

耐震性橋台に関する累積損傷度法による地震時変形解析

日本鉄道建設公団	正会員	○青木一二三	米澤 豊司
鉄道総合技術研究所	正会員	館山 勝	小島 謙一
中央開発株式会社	正会員	西原 聡	氏原 剛

1. はじめに

橋台背面盛土は大規模な地震時に沈下が生じることが多く、列車走行安定性に対して影響が大きい。そこで十分な耐震性を持つ構造とするために、これまで一連の模型振動実験及びその検証解析を行ってきた。本報告では文献 1) で示した結果を用いて、背面盛土の地震後の残留変形量を求めた結果について述べる。

2. 検討概要

二次元有限要素法(FEM)の等価線形化法による解析では、加振中の動的応答は求められるが、残留変形については求めることができない。したがって今回は文献 2) の方法に基づき、土の動的せん断応力の履歴から、累積損傷度理論を用いて累積せん断歪ならびに地震後の低下した地盤剛性を算定し自重による沈下量を求めた。そして今回の一連の検討の中で耐震性橋台としての機能が優位なものについて評価した。図-1 に解析全体の流れを示す。

3. 裏込材の累積変形特性

裏込材は、豊浦砂・粒調砕石・セメント安定処理土に分類されるが、文献 3) で求めた砂質土の初期せん断応力を考慮した繰返し三軸試験結果を適用した。この結果である累積歪特性は文献 4) において下記に示すように定式化された。図-2 に $SR_d \sim N$ の歪毎の近似曲線を示す。

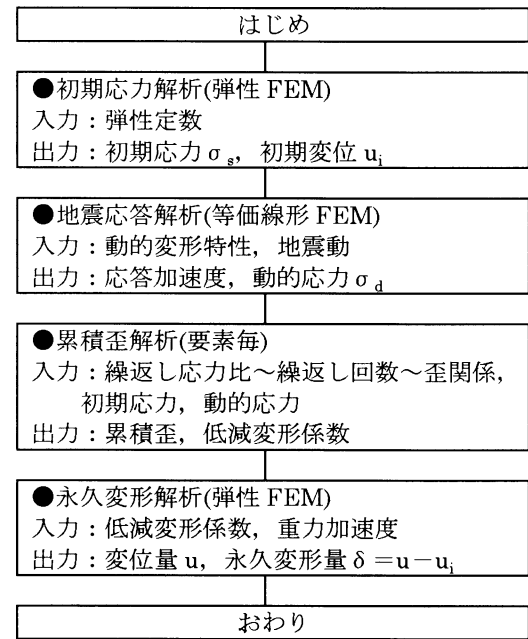


図-1 解析の流れ

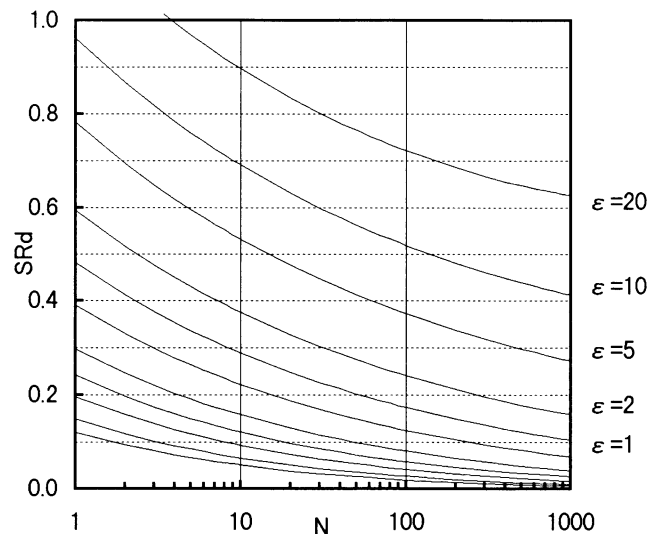
$$SR_d = B \cdot \varepsilon^A, \quad A = 0.3 \cdot N^{0.1},$$

$$B = 0.7 \cdot (1 - 2.86 \cdot SR_s^{3.2}) \cdot N^{-0.222}$$

$$SR_s = \tau_s / \sigma_m, \quad SR_d = \tau_d / \sigma_m$$

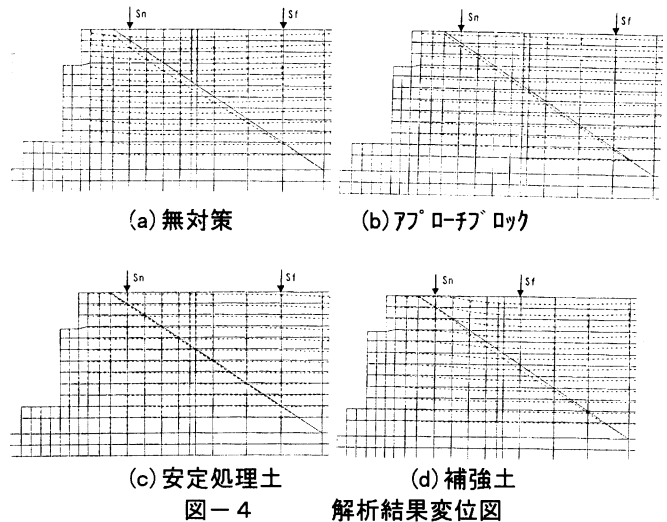
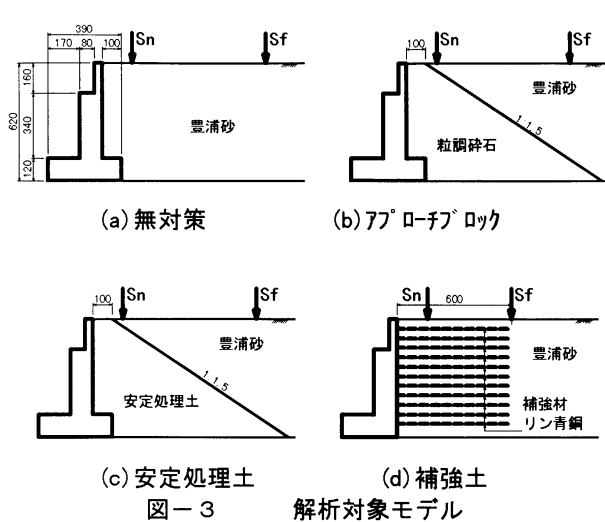
ここに、 SR_s ：初期せん断応力比， SR_d ：動的せん断応力比， ε ：累積軸歪(%)， N ：繰返し回数， σ_m ：平均主応力

この関係を用いて、 SR_d の時刻歴から繰返し回数 N を求めれば累積歪が求められる。この手順で、モデル要素全ての残留歪に対応した低減後の変形係数を求め、それを受け継いだ自重解析(線形弾性)によって地震時残留変形量を算出した。

図-2 累積変形特性 ($SR_s=0.5$ の場合)

キーワード：模型実験，有限要素法，累積歪特性，残留変形

連絡先 〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2 TEL03-3506-1861 FAX03-3506-1891



4. 解析結果

図-3に解析対象とした裏込構造形式の橋台モデルを示す。図-4に解析結果の変位図を示す。これより、以下のことが確認された。

- ①橋台背面の加振中における実験値 5)～8)と解析結果の沈下モードは比較的良く一致した。ただし実験では、加振終盤にすべり線が発生し、局部的に大きく沈下するのに対して、解析では連続体として計算を行っているため変位の不連続面が発生しなかった。したがって最終変形状況では変形モードが一致しなかった。
- ②橋台背面の沈下量の比較した結果、解析では、無対策>アプローチブロック>補強土>セメント安定処理の順で躯体背面の変位量が小さくなる傾向を示した。無対策と比べて他のケースは変位量が少なく、何れの対策工も地震時の橋台背面盛土の沈下防止に効果があることが解析的にも示された。
- ③橋台背面の2箇所(Sn, Sf)における残留変位量について表-1に示す。実験値と解析結果を比較すると全体的に解析値が大きくなった。

5. まとめ

耐震性橋台の一連の検討の結果、補強土及び安定処理土の有効性が確認され、実用化に向けた研究としてある程度の成果は得られたと考える。

今回の解析結果は、実測値に十分合わせる事が出来なかったが、さらに検討を加える予定である。なお、今回の解析方法については、等価線形化法による動的FEM解析の限界、橋台と地盤・盛土との接合条件などの課題などから、大地震時の終局状態を表現できない問題がある。この方法によらず、地震時の永久変形量を詳細に求める方法として、逐次非線形解析による動的弾塑性FEMが考えられるので、これによる解析も行う予定である。

<参考文献>

1)氏原・西原・青木・米澤・舘山・小島：耐震性橋台に関する等価線形化法による地震応答解析，第56回土木学会年次学術講演会，2001
2)山田・真鍋・龍岡：大型橋梁基礎の地震時変位の予測，第25回土質工学研究発表会，1990
3)平野・蔭・舘山・筑摩・龍岡：砂質土盛土材の変形特性・累積変特性，第52回土木学会年次学術講演会，1997
4)堀井・舘山・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
5)木村・青木・米澤・舘山・北川・伊藤：橋台背面盛土の地震時沈下に関する模型振動実験，第53回土木学会年次学術講演会，1998
6)青木・米澤・舘山・木村・北川・伊藤：橋台背面盛土の地震時沈下に関する模型振動実験の考察，第53回土木学会年次学術講演会，1998
7)木村・舘山・青木・米澤・古関・龍岡：補強土橋台に関する模型振動実験，第34回地盤工学研究発表会，1999
8)米澤・青木・舘山・木村・古関・龍岡：補強土橋台に関する模型振動実験の考察，第34回地盤工学研究発表会，1999

表-1 橋台背面沈下量の比較

	Sn(mm)		Sf(mm)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
無対策	12	30	5	35
アプローチブロック	0	15	2	15
安定処理土	12	8	12	10
補強土	3	5	3	30