

I-52

非線形地盤の影響を受ける構造物の動的応答解析

鹿児島大学大学院 学生員 ○山口 高弘
鹿児島大学工学部 正員 河野 健二

1. まえがき

地震時における構造物の応答は、一般に構造物自身の振動特性だけでなく、地盤の動的性状とも密接に関連している。特に最近、構造物が大規模化したうえに、軟弱地盤のような立地条件の悪い場所にも建設される機会が多くなったのに伴い、非線形地盤と構造物の動的相互作用を考慮した動的応答特性に関する検討が必要となってきた。本研究では、斜張橋について動的サブストラクチャー法を適用し、ホワイトノイズ入力による動的応答解析を行った。まず、斜張橋の動的相互作用特性を把握した後、等価線形化手法を用いて地盤の復元力特性が非線形時の応答解析を行い、その影響について検討を加えた。

2. 線形地盤による動的応答解析

動的サブストラクチャー法は、一つの大きな振動系

の解析を行うにあたって、まず対象系をいくつかの特性のまとまった部分系に切断し、切断面上の変位、断面力を未知量として、それぞれの部分系を独立に定式化し、その後再び、同面上の連続性から部分系を全体系に統合していく手法である。この解析にあたっては、地盤・構造物系を地盤と基礎から成る下部構造物系と、それより上の上部構造物系に分離し、切断面は基礎天端にとってある。下部構造物系における地盤は、半無限波動伝播媒体としての役割をもち、そのモデル化として、地盤と基礎の境界面における地盤インピーダンスマトリックスでもって地盤の評価を行う。対象モデルとしては、Fig.1に示すような地盤-基礎-構造物全体の動的相互作用系である斜張橋を用い、地盤および基礎モデルは、2層地盤モデルとし、基礎は剛体ケーソンで基礎地盤面上に底面を設置し、基礎地盤せん断波速度 $V_{s1} = 300 \text{ m/sec}$ として、面内方向の振動について解析を行った。まず、動的相互作用の特性として、上層地盤せん断波速度を V_{s2} とするとFig.2は、固有振動数 ω と V_{s2}/V_{s1} の関係を示したものである。1次、2次の固有振動数は、ほとんど動的相互作用の影響を受けないことがわかる。3次の固有振動数については、 V_{s2}/V_{s1} の値が増加するにつれて、4次の固有振動数に近づく傾向がある。また、4次、5次の固有振動数は、 V_{s2}/V_{s1} に対してほぼ一定の値を示している。次にFig.3はホワイトノイズ入力に対して、基礎を固定した場合のモーメント M_{y0} と動的相互作用を考慮した場合のモーメント M_y とのrms応答の比 $\sigma_{M_y}/\sigma_{M_{y0}}$ と V_{s2}/V_{s1} の関係を示したものである。各節点において、動的相互作用の影響があり、 V_{s2}/V_{s1} が小さいほど曲げモーメントが小さくなることが示される。全

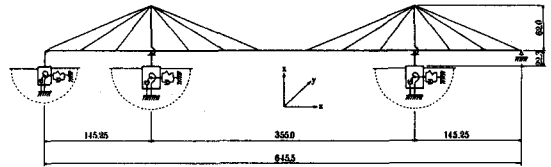
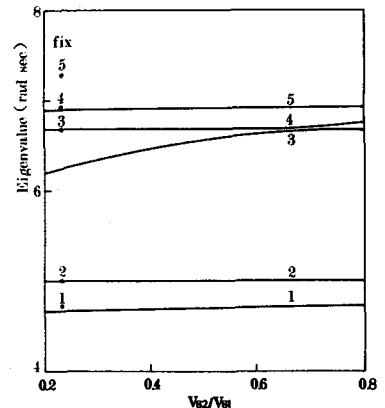
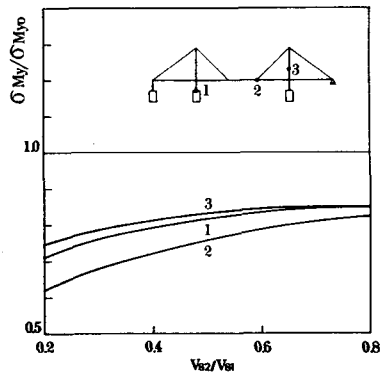


Fig.1 Analytical Model


Fig.2 Eigenvalue in relation to V_{s2}/V_{s1}

Fig.3 rms response in relation to V_{s2}/V_{s1} (Linear Soil)

体的に見て、曲げモーメントが1.5割から2割程度の減少がわかる。次に、Fig.4は、基礎を固定した場合の変位 x_0 と動的相互作用を考慮した場合の変位 x とのrms応答の比 σ_x/σ_{x0} と V_{s2}/V_{s1} との関係を示している。ここで各節点の番号の横にcが書いてあるのが相対変位であり、書かれてないのが絶対変位である。主桁部の変位に関しては、基礎を固定した場合よりも、小さな応答を示すがタワー部(節点3)においては、大きな応答を示す。また、 V_{s2}/V_{s1} の値が増加するのに従い、応答も増加する傾向を示している。さらに、主桁中央部やタワー部では絶対変位と相対変位の間に相違は見られないが、主桁側方部では絶対変位応答が大きくなっている。

3. 非線形地盤による動的応答解析

地盤の非線形性は複雑であり、簡単な振動モデルで表現するのは容易ではない。これまでにいくつかの振動モデルが提案されているが、本研究ではバイリニア履歴特性を用いて地盤の非線形特性を表わし、等価線形化手法を用いて

応答解析を行うことにする。なお、非線形地盤の応答特性を調べる上で、 $V_{s2}/V_{s1}=0.4$ 、降伏ひずみを $\epsilon_s=0.0085$ と一定に保ち、入力強度 $\sqrt{S_0}$ の変化に対して応答を見ていくことにする。Fig.5では、地盤を固定した場合の変位 x_0 と非線形地盤を考慮した場合の変位 x とのrms応答の比 σ_x/σ_{x0} と入力強度 $\sqrt{S_0}$ との関係を示している。入力強度 $\sqrt{S_0}$ の増加に伴い、節点2では応答が線形時を上まわる傾向が示され

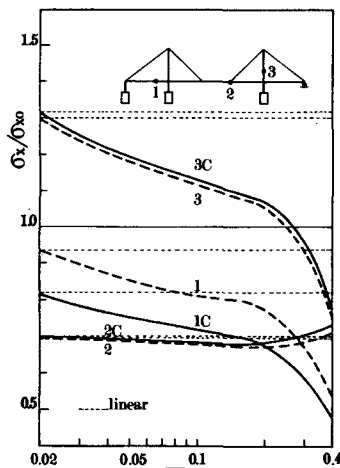


Fig.5 rms response in relation to $\sqrt{S_0}$ (non linear Soil)

ているが、他の各節点においては、減少していることがわかる。また、節点2および3の応答は、入力強度が $0.2 (\text{m/sec}^2)$ を越えると急激に減少しており、非線形地盤の影響が卓越することを示している。このため入力強度と降伏ひずみの把握が応答解析において重要であることがわかる。また、絶対変位と相対変位応答は線形地盤の場合と同様の傾向を示している。Fig.6では、地盤を固定した場合のモーメント M_{y0} と非線形地盤を考慮した場合のモーメント M_y とのrms応答の比 $\sigma_{M_y}/\sigma_{M_{y0}}$ と入力強度 $\sqrt{S_0}$ の関係を示している。入力強度 $\sqrt{S_0}$ が増加すると各節点において、かなり減少することがわかり、地盤を固定した応答に対し2割を越える応答値の低下がみられるが、線形時の応答と比べても入力強度により大きな影響を受けることがわかる。このように地盤の非線形化により入力強度が増加すると構造物の応答に大きな影響を及ぼし、その傾向は線形地盤時における V_{s2}/V_{s1} の減少による影響との類似を示している。また、その応答特性は卓越する振動モードが異なるため、構造物の各断面の応答は異なった傾向を示すことがわかる。

4. あとがき

本解析のような斜張橋の動的応答解析では非線形地盤も含めた動的相互作用の把握が重要であることがわかる。

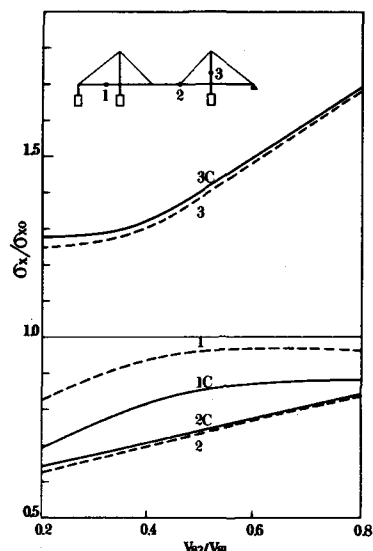


Fig.4 rms response in relation to V_{s2}/V_{s1} (linear Soil)

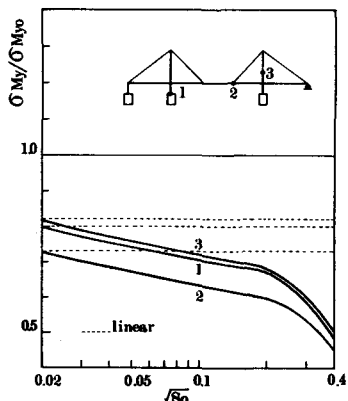


Fig.6 rms response in relation to $\sqrt{S_0}$ (non linear Soil)