軟弱地盤上に設けられた多径間連続ラーメン橋の地震応答特性

広島大学　学生会員　○木下　一孝
ＰＳ三菱　正会員　藤原　佑亮
広島大学　フェロー会員　中村　秀治

１．目的

道路橋示方書・耐震設計編[1]において，多径間連続ラーメン橋は挙動が複雑な橋として扱われており，動的解析により耐震性能を照査するものとしている．本研究で対象とする橋梁は，７径間連続ラーメン橋であり，基礎部の軟弱地盤の層圧が変化し，平面形状がＳ次曲線となっており，動的挙動を複雑にする要素が何重にも含まれている．

本研究では，当該橋梁の時刻歴応答解析を行い，動的特性の解明，さらには耐震性能上の問題点の摘出と，その対応策を検討することを目的とする．

２．構造諸元

本研究で解析対象とする橋梁の構造諸元を 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，P3～P４間で支持層が変化しているといった特徴を有している．

３．解析条件

Fig.2 が解析モデルであり，解析プログラム TDAPIII を用い，3 次元 FEM 解析を行った．なお本研究では，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し，減衰定数は上部工を 0.02，下部工を 0.05 に設定した．また，鋼管矢板基礎は 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[2]に基づき算出した．また，非線形性については，軟弱地盤が非常に厚いことより，橋脚・基礎より先に地盤が塑性化すると仮定している．そのため上部工・下部工には非線形性は考慮せず，地盤のみ非線形を考慮している．地盤の非線形性には，地盤ばねの履歴特性としてバイリニア型を適用した．

時刻歴応答解析は Newmark のβ法を用いて行った．また解析には芸予地震波，兵庫県南部地震波の 2 種類を用いて，各々EW 波を橋軸方向，NS 波を橋軸直角方向，UD 波を上下方向に入力した．兵庫県南部地震波の時刻歴波形を Fig.3，応答スペクトルを Fig.4 に示す．

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

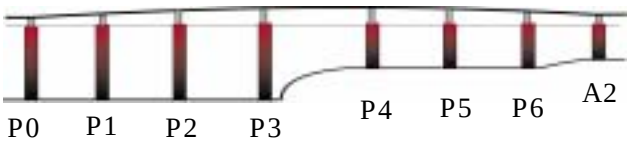


Fig.1　構造一般図

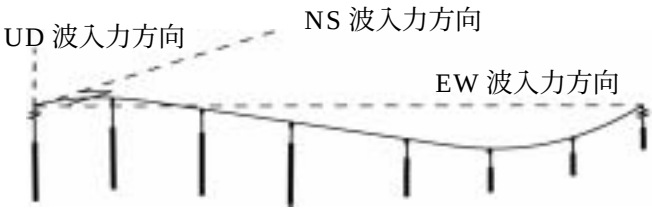
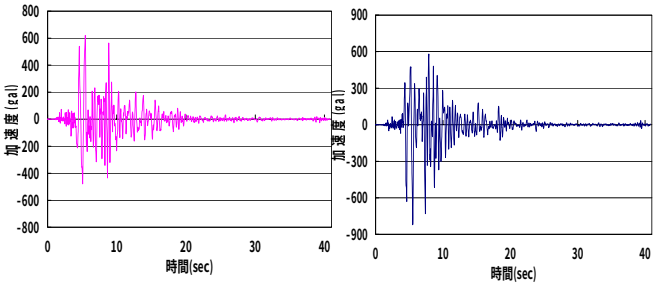
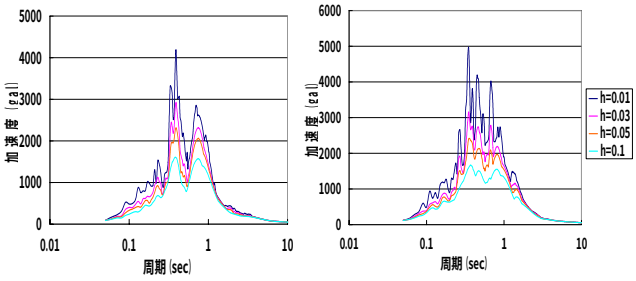


Fig.2　解析モデル



a)　EW 方向　　b)　NS 方向

Fig.3　兵庫県南部地震波の時刻歴波形



a)　EW 方向　　b)　NS 方向

Fig.4　兵庫県南部地震波の応答スペクトル

キーワード　多径間連続ラーメン橋，地震応答解析，軟弱地盤，曲線橋
〒739-8527　広島県東広島市鏡山一丁目４番１号　社会環境システム専攻　TEL 082-424-7791

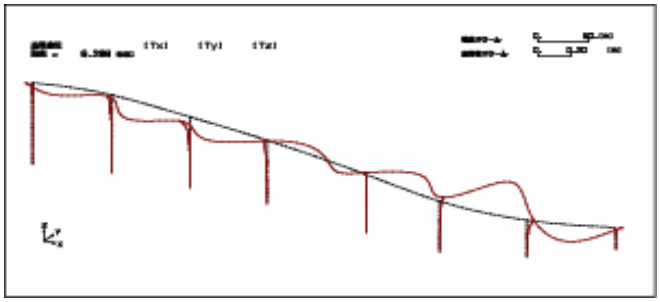


Fig.5　橋梁全体の変形図(t=6.3 sec)

4．解析結果

時刻歴応答解析結果より以下のことが明らかになった．

1．橋脚・基礎は，片持ち梁としての変形以外は，ほとんど見られない．
2．軟弱地盤が深い側では，橋桁は長周期で揺れ，浅い側は短周期で揺れる．
3．軟弱地盤が深い側は，曲率が小さいため連続直線梁的挙動を示し，浅い側は，曲率が大きいため曲線梁的挙動を示す．
4．中央径間では，両隣の径間の固有周期が異なるため，橋桁に S 字の変形が生じる．
5．各径間の独立性が強く，各橋脚・基礎の固有周期も異なるため径間ごとの位相差が生じ易く，局所的に大きな断面力が発生する可能性がある．

兵庫県南部地震波を入力した時の，t=6.3sec における橋梁全体の変形図を Fig.5 に示す．

5．簡易モデルの提案

解析結果の各橋脚・基礎に片持ち梁の 1 次モードの変形以外がほとんど見られず，各橋脚・基礎はそれぞれ連成することなく，独立して挙動するということから，本研究では Fig.6 に示すような，各橋脚・基礎を質量とばねで置換した簡易モデルを提案する．このばね定数は，各橋脚・基礎のみを取り出し 3 方向に単位の変位を橋脚上端に与えたときの反力より算出し，質量については各橋脚・基礎の固有値解析結果より 1 次モードに等価な質量を求めた．また，非線形の考慮については，Rambarg-Osgood モデルを適用した．

簡易モデルと橋脚・基礎を含む詳細なモデルとの比較を径間中央部の節点と，橋桁と橋脚の結合部の節点の応答変位により比較した．この結果についてＰ５，Ｐ６間の節点 96 を代表点として Fig.7 に示す．

Fig.7 に示すように水平方向における最大応答変位については簡易モデルにおいても類似した結果を得ることができた．しかし，上下方向変位については，上部工・下部工の結合部が剛結になっているため，詳細モデルでは水平方向変位に伴う上下方向変位が生じる．この上下方向変位を簡易モデルでは再現できないため，

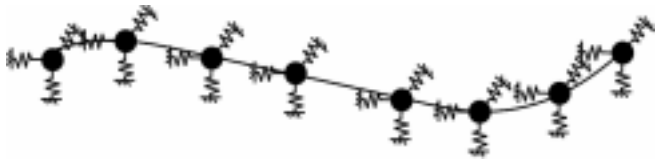
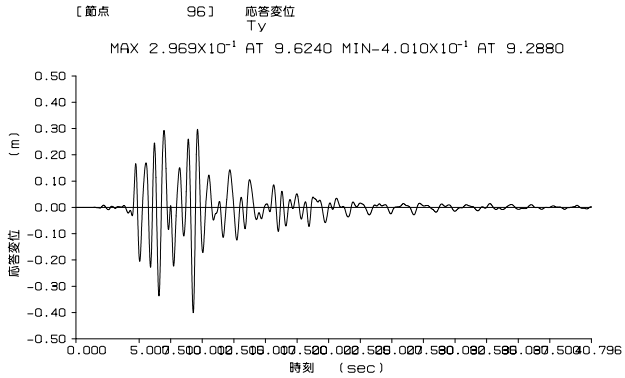
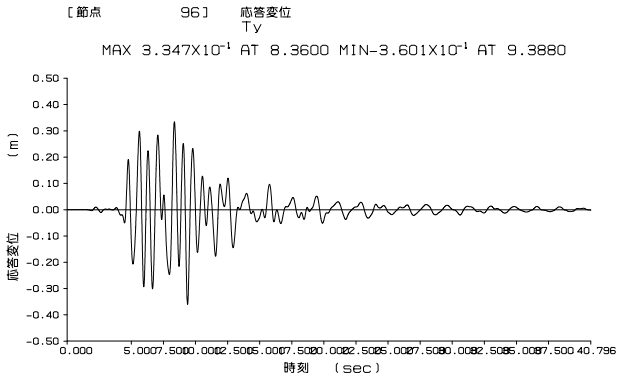


Fig.6　簡易モデルの概略図



a)　節点 96 の時刻歴応答波形，簡易モデル



b)　節点 96 の時刻歴応答波形，詳細モデル

Fig.7　簡易モデルと詳細モデルの応答比較

上下方向は違いが見られた．

6．結論

本研究では，以下の知見を得た．

1．本研究で対象とした橋梁は，地震応答特性として層厚の変化と平面形状の影響により，２つの動的特性の異なる径間が連続しており，径間によっては大きな変位や断面力を生じる可能性がある．このため，構造形式，支承など慎重に検討する必要がある．
2．本研究で提案した，簡易モデルは水平方向に関する照査は可能であり，耐震性能の検討を容易にすると考えられる．

参考文献

1）(社)日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ　耐震設計編，H14 年 3 月
2）(社)日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ　下部構造編，H14 年 3 月