

第4章 擁壁

1. 適用

擁壁は、用地や地形等の条件により土構造ではのり面の安定を確保できない場合に、土砂の崩壊を防ぐために設けられる抗土圧構造物である。

本章では、一般的な擁壁工の設計の考え方について示すものであり、特殊な擁壁については各種の基準によるものとする。

擁壁の設計施工に関する基準類は表1.1に示すものがあることから、各々の現地条件に適合した具体的な判断を必要とする場合は、これらを参照して安全な設計を行うこと。

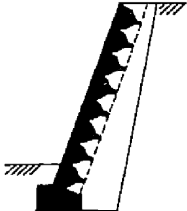
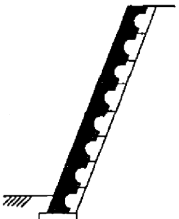

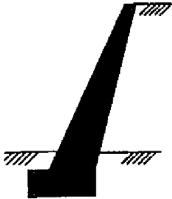
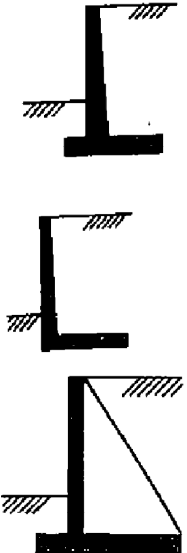
表1.1 基準類

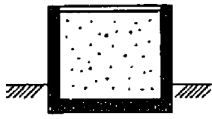

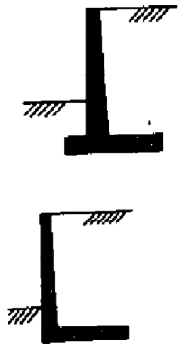
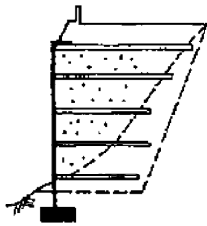
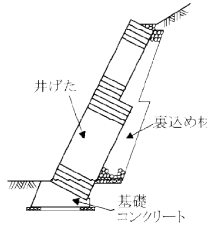
示方書・指針等	発行年月日	発刊者
道路土工・擁壁工指針	H24.7	(社)日本道路協会
建設省制定土木構造物標準設計 第2巻(擁壁)	H12.9	(社)全日本建設技術協会
建設省制定土木構造物標準設計 第2巻(擁壁) 解説書および手引き	H12.9	(社)全日本建設技術協会
建設省制定土木構造物標準設計 第2巻数値表	H12.9	(社)全日本建設技術協会
土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル(案) [土工構造物・橋梁編] 土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・ 施工の手引き(案) [ボックスカルバート・擁壁編]	H11.11	(社)全日本建設技術協会
道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編	H24.3	(社)日本道路協会
道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編	H24.3	(社)日本道路協会
杭基礎設計便覧	H19.1	(社)日本道路協会
杭基礎施工便覧	H19.1	(社)日本道路協会
防護柵の設計基準・同解説	H20.1	(社)日本道路協会
車両用防護柵標準仕様・同解説	H16.3	(社)日本道路協会
補強土(テールアルメ)壁工法 設計・施工マニュアル 第3回 改訂版	H15.11	(財)土木研究センター
多数アンカー式補強土壁工法 設計・施工マニュアル 第3版	H14.10	(財)土木研究センター
ジオテキスタイルを用いた補強土の 設計・施工マニュアル 改訂版	H12.2	(財)土木研究センター
大型ブロック積擁壁設計・ 施工マニュアル(改訂版)	H16.9	(社)土木学会 四国支部

2. 擁壁工の種類と特徴

擁壁は、地形・地盤の状態、盛土高さ、用地面積、構造物の重要度および施工条件等に対して適用できるようにさまざまな種類があるが、代表的な擁壁とその特徴を表2.1に示す。これらの中から現地の状況に見合った形式を選定するものとする。なお、型式選定の理由はいずれの場合においても明確にしておくことが必要であり、それらデータが将来にわたり確保されるような配慮も必要となる。

表 2.1 擁壁の種類と特徴 出典：土工指針に加筆

擁壁の種類	形状	擁壁高さ	特徴	採用上の注意点	経済性
ブロック積擁壁 (石積擁壁)		・5m 以下	・のり面勾配, のり面長および平面線形等を自由に变化させることができる	・のり面の保護 ・土圧の小さな場合に適合するものとする ・前面に水位がある場合はその構造に注意が必要	・他の形式に比較して経済的である
大型ブロック積擁壁		・8m 以下	・プレキャスト部材で施工性が良い ・3~5分勾配	・安定計算を行う	・比較的経済的である ・施工が早い
重力式擁壁		・5m 程度以下	・コンクリート擁壁の中では施工が最も容易である	・基礎地盤の良い場合(底面反力が大い) ・杭基礎となる場合は不適である	・高さが低い場合は経済的である ・高さが4m程度以上の場合は不経済となる
もたれ式擁壁		・10m 程度以下	・山岳道路の拡幅等に有利 ・自立しないので施工上注意が必要である	・基礎地盤の堅固な場所が採用条件である ・高さが変化する場合も対応しやすい	・比較的経済的である
片持ばり式擁壁 (逆T型, L型, 逆L型, 控え壁式)		逆T型, L型, 逆L型 ・3~10m 程度 控え壁式擁壁 ・10m 程度以上	・かかと版上の土の重量を擁壁の安定に使用できる。 ・現地の状況に応じた形状が設定できる(底版部)	・普通の基礎地盤以上が望ましい ・基礎地盤のよくない場合に用いられる例はある(底面反力は比較的小さい) ・高さが極端に変化する場合は配筋上から不適である	・比較的経済的である ・控え壁式擁壁においては擁壁高さが高い場合に有利となるが, 現場条件に左右される

擁壁の種類	形状	擁壁高さ	特徴	採用上の注意点	経済性
U型擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> ・アプローチ擁壁として適用されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・無筋コンクリート構造, RC 構造があるが, 擁壁高さが変化する場合, RC 構造は不利である 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路幅員および擁壁高さの関係によっては, 単独擁壁よりも経済的である
		—	<ul style="list-style-type: none"> ・L型擁壁を組合わせ, 底版を一体とした構造で, 道路を半地下構造とする場合に有利である 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計に際して水圧の影響, 浮上りに対する安定性の検討に注意する必要がある ・排水施設を必要とする場合が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・掘割道路や立体交差部等に適用され経済的となる場合がある
プレキャスト擁壁		—	<ul style="list-style-type: none"> ・施工の省力化, 工期短縮が図れる ・現地の搬入条件に左右される 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎地盤を含めた全体の安定に注意が必要である ・ブロック相互の連結部に注意する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・少量の場合, 不経済になることがある
補強土壁		<ul style="list-style-type: none"> ・3~18m程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・補強材に盛土自体も強化させる ・壁面前面に余裕のない場合に利用される ・現地への部材の搬入も比較的容易である ・基礎工が小さくできる 	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土材の選定に注意する必要がある ・補強材と盛土の一体化される区間が必要である ・前面に水位がある場合は立地条件, 水位変動, 盛土材料選定に注意する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・擁壁高さが高い場合に有利となるが, 現場条件に左右される
井げた組擁壁		<ul style="list-style-type: none"> ・15m程度以下 	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャストコンクリート等の部材を井げた状に組み中詰め材を充填するもので, 透水性に優れている 	<ul style="list-style-type: none"> ・もたれ擁壁に準じた設計を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・山間部等で湧水や浸透水の多い箇所では経済的となる場合がある

擁壁の種類	形状	擁壁高さ	特徴	採用上の注意点	経済性
特殊擁壁 (山留め式 擁壁)		<ul style="list-style-type: none"> 自立式 4m 程度以下 アンカー付 — 	<ul style="list-style-type: none"> 背面掘削が行えない場合に有効である 現地の進入路、ヤードに左右される 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の影響、湧水、集水地形等がある場所では、排水工の十分な検討が必要である 	—
特殊擁壁 (深礎杭式 擁壁)		—	<ul style="list-style-type: none"> 通常擁壁が施工困難な場合 大型重機の搬入が困難な場合 地すべり地形で適用されている場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> 杭の水平抵抗や全体安定に慎重な検討が必要である 	—
特殊擁壁 (軽量材を用いた擁壁)		—	<ul style="list-style-type: none"> 軟弱地盤上に構築する擁壁として有効である 山岳道路の拡幅として用いられている 	<ul style="list-style-type: none"> 通常の工法と安全性、経済性、施工性等を十分に比較検討する必要がある 	—

【参考】道路土工・擁壁工指針，P.27～28，319～323，平成24年7月，(社)日本道路協会

3. 設計計画

擁壁の構造形式の選定にあたっては、設置箇所の地形、土質、施工条件、周辺構造物等の影響および擁壁高さにより、経済性のほか必要により環境・景観、デザイン等も考慮し、適切な構造形式を選定しなければならない。

3.1 調査

構造形式、基礎形式の選定にあたっては、次に示す事項を十分調査し、適切な形式を選定するものとする。

表 3.1 土質試験と設計諸定数

	地盤調査試験名	主な調査結果	調査結果の利用					設定する設計諸定数	
			土圧の計算	基礎の支持力	全体安定	沈下	液状化		
土質試験 (注2)	含水比試験	自然含水比 ω_n				○		初期間隙比 e_0 圧縮指数 C_c 等	
	液性限界・塑性限界試験	コンシステンシー指数 ω_L, ω_P				○	○		
		塑性指数 I_P							
		粒度試験	粒径加積曲線 細粒分含有率 F_C 平均粒径 D_{50}					○	
	土の工学的分類	土の工学的分類	○ (注4)	○					土圧係数 K_A, K_O, K_P 許容支持力度 q_u
		突固めによる土の締固め試験	最大乾燥密度 ρ_{dmax} 最適含水比 ω_{opt}	○					裏込め材料の単位体積重量 γ_s
	土の湿潤密度試験	湿潤密度 ρ_t	○	○	○		○	単位体積重量 γ_t	
	圧密試験	圧縮指数 C_c 圧密係数 C_v 体積圧縮係数 m_v 圧密降伏応力 p_c e-logp 曲線					○		
			一軸圧縮試験	一軸圧縮強さ q_u		○	○		
	三軸圧縮試験	変形係数 E_{50}		○			○		地盤反力係数 k_v, k_h
		強度定数 c, ϕ	○	○	○				
	土の電気化学試験	変形係数 E_{50}		○			○		地盤反力係数 k_v, k_h
pH, 比抵抗, 可溶性塩類の濃度		補強土壁等における補強材の耐久性検討							
原位試験	標準貫入試験	N 値	○ (注5)	○	○	○	○	強度定数 c, ϕ 地盤反力係数 k_v, k_h	
	平板荷重試験 (直接基礎)	極限支持力 Q_u 地盤反力係数 K_v		○		○		強度定数 c, ϕ 地盤反力係数 k_v, k_h	
	孔内水平荷重試験 (杭基礎)	変形係数 E_b		○				地盤反力係数 k_v, k_h	
	地下水調査	地下水位	○	○	○	○	○		
調査頻度 (注3)		・擁壁延長 40~50m に1箇所程度 ・擁壁の設置計画箇所で少なくとも 1 箇所以上							

(注1) 土の強度定数を求めるための試験方法については、現地の土の種類、含水比、排水条件、施工条件により選定する。

(注2) 土質試験はサンプリングした試料によって行われるが、地形や地質が軟弱で複雑に変化している場合は、地盤の強度や成層状態等を把握するためボーリング(標準貫入試験)間の中間位置でサウンディング(静的コーン貫入試験やスウェーデン式サウンディング試験等)を実施する。

(注3) 調査はできるだけ段階的に進めることが望ましく、その結果、地形地質等の変化が著しい場合にはそれぞれの中間地点や擁壁設置位置直下でも実施する。

(注4) 裏込め材料としての適否の判断や表 4.3 の分類に利用する。

(注5) 切土部擁壁で切土のり面や地山斜面が不安定な場合や掘削式 U 型擁壁の土圧の計算に利用する。

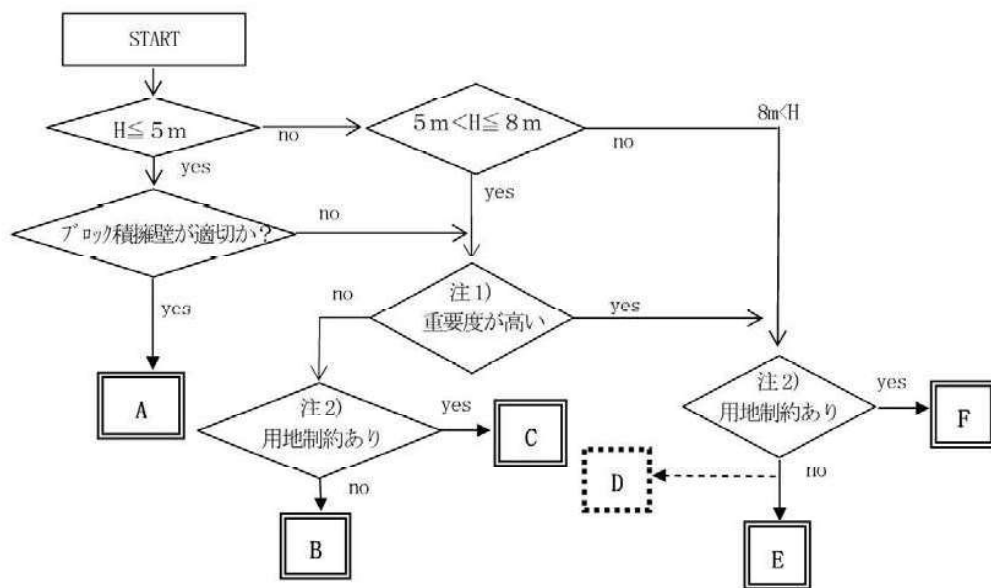
【適用】道路土工・擁壁工指針, P. 38, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

3.2 構造形式の選定

擁壁の構造形式の選定にあたっては、各構造形式の特徴を十分に理解したうえで、設置箇所の地形、地質、土質、擁壁高さ、施工条件、周辺構造物や地震・豪雨等の自然災害による影響を総合的に検討し、適切な構造形式を選定しなければならない。

擁壁の構造形式としては、表 2.1 で示したように種々の形式があり、この表に示された擁壁高さ、特徴、採用上の注意点等を構造形式選定の目安にするとよい。なお、表に記述された事項は一般的なものであり、山地部の擁壁、軟弱地盤上の擁壁、狭い用地で基礎幅が制限される箇所等の擁壁については、水平荷重の作用の仕方、基礎工の設計方法、特殊形式の擁壁採用等、複雑な擁壁の設計となり、表に記述された一般的な事項にあてはまらない場合がある。

擁壁形式の選定にあたっては基礎形式を考慮の上、図 3.1 擁壁の形式選定フローを参考にしてよい。



記号	選定する擁壁の形式
A	・ブロック積擁壁【標準設計】(練積・裏込めコンクリート有り)
B	・重力式(前面勾配付) ・プレキャスト逆T型(注4) ・もたれ式擁壁(注3) ・U型擁壁 ・補強土擁壁 ・逆T型擁壁(場所打ち) ・大型ブロック積擁壁(注3)(練積・裏込めコンクリート有り)
C	・プレキャストL型(注4) ・重力式(前面直) ・U型擁壁 ・補強土擁壁 ・L型擁壁(場所打ち)
D	・もたれ式擁壁(注3) ・大型ブロック積擁壁(注3)(練積・裏込めコンクリート有り)
E	・控え壁式擁壁 ・逆T型擁壁(場所打ち) ・補強土擁壁 ・U型擁壁
F	・L型擁壁(場所打ち) ・補強土擁壁 ・U型擁壁

※フローにより数種に工法が選択される場合は、経済比較等を行い決定するものとする。

注1) 重要度が高いとは、万一崩壊すると隣接する施設等に重大な損害を与える場合や迂回路がなく地域間の交流ができなくなる場合をいう。

注2) 用地制約ありとは、壁面に用地境界が近接しており、擁壁の形状が制約される場合をいう。

注3) もたれ式擁壁および大型ブロック積擁壁は、地盤が強固な場合に採用するものとする

注4) プレキャストのL型擁壁および逆T型擁壁の使用高さは原則として5m以下とするものとする。

図 3.1 擁壁の形式選定フロー

【参考】道路土工・擁壁工指針, P. 26, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

3.3 各種擁壁の概要

各種擁壁の概要を以下の表 3.2 に記す。

表 3.2 各種擁壁の概要

擁壁の分類	擁壁の名称および裏込め土の種類	概要・特徴・必要条件等
ブロック積擁壁	ブロック積擁壁 U1: 良好な土 U2: 普通の土	ブロック積(石積)擁壁は高さ 5m 以下で、かつ次の条件の場合に使用することができる。また、空積は一般には利用しない。 (1) 土の崩壊を防ぐため、主としてのり面保護を目的とする場合。 (2) 切土用ブロック積は、背面の地山が安定している場合。 (3) 盛土用ブロック積は、盛土が良く締固められており土圧が小さい場合、かつ、原則として輪荷重の影響を受けない場合。 ただし、下記の場合は、この限りではない。 (a) 河川護岸と併用する場合 (b) 災害復旧時、施工時の通行規制等の特別な事情のある場合
	大型ブロック積擁壁 U1: 良好な土 U2: 普通の土	(1) 定義 大型ブロック積擁壁とは、控長が 50cm 以上の中空のプレキャストコンクリートブロックを 1:0.3~1:1.0 の勾配で積み重ね、ブロック内部に現場でコンクリートを充填し、各ブロックが一体となって土圧や地震時の慣性力等の荷重に抵抗する構造とした擁壁である。 (2) 適用範囲 大型ブロック積擁壁は、原則として下記の条件に適合する場合に限って適用するものとする。 (a) 基礎も含めた擁壁直高が 8m 以下の場合 (b) 擁壁底面の地盤反力に対して十分な支持力が確保される場合 (c) トラックおよびクレーン等の施工機械の搬入が可能な箇所 (d) 地すべり等の恐れがなく、地山の安定した箇所
重力式擁壁	重力式擁壁 C1: 礫質土 C2: 砂質土 C3: 粘性土	重力式擁壁は、小型重力式と重力式の二種類とし、下記により使用するものとする。 (1) 小型重力式擁壁 (a) 擁壁高さが 2m 以下 (b) 自動車荷重の影響を受けない歩道に面した場所、のり尻擁壁および境界壁等に使用 (2) 重力式擁壁 (a) 擁壁高さが 5m 程度以下 (b) 自動車荷重の影響を受ける場所および自動車専用防護柵の設置を要する場所 (c) 杭基礎となる場合は原則として適用しない
もたれ式擁壁	もたれ式擁壁 C1: 礫質土 C2: 粘性土	もたれ式擁壁は、基礎地盤が堅固(礫および礫質土以上の地盤: 許容支持力 300kN/m ² 以上の基礎地盤)な場合に使用するものとする。

擁壁の分類	擁壁の名称および裏込め土の種類	概要・特徴・必要条件等	
片持ばり式擁壁	場所打逆T, L型擁壁 C1:礫質土 C2:砂質土 C3:粘性土	(1) 擁壁が用地境界に接する必要がある場合, その他現地状況等により逆T型擁壁が不適当と思われる場合は, L型擁壁を採用するものとする。 (2) 杭基礎が必要な場合に適用するものとする。	
	控え壁式擁壁 設計条件による	擁壁高さH=10m程度以上の場合に使用するものとする。躯体の形状が複雑であること, および裏込め土に締め固め等の施工に十分な配慮が必要である。	
	プレキャスト逆T, L型擁壁 製品の設計 条件による	同上	ただし, 工事費, 工期, 現場状況等について場所打ちT型・L型擁壁と比較検討し, プレキャスト製品の採用理由を明確にしておく必要がある。なお, 本工法は, 原則として擁壁背面の形状が水平の場合に採用するものとする。
U型擁壁	U型擁壁 設計条件による	(1) 側壁と底版が一体となったU字形状の擁壁で, U字形状の中に盛土・舗装を施し, 掘割道路および擁壁天端を路面として使用するものとする。 (2) 地下水位以下に適用する場合が多く, この場合水圧の影響を考慮し, 浮き上がりに対する安定を検討する必要がある。 (3) 側壁間にストラットを設ける場合がある。	
補強土壁	補強土壁 設計条件による	(1) 擁壁裏込め部に敷設された補強材と裏込め材との間の摩擦抵抗力やアンカーの引き抜き抵抗力によって壁面の安定を保つ形式の擁壁で, 補強材に帯状の鋼材を用いる帯鋼補強土壁やアンカープレート付きの鋼棒を用いるアンカー補強土壁, 高分子材の補強を用いるジオテキスタイル補強土壁等がある。 (2) 補強土擁壁を採用する際には, 以下の条件に注意し, 経済性, 施工性, 安全性, を十分に検討するものとする。 (a) 補強土内に将来にわたり, 占用物件等他の構造物を設置しないこと。なお, 補強土壁上に盛土部を設け占用物件等他の構造物を設置する場合は, それらの正確な位置を定めるとともに補強土壁の部材に影響を与えるときは, これらに対する対策を考慮する必要がある (b) 基礎地盤が盛土荷重に対して安全であること (c) 周辺地下水位が低く地すべりに対して安全であること (d) 補強土に適した盛土材が確保できること (e) 塩害等の腐食環境条件にある地域での採用は, 防食等の対策を十分に検討すること	
井げた組擁壁	井げた組擁壁 製品の設計 条件による	(1) プレキャストコンクリート等の部材を井げた状に組んで積み上げ, その内部に栗石(礫)等を詰め一体となって土圧を支持する形式の擁壁。 (2) 透水性に優れることから, 山間部等で湧水や浸透水の多い箇所に適用するものとする。 (3) もたれ式擁壁に準じた設計を行う。(部材および中詰め材の重量により水平荷重に抵抗する。) (4) 適用高さは, 切土部や山岳部等で地形的な制約がある場合等やむを得ない場合を除き, 一般的には15m程度以下とすることが望ましい。	

擁壁の分類	擁壁の名称および裏込め土の種類	概要・特徴・必要条件等
特殊擁壁	特殊擁壁 設計条件による	<p>(1) 山留め式擁壁 壁面の曲げ剛性と主に根入れ部の水平抵抗によって安定を保つ形式の擁壁。自立山留め式擁壁は、根入れ部の水平抵抗のみで安定を保つ形式の擁壁。アンカー付き山留め式擁壁は、地山に設けたアンカー体の抵抗を加味して安定を保つ擁壁。</p> <p>(2) 深礎杭式擁壁 設計地盤面の傾斜角が10°以上で、地表面が傾斜している斜面上に設けられた深礎杭をそのまま立ち上げ、杭間をコンクリート壁等で土留めした擁壁をいう。</p> <p>(3) 軽量材を用いた擁壁 擁壁の裏込め材に発泡スチロールや気泡混合土等の軽量材自体が自硬性や自立性を有する軽量材を用いて、壁面を保護壁程度に簡略化し、軽量材と壁面材が全体で擁壁としての機能を発揮した擁壁をいう。</p> <p>(4) その他擁壁(繊維補強土擁壁等) 以上の分類に入らない擁壁。近年、「コスト削減」、「省力化」、「建設副産物対策」を目的とした様々な工法が開発されている。</p>

※繊維補強土擁壁の詳細については、第2章参照

【参考】道路土工・擁壁工指針，P.27～28，319～323，平成24年7月，(社)日本道路協会

3.4 基礎形式の選定

基礎形式の選定にあたっては、**図 3.2** に示すフローを参考にして地盤の条件、施工条件、経済性について十分調査・検討し決定するものとする。

なお、このフローは基礎形式選定上の基本的な考え方を示したものである。

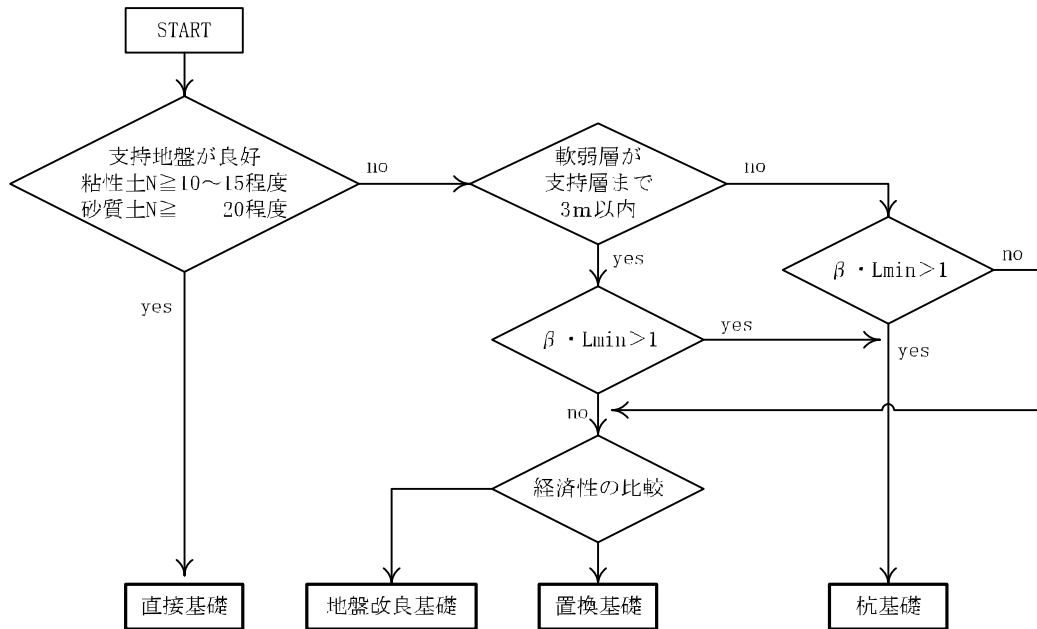


図 3.2 基礎形式選定フロー

最小杭長 : L_{min}

$$L_{min} = A / (\beta)$$

ここに、 A : 杭の設計法の適用範囲を示す目安値で $A=1.0$ が杭基礎の最小値

(β) : 杭基礎の特性値 $\beta = (KD/4EI)^{1/4}$

3.5 耐震設計の基本方針

地震動に対する照査の要否は、表 3.3 に示すように、擁壁の重要度及び擁壁高に応じて異なる。

重要度の区分は以下を基本とする。

【重要度 1】万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合、あるいは隣接する施設に重大な影響を与える場合（※1）

【重要度 2】重要度 1 に該当するもの以外

※1) 擁壁が損傷した場合の交通機能への影響は、必ずしも道路の規格による区分を指すものではなく、迂回路の有無や緊急輸送道路であるか否か等、万一損傷した場合に道路ネットワークとしての機能に与える影響の大きさを考慮するものとする。

表 3.3 地震動に対する照査の要否表

重要度の区分	以下 ←→ 超える 8.0m	
重要度 1	レベル 1 地震動、レベル 2 地震動に対する照査が必要 ^(※2)	
重要度 2	地震動に対する照査は不要	レベル 1 地震動に対する照査が必要

※2) レベル 1 地震動とは、供用期間中に発生する確率が高い地震動を意味する。レベル 2 地震動とは、供用期間中に発生する確率は低い、大きな強度をもつ激しい地震動を意味する。

【参考】道路土工・擁壁工指針，P 41～45，P 88～91，P 234～237，平成 24 年，（社）日本道路協会

4. 設計一般

4.1 設計の手順

擁壁の設計は、一般に以下のような手順で進められる。

まず、構造諸寸法等の初期値決定を行い、その諸元を用いて、安定計算、各断面の応力度計算を行う。計算結果が許容値に対して不適当な場合は設定した諸元の変更あるいは鉄筋量等の変更を行う。これらの設計手順の流れを示せば図 4.1 のようになる。

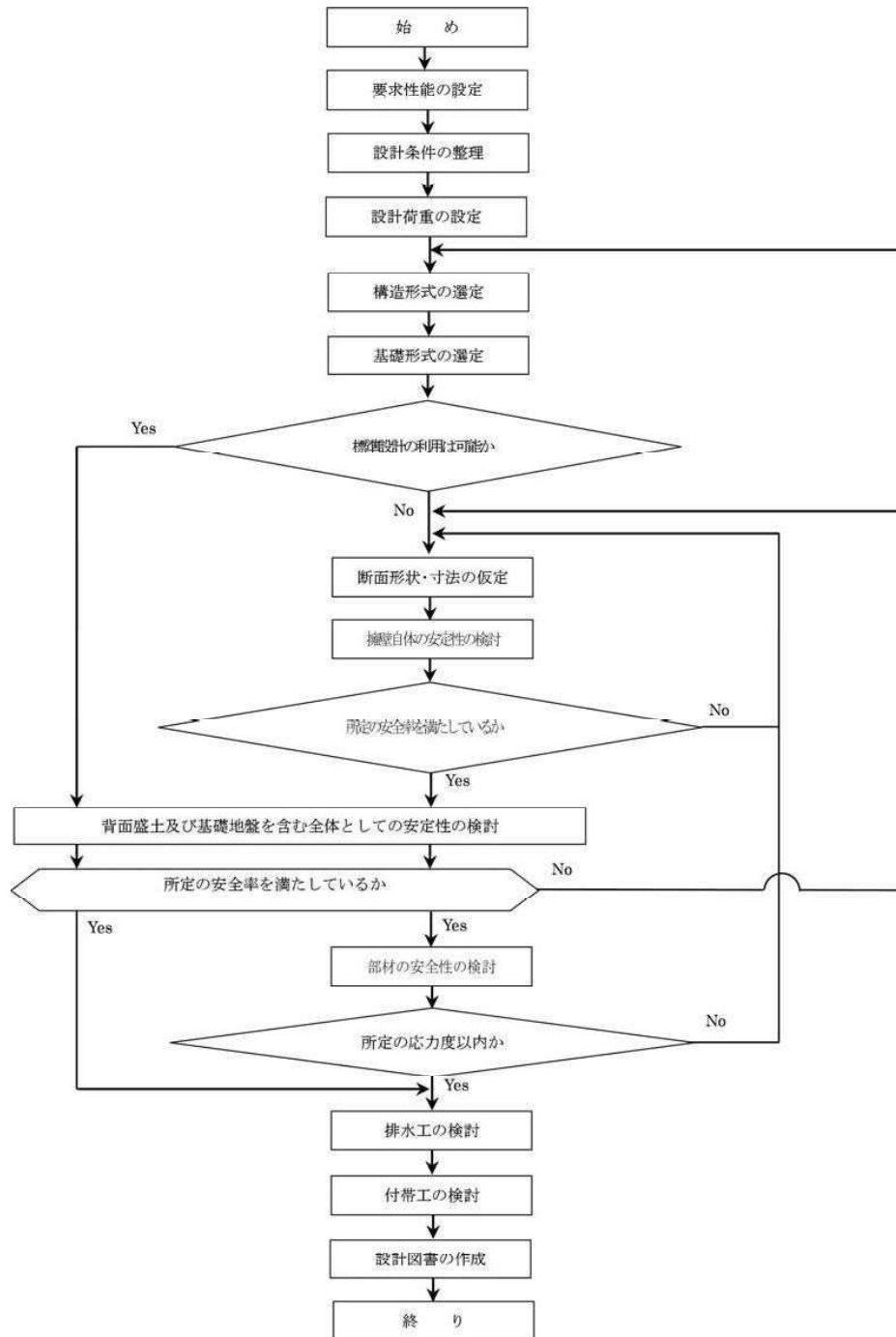


図 4.1 擁壁の設計手順

【参考】道路土工・擁壁工指針，P.91，平成 24 年 7 月，(社)日本道路協会

4.2 荷重

- (1) 自重 躯体自重および裏込め土
 (2) 載荷重

自動車荷重	10 kN/m ²
群集荷重	3.5 kN/m ²

- (3) 地震時慣性力

設計水平震度 k_h は、「道路土工・擁壁工指針 5-2-3」によるものである。

$$k_h = c_2 \cdot k_{h0}$$

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(表 4.1)

c_2 : 地域別補正係数(愛知県内は1.0)

表 4.1 設計水平震度の標準値 k_{h0}

地盤種別	I 種	II 種	III 種
レベル1地震動対応	0.12	0.15	0.18
レベル2地震動対応	0.16	0.20	0.24

【適用】道路土工・擁壁工指針, P.96, 平成24年7月, (社)日本道路協会

標準設計においては, 逆T型擁壁およびL型擁壁について, 地震の影響を考慮し, 地震を考慮する場合の設計水平震度が $k_h = 0.15$ 以下の条件に適用できるようにした。

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, 下表によるものとする。地表面が基礎面と一致する場合はI種地盤とするものとする。

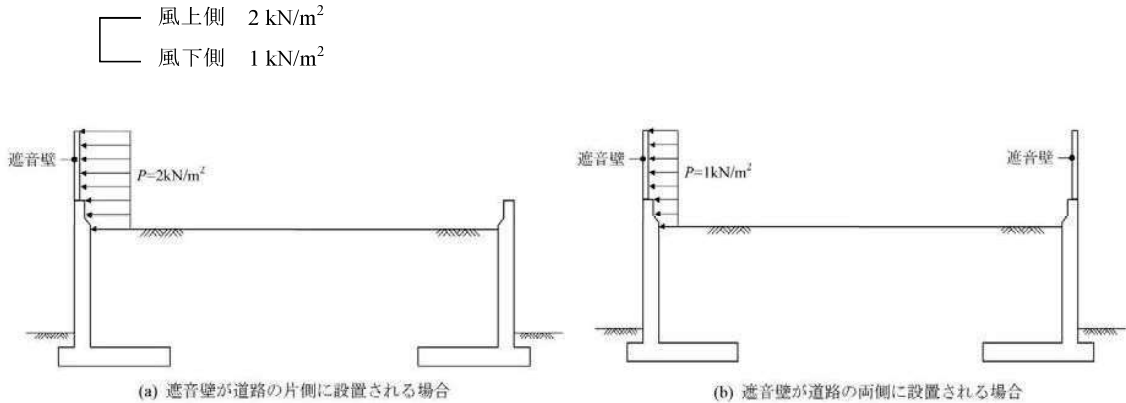
表 4.2 耐震設計上の地盤種別

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	$0.6 \leq T_G$

【適用】道路土工要綱, P.353, 平成21年6月, (社)日本道路協会

(4) 風荷重

擁壁の頂部に高さ 5m 以下の遮音壁を直接設ける場合、たて壁の部材設計には遮音壁に作用する風荷重 P を考慮するものとし、安定計算には考慮しなくてもよい。ただし、高さが 2m 以下の重力式擁壁等に直接設置する場合、遮音壁の高さが 5m 以上となる場合では、風荷重により擁壁の安定が左右されることがあるので、風荷重を考慮して安定計算を行う必要がある。



【適用】道路土工・擁壁工指針，P. 59，平成 24 年 7 月，(社)日本道路協会

図 4.2 風荷重

(5) 衝突荷重

擁壁の頂部に車両用防護柵等を直接設ける場合、原則として安定計算およびたて壁の部材設計には防護壁に作用する衝突荷重を考慮するものとする。

(6) 荷重の組合せ

- 自重＋載荷重＋土圧
- 自重＋土圧
- 自重＋地震時土圧＋地震時慣性力
- 自重＋土圧＋風荷重(遮音壁等)
- 自重＋土圧＋衝突荷重(防護柵等)

(7) 水圧・浮力

浮力は水位がある場合に考慮するものとする。

水圧および浮力については、擁壁の設置地点の状況によって、(6) 荷重の組合せに付加して設計するものとする。

【参考】道路土工・擁壁工指針，P. 50～63，平成 24 年 7 月，(社)日本道路協会

4.3 土圧

(1) 土圧公式

土圧公式は、原則としてクーロン系の土圧算定手法である試行くさび法によるものとする。ただし、擁壁の前面土の抵抗力を考慮する場合には、受動土圧を用いクーロンの土圧公式により算定する。なお、U型擁壁およびこれに類するものでは、静止土圧を用いるのがよい。

なお、 $H > 8\text{m}$ の擁壁については、土質試験を行う等、十分な検討によって求められた定数により算出することを原則とするものとする。

土のせん断抵抗角と単位重量は、表 4.3 によるものとする。

表 4.3 裏込め土の種類と土質定数(H≤8mの場合)

裏込め土の種類	単位体積重量: γ kN/m ³	せん断抵抗角： ϕ (度)	粘着力： C
礫質土	20	35	原則として見込まない
砂質土	19	30	〃
シルト・粘性土 (ただし、 $\omega_L < 50\%$)	18	25	〃

注) 地下水位以下にある単位体積重量は、それぞれ表中の値から 9 kN/m³ を差し引いた値としてよい。なお、土質試験等により求めた場合は、この限りでない。

【適用】道路土工・擁壁工指針, P. 66, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

(2) 盛土部擁壁に作用する土圧

山岳地帯における斜面や切土部に設けられた擁壁でも切土面の勾配がゆるい場合または、その位置が擁壁面に接近していない場合は盛土部土圧として取り扱うものとする。

(3) 切土部擁壁に作用する土圧

切土部擁壁の土圧としては、切土面自体が安定していると判断される場合には、裏込め土のみによる土圧を考慮すればよいが、この場合通常の盛土部擁壁における土圧に比較して、切土面の位置や勾配、切土面の粗度、排水状態等によって大きくなることもあるので注意が必要である。切土面が不安定で地山からの影響を考慮する必要のある場合は、切土面を含んだ全体について土圧を検討する必要がある。

地山からの湧水の多い箇所は、特別に大きな水抜工の設計とするほか、土圧の取り方についても間隙水圧等を考慮する等慎重な検討が望ましい。(例 30cm×30cmの水抜き孔を設けたこともある。)

(4) 地震時土圧

地震時土圧の算定には、試行くさび法において土くさびに水平方向の地震時慣性力を作用させる方法を用いる。ただし、U型擁壁の場合は、「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」に示される地震時水平土圧(修正物部・岡部式)を考慮するものとする。

4.4 許容応力度

コンクリートおよび鉄筋の許容応力度は、以下のとおりとするものとする。なお、国土交通省(旧建設省)制定・土木構造物標準設計より、鉄筋の種類はSD345、コンクリート設計基準強度は 24 N/mm^2 (有筋)・ 18 N/mm^2 (無筋)を標準とするものとする。

表 4.4 コンクリートの許容応力度

応力度の種類		コンクリートの設計基準強度 (σ_{ck})				
		21	24	27	30	40
圧縮応力度	曲げ圧縮応力度	7.0	8.0	9.0	10.0	14.0
	軸圧縮応力度	5.5	6.5	7.5	8.5	11.0
せん断能力度	コンクリートのみでせん断力を負担する場合 (τ_{cd})	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27
	斜引張鉄筋と共同して負担する場合 (τ_{cd})	1.6	1.7	1.8	1.9	2.4
	押抜きせん断能力度 (τ_{cd})	0.85	0.90	0.95	1.00	1.20
付着応力度	異形棒鋼に対して	1.4	1.6	1.7	1.8	2.0

【適用】道路土工・擁壁工指針，P. 79，平成 24 年 7 月，(社)日本道路協会

表 4.5 鉄筋の許容応力度

応力度，部材の種類		鉄筋の種類	SD295A	SD345
			SD295B	
引張応力度	荷重組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	180	180
		2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	160	160
	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		180	200
	鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		180	200
圧縮応力度			180	200

【適用】道路土工・擁壁工指針，P. 85，平成 24 年 7 月，(社)日本道路協会

4.5 安定に関する検討

(1) 安定の条件

安定(転倒, 滑動, 支持)の条件は, 以下のとおりとするものとする。なお, 擁壁前面の受働土圧を考慮する場合は, 「道路土工・擁壁工指針 P. 114」を参考とするものとする。

また, 軟弱地盤部においては, 背面盛土および基礎地盤を含む全体としての安定を検討するものとする。

表 4.6 安定の条件

安定条件	許 容 値	
	常 時	地 震 時
転倒に対して	$ e \leq \frac{B}{6}(\text{m})$	$ e \leq \frac{B}{3}(\text{m})$
支持に対して	$q \leq q_a(\text{kN/m}^2)$	$q \leq 1.5q_a(\text{kN/m}^2)$
滑動に対して	$F_s \geq 1.5$	$F_s \geq 1.2$

(B =底板幅)

【適用】土木構造標準設計第2巻 解説書, P. 7, 平成12年, (社)全日本建設技術協会

(2) 地震時の安定

地震時における擁壁の安定を検討する場合は, 常時土圧のかわりに地震時土圧を用いること, 地震時慣性力を考慮することに注意するものとする。

(3) 地盤の支持力

地盤の許容支持力度(q_a)あるいは極限支持力度は(q_u)は, 土質調査や原位置載荷試験を行い決めるのが望ましいが, 高さ8m程度以下の擁壁の場合には, 表4.6に示す地盤の許容支持力度の値を用いてよい。

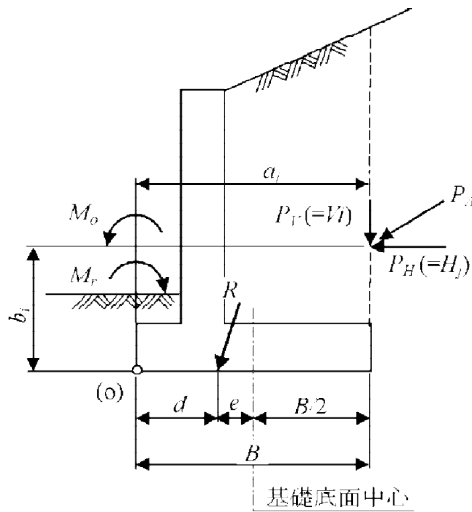
(4) 土木構造物標準設計(建設省制定)を適用する場合

標準設計では, 基礎地盤の許容支持力および摩擦係数を表4.7のとおりとして図集がまとめられている。標準設計の利用に際しては, 現場の設計条件が標準設計の適用条件内であることを確認しなければならない。また, 背面盛土や支持地盤を含む全体の安定性は考慮していないので, 別途現場条件に応じて全体の安定性の確認を行う必要がある。

表 4.7 土木構造物標準設計の摩擦係数

擁壁形式	許容支持力 q_a (kN/m^2)	摩擦係数 μ
もたれ式擁壁(礫質土基礎) 片持ばり式擁壁	300	0.6
もたれ式擁壁(岩基礎)	300	0.7
小型重力式擁壁 重力式擁壁	200	0.6, 0.5

【参考】土木構造標準設計第2巻 解説書, P. 7, 平成12年, (社)全日本建設技術協会



- R : 合力(kN/m)
- P_A : 土圧合力(kN/m)
- P_V : 土圧合力の鉛直成分(kN/m)
- P_H : 土圧合力の水平成分(kN/m)
- d : 擁壁底版つま先から合力 R の作用点までの距離(m)
- e : 合力 R の作用点の底版中央からの偏心距離(m)
- B : 擁壁の底版幅(m)
- a_i : 擁壁底版つま先と P_V の作用点との水平距離(m)
- b_j : P_H の作用点の擁壁底版からの高さ(m)

【適用】 道路土工・擁壁工指針, P.118, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

図 4.3 合力作用位置の算出方法

・ 滑動に対する安定 $F_S = \frac{\text{滑動に対する抵抗力}}{\text{滑動力}} = \frac{\sum V \cdot \mu + C_B \cdot B}{\sum H}$

$\sum V$: 底版下面における全鉛直荷重(kN/m)

$\sum H$: 底版下面における全水平荷重(kN/m)

μ : 擁壁底版と支持地盤の間の摩擦係数

C_B : 擁壁底版と支持地盤の間の粘着力(kN/m²)

B : 擁壁の底版幅(m)

・ 転倒に対する安定 $d = \frac{\sum M_r - \sum M_o}{\sum V} = \frac{\sum V_i \cdot a_i - \sum H_j \cdot b_j}{\sum V_i}$

$\sum M_r$: 擁壁底版つま先回りの抵抗モーメント(kN・m/m)

$\sum M_o$: 擁壁底版つま先回りの転倒モーメント(kN・m/m)

$\sum V$: 底版下面における全鉛直荷重(kN/m)

V_i : 擁壁に作用する荷重の鉛直成分(kN/m)

a_i : 擁壁底版つま先と V_i の作用点との水平距離(m)

H_j : 擁壁に作用する荷重の水平成分(kN/m)

b_j : H_j の作用点の擁壁底版からの高さ(m)

・ 支持力に対する安定

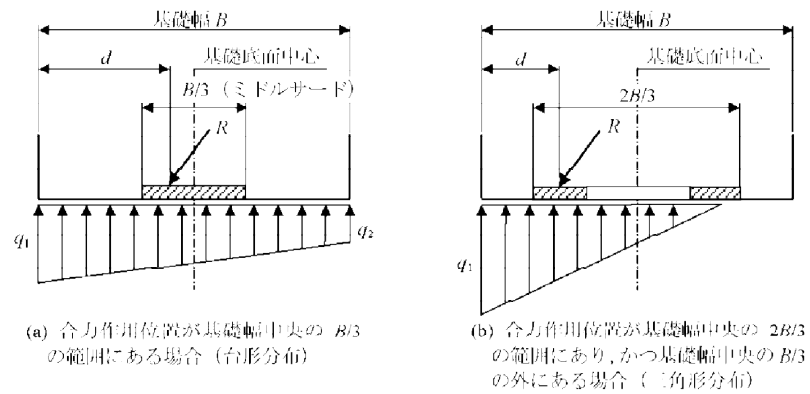
① 合力作用点が底版中央の底版幅 1/3(ミドルサード)の中にある場合

$$q_1 = \frac{\sum V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_2 = \frac{\sum V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

- ② 合力作用点が底版中央の底版幅 $2/3$ の中にある場合
 (かつ底版中央の底版幅 $1/3$ (ミドルサード)の外にある場合)

$$q_1 = \frac{2 \sum V}{3d}$$



【適用】 道路土工・擁壁工指針, P.120, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

図 4.4 支持力に対する安定

【適用】 道路土工・擁壁工指針, 5-3, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

4.6 基礎工

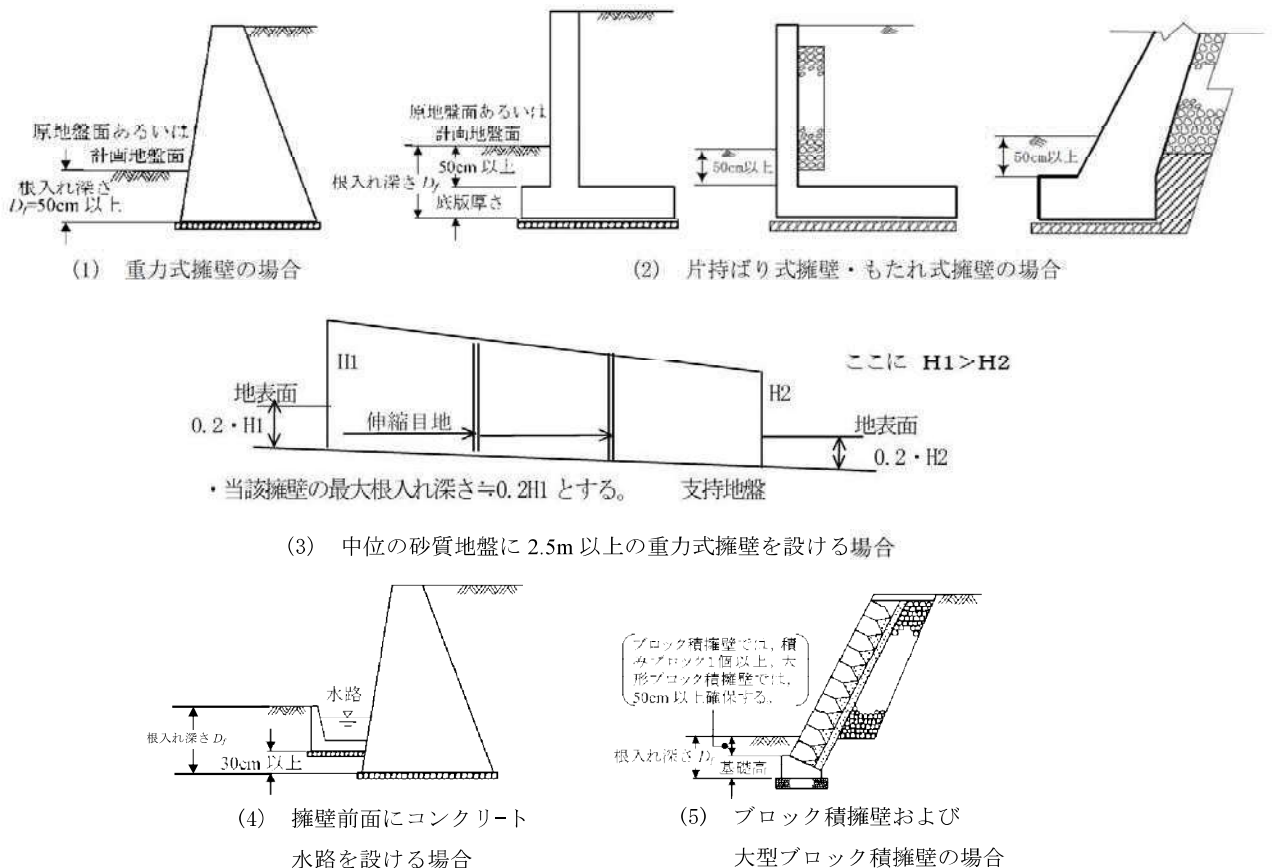
4.6.1 基礎工の根入れ深さ

擁壁の直接基礎の根入れ深さの設計は、下記の条件をもとに行うものとする。

ただし、複数の条件に該当する場合は、その大きい方を採用するものとする。なお、擁壁高さが変化する場合は、擁壁の1ブロック(連続した1つの施工延長)における最大深さ(10cm単位に切り上げる)を選定するものとする。

・ 根入れ深さの条件

- (1) 擁壁の直接基礎の根入れ深さは、地表面から支持地盤までの深さとし、原則として50cmとするものとする。
- (2) 片持ばり式擁壁等底版を有する形式の擁壁においては、底版厚さに50cmを加えた根入れ深さとするものとする。
- (3) 中位の砂質地盤(N値20~30程度の支持地盤)において高さ2.5m以上の重力式擁壁を設ける場合には、擁壁高さの0.2倍以上の十分な根入れ深さを確保することが望ましい。
- (4) 擁壁に接して水床低下や洗掘の恐れのないコンクリート水路(側溝)等を設ける場合の根入れ深さは原則として水路底より30cm以上確保するものとする。
- (5) ブロック積(石積)擁壁においては、積ブロック(石)1個以上が土中に没する程度の根入れ深さを確保するものとする。



【参考】道路土工・擁壁工指針, P. 129, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

図 4.5 基礎工の根入れ深さ

4.6.2 直接基礎

(1) 設計定数

地盤の支持力計算に用いる定数は一般的には表 4.8 に示す値を使用してもよい。

基礎地盤が良好な場合(良好な地盤とは、粘性土 $N \geq 10 \sim 15$ 、砂質土 $N \geq 20$ 程度)に採用するものとする。

表 4.8 基礎地盤の種類と設計定数

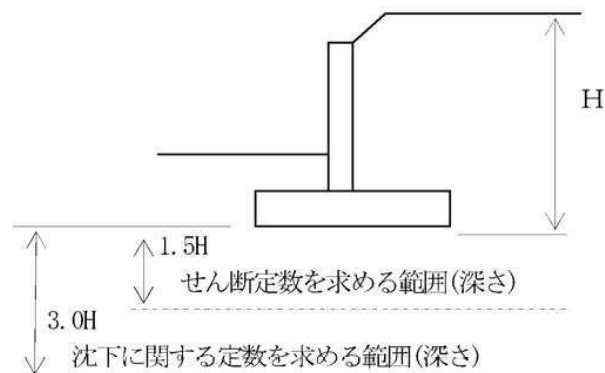
基礎地盤の種類		許容支持力度 [kN/m ²]	擁壁底面の滑動安定計算に用いるすべり摩擦係数(注)	目安とする N 値	
				q_u [kN/m ²]	N 値
岩盤	きれつの少ない均一な硬岩	1000	0.7	10,000 以上	—
	きれつの多い硬岩	600		10,000 以上	
	軟岩・土丹	300		1,000 以上	
礫層	密なもの	600	0.6	—	—
	密でないもの	300		—	
砂質地盤	密なもの	300	0.6	—	30~50
	密でないもの	200		—	20~30
粘性土地盤	非常に硬いもの	200	0.5	200~400	15~30
	硬いもの	100		100~200	10~15

(注)プレキャストコンクリートでは、基礎底面が岩盤であっても、摩擦係数は 0.6 を超えないものとする。

【適用】道路土工・擁壁工指針, P. 69~70, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

(2) 土質を調査する範囲

基礎地盤の調査すべき深さは、支持力、すべりおよび沈下等に影響する範囲について行わなければならない。一般に、基礎地盤が破壊を起こす範囲は基礎底面よりその背面盛土高さの 1.5 倍以内の深さに生ずるといわれており、また、接地圧による沈下の影響は盛土高の 1.5~3 倍以内であるといわれている。しかし、この範囲を超えてすべり破壊や圧密沈下を起こす危険性のある軟弱層が存在すれば、その層全体についてすべりや沈下に関する諸定数を調べる必要がある。



【参考】道路土工・擁壁工指針, P. 36, 平成 24 年 7 月, (社)日本道路協会

図 4.6 土質を調査する範囲

表 4.9 各工種による基礎材

	均しコンクリート	基礎碎石(RC-40)	適用
重力式・もたれ式擁壁	—	20cm	
逆T式・L型擁壁	10cm	20cm	

【参考】土木構造標準設計第2巻 解説書, P. 32~38, 平成12年, (社)全日本建設技術協会

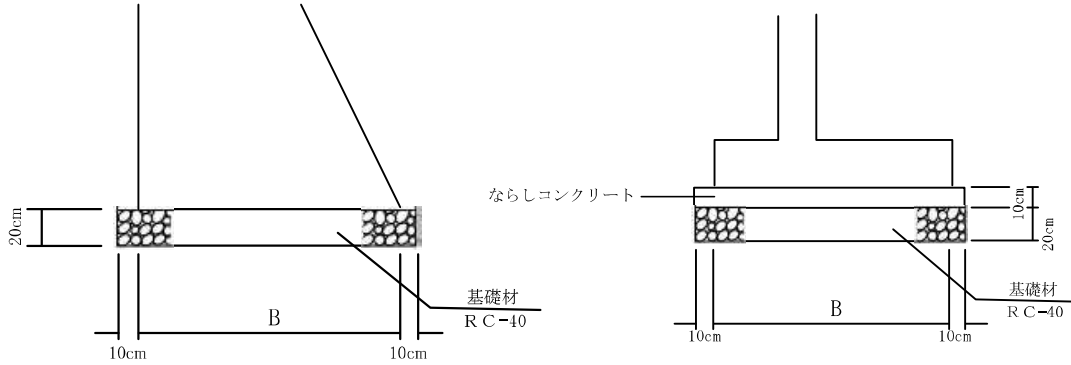


図 4.7 基礎材の考え方

ただし、基礎地盤が RC-40 相当の地盤の場合は、基礎材を省略することができる。

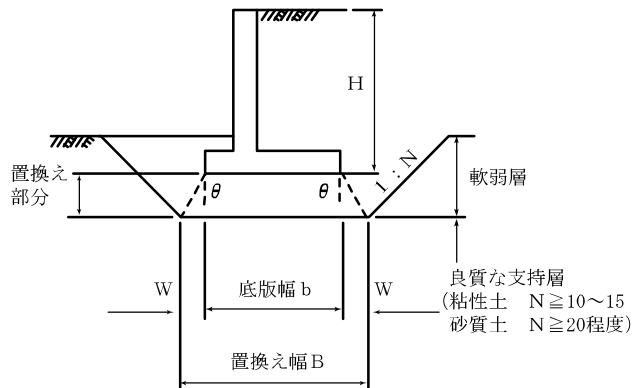
RC-40 相当の地盤と判断できる目安は、支持力が 200kN/m² 以上確保できる場合とするものとする。

4.6.3 置換え基礎

(1) 基礎地盤を良質材で置き換える場合は下記によるものを標準とするものとする。

支持層までが比較的浅い場合(3m 程度以内)でもたれ式擁壁を除く形式に採用するものとする。ただし、良質材による置き換えにより支持力が期待できる施工条件であること。(地下水の多少、転圧の適否等)

この場合は、杭基礎工または、擁壁底版の根入れ深さ、擁壁高等経済比較するものとする。



【参考】道路土工・擁壁工指針, P. 133, 平成24年7月, (社)日本道路協会

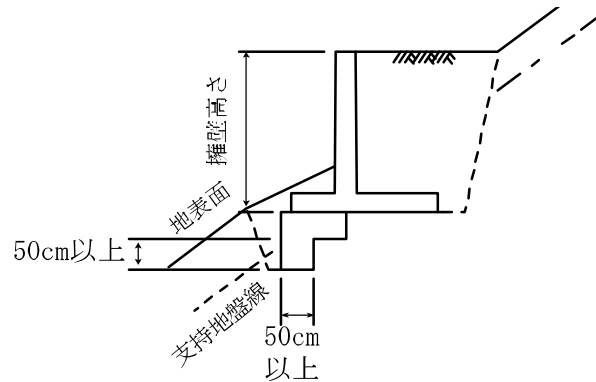
図 4.8 置換え基礎

置き換え土 : 支持力が得られる良質材料(建設発生土の有効利用を考慮するものとする。)
(許容支持力が 200kN/m² 以上確保できる場合は基礎材を省略する事ができる)

掘削勾配 : 1 : N

荷重分布角度 θ : 30°

- (2) 基礎地盤が傾斜している場合や一部に支持地盤として不適当な地盤が存在する場合は、その一部をコンクリートで置換えた構造とすることができる。その場合は、擁壁部分の安定、および、置換え部コンクリートについても滑動等の検討を行うものとする。また、地震時の検討は、擁壁高に応じ「**3.5 耐震設計の基本方針**」に準じて検討するものとする。置換えコンクリートの前面勾配は、安定計算上問題のない事を確認の上、適宜決定するものとする。



【参考】道路土工・擁壁工指針，P.130，平成24年7月，(社)日本道路協会

図4.9 コンクリートでの置換え

なお、置換えコンクリート高が3m程度以上となる場合は、経済比較等を行い、擁壁の形式について検討するのがよい。

4.6.4 杭基礎

擁壁の杭基礎の安全性の検討は、「道路示方書・同解説IV下部構造偏」の橋台の場合に準じる。

【適用】道路土工・擁壁工指針，P.136，平成24年7月，(社)日本道路協会

4.7 標準設計の利用

国土交通省(旧建設省)では、設計業務の合理化を目的として、一般に用いられる標準的な擁壁について標準設計が整備されている(「土木構造物標準設計第2巻」(昭和42年制定,平成12年改訂))。

標準設計では、それを使用する場合の注意事項、使用例、設計の考え方、施工上の注意事項、図面索引表等が解説としてまとめられており、形式ごとの標準図が収録されている。この他、各設備条件に対する断面力および実応力度等が数値表として別冊にまとめられており、標準設計の利用に際して参考とすることができる。

また、各形式の標準図は、高さ、背面土の土質、背面土の形状等の現地条件に適用できるようにまとめられており、設計条件が決定されればそれに対する標準図がただちに検索できるようになっている。

最新版における標準設計の種類と集録高さの範囲について示せば表4.10のとおりとなっている。

表 4.10 標準設計範囲

形式 \ 高さ(H)	2.0	4.0	6.0	8.0 (m)
ブロック積 (石積) 注)	■			
もたれ式		■		
小型重力式	■			
重力式	■			
逆T型		■		
L型		■		

注) ブロック積(石積)は直高を示す。

【適用】土木構造標準設計第2巻 解説書, P.5, 平成12年, (社)全日本建設技術協会

なお、国土交通省(旧建設省)制定の標準設計は、その技術基準である「道路土工・擁壁工指針」の改訂に伴って順次改訂されてきており、現在利用できる最新版は平成12年度版である。したがって、その利用に際しては、常に最新版であるか確認するものとする。