

(36) 道路盛土崩壊事例に基づく切盛斜面の地震時挙動に関する一考察

日本工営 正員 ○大角恒雄

正員 田中 弘

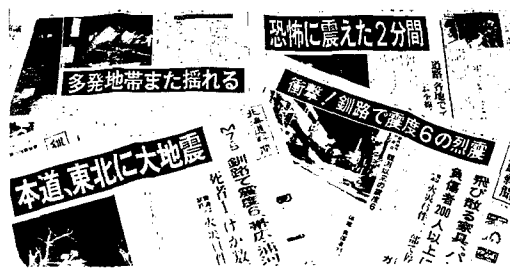
正員 下倉 宏

概 要

釧路沖地震では、国道44、391、38号線を中心に路面の亀裂、崩壊等の被害が発生した。これらの被災箇所の特徴として、切土斜面から片側盛土に移行した箇所に被害が集中していることがあげられる。被害原因の一つとして考えられる地形条件と、地盤応答特性の關係に着目した2次元動的FEM解析による応答解析を行なった。解析は一般的な傾向を把握するために、一般的な物性、解析モデルを仮定し、さらに、単一物性のケースと盛土部分の剛性を変化させたケースを扱った。その結果、今回の崩壊原因となり得たであろう切盛斜面特有の加速度増幅特性が得られたのでここに述べる。

1. 釧路沖地震の規模

1月15日に生じた釧路沖地震は、札幌管区気象台の発表では、震源地は釧路沖南約14Km(北緯 $42^{\circ}51'$ 、東経 $144^{\circ}23'$)で震源の深さは107Km、マグニチュード7.8としている。釧路地方気象台の87型地震計記録をみると(図-1)、最大水平加速度922gal(N063E)、最大鉛直加速度467galという地盤上の観測記録としては我が国の観測史上最大の記録も得られた。建設省、運輸省の記録にくらべ、建物および地震計設置台の振動特性等による影響も懸念されるが、後述の解析には気象庁による加速度記録を用いた。



惨事を伝える現地の新聞

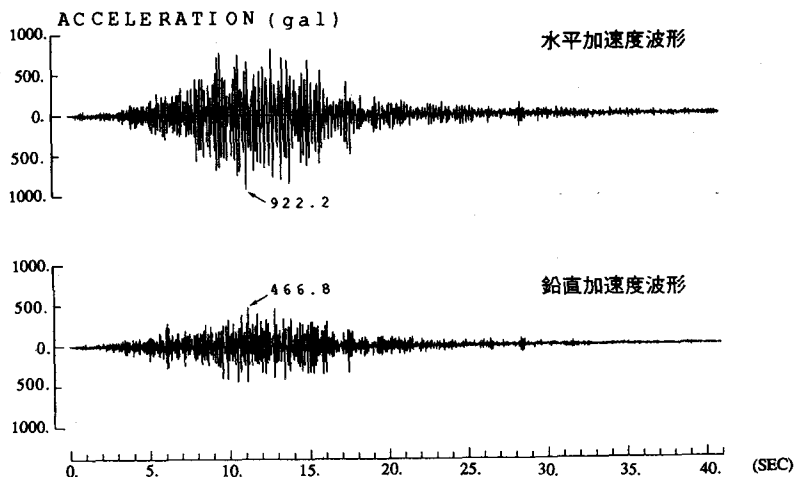


図-1 釧路気象台87型加速度波形

2. 国道の被害状況

1月25日に釧路入りし、国道の調査は、44、391、38号線を中心に実施した。これらの国道では路面の崩壊、路面の亀裂等が随所でみられ、通行止め、車線規制が行なわれていた。44号線の被災地の現国道の断面は旧国道の上に片側盛土を行なっている。44号および391号、38号線の調査でも被災箇所は斜面に片側盛土を行なった箇所によくみられた。また、土岐らの報文¹⁾でも、道路の被害は「盛土部と切土部の境界では必ずと言っていいほど横方向の亀裂が発見されている」と報告されている。44号線の崩壊した盛土材のサンプルを持ち帰り、粒度分析を実施した。液状化を生じたと思われる釧路副港での埋土土との粒度加積曲線の比較(図-3)すると、細粒分が10%以上多く含み、地盤の破壊形態は液状化に対する抵抗において副港より多少大きかったものと考えられる。

現地を視察し、被害を受けた盛土地盤に共通する破壊形態を分析すると、以下の項目の要因が複合された結果により、崩壊を生じたことが推定される。

- 1) 周辺は沢の地形であり、切盛境に水が溜まりやすく、多くの湧水が生じている。
- 2) 斜面と盛土地盤の剛性の違いにより地震波が増幅した。
- 3) 斜面形状による地震波の鉛直成分が卓越した。

周辺地盤は沢地形であり、地下水位も高く崩積土上に湧水がみられる。地盤の剛性比の違いによる地震波の増幅は、重複反射理論から斜面と盛土地盤との間で増大することが推測される。また、片側盛土の構造となっており、水平振動の波が斜面形状に応じて反射を生じ、鉛直方向の振動となって盛土の強度低下を誘発させたものと思われる。2),3)の検証として後述の2次元動的FEM解析による応答解析シミュレーションを行なった。

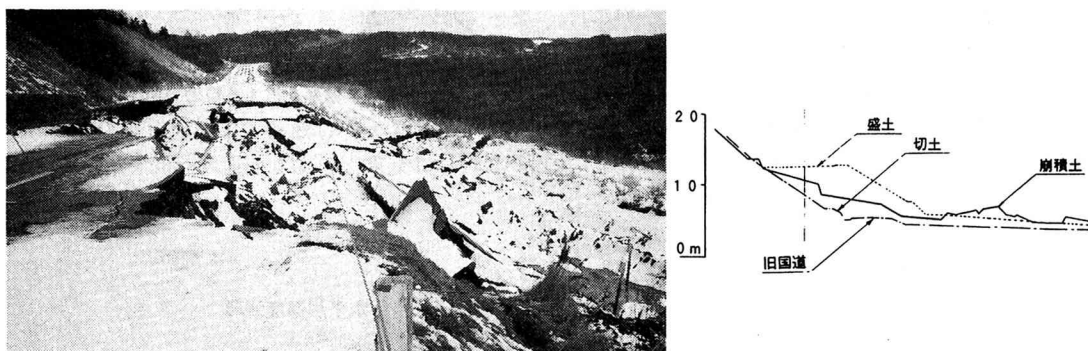


図-2 大きく陥没した国道44号線の現場斜面および概略断面図

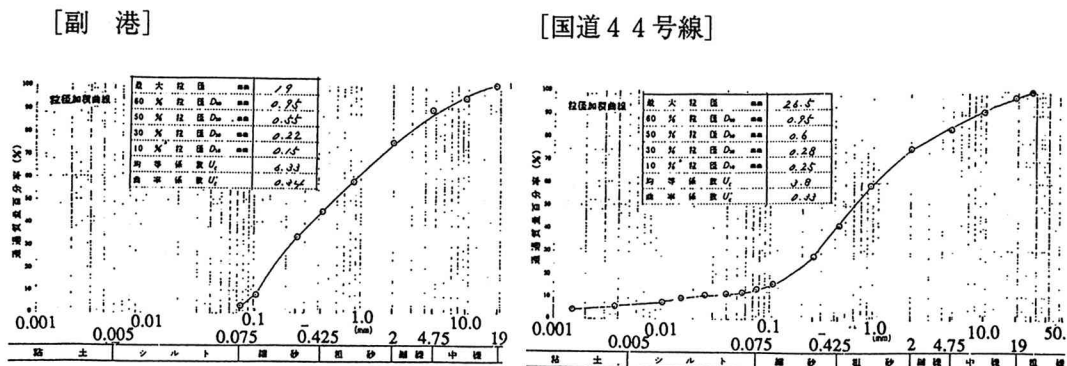


図-3 副港および国道44号線の被害地域の地盤の粒度加積曲線

3. 二次元動的FEM解析による検証

片側盛土における地震動の増幅を二次元動的FEM解析を用いて検証を試みた。解析ケースは、単一物性のケース（CASE-1）と盛土部分と剛性を変化させたケース（CASE-2）の2ケースを実施した。図-1に示した気象庁による加速度記録の水平、鉛直成分を入力地震動とし、解析モデルは一般的な傾向を把握するために、1：1.4の切土勾配に対し、1：1.8の高さ20mの盛土を想定した。物性は、盛土部を沖積砂層程度、切土を洪積砂層程度と仮定して、下表に示す一般的な物性を設定した。

図-5にのり肩部の応答値を、図-6にのり肩の応答加速度の伝達関数を示す。図-5において両ケースを比較すると水平加速度の応答は同程度となったが、時刻歴波形の形状は大きく異なっている。また、鉛直加速度ではCASE-2の方が4割程度大きい増幅となり、鉛直加速度の伝達関数もCASE-1では2Hzまでフラットであるのに対し、CASE-2では3Hzまで増幅し急激に倍率が低下している。また、図-7にのり尻部最大加速度発生時における加速度ベクトルを、図-8に最大せん断ひずみ分布を示す。図-7の加速度ベクトルではCASE-1が一方向に振動しているのに対し、CASE-2では盛土内で乱れが生じ、のり肩部と底部とで加速度方向が逆転し、偶力を誘発している。また、図-8に示したひずみ分布では加速度の乱れによって盛土底部に地盤内ひずみが集中していることがわかる。よって、盛土底部に大きなせん断ひずみが繰り返され、底部が破壊し、道路盛土の崩壊を生じたことが想定できる。

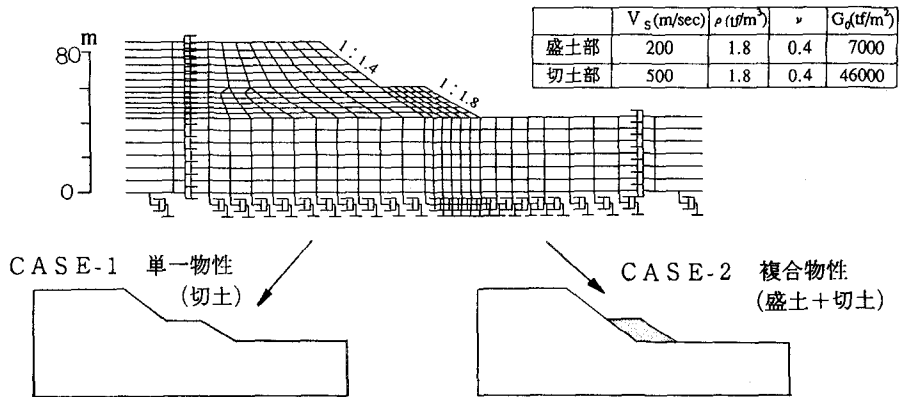


図-4 二次元動的FEM解析モデルと解析ケース

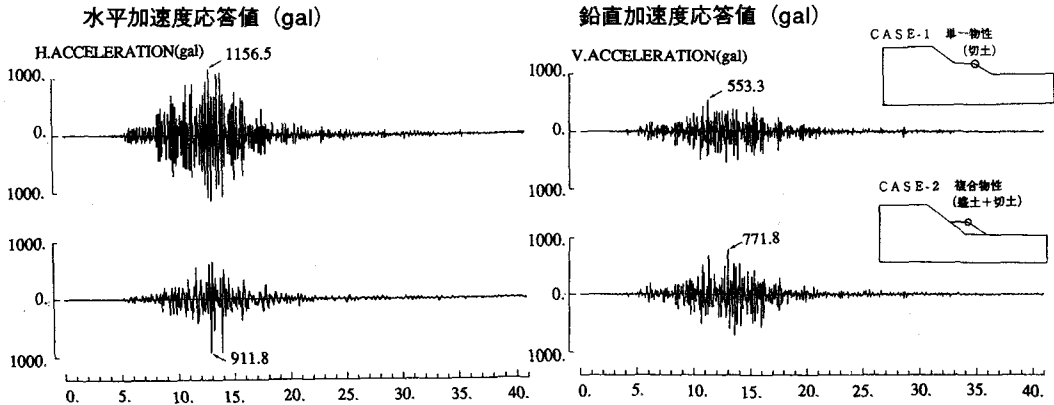


図-5 盛土のり肩部応答加速度値比較

(SEC)

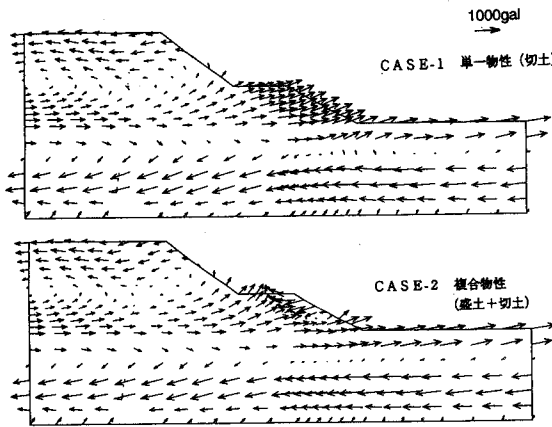


図-7 のり尻部最大加速度発生時の加速度ベクトル図

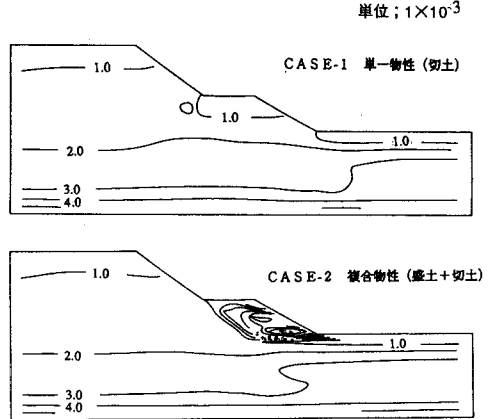


図-8 最大せん断ひずみ分布図

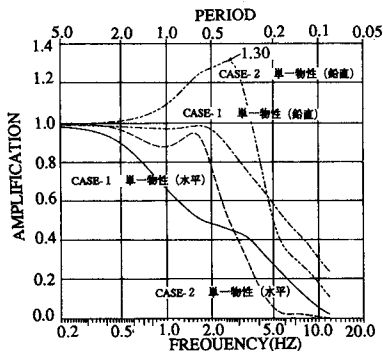


図-6 応答加速度の伝達関数

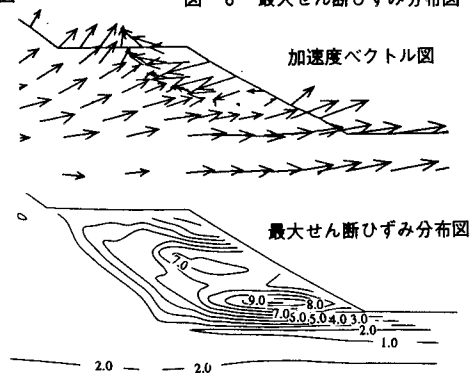


図-9 盛土部応答値分布図 (CASE-2 拡大図)

4. 結 論

動的2次元FEM解析により、斜面上に片側盛土された箇所では以下の傾向を確認した。

- 1) 斜面上に片側盛土では、鉛直加速度に大きな増幅が生じる。
- 2) 盛土内で乱れが生じ、のり肩部と底部とで加速度方向が逆転し、偶力を誘発する。
- 3) 盛土底部にせん断ひずみが集中し、破壊を生じる。

また、他の入力波形で水平加振のみのケース²⁾でも同様な加速度ベクトルおよび水平加振による鉛直応答が生じている。なお、この解析では過剰間隙水圧による影響は考慮していないが、過剰間隙水圧が発生すればさらに多くのせん断ひずみが発生することが考えられる。

5. 考 察

今まで一般的に言われていた片側盛土の危険性を解析的に確認したが、破壊の要因が複合された箇所の対策としては、道路構造物であることを考慮すれば、以下の項目が考えられる。

- 1) 盛土内に地下水を浸出させない。
- 2) 盛土底部の強度補強。

また、高感度の地震計の発達により、高周波成分を多く含む今回のような0.7~1Gの記録が得られたが、今後、このような地震記録と等価な静的設計震度との関連を検討することが急務と考えられる。

[参考文献]

- 1) 土岐・三浦・山下：1993年釧路沖地震における被害の概要／土と基礎 June,1993 pp.5~10
- 2) 大角・下倉：盛土崩壊事例からみた地震時の挙動／地すべり学会北海道支部発表会 H5.4.20 pp.5~10