

強振動を受けたテールアルメの現地調査（第一次調査）
- 補強盛土内部の調査および健全性評価 -

補強土 地震 引抜き試験

日本道路公団	国際	北村佳則
日本道路公団	正会員	長尾和之
JFE 商事株式会社	正会員	松澤佳一
JFE 商事株式会社	正会員	永倉秀典

1.はじめに

平成16年新潟県中越地震において、高速道路の土構造物はこれまでにない大きな被災を受けた。震源地近傍のインターチェンジに構築された補強土壁（テールアルメ）は、地震直前の降雨、最大震度7および震度5以上の余震を複数回受けるなど、悪条件の中、強い地震を受けた数少ない補強土壁の事例である。日本道路公団では、当該補強土壁において被災後、現地調査を実施しているが、本報では、被災の概況、盛土材料の物性を把握するための土質試験、被災直後の安定性を評価するための帯状補強材（ストリップ）の引抜き試験および施工後10年を経過した鋼製補強材の腐食状況に関する調査の結果について述べる。

2.調査補強土壁の概要

調査した補強土壁は平成5年に施工完了した下り線ランプ道路に面する盛土である。壁の高さは5m~9mで、構造物延長は100m、壁面方位は北西~南東である。始終点は90度で壁面を折り曲げブロック積と接続している（図-1）。壁面は上部道路の路肩付近に位置し（図-2）テールアルメ壁背後の地形は、図中の始点部~中間部は概ね平坦な地形で、終点部は上部の道路背後に地山が接近している（図-3）。基礎地盤は表面にやや緩い風化部の存在する軟岩で、始点部~中間部は弱部を砕石で置換えている。一方、終点部は安定した軟岩上にある。盛土材は細粒分質の砂及び礫である。壁中央付近の道路背面には盛土背後の地表面排水路と道路排水の集水施設があり、中間部と終点部方向へ分岐している。壁は中越地震本震の震源から距離約6.6kmに位置し、最大震度は6弱と想定されている。近隣の越後川口で観測された地震加速度は、EW方位:667gal, NS方位:558gal, UD方位:651galであり、各方位とも相当の加速度が作用したと思われる。

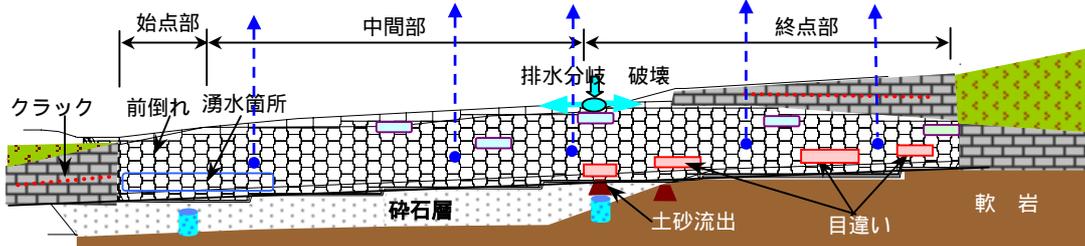


図-1 調査補強土壁（テールアルメ）展開図

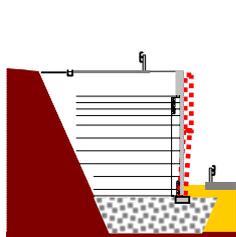


図-2 始点部横断面

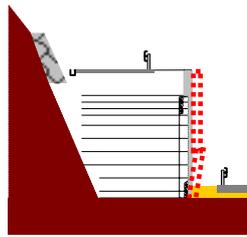


図-3 終点部横断面



写真-1 壁面材目違い



写真-2 全景（終点部より）

3.現地踏査の結果と直後の対応

テールアルメ上面道路周辺の状況は、舗装面の道路延長方向のクラックや段差ならびに道路側溝の乱れや集水樹の損傷が確認された。壁面近傍の地表面には沈下が生じ、道路との段差は最大で40cm確認された。段差部からは水の浮き出しが認められ、盛土内部はかなりの高含水状態と予見された。壁面について確認された症状は次の通りである。始点側コーナー部の「前倒れ」（図-2）始点部より約20mの範囲でスキン目地からの湧出水が多い。中間部では壁面材間わずかな目違いが見られたが横断方向変位は生じていない。終点部の範囲では、壁面材が局部的に傾斜変状した個所が数箇所あり（図-3 写真-1）そのうち2箇所では高含水状態の土砂流出が確認された。全体的には始点部と終点部で変形の状態が異なっている。本調査後も断続的に大きな余震が発生しており、2次災害の抑止を目的として応急的に壁前面に大型土のうを設置した。壁面が重要路線のランプ道側壁であり早期交通復旧が求められていることや走行車両の視

覚的影響に対する配慮，冬季の降積雪・融雪時の影響などを総合的に勘案して，壁上部約 3mを一時的に撤去し，荷重軽減を図った。

4.現地調査項目と結果の概要

健全性の評価を行うために盛土内部について各種調査を実施した。

(1)壁面の変位計測 壁面の鉛直度について，下げ振りを 4 箇所固定し，2 週間継続的に計測して変位の進行性を評価した。変位は進行することなく安定していることを確認した。

(2)盛土内部状況 盛土は全体的に含水の高い状態にあった。埋設されているストリップはその多くが壁面から 1.5m 程度の範囲で鉛直方向へ傾斜沈降していた(最大沈降量約 25 cm)(写真-3)¹⁾。壁面材の背面部のクラック，接続部コネクティブ及びストリップ・ボルトの伸びや破損はない。盛土背面部の掘削面からは大量に湧水があり掘削面は緩みやすい状態で特に終点部はこの状態が顕著であった。

(3)土質試験 図-1 に試験・サンプリング位置を表-1 に試験結果を示す。盛土材は変形の小さい壁中間部(図-1)は(GFS)細粒分 17.8%～22%で含水比は 11.2%～15.6%，変形の大きい終点部(図-1)は(SFG)細粒分 25.6～34.3%で含水比は 18.4%～24.1%であった。盛土の撤去作業中壁面近傍へ掘削面湧水が集まり一部滞水していた付近からサンプリングしたことからテールアルメ盛土背面部の細粒分が若干混入したと考えられ，盛土全体的には規定の材料が使用されている。三軸圧縮試験は UU 条件で $u=3 \sim 27^\circ C$ $u=17.4 \sim 34.5kN/m^2$ で中間土の u は小さい。電気伝導率は 39683～105263 cm，pH は 5.9～7.1，塩化物は 0.002%程度，硫酸塩は 0.014%程度である。

(4)補強材引抜き試験 変状したテールアルメの摩擦抵抗力を確認するために壁面全体で 5 箇所(図-1 の ~)の引抜き試験を実施した(写真-5)。補強している主部材のストリップを直接引抜くため，壁面材を削孔しストリップを露出させた。削孔時に壁面材のコネクティブやストリップ・ボルトを観察したが，伸びや破断などの変位はない。壁裏面の土砂は水を多く含んだ砂質土で手作業で掘ることができた(写真-4)。地震の振動と高含水状態で壁際が緩んでいたことが想定される。試験はセンターホール式の油圧ジャッキで変位制御(1mm/1 分)で行った。結果は最大引抜き力を確認したものが 64KN，76KN で変位が大きい場所でも高い抵抗力を確認した。設計上の引抜き力を確認したものが 51KN，45KN。鋼材の降伏力までを確認したものが 48.8KN。試験の引抜き力-引抜き量曲線では全箇所線形的に引抜き力が増加しており，ピーク強度はさらに高いと予想される。引抜き力-引抜き量曲線の勾配は試験箇所によってばらつきがあり，抵抗力が得られるまでの変位量が比較的多い箇所も見られた。削孔部は試験終了直後に補強鉄筋と接続用コネクティブを設置して，コンクリートを打設して補修し復旧した。

(5)鋼製補強材の腐食試験 盛土内の 3 箇所(天端付近 2 箇所，壁近傍)から鋼製補強材をサンプリングし腐食試験を行った。試験手順は次の通り。回収後水洗いによる観察，亜鉛メッキ上の白錆び除去，残存亜鉛メッキ厚の測定，残存亜鉛メッキおよび赤錆除去，残存鋼材厚の測定。亜鉛メッキの残存膜厚は平均で 75.7 μm で，残存鋼材量は 4.897mm であった。母材厚が 5mm で経過年数が 10 年であるため年間の腐食量を算出すると 0.01mm/年であった。今回のデータを過去の研究報告¹⁾²⁾に重ねると，設計値とほぼ一致し経過は良好であることが確認された

6.おわりに

今回の地震により，道路利用者や沿線住民に対して崩壊などにより人命に影響を及ぼすような被災はなかった。調査結果として，「地震動の影響により変状は受けたものの，補強部材の破断や連結部の破壊はなく，また補強材の引抜き抵抗力も十分発揮しており，補強盛土としての機能は満足していること」が確認された。本件は結果として，一部撤去により応急対策を行ったが，構造体として変状の程度に応じた対処方法等より具体的な判断基準等があれば，より明快な処方選定が早期に判定可能となる。今後はより具体的な健全性の評価について検討を行っていく必要があると考える。

参考文献) 1)テールアルメ工法の耐久性に関する現地調査 殿垣内・川井・西・大広 第 33 回地盤工学研究発表会

2)日本道路公団試験研究所報告 Vol.26, p13-20(1989)



写真-3 ストリップの沈降



写真-4 盛土内部の様子

表-1 土質試験結果一覧

試験番号	天端付近		盛土中間部		ストリップ引抜き試験箇所		
	試料番号	試験結果	試料番号	試験結果	試料番号	試験結果	
一般	土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.659	2.639	2.661	2.644	2.672	2.652
	自然含水比 W_n %	13.8	15.8	11.2	24.1	13.9	10.7
粒度	石 分 %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	砂 分 %	53.2	32.8	46.2	26.5	59.0	47.0
	シルト分 %	26.6	43.2	36.0	39.2	29.0	47.0
	粘土分 %	12.5	15.5	12.4	20.2	12.0	6.0
液	最大粒径 d_{max} mm	37.5	37.5	53	37.5		
	均等係数 U_c	648.56	156.11	194.07	242.05		
分類	分類記号	(GFS)	(SFG)	(GFS)	(SFG)	(SG-F)	(SG-F)
	試験方法	B-c	B-c	A-c	A-c		
固め	最大乾燥密度 ρ_{max} g/cm ³	1.902		2.001	1.753		
	最適含水比 W_{opt} %	12.0		11.0	16.7		
試験条件	試験条件	UU	UU	UU	UU		
	三軸 c_u kN/m ²	34.5		28.9	17.4		
化学	電気伝導率 σ	47619	75758	50505	39833		
	土の pH 試験	5.9	7.1	6.8	6.8		
	塩化物含有量 %	0.0021	0.0027	0.0014	0.0017		
	硫酸塩含有量 %	0.0353	0.0051	0.0143	0.0132		

特記事項 : UU三軸試験の供試体は， W_n ， $D_c=90\%$ を目標に作成した。紙面の関係上，試験結果は代表値を掲載



写真-5 引抜き試験状況