

不整形地盤の地震応答解析

(株)複合技術研究所 正会員 浦川智行, 堀井克己
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝, 小島謙一
 " 正会員 貝瀬弘樹

1. はじめに

盛土構造物の過去の被害は地盤構造に密接に関連し、その地震被害の多くは地形、地質的不整形性地盤に起因することが指摘されている。鉄道における耐震基準¹⁾では、不整形地盤の影響は地盤構造が複雑な場合2次元あるいは3次元動的解析を行って、不整形性地盤の影響を考慮するとしている。そこで、盛土の耐震性能評価の一環として、特に弱点箇所になる不整形地盤上盛土の耐震性評価の確立に不可欠な地震応答解析を行い、基盤傾斜角の影響、表層地盤の剛性率及び減衰係数の歪み依存性の影響を検討した。

2. 解析概要

解析モデル形状は、基盤傾斜 0° から 30° まで 5° 毎の計7ケースについて、最大表層地盤厚を20mとした形状を設定し、基盤までの深さ(H)が6m, 10m, 20mの地点での応答値についてまとめた(図-1参照)。地盤の諸定数を表-1に示す。表層地盤の剛性率と減衰係数は、深度方向に一樣で歪み依存性を考慮しない場合と考慮した場合について計算を行った。剛性率及び減衰係数の歪み依存性を考慮する方法は等価線形化法を適用した。剛性率及び減衰係数の歪み依存性曲線($G \sim \gamma$, $h \sim \gamma$ 曲線)は、港湾基準²⁾の標準曲線を使用した(図-2参照)。また、境界条件は、底面を粘性境界、側面を伝達境界とし、入力地震動は、鉄道における耐震基準の基盤地震動波形を用いた(図-3参照)。

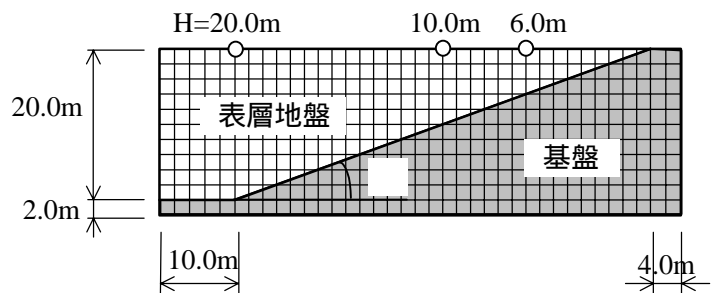


図-1 解析モデル形状

表-1 解析モデル地盤の諸定数

| (a) 歪み依存性を考慮しない場合 | | | | | |
|-------------------|------------------------|----------|-------------------------------------|------------------|-----|
| | t (kN/m ³) | Vs (m/s) | G (kN/m ²) | h | |
| 表層地盤 | 18 | 100 | 18,000 | 0.10 | 0.3 |
| 基盤 | 20 | 400 | 327,000 | 0.01 | 0.3 |
| (b) 歪み依存性を考慮した場合 | | | | | |
| | t (kN/m ³) | Vs (m/s) | G ₀ (kN/m ²) | h _{max} | |
| 表層地盤 | 18 | 100 | 18,000 | 0.25 | 0.3 |
| 基盤 | 20 | 400 | 327,000 | 0.01 | 0.3 |

3. 解析結果

図-4に地表面最大応答加速度と基盤傾斜角の関係を示す。歪み依存性を考慮しない場合、入力加速度749galに対して地表面最大応答加速度は800~1300galの間に分布し、入力加速度を下回ることがない。

また、基盤までの深さが深いほど地表面での最大応答加速度(G_{max})が大きく、基盤傾斜角(θ)に対する変化は $\theta = 5 \sim 10^\circ$ をピークとして G_{max} が大きくなるにつれ低下する傾向が見られる。計算に使用した入力加速度は大きな地震動であるのでこのような大きな応答が発生すれば地盤内のせん断歪みも大きくなり、それに伴いGの低下hの増大という歪み依存性の現象が発生するので、この応答加速度は実際より過大な加速度を与えていると考えられる。

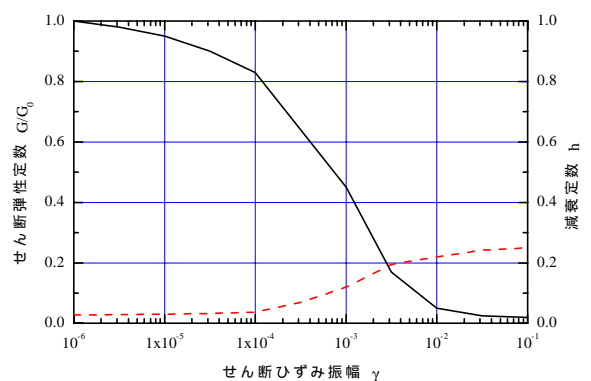


図-2 歪み依存性曲線

キーワード：不整形地盤，地震応答解析

連絡先：〒107-0052 東京都港区赤坂 2-15-16 TEL 03-3582-3373 FAX 03-3582-3509

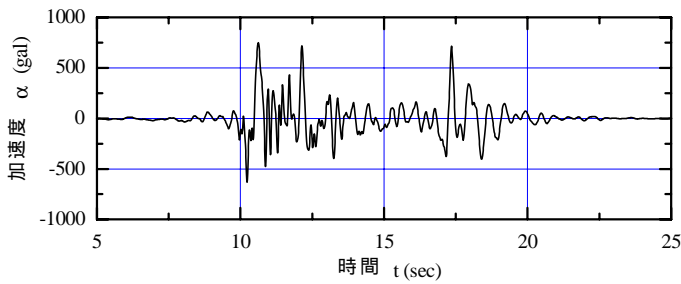


図-3 基盤地震動波形

歪み依存性を考慮した場合、基盤までの深さが深いほど地表面最大応答加速度は小さくなり、減衰の効果が効いて入力地震動の最大加速度を超えない結果になっている。これは、入力地震動のレベルが大きいために発生する歪みのレベルが大きくなり、これに伴って減衰が大きくなったものである。また、基盤までの深さが深くなるほどせん断応力が大きくなるので、深部地盤に歪みが集中して歪みレベルが大きくなり、Gが低下し結果として地震波の上方への伝播が少なくなるという軟弱な地盤の挙動を示している。基盤傾斜角に対する変化を見ると、H=6mでは $\theta = 10^\circ$ までは α_{max} が増加傾向にあり、それより θ が大きくなると減少する。その他の深さについても同様の傾向であるが、H=10mでは 20° 、H=20mでは 25° でそれぞれピーク

となっている。

図-5に基盤傾斜角 20° の場合の最大応答加速度分布図を示す。最大応答加速度の分布は、基盤傾斜角の変化に関わらず概ね同様の分布を示す。

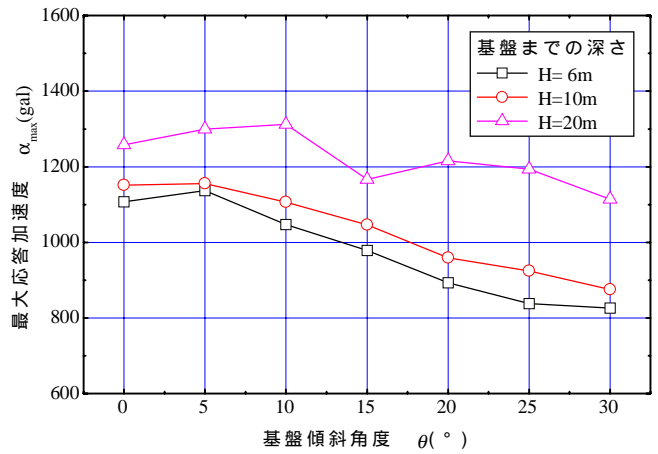
歪み依存性を考慮しない場合は基盤に近いところから浅くなるにしたがって表層地盤内で増幅する傾向にある。それに対して歪み依存性を考慮する場合は、基盤に近い範囲では浅くなるにしたがい減衰が大きく、地表面より深さ4~6m以浅で逆に増幅する傾向となる。これは、解析モデル右側の基盤の影響によるものと考えられる。

4. おわりに

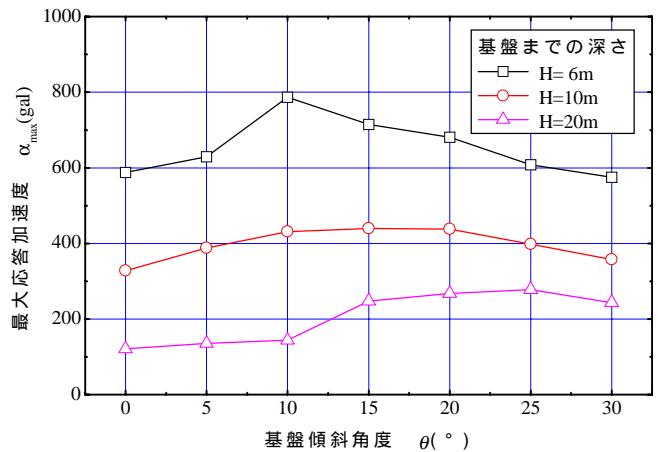
今回の解析により、歪み依存性を考慮しない場合と考慮した場合で大きく結果が変わることがわかった。今後は、不整形性の要因である基盤の形状、基盤構造、表層地盤特性及びその分布、地震波の入射角、入力地震波等を考慮した検討や、動的弾塑性解析を用いた検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 丸善, 平成11年10月
- 2) 港湾施設の技術上の基準・同解説(上巻), 日本港湾協会

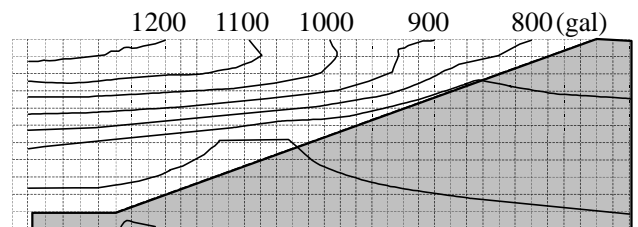


(a) 歪み依存性を考慮しない場合

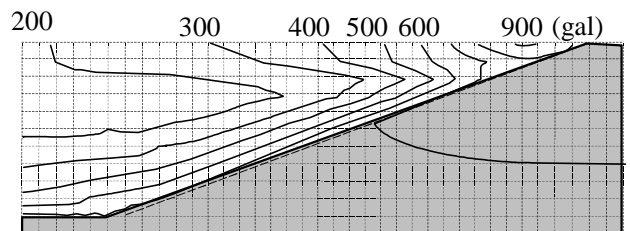


(b) 歪み依存性を考慮した場合

図-4 地表面最大応答加速度と基盤傾斜角の関係



(a) 歪み依存性を考慮しない場合



(b) 歪み依存性を考慮した場合

図-5 最大応答加速度分布 ($\theta = 20^\circ$)