

東北大学 学生員 ○浅井聡史
 東京電力 正会員 石黒 直
 東北大学 正会員 鈴木基行

1. はじめに

一般に、構造物の地震時応答や地震被害が、地盤種別によって著しく相違することが知られている。現在、構造物の耐震設計あるいは地震応答解析を行う場合、構造物の基礎を固定として弾塑性応答解析を行うか、または地盤と基礎を弾性体として扱った解析を行うのが殆どであり、地盤と構造物との相互作用は合理的に考慮されていないのが現状である。本研究では、構造物と地盤の非線形性及び、地盤と構造物の接触面における滑りと剥離現象を考慮した、非線形地震応答解析を行い、構造物の応答に及ぼす地盤の影響を検討したものである。

2. 解析モデル及び解析手法

本研究では、構造物として東北新幹線標準設計の高さ12mのRC 2層ラーメン高架橋（図-1）を対象とした。図-2に示す様にフーチング部分は地盤に埋め込まれた剛体とし、構造物は2質点系でモデル化した。部材は材端ばねモデルでモデル化し、図-3に示す復元力モデルを用いた。地盤は、二次元有限要素を用いてモデル化し、均質な単層地盤で弾塑性体を仮定した非線形材料とし、非線形性を表現するために塑性理論を用いた。なお、Mohr-Coulombの降伏条件を採用した。フーチングと地盤の接触面には、Goodmanにより提案されたジョイント要素を用いた。

地盤条件としては、せん断波速度を100m/s、200m/s、300m/sと変化させ、高架橋は各層の質量と断面寸法が同じで固有周期の異なる3種を解析対象とした。その3つの高架橋の降伏震度と、初期1次固有周期を表-1に示す。地震応答計算には、Wilsonの θ 法に基づく増分法を用いて解析した（ $\theta=1.40$ ）。また時間刻みは、0.005秒とした。本解析で使用した地震波は、卓越周期の存在が明確でない十勝沖地震（八戸）と、卓越周期が約0.5秒付近に存在するEl Centro地震の2種類を、最大加速度を拡大縮小して用いた。

3. 解析結果および考察

図-4にEl Centro地震波、図-5に十勝沖地震波を入力した場合の地盤ごと的高架橋天端とフーチングの最大絶対変位を示す。降伏震度の大きい高架橋は地盤が軟らかくなるにつれて天端の絶対変位が増加するが、降伏震度が小さい高架橋では、部材の損傷が大きくなると、動的相互作用が応答を抑えるように働き、降伏震度の大きいものより変位が小さくなるものもあった。また、地盤が硬い場合、フーチングの絶対変位は高架橋の降伏震度及び入力地震加速度に殆ど影響を受けず、入力地震加速度の増加と共に高架橋躯体の変位（天端とフーチングの相対変位）と回転だけが増えることがわかった。地盤が軟らかい場合は、降伏震度が大きいものほどフーチングの絶対変位は大きくなり、天端の絶対変位に占める高架橋躯体の変位の割合が小さくなるため、降伏震度が小さいものより変位が大きくなるものもあった。

また、滑りと剥離現象に関しては、地震入力加速度が大きくなるにしたがってフーチングの側面では、滑

表-1

高架橋	降伏震度	1次固有周期
No.1	0.460	0.362 sec
No.2	0.359	0.503 sec
No.3	0.903	0.289 sec

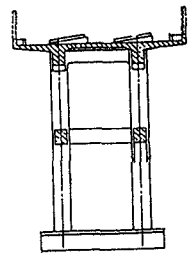


図-1 対象ラーメン

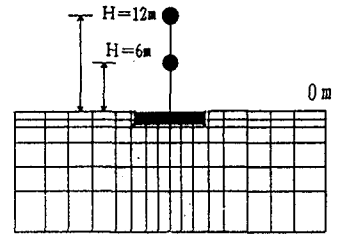


図-2 有限要素モデル

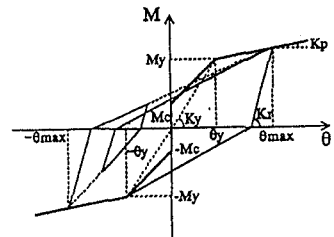


図-3 復元力モデル

りと剥離が、頻繁に起きるようになり、特に構造物の降伏震度が大きく、地盤が軟らかい場合に頻繁に起き、それによって、応答変位に大きな影響を与えている。

○● N o. 1 □◇ N o. 2 △▽ N o. 3

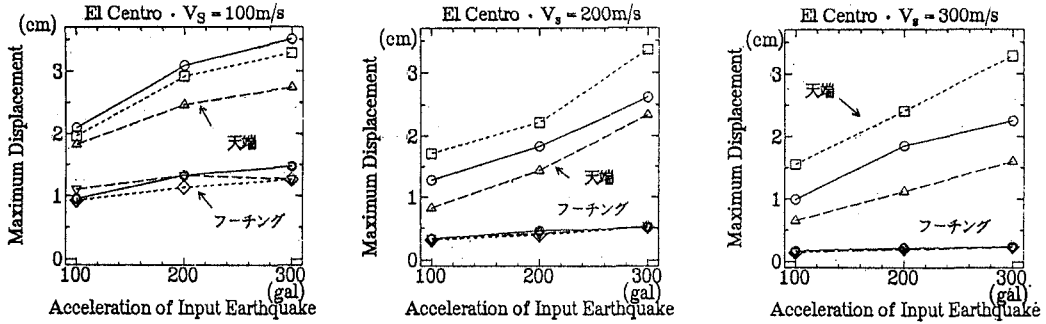


図-4 最大応答変位の比較（El Centro）

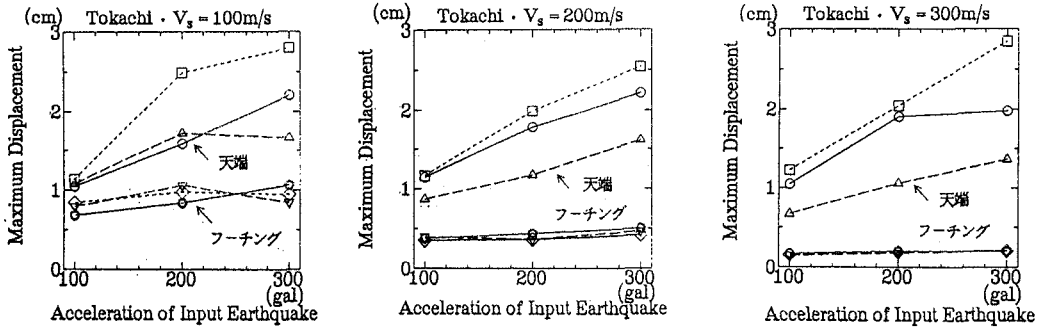


図-5 最大応答変位の比較（十勝沖）

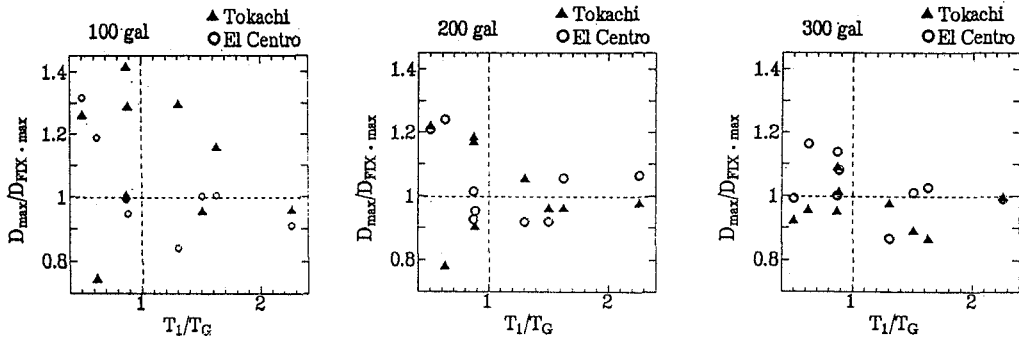


図-6 地盤との固有周期の比が動的相互作用に与える影響

次に、固有周期が動的相互作用に与える影響を調べるために、横軸に各高架橋の一次固有周期 T_1 と地盤の一次固有周期 T_G の比をとり、縦軸に地盤固定とした場合の天端の最大変位 $D_{FIX,max}$ と動的相互作用を考えた場合の高架橋躯体の最大変位 D_{max} との比をプロットしたものを図-6に示す。結果には、かなりばらつきがあるが、全体的に入力地震加速度が大きくなるにつれて、構造物と地盤の塑性化が進むと動的相互作用の影響が小さくなることおよび、地盤の一次固有周期に比較して構造物の一次固有周期の小さいものが動的相互作用の影響を大きく受けているということがわかる。