

地表面加振による近接剛構造物および周辺地表面の振動

神戸大学 正 北村泰寿 学○前田昌彦

1. まえがき 従来から地中壁による波動遮断工が研究されているが、これとは別に波動伝播経路に媒質に比し剛な構造物が存在する場合、波動伝達特性がいかなる影響を受けるか興味を持たれる問題である。本研究は、半無限弾性地盤上に剛体帯（以下、剛体と略）が存在するとき、剛体と地盤の密度比と剛体の高さ／幅比が剛体の応答および周辺地表面の振動に及ぼす影響について調べたものである。

2. 解析手法 図-1に示す座標系において、正弦波外力 $Pe^{i\omega t}$ により発生する波動が半無限弾性地盤上の剛体に入射する場合を考える。剛体の振動に対する定式は Oien¹⁾ の手法に準拠して行う。

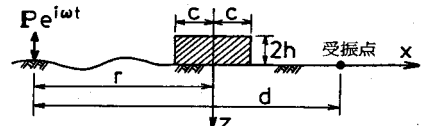


図-1 解析モデルと座標系

剛体と地盤の接触面 ($|x| \leq C$) とその他の地盤表面

($|x| > C$) で外力点を除く部分に対する境界条件は次式のように与えられる。

$$u^{(i)}(x, 0) + u^{(s)}(x, 0) = W^R(x) \quad (|x| \leq C), \quad \tau_{zz}^{(s)}(x, 0) = \tau_{zx}^{(s)}(x, 0) = 0 \quad (|x| > C) \quad (1)$$

ここで、 $u^{(i)}$ は剛体が存在しないときの変位ベクトル、 $u^{(s)}$ は散乱波による変位ベクトル、 W^R は剛体の変位ベクトルである。いま、剛体の重心点の水平変位を U 、鉛直変位を V 、回転角を Ψ とすれば、剛体の運動方程式は次式で表わされる。

$$m\omega^2(U + h\Psi) = Q^{(s)}, \quad m\omega^2 V = P^{(s)}, \quad I\omega^2 \Psi = M^{(s)} - hQ^{(s)} \quad (2)$$

ここで、 m, I は剛体の質量と重心回りの回転質量、 ω は加振円振数である。また、 $Q^{(s)}, P^{(s)}, M^{(s)}$ は剛体底面 ($|x| \leq C$) の接触圧 $\tau_{zx}^{(s)}(x, 0), \tau_{zz}^{(s)}(x, 0)$ の合力および合モーメントである。つぎに、散乱波による変位ベクトル $u^{(s)}(x, 0)$ を Thau²⁾ の提案に基づいて、 $u^{(s)}(x, 0) = u^{(b)}(x, 0) + u^{(r)}(x, 0)$ ($|x| \leq C$) の2つの変位ベクトルに分ける。ただし、 $u^{(b)}(x, 0) = -u^{(i)}(x, 0)$ 、 $u^{(r)}(x, 0) = W^R(x)$ で、 $u^{(b)}(x, 0)$ は剛体を不動と仮定したときの変位ベクトルである。また、 $u^{(s)}(x, 0)$ を2つに分解したことに伴い、式(2)の $Q^{(s)}, P^{(s)}, M^{(s)}$ を分解すると次式のように表わされる。

$$Q^{(s)} = Q^{(b)} + UQ^{HH} + \Psi Q^{HM}, \quad P^{(s)} = P^{(b)} + VP^{VV}, \quad M^{(s)} = M^{(b)} + UM^{HM} + \Psi M^{MM} \quad (3)$$

ただし、 $Q^{(b)}, P^{(b)}, M^{(b)}$ は剛体と地盤の接触面 ($|x| \leq C$) の変位を $u^{(b)}(x, 0) = -u^{(i)}(x, 0)$ とする混合境界値問題を解いて得られる接触圧の合力および合モーメントである。また、 Q^{HH}, M^{MM} は水平振動に対する地盤の水平、回転複素剛性、 P^{VV} は鉛直振動に対する鉛直複素剛性、 Q^{HM}, M^{MM} は回転振動に対する水平、回転複素剛性で、それぞれ混合境界値問題を解いて得られる。これより、式(3)を式(2)に代入すれば、剛体の運動変位 U, V, Ψ が求められることになる。さらに、図-1に示す受振点の変位は $u(x, 0) = u^{(i)}(x, 0) + u^{(s)}(x, 0)$ として得られる。なお、 $u^{(s)}(x, 0)$ は、 $|x| \leq C$ において、式(3)の合力および合モーメントを与える圧力分布を境界条件とする応力境界値問題の解として与えられる。

Yamatoshi KITAMURA, Masahiko MAEDA

3. 計算結果 剛体の複素剛性の計算に際しては、剛体と地盤の接触面を適当な個数に分割して、Green関数の離散化手法を用いた。数値計算における諸元は地盤のポアソン比を $1/3$ ，加振点から剛体中央までの距離を $r/c = 3$ とした。

図-2は剛体の高さ/幅比を一定 ($h/c = 1.0$) とし、剛体密度 ρ_0 と地盤密度 ρ の比 ρ_0/ρ が剛体の応答に及ぼす影響を調べたものである。

なお、同図の横軸 a_0 は無

次元周波数 $\omega c/v_s$ (v_s は地盤の横波速度) を意味する。同図より、低周波数部分を除いて、 ρ_0/ρ が大きくなる、すなわち剛体の質量が増すほど各変位は小さくなる傾向にある。

つぎに、図-3は、加振源からの距離が $d/c = 5 \sim 10$ なる点の鉛直変位の周波数応答が振源距離によって変化する様子を示したものである。なお、同図は剛体が

存在しないととき(自由表面のみのとき)の変位で除した変位倍率の周波数応答である。同図より、 d/c が小さい範囲(受振点が剛体に近い場合)では、 ρ_0/ρ の影響が低周波数部分において現われている。また、 d/c が大きくなると、全体的に ρ_0/ρ の影響は少なくなる傾向にある。一方、ここには図示していない振源距離による水平変位の周波数応答の変化においては、鉛直変位の場合と同様に低周波数部分で ρ_0/ρ の影響が現われているが、 d/c が大きくなってもその影響は残る傾向にある。この結果も含め、紙面の都合上省略した h/c (高さ/幅比) の変化に対する結果と考察については講演時に議る。

文献 1) Oien, M.A.: J. Appl. Mech., Vol. 38, Trans. ASME, pp. 328~334, 1971.

2) Thau, S.A.: J. Appl. Mech., Vol. 34, Trans. ASME, pp. 509~511, 1967.

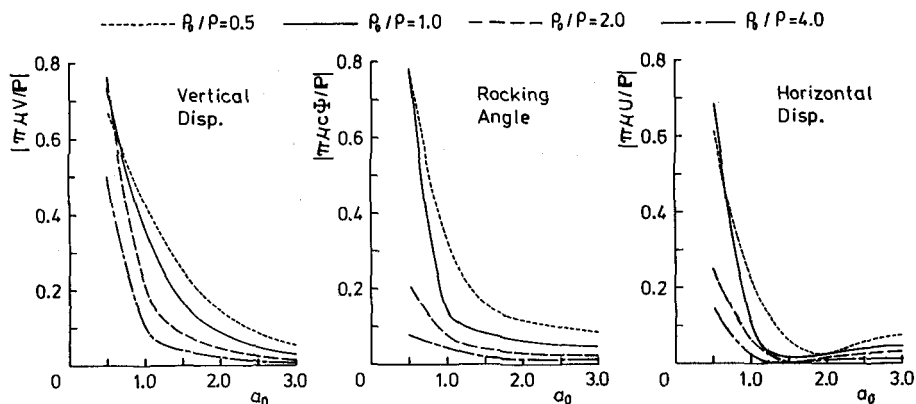


図-2 剛体の応答に及ぼす剛体と地盤の密度比の影響 ($h/c = 1.0$)

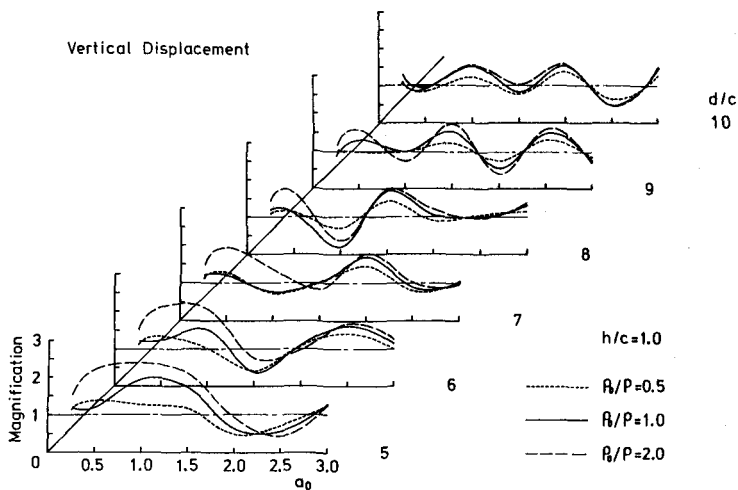


図-3 振源距離による受振点の周波数応答の変化