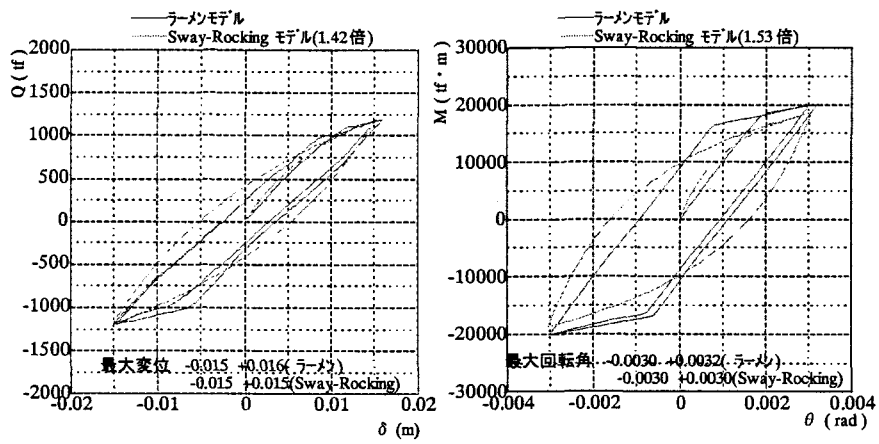
4. 解析手順

解析手順を以下に述べる．①まず，ラーメンモデルに対して解析を行い，フーチング底面中央の最大変位（水平変位，回転角）を求める．②次に，Sway-Rocking モデルに対しても同様の解析を行い，ラーメンモデルの最大変位と比較する．③Sway-Rocking バネの剛性を適宜変化させながら解析を行い，両モデルの最大変位が等しくなるようなバネ剛性を求める．④求めたバネ剛性を設計荷重時バネ剛性（＝設計時の降伏荷重／降伏変位）に対する比で表す（以下，この比を剛性比と呼ぶ）．

5. 解析結果

図－6 は，ラーメンモデルと Sway-Rocking モデルのフーチング底面中央における水平力 Q －水平変位 δ および曲げモーメント M －回転角 θ 関係を，それぞれ比較してプロットしたものである．

この上部工重量 500tf，橋脚高さ 18m，3 種地盤を設計条件とした解析結果では，2 つのモデルにおいて最大水平変位が一致する Sway バネの剛性比は 1.42 倍，最大回転角が一致する Rocking バネの剛性比は 1.53 倍であった．



図－5 （左）水平力－水平変位図 （右）曲げモーメント－回転角図
3 種地盤，橋脚高さ 18m，上部工重量 500tf

また，設計条件を変化させて同様の解析を行ったところ，表－1 のような結果が得られた．

表－1 Sway-Rocking バネの適切な剛性比

橋脚高さ(m)	18			20		
上部工重量(tf)	500	700	900	500	700	900
Sway剛性比(倍)	1.42	1.50	1.85	1.50	1.68	1.65
Rocking剛性比(倍)	1.53	1.57	1.65	1.63	1.55	1.60

6. まとめ

本研究により得られた結果をまとめると以下のようである．

- 1) Sway バネの剛性は設計荷重時の剛性に対して 1.4 倍～1.9 倍程度が適当である．
- 2) Rocking バネの剛性は設計荷重時の剛性に対して 1.5 倍～1.7 倍程度が適当である．
- 3) 最大変位が等しい場合，Sway-Rocking モデルの履歴吸収エネルギーはラーメンモデルのそれに比べて大きくなる．

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，丸善，1997.3.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，丸善，1996.12.