

I-814 基礎・構造物の動的相互作用を考慮するラーメン高架橋の地震応答性状

鉄道総合技術研究所 正会員 ○蔣 建群

同上 西村昭彦

同上 田中俊作

同上 内田吉彦

1 目的

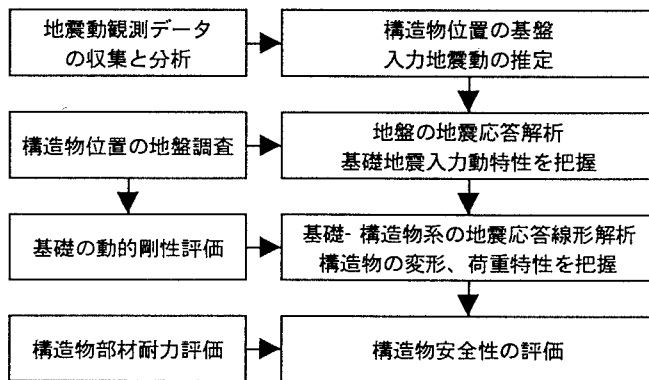
この十数年来、動的相互作用の理論的な研究はかなりおこなわれてきた。この中、特に、地盤条件による地震動の影響については、成果を挙げている。これは地震被害が局所的な地盤条件と直接関係するとの事実が広く認識されているからである。一方、構造物耐震設計の観点からは、基礎構造物の動的剛性とその上部構造物との相互作用効果が通常規模の構造物の耐震設計には取り込んでいないのが現状である。これは相互作用効果の定量的評価が明確ではないからである。本報では、鉄道高架橋によく使われ、兵庫県南部地震の際かなりの被害を受けた二層ラーメン高架橋を対象に、基礎構造物の動的剛性に着目し、パラメタスタディを通じて、耐震性評価について提案する。

2 解析手法

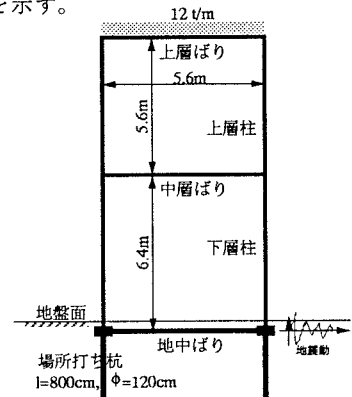
上部構造物モデルの離散化から次の方程式が得られる。

$$\begin{bmatrix} M_{ss} & M_{sb} \\ M_{bs} & M_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_s \\ \ddot{u}_b \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sb} \\ C_{bs} & C_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_s \\ \dot{u}_b \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sb} \\ K_{bs} & K_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_s \\ u_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} p_s \\ p_b \end{Bmatrix} \quad (1)$$

ただし、 $p_b = -s_{bb}^g \cdot (u_b - u_b^g)$ 、基礎の反力を表わす。 p_s は外部加振力で、地震入力の場合ゼロになる。 u_b^g は基礎の有効入力で、地盤条件と基礎の形式により影響される。 s_{bb}^g は基礎の動的剛性で、一般に特異性を持つものである。式（1）では、非線形時刻歴地震応答解析に用いられるが、実用では等価線形法を利用して、周波数領域で解析することが多い。図（1）に本解析のフローを示す。



図（1）解析フロー



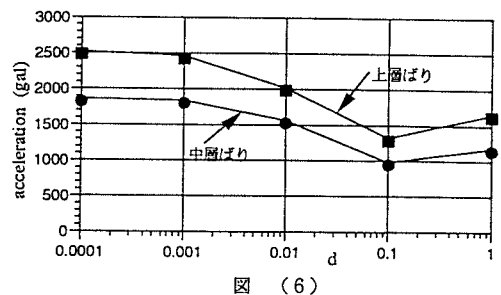
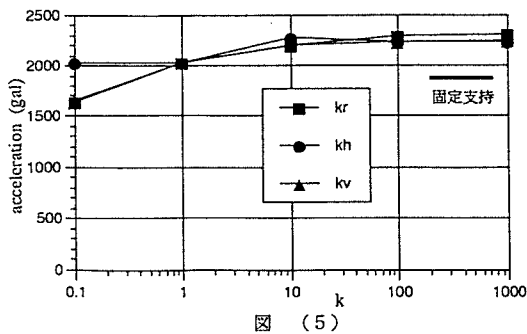
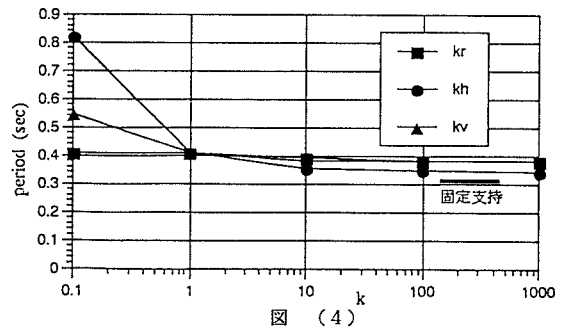
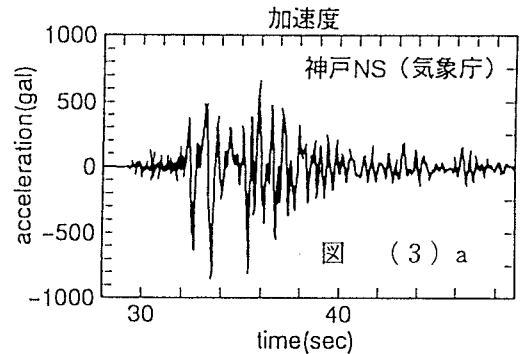
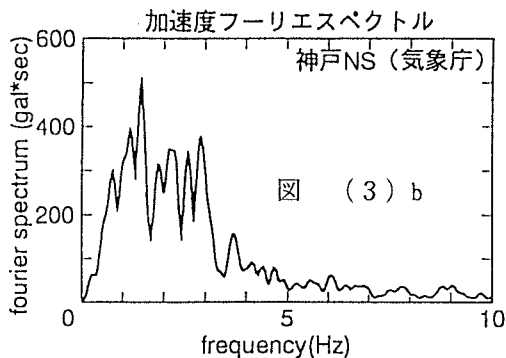
図（2）解析モデル

3 解析結果

図（2）の構造・基礎系を解析した結果を紹介する。表（1）に構造物と基礎の物性値をしめす。図（3）は兵庫県南部地震における気象庁の観測地震波である。地盤の詳細解析が今報では実施しなかったため、地震観測データを基礎の入力とした。基礎の動的剛性は $k^* = k_s - i\omega c = k_s(1 - i\omega c/k_s) = k_s(1 - i\omega d) = k_s(1 - 2\beta\omega T_s)$ 、 $\beta = \pi d / T_s$ 、 T_s は構造物の固有周期である。図（4）、（5）にばね定数により構造物固有周期および地震応答への影響をしめす。 k は表（1）のばね定数の倍率である。図の結果から判るように、1以上の倍率に対して、固有周期と加速度応答は大差がみられないが、固定支持の場合とは違う値をしめす。図（6）に基礎の減衰による影響をしめす。今回のモデルは固有周期0.407secを有するため、 $\beta = 7.7d$ 。図から判るように、減衰77%以下の場合、地震応答への影響が無視できない。本解析では $d = 0.01$ としたのが適切と考える。

表（1） 解析に用いる物性

高架橋	柱	地中 ばり	中層 ばり	上層 ばり	基礎ばね定数	
二次 モーメント (m^4)	0.05	0.4	0.08	0.09	水平 (kn/m)	6×10^4
断面積 (m^2)	0.85	1.5	0.8	1.3	回転 ($kn \cdot m/rad$)	7×10^5
減衰(%)	5	5	5	5	鉛直 (kn/m)	1.5×10^6



4 まとめ

本文では、簡単な二層ラーメン高架橋を対象にして、基礎・構造物の相互作用を考慮する地震応答解析を行った。解析結果から、弾性支持を有する構造は、固有周期が伸びる傾向をしめす。基礎あるいは地盤へのエネルギー逸散による構造物応答の低減が明確である。なお、相互作用を考慮する場合、地震応答が一般に増幅する可能性があるが、これは入力地震動の特徴と直接関係するため、基礎による有効入力動の低減効果と一緒に検討する必要がある。

5 参考文献

- 1) 蒋建群その他：不整形軟弱地盤上における連続高架橋の地震応答性状，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集，1992年9月。