

III-20

日本海中部地震における無被害盛土の安定性の検討

国鉄鉄道技術研究所 (正) 那須 誠 (正) 須長 誠

国鉄東京西鉄道管理局 藤沢 一

中央開発株式会社 (正) 堀井 克己

1. まえがき 前報¹⁾で、日本海中部地震により被害を受けた鉄道盛土の地震応答解析と安定解析の結果について報告した。今回は、その検討地点から約 100m 青森方の地震被害を受けなかった鉄道盛土について同様の解析を行い、地震時の被害要因の検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 解析対象地点の地形と地質 解析対象地点は、八郎潟に注ぐ小河川の鯉川により形成された扇状地性低地で、泥や砂・礫の沖積堆積物が表層を形成している。鉄道盛土は、その扇状地性低地を横断する形で南北に走っている。この付近の基盤は、凝灰質泥岩からなり、地表面から約3m下にはほぼ水平に堆積している(図1)。表層地盤の土質は粘性土(SC)であり、 $\bar{q}_{sc} \approx 5 \text{ kgf/cm}^2$ と軟弱である。盛土の土質はシルト質砂(SM)であり $\bar{q}_c \approx 5 \text{ kgf/cm}^2$ である。

3. 解析モデルと解析方法 解析に用いたモデルと土質定数を図2および表1と図3に示す。土質定数は、静的貫入試験と現地採取試料の物理試験の結果より推定した。解析は、盛土と地盤の初期応力状態を推定するために静的応力解析(弾性 FEM)を行い、次に解析モデルの基盤に地震波を入力して地震応答計算を行った。入力地震波(最大加速度=119gal)は、八郎潟中央干拓堤防の地表面で観測された波形²⁾をその基盤に戻した波形である(図4)。入力地震波の卓越周期は約 2.5秒であり、比較的長周期である(図5)。地震応答計算には FLUSHを使用した。境界条件は、底面を固定とし、左右の側方境界は半無限自由地盤の伝達境界とした。地震時の安定計算は、地震応答解析でえられた加速度分布より水平震度を評価し円弧すべり法によって行った。又、静的応力解析による初期応力と地震時動的応力を重ね合わせて合応力を求め、要素ごとに局所安全率(LSF)を求め、安定性の評価を行った。

4. 静的応力解析結果 静的状態のLSFの分布を図6に示す。LSFは、最大せん断応力 τ_s に対する平均主応力の点からモール・クーロンの破壊基準線に下ろした垂線の距離 τ_f の比で定義している。LSFは、盛土法肩付近の2個の要素を除く全ての要素で、1.3以上あり安定している。法肩付近にLSFが1を下まわる要素があるが、粘性土を使用した土羽工の補強が効いて変状には到らなかったものと考えられる。ちなみに、円弧すべり法による常時のすべり安全率は1.36である。

5. 地震応答解析結果 図7に、代表的な時間における水平加速度分布を示す。時間によって加速度分布は異なり、最大水平加速度は盛土天端で0.25G、側方地盤の地表面で0.23G発生している。なお、鉛直加速度は水平加速度の1/6以下である。図8に、盛土天端で水平変位が最大になるとき(12.3秒)の相対水平変位分布を示す。盛土天端では約1cmの水平変位が生じている。

6. 安定解析結果 地震時のLSFは、静的せん断応力と動的せん断応力の合応力から最大せん断応力すなわち地震時のせん断応力 τ_d を求め、 τ_f / τ_d として定義した。図9に、地震時のLSFの分布を示す。盛土の法面付近ではLSFが1以下になっているが、それ以外の要素では1.3以上ある。ただし、このLSFは、震動中の最大せん断応力に対応するもので、この状態は同時に起こるものではない。円弧すべり法による安定計算の結果を表2に示す。地震時の安全率は同表の脚注に示す3条件に対応する。水平震度は、Seedの提案する方法を参考にして、常時の臨界円に含まれる節点の水平加速度を平均した値である。最大水平加速度分布より評価した水平震度の場合の安全率は0.93であり1を下まわっているが、他の2ケースとも安全率は1を上まわっている。従って、同時刻の加速度分布を用いて水平震度を評価すれば、今回検討した盛土が地震時に変状しなかったことと安定計算の結果が整合する。被害盛土¹⁾と無被害盛土の

解析結果を比較すると(表3)、水平震度は殆んど同じ大きさであるが、被害地点では、地盤状態が悪く常時にも安全率が0.17小さくなっていたことと鉛直加速度が約2倍大きくてたこと等が、地震被害につながったものと考えられる。最後に、震害原因調査全般にわたって多大の御援助をして頂いた本社施設局土木課ならびに現地調査に御協力頂いた秋田鉄道管理局施設部工事課に厚く御礼申し上げます。

参考文献 1)那須 誠 他(1985):日本海中部地震における被害盛土の安定性の検討、土木学会第40回年次学術講演会講演概要集、第3部、2)浅田秋江 他(1983):昭和58年日本海中部地震における地盤および土質構造物の被害調査速報、東北工業大学工学部浅田研究室

表1 土質定数

No	土質	γ (tf/m ³)	E (tf/m ²)	μ	C (tf/m ²)	ϕ (度)	V_s (m/s)	G_0 (tf/m ²)	ν_d
①	シルト質砂	1.5	265	0.33	0.15	33	80	980	0.35
②	粘性土	1.7	468	0.38	3.70	0	100	1735	0.49
③	粘性土	1.7	300	0.38	3.70	0	80	1110	0.49

表3 被害盛土と無被害盛土の比較

地 点	被害盛土 ¹⁾	無被害盛土
基 盤	傾 斜	水 平
安全率(常時)	1.19	1.36
安全率(地震時)	0.84	1.01
水平震度	0.17	0.16

表2 安定計算結果

状 態	常 時	地 震 時		
時 間(s)	—	6.12 ¹⁾	12.92 ²⁾	— ³⁾
水平震度	0	0.13	0.16	0.20
安全率	1.36	1.05	1.01	0.93

注 1) 盛土表面の加速度が最大となるとき
2) 盛土中心部の加速度が最大となるとき
3) 最大値分布

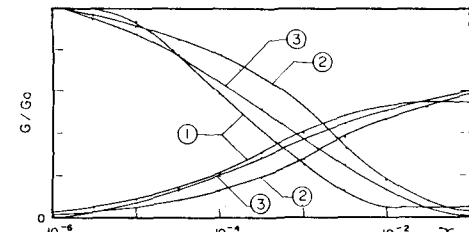


図3 G/G₀, h/γ 関係曲線

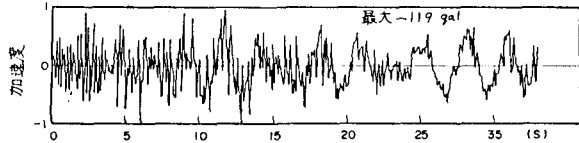


図4 入力地震波形

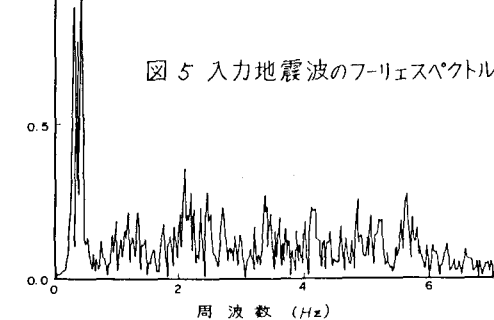


図5 入力地震波のフーリエスペクトル

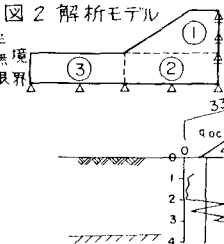


図2 解析モデル

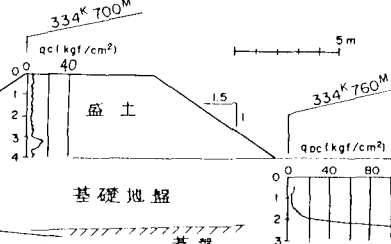


図1 断面図

図6 LSF分布と臨界円(常時)

X: LSF < 1
△: 1 ≤ LSF < 1.3
○: 1.3 ≤ LSF < 2
●: 2 ≤ LSF

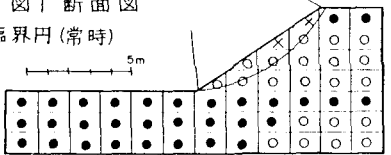
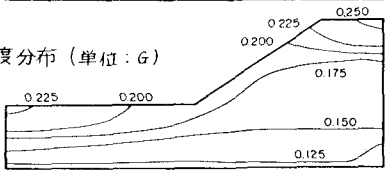


図7 水平加速度分布(単位: G)

(a) 最大値分布



(b) 同時刻分布

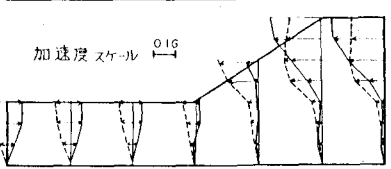


図8 水平変位分布 (t=12.3 S)

変位スケール 1cm
H

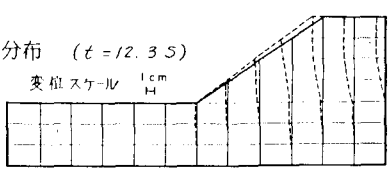


図9 LSF分布と臨界円(地震時)

X: LSF < 1
△: 1 ≤ LSF < 1.3
○: 1.3 ≤ LSF < 2
●: 2 ≤ LSF

