

建設省土木研究所 正 古賀泰文 正 松尾 修 正 唐沢安秋
 (建設技術研究所) 正 吉田 靖 正 島村 浩 正 五瀬伸吾

1. まえがき

1983年日本海中部地震において被災した盛土に対して、土構造物の地震時永久変形量を計算する解析法を用いて事後解析を行った結果を報告するものである。

2. 解析対象地点の概要

本解析の対象とした地点は、青森県(A地区)および秋田県(B地区)に位置する河川堤防の各々3地点、合計6地点である。いずれの地区においても、各3地点は比較的近接しており、地層構成もほぼ同一で、A地区では下方から、洪積砂礫層(本解析上の地震基盤設定地層)―沖積粘性土層(層厚39~40m)―沖積砂質土層(50~65m)、同じくB地区では、地震基盤とした洪積砂礫層―沖積粘性土層(約30m)―沖積砂質土層(12.5~13.5m)という地層層序になっている。これら沖積砂質土地盤上に構築されている盛土堤防の高さはA、B両地区で各々40~55m、55mとなっている。被災程度は6地点で異なり、堤体天端沈下量もA地区では0~50cm、B地区では19~133cmとなっている。また、被災の生じたいずれの地点においても堤防周辺地盤上に広範囲にわたる噴砂が認められ、これより被災の主な原因は表層部に位置する沖積砂質土層の液状化にあるものと推定された。これら6地点では、地震後に一連の土質調査、室内土質試験が実施されており、本解析ではこれらの調査試験結果を有効に活用した。

3. 解析方法

本解析の流れを図-1に示す。液状化の生じていない地点で得られた地表面加速度記録を用いて、まず重複反射解析により基盤の入射加速度を算出し、これを解析対象地点の基盤に入射し各々の地点の地盤の応答加速度を求めた。つぎに、その地点の盛土を含む2次元有限要素モデルの基盤位置の応答加速度を用いて初期応力解析および動的応答解析を行い、地震時せん断応力を計算し、この結果と当該地点の不攪乱試料を用いて実施した繰返し三軸試験により得られた液状化強度特性および繰返し応力~永久ひずみ関係を用いて永久変形解析を行い、盛土および地盤の永久変形量を求めた。永久変形解析法の詳細については文献¹⁾を参照された。また以上の解析はプログラムSHAKE²⁾、およびSADAP³⁾を用いた。地表面加速度記録は、A、B両地区で各々最寄りの観測記録である津軽大橋、秋田港のものを用いた。また、上記繰返し三軸試験はA、B両地区で各々合計約60、30供試体実施されており、試験結果より解析対象6地点で各々液状化強度分布を求めた。それらは各々異なる分布を示すが一部を除いて概ね2/3前後であった。なお、B地区について上述の一連の解析を実施したところ、砂質土層の液状化および基礎地盤を含む堤体の変形は生じないという結果が得られ、これは被災の事実と大きくかけ離れている。前記の液状化強度は被災後の密度における結果であることと、この地点については液状化に伴い砂層の密度が増加した可能性もあることを考え、繰返し三軸試験で得られた液状化前後の密度変化のデータをもとに地震前の液状化強度を推定して再計算を行った。

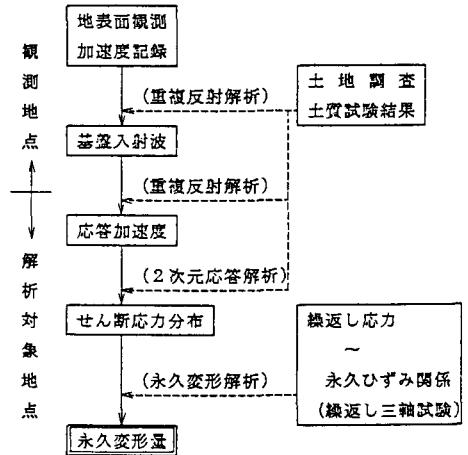


図-1 解析の流れ

4. 解析結果

表-1に重複反射解析, 2次元動的応答解析により, 得られた結果をまとめて示した。これより, A地区の地表面での最大加速度は重複反射解析, 2次元動的応答解析でそれぞれ174~184 galおよび136~190 gal, B地区で125~128 galおよび128~143 galとなっており, 各地点で得られる応答加速度の差は各土層厚の差によるものと思われる。一方, 解析手法の違いによる結果の差についてみると多少異なっているところもありこの点若干の問題が残される。

つぎに, 図-2は, B地区の2地点について, 液状化程度の著しい部分を示したものである。B3地点における液状化の著しい部分の領域はB2地点に比べて広いが, これは両地点の液状化強度分布の差に起因するものである。また, 堤体直下地盤では, 水平地盤に比べて液状化の程度が抑えられているが, これは盛土荷重の存在により地震時せん断応力比が相対的に小さくなるためである。

図-3は永久変形解析の結果を示したものである。図-2の結果に対比して変形量に差が生じていること, 砂質土地盤が側方流動を起こしていることなどがわかる。

最後に, 図-4は6地点における堤体天端沈下量について, 実測値と計算値とを対比して示したものである。図より沈下量の大小関係がある程度把握されていること, 定量的にもほぼ満足すべき結果になっていることがわかる。

5. まとめ

地震により被災した河川堤防に対して, その永久変形を求める事後解析を実施し, ある程度満足すべき結果を得た。しかし, 本解析手法の実際事例への適用に当っては, 土質定数の設定のしかたによれば, 結果が相当変動することがあり, この事に関連して感度分析的な検討も今後必要とされる。

最後に, 計算を行って頂く上で多大な御助力をいただいた伊藤良弘氏, 島津多賀夫氏に謝辞を申し上げます。
(参考文献) 1) 佐々木他; 土木技術資料, Vol.27, No.3, PP.46~51, 1985, 2) Schmabel他; Rep. No. EERC 72-12, 1972, 3) 古賀他; 土木技術資料, Vol.25, No.3, PP.33~38, 1972.

表-1 応答解析結果一覧

箇 所	基盤入射波 (gal)	地表面最大加速度 (gal)	
		(SHAKE)	(SADAP)
津軽大橋近傍	179	277	——
A 1	"	178	181~190
A 2	"	174	136~137
A 3	"	184	151~152
秋田港近傍	80	203	——
B 1	"	128	140~143
B 2	"	125	131~136
B 3	"	125	128~135

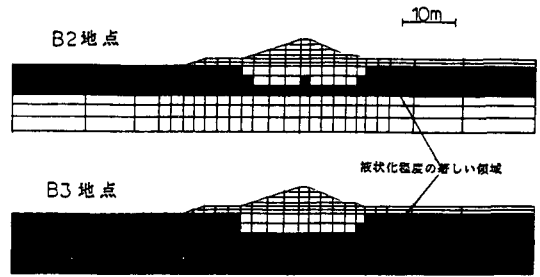


図-2 液状化程度の著しい領域の分布

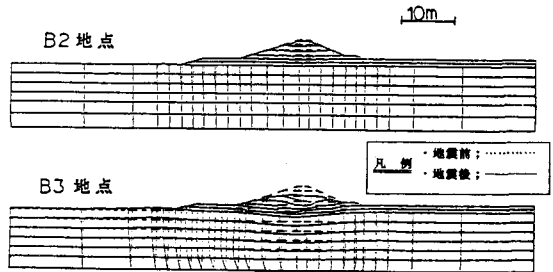


図-3 地震による変形図

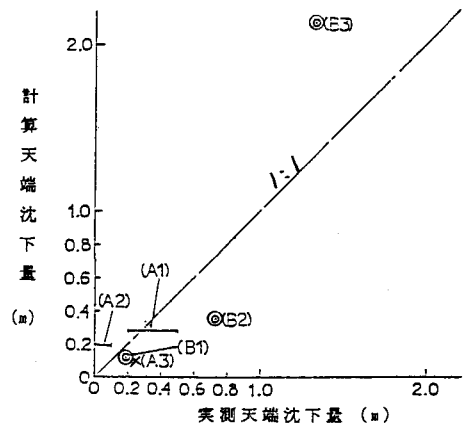


図-4 堤体天端沈下量の実測値と計算値の比較