

CS-6

履歴特性を考慮した地盤－橋梁系の3次元地震応答解析

群馬大学 正 ○若井 明彦, 鶴飼 恵三
日本道路公団 正 松田 哲夫

1. 概要

地盤およびRC構造物の繰返し履歴特性を考慮した3次元動的弾塑性FEMを用いて、連続ラーメン高架橋中の3本の橋脚に着目した橋軸方向の地震応答解析を行い、耐震安全性についての定量的検討を行った。

2. 対象とする地盤－橋脚系

対象とした系の概略を図-1（FEメッシュ）に示す。加振方向は図の左右方向である。系は杭で支持されたP8, P9, P10の3本の橋脚とそれらの頭部を剛結する上部工からなる。上部工の要素のうちP8より左方へ突き出た部分は隣接するP7橋脚とを結ぶ桁に相当し、解析上はP7とP8の支間中央位置（P8より13.7m）を曲げモーメントのゼロ点としてモデル化した。基礎杭は円形断面の場所打ち杭であるが、径（1.5m）が等しい正方形断面の杭に簡略化した。本解析では地盤の側方無限性を考慮するため、予め自由地盤の1次元S波応答解析を行い、地盤内各深さにおける応答加速度・変位の時刻歴を、3次元解析の際の側方境界部の応答値として強制入力した。入力波は兵庫県南部地震の波形を調整した最大振幅420galの地震波である。

3. 構成モデル

上部工、橋脚、杭はRC梁構造のため、曲げ抵抗に関してトリリニアの骨格曲線を有する繰返し載荷モデル（武田モデル, 1970）を適用した。フーチングは弾性体を仮定した。

地盤には新たな繰返しモデルを採用した。

加振中に地盤は非排水であるが、液状化は生じないと仮定した。本モデルの履歴曲線を図-2に示す。 τ - γ の骨格曲線に双曲線((1)式)を、履歴ループには歪振幅が大きくなるとS字型を示す分式((2)式)を用いた。

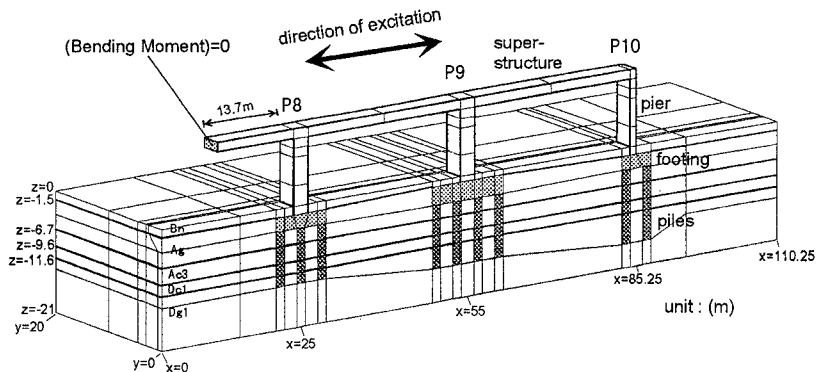


図-1 対象とする系の概略図（3次元FEメッシュ）。

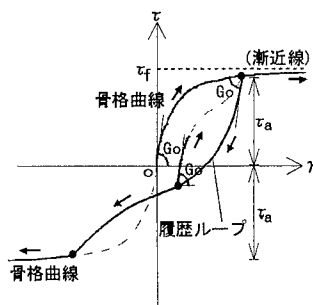


図-2 地盤のモデルの履歴曲線。

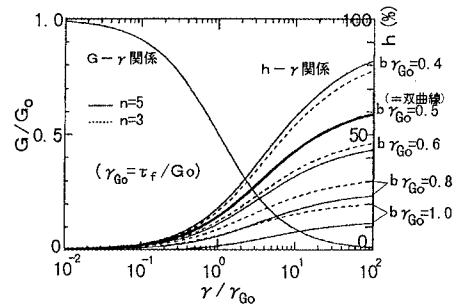


図-3 地盤のモデルの G - γ , h - γ 関係。

キーワード： 橋梁, 地盤, 動的, 弾塑性, 有限要素法

連絡先（群馬大学建設工学科, 〒376 桐生市天神町 1-5-1, Ph.:0277-30-1620, Fax:0277-30-1620）

$$\tau = \frac{G_0 \gamma}{1 + G_0 \gamma / \tau_f} : (1) \quad \tau^* = \frac{a \gamma^{**} + G_0 \gamma^*}{1 + b \gamma^*} : (2)$$

a は荷重反転点の値や b, n などから決まる定数である。添え字「*」は荷重反転点を原点とした値を意味する。3次元解析のため、 τ は次式で与えた。

$$\tau = \sqrt{J_2} \sin\left(\frac{\pi}{3} + \Theta\right) : (3)$$

ここに $\Theta = 1/3 \cdot \cos^{-1}(-1.5\sqrt{3}J_3/J_2^{1.5})$ である。

歪に関する同様の定式化により γ が得られる。荷重の反転は $d\gamma$ の符号により判定した。

本モデルでは土の適切な $h-\gamma$ 関係を考慮することに重点を置いた。式中の b, n を操作することで、 $h-\gamma$ 関係は図-3のように任意に操作できる。履歴ループに双曲線を仮定(Masing則)すると、大歪時に減衰を過大評価することになるため、これを避けるように工夫した。

なお本解析ではRayleigh減衰も併用した。

4. 解析結果

図-4に入力水平加速度(m/sec^2)および上部工位置の水平加速度(m/sec^2)・水平変位(m)の時刻歴を示す。入力波形の初期部分に見られる比較的短周期の波形が地表面の固有周期に近かったため、応答加速度の最大値が入力波と異なり2.0sec前後で生じている。上部工位置の最大水平変位は入力波が最大となる5.0sec前後で生じ約9cmである。また地震後の残留変位は小さい。

図-5にP9橋脚の基部近傍の要素の曲げモーメント $M(\text{MN} \cdot \text{m})$ と曲率 $\Phi(10^{-5}\text{m}^{-1})$ の履歴曲線を示す。履歴中の最大曲率は終局曲率($2990 \times 10^{-5}\text{m}^{-1}$)よりはるかに小さい。また地震後の Φ の残留は小さい。P9橋脚の別の断面、また他の橋脚の各断面についても終局に至るほどの大きな曲率は得られなかったことから、本地震波が橋軸方向に入射した場合の橋梁系の耐震安全性は良好と判断される。

5. まとめ

系の繰返し履歴特性を適切に考慮した3次元動的弾塑性FEMにより、地震による地盤-橋梁系の動的相互作用下での被害状況を定量化する方向性が示

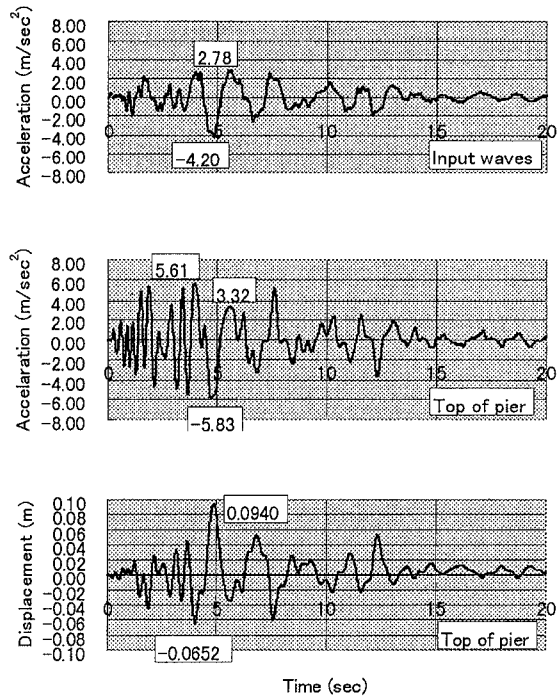


図-4 水平加速度・水平変位の時刻歴。

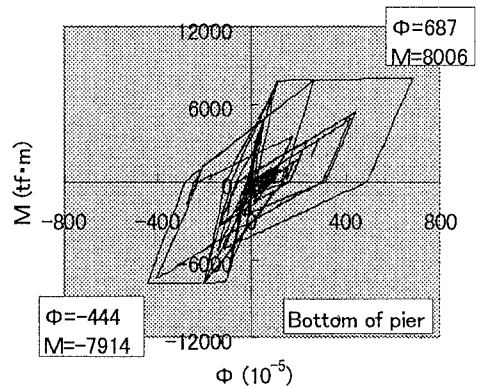


図-5 P9橋脚基部の曲げ履歴。

唆された。

謝辞 本研究を進めるに当たり資料の提供と貴重な助言を頂いた大日本コンサルタント(株)の三品吉彦氏、川神雅秀氏、三浦聡氏、吉澤努氏に謝意を表します。

参考文献 Takeda et al.(1970): Reinforced concrete response to simulated earthquakes, Journal of SD, ASCE, Vol.96, No.ST12, pp.2557-2573.