

地震時における盛土と地盤の相互作用

京都大学大学院 ○ 学生員 渡辺博志  
 京都大学防災研究所 正会員 砂坂善雄  
 京都大学防災研究所 正会員 佐藤忠信  
 京都大学防災研究所 正会員 土岐憲三

1. 予えがき 鉄道盛土、道路盛土、河川堤防などは、軟弱な地盤上に築造されることが多く、過去地震により被害を受けた例は数多い。このため、土構造物についても耐震性を考慮した設計が必要となる。土構造物の地震時挙動は、その盛土を支える地盤の性質によって大きく左右されるものであるから、耐震性を論ずるには、当然盛土と地盤の動的相互作用を考慮しなければならない。本研究では、動的相互作用を考慮した解析法を用い盛土-地盤系の震動特性・地盤内せん断応力を求め、それらの結果より動的相互作用について考察する。

2. 解析手法 本研究で用いた解析手法の特徴は次のとおりである。すなわち、地盤を伝播する波のエネルギーは無遠方あるいは基盤面から地下へと消散してゆく。このことを考慮するために、地盤は水平に堆積した成層地盤とし、その挙動は重複反射法を用いて表現した。一方、土構造物は複雑な境界を有するので有限要素法でモデル化した。そして土構造物と地盤の境界面での変位・応力の連続条件により、2つのサブシステムを結合する一種のサブストラクチャー法を用いた。そのため、地盤の任意の点の応力が求まる。ただし、変位としては水平方向のみを考慮した。

3. 盛土-地盤系の震動特性 図-1の盛土-地盤系において、表層のせん断波速度  $V_{s1}$  を変化させ、盛土先端中央の周波数伝達関数などのように変化するかを調べた。この系で、単位体積重量を  $1.8 \text{ ton/m}^3$ 、ポアソン比  $0.3$ 、減衰定数  $5\%$  とし、表層と基盤のインピーダンス比  $\alpha_1 = \rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2} = 0.5$  に固定した。図-2のプロットは表層のせん断波速度と共振振動数の関係である。なお、図中に実線で示したのは盛土および地盤の固有振動数である。図-2より表層のせん断波速度  $V_{s1}$  が大きいと、地盤は剛体に近づき共振振動数は盛土の固有振動数に漸近してゆく。ところが  $V_{s1}$  が小さくなってゆくと共振振動数はしだいに小さくなり、地盤の固有振動数に近い値となる。図-3は共振時の応答倍率と表層のせん断波速度の関係である。ここで地盤モデルについては、図-1において、 $H = 10 \text{ m}$ ;  $\alpha_1 = 0.5$ ,  $H = 15 \text{ m}$ ;  $\alpha_1 = 0.5$ ,  $H = 15 \text{ m}$ ;  $\alpha_1 = 0.33$  と3ケース設定し、同

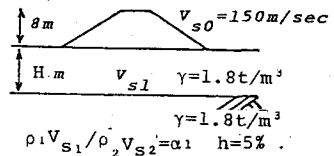


図-1 盛土地盤系モデル

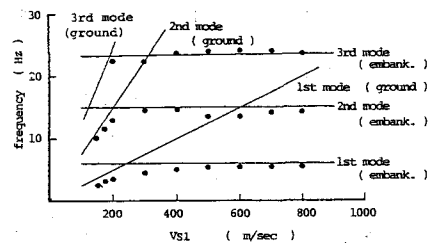


図-2 表層せん断波速度と共振振動数

様の計算を行った。図-3より $V_{s1}$ を小さい小さくしてゆくと(すなわち盛土と表層のインピーダンス比を大きくすると)共振時の応答倍率は小さくなる事がわかる。これは地下逸散減衰の交差効果である。もし地盤が剛体なら盛土に入力された波動エネルギーは地盤に逸散せず盛土にたくわえられる。ところが地盤が剛体でなく、盛土と地盤のインピーダンス比が大きい場合では地盤と盛土の相互作用の影響が大きくなり、盛土内の波動エネルギーは地下へ逸散し応答倍率は小さくなる。また表層厚が同じ場合、表層と基礎のインピーダンス比 $\alpha_1$ が大きいほど共振時応答倍率は小さくなる事がわかる。一方表層と基礎のインピーダンス比 $\alpha_1$ が同じ場合、表層厚が10mと15mでは、共振時の応答倍率の大小関係は表層のせん断波速度によって変わる。これは、表層厚が変わると、表層のせん断波速度と共振振動数の関係が大きく変わってくるからである。

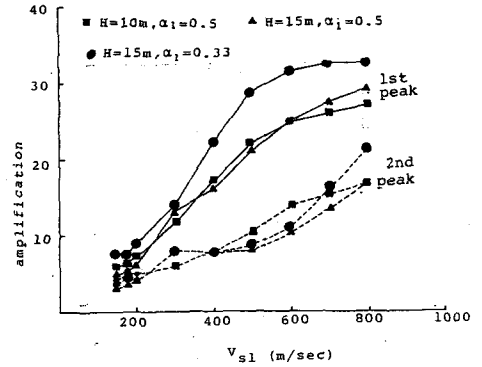


図-3 表層のせん断波速度と共振時応答倍率

4. 震動時の地盤内応力 盛土-地盤系が地震力を受けて破壊する場合、盛土自身が破壊することは少なく、盛土を支えている地盤の破壊によって引き起こされるのがほとんどである。従って盛土-地盤系の破壊を論ずるには法尻付近の応力を求める必要がある。ここでは、盛土と地盤の接触面に生じる応力を単純化することにより地盤の性質と地盤内応力分布の関連について調べた。

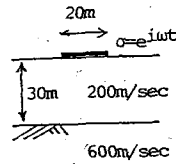


図-4(a) 地盤モデル

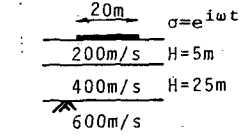


図-5(a) 地盤モデル

図-4(a)・図-5(a)に示した地盤の地表面に幅20mの一樣振幅のせん断応力を加振した時の地盤内せん断応力分布を求めた。その結果が図-4(b)(c)・図-5(b)(c)である。これからわかるように、地盤内水平せん断応力は加振する際の振動数に大きく依存する。また、地盤の層構成を変えるとせん断応力分布が異なる事がわかる。

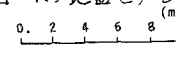


図-4(b) せん断応力分布 (1Hz)

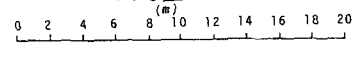


図-5(b) せん断応力分布 (1Hz)

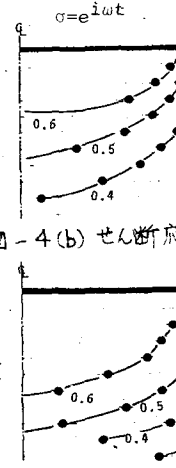


図-4(c) せん断応力分布 (5Hz)

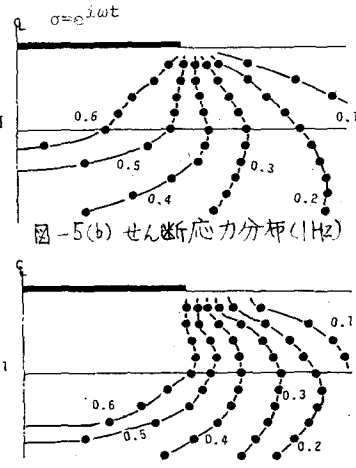


図-5(c) せん断応力分布 (5Hz)