

軟弱地盤上に設置された多径間連続ラーメン橋の耐震性に関する検討

広島大学 正会員 中村秀治
 広島大学 学生会員 ○藤原佑亮
 広島大学 学生会員 木下一孝

1. はじめに

日本は世界でも有数の地震多発地帯にあり、近年、芸予地震や新潟県中越地震と言った大型地震が多発し、構造物に多大な被害を与えている。

本研究では、沖積粘土層が表層から 30m 堆積し、軟弱地盤の層厚が変化するという特殊な地盤上に設置された 7 径間連続ラーメン橋を地震応答解析の対象とした。このような複雑な地盤条件下における耐震性の検討には不確定な要素が多く、地震時の特性を把握することは非常に難しいが、日本では、建設立地条件としては適さない軟弱地盤上にも、構造物を建設しなければならないといった問題を抱えているため、本論文で取り扱うような橋梁の地震時挙動を明らかにする必要がある。

2. 構造諸元

本研究で解析対象としたモデルの橋梁形式の構造諸元を Table 1 に橋梁一般図を Fig.1 に示す。

橋梁が設置されている地盤は、非常に特殊な軟弱地盤であり、支持層が変化しているといった特徴を有している。

3. 解析概要

3.1 解析モデル

Fig. 1 を解析モデルとし、解析プログラムの TDAP III を用い、3 次元 FEM 解析を行った。また本研究では、橋桁の端点を結んだ直線を橋軸方向、それと水平に直交する方向を橋軸直角方向としている。

上部工と下部工は、線形はり要素を用いてモデル化を行った。減衰定数は上部工を 0.02、下部工を 0.05 に設定した。本研究では、鋼管矢板基礎を 1 本の杭基礎であるとの仮定を行い、はり要素でモデル化を行った。基礎周辺の地盤抵抗は、橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向を考慮し、地盤ばね値は道路橋示方書 下部構造編⁽¹⁾に基づき算出した。

3.2 地震入力波と時間積分法

本研究では、兵庫県南部地震時の神戸海洋気象台記録波（以後、兵庫県南部地震波）を用いた。Fig.2 に地震波を示す。時間積分にあたっては、主要地震作用時の時間きざみは、0.01 秒で Newmark の β 法 ($\beta=0.25$)

により解析を行った。

Table 1 構造諸元

橋梁形式	7径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋
橋長	710.00m
支間長	90.0+103.0+2+133.0+95.5+2+90.0m
下部構造	RC橋脚
基礎	円形鋼管矢板基礎
地域/地盤種別	B地域/Ⅲ種地盤

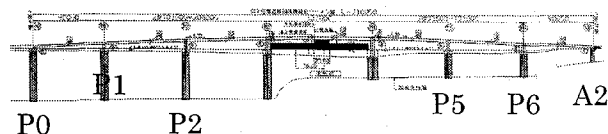


Fig.1 橋梁一般図

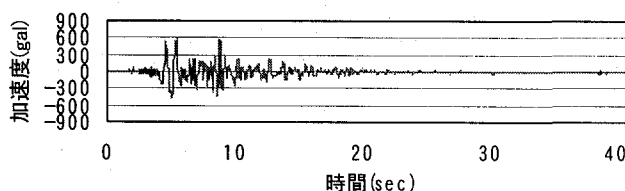


Fig.2 兵庫県南部地震波 EW 成分

4. 地盤の非線形を考慮した応答特性

4.1 地震波による応答特性

本研究では、橋梁が設置されている地盤が特有の軟弱地盤であり、軟弱地盤層が非常に厚いといった特徴を有しているため、地震時には橋脚、基礎の塑性化が生じるよりも先に地盤に塑性化が起こると仮定している。よって上部工、下部工、基礎に関しては塑性化を考慮していない。解析モデルの地盤ばねに非線形を考慮するために、地盤ばねの上限値を道路橋示方書 下部構造編⁽¹⁾より算出した。地盤ばねの履歴特性は、バイリニアモデル型として扱う。

また、それぞれの橋脚・基礎部を取り出し、橋脚頂部に水平荷重 P を繰返し与えた時の変位 V を求めた。軟弱地盤の深い側の $P0$ の橋脚、橋軸直角、上下の 3 方向の荷重-変位曲線を Fig.3 に示す。また軟弱地盤の浅い側は 3 方向ともほぼ線形と同等の挙動を示した。

次に、兵庫県南部地震波の加速度振幅を増大させて、橋梁に作用させた時の橋桁の最大応答を調べた。Fig.4

は加速度振幅を2倍と3倍にした時の橋桁の最大変位を表した図であり、縦軸に変位、横軸に節点位置を表す。橋軸直角方向では、振幅を増大させることにより、塑性の影響が見られ、橋桁の応答が低減していることが確認できる。

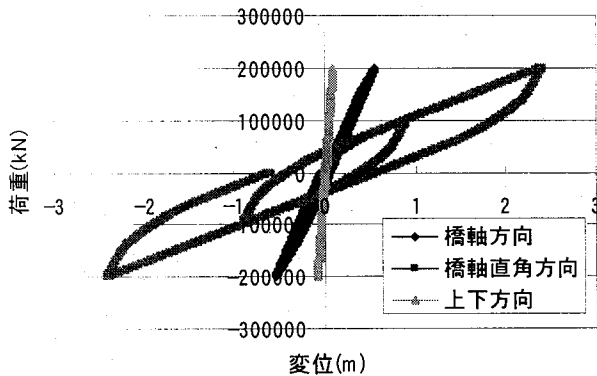


Fig.3 橋脚・基礎 荷重-変位曲線

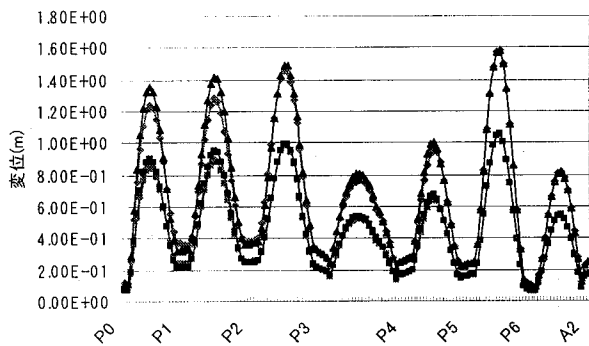


Fig.4 兵庫県南部地震波の加速度振幅を増大させた時の橋軸直角方向の最大応答変位

4.2 震度法との比較

震度法では、地震の影響として慣性力を構造物に作用させる。慣性力は橋軸方向を考慮し、設計振動単位ごとの固有周期から算出する。本研究では連続ラーメン橋を解析対象としているので、設計振動単位は複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなるものとみなし、橋梁の1次モードの固有周期 $T=1.743s$ を使用した。設計水平震度は道路橋示方書耐震設計編⁽²⁾より算出した。以下に、本節で用いた設計震度を示す。

Table 2 設計震度

	設計震度kh
レベル1	0.23
レベル2TYPEI	0.83
レベル2TYPEII	1.02

静的解析によって求めた最大変位は、層厚の変化と

ともに減少する傾向が見られる。また P6 橋脚位置で変位が急激に減少し、P6 と A2 の中央部に近づくにつれて変位が増大している。これは動的解析の結果と同等の傾向であり、橋桁の線形性と P6 橋脚位置の地盤が比較的堅固であることが要因であると考えられる。径間中央の最大変位で震度法と動的解析法に大きな違いが見られた。中央径間において動的解析法では、変位が大きく出ているのに対して震度法では変位は出ていない。

震度法が動的解析結果と一致しないのは、高次のモードの影響を考慮できていないことも考えられる。これらのことより、本研究の対象橋梁に震度法を適用するのは難しいといえる。

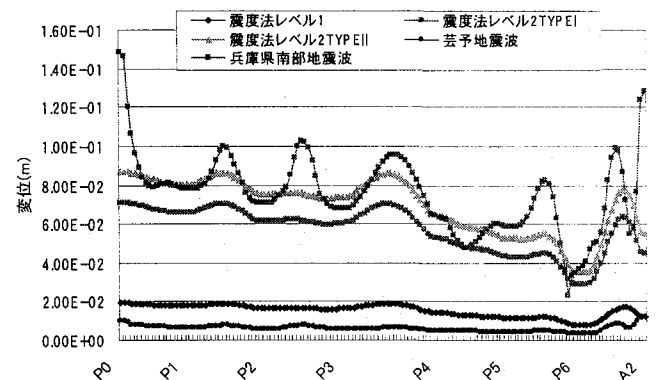


Fig.5 震度法と動的解析法による橋軸方向の最大変位の比較

5. 結論

多径間連続ラーメン橋について、本研究により得られた結論は次の通りである。

- (1) 軟弱地盤層が深い側と浅い側で橋桁の挙動に違いが見られ、二つの異なる性質が連続的に連なっている橋梁であることが明らかになった。また中央部の変位が抑制されるといった特徴を有している。これは、中央以外の橋桁よりも中央径間が振動の周期が長いことや両隣が違う挙動を起こすことによるものであると考えられる。
- (2) 本研究で対象とする橋梁を震度法で解析した結果と、動的照査法で解析した結果に大きな相違が生じるため、震度法を本橋梁に適用することは出来ないことが分かった。よって道路橋示方書 耐震設計編通り、耐震照査を行う際は動的解析を用いる必要がある。

参考文献

- (1) 日本道路協会：道路橋示方書 V 下部構造編
- (2) 日本道路協会：道路橋示方書 V 耐震設計編