

熊谷組

正員 山口 高弘

鹿児島大学工学部

正員 河野 健二

1. まえがき

構造物の動的応答解析において地盤との動的相互作用が大きな影響を及ぼす場合が考えられる。このような場合、構造物の応答に及ぼす動的相互作用の影響も明確にしておくことは重要なことであると思われる。本研究では斜張橋の動的応答に及ぼす動的相互作用の影響について検討するため動的サブストラクチャ法を適用して、ホワイトノイズ入力による動的応答解析を行なった。まず線形地盤に関して斜張橋の振動特性を把握した後、等価線形化法により非線形地盤に対する応答解析を行なった。

2. 動的応答解析

Fig. 1 に示すような長大な斜張橋において地盤との動的相互作用を考慮した動的応答解析を行なう場合、動的サブストラクチャ法の適用は有用である。この方法は、まず上部構造系と地盤-基礎からなる下部構造系に分離した後、それぞれ独立に定式化を行ない各系の切断面上の変位、断面力の連続性および平衡より全体系を表わす。下部構造系における地盤は半無限として扱い、基礎に対するインピーダンス関数を用いて表わす。本解析では基礎と重心まわりの回転の2自由度を有する振動数に独立な形で基礎-地盤系をモデル化する。地盤は2層地盤となり、本解析では根入れされた基礎の側方地盤に相当する上層地盤とそれを除く下層地盤のそれぞれのせん断波速度 V_{s2} と V_{s1} の変化を考慮する。また入力は基礎重心に作用するものとし、波動インピーダンス比は $V_{s2}/V_{s1} = 0.2$ として橋軸方向面内振動について応答解析を行なった。

Fig. 2 は主塔の基礎の等価半径が b であり根入れ深さが 40 m の場合における下層地盤のせん断波速度 V_{s1} の変化に対する固有振動数 ω の値を示したものである。 V_{s1} が 200 m/s を越える場合、2次モード以上で動的相互作用の影響が表われており、 V_{s1} が増加するに従って基礎を固定した場合の値に近づいている。 V_{s1} の値によって固有振動数の接近が見られ振動モード間の連成が生じていることが考えられる。

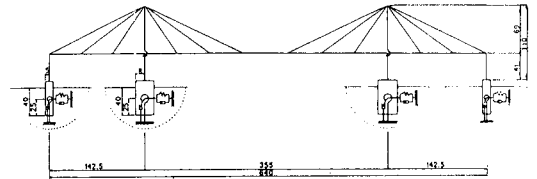
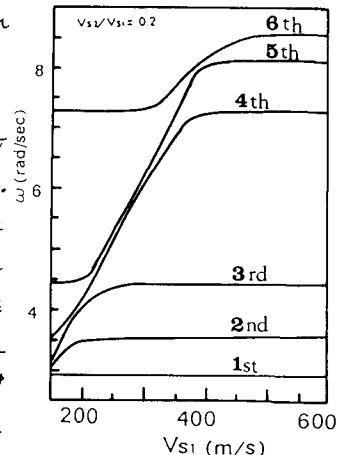


Fig. 1 解析モデル

Fig. 3 は線形地盤のとき下層地盤のせん断波速度 V_{s1} に対する主塔の鉛直方向変位の RMS 応答を示したものである。

σ_{fx} は基礎を固定した場合の応答であり、 σ_x は主塔基礎のそれぞれの等価半径に対する応答を示している。基礎の大きさにより動的相互作用の影響が異なり、 V_{s1} が 250 m/s を越えると基礎を固定した場合より応答は減少することがわかる。 V_{s1} の増加とともに動的相互作用の影響は減少しているが、モード間の連成により応答が異なることは注意する必要がある。

Fig. 4 は同様に線形地盤のとき、下層地盤のせん断波速度 V_{s1} に対する主塔の曲げモーメントの RMS 応答を示したものである。 σ_{fx} は基礎を固定した場合の応答であり、 σ_{mx} は主塔基礎のそれぞれの等価半径に対する応答を示している。 V_{s1} が小さいとき、それぞれの基礎の大きさに関し基礎を固定した場合に比べて大きな応答を示しており、振動モード間の連成による影響が大きいことがわかる。しかしながら、 V_{s1} が 250 m/s を越えると、動的相互作用の影響をうけて、基礎固定時よりも応答は低下する傾向を示している。さら

Fig. 2 V_{s1} による固有振動数の変化

に、基礎の大きさにより振動モード間の連成効果が異なるため、等価半径が20mでは、再び基礎固定時よりも大きな応答を示している。このように動的相互作用効果により上部構造物の応答は大きな影響を受けており、その把握は動的応答解析において重要であることがわかる。

Fig.5は地盤が非線形化した場合の主塔橋脚部の曲げモーメント応答に及ぼす影響について示したものである。 σ_{M0} は基礎を固定した場合の曲げモーメントのRMS応答値であり、 σ_M は地盤の降伏しずみ方が異なる場合のそれぞれの曲げモーメントのRMS応答値を示している。入力強度 $\sqrt{S_0}$ の大きさによって地盤の非線形性が上部構造物に及ぼす影響は異なるが、特に降伏しずみが小さい場合、その影響が大きいことがわかる。一般に入力強度が小さい場合、地盤の非線形化にともない履歴減衰の影響により応答は減少する。 V_{S1} が300m/sで基礎の半径が15mのとき、動的相互作用の影響によって応答は基礎固定時よりも減少するが、地盤が非線形性を有するとともに減少を示している。

次にFig.6は下層地盤のせん断波速度 V_{S1} の変化に対する主桁部の鉛直方向変位のRMS応答を示したものである。 σ_{x0} は基礎を固定した場合の応答であり、 σ_x は動的相互作用を考慮した場合の応答を示している。実線は線形地盤に対する応答であり、破線および一点鎖線は地盤の非線形性を考慮した場合の応答である。 V_{S1} が200m/sでは線形地盤のとき振動モード間の連成により基礎固定時よりも大きな応答を示すのに対して、非線形地盤の場合それよりも大幅に減少する。これは地盤の非線形化にともない履歴減衰の影響に加えて振動モード間の連成効果が減少したことによるものと考えられる。 V_{S1} が大きくなり地盤が堅固になるに従って非線形地盤の影響は小さくなり動的相互作用による影響が大きくなることがわかる。またFig.7は同様に V_{S1} が300m/sのとき、上層地盤のせん断波速度の変化に対する主桁部の変位応答を示したものである。

3. あとがき

動的相互作用に引斜張橋の動的応答は大きな影響を与えるため、検討は重要であると考える。

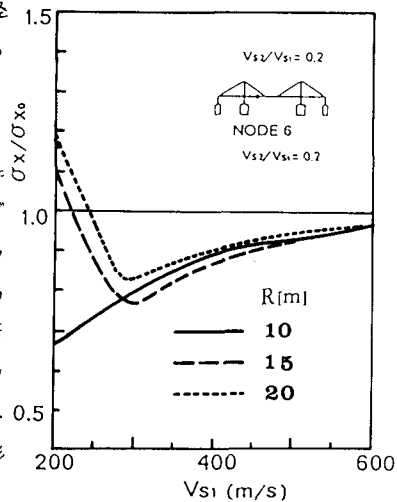


Fig.3 変位応答に及ぼす基礎の大きさの影響

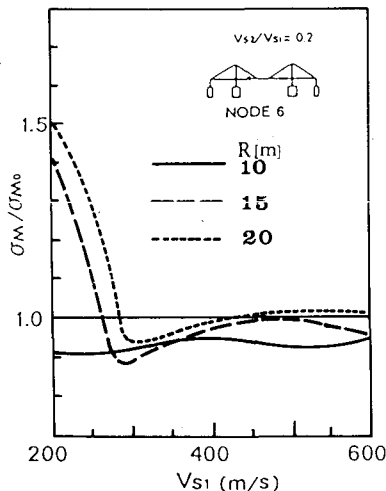


Fig.4 曲げモーメント応答に及ぼす基礎の大きさの影響

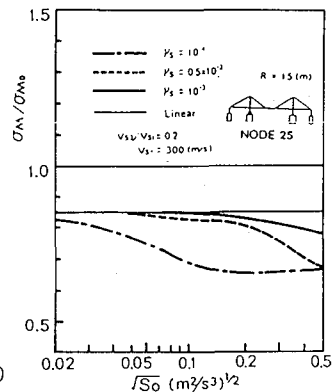


Fig.5 曲げモーメント応答に及ぼす非線形地盤の影響

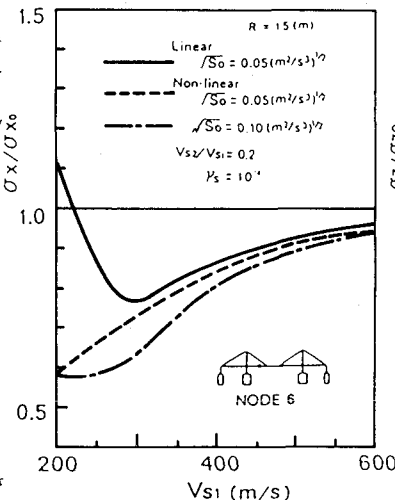


Fig.6 変位応答に及ぼす非線形地盤の影響

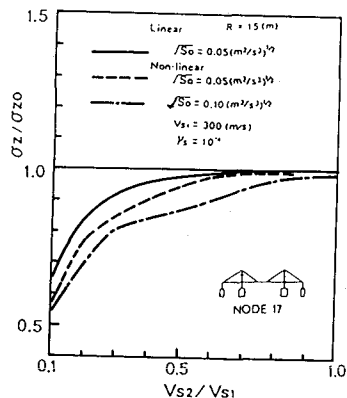


Fig.7 変位応答に及ぼす非線形地盤の影響