

岩ずりを用いたテールアルメの
設計・施工について

平成 12 年 11 月 作成

J F E 商 事 テ ー ル ワ ン 株 式 会 社

目 次

	ページ
1. 概 説	3
2. 設計上のポイント	3
3. 施工上のポイント	7
4. 実施例	9

1. 概 説

「補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル 第2回改訂版 平成11年12月」¹⁾によると、テールアルメに使用できる岩石質盛土材料は「岩石材料の寸法が250mmを超える大きい寸法のものを含まない硬岩ずりで、75mmふるい通過分中の細粒分の含有量が25%以下、かつ、大小の寸法のものが適度に混合して締固めのしやすいもの」または、「寸法が300mmを超えるものを含まない岩石材料で、75mmふるい通過分中の細粒分の含有量が25%以下の材料」と規定されている。

岩石材料の場合には土質盛土材料の場合と比較して、土質試験、設計定数の決定、施工方法、施工管理などが異なる。ここでは過去の実施例をもとに岩石材料を使用したテールアルメの設計・施工上のポイントについて述べる。なお、テールアルメに使用できる岩石材料を、次に示す二つに分類し、各々について述べる。

最大寸法が300mm未満の硬い岩石材料(以下岩塊盛土材料と呼ぶ)

最大寸法が300mm未満で、締め固め作業により細粒化や、スレーキングをおこしやすい岩石材料(以下ぜい弱岩石盛土材料と呼ぶ)

2. 設計上のポイント

ここではテールアルメに岩石材料を使用する場合の土質試験と、その土質定数について述べる。

(1) 土質試験

() 岩塊盛土材料

岩塊盛土材料の場合、粒径75mm以下について粒度試験を行い、75mmふるい通過分中の細粒分の含有量が25%以下の材料がテールアルメに使用できる。

() ぜい弱岩石盛土材料

ぜい弱岩石盛土材料とは泥岩、頁岩、凝灰岩、片岩はもちろんのこと、現場での締固め作業中に容易に破砕される軟岩も含むものとする。

ぜい弱岩石盛土材料を使用した場合、施工後数年～10数年を経過して、著しい圧縮沈下が発生する例がある。その原因は地下水位の変動などの作用を受けて、ぜい弱岩石がスレーキングによって細粒化されるためと考えられる。テールアルメの場合、圧縮沈下はもちろんのこと、将来細粒化により75μm以下の細粒分の含有量が25%を超え、ストリップとの間に所定の摩擦力が確保できないおそれがある。また、現場での締固め作業により、ぜい弱岩石が細粒化し、細粒分の含有量が25%を超えるおそれもある。

そこでぜい弱岩石盛土材料がテールアルメに使用できるかどうかを判断するために次のような土質試験を実施して判定する。

施工完了後の細粒化については、「岩のスレーキング試験」(KODAN110)を実施し、スレーキング率が30%以下であることを確認する。

締め固め作業による細粒化については、現場での締め固め作業を室内で再現するために

「突固めによる土の締固め試験」(JIS A 1210)を実施し、その後「粒度試験」(JIS A 1204)を行い、突固め後の細粒分含有量を調べ、25%以下であることを確認する。なお、突固め方法については、締固めエネルギーの大きく、かつ許容最大粒径が 37.5 mm と大きいE法(ランマー質量4.5 kg, モールド15 cm, 各層突固め回数92, 最大粒径38.1 mm)を採用するのがよい。

テールアルメに使用するぜい弱岩盛土材料としては、上記2つの試験結果の両方を満足しなければならない。しかしながら、ぜい弱岩盛土材料の内、凝灰岩や未固結または、風化の進んだ砂岩の中には固結する前の状態(火山灰や砂質土)が、テールアルメに使用できるもの(細粒分の含有量が25%以下)もある。これらは、スレーキング率が30%を超えても、細粒分の含有量が25%以下となるため、テールアルメに使用可能であるといえる。ただし、圧縮沈下を極力抑えるように、締固めにおいて空気間隙率が15%以下になるよう破碎転圧をする必要がある²⁾。

現在までの施工実績としては片岩、頁岩、凝灰岩、泥岩などがあり、表1にそれらの土質試験結果を示す。また、泥岩の中には細粒化により、強酸性土壌となりストリップの腐食に悪影響を与えることもあるので、特に注意する必要がある³⁾。

表1 ぜい弱岩の土質試験結果

		黒色片岩(高知県)	結晶片岩(山口県)
突固め後の 粒度特性 (E法)	レキ分(2 mm以上)%	73	50
	砂分(0.075 ~ 2 mm)%	18	32
	細粒分(0.075 mm以下)%	9	18
	最大寸法(mm)	38.1	19.1
	均等係数	142	-
	曲率係数	3.3	-
スレーキング特性	スレーキング率%	4.1	18.8
	目視によるスレーキング階数	D (変化なし)	B (レキ状・片状に細粒化)
自然含水比 %		3.5	5.9

(2) 設計定数

() 岩塊盛土材料

岩塊盛土材料のせん断強度は内部摩擦角のみで表されるのが慣用となっている。しかし実際にせん断試験を行うと粘着力が0以上となっている場合が多い。これは材料のインターロッキングによる見かけの粘着力として扱われているが、設計時には余裕としてこれを無視しているのが現状である。

岩塊盛土材料のせん断強度定数などの設計値を決定するにあたっては、できるだけ実物の条件に合わせた試験を実施することが望ましいが、最大粒径が 300 mmにも及ぶ岩塊盛土材料の場合には、どんなに大型の試験機を用いるにしても実物材料をそのまま試験するのは不可能に近い。このような場合、試料の最大粒径を実物より小さくして試験を行うか、または技術者の経験や他の類似した材料の設計数値を参考にして決定される。

岩塊盛土材料を使用するテールアルメにおいては、過去わが国で築造されたフィルダムの岩塊盛土材料に関する試験データ(図 1)をもとに表 2 に示す設計定数を標準としている。

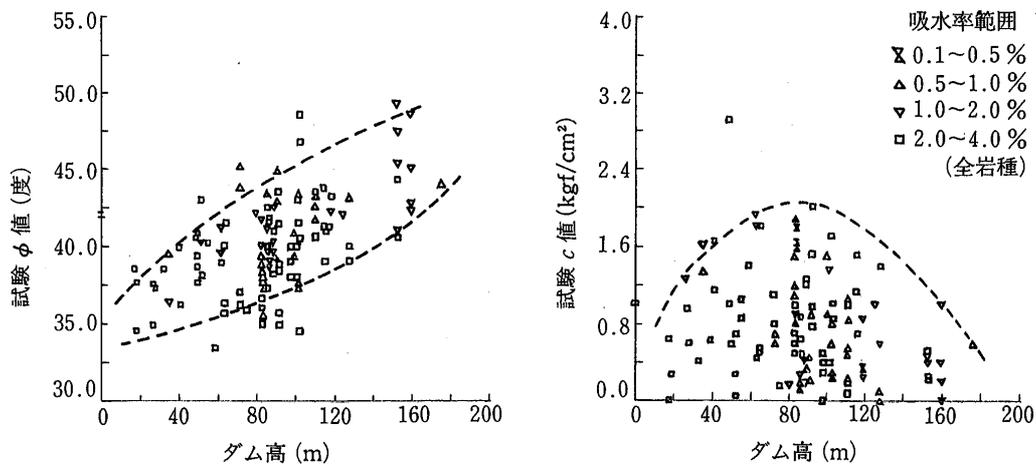


図 1 岩塊材料の内部摩擦角と粘着力(試験値)⁴⁾

表 2 岩石質盛土材料の設計定数

種 類	単位堆積重量	内部摩擦角	粘着力
岩塊盛土材	20kN/m ³	35 °	考慮しない
ぜい弱岩盛土材	19kN/m ³	30 °	

() ぜい弱岩盛土材料

テールアルメにぜい弱岩盛土材料を使用する場合は、以下の条件を満足する必要がある。

スレーキング率 30%以下のもの

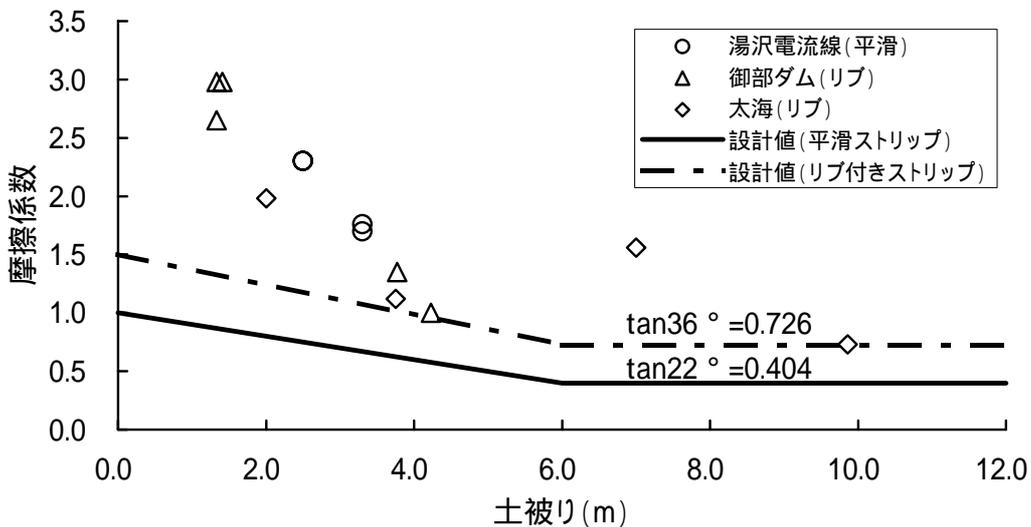
突固めによる土の締め固め試験後の粒度試験において、細粒分の含有量が 25%以下のもの

上記に示した条件のぜい弱岩盛土材料を使用しても、スレーキングによって将来、細粒分の含有量が 25%を超えるおそれがある。そこでスレーキングの必須要因である地下水や湧水を排除するために排水工(とくに地下排水工)を十分に行うことを条件に、表 2 に示す設計定数を標準としている。

(3) 摩擦係数

図2は、上越新幹線湯沢電流線⁵⁾、御部ダム工事用道路⁶⁾、太海多目的公益用地⁷⁾において実施された引抜き試験の結果をまとめたものであるが、いずれも土質材料に用いられる設計値以上の摩擦係数(リブ付きストリップ; 1.5 ~ 0.726, 平滑ストリップ; 1.0 ~ 0.400)が確認されている。よって、岩石材料においても土質材料と同等の摩擦係数によって設計しても問題が無いと考えられる。なお、上越新幹線湯沢電流線におけるストリップは、平滑ストリップであり盛土材料は岩塊盛土材料、御部ダム工事用道路においては、リブ付きストリップと岩塊盛土材料、太海多目的公益用地では、リブ付きストリップとぜい弱岩盛土材料(泥岩、スレーキング対策としてセメント改良を実施。ただし、引抜き試験用ストリップのまわりは、乾湿を強制的に3サイクル実施。)の組み合わせである。

図2 引抜き試験の結果



(4) 耐久性

上越新幹線湯沢電流線⁵⁾においては、引抜き試験に使用したストリップをすべて引抜き、傷の確認を実施している。亜鉛めっきに多少の傷は確認されているものの、地金まで達しているものはなく、数週間放置した後においても腐食の発生が無かったことが確認されている。盛土材料が岩塊盛土材料であり、ストリップが現在のリブ付きストリップではなく、より亜鉛めっきが薄い(リブ付き; 350g/m², 平滑; 250g/m²)平滑ストリップであったことを考慮すると、耐久性においても問題が無いものと判断できる。また、亜鉛めっきの防食が犠牲防食である点からも、万が一地金に傷が及んだ場合においても、十分な防食効果が期待でき、テールアルメの耐久性を何ら脅かすものではない。

3. 施工上のポイント

ここではテールアルメに岩石材料を使用するときの施工方法、施工管理について述べる。

(1) 施工方法

1. 岩石材料の施工はまず、最大粒径により施工層厚を決定し、施工層厚に見合った締固め機械を選定する。次に試験施工などにより選定された締固め機械による締固め回数を決定して施工を行う。以下各々について説明する。

() 施工層厚

岩塊盛土材料の施工層厚は一般に最大粒径の1～2倍を目安にしている⁸⁾。しかしテールアルメの場合、鉛直方向に75 cmまたは37.5 cmごとにストリップが敷設されるので、最大粒径と施工層厚の関係は表3のようになる。

表3 最大粒径と施工層厚の関係

最大粒径 (cm)	施工層厚 (cm)
～25	25
25～30	37.5

一方、ぜい弱岩盛土材料の場合は施工中の締め固めで細粒化されやすいので、土質盛土材料と同様に、施工層厚25 cmで行うことを標準としている。

() 締固め機械

岩石材料の締固めには、振動ローラーがもっとも適している。しかし締固め機種を選定が盛土の仕上り品質を大きく左右するので、表4に示す機種を用いることを標準とする。

表4 岩石材料に用いる締固め機械⁴⁾

一層当たりの仕上り厚さ	締固め機種 (起振力表示)	備 考
30 cm以下	振動ローラー5tf以上(ただし、振動ローラーが適さない材料については、タイヤローラー15tf以上)	振動軸が二軸のものについては、公称起振力を一軸あたりに換算して評価すること。
30～60 cm	振動ローラー13tf以上	

テールアルメは深い谷部での施工が多く、施工当初、振動ローラーを現地に搬入できず、止むを得ずバックホウで締固めする場合がある。しかし図3でもわかるようにバックホウによる締固め沈下量は振動ローラーに比べてバラツキが大きく、均一な締固めができないことがわかる。よって止むを得ずバックホウで締固めする場合には、施工層厚を薄くして入念な施

工が要求される。

() 締固め回数

岩塊盛土材料の締固め回数については、実施工の前に行われる試験施工で、締固め後の盛土材料の沈下量が0となる回数以上で決定するのを標準としている。通常は6～8回程度で施工している(図3参照)。

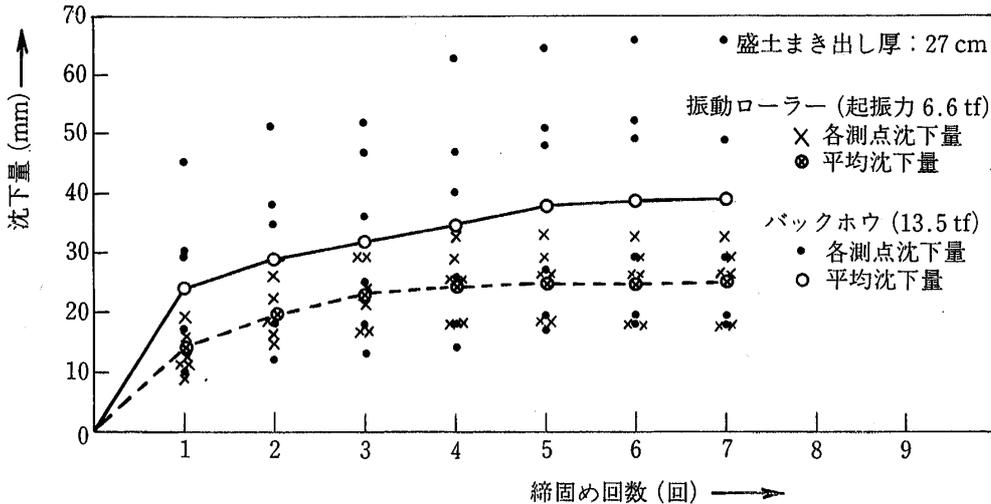


図3 沈下量と転圧回数の関係

() 締固め面の仕上げ

テールアルメは盛土材料とストリップとの間に働く摩擦力により安定を確保する土構造物であるので、ストリップを敷設する締固め面はできるだけ平滑に仕上げなければならない。そこで締固め面に大きな空隙を残さないように細粒分が25%以下の土質材料([A₁]材料¹⁾)を準備し、ストリップの周囲や空隙の大きい個所にこれを巻き出すものとする。

(1) 施工管理

() 締固め管理

テールアルメに通常の土質盛土材料を使用したときの締固め管理は、一般に現場単位体積重量試験(砂置換法)により、JIS A 1210のAまたはB法による最大乾燥密度の90%以上またはC, D, E法による最大乾燥密度85%以上になるように管理している¹⁾。

締固め後の最大粒径が5～10 cm以下のぜい弱岩盛土材料の場合は、上記の方法で管理できるが、粒径がそれ以上の岩石材料は、寸法が大きいため管理できない(表5参照)。したがって岩石材料の締固め管理は試験施工または過去の事例等により決定した施工法で規定する、いわゆる「工法規定管理方式」で行う。この工法は一つの決まった岩石質盛土材料に対するものであるため、実施工においては材料の品質が変化した場合には、その都度この工法

規定を定める必要がある。

表5 岩石質材料の締固め管理方法

締固め管理方法		適用岩石材料 (最大粒径の制限)	摘要
品質 規定 法	締固め 度管理 法	砂置換法	最大粒径 5～10cm以下 JIS A 1214 レキ補正が必要
		シート法 (水置換)	最大粒径 100 cm (孔径 3m の場合) 土質工学会基準(案)JSF 規格 T35-83T 試験方法, 精度に問題がある
	平板載荷試験法	最大粒径 6 cm以下(平板直径の 1/5 以下)	土質工学会基準 JSF 規格 T25-81
工程規定法		特に制限なし	日本道路公団 JR で採用

岩石質盛土材料における締固め管理のための施工法を決定する試験施工は、次の要領で行う。

岩石材料の最大粒径により、施工層厚、締固め機種を決定する。

締固め回数は、施工層厚に適した締固め機種を用いて、締固め沈下量がほとんど0になる回数で決定する。

日常における締固め管理は、上記の試験施工で決定した施工法を規定し、施工層厚や締固め回数を管理する。締固め回数の管理は締固め機械に取付けたタコメーターやタスクメータを用いて、1日あたりの施工量から割り出された稼働時間や走行距離により行うか、締固め回数ごとの写真により管理するのが一般的である。

() 含水比管理

短期の大量土工工事においては大幅な含水比調節は困難であり、また岩塊盛土材料の場合は透水性が良い場合が多いので、施工含水比は自然含水比を基本とする。

一方、ぜい弱岩盛土材料の場合は、水に対して弱い場合が多いので、切り出してからすぐに盛土に使用するか、仮置きする場合にはシートなどで覆って水を含まないような処置をほどこす必要がある。

また岩塊、ぜい弱盛土材料とも降雨後の施工については、締固め後の盛土状況を十分観察しながら施工しなければならない。

4. 実施例

テールアルメに岩塊盛土材料を使用すると内部摩擦角が大きく、透水性が良いという利点を持つ半面、一層あたりの締固め厚さが大きく、材料分離が生じやすく、密度管理が困難であるという欠点を持つ。

一方、ぜい弱岩盛土材料を使用すると、施工中に細粒化するため、施工しやすい利点を持つ反面、スレーキングや細粒化による粘土化などの欠点を持つ。

しかし、これらの欠点をカバーする管理および施工方法を行えば、土質材料を使用したときと比較して、壁面の垂直度や施工後の変位置において、すぐれている場合が多いというのが、過去の施工実例からの結論である。

表6に、岩ずりを使用した場合の実績を示す。

表6 岩ずりを使用したテールアルメの実績(弊社調査による)

施工年月	地区	施主	工事名	壁面積	壁高	壁長
1976/12	新潟県	鉄建公団 土樽工事事務所	上越新幹線湯沢電留線	114	4.5	
1977/07	新潟県	鉄建公団 土樽工事事務所	上越新幹線湯沢電留線	1218	4.5	
1984/11	島根県	島根県御部大長見ダム工事事務所	御部ダム工事用道路2工区その1	877	8.25	
1985/10	岡山県	本四公団 倉敷工事事務所	一般国道30号福江・稗田	283	9.75	
1986/09	富山県	富山県 利賀村役場	利賀小学校グラウンド造成	277	6	
1988/09	福井県	福井県 美浜町役場	美浜町立新庄小学校敷地造成	522	10.5	
1988/08	富山県	建設省 黒部工事事務所	宇奈月ダム骨材プラント道路5号	834	8	
1988/09	石川県	石川県 輪島土地改良事務所	広域営農団地農道整備事業輪島地区	426	8.25	
1989/09	新潟県	道路公団 水上工事事務所	関越自動車道土樽C/B(その1、その2)	3185	11.5	
1998/03	千葉県	(財)千葉県都市公社	太海多目的公益用地	312	9.73	72
1998/03	千葉県	(財)千葉県都市公社	太海多目的公益用地	239	12	51
1999/09	富山県	日本道路公団 富山工事事務所	東海北陸自動車道真木トンネル工事 2号(薄型)	383.8	7.5	62
1999/09	富山県	日本道路公団 富山工事事務所	東海北陸自動車道真木トンネル工事 1号(薄型)	81.7	4.5	34.7
1999/09	富山県	日本道路公団新潟建設局 富山工事事務所	東海北陸自動車道 新屋工事 2号(薄型)	168.4	8.25	28.9
1999/10	富山県	日本道路公団新潟建設局 富山工事事務所	東海北陸自動車道 新屋工事 1号(薄型)	529.1	12	70.8
1999/10	富山県	日本道路公団新潟建設局 富山工事事務所	東海北陸自動車道 新屋工事 3号(薄型)	315.4	12	35.2

次ページ以降にこれらの施工時の写真を示す。

上越新幹線 湯沢電流線		
施 主	壁面積(m ²)	壁高(m)
鉄建公団土樽工事事務所	1218	4.5



利賀小学校グラウンド造成		
施 主	壁面積(m ²)	壁高(m)
富山県利賀村役場	277	6.0



美浜町立新庄小学校敷地造成		
施 主	壁面積(m ²)	壁高(m)
福井県美浜町役場	522	10.5



宇奈月ダム骨材プラント道路 5 号		
施 主	壁面積(m ²)	壁 高 (m)
建設省黒部工事事務所	834	8.0



広域営農団地農道整備事業 輪島地区		
施 主	壁面積(m ²)	壁 高 (m)
石川県輪島土地改良事務所	426	8.25



関越自動車道 土樽 C/B(その1,その2)		
施 主	壁面積(m ²)	壁 高 (m)
日本道路公団水上工事事務所	3185	11.5



東海北陸自動車道 新屋工事 1号		
施 主	壁面積(m ²)	壁 高 (m)
日本道路公団水上工事事務所	529.1	12.0



17 技術員社、右ササを用いた、セメントの設計、施工について

参考文献

- 1) (財)土木研究センター「補強土(テールアルメ)壁工法設計 施工マニュアル(第2回改定版)平成11年12月」p52
- 2) 日本道路公団「設計要領第一集 土工・舗装・排水・造園 昭和58年4月」第1編 土工 p59
- 3) 島博保, 奥園誠之, 今村遼平「土木技術者のための現地踏査」p148, 1981
- 4) 土質工学会「ロックフィルダム材料の試験と設計強度」p221~245, 1982
- 5) 日本鉄道建設公団 新潟新幹線建設局「上越新幹線工事誌(水上・新潟間)」p783
- 6) 小川憲保「岩石質材料を使用したテールアルメ盛土工法の設計・施工」土木技術 44巻3号 p77, 1989
- 7) 小林春男, 中野浩之, 福島伸二, 北島明「大規模テールアルメ補強土壁盛土の造成に用いた泥岩材のスレーキング対策」土木学会論文集 No.645 / -50, 291-306, p291, 2000.3
- 8) 建設省東北地方建設局東北技術事務所「ロックフィルダム工事の機械化に関する調査試験報告書」1973