

地盤との相互作用における

近接橋梁基礎の応答性状

岡山大学 工学部 正員 竹宮宏和

五洋建設 〇正員 平松和明

1. まえがき

最近の都市内の交通網の拡充と共に、橋梁が近接して建設される頻度が多くなって来ている。そこで、本論文では、こうした状況下での2基の橋梁基礎が並列した場合の地盤との相互作用においてそれらの応答性状を調べることを目的とした。本解析にあたっては、地盤-基礎-上部構造物系の解析のための汎用性のある耐震解析システム（SUBSSIP-2D）¹⁾を使用した。SUBSSIP-2Dの特徴は、1) 地盤-基礎系を平面歪モデルとして有限要素化して扱う。その際、仮想側方境界として、応力伝達境界を導入している。2) 動的サブストラクチャ法により、地盤（あるいは下部構造）インピーダンス、およびそれに応ずる有効地震入力を評価する。3) 地震入力には、実体波および表面波を採る。4) 上下部構造物の慣性連成振動を厳密に解く。

2. 定式化

地震時の地盤-基礎系の波動場を、自然地盤内の波動と構造物からの放射波との線形重ね合わせとして把握し、有限要素法から定式化する。根入れの深い井筒基礎の解析において、これをはり要素として扱う（図1）。この場合、通常のはり要素は線要素で定義されているため、井筒基礎のようにかなりの大きさの断面を有するようになると、基礎の断面の広がりを考慮する必要がある。これに対処するためにBernoulli-Eulerの平面保持の仮定に立ち帰ってその特性を導入する。つまり、線要素としてのはりの各節点を通る断面は、その節点の自由度に応じて剛体変位するものとする。従って、地盤のソリッド要素の節点変位（添字sを付す）のうち、基礎とのインターフェイスは全くはりとしての節点（添字bを付す）の運動で規定される。その関係を、座標位置のみから決定される変換マトリックス[T]を用いて表わすと、

$$\{U_s\} = [T]\{U_b\} \quad (1)$$

よって、運動方程式は絶対座標で式(1)を用いて、

$$\begin{bmatrix} [K_{ss}] - \omega^2[M_{ss}] & ([K_{sb}] - \omega^2[M_{sb}])[T] \\ \text{sym.} & [T]^T([K_{bb}] - \omega^2[M_{bb}])[T] \end{bmatrix} \{U\} = \{P\}_I - \{P\}_L - \{P\}_R \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 $\{P\}_I$ は自由節点に直接働く上部構造物からの作用力、 $\{P\}_L$ 、 $\{P\}_R$ は左右それぞれの側方無限遠から不規則領域の左右それぞれの境界面上に働く作用力である。また、 $[K]$ 、 $[M]$ はそれぞれ地盤-基礎系の剛性および質量マトリックスである。

3. 数値解析例およびその考察

解析対象構造物は、近接した2基の橋梁（図2）の橋軸直角方向の応答性状である。図3は、各橋梁における井筒基礎のソリッド要素、または、はり要素によるモデル化の検討をしたものである。モデル化の相違による違いはほとんど見られず、地盤とのキネマチックな相互作用を考慮したはり要素によるモデル化の合理性が、確認できる。このはり要素によるモデル化によって、近接した2基の橋梁の相互作用を解析した。図4は、橋梁位置での上載加振の場合の振動数応答である。隣接効果としては、規模の大きい橋梁基礎による影響が大きい。同図で、最初のピークは、並進運動によるものであり、次のピークは、回転

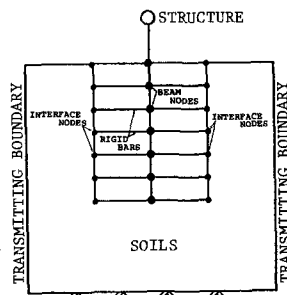


図1 ベルヌーイ・オイラーはりによるモデル化

運動によるものである。図5は、地震波入力の場合を想定して、基盤面入力による振動数応答である。上載加振による解析と同様の傾向が見られる。ここで、同図(b)，(c)は、規模の大きい橋梁基礎の影響に注目して、近接基礎の質量、根入れ深さによる効果を検討したものである。これより、より大規模な構造物ほど周辺の構造物に与える影響は大きくなり、設計上考慮する必要性が生じてくる可能性もある。

参考文献

- 1) 竹宮宏和：多径間連続高架橋の地震応答性状，橋梁と基礎，pp. 45-52，1983.10
- 2) Wass, G. and Lysmer, J.: Vibrations of Footings Embedded Media, Proc. the Water Experimental Station, Symp. on the Applications of the Finite Element Method in Geotechnical Engineering, 1972

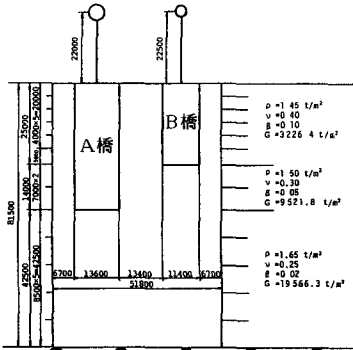
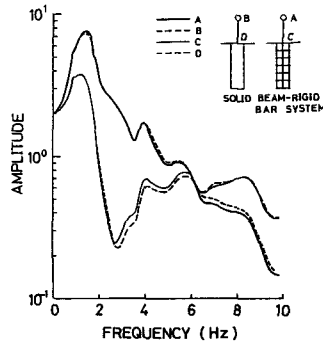
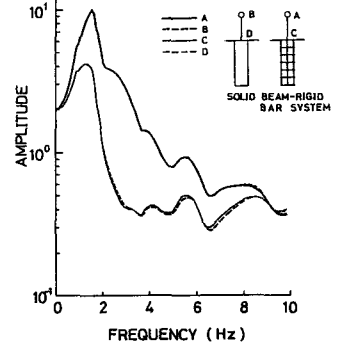


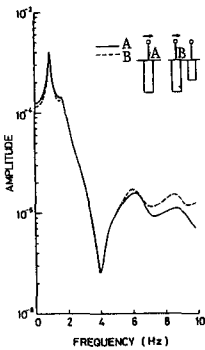
図2 解析対象構造物



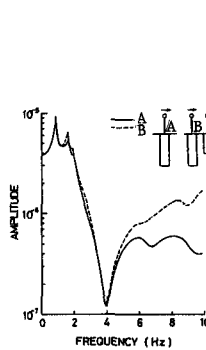
(a) A橋基礎



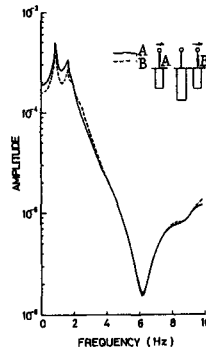
(b) B橋基礎



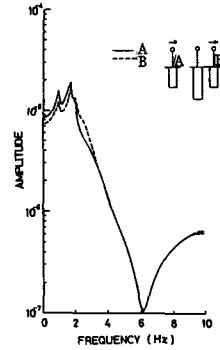
(a) A橋基礎(並進)



(b) A橋基礎(回転)

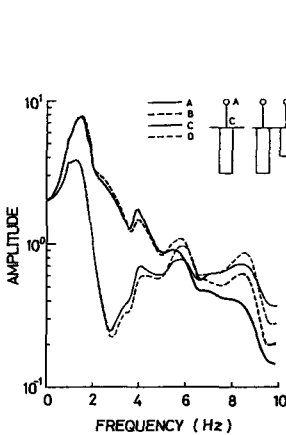


(c) B橋基礎(並進)

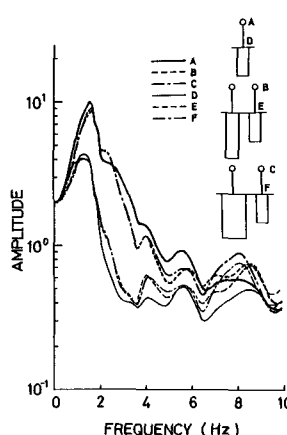


(d) B橋基礎(回転)

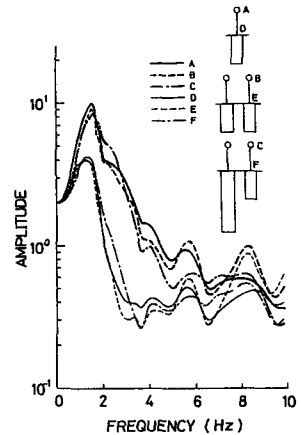
図4 上載加振による振動数応答



(a) A橋基礎



(b) B橋基礎(質量による効果)



(c) B橋基礎(根入れ深さによる効果)

図5 基盤面入力による振動数応答