

補強土壁（テールアルメ工法） 資料集

2000.2

JFE 商事テールワン株式会社

テールアルメ工法の歩み	1
川商の補強土・カルバート工法	2
テールアルメ工法（広がる用途）	4
建築基準法・宅地造成等規制法施行令の大臣認定について	
・建築基準法 第38条における大臣認定	7
・宅地造成等規制法施行令 第15条における大臣認定	8
テールアルメ工法の信頼性の検証	
・検証 その1：兵庫県南部地震から5年 高まる構造物耐震性への関心	9
・検証 その2：耐久性の検証	10

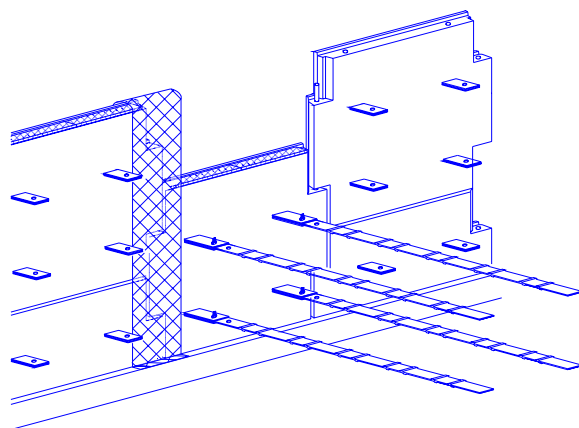
テールアルメ工法の歩み

年	海外	日本
1963	H. VIDAL氏テールアルメ工法を開発(フランス政府に認可される)	
1964	Pragueresにおける道路盛土に初めて適用	テールアルメ工法の原理を日本の特許庁に出願
1967	～ 73 フランス中央土木研究所(L.C.P.C)15件の実物構造物による各種実験・測定	国鉄鉄道技術研究所 上沢 弘氏が「土と基礎」にて補強土の紹介
1968	Roquebrum-menton間高速道路に使用	国鉄鉄道技術研究所 模型による各種実験
1969	Strasbourgにてライン河の水力発電向け重量資材運搬道路の橋台に初めて適用	国鉄鉄道技術研究所 補強土工法の大規模実験
1970	頂部に1000t荷重を受けるDunkerqueの石炭貯蔵ヤードの建設 Submarine Baseにて軍事施設初適用	建設省東北地方建設局にて現場実験 テールアルメ工法の外装材(コンクリートスキン)の特許庁に出願
1971	コンクリートスキンの開発	国鉄鉄道技術研究所 大型振動台による盛土の耐震性実験
1972		中央自動車道上野原工事区で本格的に施工
1973	Vallon des Bimes にてダムとして初適用	国鉄奥羽本線大張野羽後境線増工事に鉄道として初めて適用
1974	LNGタンク防油堤における火災や急冷却などに関する実験(USA)	テールアルメ工法の日本への技術導入契約が締結される JFE商事株式会社、特許実施件を取得
1975	リブ付きストリップの開発 テールアルメにおけるBHOタイプ防護柵の衝撃実験	
1976		民間物件(新潟)で建設大臣の個別認定を取得
1978		国鉄構造物設計事務所、「建設物設計標準解説—土構造物」に設計方法を示す 国鉄鉄道技術研究所、テールアルメ盛土の金属腐食実験
1979	フランスの設計指針"Les ouvrages en terre armee Recommandation et regles de l'art"がMinistere des Transportsより刊行される	建設省土木研究所、二次元模型による破壊実験
1980		建設省土木研究所、実大モデルによるガードレール衝突、スキン剥離など各種測定 施工実績 10万㎡を突破(JFE商事実績)
1981		建設省土木研究所、1/2モデルによる振動実験 建設省土木研究所編「補強土壁工法設計・施工指針(案)」刊行される
1982	Cermes におけるテールアルメ橋台の実物実験	日本テールアルメ協会設立 「補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル」刊行される (財)土木研究センター
1983		リブ付ストリップの導入、デザインスキンの開発 建設省土木研究所、さまざまな表面形状をしたストリップの引抜試験 国鉄構造物設計事務所編「補強土設計・施工の手引き」刊行される 日本道路公団編「設計要領・第一集・補強土」刊行される 昭和58年日本海中部地震におけるテールアルメ壁調査
1984	緑化テールアルメの開発に取り組む	財団法人 日本建築センター 基礎評定委員会において JFE商事株式会社のテールアルメ工法が一般評定をうける(6-25 BCJ-F318)
1985		日本道路公団試験所、複数盛土材によるストリップの引抜試験
1986		土質工学会編「補強土工法」刊行される 高速道路調査会編「補強土工法に関する研究報告書」刊行される
1988		(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(改定版)」刊行される 施工実績 50万㎡達成(JFE商事実績)
1989	テラベ - ル(緑化)テラトレール(仮設メッシュフェイス)の開発	ミニテールアルメ、マルチコーナースキンの開発
1990		テールアルメ橋台(汐見橋—複合タイプ)の施工
1991		実務者のためのテールアルメ工法の設計と施工(理工図書) 発行
1992		施工実績 100万㎡達成
1993		富山県 中部電力・福光連系所 において総壁高さ 35mの5段階テールアルメ施工 社団法人 建築振興協会 において「宅地造成に用いるテールアルメ工法検討委員会」を設 置、建設大臣の認定取得に向けての行動開始。 平成5年北海道南西沖地震におけるテールアルメ壁調査 科学技術庁防災科学研究所における実物大振動実験実施
1994	アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ノースリッジ地震発生 M6.7規模 テールアルメ工法は23事例を調査し健全	平成6年北海道東方沖地震におけるテールアルメ壁調査 平成6年三陸はるか沖地震におけるテールアルメ壁調査
1995		平成7年兵庫県南部地震の発生 震源から40km圏内の124現場を実地調査 土構造物である補強土壁工法の耐震性能の高さが認められる テラトレール工法の導入(石川県金沢市桜の散歩道)
1996		日本道路公団による薄型(タイプ)壁面材の開発・導入
1998		宅地造成等規制法施行令に基づく建設大臣認定取得(3月24日) 薄型14cm(タイプ)の開発・導入
1999	トルコ共和国 M7.4規模の地震発生(8.17) テールアルメ壁調査	
2000		補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル 第2回改訂版の発行 (財)土木研究センター テールアルメ工法の施工実績 407万㎡ 新型の緑化テールアルメ工法(テラヴェール)の導入

川商の補強土・カルバート工法

○テールアルメ工法

1963年フランスにおいてH.VIDAL氏が開発。1972年中央自動車道上の原地区で日本で最初に施工されて以来、28年の歴史を有する補強土工法の先駆け。国内での施工件数は10000件を超え、施工壁面積は407万㎡に及びます。土と鋼製補強材（ストリップ）の摩擦抵抗力により、安定した垂直盛土が構築できる経済的な工法として定着しています。



平成11年3月、道路土工 擁壁工に「補強土擁壁」の章が設けられました。これはテールアルメ等の補強土構造物が、道路構造物の一般的な工法として多くの発注者や設計施工技術者が、欠くことのできない工法として位置づけていることを示唆しています。テールアルメ工法をはじめとする「補強土」が、各種道路や造成等の工事に広く用いられ、また阪神地区広範囲に甚大な被害をもたらした平成7年兵庫県南部地震において、補強土工法が地震に対して、高い安定性を有することが認められたこと等が背景となっています。

川商のテールアルメ工法は、設計施工の現場から生まれるNeedsを反映させ、各種のテールアルメ周辺部材を開発し、安価でスピーディーな垂直盛土の構築をサポートしています。

○ミニテールアルメ工法

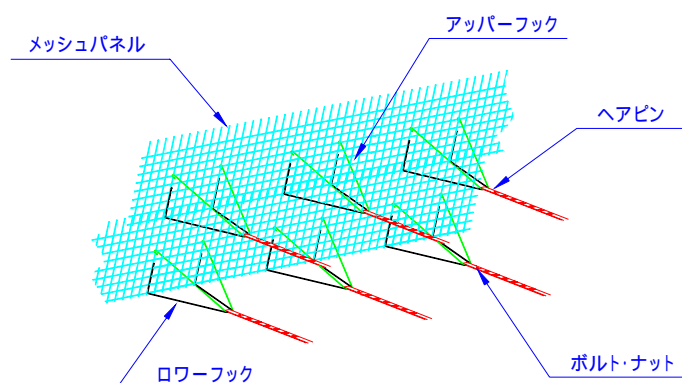
『軽量・安価なテールアルメのミニスケール版』

- ・ 壁面材は、はつりデザインの1m×1mサイズ、重量約500kg
- ・ ストリップは幅50mm 厚さ3mmのミニストリップで、長さは2.5m、3.0m、3.5mの3種類
- ・ 壁面材とストリップはボルトを用いないジョイントバー方式で施工性向上を実現。
- ・ 盛土高さ及び適用についての制限があります。

○ テラヴェール（緑化テールアルメ工法）

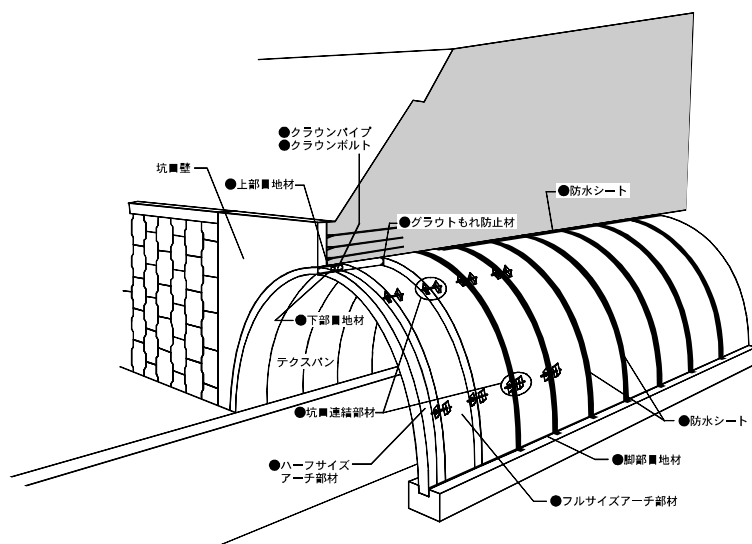
『壁面材に緑化を施し、経済性を追求した斜壁タイプ[®]の緑化補強土』

- ・ 補強原理は、テールアルメと全く同じです。
- ・ 壁面材は軽量鉄筋メッシュパネルに、植生マットを組合せて使います。
- ・ 部材は 5 種類程度で施工には重機を必要としない簡単なプレハブ式の構造です。
- ・ とても安価な工法ですから、仮設工事にも適しています。
- ・ 重機の入らない狭隘な場所でも、人力で施工できます。



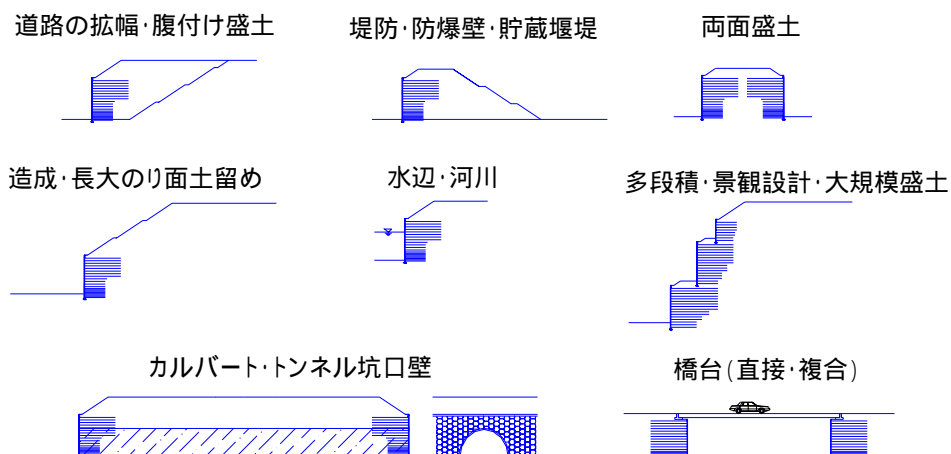
○ テクспан工法

『3点ヒンジ式のたわみ性カルバート...交通の遮断を最小限に抑える施工方法が可能です』



- ・ 工場製作のアーチ部材を現場で組立てるプレキャストアーチカルバート工法です。
 - ・ ヒンジ機能を有することにより、ボックス、アーチカルバートなどの剛な構造物と異なり、部材軸力が卓越し、部材に生じる曲げモーメントが低減出来るたわみ性の柔構造です。
 - ・ 大きなスパン、高い盛土にも対応出来ます。
 - ・ プレキャスト部材を用いた単純なアーチ部材の組合せですから、工期が短縮出来ます。
 - ・ 現場打設カルバートに比べて経済的です。
- テールアルメ工法（広がる用途）

テールアルメ工法は、あらゆる盛土の土留めとして広範囲の用途に対応しています。
 代表的な用途は、主に道路（高速道路・国道・地方道・農道・林道など）、造成（学校・公園など）の土留め工として採用され、十字形のパネルとコーナー部材などの組み合わせによって自在な平面線形が形作られています。



広範囲な用途

・水辺構造物（海岸線） 	・河川際、調整池など 
・造成（階段部も設計可能です）。 	・基礎フーチングとの併用で掘削の抑制がはかれます。 

・直接橋台 	・複合橋台 
・複合橋台 	・景観を考慮した設計 
・跨線橋、跨道橋の取付部を両面構造で計画し、用地の有効活用がはかれます。  	
多段積構造によって、30m以上の盛土も構築できます。  	
・産業施設(一般廃棄物処分場や工業団地など) 	・エネルギー施設(貯炭施設) 

用途の紹介（軽量盛土との複合施工事例）

施主：建設省関東地方建設局 ハツ場ダム工事事務所

工事名：尾坂橋半島部擁壁工事

1．特徴：構造形式が

「テールアルメ工法 + FCB（気泡混合軽量土） + L型擁壁」の複合形式
尾坂橋橋台に接続する両面タイプ

新技術・新工法を積極的に採用し、コスト縮減を目的としている。

工期短縮が可能。

ハツ場ダム本体完成時には、テールアルメ壁前面に護岸工が施工される予定。

2．規模：構造物高さ 24.326 m

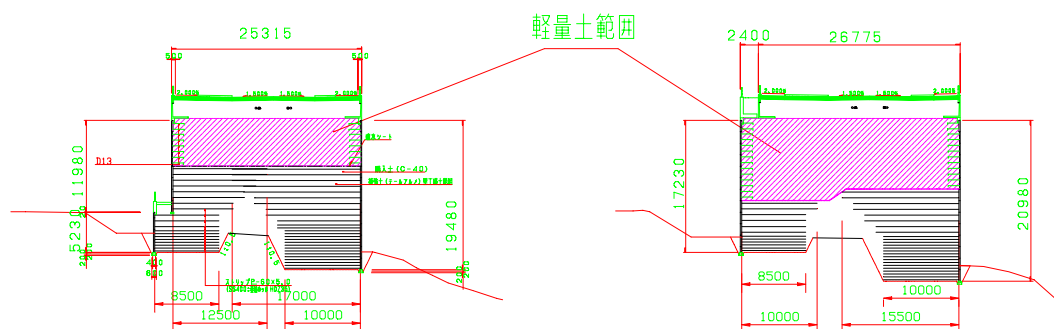
（テールアルメ壁、FCB（気泡混合軽量土）、L型擁壁含む）

壁面積：2026 m²（一般部 1281 m²、FCB部 745 m²）

3．擁壁部施工期間：平成11年5月～平成12年3月

4．FCB工法との併用

- ・軽量盛土による上載荷重の軽減効果
- ・両端部橋台への土圧軽減



建築基準法・宅地造成等規制法の大員認定について

・建築基準法 第 38 条における大員認定

川商のテールアルメ工法は、一般評定を取得していますので、一般評定の範囲内の構造であれば、建設省住宅局建築指導課へ進達し、審査を受けた後、大員認定を取得できます。

建築基準法においてテールアルメ壁は、建築基準法同施行令第 142 条（擁壁）に抵触しますが、同法第 38 条（特殊の材料又は構法）の規定に従って所定の手続きを踏めば、建設大員の大員認定を受けることができます。大員認定を受ける為には、（財）日本建築センターの審査により個別又は一般評定を得なければなりません。

JFE 商事株式会社のテールアルメ工法は、昭和 59 年 6 月 25 日（財）日本建築センターにおける基礎評定委員会から一般評定（BCJ - F 318）を取得しています。従って、この一般評定の範囲内であれば、大員認定を受けることができます。一般評定では、「壁高さは 15 m 以内・壁面材はコンクリートスキンなど」の条件があります。

建築基準法 第 38 条の建設大員認定を取得したテールアルメ壁は、32 件に及びます。

	工事名	評定年月日	評定番号	工事規模	都道府県名
1	五日市町立(仮称)観音中学校造成工事	S59.11.13	建設省広住指発第 18 号	Hmax= 8.3m , A= 981m ²	広島県
2	大野町立大野東中学校用地造成工事	S60.2.7	建設省広住指発第 2 号	Hmax=11.3m , A= 487m ²	広島県
3	奈良食肉流通センター用地造成工事	S60.10.18	建設省奈住指発第 24 号	Hmax= 6.0m , A=1,153m ²	奈良県
4	長崎(仮称)長与南陽台団地造成工事	S60.10.18	建設省崎住指発第 8 号	Hmax=14.3m , A=1,485m ²	長崎県
5	名取台ニュータウン小学校用地造成工事	S60.11.26	建設省城住指発第 29 号	Hmax=15.0m , A=3,027m ²	宮城県
6	土肥町・戸田村ごみ処理施設建設工事	S61.4.15	建設省静住指発第 16 号	Hmax= 8.3m , A= 311m ²	静岡県
7	松戸都市計画道路 3.3.7 号横須賀紙敷線道路改良工事 にともなう松戸市 21 世紀の森総合公園建設工事	S61.12.15	建設省千住指発第 81 号	Hmax= 9.0m , A= 464m ³	千葉県
8	市毛小学校敷地法面整備工事	S63.11.15	建設省茨住指発第 32 号	Hmax= 9.8m , A= 715m ²	茨城県
9	東海村ごみ処理施設建設事業造成工事	H11.1.20	建設省茨住指発第 37 号	Hmax=12.0m , A=2,197m ²	茨城県
10	三島市新設中学校敷地造成工事	H11.2.27	建設省静住指発第 39 号	Hmax=11.23m , A=2,802m ²	静岡県
11	ニューヨーク市立大学広島校 第 3 運動場建設事業	H2.4.25	建設省広住指発第 8 号	Hmax=13.00m , A= 807m ²	広島県
12	向山小学校運動場拡張及び法面整備工事	H2.7.24	建設省静住指発第 23 号	Hmax=11.98m , A=1,194m ²	静岡県
13	三島市葬祭会館	H3.12.20	建設省静住指発第 45 号	Hmax=14.98m , A=2,623m ²	静岡県
14	東村山市立回田小学校校庭整備事業	H4.1.28	建設省東住指発第 26 号	Hmax=11.98m , A= 427m ²	東京都
15	中野区仙石原中野荘改築造成工事	H4.4.4	建設省東住指発第 28 号	Hmax= 8.98m , A= 671m ²	東京都
16	グリーンヒル音羽造成工事	H4.6.2	建設省愛住指発第 42 号	Hmax=11.98m , A=5,560m ²	愛知県
17	東村山市立回田小学校校庭整備事業	H4.6.17	建設省東住指発第 269 号	Hmax= 5.98m , A= 176m ²	東京都
18	銚子町営清掃センターごみ処理施設整備工事	H4.7.10	建設省茨住指発第 38 号	Hmax= 5.98m , A= 313m ²	茨城県
19	県民総合健康センター造成工事	H4.10.15	建設省静住指発第 29 号	Hmax=11.230m , A=2,369m ²	静岡県
20	榛原町総合グラウンド建設事業	H11.2.9	建設省静住指発第 37 号	Hmax= 9.73m , A= 947m ²	静岡県
21	佐倉市立南部中学校拡張用地造成工事	H5.8.10	建設省千住指発第 78 号	Hmax= 9.73m , A= 823m ²	千葉県
22	(仮称)角間新田団地造成工事	H5.11.24	建設省長住指発第 38 号	Hmax=12.00m , A=2,924m ²	長野県
23	阪南丘陵宅地造成工事	H6.3.14	建設省阪住指発第 57 号	Hmax=13.48m , A=2,605m ²	大阪府
24	新清掃センター用地造成工事	H6.3.23	建設省静住指発第 10 号	Hmax= 5.98m ~ Hmax= 12.73m A=3,514m ²	静岡県
25	砂谷中学校グラウンド造成工事	H6.5.10	建設省広住指発第 6 号	Hmax=10.48m , A=1,133m ²	広島県
26	(仮称)長与団地開発事業	H7.1.12	建設省崎住指発第 1 号	Hmax= 9.73m ~ Hmax= 13.48m A=2,192m ²	長崎県
27	貝塚市三ヶ山地内公園墓地建設事業	H7.3.30	建設省広住指発第 54 号	Hmax=13.48m , A= 856.6m ²	大阪府
28	長与町後川内土地区画整理事業	H8.2.2	建設省崎住指発第 2 号	Hmax=11.25m ~ Hmax= 13.50m A=1,273.6m ²	長崎県
29	サッカー公園整備事業	H8.7.19	建設省広住指発第 35 号	Hmax= 7.50m ~ Hmax= 8.00m A=1,453.4m ²	広島県
30	(仮称)東長崎ニュータウン開発事業	H10.4.10	建設省崎住指発第 7 号-3	Hmax=9.00m ~ Hmax=15.00m A=4.	長崎県
31	東松山市立市民病院駐車場用地擁壁改修工事	H10.10.7	建設省玉住指発第 69 号-2	Hmax=2.98m, A=133.906 m ²	埼玉県
32	深溝運動場擁壁築造工事	H11.6.18	建設省霞住指発第 75 号-2	Hmax=10.48m, A=520.1 m ²	愛知県

・宅地造成等規制法施行令 第 15 条における大臣認定

宅地造成等規制法施工令 第 15 条大臣認定擁壁 「テールアルメ擁壁」

概要

宅地造成工事規制区域内で行う宅地造成に係わる擁壁は、種類とその構造が施行令の第 6 条から第 10 条に定められています。しかし、それ以外のものでも建設大臣が政令で定められたものと同等以上の効力があると認めた場合は使用することができます(令 15 条)。

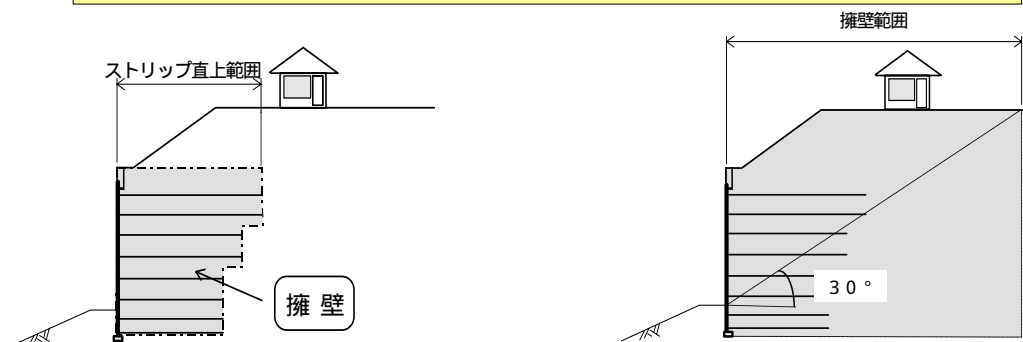
平成 10 年 3 月 24 日 テールアルメ工法の原理に基づく宅造擁壁「テールアルメ擁壁」が宅地造成等規制法施行令第 15 条の建設大臣認定を取得しました。

平成 2 年から(社)建築研究振興協会に委託された「宅地造成に用いるテールアルメ工法検討委員会」(委員長:阪口 理氏)により審議が行われ、宅地擁壁としての信頼性・安全性等が検討されました。宅地造成という重要度の高い盛土の擁壁として使用されるため、補強材の敷設領域の拡大等により安全性を向上させています。補強土壁工法による宅

造認定擁壁としては初めての認定となります。「テールアルメ擁壁」は、地上見附高さで 15 m までが認定されていますが、擁壁の背面土地利用や維持管理者に関する制限事項がありますので留意が必要です。

擁壁の設置場所

擁壁背後の土地の利用制限を将来にわたって担保するため、テールアルメ擁壁は地方公共団体またはこれに準じる機関が管理することとなる土地、もしくは地区計画等により土地利用計画が保全することが確実である土地の区域に制限されています。
また、ストリップ直上範囲は、仮設構造物及び軽微な工作物以外の建築物・工作物の設置が制限されています。



宅地造成等規制法施行令第 15 条認定擁壁 「テールアルメ擁壁」施工実績

施工年月	地区	施主	工事名	壁面積 (㎡)	壁高さ (m)	延長 (m)
1998.3	東京都	住宅都市整備公団	南八王子地区 1-35 街区擁壁工事	239.1	5.98	58.28
2000.2	奈良県	学校法人 金光学園	金光藤蔭高等学校グラウンド造成工事	946.1	9.00	141.87

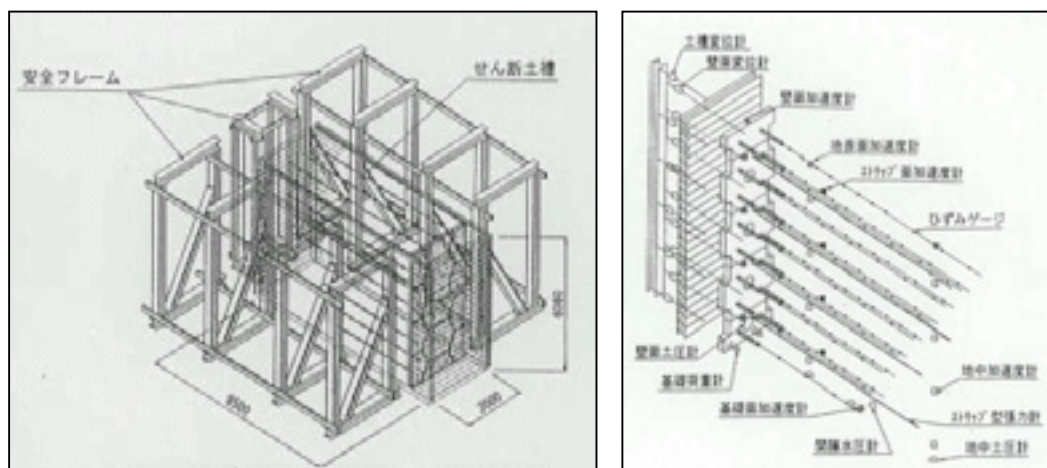
テールアルメ工法の信頼性の検証

・検証 その 1 :

兵庫県南部地震から 5 年。高まる構造物耐震性への関心。

テールアルメ補強土擁壁の地震時特性に関する振動実験

テールアルメ工法の地震時における安定性については、カリフォルニア大 (UCLA) K. L. Lee 建設省土木研究所 日本国有鉄道などで、模型実験や 1/2 モデル実験が行われ、その地震時特性が研究されています。(財)土木研究センター発行 補強土 (テールアルメ) 壁工法 設計施工マニュアルでは、これらの研究の成果を踏まえた地震時の増加土圧力の算定方法などが示されています。テールアルメ工法の地震時挙動として、盛土変形が微少で、高い安全性を発揮することは過去の地震の影響調査からも明らかになっており、設計法の妥当性やテールアルメ盛土の持つ高い安定性の証明ともいえます。
また建設省建築研究所 防災科学技術研究所 では1994年4月15日～1994年7月25日 にかけて試験盛土体 (高さ 6 m、幅 3 m、長さ 8.5 m) による実物大振動実験を行いました。実験ではテールアルメ壁に作用する地震時土圧、補強材や盛土材料に働く力および補強土壁の変形挙動を調べました。実験の結果、振動時に壁面材・補強材および盛土材料が一体となって挙動し、部材に位相のずれがない、振動時の土圧増加量は、土被りに比例する三角形分布である。などの結果が得られており、地震時のテールアルメ壁の挙動や設計法の妥当性が検証されています。



建設省建築研究所 防災科学研究所 振動実験の実物大モデル

補強土（テールアルメ）工法 設計・施工マニュアルの考え方

テールアルメ設計施工マニュアルの地震時設計は、テールアルメ工法特有の盛土挙動、内部応力について模型実験や 1 / 2 スケールモデル振動実験によって独自の耐震設計を採用しています。土圧力の増加量などについて、米国 UCLA の研究や建設省土木研究所での実験をもとに、その割増し係数を定めています。同じく実験的な研究により、地震時の主働領域についても、その範囲を拡大しています。設計の妥当性は、実物大の振動実験による検証や、地震の影響によってテールアルメの安定性が損なわれた事例のないことが証明しています。詳細は、補強土（テールアルメ）壁工法設計・施工マニュアル 103 ~ 105 頁を参照してください。

各地の地震調査報告が裏付ける高い耐震性

川商では、数々の地震発生後におけるテールアルメ現地調査を実施し、テールアルメ壁の損傷をチェックし、高い耐震性を有する工法であることを検証しています。海外でも米国ロサンゼルスやトルコにおいて、大地震の後、構造物調査が行われ、国内と同様に高い耐震性を確認しています。

・検証 その 2 ： 耐久性の検証

テールアルメの耐久性は、盛土内におけるストリップ（溶融亜鉛メッキつき鋼帯）の耐食性です。多くの研究から得られた結果をもとにストリップの腐食度を定め、十分な耐久性を確保しています。またストリップの耐食性に関する研究は、国内外で継続的に行われ、経時変化状況等を検証しています。

設計のなかには定量的な数値としては反映されていませんが、ストリップには周知の通り溶融亜鉛メッキが施されており、さらに高い耐久性が期待できます。

設計におけるストリップの腐食度

テールアルメの内部安定計算は、ストリップの厚みは通常 3 mm として行います。すなわち実際のストリップ製品厚さは 4 mm ですから $4 - 3 = 1$ mm 分が、設計には見込まれない「設計断面に至るまでの腐食厚さ」を目的とした厚みです。これがストリップの耐久性における「腐食しろ」と呼ばれているものです。

設計ではテールアルメ壁の用途や重要度、腐食環境によって腐食しろの厚みを定めています（水辺で使用される場合に腐食しろを 1 . 5 mm とするなど）。

溶融亜鉛メッキ

亜鉛は環境にもやさしく、又、土木構造物の耐食材として高い信頼性のある材料です。ストリップはその全周囲を、溶融亜鉛メッキ HDZ35 (1 m² に 350g の亜鉛付着量) により保護しています。

旧国鉄における補強土壁の調査・研究

旧国鉄ではテールアルメ盛土内などで経時変化を調査しています。旧国鉄では、標準的な盛土材料を使用していれば、ストリップに対する平均的な腐食率はおおむね 0.001mm/年のオーダーであろうと予測しています。

詳細は、補強土（テールアルメ）壁工法 設計・施工マニュアル 289 頁 技術資料 技資 7 鋼材の腐食に掲載されています。