汀線に直角に設ける。

6　測量の範囲は、調査目的に応じて決定するが、外海においては深さ30m程度、内海においては深さ20m程度までとする。

7　測量の結果は、海底縦断図（汀線に直角方向）及び等深線図により表示する。
海底縦断図は、防潮堤等の構造物の規模及び構造を決定するために、等深線図は、波の浅水係数、屈折係数等を決定するために重要である。

8　図面の縮尺は、一般に「汀線測量」の平面図の縮尺と同一とする。

４－３　設計高潮位及び設計津波の水位

４－３－１　設計高潮位

1　海岸防災林造成に用いる設計高潮位は、構造物が最も危険となる潮位をとる。一般には次のいずれかの方法による。

(1) 既往の最高潮位

(2) 朔望平均満潮位 ＋ 既往の最大潮位偏差

なお、(2)の算出結果が大きすぎて現地の状況にそぐわない場合には朔望平均満潮位と既往の最大潮位偏差が同時に起こる頻度を考慮して設計高潮位を補正する。

2　設計高潮位を求める朔望平均満潮位は、実測値又は近接した港湾等で採用されている値を用いる。また、朔望平均満潮位の代わりに台風期（７～１０月）の朔望平均満潮位を用いることもある。一般に、台風期の朔望平均満潮位は朔望平均満潮位よりも高く、太平洋沿岸ではその差が10cm以上となる場所もある。

3　設計高潮位を求める既往の最大潮位偏差は、実測値又は既往の台風等の気象資料から推算式で計算される最大潮位偏差を用いる。

４－３－２　設計津波の水位

1　設計津波の水位の設定は、耐震、耐津波性能を考慮する防潮堤、防潮護岸及びそれに準じる重要度の高い構造物について行う。

2　想定津波は、基本的に以下の２つのレベルに分類される。

(1) 発生頻度の高い津波（レベル１津波）

①　数十年から百数十年に一度程度の頻度で発生し、最大クラスの津波に比べて発生頻度は高く、津波高さは低いものの大きな被害をもたらす津波である。

②　防潮堤、防潮護岸等の構造物によって津波の内陸への侵入を防ぐことを想定する津波である。

(2) 最大クラスの津波（レベル２津波）

①　発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波である。

②　住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波である。

③　超長期にわたる津波堆積物調査や地殻変動の観測等をもとにして設定される。

3　海岸防災林造成の計画及び設計に必要となる「設計津波」の水位は、痕跡高調査の結果及び歴史記録・文献等による調査結果に基づき頻度の高い津波（レベル１津波）の高さを判定し設定するが、十分なデータが得られない場合には、中央防災会議等のシミュ

レーション結果で補完する。

４　耐震、耐津波性能を考慮する防潮堤、防潮護岸等の天端高は、設計津波の水位を前提として「海岸保全施設の技術上の基準を定める省令」（平成１６年３月２３日農林水産省・国土交通省令第１号）の規定も考慮し適切に定める。

４－４　防潮工

防潮工は、防潮堤、防潮護岸、消波工、消波堤、突堤などを設置することにより、波浪、高潮、津波等の侵入及び海岸の侵食を防止又は軽減するとともに、砂丘造成、森林造成の基礎を作る役割も持っている。

４－４－１　防潮堤

４－４－１－１　防潮堤の目的

１　防潮堤は、高潮防潮堤と津波防潮堤に大別される。

高潮防潮堤は、高潮等による海水の侵入を防止又は軽減し、波浪による越波を減少させるとともに、陸域が侵食されるのを防止することにより、既存の海岸防災林を保護し、砂丘造成、森林造成の基礎となるための構造物である。

津波防潮堤は、上記に加え、津波による海水の侵入を防止又は軽減するための構造物である。

２　防潮堤は、現地盤を盛土又はコンクリートなどで築堤した構造物で、一般的な構造は、図４－４－１のとおり。消波工については、本章４－４－３「消波工」（消波工付防潮堤）を参照する。

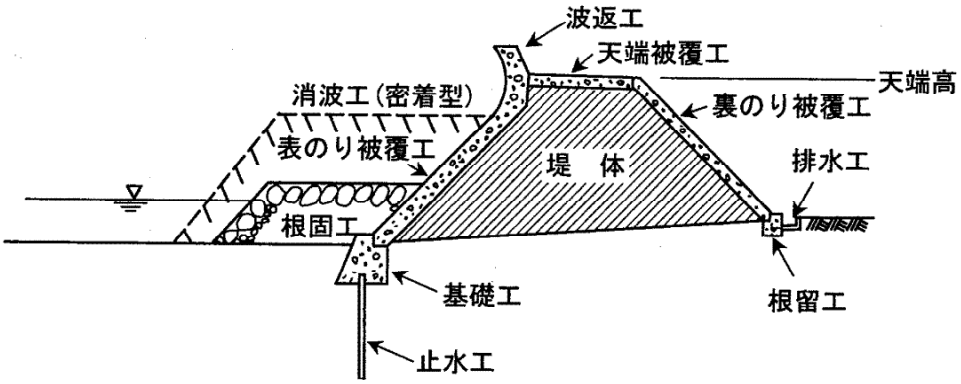


図４－４－１　高潮防潮堤の構造図

４－４－１－２　防潮堤の型式及び種別の選定

１　防潮堤の型式には、次のものがある（表４－４－１及び図４－４－２参照）。設計に当たっては、水理条件、基礎地盤の状況、築堤材料の確保、用地条件等から総合的に検討し、安全かつ経済的になるよう選定する。

(1) 直立型

直立型は、堤体前面の勾配が１割未満のものをいい、重力式、石積式、扶壁式等がある。

直立型は、一般に次の場合に用いる。

①　基礎地盤が比較的堅固である場合

②　堤体用地が容易に得られない場合

③　水理的条件や既設構造物との接続の関係から直立型が望ましい場合

(2) 傾斜型（緩傾斜型を含む）

傾斜型は、堤体前面の勾配が１割以上のものをいい、コンクリート被覆式、コンクリートブロック張式、石張式等がある。傾斜型のうち勾配が３割以上のものを、特に緩傾斜型という。

傾斜型は、一般に次の場合に用いる。

①　基礎地盤が比較的軟弱な場合

②　堤体の土砂が容易に得られる場合

③　用地が容易に得られる場合

④　水理的条件、既設構造物との接続の関係等から傾斜型が望ましい場合

⑤　海浜利用上又はその親水性の要請が高い湯合

⑥　侵食性の海岸において反射波の軽減を期待する場合

(3) 混成型

混成型は、上記の(1)及び(2)を組み合わせたもので、(1)及び(2)の特性を生かした型式である。一般には、上部が直立型、下部が傾斜型のものが多く、基礎地盤があまり強固でなく、水深の大きい場所で用いられている。

表４－４－１　防潮堤の型式

直立型	石積式、重力式、扶壁式など
傾斜型	石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式など
混成型	上記の組み合わせ

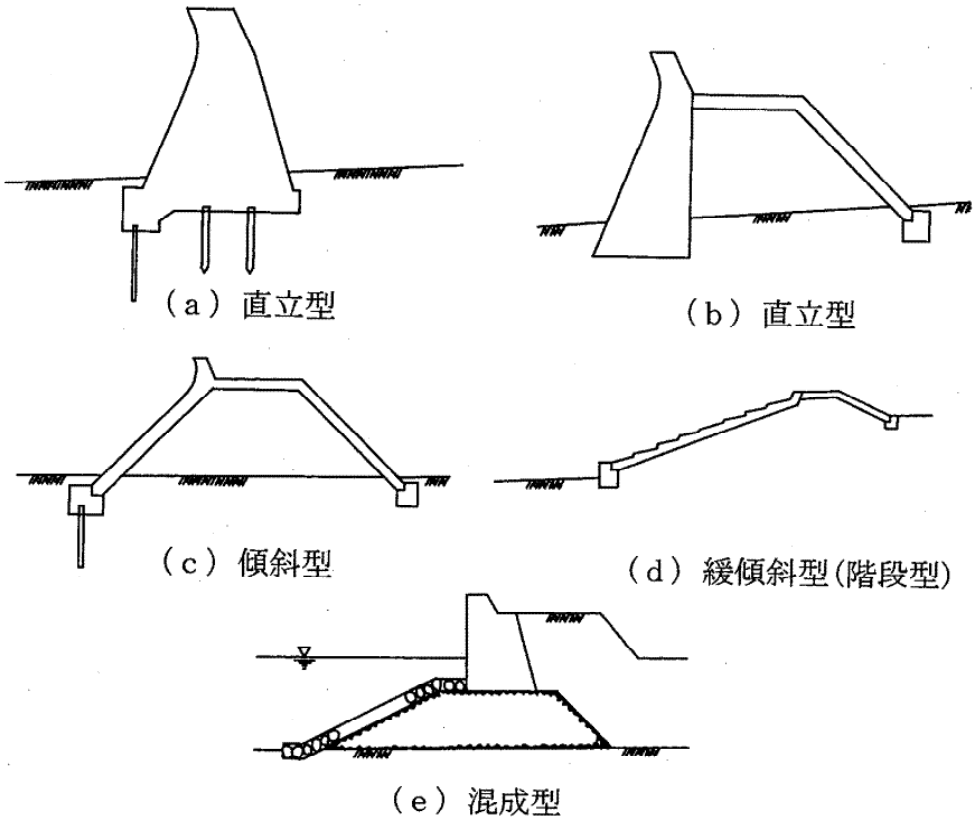


図４－４－２　防潮堤の型式

２　防潮堤の型式の選定に当たっては、上記条件のほか、次の事項に留意する。

(1) 傾斜型の場合は、表のり勾配を３割より緩やかにすることにより(緩傾斜型)、また、表のりの粗度を大きくすることにより、打ち上げ高、越波量を直立堤よりも低減できる。

(2) 緩傾斜型は、海浜の利用上、親水性がすぐれている。ただし、前浜が狭い場所に緩傾斜型を設けるとレクリエーションに利用できる面積が減少する。

(3) 防潮堤の予定位置が陸上部にある場合等、作用する波圧の小さいことが予想される場合には直立型が有利である。

(4) また、上記(3)のうち防潮堤の直前で砕波(砕波衝撃)が生じる場合には、波力が強大となるので傾斜型が有利である。

(5) 既設防潮堤と計画する防潮堤との型式が異なると、その接続部が構造上の弱点となるので、留意する。

３　種別は、主として構造上の型式と重要度によって選択される構築材料及び被覆材料の種類で表現される。防潮堤の種別は、コンクリート、鉄筋コンクリート、石、コンクリートブロック、鉄線かご等に分類される。

防潮堤の種別の選定に当たっては、施工箇所の地形、地質、波浪の状況、材料、運搬条件、経済性、安全性、保全対象、周囲の環境との調和等を十分検討し、最も適切なものを選定する。

４　防潮堤を越流する津波が発生した場合には、基礎部の土砂侵食や施設本体の破壊など

が発生することがあり、その型式及び種別により被害状況は異なることに留意する。

5　津波防潮堤の型式等の選定に当たっては、当該防潮堤等の背後地の状況等を考慮し、当該防潮堤等の被災に伴い、人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼすおそれがる場合には、設計津波の水位を超える津波に対しても倒壊しにくい「粘り強い構造」を目指すものとする。

４－４－１－３　防潮堤の位置及び法線

1　防潮堤の位置及び法線は、防潮堤の型式、構造、背後地の森林造成若しくは維持等に係わる設計の基本となる。

防潮堤の法線は汀線に平行に設定することを標準とする。防潮堤の位置の決定に当たっては次の事項を総合的に検討する。

(1) 波の収れんができるだけ起こらないようにする。

(2) 地形、地質及び潮位を考慮して、施工が容易であること。

(3) 完成後の維持、管理、海浜利用、内水の排除等が容易であること。

(4) 隣接構造物との接合部が弱点とならないようにすること。

(5) 海浜地形への影響を考慮すること。

2　防潮堤の位置は、背後地に、有効な森林幅が確保できるように設定する。

なお、安定状態にある砂浜海岸に防潮堤を設けると、海岸の平衡状態が破れ、前浜の後退が生じることが多い。したがって、前浜を確保しなければならない箇所に防潮堤を計画する場合には、法線の位置をできる限り後退させることを検討する。

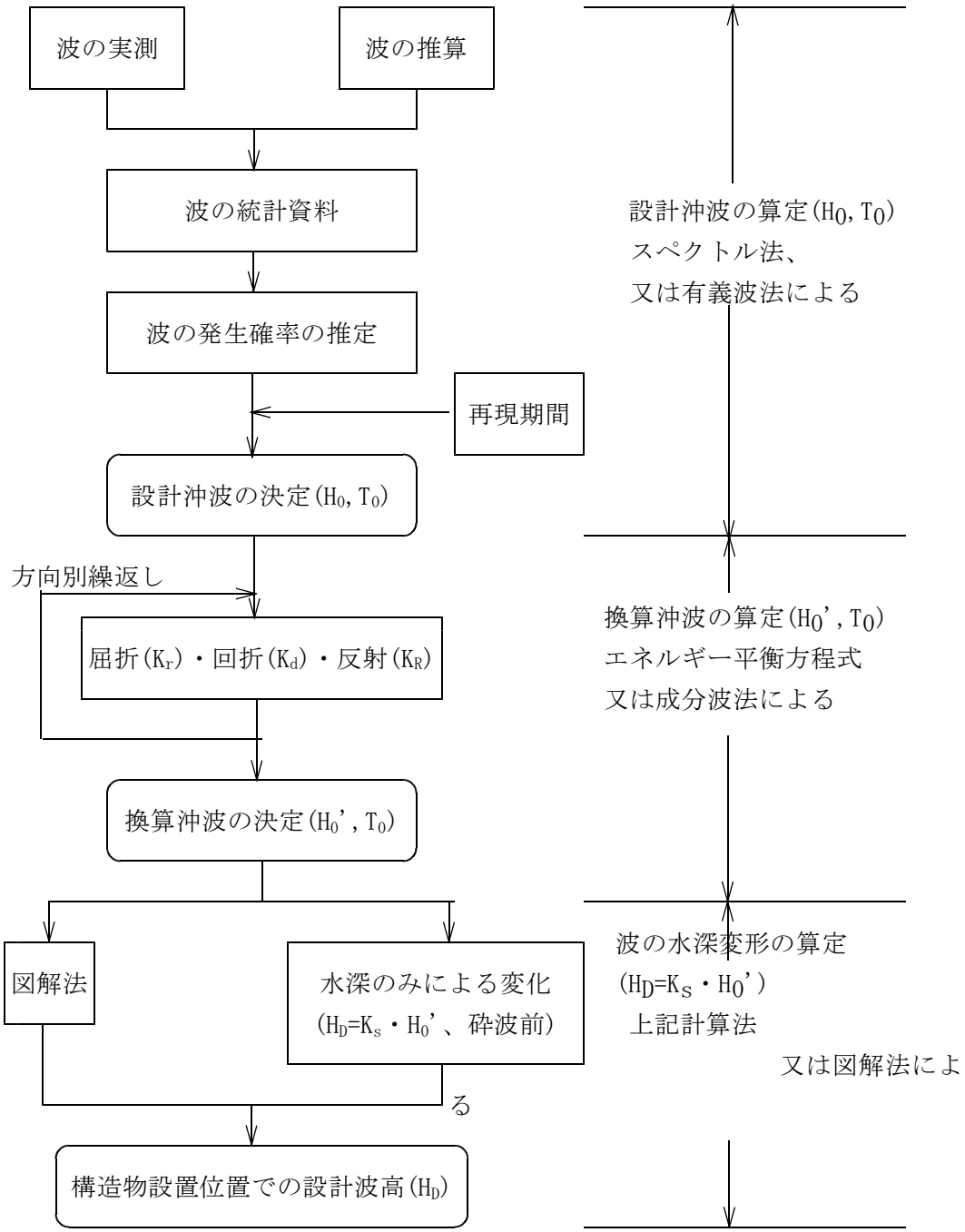
3　防潮堤の法線は、可能な限り直線又は曲率半径の大きい曲線とする。法線に隅角部があると波力が集中するため、越波量の増大、堤体破壊の原因となる場合があるので注意する。

４－４－１－４　防潮堤の天端高

1　設計に用いる波の決め方

海岸防災林造成の設計に用いる波は、有義波を標準とする。構造物の設計に当たっては、有義波をもとに構造物設置位置における波(設計波)の諸元を信頼すべき実測値又は定められた推算手順に基づいて決定する。設計波の算定の手順は、一般に図４－４－３による。

なお、算定に当たっては、不規則波として計算を行うが、構造物を砕波帯内に設置する場合、構造物設置位置での設計波高の算定は、規則波の図解法を使用してもよい。



ここに、H_0：設計沖波の波高
T_0：設計沖波の周期
H_0'：換算沖波波高
Ks：浅水係数

図４－４－３　設計波高の算定手順図

２　天端高

防潮堤は、波浪、高潮、津波等による海水の侵入を防止又は軽減するための施設であるから、防潮堤の天端高の決定は設計上最も重要な事項であり、気象、海象、地形、水理的条件等が同一である一連区間の天端高は変えるべきではない。また、隣接する他事

業の施設との整合性を図る。

高潮防潮堤の天端高は次式による。

天端高＝設計高潮位＋設計波に対する必要高＋余裕高

津波防潮堤の天端高は次式による。

天端高＝設計津波の水位 ＋ 余裕高　若しくは

設計高潮位＋設計波に対する必要高＋余裕高　のいずれか高い方

また、防潮堤の設計に当たっては、堤体の沈下が生じないように検討しなければならないが、地盤の沈下等があらかじめ想定される場合は、予想沈下量を加算することが望ましい。

3　設計波に対する必要高

(1) 設計に用いる有義波高の再現期間は、構造物の耐用年数、重要度、経済性等を考慮して定めるが、30年を標準とする。

(2) 必要高の決定の考え方には、次の算定方法がある。

① 波の打ち上げ高を求め、越水しないように必要高を求める方法(波の打ち上げ高による方法)。

② 越波流量を求め、越波流量が背後地の土地利用状況に応じた許容量以下となるように必要高を決定する方法(越波流量による方法)。

③ 簡易算定図を用いる方法。

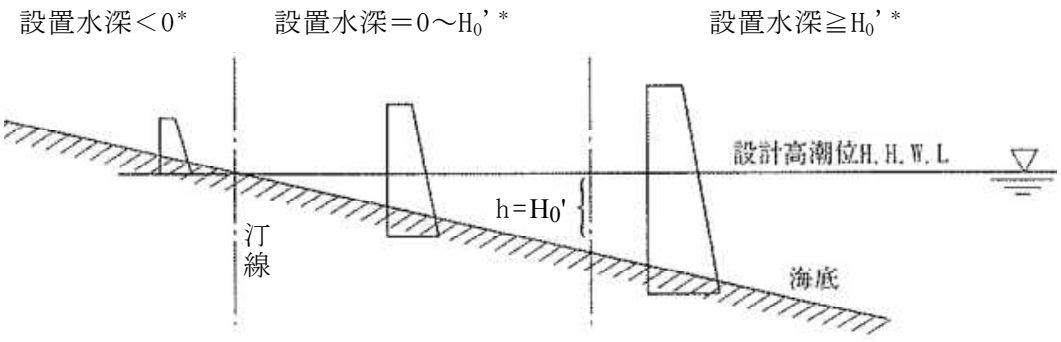
(3) 必要高の算定方法選定の目安は、次のとおり（図４－４－４参照)。

設置水深＜0：　打ち上げ高による方法（①）で算出する。

設置水深＝0～H_0'：打ち上げ高による方法（①）及び越波流量による方法（②）で算出する。

設置水深≧H_0'：　越波流量による方法（②）で算出する。

なお、打ち上げ高及び越波流量より必要高を決定することが困難な場合には、簡易算定図（③）により必要高を求める。



H_0'：換算沖波波高*

h：設置水深（設計高潮位からの水深）*

図４－４－４　設置位置と波に対する必要高算定方法

（出典）漁港海岸事業設計の手引　（公社）全国漁港漁場協会　H25.11（*加筆）

(4) 必要高は、既存施設又は隣接施設における過去の波の打ち上げ状況、越波状況も勘案して決定する。

４　設計津波の水位

設計津波の水位は、防潮堤による津波のせり上がりを考慮して、発生頻度の高い津波（レベル１津波）の高さを基準として設定する。

津波の高さ、設計津波の水位と防潮堤との関係の例を図４－４－５に示す。

津波防潮堤の天端高は、設計津波の水位を基に、事業対象地の環境、景観等を総合的に考慮して設定するとともに、海所管省庁間や隣接岸間での整合性に考慮する。

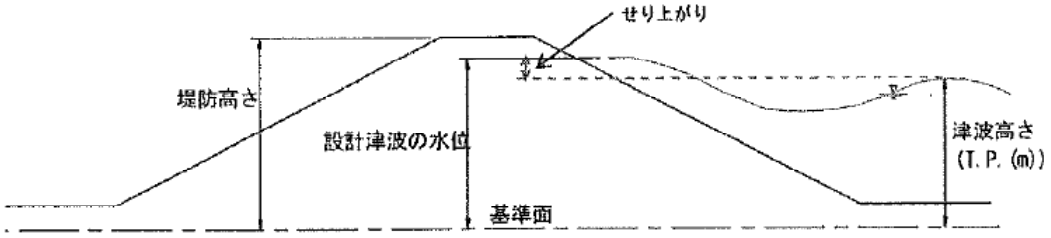


図４－４－５　津波高さ、設計津波の水位と防潮堤との関係

（出典）漁港海岸事業設計の手引　（公社）全国漁港漁場協会　H25.11

５　余裕高

海岸における波は、実際には周期・波高ともに不規則な波であり、例えば、有義波よりも大きい波は、全波数の13%程度である。このため、安全性を考慮して天端高の決定に当たっては余裕高を設ける。余裕高は、一般に、防潮堤背後地に存在する保全対象の重要性及び近接の防災施設の天端高を考慮して、最大1.0m程度の範囲で検討する。

６　消波工を設けた場合の天端高の低減

消波工を設けた場合は、防潮堤の天端高を低くすることができる。

４－４－１－５　防潮堤の断面

４－４－１－５－１　防潮堤の表のり勾配

１　防潮堤の表のり勾配は、防潮堤の型式、表のり被覆工の型式等によって異なるが、前面の水深、海底勾配、構造物の安定、海岸の利用伏況等を総合的に勘案して決定する。

波力が強力な場合、海水浴に利用されている場合等では、緩やかにすることが望ましいが、この場合、勾配が３割未満の場合には、越波量が多くなるので、表面の粗度を大きくする。

また、海浜勾配の急な場合には、防潮堤前面の洗掘が生じないようにする。

２　一般には、次の値を目安として決定する。

表４－４－９　防潮堤の表のり勾配の目安

型　　式	表のり勾配
石張式､コンクリートブロック張式、 コンクリート被覆式	１：１より緩
石積式	１：０．３～１：１
重力式、扶壁式	鉛直～１：１

（出典）海岸保全施設の技術上の基準・同解説　海岸保全施設技術研究会　H16.6

３　緩傾斜堤は、一般に勾配が緩くなるほど波の打ち上げ高が減少する。また、反射率も小さくなるため、洗掘も軽減される。しかし、緩傾斜とすることにより、のり先を大きく海側に出して前浜を覆った場合には利用できる前浜を消失し、かつ、自然海浜の有する消波機能の減少につながるので、のり先位置に留意して勾配を決定する。

４－４－１－５－２　防潮堤の天端厚

１　天端厚（天端幅）は、堤体が波力に対抗するとともに、越波による天端水平面の越流に抵抗する広さが必要であり、可能な限り厚いことが望ましいが、あまり厚くすると不経済となる。

２　天端厚を決定する理論式は少ないが、経験的には３ｍ以上あれば安全である。また、直立型の重力式のものは、その構造上から越波に対して安全性が高いことから、天端厚は１ｍ以上あればよい。なお、ここで定める天端厚は、波返工を除いた断面におけるものである。

３　天端が工事用の道路を兼ねる場合には、車両の通行の安全性を確保できるように天端厚を決定する。

４－４－１－５－３　防潮堤の裏のり勾配

１　防潮堤の裏のり勾配は、外力に対して堤体の安定が確保できるように定める。

２　一般に次の値を目安として決定する。

表４－４－１０　防潮堤の裏のり勾配の目安

型　　式	裏のり勾配
石積式	１：０．３～１：１
石張式、コンクリート ブロック張式	１：１～１：２．５
コンクリート被覆式	１：１～１：２
アスファルト被覆式	１：２～１：３

（出典）海岸保全施設の技術上の基準・同解説　海岸保全施設技術研究会　H16.6

３　防潮堤の直高が高くなるとのり面が長くなるので、直高が５ｍを超える場合には、小段を設けることとし、その幅は、維持、管理等を考えて車両等の通行が確保できる幅とする。ただし、地震等の作用を受けると、小段付近に応力が集中しやすいので、地震、津波に対する安全性能を考慮する場合は、小段を設置しないことが望ましい。

４－４－１－６　防潮堤の安定の検討

高潮防潮堤は、高潮及び波浪のほか、必要に応じ地震動、津波の作用等に対して、津波防潮堤は、高潮、津波、波浪、地震動及びその他のの作用に対して所要の安定性能を有していることが求められる。

４－４－１－６－１　防潮堤の安定計算に用いる荷重

１　防潮堤の安定計算に用いる外力は、堤体自重、背面土圧、波力等とし、適切な算定式によって算定する。

２　防潮堤の海側と陸側とで水位が異なる場合には、水位差に応じた静水圧（残留水圧）を考慮する。

３　直立型の防潮堤等で背面に盛土を行う場合にあっては、背面土圧を考慮する。

４　上載荷重は、防潮堤の天端被覆部の利用状況等を考慮した上で、必要に応じて設定する。

５　海岸防災林造成で設置する防潮堤は、汀線から陸側に設置するものが多く、その波力が他の外力と比較して著しく小さいことから、波力を考慮しない場合が多いが、直立型及び混成型で、波力を考慮する必要がある場合の波力の算定は、砕波として算定する。

６　津波防潮堤として耐津波性能を求める場合、津波の波圧、揚圧力、越流の流体力等を考慮する。

７　直立型の防潮堤等で背面に盛土を行う場合、又は地震による液状化のおそれがある場合は、必要に応じて地震力を考慮する。

ただし、液状化しないと判定され、かつ傾斜型コンクリートブロック張式（緩傾斜型

を含む）防潮堤を採用する場合には地震力を考慮しなくてもよい。

８　その他の外力

基礎が透水性で、圧力が伝播すると考えられる場合には、波による揚圧力を考慮する。しかし、防災林造成における防潮堤は、汀線から陸側に設置するものが多いので、考慮しない場合が多い。

４－４－１－６－２　防潮堤の安定条件

１　防潮堤の断面は、次の条件を満たすよう設定する。

(1) 転倒に対して安定

(2) 滑動に対して安定

(3) 堤体破壊に対して安定

(4) 基礎地盤の支持力に対して安定

２　防潮堤は、次の条件について安定性の検討を行い十分安全な断面を採用する。

(1) せん断破壊に対する安定の検討

基礎地盤が軟弱な場合には、堤体の自重、外力によって堤体が滑動するおそれがあるので、円弧すべり等に対する安定性を検討する。

なお、円弧すべり等に対する安定解析は、第４編地すべり防止事業第２章１０－６「安定解析」に準ずる。

(2) 透水性に対する検討

防潮堤の堤体は、土砂の吸い出し、堤体への海水の浸透、パイピングが生じないような耐水性の高い構造とする。

防潮堤の表のり面では、表のり被覆工、基礎工の間隙等から堤体土砂が流出して堤体破壊の原因となることがあるので、防潮堤の表のり部は連続性を有するとともに、吸い出しを防止する構造とする。

また、堤体に海水が浸透し、浸潤線が裏のり面に浸出すると、裏のり面で侵食が生じ、堤体の破壊を誘発する危険性があるので、このような場合には、防潮堤の天端厚、裏のり勾配等の検討を行う。

なお、パイピング現象に対する堤体の安定は、第２編山地治山事業第４章３－１０－４－２「治山ダムのクイックサンド及びパイピングの防止」によって検討する。

３　安定計算を行う場合は、設計潮位として、設計高潮位ではなく、その構造物が最も不安定となる潮位を用いる。

４－４－１－７　防潮堤の構造細目

４－４－１－７－１　防潮堤の堤体材料

１　防潮堤は、一般に盛土で築造されるため、堤体は十分締め固める必要があり、盛土材料としては粘土を含む砂質又は砂礫質のものが適している。

締め固めは、土質、使用機械の程度等に応じた適当な厚さの各層に区分して、適当な含水量で均等に行う。また、盛土は、圧密及び収縮によって沈下するので、必要な余盛を行う。

２　堤体には、隔壁を一定間隔に設け、堤体がなんらかの原因で破壊を受けた場合に、そ

の影響を最小限にとどめるように工夫する。

3　コンクリート防潮堤の場合、気象条件の厳しい所に設置されることから、所要の強度と耐久性を確保することに留意する。

４－４－１－７－２　防潮堤の表のり被覆工

1　防潮堤の前面は、波浪による侵食を受けるため、表のり被覆工によって保護する。したがって、表のり被覆工の構造、使用材料は、波浪の侵食、摩耗に耐えるものであるとともに、堤体土砂の吸い出しを防止し、堤体と一体となって波力、土圧等の外力に対抗するものとする。

表のり被覆工の計画に当たっては、次の事項に留意する。

(1) 表のり被覆工の上部は、作用する波力及び背面の土圧が小さくなるので、下部と同一の構造とすることが著しく不経済となる。そこで下部工と異なった工法をとることになるが、接続部分が弱点とならないように留意する。

(2) 表のり勾配の急変部は、波力が集中するので、勾配を変える際には、できるだけスムーズに漸変させる。

(3) コンクリート被覆工では、収縮による亀裂の発生を防止するために伸縮継目を５～１０m間隔に設けるとともに、スリップバーで補強し、止水板、目地充てん材により、海水の侵入の防止を図る（図４－４－４１参照)。

また、施工継手を設ける場合には、継手鉄筋を挿入して、のり面に直角となるように打ち止める。

なお、表のり被覆工に波返工としての機能をもたせる場合の断面形状等は本章４－４－１－７－７「防潮堤の波返工」に準ずる。

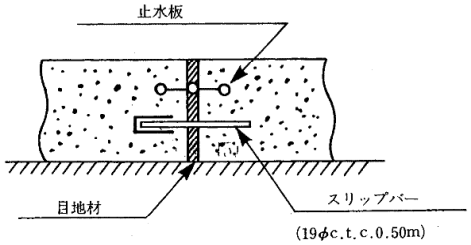


図４－４－４１　目地の構造

2　表のり被覆工には、次の種類があるので、現地の状態によって適切なものを選択する。

傾斜型：石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式

直立型：石積式、重力式、扶壁式

４－４－１－７－３　防潮堤の天端及び裏のり被覆工

1　防潮堤は、ある程度の越波を許容して設計しているため、堤体内に入る波、しぶき、降雨等によって天端、裏のり部に侵食が生じるおそれがある。天端及び裏のり被覆工は、これを防止するために設けるもので、設計に当たっては、次の事項に留意する。

(1) 堤体の盛上部は、年月の経過とともに圧密、収縮による沈下が生じ、被覆工の裏側に空洞を生じるおそれがある。

これは、被覆工に亀裂が生じる原因となり、堤体の弱点となる。これを避けるため

に、盛土は十分締め固めるとともに、盛土が十分収縮沈下するまで待って被覆工を施工するか又は構造上沈下に順応できる被覆構造とする。しかし、一般に盛土した後、そのまま長時間放置することができないのが実情であり、また、かなり時間を置けたとしても盛土がその後、僅少の収縮沈下もないということはまれであるので、被覆工は、構造上、盛土の収縮又は沈下に適応できる構造とする。

(2) 天端被覆工は、越波の排水を良くするために陸側に２～３％の片勾配をつける。

なお、堤体内部の残留水圧が高く、これを排水する必要がある場合は、排水孔を設ける。

(3) 防潮堤の天端を車両等が通行する場合には、予想される交通荷重に対して耐え得る構造のものとする。

２　天端及び裏のり被覆工には、石積式、石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式及びアスファルト被覆式があるが、石積式及び石張式はあまり用いられていない。

また、裏のり被覆工としてコンクリートのり枠式がある。

４－４－１－７－４　防潮堤の基礎工

１　防潮堤の基礎工は、本章４－４－１－６－２「防潮堤の安定条件」を満たすとともに、表のり先部の洗掘に耐えるものとする。

一般に防潮堤の前面は、被覆工、根固工、消波工等によって保護されるので、基礎工の計画にあってはこれらの施設との関連を考慮するとともに、被覆工、止水工との継目又は基礎工自体からの土砂の吸い出しが生じないようにする。

２　防潮堤の基礎工としては、一般に次のものが用いられているので、現地の状態に応じて適切なものを選定する。

(1) 胴木基礎工

胴木基礎工は、古くから治山ダム等の基礎工として用いられている工法である。防潮堤は、汀線付近に計画することが多く、潮の干満によって木材が腐食することが多いことから、胴木基礎工の胴木にはコンクリート製のものが適しているが、常時海水に浸り、海虫の被害を受けるおそれのない箇所では木材も適している。

なお、胴木基礎工を用いる場合には、前面が洗掘されて土砂の吸い出しが生じないように深く設置するように留意する。

(2) 杭打ち基礎工

杭打ち基礎工は、他の基礎工と併用して用いられることが多く、コンクリート又は鋼材を用いるが、鋼材を用いる場合には防食処理を行う。

杭打ち基礎工の分類等は、第２編山地治山事業第４章３－１０－４－１「治山ダムの杭基礎」に準ずる。

(3) 場所打ちコンクリート基礎工

場所打ちコンクリート基礎工は、良好な地盤では最も多く用いられる工法で、杭打ち基礎工、敷砂基礎工等と併用することが多い。

場所打ちコンクリート基礎工は、通常、現地盤より１ｍ以上根入れするが、波により洗掘が少ない場合には、１ｍ未満にしてもよい。

なお、表のり被覆工と接続部に継鉄筋、止水板を配置する（図４－４－４５参照）。

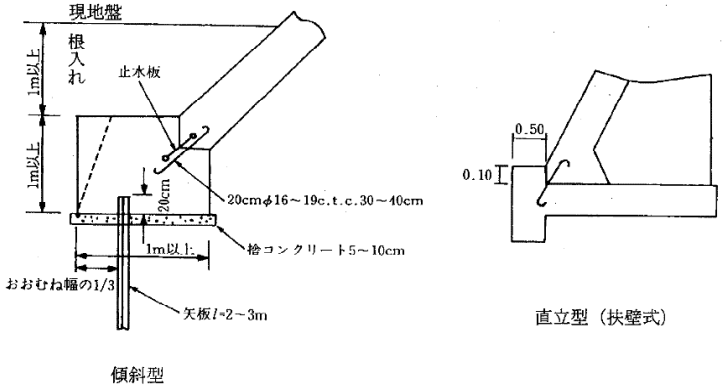


図４－４－４５　場所打ちコンクリート基礎工（傾斜型・直立型）

(4) コンクリートブロック基礎工

コンクリートブロック基礎工は、水深が比較的深い場合、場所打ちコンクリート基礎工が困難な場合等に用いる。

(5) その他の基礎工

水深が深い場合等、上記の基礎工が不可能又は不適当な場合には、捨石又は捨てブロック基礎工、セルラーブロック基礎工、ウエル基礎工、ケーソン基礎工等を用いる。

3　不良地盤上に防潮堤を設置する場合には、上記の直接基礎工のほかに、地盤を改良する工法を用いる。

地盤改良としては、置換基礎工、ドレーン基礎工、振動締め固め工、化学的固結基礎工等を用いる。

4　防潮堤の根入れ深は、海浜地形並びに波等による吸い出し、洗掘等の影響を考慮して決定する。

特に、汀線付近に設ける場合の根入れ深については、十分深くする等注意する。

5　緩傾斜堤の基礎工は、被覆工ののり先に捨石等を用いて被覆工が安定となるように施工する。

４－４－１－７－５　防潮堤の止水工

1　防潮堤の内外の水位差に対して浸透路長が短いと、パイピング現象又は膨れ上がりによって基礎の破壊が生じるおそれがあるので、コンクリート工又は矢板工によって止水工を設けて漏水を防止する。

2　止水工は図４－４－４６に示すように基礎工としての機能を兼ねる場合が多いので、これを考慮して設計する。なお、２列以上の止水壁を設置する場合の間隔は、止水効果が有効になるように決定する。

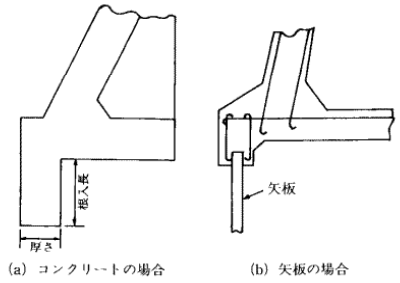


図４－４－４６　止水工

３　パイピング現象の防止工法としては、フィルター、止水壁の設置がある。止水壁の長さの決定方法は、第２編山地治山事業第４章３－１０－４－２「治山ダム基礎のクイックサンド及びパイピングの防止」による。

４　基礎矢板を砂浜などに設ける場合は、朔望平均干潮位以下とし、それ以上はコンクリート基礎工を設けることが望ましい。

４－４－１－７－６　防潮堤の根固工

１　根固工は、通常、表のり被覆工及び基礎工の前面に設け、波浪による洗掘を防止するために設置されるが、堤体のすべりを防止するために設置する場合もある。

根固工の設置に当たっては、次の事項に留意する。

①　波力に対して安定な質量を有していること。

②　根固工が単独で沈下及び屈とうできる構造であること。

③　根固工と表のり被覆工及び基礎工との間に洗掘による間隙が生じないこと。

２　根固工には、次の種類のものがある。

(1) 鉄線かご根固工（図４－４－４７）

波浪による洗掘が少ない場合に用い、通常では一段積みとする。

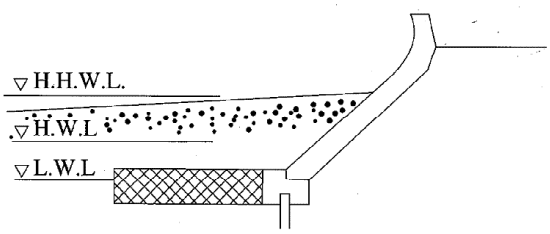


図４－４－４７　鉄線かご根固工

(2) 捨石又はコンクリートブロック根固工（図４－４－４８、図４－４－４９）

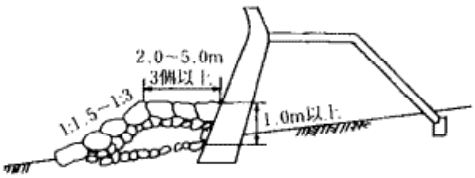
材料の入手が容易で施工が簡単であり、屈とう性があることから最も多く用いられている。

捨石又はコンクリートブロックの所要質量は、本章４－４－３－６「消波工に使用するコンクリートブロック等の所要質量」によって算定する。

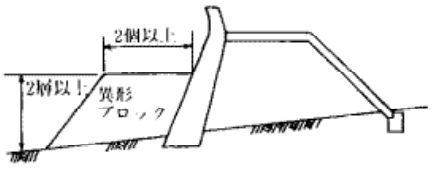
①　捨石根固工の施工に当たっては、一般に表面に所要の質量のものを並べ、内部は質量の小さいものを施工することが多いが、表面及び内部ともに同質量のものを施工する場合もある。また、汀線付近の場合には、基礎を１ｍ以上掘り込むか、天端

厚を広くする等の措置を講ずる。

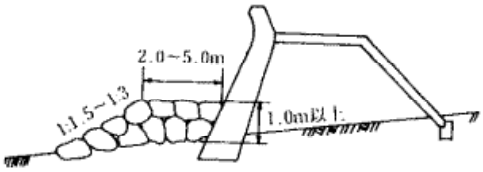
① コンクリートブロック根固工としては、異形コンクリートブロックが多く用いられている。異形コンクリートブロックは、そのかみ合わせの面から、層厚は２層以上とし、天端厚は２個並び以上とする。



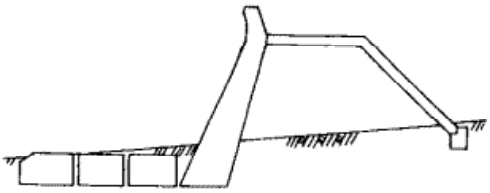
(a) 中詰を用いる場合



(a) 異形ブロックを用いた場合



(b) 同重量の捨石を用いる場合



(b) コンクリート方形ブロックを用いた場合

図４－４－４８
捨石根固工の構造

図４－４－４９
コンクリートブロック根固工の構造

(3) その他の根固工

根固工には、上記の外、石枠根固工、セルラーブロック根固工等がある。

３　根固工に異形ブロック等を用いる場合には、消波効果が併せて期待されることが多い。根固工と消波工を兼ねる場合には、本章４－４－３「消波工」を準用する。

４－４－１－７－７　防潮堤の波返工

波返工は、波やしぶきが堤内に入り込むのを防止することを主目的とするもので、機能上は堤体のかさ上げに相当する。したがって、波返工は、堤体となめらかに接続しているとともに、作用する波力に対して十分に安定なものとする。

４－４－１－７－８　防潮堤の根留工

１　根留工は、堤体の裏のり被覆工の基礎工ともいえる構造物であるので、外力に対して安定するように根入れを十分に行う。また、堤内に潮遊び、排水路がある場合には、根留工の頂高は平常水位から 30cm 高くして、冠水しない高さとする。

２　根留工は、一般に場所打ちコンクリートが使われるが、堤体内部の残留水圧が高く、これを排水する必要のある場合には、排水孔を設ける必要がある。また、排水孔の設置に当たっては、裏込礫を十分に詰めるとともに、フィルターを設けて堤体土砂の吸い出しを防止する。

４－４－１－７－９　防潮堤の排水工

１　排水工は、防潮堤が越波をある程度許容しているので、これらを安全に排出する目的で裏のり尻に設けられる。

排水工の断面は、越波流量、堆砂による埋没の危険性等を考慮して、決定する。

２　排水工は、根留工と分離して設けることが一般的であるが、構造上の弱点とならない場合には根留工と兼ねることもある(図４－４－５２参照)。

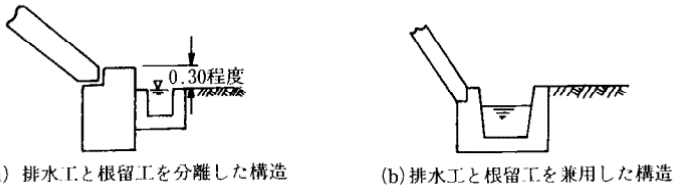


図４－４－５２　根留工と排水工（単位：m）

３　防潮堤の排水工は、勾配をとれない場合が多く、越水して堤体破壊の原因となることがあるので、堤体を横断して排水孔を設ける等排水可能な流未処理施設を検討する。

４－４－２　防潮護岸

４－４－２－１　防潮護岸の目的

防潮護岸は、現地盤をコンクリート等で被覆し、高潮、津波等による海水の侵入を防止し、波浪による越波を減少させるとともに、陸域が侵食されるのを防止し固定することにより、既存の海岸防災林あるいは海岸防災林造成予定地の保護を図る。その構造は、一般的には図４－４－５３のとおり。消波工については、本章４－４－３「消波工」（密着型消波工）に準ずる。

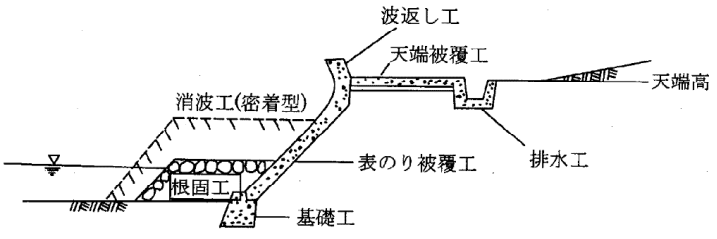


図４－４－５３　防潮護岸の構造

４－４－２－２　防潮護岸の型式及び種別の選定

１　防潮護岸の型式及び種別は、本章４－４－１－２「防潮堤の型式及び種別の選定」に準ずる。

２　防潮護岸の型式には、表４－４－２８、図４－４－５４に示すものがあるが、防潮護岸の設置目的及びその機能は防潮堤と大略同じであり、その選定は防潮堤に準じて行う。

表４－４－２８　防潮護岸の型式

直立型	石積式、重力式、扶壁式 突型式（Ｌ型式を含む)、ケーソン式、コンクリートブロック積式、セル式、矢板式、石枠式など
傾斜型	石張式、コンクリートブロック張式、コンクリート被覆式、捨石式、捨ブロック式など
混成型	上記の組み合わせ

注）堤体前面の勾配が、１割以上のものを傾斜型、１割未満のものを直立型という。また、傾斜型のうち、特に勾配が３割以下のものを緩傾斜型という。

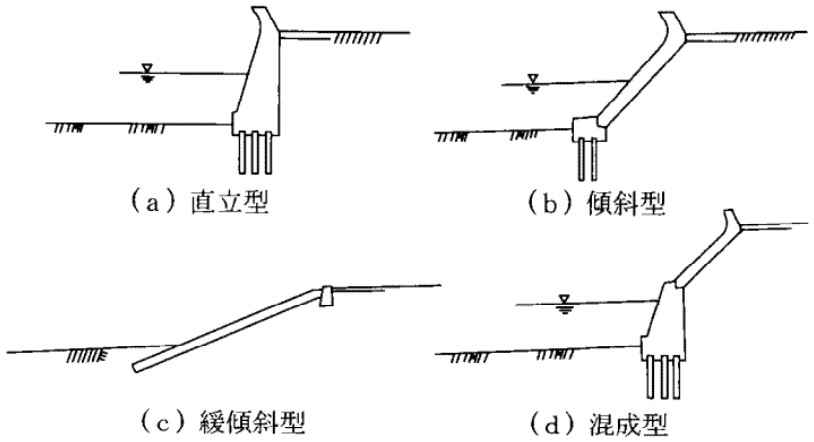


図４－４－５４　防潮護岸の型式

３　防潮護岸の種別は、型式と同様、防潮堤に準じて、コンクリート、鉄筋コンクリート、石、コンクリートブロック、鉄線かご等から、適切な物を選定する。

４　防潮護岸を越流する津波が発生した場合には、防潮堤と同じく基礎部の土砂侵食や施設本体の破壊などが発生することがあり、その種別や形式により被害状況は異なることに留意する。

４－４－２－３　防潮護岸の位置及び法線

防潮護岸の位置及び法線は、本章４－４－１－３「防潮堤の位置及び法線」に準ずる。

４－４－２－４　防潮護岸の天端高

防潮護岸の天端高は、本章４－４－１－４「防潮堤の天端高」に準ずる。

４－４－２－５　防潮護岸の断面

１　防潮護岸の表のり勾配、天端厚等の決定方法は、本章４－４－１－５「防潮堤の断面」に準ずる。

２　防潮護岸は、次の場合に堤体背後に良質な裏込めを行う。
なお、裏込めの設置にあたっては、吸出し等に対して対策をとる。

(1) 透水性の増大

防潮護岸設置にともない背後林帯の地下水位が上昇し、林帯に悪影響を及ぼすおそれのある場合には、透水性の増大をはかり、残留水位を低下させるために、裏込めを設置する。

(2) 埋戻土砂の流出防止

防潮護岸前面がある程度の水深を有し潮位や波力の影響を大きく受ける場合やコンクリートブロックを設置した箇所や壁体の沈下が予想される箇所において、壁体間から裏埋土が流出するおそれのある場合においては、埋戻土砂の流出防止を図るために、裏込めを設置する。

３　防潮護岸の表のり勾配は、本章４－４－１－５－３「防潮堤の表のり勾配」に準じ、一般に、次を目安として決定する。

表４－４－２９　防潮護岸の型式と一般的な表のり勾配

型　　式	表のり勾配
石張式、コンクリートブロック張式	１：１より緩
捨石式、捨ブロック式	１：１～１：３
石積式	１：０．３～１：１
重力式、扶壁式、突型式	鉛直～１：０．５
ケーソン式、セル式、矢板式	鉛直～１：０．４
コンクリートブロック積式、石枠式	鉛直～１：１

４　防潮護岸の天端厚は、本章４－４－１－５－５「防潮堤の天端厚」に準ずる。

４－４－２－６　防潮護岸の安定の検討

１　防潮護岸の安定計算に用いる荷重は、本章４－４－１－６－１「防潮堤の安定計算に用いる荷重」に準ずる。

２　防潮護岸の安定条件は、本章４－４－１－６－２「防潮堤の安定条件」に準ずる。

４－４－２－７　防潮護岸の構造細目

１　防潮護岸の表のり被覆工は、本章４－４－１－７－２「防潮堤の表のり被覆工」に準ずる。

２　防潮護岸の天端被覆工は、本章４－４－１－７－３「防潮堤の天端及び裏のり被覆工」に準ずる。

３　防潮護岸の基礎工は、本章４－４－１－７－４「防潮堤の基礎工」に準ずる。

４　止水工は、本章４－４－１－７－５「防潮堤の止水工」に準ずる。

５　根固工は、本章４－４－１－７－６「防潮堤の根固工」に準ずる。
６　防潮護岸の波返工は、本章４－４－１－７－７「防潮堤の波返工」に準ずる。
７　防潮護岸の排水工は、本章４－４－１－７－９「防潮堤の排水工」に準ずる。

４－４－３　消波工

４－４－３－１　消波工の目的

消波工は､透過式の構造物のものを設置して波のエネルギーを減殺して波の打ち上げ高、越波量の低減及び衝撃砕波圧の低減を図り､反射波による砂の移動を少なくして､防潮堤、防潮護岸等の前面への堆砂及び洗掘の防止を図ることを目的とする。

また、この効果により背後地の利用状況等からみて算定した防潮堤、防潮護岸の天端高が高すぎると考えられる場合には、消波工を設置して天端高を低くすることができる。

さらに、適当な間隔をあけて消波工（遊水部付）を設置すると、波のエネルギーを減殺して、消波工背後に堆砂が生じるため、防潮堤、防潮護岸の基礎の保護に対して有効である。

４－４－３－２　消波工の型式及び種別の選定

１　消波工に到達した波の一部は消波工の前面で反射又は水塊、しぶきとなって空中に飛び散るが、残りの波は、消波工の空隙に侵入する。侵入した波は、消波工を透過又は乗り越えて防潮堤に衝突して、反射又は越波する。効果的な消波工の条件は、

①　表面粗度が大きいこと

②　波の規模に応じた適度の空隙を有するもの（消波工の内部に波をじょう乱する空間の大きいこと。図４－４－５５のイの部分）

③　波力に対して安全であること等である。

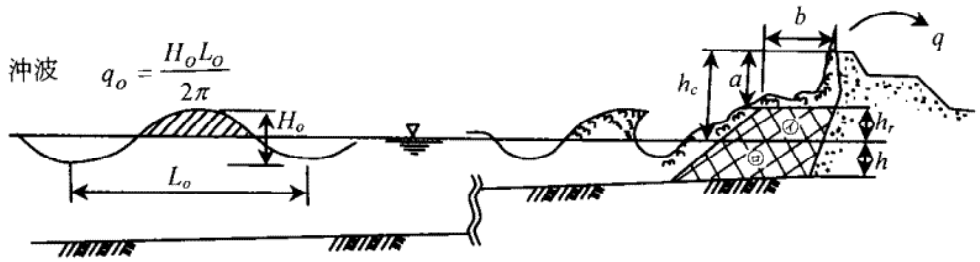


図４－４－５５　消波工の説明図

ここで、h ：防潮堤等の堤脚水深（m）

h_c ：防潮堤等（波返工）の天端の水面上の高さ（m）

h_r ：消波工天端の水面上の高さ（m）

a ：消波工から防潮堤等（波返工）天端までの高さ（m）

$a = h_c - h_r$

S ：消波工の水面上の面積（㎡）

図中のイに相当するもの $S \fallingdotseq hr \times b$

２　消波工には、次の２つがある。

(1) 密着型消波工

防潮堤、防潮護岸の堤体に密着させて消波工を設置するもの。防潮堤・護岸からみると、消波工付き防潮堤・護岸となる（図４－４－５６参照)。

(2) 遊水部付き消波工

防潮堤、防潮護岸の堤体から離して消波工を設置するもの（図４－４－５７参照)。

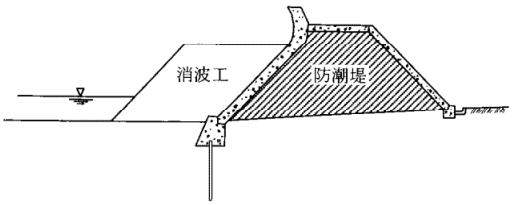


図４－４－５６　密着型消波工の模式図

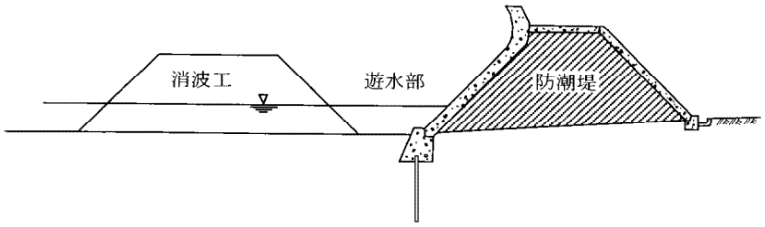


図４－４－５７　遊水部付き消波工の模式図

3　消波工の型式は透過型を標準とする。

4　消波工の種別は、石、コンクリートブロック等とし、現地の状況に応じ消波効果の高いものを選定する。消波工には、異形コンクリートブロックが最も多く用いられている。

5　消波工付防潮堤、防潮護岸では、消波工として根固めと兼ねて異形コンクリートブロックを用いることが多い。

この異形コンクリートブロックは、消波を主目的としていることから、高波を受けた場合にはその空隙や形状等によって入射のエネルギーを減勢させ、反射率を小さくさせる働きがあるが、その先端部は洗掘されることが多い。

しかし、防潮堤、防潮護岸ののり先はほとんど洗掘されず高波が去った後では、先端が埋め戻される。

6　異形コンクリートブロックは、その特性上、移動しやすい底質の流出を完全に抑える機能は低い。したがって、底質の移動の防止及び護岸の基礎の移動と堤体土の吸い出しを防止する機能をもった基礎工を設置する。

４－４－３－３　消波工の位置及び法線

1　消波工の法線は、その設置目的から、防潮堤又は防潮護岸と平行に設定することを標準とする。

2　遊水部付き消波工は、砂を含んだ波が通過し、流速が弱くなって引くときに背後に砂を堆積させる機能を有していることから、消波工の位置は、砂の堆積効果の最も大きい位置を選定する。

消波工の位置は、模型実験によって最も効果的な位置を決定することが理想的であるが、一般的には設計高潮位に水位上昇量を加えた面で、消波工の堤体側のり面と堤体と

の距離を消波工設置地点の波長Ｌの 0.1 倍(堤底部で３～５ｍ程度)とするのが効果的であるといわれている(図４－４－５８参照)。

なお、現地侵食状況によっては、構造物と消波工との間隔をそれ以上とする場合もある。

また、構造物と消波工の間隔が狭いとかえって洗掘を促進することになるので注意する。

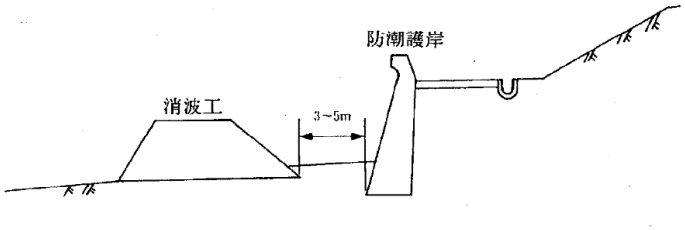


図４－４－５８　遊水部付き消波工の構造

４－４－３－４　消波工の天端高

１　消波工の水面上の高さが低いと、波が消波工を乗り越えてかえって越波量を増加させるので、適切な高さを確保する。また、消波工の水面上の高さが大きいほど、波を貯留する容量が大きくなり効果的である。

２　消波工の水面上の高さを定めるのに、表４－４－３０に示す消波工の諸元を参考として定める。

この表は、白石らが越波量（$2\pi q/H_0L_0$）が 5.0×10^{-3} 以下となるように実験から求めたものである。なお、図４－４－５５の a の値は、0.5 ～ 1.0 ｍ程度が効果的とされている。

表４－４－３０　　消波工の諸元の標準

消波工の高さ ／ 水深	$\frac{h_r}{H_0}$	$\frac{h_c + h_r}{H_0}$	$\frac{h_c + h_r}{h}$	$\frac{2\pi S}{H_0L_0}$
$h/H_0=0.0$	0.5	1.0	－	0.0
$h/H_0=0.5$	0.6	1.5	3.5	0.2
$h/H_0=1.0$	0.8	2.0	2.5	0.4
$h/H_0=2.0$以上	0.7	1.7	1.0	0.2

３　防潮工に消波工を密着して設けて天端高低減する場合は、低減効果を期待できる消波工の天端高等をとる。

４－４－３－５　消波工の断面

１　消波工は、強力な波力を受けることから、その機能を維持するためには外力、海底変化に対して安定性を確保する必要がある。

したがって、消波工の設計に当たっては、コンクリートブロックの種類、質量、天端厚、積み方、のり勾配、基礎構造等について十分な検討を行う。

２　消波工の天端厚は、消波工の安定を考慮して決定する。通常は２～３個程度あれば安定を確保できる。天端厚が大きいと消波効果が大きくなるので、天端高を低減する必要がある場合等には天端厚をある程度厚くすることとし、３～５個程度又はそれ以上とする。

３　消波工のブロックの積み方には、乱積みと層積みがあるので、海底の変動、工事の難易等を考慮して決定する。なお、異形コンクリートブロックは、積み方によって、空隙がほとんどなくなる場合もあるので注意する。

４　消波工ののり勾配は、乱積みの場合は 1:1.3 を標準とする。層積みの場合は、ブロックの積み方によって異なるが、堤体の安定性、堤体前面の洗掘防止を考慮して決定する。

４－４－３－６　消波工に使用するコンクリートブロック等の所要質量

消波工に使用するコンクリートブロック等の最小質量は、現地における使用実績が高く、斜面被覆材の質量算定によく用いられるハドソン式(次式)で算定される。

$$M = \frac{\rho_r \rho_w^{\,3} H_D^{\,3}}{K_D (\rho_r - \rho_w)^3 \cot\alpha}$$

ただし　M：コンクリートブロック等の最小質量（t）

ρ_r：コンクリートブロック等の密度（t/m^3）

ρ_w：海水の密度（t/m^3）

α　：斜面が水平面となす角（度）

K_D　：安定数(粗石は表４－４－３１参照。コンクリートブロックは種類によって異なる。)

H_D　：設計計算に用いる波高（m）

表４－４－３１　粗石の安定数（K_D）の値

区　　分	層　　数	K_Dの値
丸みのある石	２層以下	２．１～２．６
	３層以上	２．５～３．２
角ばった石	２層以下	２．８～３．５
	３層以上	３．１～４．３

(1) コンクリートブロックの大きさの選定に当たっては、ハドソン式から計算された最小質量を満たして、経済的にも合理的な大きさをとるよう留意する。

(2) ハドソン式は、広範囲な室内実験の結果に基づいて定められたものであるが、コンクリートブロック等の安定性に及ぼす因子は多いため、必要に応じて、現地又は同様な条件にある施工例又は被害例を参考として、コンクリートブロック等の大きさを修正する。

(3) この計算に用いる設計波高（H_D）は、本章４－４－１－４「防潮堤の天端高」〔解

説〕に示した方法に準じて求める。また、防潮工の設置位置は、その水深が換算沖波波高の 0.5 倍以浅の場合が多いが、この場合は換算沖波波高の 0.5 倍の水深における有義波高を用いる。

(4) 消波工頭部、隅角部、海底勾配が急な箇所などは、波がいろいろな方向から来襲し、のり肩の被覆材は転落する危険がある。

このため、ここに使用するコンクリートブロック等は、式で計算された値よりも大きな質量のものを使用することが求められる。ハドソンは、コンクリートブロックに対して約 30 %の質量割増しを示しているが、この程度では不十分な場合があり、少なくとも式で得られた値の 1.5 倍程度の安全度を見込むことが望ましい。

(5) 突堤、離岸堤、根固工等に用いられる異形コンクリートブロックは、経験的に質量２ｔ以上のものを用いることが多い。

４－４－３－７　消波工の基礎

１　消波工は、砂層の上に設置することが多いため、洗掘による沈下が生じやすいことから、支持力を確保するとともに、洗掘に耐えるものとする。

２　基礎としては、一般的にはマット、鉄線かご、捨石等を用いる。捨石による基礎を行う場合には、下層にいくほど粒径を小さくして底質粒径とのなじみを良くする方が沈下量が少ない。

４－４－４　消波堤

４－４－４－１　消波堤の目的

１　消波堤は、消波工と機能、構造等が同じであるが、消波工が防潮堤、防潮護岸の補助的な施設として一体的に設置されるのに対して、砂丘、山脚の侵食、砂浜の汀線後退を防止して汀線の維持を図るとともに、その背面への堆砂の促進を目的として設置する。

２　消波堤は、消波堤自体の前面の侵食を防止することが困難であることから、緊急的、応急的な工法としての性格を有する。

３　消波堤は、海岸の侵食域に設置することから、漂砂の下手への影響を考えて、その配置、構造等を検討する。

４－４－４－２　消波堤の型式及び種別の選定

消波堤の型式及び種別の選定は、本章４－４－３－２「消波工の型式及び種別の選定」に準ずる。

４－４－４－３　消波堤の位置及び法線

１　消波堤は、汀線付近に汀線と平行に設置するが、この場合には、ほぼ平均水位時の汀線上で適切な位置を検討する。

また、消波堤の背面での堆砂を期待する場合にあっては、その設置位置は砂の堆積効果の最も大きい位置を選定する。

２　崖侵食対策においては、消波堤は、崖前面の水際線に沿って連続堤として設置する。

なお、砂浜海岸の侵食対策においては、海浜の利用等も考慮し、汀線付近に汀線と平

行に不連続堤として設置する。その場合の消波堤は、千鳥状に設置する。

３　消波堤の法線は、可能な限り直線とするが、やむを得ず曲線を挿入する場合にはできるだけ曲率半径の大きい曲線とする。

４－４－４－４　消波堤の天端高

１　海岸防災林造成で用いる消波堤は、堆砂を目的としていることから、消波堤の天端の高さは、年に数回程度来襲する波浪に対して越波しない程度の高さがあれば、その効果が十分発揮できる。

２　一般に、天端の高さ(L)は、次のいずれかによって求め、現地の状況に即して決定する。

①　$L=HWL+\frac{1}{2}H+D$

②　$L=HWL+(1.0\sim1.5m)+D$

ただし、L ：天端の高さ（m）
HWL：H.W.L.（m）
H ：設置水深における進行波の有義波高（m）
D ：予想沈下量（m）

４－４－４－５　消波堤の断面

消波堤の断面は、本章４－４－３－５「消波工の断面」に準ずる。

４－４－４－６　消波堤の基礎

消波堤の基礎は、本章４－４－３－７「消波工の基礎」に準ずる。

４－４－５　突堤

４－４－５－１　突堤の目的

１　海岸侵食は、漂砂の収支の均衡が破れた場合に生じるものである。すなわち、海岸漂砂の移動量分布が流れの方向に向かって増加する傾向にある時は、汀線が後退し、減少する傾向にある時は、前進する。

突堤は、沿岸漂砂が卓越する海岸において、海岸から細長い構造物を突出して沿岸漂砂を減少させ、海岸侵食を防止、又は軽減しようとするものである。

２　突堤を設置すると、波、流れが変化して漂砂の移動量も変化するが、汀線が逆に侵食されることのないように漂砂の移動方向、連続性、供給源等について十分な調査を行う。

３　突堤は、一基でその役目を果たすこともあるが、通常は複数の突堤を適度な間隔に配置し、一群の突堤でその効果を発揮させるものが多い。突堤の漂砂に対する作用は、極めて複雑であるので、計画に当たってはその状況を見ながら試行的に進めていくのが良い。

なお、突堤は、一般に漂砂の下手側から着手する。

４－４－５－２　突堤の型式及び種別の選定

１　突堤をその透過性によって区分すると、透過型と不透過型があり、突堤の型式は、次のものを標準とし、現地の状態に応じて適切なものを選定する。

(1) 透過性による分類

①　透過型　　②　不透過型

(2) 横断面形による分類

①　直立型　　②　傾斜型　　③　混成型

２　突堤の型式の選定に当たっては、近隣の海浜地形、漂砂、卓越する波向、沿岸流の方向等を考慮する。

一般には、利点が多く、安全度の高い透過型を用いる。

(1) 透過型

捨てブロック式の透過型が最も多く用いられている。透過型はかなりの漂砂が堤内を通過するので、安定した土砂の供給がある海浜で、海浜を安定させる場合に適しているが、土砂の供給が著しく減少している侵食海岸では適していない。

透過型は、波浪の一部を通過させるので反射波が小さい。また、表面粗度が極めて大きいことから、堤体に沿う流れを弱めるので、先端部及び側面の基礎部の洗掘が少ない。

(2) 不透過型

不透過型は、漂砂を完全に遮断するため、前浜を前進させる等、特に堆砂効果を期待する場合に適している。突堤を通過する漂砂は、先端部を回る漂砂のみであるから、突堤の長さによって漂砂の制御を調整する。すなわち、先端が砕波帯より岸側にあると漂砂の通過量が多くなり、先端が砕波帯より沖側にあると漂砂の通過量が少なくなる。

３　透過型、不透過型の突堤には、次の種類がある。

(1) 透過型

①　捨石式

粗石を山形に積み上げて堤状にするもので、古くから用いられており、補修が容易であるが、多量の石を必要とするため、現場付近で好適な材料が得られる必要がある。

②　捨ブロック式

捨石の代わりにコンクリートブロック又は異形コンクリートブロックを使用するもので、積み方には全断面にブロックを用いるものと、表層のみをブロックで被覆するものがある。

捨ブロック式は、捨石式と同様に堤体の透過性及び堤体表面の粗度によって波のエネルギーを吸収するため、波の反射、越波及び堤体に沿う流れが小さい。また、堤体自体可とう性があることから基礎の洗掘等による不等沈下が生じても破壊が少ないので、侵食作用の激しい所に適している。

なお、捨てブロック式は、ブロックの大きさ、質量にとらわれずに製作、据え付けが比較的容易にできるので、捨石式突堤よりも波力の大きいところにも用いることができる。

③　詰杭式

コンクリート杭等を２列に並べて、この中に石を詰め、上部をコンクリート板等で被覆するものである。堤頭の補強又は沿い波による洗掘を防止するため、先端部と周囲を異形ブロックで補強するものが多い。詰杭式は、透過性が小さい。

④　石枠式

鉄筋コンクリートの枠の中に粗石を詰めて直立体を作るもので、構造が簡単で工費も低廉である。透過性が小さく耐久性に劣ることから、波力の小さい所で用いられる。

(2) 不透過型

①　石積式、石張式

捨石を行い、表面を積石するもので、のり面勾配が１：１より急なものを石積式、緩やかなものを石張式という。耐波力があまり大きくないので、比較的小規模なものに用いる。

②　コンクリートブロック積式

コンクリートブロックを積み上げて直立体を作るもので、通常は無筋コンクリートを用いる。各ブロックの結合が弱いため、できるだけ大きい形状のものを用いる方がよい。

また、洗掘沈下による堤体破壊の防止のため、厚さ 50cm 程度のそだ工、捨石工等の基礎工又は粗石、ブロック等の基礎工を行うとともに、各ブロック間を継手で接続してブロックの散乱を防止する。

なお、侵食作用が激しいところで、比較的水深の小さい所では突堤に可とう性を持たせることが望ましい。

③　場所打ちコンクリート式

場所打ちコンクリート式は、水深の浅い所、陸上部で用いる。

④　その他

ウエル式、ケーソン式、セルラーブロック式、二重矢板式、パイル式等がある。

４　突堤を横断面形から区分すると表４－４－３２及び図４－４－６０に示すように、直立型、傾斜型及び混成型があるが、その型式の選定に当たっては、設置水深、潮差、波力、透過性及び材料の入手の難易度等を考慮する。

一般に、水深の大きい所では、傾斜堤は材料が多くなり、工事費が多額となる。

表４－４－３２　横断面形による分類

直立型	斜面勾配 鉛直～１：１	石積式、コンクリートブロック積式、ケーソン式、セルラーブロック式、ウエル式、石枠式など
傾斜型	斜面勾配 １：１より緩やか	石張式、捨石式、捨ブロック式など
混成型	—	—

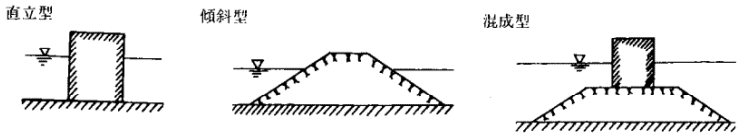


図４－４－６０　突堤の横断面形

５　なお、突堤を平面形から分類すると、図４－４－６１に示すように直線型、Ｔ型、Ｌ型があるが、一般には直線型を多く用いている。

図４－４－６１　突堤の平面形（直線型・Ｔ型・Ｌ型）

６　突堤の種別は、構築材料により、石、コンクリートブロック、コンクリート杭、鋼矢板等に分類されるが、種別の選定に当たっては、施工箇所の地形、地質、波浪の状況、材料、運搬条件、経済性、安全性、保全対象等を十分検討して最も適切なものを選定する。

４－４－５－３　突堤の方向

突堤の方向は、波の方向が一定であれば、これに対して最も効果的な方向とし、経験的に汀線に直角に設ける。

４－４－５－４　突堤の長さ

１　突堤の基部では、波がその背後に回り込み、側面の下手側を侵食されることによって破壊する。したがって、突堤の基部は、朔望平均満潮位の高さに荒天時の波の遡上高を加えた高さの位置まで設ける。

また、防潮堤等がある場合の突堤の基部は、防潮堤等に接続させる。

２　漂砂量は、海底勾配の急な所では波打際で多く、海底勾配の緩やかな所では砕波帯で多い。また、海岸線に直角方向の漂砂量の分布は、波形勾配の小さい場合には汀線付近で、波形勾配の大きい所では砕波帯付近で最大となる。

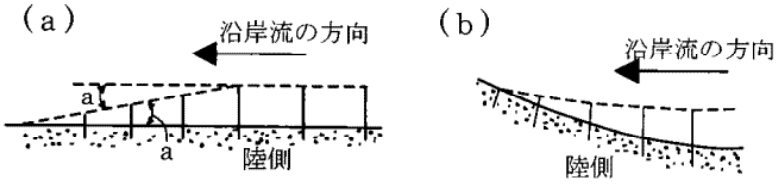
したがって、突堤の長さを決定する場合は、漂砂量の分布を十分に把握するとともに、保護する海浜の範囲、必要とする汀線の位置などを検討する。

３　突堤の計画は、長い突堤を設置して沿岸漂砂を完全に阻止してしまうと、その下手側

では侵食を生じることがあるので、陸上部から開始し、漂砂の堆砂状況を見ながら海側に順次進めていくことが重要である。

４　突堤は、一群の突堤として設置する場合が一般的である。この場合の突堤の長さは、突堤の先端を結ぶ線が汀線と滑らかに接続できるようにする。図４－４－６２に示す角度（ａ）は、５～６°程度が望ましく、また、汀線が湾曲している場合には、突堤の先端が滑らかな曲線を描くようにする。

図４－４－６２　突堤と汀線との接続



５　突堤を沿岸漂砂の上手から施工すると下手側で侵食を受けることがあるので、突堤の施工順序は、保護する区域の下手側から着手する。

４－４－５－５　突堤の間隔

突堤を設置すると、突堤間の汀線形状は、図－４－４－６３に示すように砕波波向とほぼ直角になるように変化する。また、その汀線の前進、後退は漂砂の量、突堤の長さによって変化し、例えば、十分に長い不透過型の突堤では、在来汀線の前進部の面積（図４－４－６３の Ａ の部分）と後退部の面積（図４－４－６３の Ｂ の部分）とが等しくなるように汀線が移動する。

また、突堤の間隔を広くすると、突堤間の上手側と下手側の汀線位置の差が大きくなり、下手側で必要な汀線の位置を確保できなくなるおそれがある。

したがって、突堤の間隔は、突堤下側が最も後退した場合において、必要な汀線の位置が確保できるように堤長の３倍以内とする。

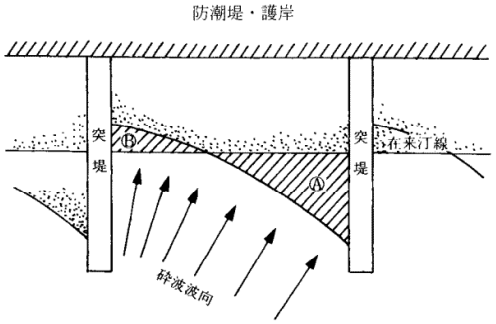


図４－４－６３　突堤間の汀線形状

４－４－５－６　突堤の天端高

１　突堤の天端高は、長さとともに沿岸漂砂の捕捉に係わる重要な要素であるが、その高さを決定する明確な方法は現在のところ定まっていない。また、異形コンクリートブロックを用いる場合には、その積み方、層数によって自ずと定まることとなる。

２　一般には､突堤の天端高は図４－４－６４に示すように三つの部分に分けて検討する。なお、下手側にかなりの漂砂の通過を期待する場合には、天端高を海底勾配に平行としてもよい。

(1) 陸側水平部分（A）

突堤基部から想定される安定汀線までの部分をいう。その天端高は、遡上する波が突堤の天端を乗り越えて下手側に砂を移動させない高さとするとともに、使用材料の大きさを考慮して決定する。波の遡上限界は、朔望平均満潮位時の高波浪を対象として検討する。

(2) 中間傾斜部分（B）

陸側水平部分から平均干潮位までの部分をいう。その高さは一般に平均干潮位での汀線上の天端高から前浜勾配にほぼ平行に線を引いて天端高とする。

(3) 先端部（C）

中間傾斜部分から先の部分をいう。先端部は、水平又は海底勾配に平行とするが、十分な漂砂の捕捉効果を期待する場合には、天端高を波が乗り越えないことが望ましく、朔望平均満潮位程度以上とすることが望ましい。

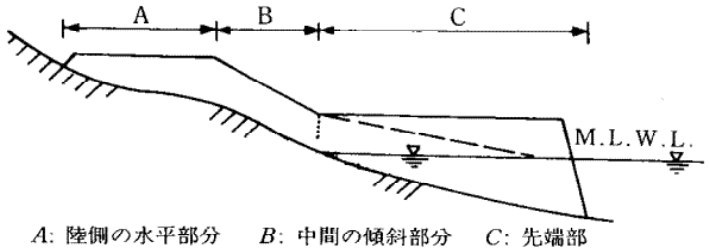


図４－４－６４　突堤の天端高

３　突堤を設置すると前浜の位置も変化することから、突堤の各部分の高さの検討に当たっては、計画の基準となる前浜の位置が重要となる。現在の前浜を基準とすると、図４－４－６５に示すように将来の安定した状態時に前浜部の高さが不足することがあるので注意する。

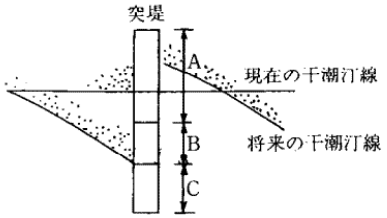


図４－４－６５　将来の前浜を基準としたときの各部分の決め方

４－４－５－７　突堤の断面

１　突堤の断面は、本章４－４－３－５「消波工の断面」に準ずる。また、次の事項に留意する。

(1) 波力

突堤は、暴風時の砕波位置と汀線との間に先端部の位置があるのが一般的であるこ

とから、波力の算定には砕波後の波高を用いる。

また、海底勾配が急な場合には、衝撃波力に注意する。

(2) 土圧

突堤の上手側と下手側の砂の堆積が異なる場合には、上手側に主働土圧、下手側に受働土圧が作用する。また、矢板式等のように中詰土砂のある場合には、矢板等に作用する中詰土砂の土圧を考慮する。

(3) 揚圧力

揚圧力を考慮する必要があるのは、直立型のうちコンクリートブロック積式、ケーソン式、セルラーブロック式及び混成型のうち上部の直立部に対してである。

2　突堤の堤体に捨石又は捨ブロックを用いる場合には、堤体が小さいとかみ合わせ効果が悪くなり安定性が期待できないので天端幅は３ｍ以上とする。また、堤体の側面ののり勾配は、１：１～１：１．５程度とする。なお、異形ブロックを使用する場合の天端幅は、通常２～３個並び以上とする。

４－４－５－８　突堤の基礎

突堤の基礎は、本章４－４－３－７「消波工の基礎」に準ずる。

４－４－６　防潮工の付帯施設

1　必要に応じて排水路を計画する。この場合、背後地の排水の支障とならないように留意する。

2　直立型の防潮堤等を設置する場合は、陸側と海側が隔絶されて、海岸利用に対して阻害となるおそれがあるので、必要に応じて昇降路等を設ける。

その場合、防潮堤等の断面を縮小又は根入れ深を減じてはならない。

3　昇降路等の勾配、幅員については、通行上必要最小限のものとし、利用者の安全確保のため、必要に応じて防護柵を設ける。

4　津波の来襲するおそれのある海岸にあっては、退避用のための階段工等を適当な間隔で配置することが望ましい。

5　付帯施設を計画する場合は、当施設の設置目的に合致し、かつ、弱点とならないように留意する。

４－５　砂丘造成

1　近年は、海岸砂丘の発達が少なくなりつつあるため、砂丘の造成を行う事例が少なくなってきている。しかし、現在、なお、砂丘が発達している場所において、飛砂を低減して森林造成を確実にする方法として、飛砂軽減・防風効果をもつ砂丘を造成することは、経済的、効果的な方法である。

2　砂丘造成の目的は、地形を整理して風力を均一化、減殺し、飛砂の軽減及び砂地の固定により、植栽木の正常な生育に資そうとするものである。砂丘造成は、これらに加えて、津波エネルギーの減殺効果の発揮も期待される。

3　砂丘は、天然砂丘、人工砂丘及び砂丘造成盛土の３種に区分される。

(1) 天然砂丘

人為的な手段によらないで長年月の間に海風等によって形成された砂丘。

(2) 人工砂丘

飛砂を捕捉する堆砂垣工を繰り返し施工して人工的に造成した砂丘。

(3) 砂丘造成盛土

機械土工等によって人工的に造成した盛土。

4　砂丘造成の工種・工法は、飛砂軽減、防風のために、①飛砂を捕捉して砂丘を造成する堆砂工、②機械的工法によって人工的に砂丘を造成する砂丘造成盛土工、③砂丘に溜まった砂の移動を防止する覆砂工、④波浪による砂丘の脚部の侵食を防止する防浪工がある。

砂丘を造成する場合は、これらの工種・工法の中から、現地の状況に即して適切なものを選択し、組み合わせる。

４－５－１　堆砂工

堆砂工は、海側から風送される砂の多い場合に計画する。

４－５－１－１　砂丘の位置

1　砂丘の位置は、砂丘の海側の先端が波浪によって侵食、破壊されないように汀線からある程度陸側に造成することが望ましいが、海浜が狭く、侵食のおそれのある場所に設けざるを得ない場合は、防潮工等も計画する。

2　海浜が広く、前砂丘と主砂丘を設ける場合の砂丘の位置は、次のとおり。

(1) 前砂丘の位置は、汀線の位置、波高、潮位、海岸の傾斜、飛砂の程度等を総合的に考慮して決定するが、あまり海側に出過ぎると砂丘の風上側の脚部が波浪のために破壊されるので、砂丘が侵食されないよう、波浪到達線よりも海側に出ない範囲でその位置を定める。

(2) 主砂丘の位置は、前砂丘の位置の決定後に陸側の地形を考慮して決定する。砂丘間の距離は、砂丘高、周囲の地形、従来の砂丘との関係等から決定する。

４－５－１－２　砂丘の方向

人工砂丘の方向は､砂の均等な供給により安定した砂丘を造成・維持できる方向として、主風向に直角とすることが望ましいが、施工性を勘案し、汀線の方向などを考慮して決定する。

４－５－１－３　砂丘の高さ

人工砂丘の高さは、海浜の広さ、勾配等、造成する場所によって異なるが、その海岸における砂の状態（粒径、含水率）や、風速、風向等により自ずと限度がある。したがって、周辺の人工砂丘の高さ、後方林帯の保護等を考慮して決定する。

４－５－１－４　砂丘の構造

1　安定した天然砂丘は､一般に風上側の勾配は緩やかであり､風下側の勾配は急である。風上側の勾配は、砂の状態（比重、粒径等）と風速等によって異なるが、一般に 5 ～ 10

°程度である。また、風下側の勾配は、風上側の勾配と密接な関係があるが、一般に砂の安息角に近いものとなる。

したがって、人工砂丘の造成に当たっては、天然砂丘の高さ、風上、風下面の勾配等を考慮して、天然現象に対して安定した形状に仕上げる。

２　人工砂丘の頂部は、水平とし、丘頂の前面及び後面のり頭には丘頂柵工を施工して頂部の固定を図る。

４－５－１－５　堆砂垣工

堆砂垣工は、人工砂丘を造成するために、海側から風送される砂を堆砂垣によって捕捉して、その前後に堆砂させる。これを繰り返すことにより、人工砂丘を造成する。

４－５－１－６　丘頂柵工

１　造成された砂丘の頂部は、そのまま放置すると風食を受けて凹凸が生じ、次第に破壊されることになる。このため砂丘の頂部に柵類を１～２列埋め込む。

２　丘頂柵工は、砂丘の方向に沿って水平に設置する。

３　丘頂柵工の使用材料、構造等は、第２編山地治山事業第５章４－２－２「柵工」に準ずるほか潮風等に対して必要な耐久性を有するものを選択する。また、丘頂柵工は、その大部分を埋め込むものとする。

４－５－２　砂丘造成盛土工

１　近年、山間部における荒廃地の復旧、河川の整備等が進んできたことなどから沿岸漂砂の供給が少なくなり、主として防風のために、人工的に盛土を造成することが行われている。

また、機械施工の進展等により、堆砂工により長い期間をかけて砂丘を造成するのではなく、人工的に盛土を行い、飛砂軽減、防風に効果がある砂丘を早急に造成することが多くなってきている。

２　砂丘造成盛土工により早急に砂丘を造成することは、津波エネルギーの減殺効果及びの発揮も期待されるものであり、津波被害の軽減という面でも有効と考えられる。

４－５－３　覆砂工

１　造成された砂丘又はその陸側の砂地をそのままの状態にしておくと、風によって侵食され、砂が移動して次第に変化していく。したがって、砂丘の造成が終了したら、森林造成箇所には、早急に静砂工を施して植栽を行うとともに、汀線付近の森林造成の困難な箇所には、覆砂工を行い、砂草の導入を図る。

２　覆砂工は、伏工、砂草植栽及び実播工の工種からなるが、これらの工種の選定に当たっては、風の強さ、地形等を考慮して適切に組み合わせる。工種の組み合わせは、伏工によって砂地の表面を固定してから砂草植栽を行うのが標準であるが、現地の条件によっては砂草植栽に代えて砂地植物の種子を播種することもある。

４－５－３－１　伏工

１　伏工は、砂丘及び陸側砂地の表面を被覆するものであるから、砂の移動を防止し、かつ砂草が砂地を被覆するまでの間の耐久性を有するものを選択する。

　また、伏工は、地表面に十分密着させるとともに、被覆材料が風によって飛ばされることのないように竹、縄等で十分に押さえ、さらに押串で止めるなどの措置をする。

２　伏工の細別は、第２編山地治山事業第５章４－２－４「伏工」に準ずる。

４－５－３－２　砂草植栽

１　砂草植栽は、砂地を固定するものであるから、砂草が生育可能な砂丘面を植栽対象地とし、その全面に植栽する。

２　植栽対象地は、砂丘及び陸側砂地で砂草により砂の移動を防止する範囲とし、汀線付近については、波浪による侵食などを考慮して決定する。

３　植栽種の選定に当たっては、自然環境への影響を考慮して、在来種の利用に努める。

４－５－３－３　実播工

１　実播工は、砂草植栽に代えて草本類の種子を直接播きつけるもので、一般に砂草植栽が不適当な場合に用いている。実播工に用いる種子の種類は、砂草植栽に準ずる。

２　実播工の細別、播種量、播種の時期等は、第２編山地治山事業第５章４－３－２「実播工」に準ずる。

４－５－４　防浪工

砂丘は、その脚部が波浪による侵食を受けない位置に設けるが、異常な波浪等により汀線は絶えず変化している。また、異常な波浪等により侵食を受けるおそれがある場合には、防浪編柵等を設けて保護する。

４－５－４－１　防浪工の位置、方向及び高さ

１　防浪工の位置は、砂丘の海側に、波浪の到達線を考慮して設ける。

２　防浪工の方向は、砂丘に平行とする。

３　防浪工の高さは、通常の波浪により砂丘の脚部が洗掘、破壊されない程度の高さとし、その頂部は水平とする。

４－５－４－２　防浪工の種別

防浪工は、砂丘の海側に設けるが、砂丘の位置が汀線から相当離れている場合が多いため、波浪による侵食は比較的少ないのが一般的である。

したがって、強大な波圧を直接受ける防潮工のような強度を有する構造を必要としないが、波の侵食に対して必要な耐久性を有するものを選択する。

４－６　森林造成

１　森林造成は、海岸防災林造成の最終目的であり、造成目的に応じた林帯の規模、構造を有する森林を確実に造成することによってその目的の達成を図るものである。

２　海岸地帯における森林造成は、通常の森林造成と比較して自然条件が極めて厳しいた

め、森林を確実に造成するために、通常の森林造成と異なる工法とする。

海岸砂地における自然条件の特徴は、次のとおり。

(1) 潮風や寒風が厳しい。

(2) 飛砂により、植生の埋没等が生じる。

(3) 夏季における日中地温が極めて高く、また、温度変化が大きい。

(4) 土壌中の塩分濃度が高く、栄養が不足しているとともに、表層が極度に乾燥している。

3　森林造成の工種には、① 強風を緩和する防風工、② 砂の移動を防止する静砂工及び植栽工があるので、現地の状況に即して適切なものを選択、組み合わせる。

一般的には静砂工を行ってから植栽するが、強風が頻発する地域では防風工を設置する。

また、海岸防災林造成地は、緩傾斜地、平坦地が多く、地下水位の高いところ、浸透水の停滞しやすいところには、必要に応じて生育基盤盛土工、排水工を設ける。

４－６－１　生育基盤盛土工

1　津波や高潮に対して防災機能等の高い森林とは、根系の緊縛力により林木を流失させないことで、保全対象における直接的な被害の発生を防止又は軽減し、地上部が津波等の外力へ抵抗することで津波エネルギーの減殺や漂流物捕捉等の機能を発揮する森林である。

2　地盤高が低く、地下水位が高い箇所においては、樹木の根の緊縛力を高め、根返りしにくい林帯を造成する観点から、生育基盤盛土工により、植栽木の生育基盤を確保するものとする。

3　生育基盤盛土工の計画に当たっては、本章第２節「調査」の結果を踏まえ、標高・地形・地下水位等の地況、樹種・林帯幅等の林況、周辺における自然環境、保全対象の位置、多重防御の観点での他の防災施設の配置等を総合的に勘案し、施工対象区域を検討する。

4　海岸防災林内において生育基盤盛土工を計画する場合、前縁部を残すなど潮害防備や防風等の公益的機能を一度に損なわないようにする観点及び防風工の設置を極力少なくする観点から計画する。

5　生育基盤盛土工の厚さは植栽木の根系の十分な発達が確保されるよう､本章２－８｢地下水位等調査」で得られた地下水位に、必要な土層厚を加えた地盤高と現況地盤との差とする。なお、現況地盤が粘性土の場合は、盛土による現況地盤の沈下が発生するおそれがあるので、現況地盤の圧密試験の実施により沈下量を検討し、この沈下量を考慮して盛土の厚さを決定する。

6　生育基盤盛土工の計画に当たっては、雨水、地下水、津波等による海水等の滞水の防止及び侵食の防止を図るため、必要に応じて生育基盤となる盛土の厚さ、排水工の効果的な配置を検討する。

暗きょ工による排水を計画する場合には盛土による屈とうで排水不良を起こさないよう、配置の要否、位置、構造等を検討する。

7　生育基盤盛土工は大規模な土地改変となり、周辺環境へ与える影響が大きい工法であ

ることから、その計画・実行にあたっては、周辺環境に配慮した対策を講じる。

４－６－２　排水工

１　海岸防災林造成の事業対象地は緩傾斜地、平坦地が多く、地下水位の高いところ及び浸透水の停滞しやすいところにおいては、水路工及び暗きょ工を配置することにより、過剰な表面水及び地下水を速やかに排除し、植栽木の根腐れ等を防止する。

２　水路工及び暗きょ工の配置、種別及び構造は、第３編防災林造成事業第４章４－４－４「水路工」及び４－５「暗きょ工」に準ずる。

４－６－３　防風工

１　強風が頻発する海岸では、静妙工等の破損、植栽木の生育障害等を受けやすい。したがって、調査の結果からこれらの被害が予想される場合には、防風工を設置して強風を緩和させる。

２　防風工は、最も効果的な位置、方向に適切な構造のものを設置する。

４－６－３－１　防風工の配置及び方向

１　防風工の位置は、造成しようとする林帯の風上とするが、林帯幅が広く一列の防風工ではその効果が期待できない場合には、効果的な間隔で列状に配置する。

２　防風工の方向は、主風向におおむね直角とする。

４－６－３－２　防風工の高さ、構造等

１　防風工の高さの決定に当たっては、主風の強さ、林帯の幅、地形、防風工の遮風率等により、その有効な効果範囲を把握して決定する。

２　防風工による風速の減少効果及びその範囲は、遮風材の遮風率によって異なる。

　風速の減少効果範囲は、防風工から遠ざかるにつれて風速が回復することから、事前に目標とする風速まで減少する範囲を把握しておく。

３　防風工には、防風柵、防風ネットが一般的に多く用いられており、その使用材料、耐久性も様々である。したがって、防風工の設計に当たっては、設置期間、風速等を考慮して合理的なものを選定する。

４　防風工は、主柱、支柱及び遮風材等で構成し、風圧に対して破壊されず、転倒しない構造とする。

５　防風工の遮風材は、設置期間等を考慮して選定する。

　また、防風柵にあっては最も効果的な遮風率となるよう部材の間隔を設定し、防風ネットにあっては事前に遮風率を把握して、効果的なものを選定する。

４－６－４　静砂工

１　造成した砂丘及びその陸側の砂地は、そのままでは絶えず砂が移動して植栽木が砂で埋没するなどの被害を受ける。また、海岸砂地での植栽木は塩害、寒風害、乾燥害等を受けやすい。したがって、植栽木の健全な生育を期待するため、静砂工を設けて砂の移動を防止し、植栽木の生育環境を整える。

２　静砂工の細別には、静砂垣工、静砂立工及び衝立工があるが、これらからの選択、組み合わせに当たっては、防風工の有無、風速、地形等を考慮する。

４－６－４－１　静砂垣工

１　静砂垣工は、植栽予定地を垣によって正方形または長方形に区画して、砂の移動防止と植栽木の生育環境の整備を図るものである。設計に当たっては、静砂立工、衝立工との関連を総合的に検討して、区画の大きさ、構造等を決定する。

２　静砂垣の方向は、防風効果、静砂効果を最大にするため、その一辺を主風向に直角にする。また、防風工を設ける場合、防風工は地形的条件等に制約されて主風向に直角とすることが困難な場合が多い。このため、静砂垣は防風工の方向にかかわらず一辺を主風向に直角に設けて、その効果を最大限に発揮させるようにする。

４－６－４－２　静砂立工

静砂立工は、静砂垣の区画内をさらに細かく区画して、砂の移動による害、塩害、寒風害等から植栽木を保護するものであるから、静砂垣の配置状況、風の強さ等を総合的に勘案してその必要性を検討する。

静砂垣工の区画が粗い場合には、区画内で渦流が生じ、砂の移動、潮風等によって植栽木が被害を受けやすい。したがって、このような場合には静砂垣の一辺を短くして区画を小さくする必要があるが、あまり静砂垣の区画を小さくすると不経済となるので、簡易な静砂立工を設ける。

４－６－４－３　衝立工

衝立工は、稲わら、麦わら、カヤ等で編んだ衝立状のものを植栽木(主林木)の風上に立てて、植栽直後の植栽木を保護する。また、衝立工は風による植栽木の水分蒸発を抑制して活着率の向上を図るとともに、降雨を地中に導いて砂地の乾燥防止にも役立てる。

なお、衝立工は静砂垣工、静砂立工の配置状況を勘案して、その必要性を検討する。

４－６－５　植栽工

４－６－５－１　植栽計画

１　海岸砂地での植栽は、山地治山での植栽と比較して、強風害、潮風害、乾燥害等を受けやすく、また、地温の差が大きく、土壌の保水力が小さいなど、成林に当たっての困難性が著しく高い。

したがって、植栽計画に当たっては、植栽地の土壌条件、気象等の調査結果に基づき、最も適切な植栽樹種、植栽本数、混交割合、植栽方法等を選定するとともに、客土、施肥等についても十分な検討を行う。

また、近年、海岸林の生活環境や風致の保全・創出機能、津波エネルギーの減殺、漂流物の捕捉効果及び生態系の保全機能についても重要視されてきており、これらの点にも配慮した植栽樹種、植栽本数、混交割合、植栽方法等を選定する。

２　海岸地域では、内陸に入るにしたがって、植栽木等の生育条件が改善されるので、内

陸側に入るにしたがって海側と比べて植栽本数を減らす等きめ細かな検討を行う。

４－６－５－２　植栽樹種

１　海岸防災林の造成地は､山地治山の植栽地と比較して環境条件が著しく悪いことから、植栽樹種の選定はより慎重に行う。

一般には、次の条件に適合する植栽樹種を選定する。

(1) 養分、水分に対する要求の少ないもの。

(2) 飛砂、潮風及び寒風等の害によく耐え得るもの。

(3) 根系が発達し,津波に対しても容易に根返りしないもの。

(4) 風に対する抵抗力の強いもの。

(5) 温度の急激な変化によく耐え得るもの。

(6) 病虫害に強いもの。

(7) うっ閉を保ち、落葉、落枝等によって地力を増進するもの。

(8) 生活環境や風致の保全・創出に適しているもの。

２　植栽樹種の選定に当たっては､自然環境への影響を考慮して､在来種の利用に努める。

３　海岸林においては病虫害による被害が広がっており、病虫害に強い樹種または抵抗性育種苗等を選定する。

４－６－５－３　植栽本数

１　海岸砂地での植栽に当たっては、植栽木によって砂地を早期に被覆し、飛砂の害、乾燥の害を最小限におさえる観点から密植するのが一般的である。しかし、あまり密植すると、樹木の生育が阻害される。

２　また、密植の場合、植栽後の本数調整伐等の遅れが過密化を招き、飛砂防備、潮害防備等の機能が低下することが懸念されることから、植栽本数の決定にあたっては、本数調整伐等の保育作業の時期等についても考慮する。

４－６－５－４　植栽方法

植栽方法は、第２編山地治山事業第５章４－３－３－３「植栽時期及び方法」に準ずるが、海岸防災林の造成にあっては、次の事項に留意する。

(1) 植栽時期は、飛砂が少なく、苗木の活着及び成長に必要な温度と水分が得られる適切な時期を選択する。

(2) 海岸防災林としての機能を発揮させるため、根系が健全に生育するよう、根系の発達に留意して丁寧に植栽する。

(3) 植栽地の保水性などの水分条件や土壌条件等に応じて、埋わら、敷わら、客土、ポット苗、コンテナ苗等の使用を検討する。

４－６－５－５　施肥

海岸砂地は、植物の腐植質に乏しく、また、地表面に近い層は、乾燥しやすいなど土壌の理化学性が極めて悪いので､立地条件等に応じて施肥を行い植栽木の生育を促進させる。

４－６－６　保育

１　海岸防災林の造成を行う事業対象地は、林木の生育条件が悪い場合が多いので、十分な保育を行う。

２　特に海岸防災林の場合には、密植されることが多いため、植栽後、下枝が枯れ上がる前に、植栽木の伐採を行い適正な密度に調整することが重要である。

３　保育の標準的な工種・工法は次のとおりとし､林況等に応じて適切なものを選択する。

(1)　補植　　(2)　下刈り　　(3)　除伐　　(4)　つる切り
(5)　本数調整伐　　(6)　枝落とし　　(7)　追肥　　(8)　病虫害防除
(9)　獣害防除　　(10)　植栽木掘り起こし

４－６－６－１　補植

４－６－６－１－１　補植の目的

補植は、なんらかの原因によって植栽木が枯死した場合等に、その空間を埋めるために植栽を行う。

４－６－６－１－２　補植の方法、時期等

１　補植に当たっては、苗木の枯損の原因を十分に調査し、補植した苗木に再度枯損が発生しないように、樹種等を含め十分検討する。

２　補植の方法や植栽時期等は、森林造成における植栽工と同様である。

４－６－６－２　下刈り

４－６－６－２－１　下刈りの目的

１　海岸防災林の造成地での植栽は､植栽直後は樹木の生育に必要な陽光を確保できるが、雑草木の成長は一般に植栽木より早いために、それに被圧されて生育が阻害されることが少なくない。下刈りは、こうした事態を回避するために行う。

２　反面、雑草木の存在は地温、気温の昼夜の較差を小さくし、地表面への日射量や風速を和らげ、降雨による地表の有機物や表土の流亡を押さえる等の役割を果たしている。したがって、下刈りに当たっては、雑草木による植栽木の保護効果を考慮し、地形、気象等の条件に応じた下刈りの方法、その継続期間、回数等を検討する。

４－６－６－２－２　下刈りの方法

１　下刈りは、対象地を全面にわたって刈払うか、部分的に刈払うかによって、全刈り、筋刈り、坪刈りの方法がある。

２　下刈りの方法の選択に当たっては、樹種の性質、植栽木の配置や数量のほか、刈り払いによって生じる植栽木への影響や事業対象地の保全上の問題点等も総合して検討する。

４－６－６－２－３　下刈りの期間、回数、時期

１　下刈りは、雑草木の被圧による植栽木への悪影響を除去するために行うものであるので、植栽木が被圧されない高さに成長するまで継続して行う。

２　下刈りの回数は多いほど望ましいが、事業対象地の保全、経費等の関係も勘案する。
３　下刈りの時期(季節)は、刈り払いの対象となる植物の貯蔵養分が減少した夏期に行うことが良いが、植栽樹種の成長特性にも配慮して時期を決定する。

４－６－６－３　除伐

４－６－６－３－１　除伐の目的

除伐は、植栽木又は天然更新木が、雑草等と競合する段階を抜け出た以後において、植栽計画に適合した林型を形成する樹木の生育に支障となる樹木を除去する。

また、除伐の際に残す広葉樹を適切に選択することにより、クロマツ林等の単一樹種による森林を、病虫害等の諸被害に強く生物多様性にも配慮した森林に誘導することができる。

４－６－６－３－２　除伐の方法

１　除伐に当たっての対象木の選定は、現況林分の樹種構成、成長状況、地形、気象条件等によって異なるので、現地の実態に即して決定する。
２　除伐の対象木は、植栽樹種のみによる成林が可能、又はそれを目標とする林分においては、侵入木、萌芽木、及び形質等が不良でかつ他の生育に支障となる植栽木を伐採するが、植栽樹種の他に、保安林の機能の発揮に有益な侵入木、保残木、萌芽木が成立している林分の場合、それらの樹木の活用を考慮しつつ対象木を決定する。
３　尾根筋や斜面上部域においては、寒風害の予防及び地表の乾燥を防ぐため、除伐の程度を弱くする。

４－６－６－３－３　除伐の回数等

除伐を行う時期は、植栽木等と周辺樹木とが競合する段階に至った時期とすることが適切であり、概ねそれは林分がうっ閉する時期に一致する。

４－６－６－４　つる切り

４－６－６－４－１　つる切りの目的

１　つる切りは、樹木に巻きついて生育を阻害しているつる植物を除去するために行う。
２　つる植物は、それ自身では立ち上がれず、樹木等に巻きついて上方で葉を茂らせて生きる性質の植物である。つるに巻きつかれた樹木は、樹幹にねじれやくびれ等を生じ、あるいはその締め付けによって同化物質の下降が妨げられて枯死する場合がある。

また、つる植物が樹木を覆って上方で繁茂すると、樹木は充分な陽光を得られないために正常な成長が妨げられ、甚だしい場合には枯死に至る。

したがって、これを除去することにより、樹木等の健全な生育が促される。

４－６－６－４－２　つる切りの方法、時期

１　つる植物の中には有用な種類もあるが、多くは樹木の生育に悪影響を及ぼすので、つる切りは、全てのつる植物を対象とする。
２　つる切りの時期は、下刈り時以降から林内がうっ閉するまでの間とし、状況に応じ、

うっ閉した以後においても実施する。

４－６－６－５　本数調整伐

４－６－６－５－１　本数調整伐の目的

本数調整伐は、不要な樹木を伐採することにより過密化を防ぎ、森林全体の健全な成長を図るものである。

これによって保残木の個体の成長を促すとともに、林内、林床に適度の陽光を入れて、林床植生の生育促進を図り、土壌緊縛力及び地表侵食の防止効果を向上させることができる。

海岸防災林における本数調整伐は、飛砂防備、潮害防備等の防災機能の向上を目指して行う。

４－６－６－５－２　本数調整伐の方法、時期、回数

１　海岸防災林造成における本数調整伐には、列状に伐採木を選定する定量的な方法と、優勢木の中から、将来的に海岸防災林を構成すると期待されるものを残存させて伐採木を選定する定性的な方法があり、実施の時期、現地の状況等に応じて適切な方法を選択する。

２　海岸防災林は、特にクロマツ林の場合、密植されていることが多いため、本数調整の実施時期が遅れると過密化し、樹高の割には直径が細く、下枝の枯れ上がった気象害に弱い形状となることが懸念される。このため、本数調整伐は、うっ閉の度合いが高くなり、森林の健全性が損なわれるおそれが生じた時期に１回目を行い、それ以後は必要に応じて実施するものとする。

３　本数調整伐の回数は、植栽本数とうっ閉度合い、本数調整伐の実施状況等に応じて決定する。

４－６－６－６　枝落し

４－６－６－６－１　枝落しの目的

枝落しは、樹木の枝を落す作業である。その実施は、林内、地床に適量の陽光を入れて、林床植生の生育促進による飛砂の発生等の防止を図るものである。

４－６－６－６－２　枝落しの方法、密度

枝落しは、強く行うほど林内の相対照度が高くなるが、あまりに強い枝落しは対象木の樹勢や成長を衰えさせ、トータルとして、防災機能を低下させることになるので、両者のバランスが保たれるよう行う。

４－６－６－６－３　枝落しの時期

枝落しは、樹木の下枝が枯れ始める時期に実施する。

４－６－６－７　追肥

４－６－６－７－１　追肥の目的

海岸防災林造成は、土壌条件が劣悪な事業対象地において行うことが多いため、樹木の旺盛な生育を期待できない場合が少なくない。このため、植栽にあたって施肥が行われているが、土壌が瘠悪な場合には、流亡や植物による吸収等により植栽後比較的早い段階において、養分の欠乏を呈するようになる。追肥は、こうした状況を改善するために行うもので、これによって地力の向上と植物の活力の回復が期待される。

４－６－６－７－２　追肥の方法等

１　追肥に使用する肥料の種類及び量は、植物の生育状況に応じて決定する。

２　肥料の種類は、早急に効果を発揮しかつ効果の継続期間が長いものが良く、これは基肥にも求められる共通的な条件である。

４－６－６－８　病虫害防除

４－６－６－８－１　病虫害防除の目的

１　病害、虫害を受けた樹木は、健全な成長を阻害され、症状が甚だしい場合には枯死してしまうので、植栽計画に適合した林型を形成、維持することが不可能となる。

２　病害、虫害は、一般に蔓延することが多く、したがって、その防除は当該森林を保全するだけでなく、被害が周辺に波及する事態を抑止する効果がある。

３　特に海岸防災林においては、植栽木としてクロマツが用いられることが多いため、松くい虫被害対策を確実に実施する。

４－６－６－８－２　病虫害防除の方法、時期

１　病害の種類(原因)を大別すると、線虫類、菌類、バクテリア、ウイルスがある。

　虫害は昆虫類によるもので、直接的な害としては食害、汁液吸収害がある他、間接的な害としてはウイルスを媒介したり線虫類を運搬し､病害の範囲を広める等の害がある。

２　病虫害は、種類によってそれぞれ被害状態が異なるので、被害が発見されたら原因を調査して、種類に応じた適切な処置をとる。

　なお、病虫害の種類と受害樹種とは密接な関係があることも多く、このため、特定の病虫害は特定の樹種に発生する頻度が高い。

３　松くい虫被害対策については、森林病害虫等防除法によるほか、「森林病害虫等防除法第７条の２第１項の規定に基づく防除実施基準」、「松くい虫被害対策の実施について」（平成９年４月７日付け林野庁長官通知）等の関係通知を踏まえ実施する。

４－６－６－９　獣害防除

４－６－６－９－１　獣害防除の目的

獣害は獣類の生息活動に伴って植栽木等が傷つけられ、成長が阻害されるもので、甚しい場合には枯死に至るなど、植栽計画に適合した林型を形成、維持させるうえで、大きな障害となる。獣害防除は、こうした事態を回避するため、樹木を防護するための対策を講じて、森林の健全な生育を促進するものである。

４－６－６－９－２　獣害防除の方法

１　樹木に害を与える可能性が大きい主な獣類は、ネズミ、ノウサギ、ムササビ、クマ、シカ、イノシシ、リス等である。
２　獣害は稚樹～幼齢樹に多く、その内容は、樹皮や枝葉に対する食害が最も多い。このほか、樹幹部の剥被、損傷、種子や枝の食害、切断、地面の掘返し等もある。

４－６－６－１０　植栽木掘り起こし

４－６－６－１０－１　植栽木掘り起こしの目的

冬期の季節風の影響などにより、飛砂の発生が著しい事業対象地においては、堆砂により植栽木が埋没することがある。放置すれば植栽木が枯死することもあり、こうした事態を回避するため、埋没した植栽木の掘り起こしを行う。

４－６－６－１０－２　植栽木掘り起こしの方法、時期

１　植栽木掘り起こしは、多大な労力を要する作業であり、現地での作業性、効率性等を総合的に勘案して、適切な方法を選定する。
２　植栽木掘り起こしの時期は、植栽木に対する飛砂の影響を早期に解消するという観点からは、季節風が弱まるなど飛砂の影響が減少する時期に速やかに実施することが効果的である。

第４章　防風林造成

第１節　防風林造成の目的

我が国は、夏季は台風、冬季はシベリアからの季節風に見舞われるなど、四季を通じて風害を受けやすい環境にある。

防風林造成は、このような風害地に林帯を造成し、森林の有する防風機能を高度に発揮させることにより、風速を緩和し、これによって気温、湿度、蒸発等の気象要素を改善し、農作物の保護育成等に資するものである。

防風林は、設置の場所によって、海岸防風林と内陸防風林とに分けられるが、前者は第３章「海岸防災林造成」に含めているので、本章では内陸防風林を対象とする。

第２節　調査

２－１　総説

防風林の造成は、現地の地形、土壌、気象等の自然的条件、風害の実態、保全対象の状況等に応じて実施することが求められる。

２－２　調査項目

１　調査は、事業の必要性、施工区域、防風林の配置、規模、構造、植栽樹種等の決定に必要な事項について、最も効果的な手法により計画的、効率的に行う。

２　標準的な調査項目は、次のとおり。

(1)　地形調査
(2)　土壌・土質・地質調査
(3)　林況・植生調査
(4)　気象調査
(5)　風害調査
(6)　環境調査
(7)　社会的特性調査
(8)　その他の調査

２－３　調査手順

１　予備調査は、現地調査に先立って既存の資料、文献等の収集等を行い、現地調査を効率的に実施するために行うものである。

２　現地調査は、予備調査の結果に基づいて現地を踏査し、予備調査で得た資料を確認するとともに、必要に応じて所要の測定を行い、計画及び設計に必要な資料を収集するものである。

また、現地調査に当たっては、必要に応じて地元民から聞き取り調査を行う。

２－４　地形調査

１　地表付近を吹く風は、風向、風速等が尾根、谷等の地形、地物等によって影響を受け、また、防風施設の効果範囲も地形、地物等によって左右される。

地形調査に当たっては、事業対象地のほか、その周辺を含む十分な範囲を対象として行う。

2　地形調査により事業対象地及びその周辺の地形、地物、土地利用状況等を把握し、必要に応じて次の地形図を作成する。

(1) 概略地形図

地形の立地条件を明らかにするもので、気象特性を把握する場合にも利用できる。一般に、国土地理院で発行している 1/25,000 又は 1/50,000 の地形図を用いる。

(2) 詳細地形図

防風施設を計画する現地の詳細な地形図を作成し、土地の利用状況、保全対象等を記入する。

なお保全対象のある区域の地形が、土地改良事業等によって変化する見込みのある場合には、変化後の地形を併せて調査する。

２－５　土壌・土質・地質調査

1　土壌調査は、第２編山地治山事業第２章第４節「土壌調査」に、土質及び地質調査は、第２編山地治山事業第２章第３節「土質、地質調査」に準ずる。

2　土壌調査は、植栽樹種を選定する基礎資料である。また、粒径、密度、含水率等は、風食の生じる限界風速と密接に関係しているので、防風施設等の構造等を決定する重要な因子である。

3　防風柵等を設ける場合は、必要に応じて、構造、基礎等の設計のため、地盤支持力等を調査する。

4　防風林の造成地は、一般に平担地が多く、局地的に地下水位が高いため、滞水又は湧水している箇所がみられるので、現地調査時においては、その把握に努める。

２－６　林況・植生調査

1　林況・植生調査は、第２編山地治山事業第２章第５節「林況、植生調査」に準ずる。

2　林況・植生調査は、施工地周辺の樹種、林齢、樹高、胸高直径、立木密度等のほか、下層植生の種類、生育状況等について調査し、必要に応じて植生図を作成する。

3　防風林の施工地では、林木が強風、寒風等により曲折、先枯れ等の被害を受けている場合が多いので、これらの被害状況の調査も併せて行う。

なお、被害調査は、本章２－８「風害調査」による。

２－７　気象調査

1　調査方法は、第２編山地治山事業第２章第６節「気象調査」に準ずる。

2　調査項目は、風、気温、降水量、降雪量、霜、凍結等とし、必要に応じて選択する。

3　風の調査は、風害を生ずる風の種類、風速、風向等について、それぞれ、既存資料の収集と現地調査を行う。

既存資料の収集は、地域の気象特性を把握するために行うもので、調査地から数 km 以内の気象データを収集する。

現地調査は、局地的な風を把握することが重要であるので、風害が生じる時期を選ん

で実施する。

4　風の種類は、台風、季節風及び温帯低気圧がもたらす風の他、やませ風、おろし、海陸風、山谷風、冷気流等の局地風がある。これらの中から保全対象に最も影響を与えるおそれのあるものについて重点的に調査を行う。防風施設の計画及び設計に当たっては、防風施設の必要性、配置、規模等を十分検討する。

5　風向及び風速は、防風施設の位置、方向、高さ、長さ、幅、樹種等を決定するための重要な因子である。

(1) 資料の収集に当たっては、風速は瞬間風速、10 分間平均風速を調査し、風向は 16 方位による。

年間の風向及び風速は、最寄りの測候所等の数年間の資料を収集するが、確率風速を算定する場合には長期間の資料を収集する。

(2) 調査結果並びに収集資料に基づき、次の事項について整理する。

①　基本数値の算定

風速：月別及び年間の最大瞬間風速、10 分間最大風速、平均風速及び必要に応じて確率風速（図　2-7-1 参照）。

風向：月別及び年間の最多風向及び防風施設の設置を必要とする期間の最多風向。

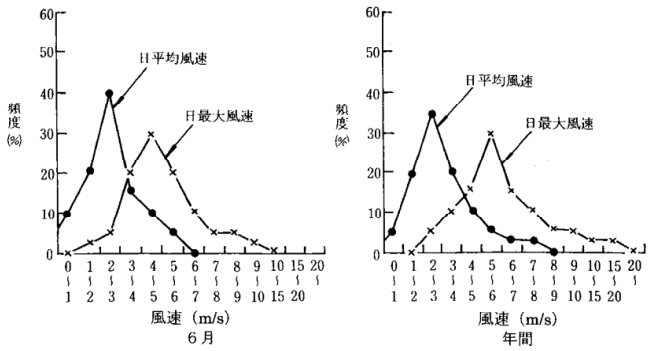


図　2-7-1　日最大風速、日平均風速の頻度分布図

②　図表の整理

風速：月別及び年間の風速頻度分布図（日平均風速、日最大風速）。

風向：月別及び年間の風向頻度分布図（16 方位）（図　2-7-2 参照）。

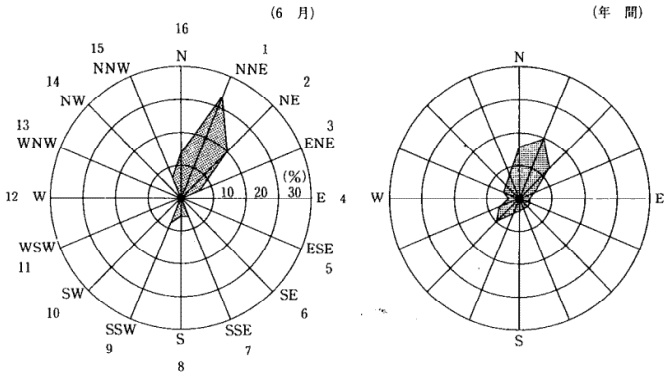


図　2-7-2　風速の頻度分布図

２－８　風害調査

１　風害調査は、風害の種類、範囲、被害状況、発生時期について調査する。

２　風害には、強風害、潮風害、乾熱風害、寒風害、風食害、吹雪害、冷風害、霧害、冷気流害等があるので、その被害の特性に応じた防風施設の配置、規模、構造等を検討する。

３　被害の範囲、程度等は、林木、農作物、施設の損傷等の場合には現地調査でほぼ把握できるが、農作物の収量の減少、品質の低下等の場合にはその把握が困難であるので、現地での聞き取り調査、関係機関からの資料収集等を行い、過去における被害の実態を明らかにする。

　また、周辺に防風林、防風垣、防風ネット等がある場合には、それらの施設の防風効果を併せて調査する。

４　被害の発生時期の調査は、防風施設の設置対象とする風の決定及びその特性の把握のために重要である。被害の発生時期は、気象調査によっておおよそ判断できるが、現地調査によって補完する。

２－９　環境調査

環境調査の調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第１０節「環境調査」に準ずる。

２－１０　社会的特性調査

１　社会的特性調査の調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第１１節「社会的特性調査」に準ずる。

２　社会的特性調査は、事業の円滑な実施を図る上において必要な事項について調査を行う。

（１）保全対象　　人家、公共施設、農耕地及び施設、漁業施設

（２）法的規制関係　森林法、土地改良法等

（３）権利関係　　土地所有者、施設の管理者等

なお、土地改良事業、圃場整備事業等の一環として、防風施設が計画されていることもあるので、これらの計画の有無を併せて調査する。

第３節　防風林造成の計画

３－１　総説

１　防風林造成は、林帯の造成を行うことによって、林木の樹幹、枝葉の抵抗力により風速を減少、かく乱し、林帯後部の強風害、凍害、寒風害、風食害等を防止若しくは軽減するものである。

　したがって、所要の調査結果に基づき、林帯の有する防風効果が最大限に発揮できるように、林帯の配置、間隔、幅等を計画する。

２　防風林の造成初期には、植栽木そのものが風害を受けることが多いことから、植栽木の保護を図るため、必要に応じて防風柵、防風ネット等の防風施設を計画する。

３　防風林造成の計画に当たっては、現地の生態系、自然景観に十分留意する。

４　防風林造成の計画に当たっては、地球環境問題への対応、健全な森林の育成、地域の

振興等のために、積極的に木材、木製品の利用を図る。

３－２　計画規模

防風林の造成計画は、風害の種類（強風害、凍害等）、被害区域、規模、時期、土地の利用状況、保全対象の種類及び重要性等に応じた適正な規模とする。

３－３　林帯の配置、規模及び構造

３－３－１　林帯の配置

１　防風林の防風作用が及ぶ範囲は、林帯の密閉度が６０％前後の場合には風上側で樹高の６倍程度、風下側で樹高の３５倍程度までとされているが、一般には風上側で樹高の 5 倍程度、風下側で樹高の 20 倍程度である。さらに、林帯が主風向に直角に数列ある場合にはその効果が増加することから、防風林の効果が最大に発揮できるように、各林帯を組織的に配置する（図　3-3-1 参照）。

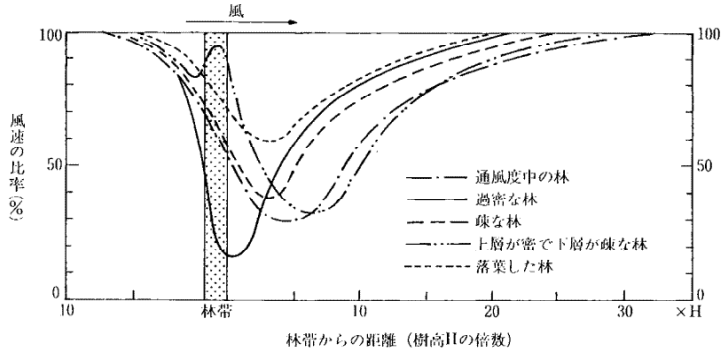


図　3-3-1　各種の通風度（密閉度）をもつ林帯の防風作用（樫山、1967）

２　地表を流れる風は、地形に影響されるため、波状地形など小起伏の多い地域では、直線性を犠牲にしても起伏のなかの高所を結んで林帯を設けるのが有効である。

主な地形と風向の変化は、次のとおり（図　3-3-2 参照）。

(1) 独立した山の周辺では、風はその周囲を包むように流れる。

(2) 斜面では、等高線に平行した風が吹く。

(3) 谷ではその方向に沿った風が吹くが、谷の中の盆地上のやや広い谷底では風向が定まらない。

(4) 尾根では、尾根の方向に直角な風が吹き、その背面では逆方向の風が吹く。

(5) 尾根のくびれを吹き越す風も、尾根の方向に直角な風が吹くが、吹き越した風は尾根の背後に回り込む傾向にある。

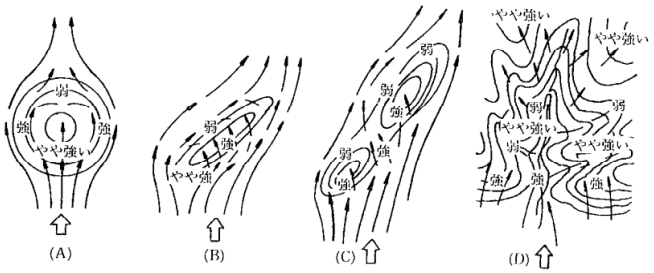


図　３-３-２　地形と風速の変化

３　林帯は、主風向に直角とする場合に最大の効果を発揮し、主風向が斜めになるほどその効果は低下する。したがって、林帯は、主風向に直角に配置することを標準とするが、地形条件、道路、水路等の施設、既存の防風林との接続関係等から直角に配置できない場合には、総合的に勘案して、最も効果的な方向に配置する。

一般に、林帯の間隔の算定は、次による。

①　林帯の方向が主風に直角であるとき

$$D=(5+20)h+\frac{1}{2}(d+d')$$

②　林帯の方向が主風に直角でないとき

$$D=(5+20)h\sin\alpha+\frac{1}{2}(d+d')$$

ただし D：林帯間の中心距離（m）

h：林帯の期待される樹高（m）

d、d'：それぞれの林帯幅（m）

α ：林帯の方向と主風のなす角（°）

４　主風の方向は、防風林の設置を必要とする時期の主風を対象とするが、主風向が２、３方向ある場合には、図　３-３-３に示すように２等分線による方法によって設計風向を決定する。

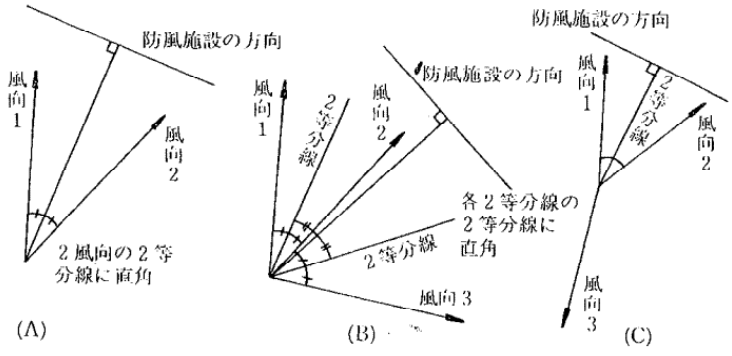


図　３-３-３　最多風向に近い風向が２方向、３方向にある場合の
防風施設設定方向の決定方法

５　林帯の期待樹高は、本章４－６－３「植栽樹種」によって決定した樹種が、施工区域の自然条件等に最も類似した筒所において成林している林分の平均樹高とする。

３－３－２　林帯の長さ

１　主風向が２つ以上ある場合又は主風向が変化する場合には、防風林の効果範囲が著しく減少する。この場合の防風効果の範囲は、林帯の長さの２乗にほぼ比例することから、林帯はできるだけ長く連続して設置する（図　3-3-4参照）。

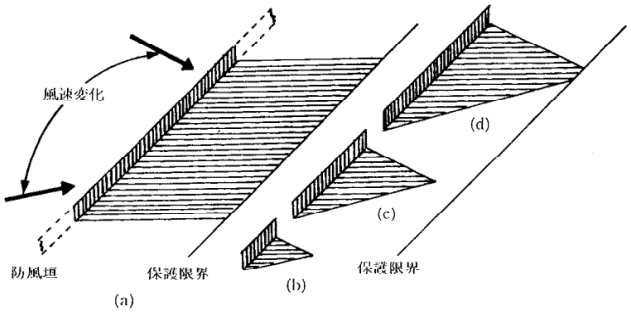


図　3-3-4　林帯の長さと風向による効果範囲の変化（久保、1967）

２　止むを得ず切れ目が生じる場合は、切れ目の風下側に補助的な防風林を設置することが望ましい（図　3-3-5）。

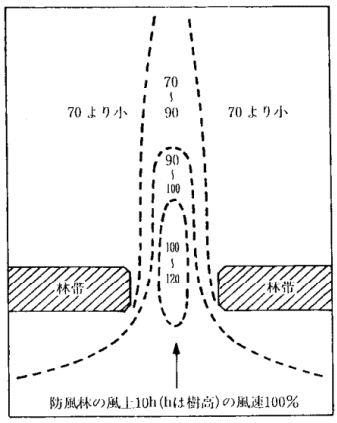


図　3-3-5　林帯の切れ目（間隔 9m）での風速の増加（樫山 1967）

３－３－３　林帯の横断形状

林帯の横断形状は、風力、風向、植栽樹種の耐風性、成林過程等の条件を踏まえ、防風効果が最大になるよう計画する。

３－３－４　林帯の幅

１　林帯の幅は、現地の立地条件、植栽樹種の枝張り等の特性、更新方法等を考慮して決定する。

２　林帯の幅が広くなりすぎると、過密な林帯と同様に風が通過しにくくなり、風下の風速減少範囲は小さくなる。

３　更新時に防風効果が減少しないように、段階的に更新が可能な林帯幅を設定する。

３－４　防風林造成の工種

１　防風林造成は、森林造成により林帯を形成して、樹木の有する風速の緩和機能によっ

て、その目的を達成するものである。

防風林造成の標準的な工種は、次のとおり。

(1)　森林造成

ア　水路工

イ　暗きょ工

ウ　植栽工

(2)　防風工

２　新規に森林造成を行う場合は、植栽木が生育してその効果を発揮するまでに相当の期間を必要とする。そのため、特に植栽木が強風によって被害を受けることが予想される箇所では、必要に応じて補助施設としての防風工を設置する。防風工としては、防風柵、防風ネット等があるが、その種類、型式等は地形、地質、積雪、風の特性等を勘案して選択する。

３　防風林は、一般に平坦地に造成されることが多く、地表水や地下水が滞水しやすいので、必要に応じて水路工、暗きょ工を設ける。

第４節　防風林造成の設計

４－１　総説

１　防風林造成の設計に当たっては、植栽区域、防風工等の位置・構造等の決定に必要な測量を行う。

２　防風林造成の設計に当たっては、林帯造成を行うために、現地の状況に応じて、適切な植栽工、水路工、暗きょ工を選定する。また、必要に応じて、補助施設として防風工の設置を検討する。

４－２　測量

測量精度は、植栽区域の決定等が適切に行える精度で測量する。また、必要な基準点を設置する。

４－２－１　測量の範囲

風の特性は、斜面を吹き越す風、吹き降ろす風等、風上の地形によって異なり、防風林の効果的な設置位置、防風林による風速の緩和効果範囲は、これらの風の特性によって左右されるので、測量に当たっては、地形図と併せてこれらが解析できる範囲まで行う。また、風下側は、風害の生じている区域及び防風林の設置によって風速が緩和されると想定される範囲までの測量を行う。

４－２－２　測量の種類

４－２－３　平面測量

１　平面測量は、防風林の位置、方向等を決定するために必要であり、風害区域、地形、地物、土地の利用状況、保全対象等が正確に記載できるように行う。

２　測量の精度、図面の縮尺等は、第２編山地治山事業第４章１－２－１「平面測量」に

準ずる。

４－２－４　縦断測量

1　縦断測量は、設置しようとする林帯の中心線を想定して、その縦断地形の変化を正確に把握するものである。また、縦断測量の測点は、横断測量の基準点ともなるので、その測点は、等間隔及び地形の変化点に設定する。

2　測量の基準点、精度、図面の縮尺等は、第２編山地治山事業第４章１－２－２「縦断測量」に準ずる。

3　縦断測量の範囲は、おおむね造成する林帯の長さに加え、それに付随して必要となる区域とする。

4　等間隔に設置する測点は、一般に 20m 毎とし、地形が複雑な場合は間隔を狭める。

5　中心線は、平面図の基準点と連結する。

４－２－５　横断測量

1　横断測量は、縦断測量で設けた中心線を基線として縦断測量の測点毎に行う。

2　測量の基準点、図面の縮尺等は、第２編山地治山事業第４章１－２－３「横断測量」に準ずる。

3　防風林の防風効果は、林帯前後の地形の影響を受け、また、防風林と保全対象とのそれぞれの高低の関係は、防風林の高さ、配置を決定する重要な要素であるので、これらの関係が正確に把握できる横断図を作成する。

4　横断図は、防風林の造成に当たって必要とする防風工の位置、構造等を決定するためにも作成する。

４－３　防風工

1　標準的な防風工の種類は、防風柵、防風ネット等とし、造成地の条件に応じて適切なものを選択する。

2　防風林の造成地では、植栽木が強風等による被害を受け、生育が困難な場合が多い。このような所では、防風柵、防風ネット等の補助施設を設けて、植栽木を保護する。

3　防風工の計画及び設計は、第３章４－６－３「防風工」に準ずる。

４－４　水路工

1　防風林の造成地は、緩傾斜地、平坦地が多いため、地下水位が高い場合が多く、また、透水係数の小さい土質、土壌地では、降水や湧水が滞水しやすく、植栽木に根腐れ等の病害が生じることがあるので、このような所では水路工を計画する。

2　傾斜地では、地表水の流下によるリル侵食、ガリー侵食等の表面侵食、地中への浸透による土の強度の低下、間隙水圧の増大による崩壊が生じるので、地形等に応じた水路工を計画する。

3　水路工の配置、種別及び構造等は、第２編山地治山事業第５章３－５「水路工」に準ずる。

４－５　暗きょ工

１　地下水位の高いところ、浸透水の滞水しやすい所では、暗きょ工を計画し、地下水を速やかに排除する。

２　暗きょ工の配置、種別及び構造等は、第２編山地治山事業第５章３－６「暗きょ工」に準ずる。

４－６　植栽工

４－６－１　植栽計画

植栽計画に当たっては、本章２－５「土壌・土質・地質調査」、本章２－６「林況・植生調査」、本章２－７「気象調査」の結果に基づき、適正な樹種、混交割合、植栽方法、植栽本数等を決定する。

４―６－２　植栽方法

１　樹木には、浅根性のものと深根性のもの、乾燥に比較的強いものと弱いものがある。したがって、樹種ごとの生理的性質、植栽地の環境条件を踏まえて最も適した方法で植栽する。

また、防風林造成における植栽木の配列は、一般に三角形植えとする。

２　植栽に当たっては、上記のほか第２編山地治山事業第５章４－３－３「植栽工」に準じる。

４－６－３　植栽樹種

１　防風林に適する樹木の条件としては、次のものがある。

(1) 植栽地の気候，風土に適応していること。

特に、風の特性については、乾燥、寒風、潮風及び飛砂に強いこと、土壌条件については、乾燥土、湿潤土、やせ地等に適応することが重要である。

(2) 成長が早く、旺盛であること。

(3) 樹高が高く、幹、枝が強くて折れにくいこと。

(4) 樹冠が密で、枝葉の着生点が低いこと。また、下枝が枯れにくく、ぼう芽が旺盛であること。

(5) 直根性、深根性で倒伏しにくいこと。

(6) 病害虫に対する抵抗が強いこと。

(7) 隣接地が農地である場合には、農作物の病害虫の中間宿主とならないこと。

(8) 維持及び管理が容易であること。

しかし、全ての条件を満たすことは難しいことから、造成地の環境条件から最も重要な因子を満たすものを選定する。また、周辺の防風林、防風垣の構成樹種も参考として選定する。

２　防風林は、林帯の上部から下部までまんべんなく最適密度で構成されている場合に最大の効果を発揮する。この条件から、防風林は多段林が最も理想的である。一般に、上層木は、陽性の樹種を、下層木は、耐陰性の樹種を選び、その混植が望ましい。

また、防風林の構成樹種は、風害及び病虫害に対して抵抗性の高い混交林とすることが望ましい。一般に針葉樹は、樹高が高く、常緑樹が多いが、風害に対する抵抗力は広葉樹より弱い。さらに、常緑樹は、年間を通して落葉樹より防風効果が大きいが、強風に弱いものが多い。

なお、土壌のせき悪な箇所では、肥料木を混植して、土壌の改良と主林木の成長促進を図る。

３　在来種以外の樹種を採用する場合は、自然環境への影響を考慮して、選定する。

４－６－４　植栽本数

防風林は、樹木の幹、枝葉の風に対する抵抗性によりその目的を果たすものであることから、一般の造林よりも密植することが望ましい。

４－６－５　施肥

１　植栽木にとって土壌の理学性が悪い等土壌条件に恵まれない所では、客土を行う。

２　肥料の選択等は、第２編山地治山事業第５章４－３－３－６「施肥」に準ずる。

４－６－６　保育

１　造成を行った森林は，樹木等の健全な成長を促し、防風効果を維持又は向上していくために，樹木の成長過程に応じた保育を適切な時期に行う。

２　林帯の防風効果は、林帯を正面から見た場合に幹・枝・葉の占める割合である密閉度に左右されるが、最適な密閉度は 60 %前後で、まんべんなく隙間が分散しているときに効果が大きい。

第５章　なだれ防止林造成

第１節　なだれ防止林造成の目的

１　我国は、豪雪地帯（豪雪地帯対策特別措置法による）が国土の５割以上を占めているうえ、経済発展に伴って山地まで開発が及んでいるために、山地を中心になだれ災害が起こりやすい。特に、日本海側一帯は、世界的な多雪地帯であり、なだれ災害の発生が非常に多い地域となっている。

２　なだれ防止林造成は、なだれ発生地又は危険地において、森林の整備とそれを補完するなだれ防止施設の配置により、森林の持つなだれ防止機能を高度に発揮させて、なだれ災害の防止と軽減を図ることを目的としている。

第２節　調査

２－１　総説

なだれ防止林造成は、現地の地形、地質、気象等の自然条件、なだれの種類、規模、保全対象等の状況に応じ、適切に実施する。

このため、事業の計画及び設計に当たっては、あらかじめ、その目的、内容に即した調査計画をたて、これに基づいて適切な調査を実施し、必要な基礎資料を収集整備する。

２－２　調査項目

１　調査項目は、施工区域の決定、工種の選択等、事業の計画及び設計に直接必要な事項のほか、他事業との調整、用地確保等、事業の円滑な推進を図るうえで必要な事項とするが、調査に当たっては、目的に応じて必要最小限の項目で効率的に実施する。

２　標準的な調査項目は、次のとおり。

(1) 地形調査
(2) 土壌調査
(3) 土質・地質調査
(4) 林況・植生調査
(5) 気象調査
(6) なだれ調査
(7) 環境調査
(8) 社会的特性調査
(9) その他の調査

３　主な調査目的と調査項目の関係は、おおよそ表 2-2-1のとおりである。

表 2-2-1　主な調査目的と調査項目の関係

調査目的＼調査項目	地形	土壌	土質地質	林況植生	気象	なだれ	環境	社会的特性
施工区域の決定	○		○	○		○	○	○
工種の選択	○		○		○	○	○	○
森林造成の立案	○	○	○	○	○	○	○	
権利関係の調整				○		○		○

２－３　調査手順

１　調査を効率的、効果的に実施するには、調査目的、内容に即した適切な方法、手順によることが大切である。

２　調査は、調査内容に応じて、なだれの発生時期及び無雪期に行う

(1) 予備調査

予備調査は、現地調査の準備作業として、既存の資料、文献等により調査対象地域の概況を把握するとともに、現地調査では得られない基礎資料の収集、整理を行う。

(2) 現地調査

現地調査は、予備調査の結果に基づき、現地を踏査確認し、必要な補正を行うとともに、予備調査では得られなかった所要の観測、測量を行う。

なだれ調査、気象調査については、なだれ発生時期に現地調査を行うことにより、有益な資料を得ることができるので、積極的に積雪期の現地調査を実施する。また、聞き取り調査により、なだれ発生時の状況などを収集し、現地調査の結果を補完することが望ましい。

３　典型的ななだれの跡は、積雪が始動した発生区、なだれが移動した走行区、なだれが停止、堆積した堆積区に区分できる。そのため、調査に当たっても、なだれが発生する危険性のある斜面（なだれ区域）を、発生区、走行区、堆積区に区分する。

４　調査対象区域は、なだれの発生区から走行区を経て堆積区に至る一連の斜面（なだれ区域）とし、雪ぴ発生のおそれのある箇所については、尾根を越えた風上斜面を含む。また、必要に応じて、周辺の区域を調査対象に含む。

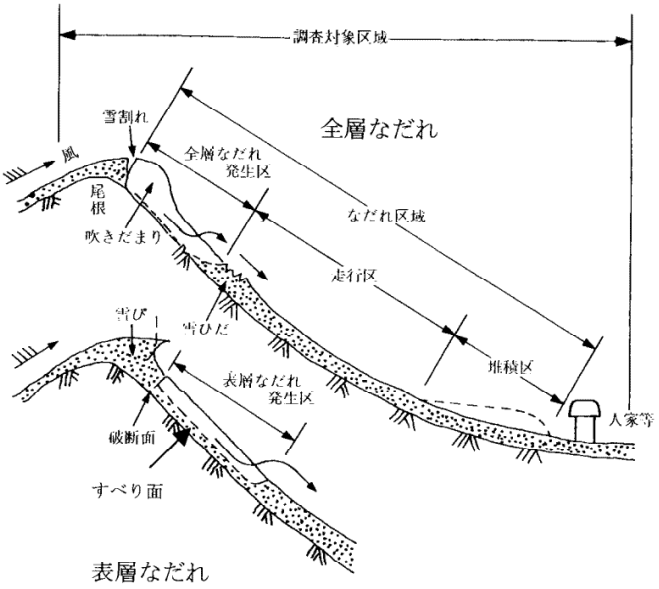


図　2-3-1　調査対象区域及びなだれ区域概念図

２－４　地形調査

1　なだれの発生・運動と地形は密接な関係がある。地形調査は、施工区域の決定、工種の選定、なだれ防止施設・森林造成等を立案する基礎資料を得ることを目的として、調査区域の標高、方位、傾斜、形状、保全対象の位置等を調査する。

2　なだれの発生は、一般に、傾斜 30 ～ 50 度の斜面で発生頻度が高く、縦断面、横断面ともに凹形を示す浅い谷状の斜面に多く見られる。また、冬季の主風方向との関係では、横風斜面、風下斜面がなだれの発生が多い。

3　なだれの到達距離については、過去のなだれ調査から、なだれのデブリ（堆積物）が停止している堆積区末端から発生区上端を望む仰角である見通し角が、表層なだれの場合は 18 度以下、全層なだれの場合は 24 度以下であれば、なだれが到達せず安全であるとされている（図　2-4-1 参照）。

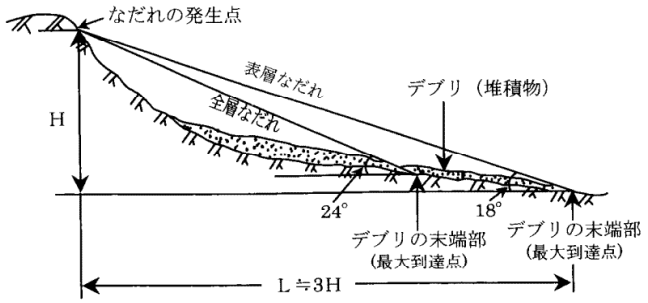


図　2-4-1　なだれの最大到達距離と見通し角（高橋 1960 を修正）

4　地形調査の内容としては、地形図等の作成のほか、おおよそ次のものがある。

(1) 標高　　等高線

(2) 斜面方位　　8 方位
(3) 斜面勾配等　　傾斜、延長、幅、面積
(4) 斜面形状　　縦断方向（上昇（凸）下降（凹)、平衡（直)、複合）
　　横断方向（上昇、下降、平衡、複合）
(5) 尾根　　断面形、延長

5　調査方法としては、予備調査によって判明した地形概況を基に、現地調査を行い、必要に応じて地形測量を行う。

6　調査対象区域は、なだれの発生区から走行区を経て堆積区に至る一連の斜面とし、雪ぴ発生のおそれのある箇所については、尾根を越えた上部斜面を含む。なお、発生区が複数見られる場合は、それぞれの斜面について調査する。

7　調査は、調査対象区域(図　2-3-1 参照)及びその周辺について行い、既存の地形図、空中写真等により地形概況を把握したうえ、現地調査により確認補正し、平面図及び必要に応じて縦断面図、横断面図を作成する。

8　作成する図面の大きさは、なだれ区域の大きさに応じて、計画の内容が掌握できる大きさとする。

２－５　土壌調査

1　調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第４節「土壌調査」に準ずる。

2　土壌調査は、植栽樹種の選定等に必要な基礎資料を得ることを主な目的として、森林土壌の土壌型、土層の厚さ、土性、化学的性質等について調査する。

２－６　土質・地質調査

1　調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第３節「土質、地質調査」に準ずる。

2　土質及び地質調査は、なだれ防止施設の種類、基礎の決定に必要な基礎資料を得ることを目的として、表層土の土質、支持力（N 値)、基岩の種類、硬度、風化の程度、亀裂の状況、地質構造（断層、破砕帯、節理、層埋等)、湧水状況等について行う。

3　なだれ区域においては、積雪の移動によって地表が侵食を受け、擦痕のある基岩が露頭することがあるほか、なだれによって運ばれた土石が扇状に堆積していることが多いので、土質・地質調査の際に注意して調査し、なだれの発生箇所、規模の判断資料とする。

２－７　林況・植生調査

1　調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第５節「林況、植生調査」に準ずる。

2　林況・植生調査は、植栽区域の決定、植栽樹種の選定、なだれ防止施設の配置計画策定に資するため、林地内の樹種、林齢、樹高、胸高直径、立木密度等の林況及び下層植生の種類、生育状況について行い、必要に応じて地形図等を利用して植生図を作成する。

3　なだれ区域では、林木の生育が雪圧・なだれにより阻害され、低木状を呈している場合が多いので、これらの被害状況及び既往の植栽経過を調査し、適応樹種選定の参考資料とする。

　また、樹木の樹皮の擦痕や低木類の根曲がり状況は、なだれ区域を知るうえで貴重な

資料となるので注意深く調査する。

２－８　気象調査

１　調査方法等については、第２編山地治山事業第２章第６節「気象調査」に準ずる。

２　気象調査は、なだれ発生に関係の深い気象要素のほか、植栽樹種の選定、なだれ防止施設の種類、規模等の計画策定に必要な事項を中心に既存の資料により調査し、必要に応じて現地観測により補足する。

３　気象調査の内容としては、おおよそ次のものがある。

(1) 気温　　最高気温、最低気温、平均気温、温量指数など
(2) 日射量　　日射量、日照時間など
(3) 風　　冬期主風向、最大風速など
(4) 降水量　　年降水量、最大日降水量、最大時間降水量、連続降水量など
(5) 降雪量　　日降雪深、連続降雪深など
(6) 積雪量　　根雪の初・終日、根雪期間、最大積雪深、最大積雪重量及び積雪深、最大日融雪量など

２－９　なだれ調査

１　なだれ調査は、森林造成計画、なだれ防止施設の計画策定に必要な基礎資料を得ることを目的として、事業対象地において発生したなだれの種類、発生状況、発生時期の積雪状況等について行う。

２　なだれ調査は、なだれ発生後に実施し、樹木の損傷、地山の擦痕、なだれデブリの堆積状況等からなだれの発生状況等を推定するものであるが、なだれの痕跡はその後の降雪や融雪により消滅するため、発生状況を正確に把握することは困難な場合が多い。

よって、現地調査に加えて、資料調査、地元住民からの聞き取り調査等を実施し、多方面からの調査結果をふまえて、総合的に判断する。

２－９－１　なだれの種類

すべり面が地面にある全層なだれとすべり面が積雪内部にある表層なだれは、なだれ防止対策上、性質が大きく異なることが多いので別々に調査する。

２－９－２　なだれの発生状況

なだれの発生状況については、なだれ区域を対象に、発生したなだれの発生部位、規模、到達範囲、発生頻度等について調査する。

１　調査対象

調査対象となるなだれ区域は、なだれ発生部位の上端から堆積部位の末端までをいい、一般に、発生区、走行区、堆積区に区分される（図　2-3-1参照）。表層なだれの場合は、この区分が明確ではない。

発生区：①雪割れと雪ひだの間で積雪がなだれる区域（全層なだれ）
　　②なだれ破断面の上辺と下辺の間の区域（表層なだれ）
走行区：なだれた雪が流下する区域

堆積区：流下した雪が停止・堆積する区域

2　発生区の調査

なだれ発生区においては、発生部位、規模（発生量）、発生頻度、斜面長、幅、発生形態等を調査する。また、なだれの発生に雪ぴが関係していると思われる場合は、上部の尾根付近における雪ぴの発生状況について調査する。

3　走行区の調査

走行区においては、なだれ幅、走路等について調査する。なお、無雪期においても、立木の損傷状況、地山の擦痕等から把握できる場合がある（図　2-9-1、図　2-9-2参照）。

4　堆積区の調査

堆積区においては、なだれの到達範囲、堆積量、被害状況等について調査する。到達範囲が特定できないときは、①経験的な値（図　2-4-1参照）や②数値シミュレーションにより推定する。

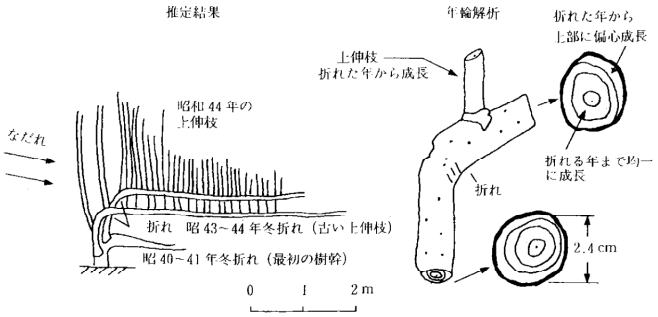


図　2-9-1　広葉樹の年輪解析によるなだれ発生年の推定法の一例

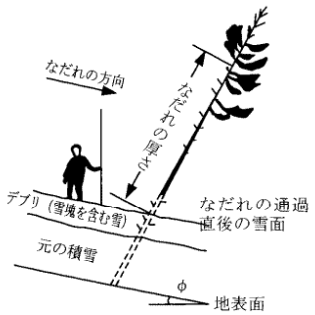


図　2-9-2　樹木の枝折れによる表層なだれの走路・厚さの推定
（煙り型なだれの場合）

２－９－３　なだれ発生時期の積雪状況等

1　なだれ発生時の積雪状況等については、なだれの発生と関連が深いことから、過去のなだれ発生時期の気象データをできるだけ多く収集して分析し（気象データ整理）、必要に応じて気象観測・現地調査を行う。

2　気象データ整理は、積雪深、降雪量、降水量、気温、風向・風速、日射等を収集・分析する。また、必要に応じて、現地の気象観測を実施する。

なだれ発生時期の気象データは、なだれ防止林造成等のハードな対策のほか、警戒避難基準の設定等のソフトな対策にも重要な資料となる。

3　現地調査は、積雪期に、積雪に調査穴を掘り積雪断面（層構造、雪質、粒度、密度、硬さ、含水状況等）を調査するとともに、現地踏査により積雪深の分布、積雪状況(雪ぴ、吹きだまり、雪割れ、雪ひだ等)を把握する。

4　雪質を調査する際には、次のことに留意する。

(1) 雪質の変態

地表面に積もった雪（積雪）は、圧密作用と焼結作用によって密度を増し、また、外部からは日射、降雪等の影響を受け、内部では昇華、融解、凍結等の現象によって時間の経過とともに粒子の形や大きさ及び結合状態が変化する。このような積雪の形態変化を変態といっている。

(2) 雪質の種類

雪質は、表 2-9-1 のように分類される。

(3) 積雪内の弱層

表層雪崩は積雪内の弱層の破壊が直接的原因となって発生することが多い。弱層には積雪表面付近で形成されるしもざらめ雪、表面霜、ぬれざらめ雪や、降雪結晶に起因するあられや雲粒なし広幅六花などがある。また、風により運ばれて 2 次堆積した風成雪なども弱層になる場合がある。このような弱層の上に十分な雪が積もれば、表層雪崩の発生条件が揃うことになる。

表 2-9-1　積雪の分類(日本雪氷学会 1998 を一部修正)

雪　質	記号	説　明	積雪密度 (kg/m³)
新　雪	＋	降雪の結晶形が残っているもの。みぞれやあられを含む。	50～150
こしまり雪	/	新雪としまり雪の中間。降雪の結晶形はほとんど残っていないが、しまり雪にはなっていないもの。	150～250
しまり雪	●	こしまり雪がさらに圧密と焼結によってできた丸みのある氷の粒。粒は互いに網目状につながり丈夫。	250～500
ざらめ雪	○	水を含んで粗粒化した丸い氷の粒や水を含んだ雪が再凍結した大きな丸い粒が連なったもの。	300～500
こしもざらめ雪	□	小さな温度勾配の作用でできた平らな面をもった粒。	300前後
しもざらめ雪	∧	骸晶(コップ)状の粒からなる。大きな温度勾配の作用により、もとの雪粒が霜に置き換わったもの。積雪層としてはもろく、なだれの発生原因となりやすい。	300前後
氷　板	ー	板状の氷。地表面や雪の層の間にできる。	
表面霜	∨	空気中の水蒸気が表面に凝結してできた霜。大きなものは羊歯状のものが多い。放射冷却で表面が冷えた夜間に発達する。	
クラスト	∀	表面近傍にできる薄い硬い層。サンクラスト、レインクラスト、ウインドクラストなどがある。	

注１）密度は、各雪質の大体の分布範囲を示したものである(日本雪氷学会 1967)。

注２）一つの雪の層が一種類の雪質からできているとは限らない。２種類、時には３種類の雪質が混在していることがある。

5　積雪状況を調査する際には、次のことを留意する。

(1) 雪ぴ

雪ぴは、風で運ばれてきた雪が、尾根の風下側に生じる渦の流れと、尾根を通過する風との合流する方向にひさし状に張り出して堆積したもので、不安定な堆積状態のため崩落しやすく、なだれの原因になることがある。雪ぴについては、発生位置、高さ、形状、延長及び雪ぴの崩落によるなだれの発生の有無について調査する。

雪ぴは、尾根の風上が約 20 ° の緩い吹き上げ斜面の場合によく発達するとされている。

(2) 吹きだまり

吹きだまりは、雪ぴと同じく尾根や障害物の風下斜面に生じるほか、山腹の凹地状のところにも生じる。吹きだまりは、外観上はあまり目立たないが、貝殻を伏せたような分布となり、盛り上がった部分に大きな引張力が生じ、また、周辺の積雪との相互間の支持力が小さく、大部分は底面との摩擦力によって斜面に支えられていることから非常に不安定で、雪ぴと同じくなだれの発生原因となるので、発生位置、規模及びなだれ発生の有無について調査する。

(3) 雪割れ

雪割れは、積雪に引張力が作用する傾斜変換点付近に生じることが多い。雪割れの発生は、全層なだれ発生の前兆でもあるので、発生時期、位置、延長等についで慎重に調査する。

(4) 雪ひだ

雪ひだは、滑落しようとする山腹上部の雪と、そこに止まろうとする下部の雪との力関係から、積雪が圧縮され、ひだ状に盛り上がるもので、全層なだれは、雪割れと雪ひだ上部の間で発生することが多い（図　2-3-1参照)。

(5) なだれの痕跡

発生区の破断面や堆積区のデブリなど、発生したなだれの痕跡を調査することにより、なだれ区域を把握できる。

２－１０　環境調査

１　環境調査の調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第１０節「環境調査」に準ずる。

２　防護施設は、大規模な構造物となることが多いことから、自然景観等に十分注意する。

２－１１　社会的特性調査

１　社会的特性調査の調査方法等は、第２編山地治山事業第２章第１１節「社会的特性調査等」に準ずる。

２　社会的特性調査は、事業の円滑な実施を図る上において必要な次の事項について行う。

(1) 法令による指定関係　保安林、急傾斜地崩壊危険区域等

(2) 権利関係　　土地所有権、地上権等

(3) 防災施設　　現況及び計画

(4) 保全対象　　人家、公共施設（公共建物、公道、鉄道等)、土地利用状況等

保全対象については、なだれ調査により明らかとなったなだれの到達範囲を目安として、なだれ区域内及びその周辺について調査する。

第３節　なだれ防止林造成の計画

３－１　総説

１　一般に、森林には、林内積雪量の減少及び分布の均一化、気温や雪温の急激な変化の緩和による積雪の安定度の向上、樹幹の支持力による積雪の移動防止、樹木の抵抗による流雪の緩衝作用、樹木の枝葉による防風効果等により、雪ぴの発生防止、なだれの発生防止、なだれの緩衝作用等のなだれ防止機能を有している。

２　なだれ防止林造成は、適切な森林整備を行うことにより森林の有する諸機能の高度発揮を期するものであるが、育成途上の森林は、それ自体がなだれにより被災する等、機能を十分に発揮するまでには相当の年月を要することから、造成した森林の早期育成及びなだれ防止機能を補強するためのなだれ防止施設を設置する。

３　なだれ防止林造成の計画は、造成された森林及びなだれ防止施設が一体となってなだれ防止機能を高度発揮することにより、地域住民の安全水準の向上、確保が図られるよう策定する。

４　なだれ防止林造成の計画にあたっては、現地の生態系、自然景観に十分留意して、計画を策定する。

５　なだれ防止林造成の計画にあたっては、地球環境問題への対応、健全な森林の育成、地域の振興等のために、積極的に木材、木製品の利用を図る。

３－２　なだれ防止林造成の計画規模

なだれ防止林造成の計画は、現地の地形、地質等の自然条件により、事業の実施が不可能と思われる等、やむを得ない場合を除き、なだれ区域全体を対象として策定する。

計画の規模は、現地の気象、予想されるなだれの種類、規模及び保全対象の状況に応じ、施工効果、経済性等に留意しつつ、なだれの発生及びなだれ災害の防止又は軽減を図る上で最も合理的な投資規模となるよう策定する。

３－３　なだれ防止林造成の工種

１　なだれ防止林造成の工種は、①森林の機能を補完し早期に一定の安全水準を確保する構造物を主体としたなだれ防止施設と、②森林の持つなだれ防止機能を高度に発揮させる森林整備を主体としたなだれ防止林に大別される。

２　なだれ防止林造成においては、①発生区において、なだれ防止施設（予防施設）・なだれ防止林を造成・整備して、積雪の分散・移動防止を行い、なだれの発生を未然に防止する予防工法と、②走行区、堆積区において、なだれ防止施設（防護施設）を整備し、発生したなだれを抑止、減勢、方向転換して保全対象を護る防護工法に大別される。

３　なだれ防止林造成に採用する標準的な工種は、次のとおり。

(1) なだれ防止施設

①予防施設

ア　雪ぴ予防工

　　雪ぴ予防柵工

イ　発生予防工

　　階段工・予防柵工・吊柵工・予防杭工・吊枠工

②防護施設

ア　誘導工

誘導擁壁工・誘導盛土工

イ　減勢工

減勢柵工・減勢盛土工・減勢杭工

ウ　防護工

防護擁壁工・防護柵工・防護盛土工

(2) なだれ防止林

①グライド防止工

グライド防止木柵工・丸太枠工・木柵階段工・杭工

②森林造成

植栽工

4　表層なだれ対策においては、必要に応じて、警戒避難体制の整備を検討する。

３－４　工種の選定及び組合せ

1　森林は、高いなだれ防止機能を持っており恒久的かつ安定的な効果を期待できるが、立地条件の厳しい積雪地帯では十分な効果を発揮するまでには時間がかかることから、なだれ防止施設と組合わせて用いる。

2　計画にあたっては、発生区における予防工法が最も確実な工法であることから、発生区になだれ防止施設（予防施設)、なだれ防止林を整備する予防工法を選定する。しかし、表層なだれ対策においては、発生区が急斜で広範囲にわたり積雪深も大きい場合には、経済性、施工性から、走行区・堆積区になだれ防止施設（防護施設）を整備する防護工法を組合わせて用いる。

3　予防施設は、なだれの発生区において、積雪の分散、移動防止を行ってなだれの発生を予防する施設で、雪ぴ予防柵工（雪ぴ予防工)、階段工、予防柵工、吊柵工、予防杭工、吊枠工（以上発生予防工）がある。

(1) 雪ぴ予防柵工は、尾根ないし風上斜面に柵を設置して積雪の分散をおこない、表層なだれ発生の引き金となりやすい雪ぴの発生を防止する施設で、通常、単独では用いない。

(2) 階段工は、発生区全体に水平階段を設置して、全層なだれの発生を防止するもので、積雪の移動を抑えて、それ自体が植栽の場となることから、森林整備の基礎工としても用いる。斜面全体にわたって森林整備を行う場合は、必要に応じて、階段間にグライド防止工を設置する。

(3) 予防柵工は、発生区全体に柵を設置して、積雪層を支えることにより、全層なだれ、表層なだれを防止するものである。基礎の設置が困難な場合は、維持管理を前提として、吊柵を用いる。

(4) 予防杭工は、発生区全体に杭を設置して、積雪層の移動を抑えて、全層なだれの発生を防止するものである。基礎の設置が困難な場合は、維持管理を前提として、吊枠を用いる。

4　防護施設は、なだれの走行区・堆積区となる緩斜面において、流下してくるなだれか

ら保全対象を護る施設で、誘導工、減勢工、防護工がある。

(1) 誘導工は、なだれの進行方向を変換させて、安全な区域に導くことを目的とする施設で、なだれを安全に誘導できる場所がある場合に採用を検討する。

(2) 減勢工は、なだれのエネルギーを減勢させるとともに、なだれの一部を捕捉することを目的とする施設で、通常、防護工と組合わせて用いる。

(3) 防護工は、なだれを直接的に抑止することを目的とする施設で、なだれの規模が大きい場合は、複数の防護工の設置、減勢工との組合わせを検討する。

５　なだれ防止林は、なだれ防止林造成の基本的な工種であり、なだれ発生の危険性のある山腹斜面において、森林を造成して、樹木の積雪支持効果や微気候緩和による積雪の安定化を図り、なだれの発生を防止するものである。一般に、なだれ防止施設と組合わせて用いる。なだれ防止林の計画にあたっては、樹木の成長を阻害する積雪移動（グライド)、なだれを防止するために、必要に応じて、グライド防止工、予防施設の階段工等を設置する。

６　大規模な表層なだれについては、実態が判明していないことも多い。よって計画を立案する際には、複数の工種を適切に組合わせる。

第４節　なだれ防止林造成の設計

４－１　総説

１　なだれ防止林造成の設計に当たっては、植栽区域、なだれ防止施設の位置・方向・構造の決定等に必要な測量を行う。

２　設計積雪深は、施設等の規模を決定する重要な因子であり、現地の状況に即した値を設定する。

３　なだれ防止林造成のうち、なだれ防止林については、急峻地又は岩石地等で植栽が困難な場合を除き、なだれ区域全域を対象として計画するが、併設するなだれ防止施設は、その設置目的、構造上の特性に応じ現地の地形、土質等に適応した位置・規模等を選定する。

４－２　測量

測量は、植栽区域、構造物の位置等の決定が適切に行える精度で実施する。

４－２－１　測量の範囲

なだれ防止林造成の設計に必要な測量は、なだれの発生区・走行区・堆積区に至るなだれ区域について、構造物配置・森林造成に必要な範囲の測量を実施する。また、雪ぴ予防工を計画している場合は、尾根を越えた風上斜面も含める。

４－２－２　測量の種類

４－２－３　平面測量

１　測量の基準点、平面図の精度等は、第２編山地治山事業第４章１－２－１「平面測量」に準ずる。

２　平面測量は、なだれ区域の範囲・法線、植栽予定区域の範囲、なだれ防止施設の位置・方向等を確定するために行う。

３　図面の縮尺は、その目的、範囲に応じて適切な縮尺を選択する。通常は、山腹工事の場合と同様に 1/500 ～ 1/2000 とする。

４－２－４　縦断測量

１　縦断測量の基準点、精度等は、第２編山地治山事業第４章１－２－２「縦断測量」に準ずる。

２　縦断測量は、工種の選定、配置、構造等の決定に必要なものであり、なだれの走路の法線に沿って測量する。測量に当たっては、斜面勾配又は起伏の変化点に測点を設ける。

３　縦断面図の縦と横の縮尺は、通常同一とするが、特に縦の関係を強調する必要がある場合には、横の２倍の縮尺とすることができる。

４－２－５　横断測量

１　横断測量の基準点、測量の精度等は、第２編山地治山事業第４章１－２－３「横断測量」に準ずる。

２　横断測量は、施設の形状、床掘数量の決定に必要なものであり、縦断測量の測線から直角方向の地形について測量する。測量は、縦断測量を実施した測点毎に行い、横断方向の勾配の変化点に測点を設ける。

４－３　設計積雪深

１　なだれ防止林造成に用いる設計積雪深は、その地域の観測資料をもとに、対象とするなだれ区域の状況を考慮して決定する。

(1) 表層なだれを対象とする場合

表層なだれを対象とする場合の設計積雪深は、過去の最大積雪深又は 50 年確率最大積雪深を比較し、いずれか大きい方の値をとる（以下「表層なだれの設計積雪深」という。）。なお、設計積雪深を決定する基礎となる積雪深は、最寄りの観測地点の観測資料をもとに、対象とするなだれ区域の標高、地形、積雪の状況等を考慮して設定する。

(2) 全層なだれを対象とする場合

全層なだれを対象とする場合の設計積雪深は、表層なだれの設計積雪深の 70 ～ 80 %の値とする（以下「全層なだれの設計積雪深」という）。全層なだれは融雪初期に最も発生しやすく、したがって、全層なだれ対策における設計積雪深は、融雪初期の最大積雪深をとるべきであるが、融雪初期の定義が明確でないので、荷重の面から考えて最大積雪重量時の積雪深とする。一般に、最大積雪重量時の積雪深は、最大積雪深の 70 ～ 80 %であることから、全層なだれの設計積雪深として、表層なだれの設計積雪深の 70 ～ 80 %とする。

２　積雪深は年によって増減があるので、なだれ発生時期の現地調査のほか、過去の観測資料、災害記録について十分把握する。

４－４　雪ぴ予防工

１　雪ぴは、風上斜面を吹き上げる風で運ばれてきた雪が、尾根を吹き越す際に、その粘着性により付着しながら風下斜面に向かって成長発達したものである。

　雪ぴの形は、風速によって変化し、一般に極めて不安定な形に成長し、ある程度まで発達して自重が雪の粘着力やせん断抵抗力を上回るようになるとその先端部が自然に崩落し、これが誘因となってなだれをひき起こすことがある。また、雪ぴの直下は、不安定な吹きだまりが形成されるために、表層なだれの発生区となりやすい。

２　雪ぴ予防工は、なだれ発生の誘因である雪ぴの形成、吹きだまりの発達を抑制し、間接的になだれの発生を予防することを目的として設置するもので、予防柵などの発生予防工と併用して用いる。

４－４－１　雪ぴ予防柵工

１　雪ぴ予防柵工は、柵により、①風速を減少させて雪を堆積させる吹きだめ効果（吹きだめ柵)、②気流を変化させて雪を分散させる効果（分散効果)、③気流を収れんさせて風速を増して雪を遠方に飛ばす吹き払い効果（吹き払い柵）により、雪ぴの発達を抑制することを目的として計画する。雪ぴ予防柵工は、①及び②の効果を期待する吹きだめ柵と③の効果を期待する吹き払い柵に大別される。

２　吹きだめ柵

　吹きだめ柵は、風上斜面に設けた直立した柵により、雪を堆積させて雪ぴの発生を抑制する工法で、風下斜面への雪の移動を防止できる。風上が緩い吹き上げ斜面で、雪の堆積場所が十分とれる箇所に適する。

３　分散効果を期待した吹きだめ柵

　通常の吹きだめ柵では、風下斜面が急斜であると、柵の設置場所や十分な雪の堆積場所が取れないことが多い。また、雪の移動量が多い場合には、早期に吹きだめ柵が埋まり、雪ぴの形成を防止できない危険性がある。このような場合には、尾根付近に直立した柵を設置し、柵周辺に雪を堆積させるとともに、気流の変化により雪を分散させて、雪ぴの発生を抑制する工法をとることがある。

４　吹き払い柵

　吹き払い柵は、前面を傾斜させた柵で、斜面を吹き上げてくる気流を柵下の狭い間隙に収連させて、風速を増し雪を風下斜面に吹き飛ばして、雪ぴの発達を抑制する工法で、常に、一定方向の強い風が吹いているところで採用される工法である。この工法は、適地が限られること、柵下が埋設すると効果がなくなること、飛散した雪が風下斜面に不安定な吹きだまりを形成することから、あまり用いられない。

４－４－１－１　雪ぴ予防柵工の位置

１　吹きだめ柵は、尾根の風上斜面に設置するものとし、吹きだめ効果を十分に発揮させる場合は、尾根と柵との間に堆積空間が確保できる位置に設置する（図　4-4-1参照)。また、分散効果を期待する場合は、尾根付近の風上側に設置する。

　なお、吹きだめ効果を十分に発揮させる場合は、次式による。

　L ＝ 6H ～ 10H

ただし　L：尾根と柵の設置位置との距離（m）
　　H：設計積雪深（m）

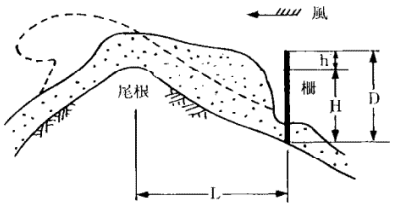


図　4-4-1　吹きだめ柵の位置

２　吹きだめ柵の配置は、連続柵を標準とし、冬季の主風向に対して直角に設置する。柵を断続的に設置しなければならない場合は、風が回り込まないように重複をとる。
３　吹き払い柵は、尾根上に連続柵として配置する（図　4-4-2参照）。

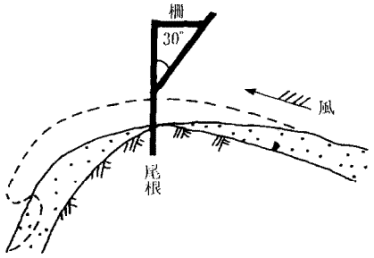


図　4-4-2　吹き払い柵の位置

４－４－１－２　雪ぴ予防柵工の高さ

吹きだめ柵の高さは、柵が飛雪で埋まると効果がなくなるので、表層なだれの設計積雪深に余裕高を加えた高さを標準とする（図　4-4-1参照）。

D=H+h

ただし　D：柵高（m）
　　H：表層なだれの設計積雪深（m）
　　h：余裕高（m）（標準は 0.5 ～ 1.0m とする。）

４－４－１－３　雪ぴ予防柵工の構造

１　吹きだめ柵には、透過型と不透過ないし小透過型がある。不透過ないし小透過型では、急激な風速、風流の変化により雪が柵の前後に急速に堆積し、柵が早く埋没するため、有効に作用する期間が短くなる。これに対して、透過型の柵は、雪が柵の前後に長く、低く堆積して埋没することが少なく、有効期間も長い（図　4-4-3　参照）。
(1) 吹きだめ効果を十分に発揮させる場合には、透過型を採用し、風下側に雪の堆積容量を取る。一般的に、透過率は、柵前後の堆積効果の点から、30 ～ 40 %のものが最も多く用いられている。

(2) 分散効果を期待する場合には、尾根と柵の距離が短いために、不透過ないし小透過型とし、柵の周辺に雪を堆積させる。

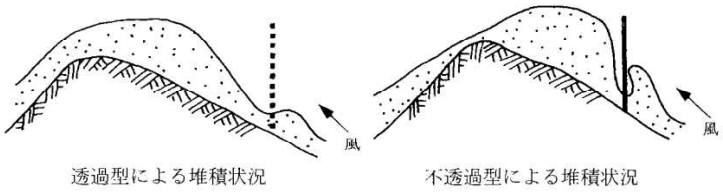


図　4-4-3　吹きだめ柵による堆雪状況

2　吹き払い柵は、上部を風上に 30 度程度傾斜させた不透過型とし、下部を１ｍ程度あけた構造を標準とする。

４－４－１－４　雪ぴ予防柵工の設計荷重

1　柵の設計荷重に用いる風圧は、風速をもとに次式により算定するが、設計風速は夏期の台風を考慮して 60m/s とし、夏期に柵材を取りはずすときは、30m/s を用いる。

$$P=\frac{c}{2g}\gamma AV^2$$

ただし　P：受風面 A が受ける風圧（N）
C：風圧係数（長方形に対して 1.2）
γ ：空気の単位体積重量（N/m^3、12.1N/m^3）
A：柵の受風面積（m^2）
V：風速（m/s）
g ：重力の加速度(9.8m/s^2)

2　柵に加わる積雪の沈降力は無視するが、吹きだまりに埋まる可能性のある支柱については、沈降力を考慮する。なお、支線（ワイヤーロープ）は、積雪沈降力によってたるみを生じるために、柵が風にあおられて変形や破壊を引き起こすことがあるので、その使用は避けた方がよい。

3　積雪の沈降力は、次式による。

$$F=H_W \cdot A$$

ただし　F：沈降力（kN）
H_W：施設上に積もった積雪荷重（kN/m^2）
A：加重圏の面積（m^2）

なお、上式では、沈降力の影響圏を図 4-4-4 に示す加重圏としてモデル化しており、加重圏の面積(A)は、施設の受圧面の形状により、次式によって求められる。なお、受圧面から加重圏の距離(R)は、実験結果から、0.5 ～ 0.7m であり、辺縁力を見込む場合が 0.5m 程度、辺縁力を無視できる場合が 0.6m 程度である。

(1) 受圧面が方形であり、有限長で両端の辺縁力を見込む場合（桁）

$$A=\pi R^2+2R(b+l)+bl$$

ただし　A：加重圏の面積(m^2)
R：受圧面から加重圏の距離(m)

b,l：受圧面の幅、長さ（m）

(2) 受圧面が方形であり、十分長くて辺縁力を無視できる場合（桁）

$A=(2R+b)l$

(3) 受圧面が円形の場合（杭）

$A=\pi(R+r)^2$

ただし　A：加重圏の面積(m^2)

R：受圧面から加重圏の距離(m)

r　：受圧面の半径（m）

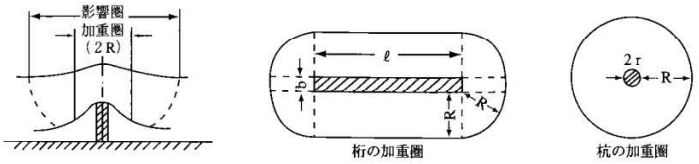


図　4-4-4　沈降力の加重圏

斜線は沈降力をうける施設ないし施設の受圧面を示す

４－４－１－５　雪ぴ予防柵工の種別

１　雪ぴ予防柵の種別（材料）は、なだれ防止林造成後、成林してなだれ防止機能を十分に発揮するまで相当の期間を要することを勘案し、強度、耐久性に優れている鋼材によることを標準とする。

２　施工性の点からは、軽金属製も有効である。また、化学繊維は、壁材として効果的であって、運搬施工も容易である。なお、木材は、製作施工の容易性を活用して、仮設的に用いる場合が多い。

４－４－１－６　雪ぴ予防柵工の基礎

１　雪ぴ予防柵工の基礎は、柵に作用する荷重に耐えられるとともに、柵が転倒することのないよう堅固なものとする。

２　転倒に対する安定計算に用いる外力は、風圧とする。

３　雪ぴ予防柵工の基礎は、コンクリート基礎又は埋め込み基礎を標準とする。ただし、埋め込み基礎は、地盤が強固であって、かつ、風化しにくい岩盤の場合に限る。

４－５　発生予防工

発生予防工は、なだれ防止林造成で最も多く採用されている工種であって、なだれ発生区において、森林造成と一体的に計画される基本的なものである。

４－５－１　階段工

１　階段工は、山腹斜面に筋状の階段を施工し、階段上に圧縮されてせん断抵抗力の増した積雪と階段面（土）との摩擦抵抗により、階段上の積雪のグライドを抑制してなだれの発生を防止しようとするものである。施工が容易で、失敗も少ないので一般に用いられている工種であり、森林の造成に適しているが、その特性上、表層なだれの発生防止

には適していない。

2　階段工は、山腹斜面を切り取り又は盛土して作設するため、施工により山腹斜面の安定性が減じることから、崩壊が発生しやすい地形、地質、特に急峻地、複雑な地形、脆弱な地質、崩壊地等には採用できない。

3　階段工は、山側の切取法面が長くなると積雪が不安定となることから、急斜面では効果が薄れる。切取り階段工の場合、40 ～ 45 度程度までである。

4　階段に、山側の樹木が垂れ下がったり、崩土が堆積した場合は、機能が低下するので、維持管理をすることが望ましい。

5　階段の施工により発生した掘削土砂を安定させるために、土留工を設置する場合がある。土留工については、第２編山地治山事業第５章３－３「土留工」に準ずる。

４－５－１－１　階段工の配置

1　階段工は、積雪の移動防止に最も効果的に機能するよう、山腹斜面の等高線沿いに設置するが、その機能を十分発揮させるためには 1 段のみではほとんど効果が期待できないため、なだれ発生区域全域にわたって列状に配置する。

2　階段工の配置間隔は、積雪量、斜面の傾斜等により異なるが、階段間の高低差は、通常、階段幅の 6 倍を標準とする（図　4-5-1 参照)。階段幅は、本章４－５－１－２「階段工の構造」〔解説〕を参考とする。

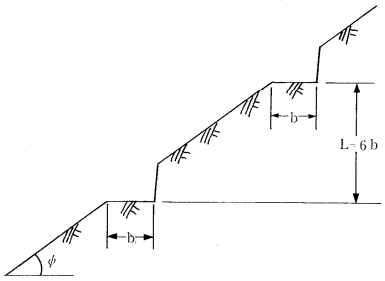


図　4-5-1　階段工の配置間隔

４－５－１－２　階段工の構造

1　階段の幅は、斜面の傾斜角、積雪量、雪質等により異なるが、既往の施工地での実績からみて、全層なだれの設計積雪深を標準とする。しかし、階段幅があまり広いと、斜面上の積雪と階段上の積雪との連絡が不十分となり、積雪の移動が促進されやすくなることから、その効果が失われる。経験的に、東北地方では、1.2 ～ 2.0m、日本海側の多雪地方では、2.0 ～ 2.5m としている場合が多い。

2　階段面は、逆勾配にすると積雪の移動により、階段先端部が破壊されることが多いので水平とする。切取面ののり面勾配は、土質条件等に応じて決定する。

3　階段工は、現地の地形、地質に応じ最も効果的かつ経済的な構造とし、現場の条件によって、次の３タイプを使い分ける（図　4-5-2 参照)。

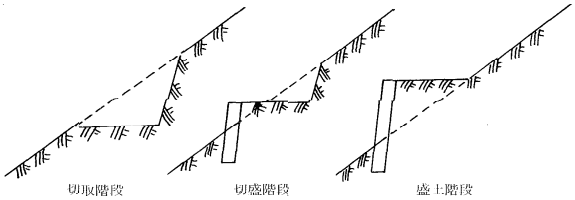


図　4-5-2　階段工模式図

(1) 切取階段

切取階段は、切取面の安息角が保たれるような山腹傾斜及び地質のところに適し、広く採用されている。しかし、傾斜が急で切取長が長くなる場合及び切取地盤が軟弱な場合には適さない。

(2) 切盛階段

切盛階段は、切盛土砂の均衡が図られる場合に採用し、切取土量が少なくてすむ。盛土前面は、必要に応じてコンクリート又はコンクリートブロック土留工等によって保護する。

(3) 盛土階段

盛土階段は、すぐ近くに盛土用の土取場がある場合又は上部階段の余剰土砂を利用できる場合に採用する。盛土前面は、切盛階段と同様の措置をする。採用にあたっては、経済性を十分検討する。

４－５－２　予防柵工

予防柵工は、なだれの発生区に設置し、なだれの発生を未然に防ぐための柵状の施設で、全層なだれ及び表層なだれの両者に効果があり、予防工の中で最も確実な工種として現在広く実行されているものである。

４－５－２－１　予防柵工の配置

１　予防柵工は、図　4-5-3に示すように地形、積雪深等に応じた適切な配置とする。配置の形とその特徴は表　4-5-1のとおりである。地形条件が許せば連続配置とすることが望ましいが、地形上の制約によっては断続配置又は千鳥配置としてもよい。

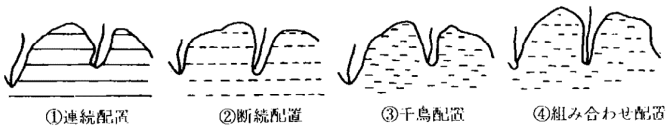


図　4-5-3　予防柵工の配置図

表　４-５-１　各配置法の比較

区分	地形に対する適合性	辺縁効果	雪圧（単位長当たり）	設置延長	小規模なだれのもれ出し	被害の波及
連続	不良	両端部のみ	最小	最長	なし	波及する
断続	良	個々に働く	中	短	もれ出すこともある	単体のみにとどまる
千鳥	最良	個々に働く	大	長	ほとんどない	単体のみにとどまる

２　最上部の予防柵工の位置は、予想されるなだれの発生区の最上端の破断面（雪割れ）が、設置する柵の背圧領域（柵高の２～３倍の距離）に入るように計画する。

最下段の柵については、上方に柵が設置されることにより、その下方が新たになだれの発生源となることがあるので、保全対象に到達するおそれがある範囲まで柵を計画する（通常は傾斜約 30°まで）。

３　予防柵工の列間斜距離は、設計積雪深の５～６倍を標準とする。

４　柵を断続して配置する場合の水平間隔は、傾斜 40°程度の斜面では、表層なだれを対象とする場合で 2m、全層なだれを対象とする場合で 6m 程度を限度とするが、地形等の関係から千鳥状に配置する場合は、隣接する上下の柵の水平間隔は 0m とする（図　４-５-４参照）。

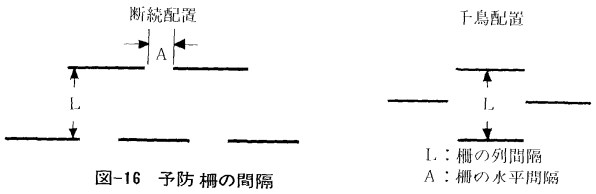


図-16　予防柵の間隔

図　４-５-４　予防柵工の間隔

５　柵の方向は、雪圧の方向に直角、すなわち等高線に平行を標準とする。柵の前面を無理に一直線にそろえて施工した場合、柵に作用する荷重が柵面に対して斜め方向から作用することとなり、柵の倒壊事故の原因となることがあるので注意する。

４－５－２－２　予防柵工の高さ

１　予防柵工の高さは、表層なだれを対象とする場合は、表層なだれの設計積雪深とし、全層なだれを対象とする場合は、全層なだれの設計積雪深とする（図　４-５-５参照）。

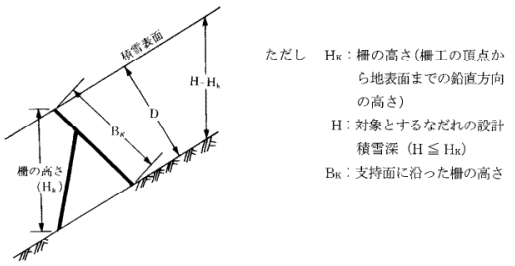


図　４-５-５　予防柵工の高さ

２　柵の高さが積雪深と比較して著しく低い場合は、柵の上部を越えた雪の層が下方の積雪とつながり、柵の最上部の壁材に沈降力が作用することになるので注意する。

４－５－２－３　予防柵工の構造

１　予防柵工の構造は、主柱と支柱を組み合わせた骨組みの上に壁材（クロスビーム）を横に配列したスノーブリッジ型のものと縦に用いたスノーレーキ型の２種類あるが、スノーブリッジ型が一般的である（図　４-５-６参照）。

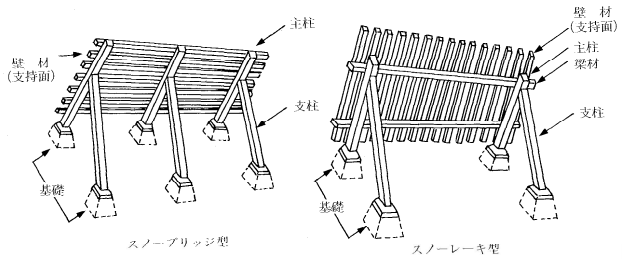


図　４-５-６　予防柵の模式図

２　主柱及び支柱等の設計に当たり留意すべき点は、おおよそ次のとおりである。

(1) 主柱

①　主柱の間隔は、一般に 2 ～ 3m であり、経済性、施工性から決定する。

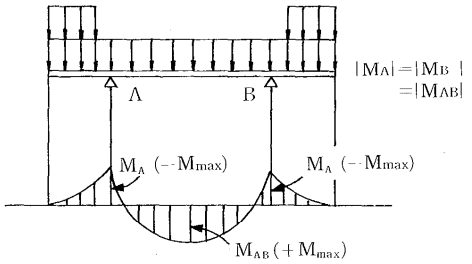


図　４-５-７　主柱間隔の計算

①　主柱の傾きは、柵の受圧面が雪圧の合力の作用方向に対しておおよそ直角となるように、谷側に 10~15°傾ける（図　４-５-８参照）。

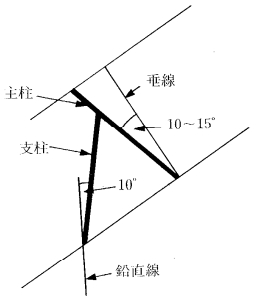


図　４-５-８　主柱及び支柱の設置角度

(2) 支柱

①　主柱と支柱の取り付け位置は、主柱に生じる正負の曲げモーメントの最大値 MA

と M_{AC} が等しくなるように決めるのが最も経済的である。

② 支点 A 上部の張り出し部に大きな雪圧が作用して柵が破壊されやすいことや転倒しやすいこと等を考慮し、張り出し部分の長さを主柱全体の長さの 1/5~1/6 になるように短くする方が安全である（図 ４-５-９参照)。

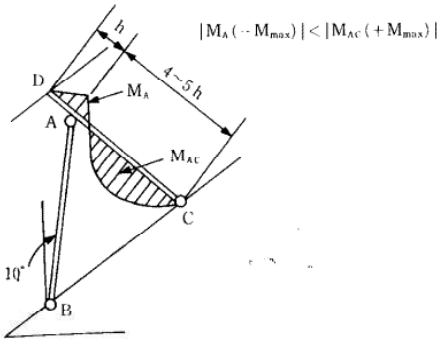


図 ４-５-９　支柱の取り付け位置

(3) 壁材（支持面）

① 壁材の間隔及び最下端の壁材と地面との間隔は、あまり広すぎると完全な機能を発揮できないので 30cm 以内とする。

③ 壁材の張り出し部分の長さは 30~50cm とすることが多い。

４－５－２－４　予防柵工の設計荷重

1　骨組（主柱、支柱）及び基礎の設計に考慮すべき荷重は、斜面雪圧（SN、SQ)、スノープリズム荷重（G）及び辺縁効果荷重（SR）とし、その算出方法は次による。

(1) 斜面雪圧

① 雪圧の斜面に平行な成分（SN）

$$S_n = \gamma \cdot \frac{H^2}{2} \cdot K \cdot N \quad (kN/m)$$

ただし　γ ：積雪の設計単位体積重量（kN/m^3）

H：柵の高さ（m、設計積雪深をとる）

K：クリープ係数

N：グライド係数

② 雪圧の斜面に直角な成分（SQ）

$$S_Q = \frac{a}{N \cdot \tan\phi} \cdot S_N \quad (kN/m)$$

ただし　a：雪質に関する比（0.2 ～ 0.5）

$$a = \frac{1-2\nu_c}{2(1-\nu_c)}$$

ν c：積雪の粘性ポアソン比（圧縮）

ν c ＝ 0.04 γ

N：グライド係数

ϕ ：斜面勾配（度）

③ クリープ係数（K）

クリープ係数は、雪の単位体積重量と斜面勾配（ϕ）に関係するが、勾配が 35

° 以上になると sin2 ϕ ≒ 1 となるので主として単位体積重量が関係する（表 ４-５-２参照）。

表 ４-５-２　クリープ係数（K）

積雪の単位体積重量 γ (kN/m³)	2	3	4	5	6
K/sin2 ϕ	0.70	0.76	0.83	0.92	1.05

④　グライド係数（N）

グライド係数は、地表の状態、斜面の向きによって変わり、スイスの示方書では長年の実測値である表 ４-５-３の値が定められている。我が国の雪質は、湿っていて積雪グライドが大きいので、現地の積雪状況等に応じて表 ４-５-３の値の 50 %の範囲で割り増しする。なお、雪質が乾いている場合は、表 ４-５-３の値を適用することが適当である。

表 ４-５-３　グライド係数（N）

地表の状態		玉石(径30cm以上)の斜面、大岩塊の凹凸地面	礫(30cm以下)の斜面、丈１m以上の低木地、50cm以上の凹凸地面	低木地50cm以下の凹凸地面、草地	平滑地盤、丈の高い草の密生地、湿った沢、凹地
グライド係数	北向斜面	1.2	1.6	2.0	2.6
	南向斜面	1.3	1.8	2.4	3.2

(2) スノープリズム荷重（G）

スノープリズム荷重（G）を考慮する（図 ４-５-１０参照）。

$$G=\gamma \cdot \frac{D_2}{2} \cdot \tan\rho \quad (\text{kN /m})$$

$$G_N=G \cdot \sin\phi \quad (\text{kN /m})$$

$$G_Q=G \cdot \cos\phi \quad (\text{kN /m})$$

ただし　γ ：積雪の設計単位体積重量（kN /m^3）

ρ ：支持面と斜面垂直線のなす角度（10 ～ 15 °）

D：積雪厚（m、斜面に垂直方向の厚さ）

ϕ ：斜面勾配（度）

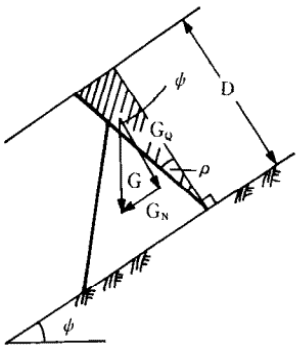


図 ４-５-１０　スノープリズム荷重

(3) 辺縁効果荷重

柵の端部には，辺縁効果による荷重を考慮する。

① 辺縁効果荷重

$$SR = fR \cdot SN$$

ただし　SR：辺縁効果荷重（kN /m）

SN：雪圧の斜面に平行な成分（kN /m）

fR：辺縁効果係数

② 辺縁効果係数

辺縁効果係数は，スイスの示方書では，次式で表される。

$$f_R=(0.92+0.65N)\frac{A}{2} \leqq 1.00+1.25N \qquad (A \geqq 2m \text{ の場合})$$

ただし　A：柵と柵の水平間隔（m）

N：グライド係数

我が国の湿ってグライドの大きい積雪に対しては、これより小さい次の値（次式）を用いるのが適当である（図　4-5-11参照）。

$$f_R=0.10+0.52N \qquad (A > 2m \text{ の場合})$$

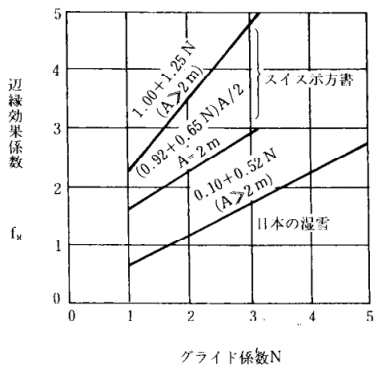


図　4-5-11　辺縁効果係数

③ 辺縁効果の作用範囲⊿l

辺縁効果による荷重は、図　4-5-12に示すような分布をするが、設計に当たっては点線のように仮定して考える。

$$\Delta l=0.60\frac{A}{2} \leqq \frac{D}{3} \qquad (m)$$

ただし　A：柵と柵の水平間隔（m）

D：斜面に垂直に計った積雪深（m）

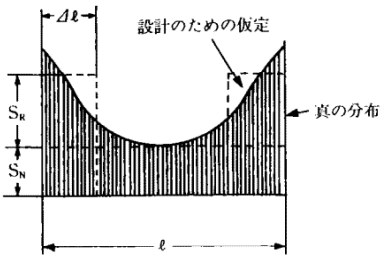


図　4-5-12　辺縁効果の作用範囲

2　壁材の設計に考慮すべき荷重は、骨組の設計に用いる荷重を 30 %増加させ、さらに付加荷重を考慮する。辺縁効果荷重も同様に 30 %増しとする。これは、骨組の設計は最大積雪深の荷重を考慮すればよいのに対し、壁材については、積雪が沈降し、積雪の単位体積重量が増加した状態の荷重を考慮するからである。付加荷重は、雪圧の 25 %の値を地面から柵の高さの 1/4 までの間に作用させる（図　4-5-13参照)。

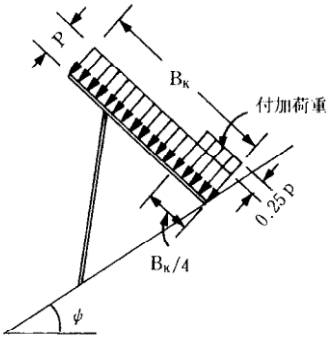


図　4-5-13　付加荷重

４－５－２－５　予防柵工の種別

1　予防柵工の種別（材料）としては、鋼材を標準とする。

2　鋼材以外の材料としては、アルミ合金等の軽金属、強化プラスチック、木材等を使用したものがあるが、強度又は耐久性、施工性の点で制約があるので、現地の積雪状況、必要とする耐久性、施工条件等を総合的に勘案のうえ、問題のない場合に用いることができる。

４－５－２－６　予防柵工の基礎

1　予防柵工の基礎は、通常コンクリート基礎を用いる。

2　山側基礎は、主柱の引抜力に対し、コンクリート基礎の自重及び主柱の地上支点反力で抵抗させて、構造物の安定性を確保し、次の条件を満足させる構造とする（図　4-5-14参照)。この場合、基礎下面は､せん断抵抗力が働く強固な地盤とする。

$$G_Q+(T_N+G_N)\tan\phi \geqq 1.5T_Q$$

ただし　TQ：主柱の引抜力（kN）

G：基礎の自重（kN）
GQ：G の基礎面に直角な分力（kN）
GN：G の基礎面に平行な分力（kN）
TN：主柱の地上支点反力（kN）
tan φ：摩擦（せん断抵抗）係数
土砂の場合：0.6　岩の場合：0.7

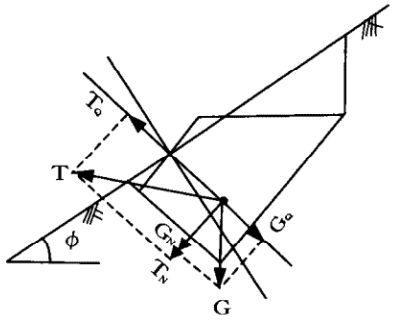


図　４-５-１４　山側基礎に作用する力

３　谷側基礎は、基礎底面の地盤支持力（地耐力）を考慮する（図　４-５-１５参照）。

$$\frac{(R+G)}{A} < \delta ea$$

ただし　R：支柱の地上反力（支柱の軸力 RAB の基礎底面に直角な分力）（kN）
G：基礎の自重（kN）
A：基礎の底面積（m^2）
δ ea：地盤支持力（kN /m^2）

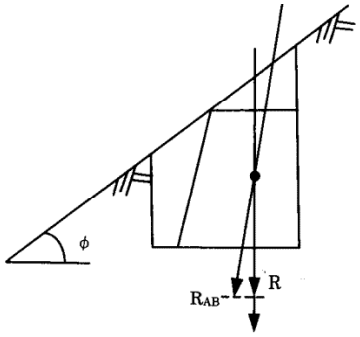


図　４-５-１５　谷側基礎に作用する力

４－５－３　吊柵工

１　吊柵工は、①地形が急峻な箇所、②斜面の土質条件が悪い箇所など、予防柵工の施工が困難な場合に採用するもので、柵型式（形鋼、パイプ）と綱型式（金網、エキスパンドメタル）とがあり、どちらも斜面上部のアンカーから延ばしたワイヤーロープに吊り

下げるものである。アンカーの設置箇所は、堅固な基礎地盤とする（図　4-5-１６参照)。

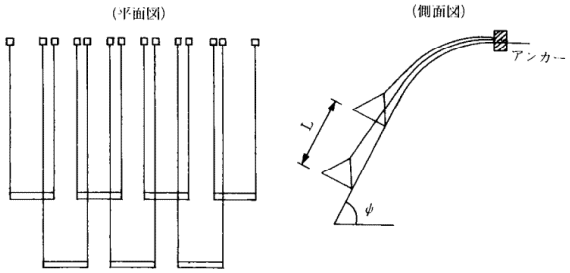


図　4-5-１６　吊柵工の模式図

２　吊柵工は、横の連繋が可能なため、連続柵としての機能を期待できるが、反面、柵の配置、傾きを調整する必要があること、均一斜面でないと効果的な配置ができないこと、何段にもなるとワイヤーロープが太くなり、施工が困難になる等の欠点がある。

３　吊柵工は、ワイヤーロープで荷重をすべて支えるために、想定外の荷重がかかった場合に破損する危険性もあることから、選定にあたっては十分留意する。また、ワイヤーロープ、アンカー等の維持管理も考慮する。

４－５－３－１　吊柵工の配置

吊柵工の機能は、予防柵工と同じであり、基礎を地盤に直接支持させないでワイヤーロープに支持させる点が異なるだけである。したがって、その配置は、本章４－５－２－１「予防柵工の配置」に準ずる。ただし、長い連続配置は設置が困難である。

４－５－３－２　吊柵工の高さ

吊柵工の高さは、本章４－５－２－２「予防柵工の高さ」に準ずる。

４－５－３－３　吊柵工の構造

吊柵工の構造は、本章４－５－２－３「予防柵工の構造」に準ずるが、同一のアンカーから同一のワイヤーロープで吊る柵は３段以内とする。

４－５－３－４　吊柵工の設計荷重

吊柵工の設計荷重は、本章４－５－２－４「予防柵工の設計荷重」に準ずる。

４－５－３－５　吊柵工の種別

吊柵工の種別は、本章４－５－２－５「予防柵工の種別」に準じ、鋼製を標準とするが、柵面に金網、エキスパンドメタルを使用することがある。また、現地の状況により、軽金属製、木製等を採用してもよい。

４－５－３－６　吊柵工の吊索及びアンカー基礎

１　吊柵工は、ワイヤーロープにより吊り下げる。ワイヤーロープは、柵面を形成するパ

ネルの上下端部に取り付け、柵面とワイヤーロープの結合部及びワイヤーロープ相互の結合部には必ずシャックル等を用いて、ワイヤーロープにせん断力が作用しないようにする。ワイヤーロープの太さは、施工上直径 30mm 以下とし、メッキ加工したものが望ましい。

２　柵を吊るワイヤーロープを固定するアンカーの構造は、コンクリート基礎のほかに挿入型アンカーのものもあるが、現地の条件により使い分け、斜面上部の堅固な地盤の上にワイヤーロープを確実に固定できるように設置する。

３　柵面に作用する雪圧は､ワイヤーロープを介して斜面上部のアンカーに伝達されるが、ワイヤーロープが複数の柵を支える場合は､非常に大きな張力が働くので､アンカーは、この張力による引抜き、渦動、破壊に対して安全な構造とする。

４　アンカーの位置を決めるに当たっては、基礎地盤、地形状況を考慮し安全な位置を選定する。また、地盤の横方向反力を期待できる地形を選定し、単にアンカーコンクリートの自重に期待するような設置方法では不適切である。

４－５－４　予防杭工

なだれ予防杭は、雪の粘性と杭の抵抗力により全層なだれの発生を予防することを目的とするものであり、地形が比較的単純で勾配が緩く地耐力が良く、積雪が均一で比較的浅いところの小面積のなだれ発生地に適している。

４－５－４－１　予防杭工の配置

１　予防杭工は、なだれの発生区域内に杭を群状に配置して、効果的に機能を発揮させようとするものであり、各杭が均等に機能するようその配置は、千鳥状（正三角形）とする。

２　杭の間隔については、広すぎるとその間からなだれが発生するおそれがあり、狭すぎると不経済である。地形や雪質、杭の強度又は支柱の構造によって変えるべきであるが、一般的には、水平方向の杭間隔(A)、斜面方向の列間斜距離(L)は次の値とする。

$A \leqq 7$（通常 5 ～ 6m）（m）

$L \leqq A \cdot \sec\phi$ （m）

ただし　A：水平方向の杭間隔(m)

L：斜面方向の列間斜距離(m)

ϕ ：斜面勾配（度）

４－５－４－２　予防杭工の高さ

予防杭工は、全層なだれの防止を目的としているので、杭の有効高さは、全層なだれの設計積雪深以下とするが、一般的には 1.0 ～ 1.5m のものが多い。

４－５－４－３　予防杭工の構造

防杭工は、地質、積雪の状況に応じ、1 本杭（主杭のみ）のもの、主柱と 1 本支柱のもの及び 2 本支柱のものがある。主柱の建込み角度は、斜面に直角を標準とする。

なだれ区域が小面積の単純斜面で、積雪がほぼ均一な場合は、主柱のみでもよいが、多

くの場合は、支柱を必要とする。支柱は、1 本が普通であるが、積雪が不均一で側圧等の偏荷重のかかるような場合は 2 本支柱とする。

４－５－４－４　予防杭工の設計荷重

１　予防杭工の設計荷重は次式により算出する（図 ４-５-１７参照)。

(1) 雪圧は、斜面に平行な成分について考慮するものとし、杭の全長に均等に作用させる。

$$S_K=\frac{1}{2}A\cdot\gamma\cdot(2H\cdot h-h^2)\,K\cdot N$$

$$w=\frac{S_K}{B_K}$$

ただし　SK：杭に作用する雪圧（kN）
w：杭に作用する雪圧（等分布荷重、kN/m）
A：水平方向の杭間隔（m）
γ：積雪の設計単位体積重量（kN /m^3）
H：設計積雪深（m）
h：杭高（m）
BK：斜面に直角方向の杭の長さ(m)
N：グライド係数
K：クリープ係数

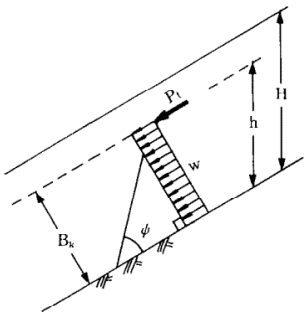


図 ４-５-１７　予防杭に作用する荷重

(2) 辺縁効果荷重は、集中荷重とし、斜面と平行に杭の先端に作用させる。

$$P_t=\frac{1}{2}\cdot A\cdot\gamma\cdot(H-h)^2\cdot K\cdot N$$

ただし、Pt：杭に作用する辺縁効果荷重（kN）
A：水平方向の杭間隔（m）
γ：積雪の設計単位体積重量（kN /m^3）
H：設計積雪深（m）
h：杭高（m）
N：グライド係数
K：クリープ係数

(3) 側圧は、雪圧と辺縁効果荷重の和の 10 %が杭高の 1 ／ 2 の点に作用させる。

$P_S=0.1（S_K+Pt）$

ただし　Ps：側圧（kN）

SK：杭に作用する雪圧(kN)

Pt：杭に作用する辺縁効果荷重（kN）

2　各部の設計

(1) 主柱

①　雪圧は、杭の全長に均等に作用し、辺縁効果荷重は、杭の先端に作用させる。

杭全長　$W=\frac{S_k}{B_K}$　　（kN /m）

杭の先端部　Pt（kN）

②　側圧については、1 本杭の場合は、全部を主柱が受けるものとする。支柱 1 本の場合は、1/2 を主柱が受け持つものとし、支柱 2 本の場合は、全部支柱に負担させる。

③　支点の位置は、張出し部の最大曲げモーメントと支点間中央部における最大曲げモーメントが等しくなるように定める。

(2) 支柱

①　支柱 1 本の場合は、雪圧及び辺縁効果荷重に対する反力と同時に、側圧による横からの曲げモーメントも検討する（図　4-5-１８参照)。

$N=R_S \cdot \sec\psi$

ただし　N：軸力（kN）

RS：支柱の支点に作用する雪圧及び辺縁効果荷重（支点反力）(kN)

ϕ ：支柱の設置角度（度）

②　支柱が 2 本の場合の軸力は、2 本の支柱の狭角を θ とすると次式のようになる。

$N=\frac{1}{2}R_S \cdot \sec\psi \cdot \sec\frac{\theta}{2}$　　（kN）

側圧 Ps′は、格点に作用するものとして次式で算出するが、支柱に対する曲げモーメントは、考慮しなくてもよい。

$P_S'=\frac{h'}{B_K}P_S$　　（kN）

ただし　h′：支柱の支点の高さ（m）

BK：主柱の高さ（m）

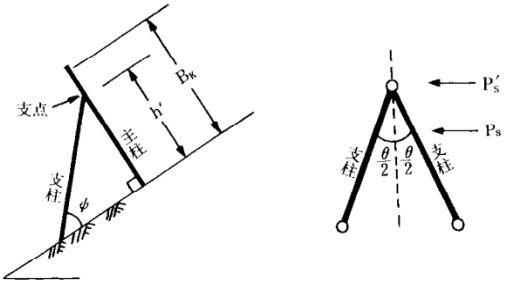


図　4-5-１８　予防杭の支柱に作用する荷重

４－５－４－５　予防杭工の種別

予防杭工の種別は、強度の確保、耐久性施工性の点から鋼製を標準とする。

４－５－４－６　予防杭工の基礎

予防杭工の基礎は、地盤に応じてコンクリート基礎又は打込み基礎を標準とする。

打込みが困難な場合は、建込み（コンクリート基礎）とする。

４－５－５　吊枠工

吊枠は、全層なだれの発生を防止することを目的に、斜面上部のアンカーから延ばしたワイヤーロープに三角錐状の枠組みを吊下げるものである（図 ４-５-１９参照)。機能は予防杭と同等であることから、地形が単純で積雪が均質なところで土質条件等から予防杭等が設置できない場合に採用する。

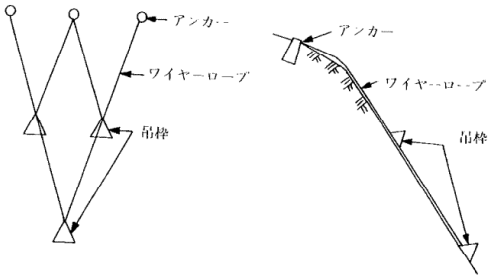


図 ４-５-１９　吊枠模式図

４－５－５－１　吊枠工の配置

吊枠の配置は、本章４－５－４－１「予防杭工の配置」に準ずる。

４－５－５－２　吊枠工の高さ

１　吊枠工の高さは、本章４－５－３－２「予防杭工の高さ」に準ずる。

２　吊枠工は、予防杭と同様に全層なだれの予防を目的としているので、枠の高さは、全層なだれの設計積雪深以下とするが、一般には、1.5m 程度のものを用いる。

４－５－５－３　吊枠工の構造

吊枠工は、通常Ｌ形アングルを用いた三角錐状の枠組みで、斜面に設置した場合に転倒しにくい構造のものである。

４－５－５－４　吊枠工の設計荷重

吊枠工の設計荷重は、本章４－５－４－４「予防杭工の設計荷重」に準ずる。

４－５－５－５　吊枠工の種別

吊枠工の種別は、本章４－５－３－５「予防杭工の種別」に準ずる。

４－５－５－６　吊枠工の吊索及びアンカー基礎

吊枠工は、ワイヤーロープにより吊り下げる。吊枠工の吊索及びアンカー基礎は、本章４－５－４－６「吊柵工の吊索及びアンカー基礎」に準ずる。

４－６　誘導工

１　誘導工は、誘導堤、誘導擁壁等により流下するなだれの進行方向を変換させて、なだれ災害を未然に防止することを目的として計画される。したがって、施工対象地の地形、保全対象の位置、なだれ規模等からみて、なだれを誘導できる安全地帯を確保できる場合に採用する工種である。

２　誘導工は、その機能上、なだれが漏れ出すことのないように、遮蔽型の構造が望ましい。

３　誘導工は、小規模ななだれの堆積により、機能が低下しないように留意する必要がある。また、なだれの一部が越流しても減勢効果を期待できる構造とするとともに、必要に応じて、防護工等と組合わせて計画する。

４　誘導工は、主として大規模な表層なだれに対して用いられる工種である。一冬に大規模な表層なだれが数度発生した場合でも機能が維持される規模・構造とする。

４－６－１　誘導工の位置

１　誘導工の位置は、予想されるなだれの方向、規模、保全対象の位置関係、誘導しようとする区域のスペース等を総合勘案のうえ決定するが、誘導したなだれが他の保全対象に被害を与えることのないよう、下方の地形、保全対象の状況をよく調査し、安全を確認する。

２　一般に、なだれ速度がやや低下する走行区に設置する。あまりなだれの速度が減速した場所であると、なだれが堆積して誘導効果が低下する危険性がある。

４－６－２　誘導工の高さ

１　なだれ誘導工の高さは、表層なだれの設計積雪深に、想定されるなだれの厚さを加えた高さ以上とする。これは、なだれが誘導工に衝突するとその勢いで雪流が誘導工上にせり上がり、乗り越えようとする力が働くことから、高さに余裕をもたせたものである。

２　大規模ななだれに対しては、経済性等を考慮して、高さを決定するために用いるなだれの厚さを設定する。

４－６－３　誘導工の衝突角度及び勾配

流下するなだれが円滑に目的方向へ誘導できるように、なだれの誘導工に対する衝突角度は30°以内にするのが望ましく、最大でも45°以下にする。また、誘導工は、進行方向に向かって下り勾配となるよう設置する。

４－６－４　誘導擁壁工

誘導擁壁工は、一般にコンクリートを材料とするので、地耐力が良好で地盤支持力と一体となってなだれ衝撃力に対抗できる場合に計画できる工種である。

４－６－４－１　誘導擁壁工の構造

１　誘導擁壁工は、重力式擁壁を標準とする。

２　誘導擁壁工の前面ののり勾配は、なだれの越流を防ぐために急な勾配とすることが望ましい。

３　誘導擁壁工になだれが衝突し、舞い上がった飛沫又は雪煙部分が誘導擁壁工を飛び越えるおそれがある場合には、天端に補助柵の設置を検討する。

４－６－４－２　誘導擁壁工の設計荷重

１　誘導擁壁工の設計荷重は、なだれ衝撃力、積雪荷重、土圧として、第２編山地治山事業第５章３－３－５－２「土留工の安定性の検討」に準じて、安定性の検討を行う。

(1) なだれ衝撃力

なだれ衝撃力は、壁面に対する衝撃力の算出式である次式により算出する（図　４-６-１参照)。なお、なだれの中に含まれる雪塊の衝撃力は考慮しない。

$$P=\frac{\gamma}{g}AV^2\sin\alpha=\frac{\gamma}{g}A'V^2\sin^2\alpha$$

$$p=\frac{P}{A'}=\frac{\gamma}{g}V^2\sin^2\alpha$$

ただし　P：壁面に垂直に作用するなだれ衝撃力(kN)

p：壁面に垂直に作用する単位面積あたりのなだれ衝撃力(kN/m^2)

γ ：なだれの単位体積重量(kN/m^3)

g：重力の加速度（9.8m/s^2)

A：なだれの方向と直角な作用面積（m^2）　A=A’ sinα

V：衝突時のなだれの速度（m/s)

α ：なだれの進行方向と壁面とのなす角（度）

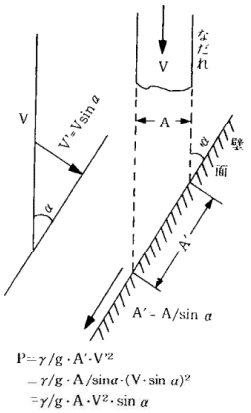


図　４-６-１　壁面に対するなだれ衝撃力

①　なだれの速度（V)

なだれの速度は、数値シミュレーションによりもとめるほか、フェルミー式により算出する。

②　なだれの単位体積重量(γ)

なだれの単位体積重量は、表層なだれの場合、一般的に1～２kN/m^{3}である。

③　なだれの進行方向と壁面のなす角（α）

予想されるなだれの進行方向は､最も危険側のもの(αが大きいもの)を採用する。

(2) 積雪荷重

積雪荷重は、次式により求めて、土圧の上載荷重として考慮する。なお、傾斜地に設ける場合は、状況に応じて、積雪荷重に替えて斜面雪圧を考慮することがある。斜面雪圧は、本章４－５－２－４「予防柵工の設計荷重」に準ずる。

$W_S = H_S \times \gamma$

ただし　W_S：積雪荷重(kN/m^2)

H_S：積雪深（m）

γ：積雪の単位体積重量(kN/m^3)

(3) 土圧

クーロン式で算出した土圧を考慮する。

２　擁壁の天端に補助柵を設ける場合は、飛沫、雪煙部分の衝撃力に対して、安定性の検討を行う。

４－６－４－３　誘導擁壁工の種別

誘導擁壁工の種別は、なだれの衝撃力に耐えられるように、重力式コンクリート構造を標準とする。なお、構造物の一部を鉄筋で補強することがある。

４－６－４－４　誘導擁壁工の基礎

誘導擁壁工の基礎は、現地の地盤支持力に応じ栗石基礎、べた打ち基礎又は杭打ち基礎とするが、特に軟弱地盤で構造物の安定が期待できない場合は表土の置換も考慮する。

４－６－５　誘導盛土工

１　誘導盛土工は、なだれの走行区に盛土により土堤を構築し、なだれを安全な方向に変換させることを目的として計画する。

２　誘導盛土工は、なだれの大きな衝撃力がかかる場合、地盤の支持力が小さい場合に有利である。

３　土堤の構築にあたっては相当量の土砂を使用することから、現場採取とすることが望ましい。現場外から搬入する場合は、運搬手段、経済性等を十分検討する。

４　誘導盛土工の機能を高めて、土砂を流用するために、誘導盛土工（土堤）の前面に誘導溝を併用する場合がある。

４－６－５－１　誘導盛土工の構造

１　誘導盛土工は、なだれ衝突時に安定である構造とする。また、一部に擁壁を組合わせる場合、通常時に、土圧等に対して擁壁が安定している構造とする。

２　誘導盛土工の衝突側は、擁壁等を設置してできるだけ急勾配にし、なだれの越流を避ける構造とすることが望ましい。

３　誘導盛土工の天端厚は、なだれの規模に応じて決定し、表面は侵食を防止するため、緑化により保護する。

４　誘導盛土工に衝突し舞い上がった飛沫又は雪煙部分が飛び越えるおそれがある場合、又は飛雪により衝突側に多量の積雪が堆積する危険性のある場合には、盛土天端に補助柵の設置を検討する。

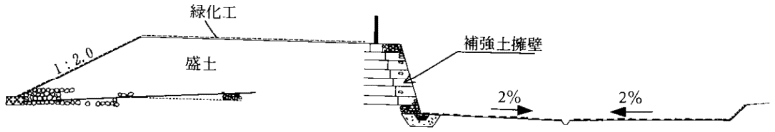


図　４-６-２　誘導盛土工(補強土擁壁設置例)の模式図

４－６－５－２　誘導盛土工の設計荷重

１　誘導盛土工の設計荷重は、なだれ衝撃力、積雪荷重、土圧として、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて、安定性の検討をおこなう。なお、傾斜地に設ける場合は、状況に応じて、積雪荷重に替えて斜面雪圧を考慮することがある。

２　誘導盛土工の一部に擁壁を組合せた場合は、通常時における擁壁の安定性を検討するものとし、設計荷重として、土圧等を用いる。

３　盛土の天端に補助柵を設ける場合は、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて、安定性の検討を行う。また、飛雪により衝突側に多量の積雪が堆積する危険性のある場合に、天端に設置する補助柵は、本章４－４「雪ぴ予防柵工」に準じて設計を実施する。

４－６－５－３　誘導盛土工の種別

誘導盛土工は、盛土を主体として、なだれの越流を防止するために、コンクリート擁壁、補強土壁等と組み合わせて、衝突側を急勾配とする。

４－７　減勢工

１　減勢工は、流下するなだれを防護工により直接阻止することが困難な場合に、なだれのエネルギーを減少させて、速度を減速させるとともに、なだれの量の一部を堆積させることを目的として計画するもので、防護工等と併設する。また、減勢工は、減勢に必要な緩傾斜（20°以下がよい）の広い空間がある斜面が適する。

２　減勢工の工種としては、減勢柵工、減勢盛土工等がある。このほか、実施例は少ないが、減勢擁壁、減勢土塁、減勢枠組、減勢群杭がある。

４－７－１　減勢柵工

減勢柵工は、透過性のある柵により流下するなだれのエネルギーを減少させようとするものである。基本的な構造は、防護柵工に類似している。

４－７－１―１　減勢柵工の位置

１　減勢柵工は、２０度以下の緩傾斜地に設置することが望ましい。

２　減勢柵工の柵面の向きは、柵に偏荷重がかからないように、なだれの流下方向に直角とする。また、柵は、連続配置を標準とするが、地形等の関係で断続とする場合は隣接

部分を重複させる。

４－７－１―２　減勢柵工の高さ

減勢柵工の高さは、なだれを減勢できる高さをとるものとし、設計積雪深に想定されるなだれの厚さを加えた高さとする。

４－７－１―３　減勢柵工の構造

減勢柵工の構造は、主柱に水平部材を取りつけて、透過性の壁面を形成する構造とする。また、必要な減勢効果を得るために、水平部材の量を調節する。

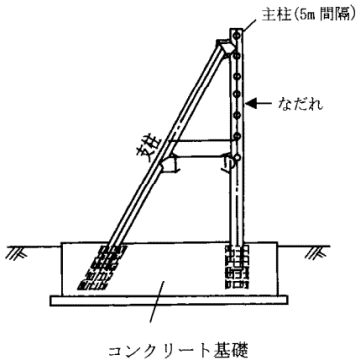


図　４-７-１　減勢柵工の模式図

４－７－１―４　減勢柵工の設計荷重

１　安定性の検討に用いる設計荷重は、次のとおりとする。

①　構造物全体の安定性を検討する場合は、壁面に対するなだれ衝撃力、積雪荷重、土圧とする。

②　部材の安定性を検討する場合は、部材に対するなだれの衝撃力、雪塊の衝撃力とし、雪中に入る部材については沈降力を検討する。なだれは、そのなかに多くの雪塊を含んでいるが、柵状の構造物において部材の安定性を検討する場合には、衝突面が小さいことから、雪塊の衝撃力の方が、なだれ衝撃力より大きくなることがあるので、なだれ衝撃力とともに、雪魂衝撃力を考慮する。

２　設計荷重は、次のとおりに算出する。

(1) 壁面に対するなだれ衝撃力

壁面に対するなだれ衝撃力は、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じる。

なお、減勢工は、壁面の空隙率が大きいことから、単位面積あたりの衝突面積が小さくなるので、壁面に作用するなだれ衝撃力を補正してよい。

(2) 部材に対するなだれ衝撃力

部材に対するなだれ衝撃力は、柱類に対する衝撃力の算出式である次式により算出する。

$$P_s=\frac{\gamma}{2g}AV^2C$$

$$p_s=\frac{\gamma}{2g}V^2C$$

ただし　Ｐｓ：部材の衝撃面に直角に作用するなだれ衝撃力(kN)

ｐｓ：部材の衝撃面に直角に作用する単位面積あたりのなだれ衝撃力(kN/m^2)

γ：なだれの単位体積重量(kN/m^3)

g：重力の加速度（9.8m/s^2）

A：なだれ方向に直角な衝撃面の作用面積（m^2）

V：衝突時のなだれの速度（m/s）

C：柱の形状による抵抗係数（図　４－７－２参照）

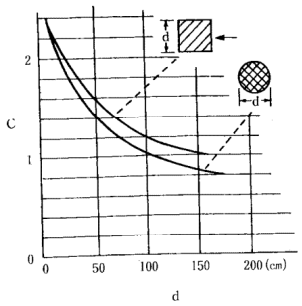


図　４－７－２　柱の形状による抵抗係数(古川)

(3) 積雪荷重・土圧

積雪荷重・土圧は、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて求める。なお、傾斜地に設ける場合は、状況に応じて、積雪荷重に替えて斜面雪圧を考慮する。斜面雪圧は、本章４－５－２－４「予防柵工の設計荷重」に準ずる。

(4) 沈降力

沈降力は、本章４－４－１－４「雪ぴ予防柵工の設計荷重」に準じて求める

(5) 雪塊衝撃力

雪塊衝撃力は、次式によって求めるが、その値は雪塊の断面積に比例し、受圧面積には関係しない。なお、雪塊の速度は、なだれの速度と同等と考える。

$$F=2\frac{\gamma_b}{g}A_bV_b^2$$

ただし　F：雪塊の衝撃力（kN）

γ_b：雪塊の単位体積重量（kN/m^3）

g：重力加速度（9.8m/s^2）

Ab：雪塊の断面積（m^2）

Vb：雪塊の速度（m/s）

４－７－１―５　減勢柵工の種別

減勢柵工の種別は、強度、施工性、耐久性等から鋼製を標準とする。

４－７－１－６　減勢柵工の基礎

減勢柵工の基礎は、コンクリート製の直接基礎を標準とし、地盤支持力、柵の転倒及び

滑動に対して安全な構造とする。なお、地盤が悪い場合は、基礎が大きくなる可能性があることから、経済性に十分留意する。

４－７－２　減勢盛土工

減勢盛土工は、堤状の盛土体により流下するなだれのエネルギーを減少させようとするものである。基本的な構造は、防護盛土工に類似している。

４－７－２―１　減勢盛土工の位置

１　減勢盛土工は、２０度以下の緩傾斜地に設置することが望ましい。

２　減勢盛土工の方向は、なだれの流下方向に直角を標準とする。方向を斜めに設置すると、なだれが側方に流れて災害の原因となることがあるので注意する。

４－７－２―２　減勢盛土工の高さ

減勢盛土工の高さは、本章４－７－１－２「減勢柵工の高さ」に準じ、設計積雪深に想定されるなだれの厚さを加えた高さとする。

４－７－２―３　減勢盛土工の構造

減勢盛土工は、盛土により土堤をつくるものとし、なだれの衝突に対して安定である構造とする。

なお、なだれを効果的に捕捉するために、衝突側に擁壁等をもうけて急勾配とすることがある。

４－７－２―４　減勢盛土工の設計荷重

１　減勢盛土工の設計荷重は、なだれ衝撃力、積雪荷重、土圧として、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて、安定性の検討をおこなう。

なお、傾斜地に設ける場合は、状況に応じて、積雪荷重に替えて斜面雪圧を考慮する。

２　誘導盛土工の一部に擁壁を組合せた場合は、通常時における擁壁の安定性を検討するものとし、設計荷重として、土圧等を用いる。

４－７－２―５　減勢盛土工の種別

減勢盛土工は、盛土を主体とする。また、必要に応じて、コンクリート擁壁、補強土壁等と組み合わせる。

４－７－３　減勢杭工

１　減勢杭工は、勾配が20°以下の緩斜面に設置し、杭の群状配置により流下するなだれのエネルギーを減少させようとするものであるが、広い流下斜面では非常に多くの基数を必要とするため、流出幅が比較的狭い場合に適する工種である。

２　減勢杭工は，主として全層なだれを対象とする工種である。

４－７－３－１　減勢杭工の配置

１　減勢杭工は、千鳥状の群状配置を標準とし、杭間隔は、斜面傾斜との関係もあるが、おおむね4mを標準とする。
２　なだれを十分に減速させるために必要な杭の列数は、なだれの規模、地形と斜面傾斜によって異なるが、おおむねなだれのエネルギーが1列につき10～20%減少するものとして決める。

４－７－３－２　減勢杭工の高さ・構造

１　減勢杭工の高さは、設計積雪深に想定されるなだれ厚を加えた高さ以上とする。
２　減勢杭工の構造は、なだれの衝撃力を考慮して、主柱と２本の支柱を組み合わせ、中間に支持部材を入れた構造とする。

４－７－３－３　減勢杭工の設計荷重

減勢杭工に作用する外力は、なだれ衝撃力が主体となるが、中間支持部材を用いる場合は沈降力を考慮する。

(1) なだれ衝撃力
　なだれ衝撃力は、本章４－７－１－４「減勢柵工の設計荷重」に準じて求める。
(2) 積雪荷重・土圧
　積雪荷重・土圧は、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準ずる。
(3) 沈降力
　沈降力は、本章４－４－１－４「雪ぴ予防柵工の設計荷重」に準ずる

４－７－３－４　減勢杭工の種別

減勢杭工の種別（材料）は、強度、耐久性等から鋼製を標準とする。

４－７－３－５　減勢杭工の基礎

減勢杭工の基礎は、なだれ衝撃力による転倒、滑動に耐えるようにコンクリート基礎を標準とする。

４－８　防護工

１　防護工は、走行区・堆積区において、流下するなだれを防護擁壁、防護柵等により直接阻止することを目的として堆積区に計画するもので、必要に応じて減勢工等との併設や複数の防護工の設置を考慮する。
２　大規模ななだれに対応する防護工は、発生頻度の高い小規模ななだれにより、機能が低下しないように留意する。
３　防護工は、なだれが衝突しても安定が保たれるように構造・規模を決定する。なだれ衝突時の安定性は、適切な条件を設定して、短期荷重として検討を行う。
４　防護工は、なだれを捕捉できる高さを持つともに、対象とするなだれの量を抑止できるように、規模を決定する。

４－８－１　防護擁壁工

防護擁壁工は、擁壁によりなだれを阻止するものであるから、前面（山側）になだれを堆積できる空間が必要である。空間が十分にない場合は、なだれが越流することがあるので注意を要する。

４－８－１－１　防護擁壁工の位置

１　防護擁壁工の位置は、なだれの阻止機能を高めるとともに、堆積空間を大きく確保できるように斜面下方の緩傾斜地を選定する。一般に、傾斜が20°以上の斜面では、なだれは防護擁壁を乗り越えることとなり、その効果が期待できない。

２　防護擁壁工を発生区の斜面直下に設けると、頻発する小規模ななだれで堆積空間が埋められ、保全対象に到達する大規模ななだれが発生した際に、効果が果たせないことがあるので、注意する。

３　防護擁壁工の壁面となだれの流下方向は直角を標準とする。壁面をなだれの流下方向に斜めにすると、なだれが側方に流れて災害の原因となることがあるので注意する。

４－８－１－２　防護擁壁工の高さ

１　防護擁壁の高さは、設計積雪深に、想定されるなだれの厚さを加えた高さ以上をとるものとし、想定されるなだれ量に見合う堆積空間の大きさを考慮して決める。

２　大規模ななだれに対しては、本章４－６－２「誘導工の高さ」に準じて、なだれの厚さを設定する。

３　防護擁壁に衝突し舞い上がった飛沫又は煙型なだれの雪煙部分を抑止する必要がある場合は、天端に補助柵を設置する（図　４-８-１参照)。

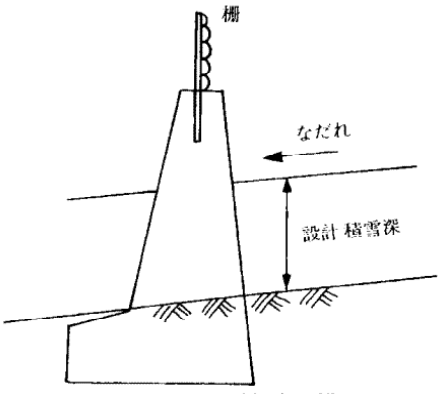


図　４-８-１　防護擁壁の模式図

４－８－１－３　防護擁壁工の構造

１　防護擁壁工は重力式擁壁を標準とし、天端厚は、なだれ衝撃力に耐える厚さとする。

２　防護擁壁工の延長は、想定されるなだれの幅以上の長さとし、天端厚は、なだれの衝撃力、上部へ設置する補助柵の基礎としての余裕を考慮して決定する。

３　なだれた雪や流出した土砂を搬出する必要が予想される場合は、擁壁前面に車両が出入りできるように配慮する。

４　渓流に施工する防護擁壁工は、治山ダムとしての構造も併せもたせる。

４－８－１－４　防護擁壁工の設計荷重

１　防護擁壁工の設計荷重は、なだれ衝撃力、積雪荷重、土圧として、第２編山地治山事業第５章３－３－５－２「土留工の安定性の検討」に準じて、安定性の検討をおこなう。

(1) なだれ衝撃力

なだれ衝撃力は、壁面に対する衝撃力の算出式である次式により算出する。なお、なだれの中に含まれる雪塊の衝撃力は考慮しない。

$$P=\frac{\gamma}{g}AV^2$$

$$p=\frac{\gamma}{g}V^2$$

ただし　P：壁面に垂直に作用するなだれ衝撃力(kN)

p：壁面に垂直に作用する単位面積あたりのなだれ衝撃力(kN/m^2)

γ：なだれの単位体積重量(kN/m^3)

g：重力の加速度（9.8m/s^2)

A：壁面の作用面積（m^2)

V：衝突時のなだれの速度（m/s)

上式は、壁面に対する衝撃力の算出式（本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」〔解説〕参照）におけるなだれの進行方向と壁面とのなす角（α）を90度としたものである。

①　なだれの速度（V)

なだれの速度は、数値シミュレーションによりもとめるほか、フェルミー式により算出する。

②　なだれの単位体積重量(γ)

なだれの単位体積重量は、表層なだれの場合、一般的に1～２kN/m^{3}である。

(2) 積雪荷重

積雪荷重は、次式により求めて、土圧の上載荷重として考慮する。なお、防護工は、平坦なところに設けられることから、斜面雪圧は考慮しない。

$W_S=H_S\times\gamma$

ただし　Ｗｓ：積雪荷重(kN/m^2)

Ｈｓ：積雪深（m)

γ：積雪の単位体積重量(kN/m^3)

(3) 土圧

クーロン式で算出した土圧を考慮する。

２　擁壁の天端に補助柵を設ける場合は、本章４－８－１－４「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて、安定性の検討を行う。

４－８－１－５　防護擁壁工の種別

防護擁壁工は、なだれの衝撃力に耐えられるように、重力式コンクリート構造物を標準とする。なお、構造物の一部を鉄筋で補強することがある。

４－８－１－６　防護擁壁工の基礎

防護擁壁工の基礎は、直接基礎を標準とし、現地の地盤支持力に応じて、栗石基礎、べた打ち基礎とする。また、直接基礎では、構造物の安定が期待できない場合は、置き換え工法や杭基礎を検討する。

４－８－２　防護柵工

防護柵工は、防護擁壁工と同様に流下するなだれを直接阻止し、なだれ災害を防止することを目的する。

４－８－２－１　防護柵工の位置

１　防護柵工は、斜面下方の緩傾斜地で、前面に堆積空間を確保できるところに設置するが、柵からの越流、漏れ等が考えられるので、背面にも十分な空間を確保する。

２　柵面の向きは、柵に偏荷重がかからないように、なだれの流下方向に直角とする。

３　柵は、連続配置を標準とするが、地形等の関係で断続とする場合は隣接部分を重複させる。

４－８－２－２　防護柵工の高さ

防護柵の高さは、本章４－８－１－２「防護擁壁工の高さ」に準じ、設計積雪深に想定されるなだれの厚さを加えた高さ以上とする。

４－８－２－３　防護柵工の構造

１　防護柵工の構造は、主柱に水平部材を取りつけて、壁面を形成する構造とする。なお、壁面は透過性があるため、なだれが衝突した場合、漏れ出しを完全に防ぐことはできないが、できうるかぎり、なだれを捕捉して、通過するなだれの量を少なくする。

２　主柱を背後から支える支柱を設ける場合は、なだれがその方向に作用するとは限らないので、必要に応じて、横荷重を考慮する。また、なだれの方向が明確でない場合には、十分注意する。

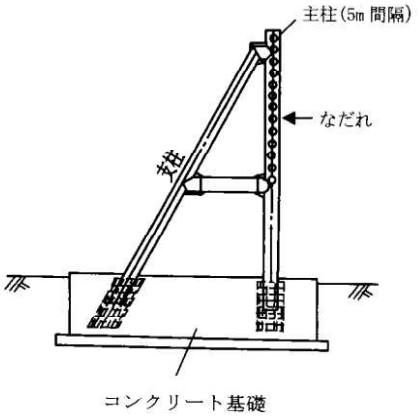


図　４-８-２　防護柵工の模式図

４－８－２－４　防護柵工の設計荷重

１　安定性の検討に用いる設計荷重は、次のとおり。

(1) 構造物全体の安定性を検討する場合は、壁面に対するなだれ衝撃力、積雪荷重、土圧とする。

(2) 部材の安定性を検討する場合は、部材に対するなだれの衝撃力、雪塊の衝撃力とし、雪中に入る部材については沈降力を検討する。

２　設計荷重は、次のとおりに算出する。

(1) 壁面に対するなだれ衝撃力

壁面に対するなだれ衝撃力は、本章４－８－１－４「誘導擁壁工の設計荷重」に準ずる。

なお、壁面の空隙率が大きい場合には、単位面積あたりの衝突面積が小さくなるので、壁面に作用するなだれ衝撃力を補正してよい。

(2) 部材に対するなだれ衝撃力

部材に対するなだれ衝撃力は、本章４－７－１－４「減勢柵工の設計荷重」に準ずる。

(3) 積雪荷重・土圧

積雪荷重・土圧は、本章４－８－１－４「誘導擁壁工の設計荷重」に準ずる。

(4) 沈降力

沈降力は、本章４－４－１－４「雪ぴ予防柵工の設計荷重」に準ずる。

(5) 雪塊衝撃力

雪塊衝撃力は、本章４－７－１－４「減勢柵工の設計荷重」に準ずる。

４－８－２－５　防護柵工の種別

防護柵工の種別は、強度、施工性、耐久性等から鋼製を標準とする。

４－８－２－６　防護柵工の基礎

防護柵工の基礎は、コンクリート製の直接基礎を標準とし、地盤支持力、柵の転倒及び滑動に対して安全な構造とする。なお、地盤が悪い場合は、基礎が大きくなる可能性があることから、経済性に十分留意する。

４－８－３　防護盛土工

１　防護盛土工は、盛土体によりなだれを阻止するものであるから、前面（山側）になだれを堆積できる空間が必要である。空間が十分にない場合は、なだれが越流することがあるので注意を要する。

２　防護盛土工は、なだれの大きな衝撃力がかかる場合、地盤の支持力が小さい場合に有利である。

３　防護盛土工は、大量の盛土材が必要であることから、現地の発生土砂を流用することが望ましい。

４－８－３－１　防護盛土工の位置

１　防護盛土工の位置は、なだれの阻止機能を高めるとともに、堆積空間を大きく確保で

きるように斜面下方の緩傾斜地に選定する。なだれの走行区で、傾斜が20°以上の斜面では、なだれは防護盛土工を乗り越えることとなり、その効果が期待できない。

2　防護盛土工の延長方向は、なだれの流下方向に直角を標準とする。軸方向をなだれの流下方向に斜めにすると、なだれが側方に流れて災害の原因となることがあるので注意する。

４－８－３―２　防護盛土工の高さ

1　防護盛土工の高さは、設計積雪深に、想定されるなだれ層の厚さを加えた高さ以上をとるものとし、想定されるなだれ量に見合う堆積空間の大きさを考慮して決める。

2　大規模ななだれに対しては、本章４－６－２「誘導工の高さ」に準じて、なだれの厚さを設定する。

3　防護盛土工に衝突し舞い上がった飛沫又は雪煙部分が飛び越えるおそれがある場合、また、飛雪により堆積容量が減少する危険性のある場合には、盛土天端に補助柵の設置を検討する。

４－８－３－３　防護盛土工の構造

1　防護盛土工の延長は、想定されるなだれの幅以上の長さとし、なだれを捕捉できるよう衝突側に擁壁等を設置して急な勾配にする。

2　なだれた雪や流出した土砂を搬出する必要が予想される場合は、擁壁前面に車両が出入りできるように配慮する。

3　防護盛土工は、なだれ衝突時に安定である構造とする。また、一部に擁壁を組合わせる場合、通常時に、土圧等に対して擁壁が安定している構造とする。

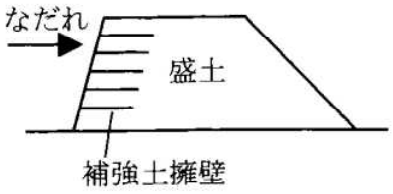


図　4-8-3　防護盛土工(補強土擁壁設置例)の模式図

４－８－３―４　防護盛土工の設計荷重

1　防護盛土工の設計荷重は、なだれ衝撃力、積雪荷重、土圧として、本章４－６－４－２「誘導擁壁工の設計荷重」に準じて、安定性の検討を行う。

2　防護盛土工の一部に擁壁を組合せた場合は、通常時における擁壁の安定性を検討し、設計荷重として、土圧等を用いる。

3　盛土の天端に補助柵を設ける場合は、本章４－８－１－４「防護擁壁工の設計荷重」に準じて設計を行う。なお、飛雪により堆積容量が減少する危険性のある場合には、本章４－４「雪ぴ予防柵工」に準じて設計を実施する。

４－８－３－５　防護盛土工の種別

防護盛土工は、盛土を主体として、なだれを捕捉するために、コンクリート擁壁、補強土擁壁等と組合せて衝突側を急勾配とする。

４－９　グライド防止工

１　なだれ防止林の植栽は、一般に階段状に行われることが多いが、発生斜面全体に植栽を行ってなだれ防止効果を一層高めることが望ましい。

積雪のグライドとは、斜面に積もった雪の層全体が、重力の作用によって、斜面に沿って下方にずれる現象をいい、斜面上の植栽木に雪害を与える。なだれ防止施設として実施される階段工や予防柵工は、なだれの発生を防止できても、積雪グライドを十分抑えることはできない。

したがって、植栽木の生育環境の改善等を図るために、必要に応じて、グライド防止工を設置する。

２　グライド防止工は、積雪のグライドを小さく抑えて植栽木の倒伏、根元曲がり等の雪害を防止し、また、斜面に良好な植栽場所を造成する等、植栽木の生育環境を改善することを目的として計画するもので、植栽木が成長してなだれ防止に役立つまでの仮設構造物である。グライド防止工は、単独では十分なだれ防止機能が期待できないので、一般に階段工、予防柵等と併用する。

３　グライド防止工の種類は、次のとおり。

① グライド防止木柵工
② 丸太枠組工
③ 木柵階段工
④ 杭工

４－９－１　グライド防止木柵工

１　グライド防止木柵工は、丸太を組合わせて、積雪グライドの抵抗体とするもので、積雪グライドを防止、低減して、植栽木の生育環境の改善を図るものである。

２　グライド防止柵工の配置は、積雪グライド防止機能を十分に発揮させ、施工を容易にし強度を保持するために、連続的に配置する。

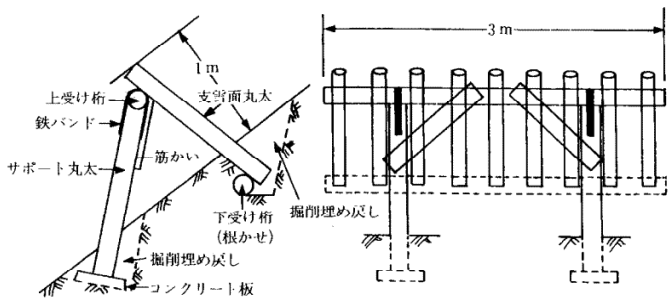


図　４－９－１　グライド防止木柵工（スノーレーキ型）の模式図

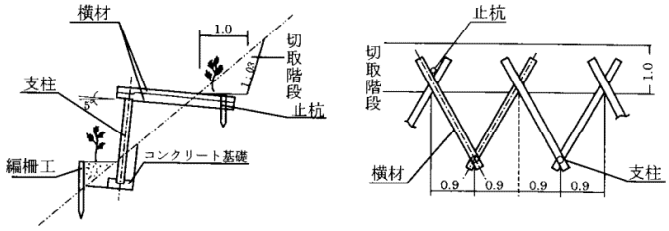


図　４－９－２　グライド防止木柵工（ピラミッド杭型）の模式図

４－９－２　丸太枠組工

丸太枠組工は、丸太を枠状に組んだものを斜面全体に設置する面状基礎工で、丸太の抵抗により積雪グライドを防止、低減し、植栽木の生育環境を改善するものである。植栽木は、枠内に植栽する。（図　４－９－３参照）。

施工性から、斜面の形状が比較的一様な場所に適する。積雪深が大きな場所では、積雪グライドが大きいために効果が発揮されないことがある。

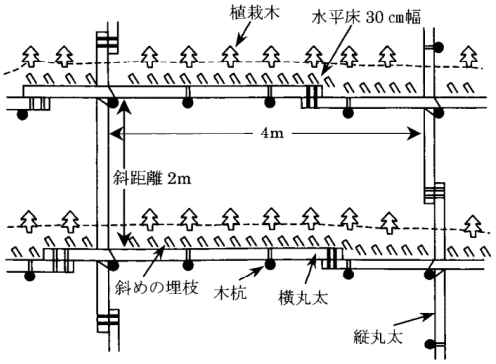


図　４－９－３　丸太枠組工の模式図

４－９－３　木柵階段工

１　木柵階段工は、植栽木が積雪のグライドによって倒伏するおそれがある場合や、斜面が降雨や雪食による表面侵食を受けて植栽に適さない場合等に計画し、積雪グライドを防止、低減して、植栽木が確実に成長できる良好な植栽場所を造成するものである。

２　木柵階段工の配置は、積雪グライド防止機能を十分に発揮させ、施工を容易にし強度を保持するために、連続的に配置する。

３　木柵階段工の構造は、一般の山腹緑化工の基礎工として用いられるものとほぼ同様であるが、雪圧で破壊されるのを防止するために、無雪地のものより強固な構造とする。

４－９－４　杭工

１　杭工は、地盤に打ち込んだ杭によって、積雪グライドを防止、低減し、植栽木の生育環境を改善するものである。

２　杭の配置は、植栽木の生育に影響を与えないよう、植栽木と植栽木の中間に千鳥状に設置し、植栽木が倒伏した時に杭で傷つくおそれがあるので、植栽木の直下部は避ける（図　４－９－４参照）。

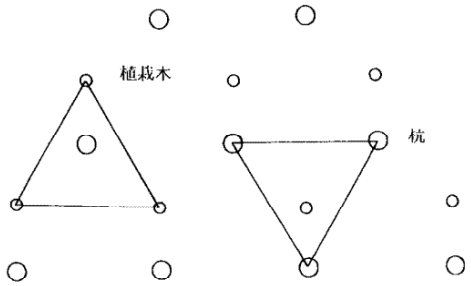


図　４－９－４　木杭工の配置模式図

４－１０　森林造成

なだれ防止林造成の最終目的は、造成された森林がなだれ防止機能を高度に発揮することにより、なだれの発生、抑制及びなだれ災害の防止又は軽減を図ることにあり、森林造成は、本事業の主眼ともいうべきものである。この森林造成には、次のような特徴があるので、この点をよく理解した上で、適切に計画する。

(1) 広範囲のなだれ対策に適する。
(2) 更新により、持続的な効果が期待できる。
(3) なだれの発生予防のほか、防風効果による雪ぴの発生予防、樹幹抵抗力によるなだれの緩衝作用、土砂流出の抑制、落石防止等の効果がある。
(4) 生態系保全、景観保全の面からも好ましい。
(5) 造成可能な範囲は、森林限界以下に限られ、露岩地帯、表土の薄いところでは生育が困難である。
(6) 成林するまでなだれ防止施設等により保護を行う。

４－１０－１　植栽工

一般的に森林造成の方法としては、植栽による方法、天然下種又はぼう芽による方法、人工播種による方法等があるが、なだれ地帯においては、できるだけ早期に成林を図り、速やかになだれ防止機能を高度に発揮させる必要があることから、早期に確実な成林が期待できる植栽工が一般的である。

４－１０－１－１　植栽計画

植栽計画は、現地の林木の生育状況を勘案しつつ、なだれ区域全体（雪ぴ、吹きだまりの形成されるところでは尾根を越えた範囲までを含む）を対象として植栽樹種、混交割合、植栽方法、植栽本数等を決定する。

４－１０－１－２　植栽樹種

１　植栽樹種は、林況、植生調査の結果等に留意しつつ、成長が早く、深根性で材質が強靭である等、積雪の移動、沈降圧等の作用に対する抵抗力が強く、現地の気象、土壌条件に適応したものを選定する。

２　一般的な条件は次のとおり。

(1) 成長が速いこと。
(2) 樹幹がなるべく通直で、樹根が強大でかつ深根性であること。
(3) 材質が強靭であること。
(4) 樹冠があまり大きくならず、ある程度の密植でも樹幹の肥大成長ができるものであること。
(5) 尾根筋に植栽する場合は、風に対する抵抗力の強いものであること。

3　在来種以外の採用にあたっては、自然環境への影響を考慮して、選定する。

４－１０－１－３　植栽本数

植栽本数は、林分が早期にうっ閉するとともに、肥大成長を促進し、根元が太く、倒伏しにくい丈夫な樹木に育つよう、現地の気象、土壌条件を勘案して決定する。

４－１０－１－４　植栽方法

1　植栽にあたっては、必要に応じて、階段工、グライド防止工等を併用するものとする。また、階段上に植栽する場合は、植栽位置は先端部付近とする。

2　植栽木の配列は、積雪の移動に効果的に抵抗できるよう千鳥状配置を標準とする。

3　植栽は、寒冷期の凍上による影響を少なくするとともに、確実な活着を図るため深く耕転して丁寧に植栽する。初期の活着をよくするためには、ポット苗の使用、斜め植えも効果的である。

4　積雪の移動圧から、植栽木を保護するために、必要に応じて、階段工、予防柵、防護杭等を設置する。特に、階段工は、植栽の場を提供することから、植栽のための補助工としてよく用いる。また、階段間斜面に植栽をする場合は、階段間斜面の積雪移動を制御するために、必要に応じて、グライド防止工を設置する。

5　階段上に植栽する場合は、階段の先端部の方が土壌条件がよく、雪圧による影響も少ない。階段奥部は、土壌条件が極めて悪く、雪圧が大きく作用し、植栽木は倒伏、座屈、折損等の被害を受け易いのでさける。また、のり頭付近も積雪の移動が激しく植栽には適さない。

6　植栽の時期は、冬期前に十分活着し、成長の促進が期待できる春植えが望ましいが、豪雪地帯では、消雪が遅く、また、消雪後に乾燥することが多いので秋植えが適当である。

なお、この場合必要に応じて翌春、根踏みをすることが望ましい。

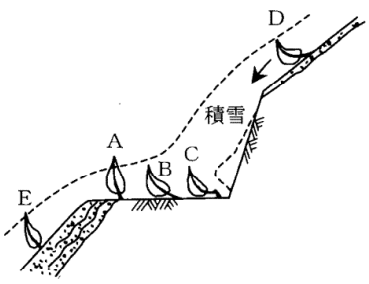


図　４－１０－１　階段上の植栽位置

４－１０－１－５　施肥

肥料の種類及び数量については、植栽樹種、土壌条件等を勘案して決定するが、一般的には施肥効果が早く、遅くまで肥効の残るもの、流亡しがたいもので、使用に便利なものがよい。

４－１０－１－６　保育

なだれ防止林を造成した造成地は、林木の生育条件が悪い場合が多いので、十分な保育を行う。