

建設省土木研究所 正会員 田崎 賢治  
 建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹  
 建設省土木研究所 正会員 寺山 徹

1. はじめに 2層式RCラーメン橋脚の面内方向に対する非線形域の挙動を考慮した耐震設計法の開発を目的として、筆者らは上部構造が上層はりのみに支持されている場合を対象とし、地震時の応答特性の把握や静的解析法の適用性を検討してきた<sup>1)</sup>。その結果、シングルデッキ2層式RCラーメン橋脚では1層式RCラーメン橋脚と同様に地震時保有水平耐力法が適用できることがわかった。

一方、上部構造を上層はりと中層はりで支持するダブルデッキ構造に対して静的解析法の適用性を検討する場合には、静的解析における荷重の作用方法や上部構造および橋脚の等価重量を適切に評価する必要がある。本稿ではダブルデッキ2層式RCラーメン橋脚の面内方向に対して、複数の荷重点を考慮した静的解析法の妥当性について考察するとともに、非線形動的解析結果との比較により等価エネルギー法に基づく非線形応答の推定法の適用性を検討した結果を報告する。

2. 静的解析法に基づく2層式RCラーメン橋脚の耐震計算法 本橋脚を図-1に示すような骨組構造にモデル化した。水平力を受けた場合には、図のA～Lの位置で曲げモーメントが大きくなり、塑性化が生じる可能性があるため、ここに、軸力変動の影響を考慮できる完全弾塑性型の曲げモーメント-曲率関係をもつ塑性回転バネを道路橋示方書<sup>2)</sup>に従って設けた。塑性回転バネ以外の骨組部材は降伏剛性を有する線形部材としてモデル化した。図-1の骨組モデルの上層はり位置と中層はり位置に水平変位を静的に漸増させていくことにより、塑性回転バネに順次塑性化が生じ始め、塑性ヒンジが6個生じると水平耐力が一定となるメカニズム状態となる。さらに、それぞれの塑性ヒンジ位置において、回転角が終局塑性回転角 $\theta_{pu}$ に達する時の水平変位をそれぞれの塑性ヒンジの終局変位として算出した。

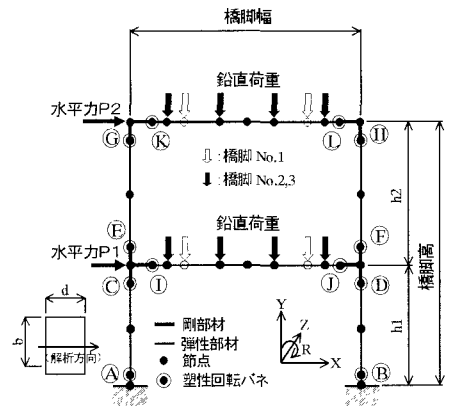


図-1 解析モデル

ここで、対象とした橋脚はダブルデッキ構造であるため、本解析では橋脚の1次モードが他の振動モードに比べて卓越していることを確認した上で、1次モードにおける1層目と2層目の変位の比から漸増させる水平変位の比率を決定した。ただし、本解析では複数箇所に塑性化が生じた後も1次モードの変位の比を保ったまま水平変位を漸増させるため、1次モードの変形に近似できる箇所に塑性ヒンジが発生することを条件とする。

このようにして橋脚全体の水平力-水平変位関係を求めた後、図-2に示すように1質点モデルの振動系に置換して、エネルギー一定則を適用することによって非線形応答を求めるものである。

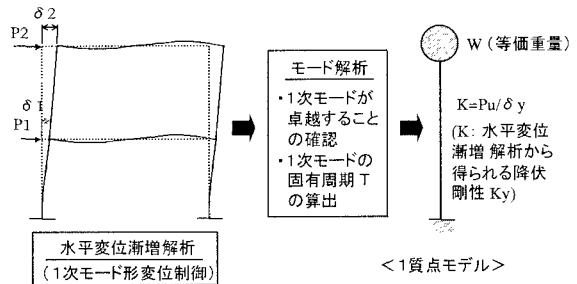


図-2 1質点系モデルへの置換

キーワード：ダブルデッキ2層式RCラーメン橋脚、静的非線形解析、動的非線形解析、等価エネルギー法  
 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-4966 FAX 0298-64-4424

3. 静的非線形解析 解析対象としたのは橋脚高さ上部構造の重量が異なる既存の3基の橋脚であり、道路橋示方書<sup>2)</sup>に規定される構造細目を満足するように断面を変更した。そして、道路橋示方書に従って破壊形態を判定したところ何れの橋脚も各部材は曲げ破壊型となった。図-1の骨組モデルの上層はり位置と中層はり位置に水平変位を静的に漸増させてRCラーメン橋脚全体の水平力-水平変位関係を橋脚 No.1 について求めた結果を図-3に示す。ここで、水平力Pは1層目と2層目の水平力の合計を示し、水平変位は図-1に示すモデルの上層はり中央位置の節点における水平方向の変位を示している。この図によると、塑性ヒンジは中層はりと上層はりの上側引張り部（J、L）、中層はりの下側引張り部（I）、柱部材の基部（A、B）、上層はりの下側引張り部（K）の順番で生じ、これら6個の塑性化が生じると橋脚の水平力は一定となる。各塑性ヒンジが終局に達するのはB、A、J、L、K、Iの順番となり、橋脚基部、はりの上側引張り部、はりの下側引張り部の順番で終局に達する。

4. 等価エネルギー法に基づく弾塑性変位の推定精度 橋脚の非線形応答に対する等価エネルギー法の適用性を、静的な水平変位漸増解析から等価エネルギー法によって近似される非線形最大応答変位  $\delta_{EL}$  と非線形動的解析から得られる最大応答変位  $\delta_{NL}$  を比較することによって検討した。

ダブルデッキ2層式RCラーメン橋脚を1質点の振動系に置換して最大弾性応答を求める場合、1層目と2層目の上部構造の重量や橋脚の重量を1質点の振動系の重量に等価に近似する必要がある。そこで、上部構造と橋脚の等価重量Wを式(1)によって算出した。

$$W = \frac{gKT^2}{4\pi^2} \quad (1)$$

以上より算出した各橋脚の等価重量を表-1に示す。また、図-4にはタイプII地震動に対して  $\delta_{EL}$  と  $\delta_{NL}$  を比較した結果を示す。これによると、両者の比は0.8~1.3程度となり、複数の荷重点を考慮した静的解析法は動的解析結果を比較的良好に再現できることがわかる。

5. まとめ 本検討結果をまとめると以下の通りとなる。

- (1)静的非線形解析における水平変位の漸増方法として、モード解析により1次モード形の変位の比率から1層目と2層目の水平変位の比率を決定する漸増方法の妥当性を確認した。
- (2)ダブルデッキ2層式RCラーメン橋脚を1質点の振動系に置換した場合の上部構造および橋脚の等価重量を算出する方法を提案した。
- (3)本解析で対象とした橋脚に対して等価エネルギー法の適用性を検討したところ、静的な水平変位漸増解析から等価エネルギー法によって近似される非線形最大応答変位  $\delta_{EL}$  と非線形動的解析から得られる最大応答変位  $\delta_{NL}$  の比は0.8~1.3程度の値となり、比較的よい近似が得られた。

参考文献

- 1)寺山 徹・運上茂樹・田崎賢治：2層式鉄筋コンクリートラーメン橋脚の面内方向の地震応答特性と耐震設計法の提案、構造工学論文集 vol.44A、pp.779-784、1998.3
- 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、1996.12

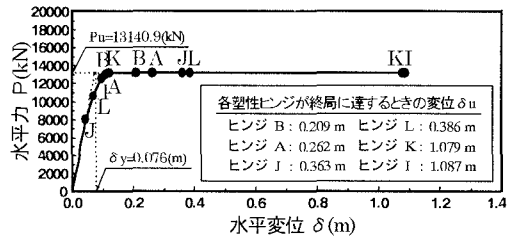


図-3 水平力-水平変位関係（橋脚 No.1）

表-1 等価重量

橋脚 No.	1	2	3
1次モードの固有周期 T (sec)	0.557	0.414	0.398
降伏剛性 Ky (kN/m)	172906.6	104679.5	91089.9
等価重量 W (kN)	13317.4	4154.0	3582.4

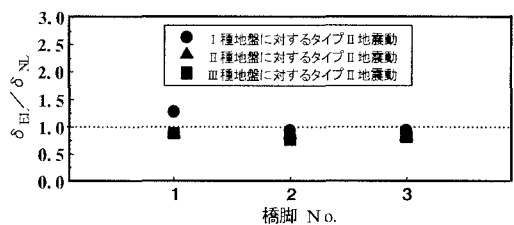


図-4 係数  $\gamma$  による等価エネルギー法の評価