

名古屋工業大学 学生会員 杉浦 弘治

名古屋工業大学 正会員 岩本 政巳

名古屋工業大学 正会員 梅原 秀哲

## 1. まえがき

兵庫県南部地震以後、既存のコンクリート構造物の耐震診断が急がれているが、その際に有効な方法が動的解析法である。動的解析法は、構造物の塑性域における変形性能を照査するための方法として有力である。しかし、構造物のモデル化の影響については、十分に検討されていないのが現状である。

そこで本研究では、代表的な解析モデルである1質点系モデルと多質点系モデルを用いて、コンクリート橋の地震応答解析を行い、その結果を比較することにより、モデル化の影響を検討することとした。

## 2. 対象橋梁

対象とした橋梁の概要図を図1に示す。橋軸方向の揺れに対して、全ての上載荷重が固定支承であるP3橋脚にかかるため、P3橋脚を対象とした。橋脚の断面図を図2に、断面より求められた曲げ耐力やせん断耐力等を表1に示す。

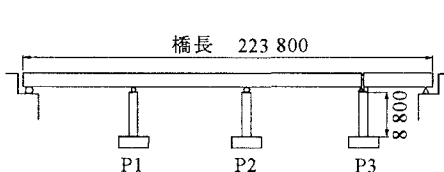


図1 概要図 単位 (mm)

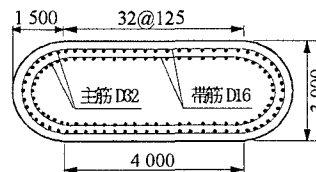


図2 橋脚の断面図 単位 (mm)

表1 橋脚の概要

| 方向           | 上部工<br>質量<br>(t) | ひび割れ時      |            | 降伏時        |            | 終局時        |            | せん断耐力<br>(tf) | せん断耐力時<br>の変位 (cm) | 破壊形態        |
|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|--------------------|-------------|
|              |                  | 変位<br>(cm) | 荷重<br>(tf) | 変位<br>(cm) | 荷重<br>(tf) | 変位<br>(cm) | 荷重<br>(tf) |               |                    |             |
| P3橋脚<br>橋軸方向 | 2258.1           | 0.232      | 379.18     | 1.297      | 757.20     | 5.439      | 928.30     | 811.94        | 2.622              | せん断破壊<br>先行 |

3. 1質点系モデルによる解析方法<sup>1)</sup>

図3に示すようにモデル化を行った。橋脚の上載荷重のみを質点とする。上載荷重の質量を $m$ 、ばね定数を $k$ 、減衰係数を $c$ 、空間に固定した座標を $z$ 、橋脚の支点からの距離を $u$ 、また、地動変位を $\phi$ とすれば $\phi + u = z$ となり、振動方程式は次式のようにになる。

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{\phi} \quad (1)$$

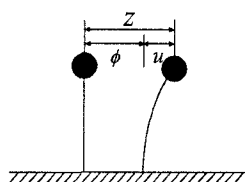


図3 1質点系モデル

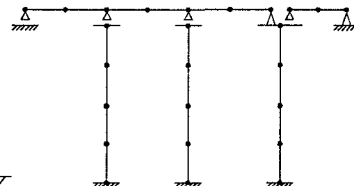


図4 多質点系モデル

4. 多質点系モデルによる解析方法<sup>2)</sup>

図4に示すようにモデル化を行った。 $M$ を質量マトリックス、 $C$ を減衰マトリックス、 $K^t$ を時刻 $t$ から $t + \Delta t$ までの接線剛性マトリックス、 $\Delta F$ を外力増分ベクトル、 $\Delta \ddot{U}$ 、 $\Delta \dot{U}$ 、 $\Delta U$ をそれぞれ加速度、速度、変位増分ベクトルとして、次式のような増分形運動方程式を用いる。

$$M\Delta \ddot{U} + C\Delta \dot{U} + K^t\Delta U = \Delta F \quad (2)$$

## 5. 復元力モデル

繰り返し荷重下の荷重変位曲線を、図5に示すようにモデル化した。除荷時において、OA間では原点に戻る。AB間では、

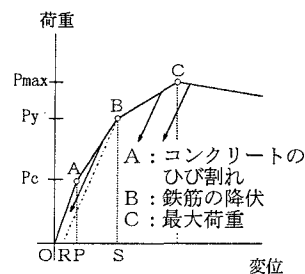


図5 復元力モデル

キーワード 動的解析法、1質点系モデル、多質点系モデル、時刻歴応答

〒466 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052-735-5502 FAX 052-735-5503

$$OR \times (OX - OP) / (OS - OP) \quad (OR = 0.3 \times OP) \quad (3)$$

の比率でOR間に戻る。B点以後は、BRに平行に戻る。再  
載荷時および逆方向への載荷時においては、既往最大点を目  
指すという経路をたどる。

## 6. 入力地震波

東海地震を想定して断層モデルを設定し、工学的基盤面の  
地震加速度を求め、橋の基礎位置での地盤特性を考慮して、  
地表面での加速度を導いた。想定東海地震の加速度波形を図  
6に示す。

## 7. 解析結果および比較

それぞれのモデルによる橋軸方向の揺れに対する解析結  
果を、時刻歴応答波形として図7、8に示す。P3橋脚は、  
せん断耐力が終局時の曲げ耐力を下回っているため、せん断  
破壊先行型の橋脚である。せん断破壊時の変位2.622cmに対  
して、1質点系モデルにおける橋脚天端部の最大応答変位  
2.270cmは87%、多質点系モデルにおける最大応答変位  
1.474cmは56%となった。最大応答変位に至るまでの時間は  
それぞれ21.62秒、29.66秒となり、1質点系モデルがおよ  
そ8秒早いという結果になった。1質点系モデルではその後  
もピークに近い揺れが数回発生したが、多質点系モデルでは  
ピーク時を境に徐々に減衰していく傾向となった。また図に  
示すとおり、両モデルとも加速度波形と同じように、60秒  
付近から揺れが収まっているが、1質点系モデルでは収束す  
る位置が変位0の位置から若干ずれている。

橋脚の変形の程度を知るために、1質点系モデルの橋脚天  
端部における荷重変位履歴曲線を図9に示す。せん断耐力ま  
では達しないものの、塑性変形がかなり大きくなっている。

次に、多質点系モデルにおいて、最も卓越した橋脚下部の  
要素のモーメントを橋脚の高さで除し、橋脚天端部にかかる  
荷重として近似した。橋脚天端部の荷重変位履歴曲線を図10  
に示す。図に示すように、コンクリートのひび割れや鉄筋の  
降伏は確認できるが、塑性変形はほとんど見られない。

以上より、1質点系モデルは多質点系モデルに比べて最大  
応答変位が大きいものの、振動の減衰やコンクリートのひび  
割れ、鉄筋の降伏等の状態を十分に表現しているといえる。

## 8. まとめ

今回の解析結果では、1質点系モデルが多質点系モデルに  
比べて、最大応答変位で約50%大きな値となった。しかし1  
質点系モデルでも、橋脚の地震時の応答性状を十分に把握で  
きるとともに、耐震診断に活用できることが明らかとなった。

（参考文献）1）小坪清真：土木振動学 森北出版 1973年

2）阪本直夫：材料非線形性を考慮した高架橋の地震応答解析 名古屋工業大学修士論文 1997年

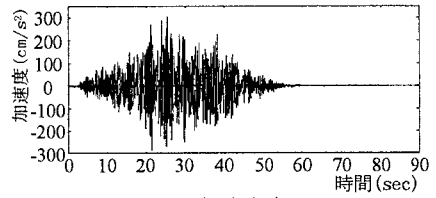


図6 加速度波形

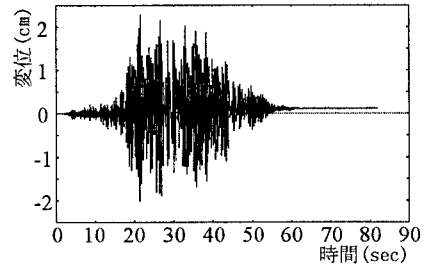


図7 時刻歴応答波形（1質点系モデル）

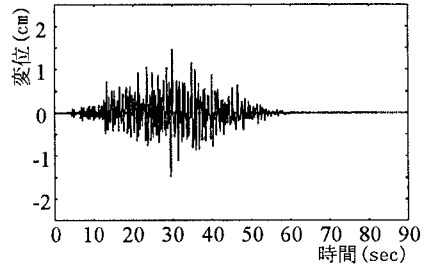


図8 時刻歴応答波形（多質点系モデル）

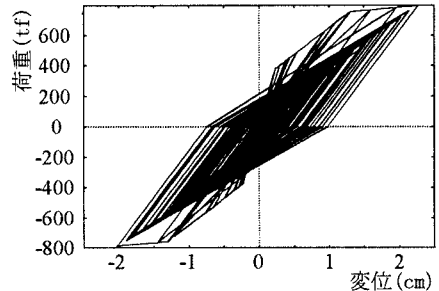


図9 荷重変位履歴曲線（1質点系モデル）

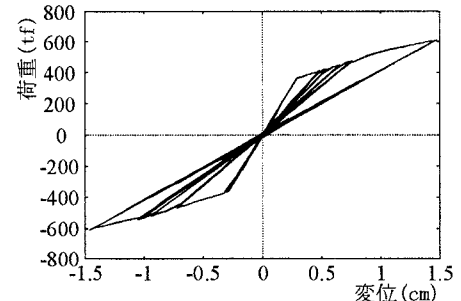


図10 荷重変位履歴曲線（多質点系モデル）