

## III-302

## 盛土の地震応答特性と地震波形との関係について

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 那須 誠  
 J R 東日本東京工事事務所 正会員 藤沢 一  
 J R 東海建設工事事務所 正会員 竹森重英  
 中央開発株式会社 正会員 ○鍛冶義和

## 1. はじめに

地震時の盛土の被害は、地盤と盛土の変形・強度特性に加え、地震動の大きさ・振動数特性、さらに、基盤の形状等に影響されることが指摘されている。これらの諸影響因子のうち地震動の波形の違いによる盛土の地震応答の差を検討する目的で、数種類の地震波を入力地震動に使用し、各地震波に対する盛土の地震応答特性を2次元地震応答解析によりケーススタディーしたので、ここに発表する。

## 2. 解析地点

地震応答解析により各種土木構造物の地震応答を求める場合に最も問題になる事項の一つとして、解析に用いる材料物性の評価が挙げられる。一般には、土質調査・試験で求めた材料物性が用いられるが、これに加え、現地地震観測記録が得られている場合には、その観測記録に基づいて解析モデルや材料物性等の妥当性を検証した上で、各ケーススタディーを行うことが望まれる。このような観点から、土質調査・試験が実施され、かつ地震観測が行われている東海道新幹線・新横浜～小田原間71K060Mの軟弱地盤上の盛土を解析対象に選定し、この盛土に対して地震波形を数種類変えたケーススタディーにより、盛土の地震応答特性と地震波形の関係を検討した。なお、この地点ではシートパイル締切り工法で耐震対策工法を施した区間と無対策区間が隣接しており、基盤および両区間の盛土内で地震計が埋設され地震観測が行われている。

## 3. 解析条件

地震応答解析には、複素応答解析プログラム FLUSH を使用し、解析モデルは図1に示した地盤および盛土構造を有限要素化し、各材料物性として表1に示した値を用いた。図1に示したように解析対象盛土は、層厚約8mの軟弱地盤（N値 1～8）

上の高さ約11mの盛土であり、対策区間ではシートパイル締切り工が施工されている。解析上の地震基盤は、地震計の埋設されている深度32mの洪積細砂層とした。

また、ケーススタディーに用いた入力地震波形は、短周期型として1978伊豆大島近海地震（M=7.0）の際に新菊川変電所で観測された波形（新菊川波）を、長周期型として1968十勝沖地震（M=8.0）により八戸港で観測された

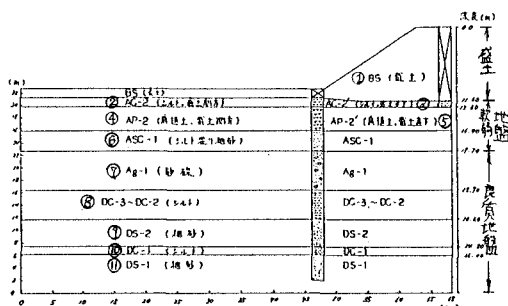


図1 土質モデル断面図

表1 地盤物性一覧表

| 地層 | $\gamma_s$<br>( $\text{t/m}^3$ ) | $\nu_s$ | $G_s$<br>( $\text{t/m}^2$ ) | $h$<br>(%) | 物性<br>番号 |
|----|----------------------------------|---------|-----------------------------|------------|----------|
| ①  | 1.8                              | 0.413   | 3800                        | 5.0        | I        |
| ②  | 1.4                              | 0.491   | 1900                        | 5.0        | II       |
| ③  | 1.4                              | 0.491   | 2000                        | 5.0        | II       |
| ④  | 1.2                              | 0.491   | 1700                        | 5.0        | II       |
| ⑤  | 1.2                              | 0.491   | 3100                        | 5.0        | II       |
| ⑥  | 1.7                              | 0.492   | 2000                        | 6.0        | III      |
| ⑦  | 1.9                              | 0.491   | 7800                        | 2.2        | IV       |
| ⑧  | 1.5                              | 0.491   | 6100                        | 1.0        | V        |
| ⑨  | 1.8                              | 0.485   | 11500                       | 1.2        | VI       |
| ⑩  | 1.8                              | 0.485   | 9600                        | 1.0        | V        |
| ⑪  | 1.8                              | 0.485   | 11500                       | 1.2        | VI       |

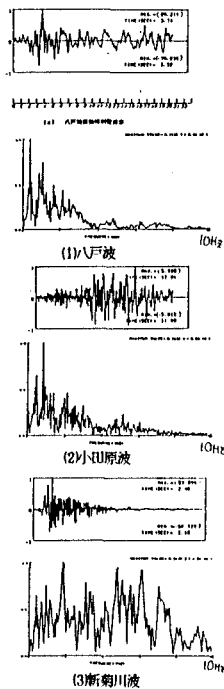


図2 入力地震波形

波形（八戸波）を、さらに、その中間型として1980伊豆半島東方沖地震(M=6.7)時に解析対象地点で観測された波形（小田原波）を使用した。各地震波形の時刻歴波形とフーリエスペクトルを図2に示した。入力最大加速度は、解析地点の現地観測記録のうち盛土に直角方向の水平成分の最大値が33 galであったことから、各ケースとも30galとした。

#### 4. 解析結果

##### (1)観測地震動と解析結果の比較（解析モデルの検証）

現地での観測地震動（基盤33gal, 盛土内96gal）と小田原波を用いた入力加速度30galの解析結果を比較して図3に示した。観測点が2点であるため最大応答加速度の深度に対する分布は分からないものの、盛土内での値はほぼ一致していること、また、盛土内の地震動の卓越振動数もほぼ一致した値を示したことから、解析モデルと材料物性の妥当性が確認された。

##### (2)地震波形の違いによる盛土の地震応答特性の差

図4(1)～(3)に各入力地震波に対する地盤および盛土での最大応答加速度分布を、図5には盛土中央断面における最大応答加速度の深度方向分布を、さらに、図6には盛土、軟弱地盤、良質地盤の有効ひずみの平均値を示した。最大応答加速度分布（図4）をみると、入力地震動が長周期型になるに従って盛土部での最大応答加速度が増大する傾向が顕著にみられる。図5をみると、各入力地震波毎に深度方向分布に差異がみられ、長周期型に対しては原地盤から増幅を始め、盛土部においてもさらに増幅している。盛土の天端付近で増幅度が低下しているのはひずみの増大によるものと思われる。また、地震波形と有効せん断ひずみの関係をもて同様に、盛土、軟弱地盤、良質地盤のそれぞれで、入力地震波が長周期型に移行するに従いせん断ひずみも増大している（図6）。

図4(1)～(3)に各入力地震波に対する地盤および盛土での最大応答加速度分布を、図5には盛土中央断面における最大応答加速度の深度方向分布を、さらに、図6には盛土、軟弱地盤、良質地盤の有効ひずみの平均値を示した。最大応答加速度分布（図4）をみると、入力地震動が長周期型になるに従って盛土部での最大応答加速度が増大する傾向が顕著にみられる。図5をみると、各入力地震波毎に深度方向分布に差異がみられ、長周期型に対しては原地盤から増幅を始め、盛土部においてもさらに増幅している。盛土の天端付近で増幅度が低下しているのはひずみの増大によるものと思われる。また、地震波形と有効せん断ひずみの関係をもて同様に、盛土、軟弱地盤、良質地盤のそれぞれで、入力地震波が長周期型に移行するに従いせん断ひずみも増大している（図6）。

#### 5. まとめ

以上のように、軟弱地盤上の盛土に対して、入力地震波形の違いによる盛土の地震応答特性の差が顕著にみられ、本解析では長周期型の地震動に対して盛土における加速度、せん断ひずみともに大きな応答を示した。

なお、本解析に当たっては、旧国鉄本社施設局土木課の方々に御世話になりましたので、ここに感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 宮口、那須、他：軟弱地盤上の盛土の地震時挙動観測、第17回土質工学研究発表会
- 2) (社) 鉄道施設協会編：鉄道土木構造物耐震強化の研究報告書、1979.3

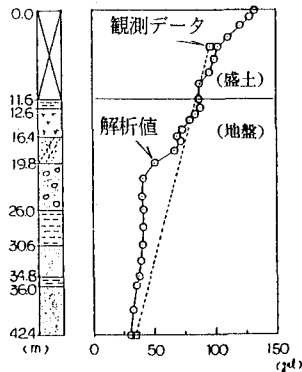


図3 観測加速度と解析加速度の比較図

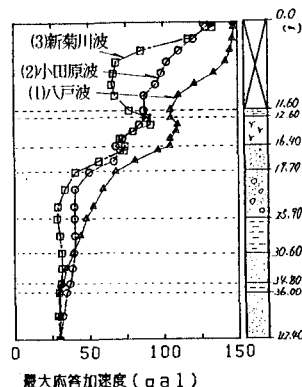


図5 地震波形別にみた最大応答加速度の深度分布（盛土天端中央断面）

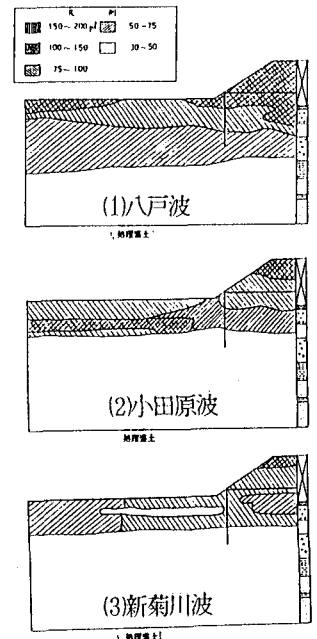


図4 最大応答加速度分布

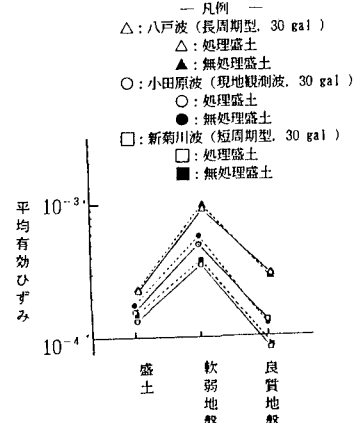


図6 有効せん断ひずみ