

新潟県中越沖地震における高速道路盛土の解析事例

株式会社高速道路総合技術研究所 正会員 藤岡一頼 大窪克己

1. はじめに

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震(Mj=6.8)で、北陸自動車道長岡JCT～上越IC間(約90km)の盛土部に変状が発生した。本報告では、柏崎IC付近の盛土部の変状を対象に二次元地震応答解析(FLIP)を用いた解析を行った結果について報告するものである。

2. 事例解析の対象とその被害状況

震源から約8km南下した箇所に位置する曾地バスストップ付近の盛土部は、沖積粘性土層が約20m堆積し供用後26年経過した区間である。当該区間は建設時において安定を確保するために押え盛土が施工されている。今回調査した箇所は、本線緊急進入路が海側のみに設置されている形状である(図-1、-2参照)。

調査箇所の被害状況は、押え盛土形状が連続する山側のり尻側道部に若干のクラックはあるものの概して変状が無いが、海側の進入路区間ではのり尻部が約40cm隆起し、立入り防止柵が本線側に倒れ込む変状があった(写真-1)。

3. 地盤状況と解析断面

図-1に示す箇所において、地震発生後に本線路肩部とのり尻から海側に約40m離れた原地盤でボーリング調査を実施した。その結果、約30年経過している盛土部の地盤は沖積粘性土でN値4～6(原地盤N値2)沖積砂層でN値10～12(原地盤N値8)、PS検層は沖積粘性土で $V_s=120\sim190\text{m/s}$ 、沖積砂層で $V_s=150\sim170\text{m/s}$ 、塑性指数IPは沖積粘性土で60～100%、沖積砂層はIP=15%程度、また、沖積砂層は細粒分含有量 $F_c=30\sim70\%$ 、液状化強度 $R_{L20}=0.4$ 程度で液状化しにくい層であった。

一軸圧縮強度では、盛土路肩部で $q_u=130\sim220\text{kN/m}^2$ に対して原地盤では $q_u=40\sim80\text{kN/m}^2$ と若干の土層構成に違いはあるものの、強度増加が図られていることを確認した。

以上の調査結果を基に図-3に示す解析断面のモデル化を図った。表-1には解析に使用した盛土部地盤の土質定数を示す。

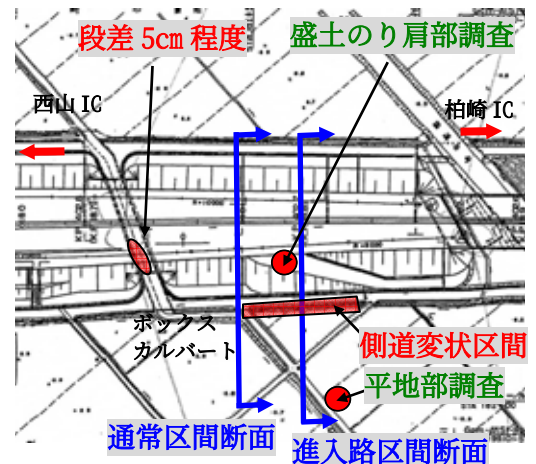


図-1 検討位置平面図

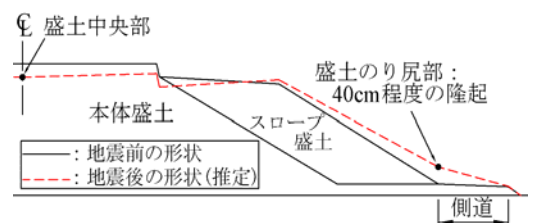


図-2 被害状況の推定

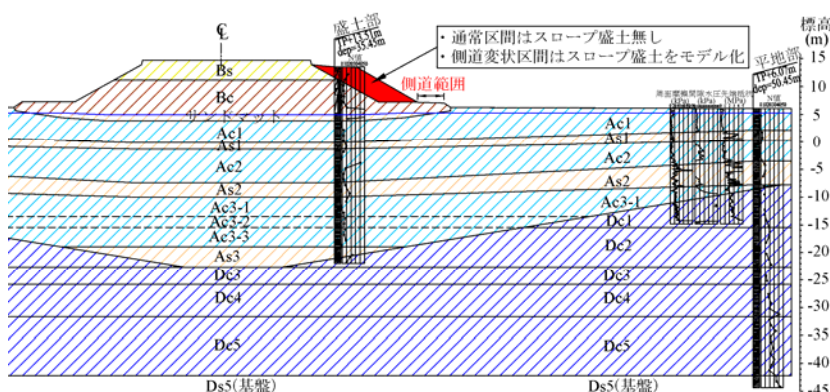


図-3 解析モデル図



写真-1 被害状況

キーワード 軟弱地盤, 盛土, 安定性検討, 残留変形解析

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1624

入力地震波形については、検討箇所近傍に K-NET 柏崎観測地点と柏崎 IC で図-4 に示す地震動態観測記録が得られている。検討にあたっては、工学的地盤の地盤情報が明確な K-NET 柏崎観測地点の加速度 NS 成分の波形で次元重複反射理論解析を用いて工学的基盤面に戻した波形を用いた。

4. 解析結果

地震後の盛土範囲内の地表面沈下解析結果を図-5 に示す。図の横軸は盛土横断方向距離を示しており 0.0 は道路中心線である。

盛土中央部では、通常の断面と進入路が付いている断面とも 1.3m の沈下量となった。側道部に着目すると側道の左右の変形量は、進入路区間は 30cm の差が生じ、通常断面区間では 10cm 程度の差となった。

進入路部の地震後の変位ベクトルを図-6 に示す。解析では青線で示すような大きな円弧すべりを生じる結果となったが、円弧すべりで側道の変形状を説明するとすれば緑線で示す小さい円弧すべりとも思われる。

更に、地表面水平変位を図-7 に示す。通常断面部は 1.0m 外側に広がるのに対し進入路部では 1.1m の広がりを見せ、変位量には 10cm の差が生じる結果となったが、詳細な測量がなされていないため詳細は不明である。

現地の立入り防止柵の変状では、通常断面部では変状が見受けられず進入路区間では立入り防止柵の天端部が本線側に倒れこんだ変状を確認している。

5. まとめ

解析結果では盛土部の沈下が 1.3m、円弧すべり面の端部が側道より 7m も民地側に出る結果となり、水平変位では 1m の変位を起こす結果となった。しかしながら、沈下量に関しては詳細な路線縦断測量結果を待たないと絶対量の評価は出来ないものの、円弧すべりの形状、水平変位量の解析結果と現地調査を行った結果には乖離があった。

その原因として、

- ① サンドマット部について、通常断面部と進入路とも過剰間隙水圧が発生する結果となっているものの詳細な性状把握を解析において評価する必要があること。
- ② NEXCO 総研での各種解析手法の比較において、粘性土地盤の評価に差異があることを確認していること。
- ③ 盛土材料の剛性値の設定方法について検討の必要がある。

以上の事が考えられることから、今後の課題が明確になったことは有意義であった。

謝辞 防災科学技術研究所の K-NET 強振動記録を使用させて頂きました。ここに記して謝意を表します。

表-1 解析定数の一覧表

土層名	層上面 G.L (m)	湿潤単位体積重量 γ (kN/m ³)	平均 N 値	有効拘束圧 σ_{vm} (kN/m ²)	せん断波速度 V_s (m/s)	初期せん断剛性 G_{m0} (kN/m ²)	体積弾性係数 K_{m0} (kN/m ²)	間隙率 n	せん断抵抗角 ϕ (度)	粘着力 c (kN/m ²)
盛土(Bs)	0.0	16.4	10	14.8	172	49700	129600	0.45	40.1	5.0
盛土(Be)	2.4	16.4	4	67.7	159	13160	34300	0.55	38.6	5.0
サンドマット	8.6	19.0	14	109.9	193	72100	188000	0.45	40.9	0.0
Ac1	9.7	15.2	4	121.6	122	23161	60400	0.68	34.7	0.0
As1	13.6	18.0	10	133.3	153	42717	111400	0.45	40.1	0.0
Ac2	14.8	15.8	5	150.6	138	30681	80000	0.64	38.0	2.4
As2	20.9	17.1	12	171.7	167	48479	126400	0.53	40.5	0.0
Ac3-1	23.5	14.6	6	185.5	132	25879	67500	0.71	38.0	2.4
Ac3-2	27.0	14.6	6	195.0	168	41893	109300	0.71	38.0	2.4
Ac3-3	29.0	14.6	6	204.4	193	55758	145400	0.71	38.0	2.4
As3	32.5	18.0	21	217.6	221	89500	233400	0.45	42.2	0.0
Dc2	34.6	17.4	18	229.0	262	121900	317900	0.55	32.4	25.4
Dc3	36.1	17.4	13	242.1	235	98200	256100	0.55	32.4	25.4
Dc4	39.3	16.4	20	264.9	271	123300	321500	0.55	32.4	25.4
Dc5	45.1	18.0	25	310.6	292	157000	409400	0.55	32.4	25.4
基盤層	55.7	-	-	-	300	-	-	-	-	-

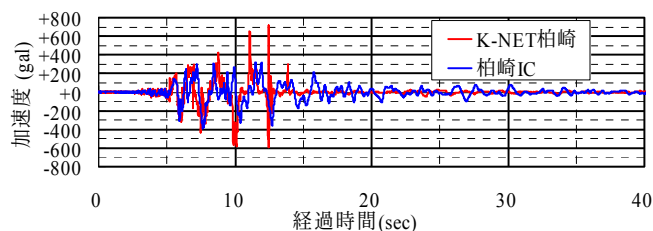


図-4 地表面加速度波形の比較(NS 成分)

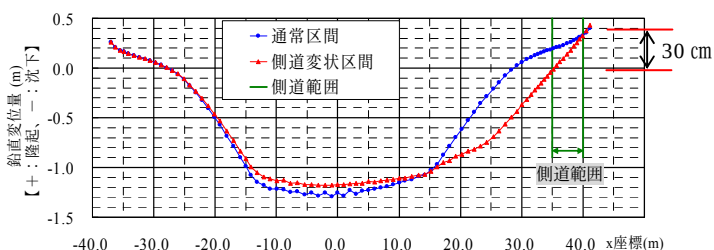


図-5 解析結果(盛土範囲の地表面鉛直変位量)

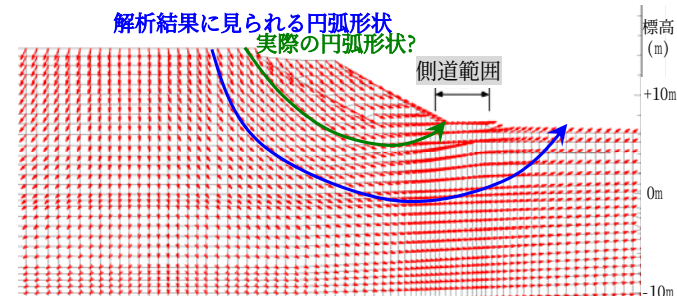


図-6 解析結果(変位ベクトル図)

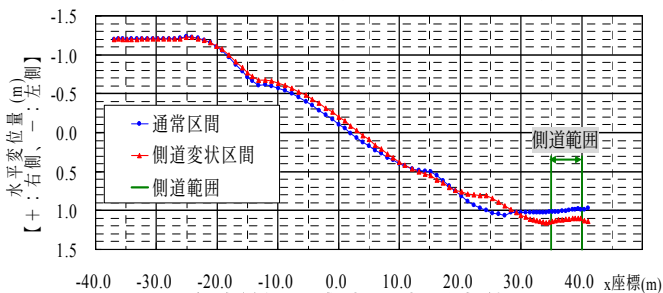


図-7 解析結果(盛土の水平変位量)