

荷 重

1. 荷重の種類

補強土壁の設計にあたっては、設置位置における気象条件や環境条件、使用目的、施工条件、補強土壁の規模などから必要とされる荷重を表1から選択するものとし、必ずしも、同表に示したすべての荷重を採用する必要はない。

表1 荷重の種類

荷 重 の 区 分	荷 重 の 種 類
主 荷 重	1. 自 重
	2. 載荷重
	3. 土 圧
従 荷 重	4. 地震の影響
主荷重に相当する 特殊荷重	5. 雪荷重
	6. 特殊な条件における荷重
特 殊 荷 重	7. 補強土壁の直上に設置された道路防護柵の衝突荷重
	8. その他の特殊荷重

2. 自 重

補強土（テールアルメ）壁の自重は、安定を検討する際の重要な要素である。補強土（テールアルメ）壁の盛土体のなかには、ストリップが埋設されており、また、壁面にはスキンエレメントが配置されるが、補強土壁の全体からみれば、これらの重量は無視しうるほど小さく、また、盛土体そのものの重量についても、変化のある数値を工学的判断から固有値として割り切って用いている。このため、一般には、補強土壁の自重は、ストリップやスキンエレメントの重量を除いた盛土体のみの重量を考えて差しつかえない。

3. 載 荷 重

(1) 活荷重

補強土壁の上面が道路となる場合には、通常、(10kN/m²)の載荷重を考慮する。ただし、特殊な重車両を通行させるための工事用道路などについては、別途適切な値を定めるものとする。

主としてダム建設や大規模な土地造成工事などにおいては、一般道路を走行できない車両構造令の適用外の大型建設機械が用いられることが多く、このような車両（主としてダンプトラック）の通行が予定されている工事用道路などに適用される補強土壁については、通行する車両に見合った適切な載荷重の値を見込んでおく必要がある。このときの値としては、通常、下の式で算出すればよい。

$$q_L = \frac{\text{車両の総質量}}{\text{車両占有長さ} \times \text{車両占有幅}}$$

鉄道構造物の場合は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物 抗土圧構造物」（運輸省鉄道局監修 平成9年3月）により、載荷重の大きさは、表2のように定められている。

表 2 上載荷重の大きさ

	単位 kN/m ²		
	q ₁	q ₃	q ₂
在 来 線	10	24	48/B
新 幹 線	15	20	40/B

注) 上記の荷重が設計上必要ないと思われる場合でも、のり面上を除き、10kN/m²の上載荷重を考慮しておかなければならない。

補強土(テールアルメ)壁はストリップを埋設した範囲の盛土体の全体がその構造体であるので、スレンダーな構造物とは考えられないため、これらの活荷重に対する衝撃は、一般に考慮する必要はない。ただし、鉄道橋の橋台のアプローチに適用される場合については、上記の設計標準によれば、橋台に対する荷重の組合わせで危険側の影響を与えるときは、衝撃を見込むこととなっているので、構造物の強さの連続性の観点から、これの取扱いについてあらかじめ考慮しておく必要がある。

(2) 上載盛土荷重

通常の擁壁においても、背面の地盤が均一でない場合の土圧力の算定方法は、土圧そのものの考え方とも関連した複雑な問題を含んでおり、理論的に明快な手法が提示されるに至っていないのが現況である。また、従来の擁壁においては、裏込め土は、擁壁の背後も上載盛土も、ほぼ同一の土の単体であるが、補強土壁においては、上載盛土は通常の土砂であるものの、補強土壁構造の盛土部は、ストリップが埋設されることにより見掛けの粘着力が付与された強度の高いものとなっていることから、従来の擁壁などとは明らかに挙動が異なる。

これらのことから、補強土(テールアルメ)壁の場合には、上載盛土を一種の荷重と考え、盛土の重量に見合った一様荷重が、補強土壁の上に負載されるとみなすものとする。このときの荷重としての大きさの算出は一般に次に示す方法による。

いま、着目点MをM(H/2,0)にとり、この着目点における鉛直土圧は次のように考える。

$$q_1 = q \cdot x / l = \gamma_2 \cdot H_1 \cdot x / l$$

ここで、着目点Mは、 $x = H / 2$ であるから上式は

$$q_1 = \gamma_2 \cdot H_1 \cdot \frac{H / 2}{l}$$

上載盛土ののり面が一定勾配のときは、 $H_3 / H_1 = x / l$ であるので上式は

$$q_1 = \gamma_2 \cdot H_1 \cdot H_3 / H_1 = \gamma_2 \cdot H_3$$

ここで問題となるのは、着目点の位置の選びかたであるが、従来からも補強土(テールアルメ)壁の設計にはこの方法が慣用されており、これによって完成した構造体に支障のないこと、および少数ではあるが実際の構造物における実測結果をみても、計算値と比較的よい一致を示していることなどから、一般には上記の方法によっても問題はないものと考えられる。

なお、上載盛土高 H_1 が2m程度以下の場合には、壁高にもよるが、一般には前述の式を適用しても $x / l \ll 1$ となることが多く、実際に即して考えれば、 x / l 項によって荷重を低減させる必要もないことから、壁高にかかわらず $q_1 = \gamma_2 \cdot H_1$ としておけばよい。

(3) その他の載荷重

補強土(テールアルメ)壁が他の構造物の基礎となる場合は、上載する構造物の有効載荷面積に作用する地盤反力を載荷重と考える。補強土橋台の場合についても、その扱いは全く同様である。また、補強土橋台の上部工水平反力及びこれに類似する水平方向の外力のあるときは別途検討する。

補強土(テールアルメ)壁の上面に、各種のタンク類や工業用のプラント、あるいは建築物などが構築される場合は、それらの上載構造物の実情を考慮して適切な荷重の大きさを算定しておくものとする。

4. 地震の影響

(1) 基本的な考え方

テールアルメのような比較的柔な壁面を有する補強盛土は、地震時には周辺地盤や補強盛土の変形に追従して一体となって挙動する。地震の影響として補強領域およびその背面の盛土の自重に起因する地震時慣性力と地震時土圧を考慮する必要がある。

テールアルメの壁面材は、分割されたコンクリート製および変形しやすい鋼製であるため、地震の影響により壁面材に作用する曲げやせん断は小さいものと考えられる。したがって、現行の壁面材については地震の影響を考慮しなくてもよい。

地震時の安定検討で考慮する設計地震動は補強土壁の重要度と復旧の難易度を勘案して、供用中に発生する確率の高い地震動(中規模地震動)とし、耐震検討を行う。ただし、きわめて重要な二次的被害のおそれのあるものについては大規模地震動対応の耐震検討を行う。ここでいう大規模地震動とは供用期間に発生する確率は低いが大きな強度をもつ激しい地震動を意味する。

(2) 設計水平震度

地震の影響を考慮する場合の設計水平震度は次式により算出するものとする。

$$k_h = c_z \cdot k_{h0}$$

ここに、 k_h : 設計水平震度(小数点以下2桁に丸める)

k_{h0} : 設計水平震度の標準値で、表3を用いてもよい。

c_z : 地域別補正係数(表4)

表3 設計水平震度の標準値 k_{h0}

地 盤 種 別	I 種	II 種	III 種
中規模地震動対応	0.12	0.15	0.18
大規模地震動対応	0.16	0.20	0.24

耐震設計上の地盤種別は、原則として地盤の特性値 T_G により区別し、表4によるものとする。地表面が基盤面と一致する場合は I 種地盤とする。

表4 耐震設計上の地盤種別

地盤種別	地盤の特性値 T_G (s)
I 種	$T_G < 0.2$
II 種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III 種	$0.6 \leq T_G$

地盤の特性値 T_G は、次式によって算出するものとする。

$$T_G = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}$$

ここに、 T_G : 地盤の特性値(s)

H_i : i番目の地層の厚さ(m)

V_{si} : i番目の地層の平均せん断弾性波速度(m/s)

値は下式によるものとする。

$$\left. \begin{array}{l} \text{粘性土層の場合} \\ V_{si} = 100 N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \\ \text{砂質土層の場合} \\ V_{si} = 80 N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \end{array} \right\}$$

N_i : 標準貫入試験によるi番目の地層の平均N値

i : 当該地盤が地表面から基盤面までn層に区分されるときの地表面からi番目の地層の番号

ここでの基盤面とは、粘性土層の場合はN値が 25 以上、砂質土層の場合は N 値が 50 以上の地層の上面、もしくはせん断弾性波速度が 300m/s 程度以上の地層の上面をいう。

5. 雪 荷 重

(1) 雪荷重の大きさ

雪荷重を考慮する必要がある地域においては、設置地点の実情に応じて適切な値を定めるものとするが、道路に適用される補強土壁に雪荷重が載荷される状態としては

- a) 十分圧縮された雪の上を車両が通行する場合
- b) 雪だけが荷重としてかかる場合

に分けることができ、a) の場合については、積雪がある程度以上になれば、規定の荷重が通行する機会はきわめて少なくなる。したがって、所定の活荷重のほかにとるべき雪荷重としては、通常 $1\text{kN}/\text{m}^2$ (圧縮された雪で約 15cm 厚) を考慮する。

また、b) の場合については、道路を支える補強土壁だけでなく、他の一般的な使用状態のときにも発生する。この場合には、既往の最大積雪量、積雪の頻度、雪の性質などを考慮して適切な雪荷重の大きさを決定する必要がある。

雪の平均単位体積重量は、地方や季節などにより異なるが、多雪地域においては一般に $3.5\text{kN}/\text{m}^3$ としてよい。また、設計積雪深は、通常の場合には、設置地点における再現期間 10 年に相当する年最大雪深を考慮すればよい。

このほか、地形的に吹き溜りとなる箇所や北向きの斜面などで、積雪の凍結が予想される場合などについては、雪の沈降力によって水平に近い角度で谷側に引込む力が作用することがある。この力は予想以上に大きなものとなることがあるため、構造細部も含めて慎重に対処しておかなければならない。

鉄道構造物の場合は、大雪となっても列車の運行が止まらない限り、レール面上に積もる雪の量は多くないので、通常、列車と雪荷重を同時に載荷する必要はない。

(2) 雪荷重の載荷方法

積雪は、特別な状況でない限り地表面にほぼ均等な厚さで分布するので、補強土壁の上にある上

載盛土ののり面にも、盛土上部の水平面と同一の大きさの等分布荷重が作用するものとして取扱うものとする。

6. 特殊な条件における荷重

(1) 水際に設置される補強土壁の残留水圧

補強土壁の前面が、ゆるやかな河川やため池など一定の水位を有する水面に直接接している補強土壁については、この前面の水の最高の水位と最低の水位の間に水頭差が生じ、これによって残留水圧を発生するおそれがある。このように、水際に設置される補強土壁の構築にあたっては、特に盛土材料を厳選し、透水性のよいものを用いるとともに、壁の背面及び盛土体の一定深さごとにフィルタ一層を設けるなど入念な設計と施工により、残留水圧をできるだけ発生させないようにすることが原則である。しかし、盛土材料が透水性の良い材料以外の場合は、壁前面の水が短時間に水位低下をした場合には、壁内外に水頭差が生じることは十分予測されるので、この水頭差に基づく残留水圧による水平力をあらかじめ考慮しておくのがよい。

補強土壁内の残留水圧を水頭差 Δh を算出する際、どの程度の時間差を考えるかが問題となる。水位の観測が継続して行われている場合には、一般に 48 時間の水頭差のうち最大の値をとるものとし、これらの資料が不足している場合には、前面の河川や、ため池等の状況を十分判断したうえで適切な水頭差を考慮するものとする。

(2) 補強土橋台における上部工の水平反力

補強土橋台では、通常の補強土壁における土圧力に加えて、固有の水平方向の外力として、上部工の水平反力が加わることとなるので、この影響も考慮しておかなければならない。

7. 道路防護柵の衝突荷重

道路に適用される補強土壁では、車両や通行者の安全のため路肩に防護柵を設置するのが一般的である。この防護柵に車両が衝突した場合には、補強土壁の壁面と防護柵の設置位置が近づくにしたがってより大きな影響を与えることは明らかであるので、このときの安全度をあらかじめ検討しておく必要がある。

このとき影響を与える要素としては、外力としての衝突荷重そのものの大きさと壁面から防護柵の設置位置までの離れが考えられる。

(1) 衝突荷重の大きさ

「道路土工―擁壁工指針」(日本道路協会)によれば、車両が防護柵に衝突したとき、防護柵の直角方向に持ち込む運動エネルギーが水平材を経て支柱に加わる力は、表5の値としている。

また、高架区間や都市内の高速道路に多用されている壁型剛性防護柵の設計荷重は、表6が採られている。

表 5 支柱式防護柵の衝突荷重

防護柵の種別	衝突荷重 P (kN(tf))	擁壁天端からの 作用高さ h(m)
SS, SA, SB	55(5.5)	0.76
SC	50(5.0)	0.675
A	50(5.0)	0.6
B, C	30(3.0)	0.6

表 6 剛性防護柵の衝突荷重

防護柵の 種 別	衝突荷重P(kN(tf))			路面からの作用高さ h(m)
	短スロープ型	フロリダ型	直壁型	
SS	135(13.5)	138(13.8)	170(17.0)	1.0
SA	86(8.6)	88(8.8)	109(10.9)	1.0
SB	57(5.7)	58(5.8)	72(7.2)	0.9
SC	34(3.4)	35(3.5)	43(4.3)	0.8

このようなことから、土中埋込型の防護柵を設置する際には、 $x \geq 1.5\text{m}$ としておくことが望ましい。用地幅や線形などの関係から、どうしてもこれだけの距離をとれない場合については、「防護柵の設置規準・同解説」(日本道路協会)の趣旨にしたがって、安定を検討しておくのがよい。

(3) 歩道用の防護柵や高欄について

補強土壁の上部が、歩道や自転車道となっていて、群集荷重がかかり、しかも路外への転落により危険が伴う場合における高欄等については、「道路橋示方書・共通編」に準じて、歩道等の路面から110cm以上の高さとするを標準とし、その側面に直角に2.5kN/mの推力が頂部に働くものとする。

鉄道に適用される場合には「線路保守設備標準」により、擁壁及びそれに類するもので高さ2.0m以上の箇所には、必要により安全柵を設けることとなっており、このときの荷重は「国鉄建造物設計標準鉄筋コンクリート構造物及び無筋コンクリート構造物」(昭和58年4月)で、手すりに作用する力を一般に0.7kN/m、非常に密集した群集が載るところでは2.5kN/mとし、歩道面から高さ1.5mの位置または手すりの上端において手すりに直角かつ水平に作用させることとなっている。