

入力地震動の位相差が連続橋の応答に及ぼす影響に関する研究

阿部 和久

1. はじめに

連続橋のような一方向に長く伸びた構造物が地震動の入射を受ける場合、その基礎や橋脚は異なる位相の下で加振されるため、その耐震設計において入射する地震動の位相の違いを考慮することが望ましい。

そこで、連続橋・地盤連成系を対象に位相差を考慮した波動入射問題を取扱い、その上で地盤剛性が共振特性に与える影響を検討する。さらに、異なる位相で加振した場合、連続橋の構造の違いが共振特性に及ぼす影響についても検討する。

2. 周期連続橋・半無限地盤連成系の定常応答解析手法

図1に示すような、周期長Lの無限周期構造物と半無限成層地盤からなる連成系に面外波動が入射する問題を考える。この連成系にFloquet原理を適用することで、本問題は自身を構成する最小単位構造(ユニットセル)上で定義された有限領域の力学問題に帰着され、ユニットの左右端の変位と節点力の関係は、入射波動の水平波数成分を k_x として次式で与えられることとなる。

$$u_R = e^{-ik_x L} u_L, \quad F_R = -e^{-ik_x L} F_L$$

また、ユニット内の地盤にインピーダンス行列¹⁾を適用することにより、地盤の深さ方向についても有限な力学問題に帰着して解くことが可能となる。

3. 解析条件と解析結果

連成系の寸法及び各種物性値は文献²⁾を参考に、それぞれ図1、表1、2のように設定した。本研究では、表層地盤の地盤剛性を変更した場合と、桁支持を剛結およびヒンジ支承とした場合について検討する。なお、入射波にはSH平面波を用いる。

まず、地盤剛性を表2の値より小さく設定した場合と大きく設定した場合について検討した。なお、基礎よりも下にある地盤は変更していない。解析結果を図2、3に示す。図中のプロット点は共振点である。また、図の実線は剛基盤上の当該連続橋の分散曲線で、破線は当該地盤におけるLove波の分散曲線である。図より、10 (rad/s)以上の比較的高い振動数域では、共振点分布がいずれの地盤構造のものでも分散曲線とほぼ一致しており、地盤構造が応答にほと

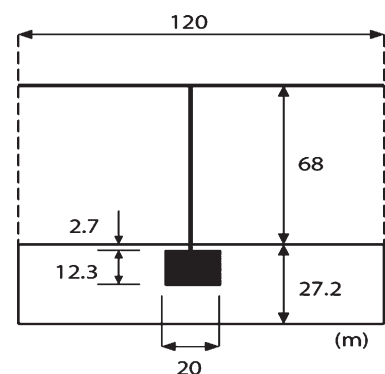


図1 連成系1ユニット

んど影響しないことがわかる。一方、低振動数域での応答は、Love波の分散曲線に漸近しており地盤の挙動が支配的となっているものの、上層地盤の剛性の影響はかなり小さい。これは、基礎がさらに下の第4層に支持されており、それより上層の軟弱地盤が応答に影響しないことによるものと考えられる。次に、支承をヒンジに変更した場合の結果を図3に示す。なお、それ以外の解析条件は図1、表1、2の値を用いている。図2、3同様に、共振点と合わせ剛基礎上の当該構造に対する理論分散曲線も示した。図より、連続桁の支承構造の違いは応答にほとんど影響しないことがわかる。これは、橋脚が68mと長くその振り剛性が比較的低いため、ヒンジの有無による差異が応答に影響しなかったためと考えられる。

表1 連続橋の各種物性値

物性値	桁	橋脚
曲げ剛性 (GN・m ²)	16150	126970
振り剛性 (GN・m ²)	1223	529
単位長さ当たりの質量 (kg/m)	42100	116500
質量慣性モーメント (kg・m ²)	1239000	103000

表2 地盤の各種物性値

地盤の層	地盤の厚さ (m)	S波の伝播速度 (m/s)	単位体積重量 (kg/m ³)
1	5.0	91.24	2.05×10 ³
2	6.0	76.42	2.05×10 ³
3	4.0	178.03	1.85×10 ³
4	2.6	219.51	2.05×10 ³
5	3.3	261.64	1.90×10 ³
6	6.3	296.80	1.90×10 ³
7	Half-space	339.88	2.20×10 ³

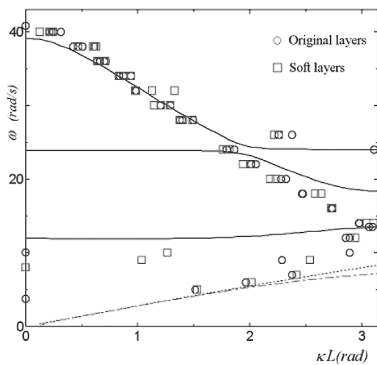


図2 解析結果 (地盤軟)

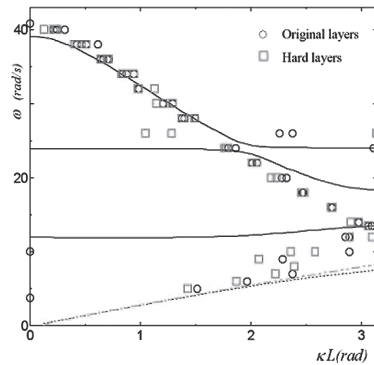


図3 解析結果 (地盤硬)

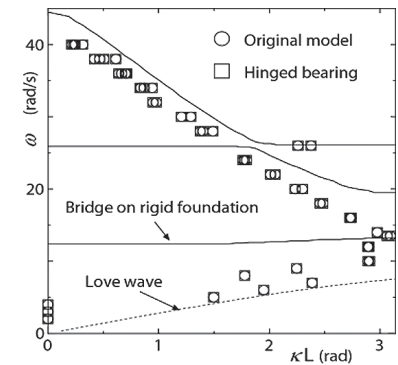


図4 解析結果 (ヒンジ支承)

参考文献

- 1) 阿部和久, 中山悠, 紅露一寛: 中間層を有する周期複合材の弾性波動解析, 応用力学論文集, 13, 1041-1048, 2010.
- 2) 竹宮宏和, 甲斐史郎: 深い杭基礎を有する多径間連続高架橋の地震応答解析, 土木学会論文報告集, 第332号, 1-10, 1983.