

テールアルメ工法と「土」

1. はじめに

テールアルメの適用にあたって、設計、施工者の方からの質問や相談事項として盛土材料をふくんだ『土』についての質問等が頻繁にあります。テールアルメ工法が盛土を主体とした土構造物であることから当然質問の対象となりますが、一概に『土』といっても簡単には判断しにくいのが現状だと思います。今回はこの『土』を中心にして是非知ってきたいテールアルメ工法と『土』の関係を述べたいと思います。

2. テールアルメの設計と『土』

ご存じのとおりテールアルメ工法の特徴は、土の中にストリップを配置することで補強された盛土ができるという点で、垂直で高い壁面が施工可能なのも盛土全体がストリップによって補強されているからなのです。ストリップを盛土のなかにどのように配置するかを決定するのが「テールアルメの設計」ということとなります。

では「テールアルメの設計」にあたって『土』がどのように関係しているのでしょうか。ここでは設計にあたっての『土』について述べます。

(1) 土質定数とは・・

設計時の打合せの際に「土質定数」という言葉が良く使われますが、「土質定数」とは土の重量や強さの程度をいいます。土はその含まれる粒子の大きさによって重量や、強さに違いがあり性質も全て違います。この違いを「土質定数」によって区別するのです。

土質定数 ——(単位体積重量: γ)—水を含んだ土の重量
(内部摩擦角: ϕ) —土粒子どうしの摩擦やかみあわせの程
(粘着力 : C) —土粒子どうしの粘り気の程

土の強さを表す(内部摩擦角: ϕ)や(粘着力: C)はすべての土が持っているものですがその大きさは砂質土や粘性土といった土の種類によって異なります。例えば砂質土(砂が主体の土)の場合は ϕ が大きく C が小さい、粘性土(粘土が主体の土)の場合は ϕ が小さく C が大きいといった具合です。このように土によって重量も強さも異なるわけですから、土によってストリップが受ける力(土圧)も摩擦も違ってきます。

テールアルメの場合は、ストリップと土の間に生じる摩擦力が重要で、大きな摩擦力をとれるように摩擦効果の大きな(ϕ の大きな)砂質土を盛土材として用いるのです。

(2) 盛土材料と土質定数

(1)で述べたように、土によって土質定数は異なりますので、設計の際に盛土材料がどういった土であるのかを把握し、適正な土質定数によって設計しておくことで、物件が発注された後で改めて土質定数を見直し設計変更になるようなケースが少なくなるのではないのでしょうか。

盛土材料が未定の時の土質定数の目安ですが、テールアルメは砂質土を使用することを基本と考えていますので、表-1に示す土質定数を用いるのが一般的です。

表－1 一般的な土質定数

	内部摩擦角 ϕ	単位体積重量 γ
砂質土	30°	19 KN/m ³
礫質土	35°	20 KN/m ³

これは、日本道路協会「道路土工指針 擁壁工指針」に記載されている数値です。礫質土の場合は、あらかじめクラッシャーランや切り込み砕石等を使用することが決定している場合などに使用します。

一方、盛土材料に使用する土の試験（粒度試験・ふるい分け試験ともいう）の結果が得られている場合は、試験の結果によって土質定数を判断します。

又、細粒分（75 μ m以下の土粒子の含有量・粘土分とシルト分を合わせたもの）が25%を越えている場合には設計方法が変わったり、使用できなかつたりする場合がありますので注意してください。

(3) 外的安定と『土』

テールアルメの設計は、盛土内のストリップの配置を決定（内部安定の検討という）後、盛土全体の安定検討を行います。これを外的安定の検討といい、円弧すべり、沈下、架台の検討のことを指します。ここでは、外的安定と『土』について述べます。

〔円弧すべり〕

テールアルメの設計時には必ず行います。（但し、架台のある場合は、架台の計算を行いますので一般的に円弧すべりの検討はしません。）

円弧すべりは盛土が円弧状にすべろうとする力によって生じますが、地盤の土の強さでこのすべろうとする力に抵抗します。この2つの力の比較をしてどちらが大きいかが検討しているのが円弧すべりです。抵抗する土の強さがすべろうとする力の1.2倍以上ある時、「すべりに対して安全」ということになります。この検討をする時に必要となるのが盛土の土質定数、基礎地盤の土質定数で、近くで行われたボーリングの柱状図や報告書から推定します。

〔架台〕

架台は、岩盤を掘削して施工することが最低条件ですから、岩盤のあることがはっきりしている場合に用いて下さい。架台の検討では、盛土部の土の重量が必要になります。

〔沈下〕

沈下の検討は、基礎地盤に軟弱な粘土層がある時に検討することがありますが、このような軟弱層がある時は、円弧すべりの検討ですべることがほとんどですから、円弧すべりから決定した基礎地盤の対策工法を施すことで、沈下に対する対策が終了する場合も多く、沈下の検討をするケースは少ないのが実状です。

沈下の原因は、軟弱（含水比が高いために土の強さが極端に小さい）な粘性土が堆積している場合で、検討に必要なのは、粘性土の厚さ、含水比、圧密試験の結果等です。実際の沈下量を正確に計算するためには、圧密試験の結果が必要ですので、試験がされていない場合には計算できません。

4. テールアルメの施工と『土』— 盛土材料について

【現地発生材を使用する設計物件の注意点】

(1) 粒度試験

テールアルメ工法は、内部摩擦角の大きい砂質土や礫質土の盛土材とストリップとの摩擦抵抗を期待した工法なので、内部摩擦角の小さい粘性土は使用できません。マニュアルの規定では、75 μ m以下の細粒分の含有量が25%以下のものを使用することとなっています。細粒分の含有量が何%あるかということを知るためには「粒度試験」を行います。

現地で発生する盛土材料を使用するケースが多いと思いますが、現地に細粒分の含有量が25%以下の土が必要だけ発生するかということをあらかじめ客先に確認することがまず最初に必要です。盛土材料についてあらかじめ粒度試験が行われていれば、それで確認できます。

盛土材料の粒度試験が行われていない場合は、盛土材が発生する切土部分のボーリングデータ(柱状図)の記事よりある程度判断できます。しかし、たとえその記事に砂質土や礫質土と書いてあっても、あくまでも目視によるものです。又、日本統一土質分類では、砂質土や礫質土という名称は細粒分の含有量が50%以下のものをいうので、テールアルメに使用できるという絶対的なものではありません。盛土材料の粒度試験も盛土材が発生する切土部分のボーリングデータ(柱状図)もない場合はもうお手上げです。設計段階では、このようなケースが少ないので、施工時における盛土材料の確認試験が重要になってくるのです。

(2) 細粒分が多い場合の対応策

どうしても細粒分の多い現地発生土を使用しなければならない場合は、次に述べるような対策工を施した上で使用します。

細粒分の含有量が25%以下の盛土材料を[A]材料、細粒分の含有量が25~35%の盛土材料を[B]材料と呼んでいます。[B]材料は適応上の対応策を施した上で使用できます。適応上の対応策は以下の通りです。

- (i) 土質定数の低減——設計上、ストリップの摩擦係数を低減します。また、多くの場合、それに加え、内部摩擦角 ϕ を30° から25° 等に下げたりします。
- (ii) サンドイッチ工法 ——ストリップに接する部分を粗粒材とする方法。土のまき出し等の施工性が悪くなります。
- (iii) 土質改良材による土質安定処理——セメント系固化材などを用いて盛土材料を改良します。実際に試験室において土にセメント系固化材を混ぜて強度試験を行い、専門技術者の判断(川商の技術等)で添加量や施工法を決定します。

[B]材料よりさらに細粒分の含有量が多いものについては、専門技術者にに基づき、固化材を用いた混合改良を行うなどの方策も考えられます。

表2 細粒分の含有量による対応策

細粒分の含有量	現地発生土を使用				良質な購入土を使用
	無処理	土質定数の低減	サンドイッチ工法	固化材で混合改良	
25%以下	◎	—	—	—	—
25~35%	×	○	○	○	◎
35%以上	×	×	×	×	◎

◎:使用可 ○:検討後使用 △:問題あるが対応可能

(3) 現地発生材を使用した場合の各対応策の問題点

i. 土質定数の低減

- ① 安定性 設計計算上は合理的な方法で、安定上問題ありません。実際の施工上、細粒分の多い盛土材を使用するため、締固め不足がおこりやすく、含水比も高く、壁面の変位が起きやすいと

という問題点があります。

- ②**施工性** 盛土材料の細粒分が多く、含水比が高いため一般的に締固めがしにくいといえます。
- ③**経済性** 計算上、ストリップの本数が多くなり、長さも長くなるので、部材費が割高となります。
- ④**現場における制約** 掘削量も増え、切土の制約が厳しい山間部では難しい方法となります。

ii. サンドイッチ工法

- ①**安定性** 計算上は、内部摩擦角を低減して検討するので、問題ありません。

しかし、盛土材料すべてに細粒分の多いものを使用する(i)土質定数の低減の方法よりは良くなるものの、細粒分の多い部分がある程度残るため、その部分の締固め不足が懸念されます。ただし、粗粒材(通常クラッシャーランを使用)を層状に敷くため、土質定数低減の方法や固化材を用いた混合改良の方法よりも全体の排水性は良くなります。

- ②**施工性** 上下のストリップの間のまき出し・締固めは、通常3回で行いますが、サンドイッチ工法の場合は4回に増え、通常より手間が4/3倍多くなり、その分施工性が悪くなります。
- ③**経済性** テールアルメに使う盛土材のうち、粗粒材の割合はフィルター材を含めると1/3から1/2となりそれだけ材料費がかかります。
- ④**現場における制約** 粗粒材の仮置き場が必要となります。

iii. 固化材を用いた混合改良

- ①**安定性** セメント系などの固化材を用いた混合改良は、土のせん断強度を上げるために、内部摩擦角 ϕ でなく、粘着力 c の増加を期待する方法なので、土の内部摩擦角の大きい盛土材料とストリップとの摩擦力を期待している通常のテールアルメ工法の設計とは、構造的に異なってきます。特にストリップの摩擦係数をどの程度みるか等、まだ確立されていない面があります。

また、固化材を用いた混合改良は、水を完全に遮断してしまうため、全体的な排水性を確保するため、入念な排水対策が必要です。

- ②**施工性** 盛土材料を仮置き場で固化材と攪拌したのち、改良土を運搬し、まき出ししなければならず、施工性はかなり悪いといえます。
- ③**経済性** 固化材の材料費はもちろんですが、むしろ施工手間の方で金額が嵩んできます。
- ④**現場における制約** 盛土材料と固化材の攪拌をするための仮置き場が必要となってきます。

4) まとめ

基本的には良質な[A]材料である発生材や購入土で施工する方が、安定性や施工性の上で数段優れており、テールアルメ工法の特長をもっとも生かした方法です。購入土を使用する方法は、その材料費の他、残土処分の費用や運搬費が発生し、経済的には、混合改良やサンドイッチ工法に比べ、必ずしも優れているわけではありません。しかし、安定性や施工性等の面を考慮すれば、混合改良やサンドイッチ工法などの対策工に比べ、総合的に見て優れている方法であるというのが一致した意見です。したがって、盛土材料が使えない時はどうすればよいかという場合には、混合改良やサンドイッチ工法を勧める前に、購入土等の良質土を使用する方法をまず勧めます。止むを得ない場合の救済策として、混合改良やサンドイッチ工法などの対策工があります。