

Ⅲ - A 195

砂質土盛土の地震に伴う永久変形解析

中央開発株式会社 正会員○西原 聡
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 筑摩 栄
 鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝
 東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一
 東京大学工学部 正会員 龍岡文夫

1. はじめに

阪神大震災では、鉄道構造物に多大な被害が発生した。このため、大規模地震動によってひきおこされる盛土の永久変形量の推定と対策が必要になっている。そこで、筆者らは円弧すべり面法による安定解析¹⁾、Newmark 法による滑動量予測^{2),3)}、累積歪を考慮した簡易沈下予測⁴⁾などの検討を行った。しかし、それらの方法は、盛土の地震応答の増幅や場所による劣化の違いが考慮されていないので、永久変形解析を実施し整合性を確認することにした。ここでは、解析方法の概要と無対策盛土の結果について報告する。

2. 解析方法

永久変形解析法は、本四連絡橋の明石海峡大橋の検討に使用された手法⁶⁾を適用した。図-1に解析の流れを示す。解析手順は以下のとおりである。

- ① FEM 弾性解析により盛土・地盤の初期応力を推定する。
- ② 動的応答計算により地震時せん断応力を算定する。なお、動的応答計算は、盛土および地盤の剛性率減衰定数の歪依存性を考慮して等価線形化法を用いた。
- ③ 盛土材の累積歪特性を用いて、盛土の要素ごとに累積歪を算定し、劣化後のせん断弾性係数を次式より算定した。

$$\Delta \gamma = \tau (1/G_1 - 1/G_0)$$
 ここに、 τ ：初期せん断応力、 G_1 ：初期せん断剛性率、 G_0 ：劣化後のせん断剛性率である。なお、累積歪の計算法は文献5)によった。
- ④ FEM 弾性解析により劣化後の剛性率を用いて自重解析を行い変形量を求めた。
- ⑤ ④の変位量から①の変位量を差し引いて永久変形量とした。

3. 解析対象と解析条件

図-2に解析モデルを示す。盛土高は7mで天端幅は10.7m、盛土のり面勾配は1:1.5の標準勾配である。盛土断面は、サウンディング結果より、表層と内部層に区分した。基礎地盤は厚さ10mに設定した。解析に使用した物性値を表-1に示す。盛土の累積歪特性は、繰返し三軸試験の結果を定式化した関係^{4),5)}を使用した。地震応答計算の境界条件は、水平地盤の側方は伝達境界、底面は粘性境界とした。なお、盛土は全断面

と半断面で比較した結果、有意な差が見られなかったため、以降の計算は半断面とした。入力加速度波形は、兵庫県南部地震で観測されたJMA神戸波形（水平NS成分、最大加速度818gal）を使用した。ただし、地盤面での最大加速度が約700galになるように基盤加速度を設定した。解析に使用した盛土のG、h $\sim$ γ 関係は試験値を若干調整して用いた（図-3参照）。

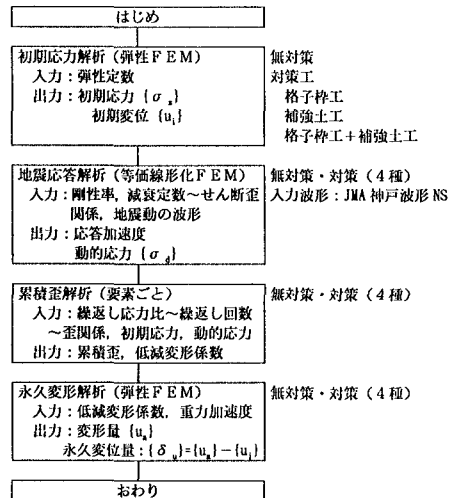


図-1 地震時永久変形解析の流れ図

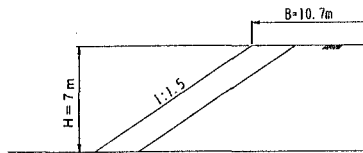


図-2 解析モデル

表-1 解析に用いた物性値

材料区分	記号	γ_t tf/m ³	E tf/m ²	ν	G_0 tf/m ²	ν_d	hmax %
盛土表層	B 1	1.7	1,300	0.333	2,750	0.172	24.0
盛土内部層	B 2	1.8	1,800	0.3	3,500	0.258	21.6
基礎地盤	F	1.8	3,800	0.3	7,350	0.3	10.0

キーワード：動的解析 盛土 有限要素法 地震時残留沈下量
 〒169 東京都新宿区西早稲田3-13-5 TEL 03-3208-5251 FAX 03-3208-3572

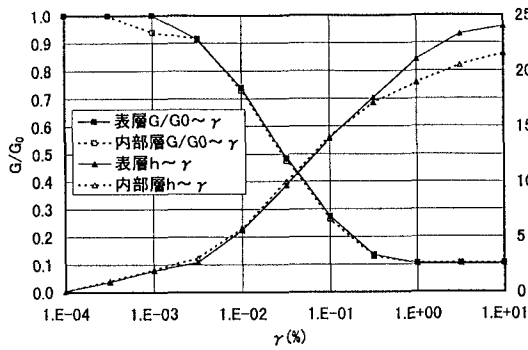


図-3 解析に用いた G 、 $h \sim \gamma$ 曲線

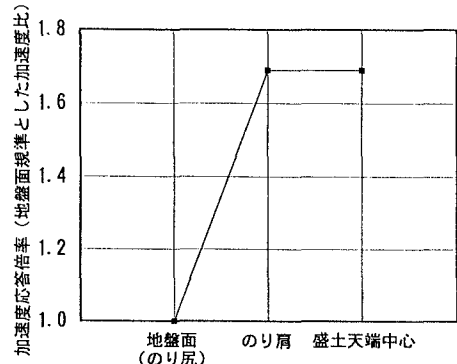


図-5 水平加速度の応答倍率

4. 解析結果と考察

図-4 に解析断面内の水平最大加速度分布図を示す。地震応答は高さとともに増幅し、盛土内で大きく増幅し、盛土天端で1 Gを超える加速度が発生している。図-5 に、地盤面（盛土のり床）に対する盛土内の加速度の応答倍率を示す。天端で約 1.7 倍も増幅しており、盛土内で著しく増幅している。図-6 に動的最大せん断応力の分布を、図-7 に残留変形モードを示す。地震後の残留変形図より、盛土天端が一様に沈下し、最大沈下量は約 53cm である。なお、変形係数が劣化後の永久変形解析において、盛土内の劣化が大きい領域付近に引張応力が作用したため、暫定的に当該要素の変形係数を初期変形係数の 1/100 に低下させて解析を行った。低下の程度は、低下後の盛土の引張応力の合計が最も小さくなるように設定した。ただし、このような引張要素の扱いは今後の課題である。

5. おわりに

砂質土盛土の地震応答の増幅、繰返し载荷に伴う盛土の劣化を考慮した永久変形解析を実施し、地震による盛土の残留沈下量を推定した。盛土内での地震動の増幅が大きいこと、盛土の残留変形形態は天端で一様な沈下を示す結果が得られた。今後、模型実験における挙動との比較により、永久変形解析法の推定法の妥当性を検証する予定である。

<参考文献>

- 1) 館山・筑摩・堀井・古関・龍岡：円弧すべり法による鉄道盛土の地震時安定計算，第 32 回地盤工学研究発表会，1997.7
- 2) 堀井・館山・内田・古関・龍岡：ニューマーク法による鉄道盛土の地震時滑動変位予測，第 32 回地盤工学研究発表会，1997.7
- 3) 小久保・館山・堀井・古関・龍岡：ニューマーク法による鉄道盛土防護工の地震時変形性評価，第 32 回地盤工学研究発表会，1997.7
- 4) 平野・蔭・館山・筑摩・龍岡：砂質土盛土材の変形特性・累積歪特性，第 52 回土木学会年次学術講演会，1997.9
- 5) 堀井・館山・小島・古関：砂質土盛土の地震による残留沈下予測，第 52 回土木学会年次学術講演会，1997.9
- 6) 山田・真鍋・龍岡：大型橋梁基礎の地震時変位予測，第 25 回土質工学研究発表会，1990.6

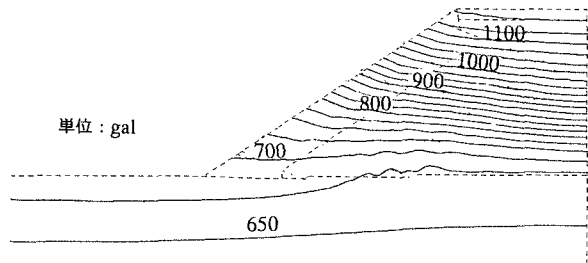


図-4 最大水平加速度分布図

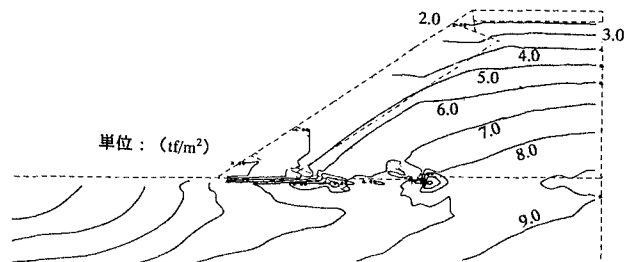


図-6 動的最大せん断応力分布図

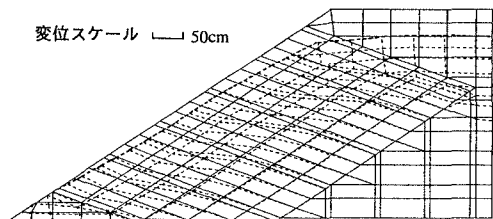


図-7 地震後の残留変位図