

秋田県森林土木木製構造物設計等指針

【平成22年4月1日以降適用】

秋田県農林水産部森林整備課

目 次

第1章 総 則	1
1 - 1 目 的	1
1 - 2 適 用	1
1 - 3 木製構造物の範囲	1
第2章 木材の特性と利用	3
2 - 1 総 説	3
2 - 2 木材の特性	3
2 - 3 木材の耐朽性	6
第3章 調 査	8
3 - 1 総 説	8
3 - 2 調査の種類	8
第4章 計 画	10
4 - 1 総 説	10
4 - 2 小型木製構造物の計画	10
4 - 3 大型木製構造物の計画	10
4 - 4 木製構造物の規模及び設置箇所	11
4 - 5 木製構造物の取り扱い	12
4 - 6 地域材・間伐材の利用	12
4 - 7 防腐処理等の計画	13
4 - 8 木製構造物（丸太材）の使用区分	19
第5章 設 計	23
5 - 1 総 説	23
5 - 2 構 造	23
5 - 3 樹種の選定	23
5 - 4 寸法表示等の統一	24
5 - 5 安定性、強度等の検討	25
5 - 6 木材の強度等	25
5 - 7 小型・大型木製構造物の適用基準	26
5 - 7 - 1 小型木製構造物の設計	26
5 - 7 - 2 大型木製構造物の設計	27
5 - 8 渓間工	27
5 - 8 - 1 木製治山ダム工	27
5 - 8 - 1 - 1 木製治山ダム工の目的	27
5 - 8 - 1 - 2 木製治山ダム工の設置条件	27

5 - 8 - 1 - 3	木製治山ダム工の型式	2 8
5 - 8 - 1 - 4	木製治山ダム工の方向	2 8
5 - 8 - 1 - 5	木製治山ダム工の計画勾配	2 8
5 - 8 - 1 - 6	木製治山ダム工の高さ	2 9
5 - 8 - 1 - 7	木製治山ダム工の放水路	2 9
5 - 8 - 1 - 8	木製治山ダム工の袖	2 9
5 - 8 - 1 - 9	木製治山ダム工の断面	2 9
5 - 8 - 1 - 10	木製治山ダム工の安定計算	3 0
5 - 8 - 1 - 11	木製治山ダム工の安定計算に用いる荷重	3 1
5 - 8 - 1 - 12	木製治山ダム工の基礎の根入れ	3 1
5 - 8 - 1 - 13	木製治山ダム工の洗掘防止	3 2
5 - 8 - 1 - 14	木製治山ダム工の間詰め及び袖かくし工	3 2
5 - 8 - 2	木製護岸工	3 2
5 - 8 - 2 - 1	木製護岸工の目的	3 2
5 - 8 - 2 - 2	木製護岸工の本体	3 2
5 - 8 - 2 - 3	木製護岸工の型式	3 4
5 - 8 - 2 - 4	木製護岸工の断面	3 4
5 - 8 - 2 - 5	木製護岸工の取付	3 4
5 - 8 - 2 - 6	木製護岸工の安定計算	3 5
5 - 8 - 3	木製流路工	3 5
5 - 8 - 3 - 1	木製流路工の目的	3 5
5 - 8 - 3 - 2	木製流路工の溪床	3 6
5 - 8 - 3 - 3	木製流路工の断面及び護岸工の高さ	3 6
5 - 8 - 3 - 4	木製流路工勾配の変化点及び縦断形	3 6
5 - 9	山腹工	3 6
5 - 9 - 1	山腹基礎工	3 6
5 - 9 - 2	山腹緑化工	3 8
5 - 9 - 3	落石防止工	3 9
5 - 10	海岸防災林造成	3 9
5 - 10 - 1	砂丘造成	3 9
5 - 10 - 2	森林造成	4 0
5 - 11	防風林造成	4 0
5 - 12	なだれ防止林造成	4 1
5 - 13	林道本体に係るもの	4 1
5 - 14	林道の災害防止に係るもの	4 2
5 - 15	木製型枠パネル	4 2
5 - 16	仮設工	4 2

第6章 施 工	4 3
6 - 1 総 説	4 3
6 - 2 木材の品質確保	4 3
6 - 3 防腐処理等の品質確認	4 3
6 - 4 出来形管理基準	4 3
第7章 管 理	4 4
7 - 1 総 説	4 5
7 - 2 概略点検	4 6
7 - 3 詳細点検	4 6
7 - 4 健全度判定	4 7
そのた 木製ダム工安定計算	5 1
1 オールウッドダム工安定計算書	5 1
2 型木製ダム工安定計算書	5 6
3 ハイブリッドダム工安定計算書	6 1

第1章 総則

1-1 目的

この指針は、間伐材等を利用した木製構造物の調査、計画、設計、施工上の方針を定め、木材の有効かつ積極的な利用の推進に資することを目的とする。

- 1 木材利用の意義には、木材が再生産可能で加工に要するエネルギーが少なく、人と環境に優しい素材であること、その有効利用の促進が環境に負荷の少ない循環型社会の形成につながることで、木材利用の確保が森林整備及び保全を通じ二酸化炭素の吸収及び固定による地球温暖化防止等の森林の多面的機能の発揮に資することである。
また、地域材等を積極的に利用することは地域の森林の適切な整備に資するだけでなく、地域の活性化につながるものである。こうした観点から、各方面で、木材の適切な利用を積極的に推進することが重要である。
- 2 この指針は、秋田県の森林土木分野における木製構造物に関して現時点での標準的な基本事項を取りまとめたものであり、今後の技術の発達、関連諸法令の改廃等に応じて改訂する。
- 3 この指針は、平成15年8月に策定された「農林水産省木材利用拡大行動計画」及び平成18年3月に策定された「県産材利用推進計画(秋田県)」に記載されている公共土木工事における木材利用計画に沿ったものである。

1-2 適用

森林土木事業における木製構造物の調査、計画、設計、施工については、「治山技術基準」(昭和46年3月27日付け46林野治第648号林野庁長官通知)、「林道技術基準の運用」(平成14年3月29日付け整計第540号林野庁整備部長通知)(以下、「技術基準等」という。)によるものであるが、技術基準等に示されていない事項についてはこの指針によって行うものとする。

森林土木事業における構造物に木材を使用する場合、木材自体が保有する強度や耐久性などの性質が樹種、径級、加工方法、欠点の存在などにより変動する。また、材料は腐朽を起こしやすい環境に置かれることから腐朽の進行に伴って強度が低下する。

これらのことを考慮した設計等に資するためにこの指針を定めるものであり、技術基準等に示されていない事項についてはこの指針によって行うものとする。

1-3 木製構造物の範囲

この指針における木製構造物は、丸太、製材及びこれらを機械加工した木製品を主要な材料とした次に掲げる構造物のうち、林道橋などの木橋を除いたものとする。

- 1 小型木製構造物
安定計算、部材応力計算等を必要としない小規模な木製構造物
- 2 大型木製構造物
安定計算、部材応力計算等を必要とする大規模な木製構造物

- 1 集成材を用いた木製構造物などは、材料特性、設計方法が丸太やその加工品を主要な材料とする木製構造物と異なることから、この指針の対象外とする。
- 2 木材は、腐朽する特性があることを踏まえ、木製構造物の腐朽後は植生の根系によって構造物の機能が代替され、土砂等の安定の特徴が期待できる小型木製構造物と、根系のみ

では構造物の機能の代替が期待できない大型木製構造物に分類する。

- 3 大型木製構造物とは、木製治山ダムのほか、枠構造で高さ 1.5m 以上の護岸工及び土留工（擁壁工）さらにその護岸工により構成される流路工とする。
- 4 前記 3 以外のものを小型木製構造物とする。

第2章 木材の特性と利用

2-1 総説

木材を構造物の材料として使用する場合は、木材の特性を生かした適切な利用を心がける必要がある。

木材を構造物の材料として使用する場合は、木材が構造物の目的、要求される機能に合致した材料であることを確認するとともに、木材の特性を生かした適切な利用を心がける必要がある。

2-2 木材の特性

木材は、軽量で加工が容易であり、地域材を用いた際には加工・運搬及び建設に要するエネルギー消費量が少なく、外観が周囲の景観になじみやすいといった利点がある。

しかし、木材は天然の生物材料であるため、構造物の材料としてみた場合、種々の経年変化と生物劣化、可燃性等特異な性質を示す。

このため、木製構造物の設計に当たっては、これら特性を十分留意する必要がある。

木材の利用にあたっては、次に示す木材及び木製構造物の特性を十分理解しておく必要がある。

1 物理・化学的な性質

- (1) 軽量で取り扱いや運搬が容易である。
- (2) 加工が簡単で工作設備が簡易である。
- (3) 強度は引張強度で比べると、コンクリートより強く、鉄より弱いですが、木材は比重が小さいが、重さの割に強い。
- (4) 衝撃、振動、音の吸収性が高い。
- (5) 有機物であるために腐朽する。ただし、水中・土中等で空気を遮断した状態では、長期間腐朽しない。
- (6) 生物材料であるため、材質が個体、部位、方向等によって不均質であり、腐朽等による劣化も不均質なため、厳密な安定計算、部材応力計算等は困難である。
- (7) 乾燥により収縮して、寸法変化や乾燥割れを引き起こしやすい。
- (8) 耐酸性など、化学変化等に対して強い。
- (9) 可燃物であるが、十分な断面を持つ場合は、表面の炭化層が内部への燃焼を遅らし、金属のように高温による急激な強度低下を起こしにくい。

2 環境への影響

- (1) 木材は、大気中の二酸化炭素を炭素化合物として固定したものであり、二酸化炭素の固定効果がある。
- (2) 生産・加工等に伴うエネルギー消費や二酸化炭素等の排出量が少なく、環境負荷が小さい。
- (3) コンクリート・鉄に比べて再利用・廃棄が容易である。
- (4) 森林・溪流の重要な構成要素であり、生態系や環境にとっては不可欠な物質である。
- (5) そのまま残置しても腐朽し自然に還元することから、環境への影響が小さい。

3 心理・生理的な効果

- (1) 適度な弾性と柔らかな感触、断熱効果により冷たさを感じさせない。
- (2) 心地好さを感じさせる生物材料であることから、景観の改善効果がある。
- (3) 香り成分の発散により心理的な安らぎを与える。

(参考1) 木材の物理・化学的特性

木材の主な物理・化学的特性は、次のとおりである。

1 木材の組織

材は、一般的には周辺の色が薄い辺材と中心の色が濃い心材に分けられる。辺材は、水分等の通導の役割を担う組織であり、糖、デンプン、窒素化合物が多く耐朽性は小さい。心材は、辺材に化学物質が沈着して幹を支える組織となったもので、抽出成分が多く耐朽性は大きい。

幼齢期に造られた細胞は長さが短く、たわみの特性を示すヤング係数が小さく強度が劣ることから未成熟材（針葉樹では、おおむね15年生まで）と呼ばれ、曲がりにくい成熟材と区分できる。間伐材・小径木は、強度的な性能が劣る未成熟材である割合が高い。

2 木材の含水率

木材の実質の重さに対して木材に含まれる全ての水の重さの比率を含水率という。

伐採直後の乾燥していない状態の木材を生材（なまざい）と呼ぶが、針葉樹の場合は、心材に比べて辺材の含水率が高く、100～200%に達する。生材を長期間放置しておく、次第に乾燥して一定の含水率（気乾含水率）となる。その時の含水率は、地域や季節等によって異なるが、一般的には12～15%程度であり、その状態の材を気乾材と呼ぶ。

木材は、乾湿の状態によって収縮・膨張を繰り返し、異方性を有するため、割れやそりを生じる。

含水率が20%以下では、腐朽菌の活動が抑えられ腐朽しにくい。

また、繊維飽和点（およそ30%）より含水率が下がると、結合水が減少し、含水率の低下に従って強度が増加する。

3 木材の強度

木材の強度は、引張強度で比べると、鉄より弱い、コンクリートより強い。

また、木材の密度は鉄に比べて小さいことから、強度を密度で除した比強度は鉄を上回る。

木材は、繊維細胞が軸方向に配列した構造をしており、異方性を有するため、荷重のかかる方向によって強度が異なる。圧縮強度、引張強度は、繊維方向の強さが、繊維に直角方向の強さより5～30倍程度大きい。

木材は生物材料であることから、強度は、樹種、部位、生育環境などによって異なり、ばらつきが大きい。

4 木材の劣化

木材は、腐朽・蟻害等による劣化により強度低下を引き起こし、これが木製構造物の耐久性を左右する。

(1) 腐朽

腐朽は、木材腐朽菌が木材を栄養源として繁殖して引き起こされる。木材に腐朽が生じると木材は変色し、軟質化し、末期には指等で容易に崩れるほど弱くなる。木材が腐朽する条件としては、栄養分・水分・酸素・温度が上げられる。

栄養分：木材の樹皮は栄養分に富むことから、樹皮をはがした方が耐朽性は高くなる。

また、抗菌成分を持っている樹種や心材部分は腐りにくい。

水分：含水率が30%以上での程度の環境下で腐朽は進みやすく、含水率が20%を割ると木材腐朽菌の活動は停止するが、再び水分が与えられれば活動を開始する。

酸素：木材腐朽菌は好気性であり、木材が水中や地中など、酸素が遮断される環境にあると腐朽しない。

温度：木材腐朽菌は、低温では生育が遅く、20～35℃で旺盛に生育し、高温では生育が悪くなり、死滅するか胞子を作って休眠状態に入る。

(2) 蟻害

蟻害は、主にヤマトシロアリによる食害である。ヤマトシロアリは、北海道を除く日本全土に分布し、木材腐朽菌と同様の湿潤な環境を好むことから、腐朽と同時に蟻害が進行することが多い。

(参考2) 環境への影響

1 二酸化炭素の固定

木材は、樹木が、地球温暖化の原因の一つである空気中の二酸化炭素を吸収し、太陽エネルギーにより樹幹等に炭素として固定蓄積させたもので、絶乾重量の約2分の1が炭素である。木材の長期的な利用を図ることにより、二酸化炭素の固定期間を延ばすことができる。

また、間伐材の有効利用を図り、間伐を進めることにより、健全な森林を育成して、森林の二酸化炭素の固定量を増やすことができる。

2 環境負荷

木材は、樹木が光エネルギーを利用して継続的に生産しているものである。

また、加工、再利用・廃棄が容易であり、二酸化炭素の排出量など、環境に与える負荷が小さい。木材が、化石燃料を多く使用する材料（コンクリート・鉄等）の代替となることにより、二酸化炭素の排出量を抑制することができる。

3 生物材料

木材は、自然状態で森林や溪流に存在し、それらの重要な構成要素であり、生態系や環境の維持に不可欠な生物材料である。そのまま残置しても腐朽し自然に還元することから、生態系に与える影響は少ない。

(参考3) 心理・生理的な効果

1 触覚・嗅覚的效果

木材は、熱の伝わりやすさを表す熱伝導率が小さいことから、触ったときに熱が逃げにく

く、ぬくもり感がある。更に、適度な弾性があり、柔らかな感触が得られる。

また、木材の香り成分は、気分を和らげる効果がある。

2 視覚的効果

木材は、心地よさを感じさせる生物材料であり、人に見える場所に構造物の材料として用いることにより、構造物自体に対する違和感の解消につながる。

2 - 3 木材の耐朽性

木材は、腐朽等により劣化することは避けがたい材料であり、利用に当たっては、樹種・材質、使用環境等から木材の耐朽性を検討して、適切な利用を図るものとする。

木材は主として腐朽により劣化し、これにより木材及び構造物の耐用年数が左右される。木材の耐朽性は樹種、材質（心材と辺材の違い等）によって異なるが、それ以上に木材が使用される環境（水分、日射等）により大きく影響を受ける。例えば、水中での使用環境で、長期間にわたって機能を有している木製構造物が少なくない。したがって、木材を利用するに当たっては、使用する木材の樹種・材質、使用環境等から、木材の耐朽性を検討して、適切な利用を図るものとする。

（参考1） 心材の耐朽性区分

区 分	樹 種
最大（9年以上）	カヤ、コウヤマキ
大（7～8.5年）	ヒノキ、サワラ、アスナロ、ヒバ、クリ、ケヤキ
中（5～6.5年）	スギ、カラマツ、アカマツ、クロマツ、ミズナラ、アラカシ
小（3～4.5年）	モミ、アカガシ、ブナ、コナラ
最小（2.5年以下）	トドマツ、シラカンバ、エゾマツ、クスノキ

（日本産及び南洋産材の野外に設置した杭の腐朽経過と耐用年数、林業試験場研究報告第329号より抜粋）

（参考2） 長期間にわたって機能を有している木製構造物の事例

1 長野県御嶽山濁沢の木製構造物

長野県の御嶽山の南麓を流下する濁沢に設置されたカラマツ材を用いた木製治山床固工および護岸工について、設置後17年経過後に床固工および護岸工の部材を採取して曲げ試験により曲げ強度を測定し、穿孔抵抗試験により腐朽厚（直径方向に測定した腐朽部の厚さ）を測定した結果は、次のとおりである（図-1, 2, 3参照）

なお、木材の腐朽厚/全体直径を腐朽厚比と定義した。（石川ら2003）

- （1）床固工部材は17年経過後も腐朽厚は0.6cm以下であり、腐朽の進行は極めて小さく、健全な部材とほぼ同様の強度を有している（図-1, 2参照）。これは、この床固工の部材に常に流水がかかっているためと考えられる。
- （2）護岸工部材は溪床からの高さにより腐朽厚は大きく異なる（図-1, 2参照）。すなわち常時水がかかっている最下部の部材の腐朽厚は1cm以下であり、上部に行くほど腐朽厚は大きくなり、従って曲げ強度も小さくなる。

- (3) 以上のことより、同じ樹種の部材を用いても、その使用環境、特に常時水がかかっているかどうかでその耐久性は大きく異なることがわかる。また、護岸工上部で特に腐朽厚が大きいのは、日射が強く、乾湿の変動が大きいためと考えられる。
- (4) 木材(全体)の曲げ強度は腐朽厚比によりほぼ評価できる(図-3参照)。すなわち、直径に占める腐朽厚の比が大きくなるほど全体の強度は低下する。したがって、同じ腐朽厚でも直径の大きな(太い)木材ほど強度の低下は小さくなり、耐久性が高くなる。

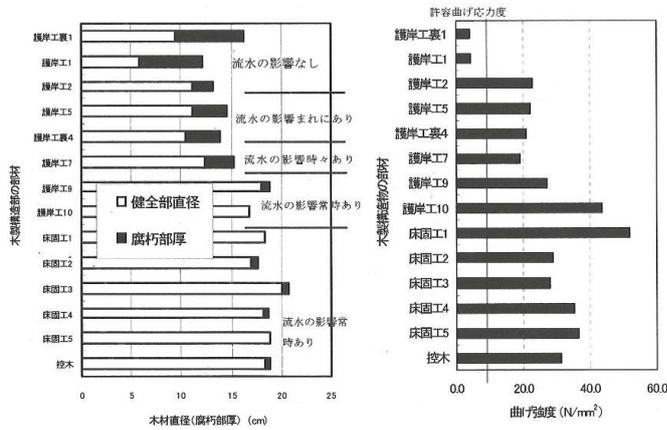


図-1 穿孔抵抗値による健全部直径(ds)と腐朽厚(dr)

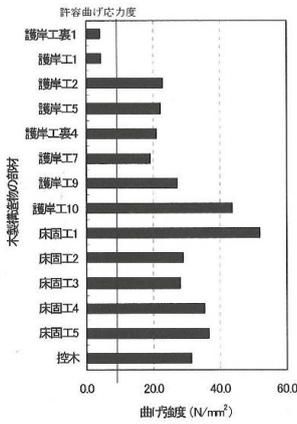


図-2 各部材の曲げ強度(全体直径dで計算)

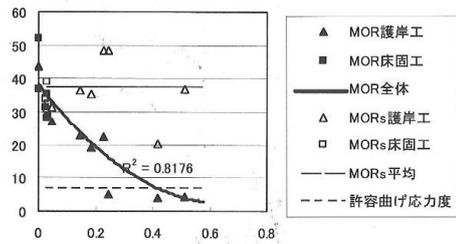


図-3 腐朽厚比(dr/dt)と曲げ強度(MOR, MORs)
MORは全体直径(dt)で計算、MORsは健全部直径(ds)で計算

2 青森県岩木川坪毛沢の木製治山床固工

青森県津軽半島の岩木川坪毛沢に設置されたヒバを用いた木製治山床固工では、設置後40～50年経過してもこれらの構造物は十分に機能していることが報告されている。

(唐牛 1999)

第3章 調査

3-1 総説

木製構造物を設置する場合は、構造物の目的等に応じて、必要な事項を調査するものとする。

- 1 木製構造物の計画、設計等を合理的、かつ、効率的に実施するために、木製構造物の目的、機能に応じて、木製構造物の設置箇所の環境を事前に調査するものとする。
- 2 大型木製構造物については、原則として、調査の実施を検討するものとする。
- 3 構造物の設置に関する一般的な調査は、治山技術基準、林道技術基準等によるものとする。

3-2 調査の種類

調査の種類は次のものとする。

- 1 概況調査
- 2 木材使用に関する調査
- 3 調査結果の取りまとめ

1 概況調査

木製構造物の位置、構造、規模等を決定するために次の調査を行う。

(1) 自然的特性調査

地形、土質・地質、土壌、気象、林況・植生、水文等調査については、一般の治山及び林道事業に係る調査に準じて行う。

(2) 荒廃現況調査

木製構造物を設置する渓流における土石流発生のおそれの有無を調査する。調査方法は、山地災害危険地区の崩壊土砂流出危険地区及び国土交通省所管の土石流危険渓流の有無、土石流発生の履歴の有無等の判断による。また、周辺の山腹斜面からの落石、なだれの危険性についても調査を行う。

(3) 社会的特性調査

治山事業関係については、特に保全対象の位置、種類、規模等、林道事業関係については、開設の目的を確認するとともにその幅員、延長等を調査する。

2 木材使用に関する調査

(1) 木材の使用環境調査

木材は、使用環境により劣化の程度が異なることから現地調査、資料調査により木製構造物に関する事項を適切に把握する。

木材は、水中にある状態では腐朽しにくいのに対して、乾湿の変化が激しい場合は腐朽しやすいなど使用環境により劣化の程度が異なることから、現地調査、資料調査により、木製構造物の設置環境に関する事項について概括的に把握するものとする。

調査項目は次のものとする。

- ア 水による影響の程度
- イ 日射の程度
- ウ シロアリの生息の有無等

防腐処理等により水環境や人間生活への影響が懸念される場合には、上記に加え、

必要に応じて現地調査、資料調査により、次のものを調査するものとする。

- ア 地表水及び地下水の流下の状況
- イ 溪流等に生息する動植物の状況
- ウ 水利用の状況

3 調査結果の取りまとめ

調査結果は、計画、設計時に施設の位置、構造、規模及び木製構造物の耐久性等を検討できるように取りまとめる。

第4章 計 画

4 - 1 総 説

木製構造物を設置する場合は、木材の特性に留意しつつ、構造物の目的等に応じて、その規模、設置箇所、取り扱いなどを適切に計画するものとする。

- 1 木製構造物の計画にあたって、構造物の基本的事項は、技術基準等によるものとする。
- 2 木製構造物は、主として木材及び石材等の自然素材から構成されることから周辺環境になじみやすく、動植物に与える影響が少ない構造物である。したがって、景観保全、環境保全が重要な地域では、積極的に採用することが望ましい。
- 3 第1章1 - 3「木製構造物の範囲」に示した小型木製構造物と大型木製構造物の定義を踏まえ、第3章3 - 2「調査の種類」の調査結果を反映した適切な計画を樹立するものとする。
- 4 特に大型木製構造物は、安定計算、部材応力計算等を必要とし、所要の強度を確保することが条件となるため、現地の状況及び木材の特性等を十分に踏まえて計画するものとする。

4 - 2 小型木製構造物の計画

小型木製構造物は、規模が比較的小さくほとんど外力を考慮する必要のない構造物で、次のように区分して計画するものとする。

簡易木製構造物
小型木製護岸工
小型木製土留工（擁壁工を含む）

- 1 簡易木製構造物
筋工、柵工、水路工、簡易のり枠工、道路の横断排水溝等、外力を考慮する必要のない簡易な構造物とする。
- 2 小型木製護岸工、小型木製土留工
小型木製護岸工、小型木製土留工 は次のものとし、一般的には安定計算を行わないものとする。
 - (1) 高さ1.5m未満の枠構造の護岸工及び土留工（擁壁工を含む）
 - (2) 枠構造でない護岸工及び土留工（擁壁工、仮設防護柵工を含む）

4 - 3 大型木製構造物の計画

大型木製構造物は、比較的規模が大きく外力を考慮する必要のある構造物で、次のように区分して計画するものとする。

木製治山ダム工
大型木製護岸工
木製流路工
大型木製土留工（擁壁工を含む）

- 1 木製治山ダム工
主として木材、石材等から構成される治山ダム工とする。

- 2 大型木製護岸工
高さ 1.5m 以上の枠構造の木製護岸工とする。
- 3 木製流路工
大型木製護岸工により構成される流路工とし、床固工が木製構造物でない場合（コンクリート・鋼製等）も含めるものとする。
- 4 大型木製土留工（擁壁工を含む）
高さ 1.5m 以上の枠構造の木製土留工（擁壁工を含む）とする。

4 - 4 木製構造物の規模及び設置箇所

木製構造物の規模及び設置箇所は、木材の特性に留意しつつ、適切な性能や機能が確保できるように計画するものとする。

- 1 木製構造物の規模は、想定を超えた原因により構造物が損壊しても、それによる被害や影響が少ない大きさとし、一定の規模が必要な場合、複数の構造物に分けて個々の規模を小さくすることも検討するものとする。
- 2 次のような条件を持つ箇所については、積極的に木製構造物の採用を検討するものとする。
 - (1) 衝撃緩衝効果、吸音効果等、木材の持つ物理・科学的特性を生かす場合
 - (2) 渓流環境の創造・保全等、環境への影響を考慮する場合
 - (3) 木材使用による心理・生理的な効果を期待する場合
 - (4) 土石流等の可能性の少ない小溪流に設置する治山ダム工等の場合
 - (5) 背面土圧の小さな土留工、擁壁工等の木製構造物で、部材が腐朽するまでの間に植生の繁茂等によりその機能の代替えが見込まれる場合なお、長大斜面、傾斜の急な斜面での山腹工等の計画にあたっては、コンクリート・鋼製の構造物に組み合わせて、木製構造物の使用を検討するものとする。
 - (6) 木材が腐朽しにくい水中・土中に設置し、長期間機能の発揮が期待される場合冷涼な気候で常に流水のある箇所に設置する場合
 - (7) 周囲が樹木で覆われており日射の少ない箇所に設置する場合
 - (8) 道路の横断排水溝等の簡易な工作物で、補修等が容易である場合
 - (9) 工事用の仮設防護柵、応急復旧工事の構造物で、一時的な使用に供する場合
- 3 次のような条件を持つ場所については、木製構造物の利用を避けるものとする。
 - (1) 木製構造物を設置することにより人命等に好ましくない影響を与えるおそれがある場合
 - (2) 大規模な衝撃力が木製構造物に作用するおそれのある場合
 - (3) 長期にわたり強度の発現の必要がある一方で、点検、補修等が困難な場合
- 4 木製構造物計画の目安
事業を計画する場合の基本的な考え方は、その事業がその施設構造物を必要としているかどうかである。

表 - 1 施設構造物の必要性

なければならぬもの	あった方がよいもの	あってもなくてもよいもの	ある必要性がないもの	あってはならぬもの
-----------	-----------	--------------	------------	-----------

治山事業において、コンクリート治山ダム、コンクリート土留工等、それを復旧又は予防するためなくてはならないもので、必要最小限のもの。

基本的には の段階で目的を達成するが、この施設があることによって、若干の効果が増加し、余裕を持つことができ、又は環境の負荷を少なくする等の付属物のもの。

それ自体では目的に何ら関係なく、目的物に対して損害を与えないもので一種の「あそび」の施設。

あることによって目的に対して若干の損害を与えるもので、その損害が軽度なもの。

あることによって目的に大きな損害を与えるもの。

木製構造物の計画にあたっては、この ~ のどれに入るかを見極め、及び に入るものは基本的には設けてはならない。

木製構造物の計画にあたっては、その施設の目的、例えば治山事業であれば、目的が、森林造成事業又は森林造成若しくは維持に必要な事業かどうか。保全対象を保全する施設となっているか。構造、規模が工種の目的に合っているか。必要性の高いものであるかどうか等を検討してその木製構造物の採択を行うものとする。

4 - 5 木製構造物の取扱い

木材は腐朽等による劣化を避けることはできないことから、木製構造物の計画にあたっては、施工後の取り扱いを検討の上、適切に対処するものとする。

具体的な取扱方法は表 - 1 に示す区分とする。

表 - 1 木製構造物の取り扱いの区分と内容

区 分	内 容
残 置	構造物の必要性が失われた後は、設置した場所で腐朽するなど自然に還元すること。
撤 去	構造物の必要性が失われた時点で取り片付けること。
更 新	腐朽等により構造物の機能が失われた時点で、構造物の全部又は一部を再度設置すること。

4 - 6 地域材・間伐材の利用

計画に当たっては、原則として県産材を利用するものとする。また、合法性の証明された木材の利用を図るものとする。

- 1 望ましい森林の整備の確保をはじめ循環型社会の形成、持続可能な社会の実現等の観点から、多面的機能発揮のための森林の整備を通じて供給される県産材の利用促進に努めることが重要である。
- 2 森林の持つ多面的機能を高度に発揮させるために、適切に間伐を実施して森林を育成していく必要がある。間伐材を利用することにより、健全な森林の育成に寄与することとなるため、間伐材の積極的利用に努めることが重要である。
- 3 「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」（平成12年法律第100号）及び「環境物品等の調達の推進に関する基本方針」（平成13年3月9日

環境省告示第11号)において、重点的に調達を推進すべき環境物品等として定められている間伐材、又はその伐採に当たって生産された国における森林に関する法令に照らして合法性・持続性の証明された木材の使用を積極的に推進するものとする。

4 - 7 防腐処理等の計画

木材保存剤による木材の防腐・防蟻処理は、環境保全に留意した上で、必要に応じて、適切に行うものとする。

- 1 木材の防腐・防蟻処理は、木製構造物の耐久性を向上させるが、木材保存剤の環境への影響も十分考慮して計画するものとする。
- 2 特に次の木製構造物については、防腐・防蟻処理の必要性について、慎重に検討し、防腐・防蟻処理を実施する場合にあっては適切な方法により行う必要がある。
 - (1) 流水・地下水に接触する構造物
 - (2) 多くの人に触れる構造物
 - (3) 希少動植物の生息地に設置する構造物

(参考1) 木材保存剤と処理方法

- 1 防腐・防蟻処理に使用する木材保存剤は、安全性が確認されているものを使用する必要がある。なお、ベンゾ(a)ピレン等の毒性の高い化合物を多く含むクレオソート油は、使用しないことが望ましい。

日本工業規格(JIS)で規定されている木材保存剤には、次のものがある。

 - (1) 第四級アンモニウム化合物系(AAC 1、AAC 2)
 - (2) 銅・第四級アンモニウム化合物系(ACQ 1、ACQ 2)
 - (3) 銅・アゾール化合物系(CUAZ 1、CUAZ 2、CUAZ 3)
 - (4) ほう素・第四級アンモニウム化合物系(BAAC)
 - (5) 第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系(SAAC)
 - (6) アゾール・第四級アンモニウム・非エステルピレスロイド化合物系(AZAAC)
 - (7) 脂肪酸金属塩系(NCU-E、NZN-E、VZN-E)
 - (8) ナフテン酸金属塩系(NCU O、NZN O)
 - (9) アゾール・ネオニコチノイド化合物系(AZN)
 - (10) クレオソート油(A)
- 2 防腐・防蟻処理の処理方法には、加圧式、浸漬、塗布などがあり、効果や経費を考慮して、適切な方法を選定する。木材保存剤の浸透性は樹種によって多少の差はあるが、一般的に辺材は浸透しやすく、心材は浸透しにくい。
 - (1) 加圧式

加圧注入施設を用い、加圧や減圧の操作を行って薬剤を注入する方法であり、薬剤の浸透効果に優れ、防腐効果の信頼性が高い。
 - (2) 浸漬

木材を、薬剤槽に漬けて処理する方法である。多量の薬剤を必要とし、部分的な処理ができない。

(3) 塗布

最も簡易で小規模な設備で実施できる表面処理法であり、補修方法としても用いられる。薬剤の浸透深さが十分に得られず、長期にわたる効果の維持は期待できない。

表 - 2 心材に対する木材保存剤の浸透性（樹種別）

区 分	樹 種
良 好	ヒバ、ハンノキ
やや良好	スギ、マツ類、ツガ、モミ
困 難	ヒノキ、エゾマツ、トドマツ、トウヒ、ケヤキ、ブナ
極めて困難	カラマツ、クリ、クヌギ、クスノキ、ナラ類

(木材工業ハンドブック，一部修正)

(参考2) 加圧式保存処理木材の使用時安全性

1 動物に対する毒性

動物に対する安全性は、動物が保存処理木材を直接食べた場合を問題とする。この場合、使用する保存剤の急性毒性値で判断する。

2 水棲生物への影響

保存処理剤(処理液)の魚毒性はいずれも農薬の魚毒性分類の目安のA類に該当する(表-2)。A類は通常の使用方法で毒性は問題なしとされる。魚毒性LC₅₀(48時間)10mg/l以上、ミジンコLC₅₀(3時間)0.5mg/l以上)である。なお、LCとは50%半数致死濃度である。値が大きいほど毒性は低い。

表 - 3 保存剤(処理液)の急性毒性値

種 別	保存剤名称	魚毒性分類
C U A Z	タナリスC U A Z	A類
	タナリスC Y	A類
	LC - 3 5 0	A類
A C Q	マイトレックA C Q	A類
A A C	ペンタキュアニューBM	A類
	レザック	A類
	モクボーA A C	A類
B A A C	セルボーP	A類
N Z N	トヨゾールZ N	A類
	モクボーZ E	A類

(参考3) 加圧式保存処理木材の性能区分と使用環境

1 保存処理材の使用環境と性能区分

木材の耐久性は使用する環境により大きく異なるため、JASでは使用環境区分をK1からK5に分類している（表-3）。数値が大きいほど厳しい環境で使用することを意味している。すなわち、屋外設置、屋外暴露の条件が一番厳しい使用環境である。

屋外条件とは、非設置状態で、水分や光、微生物による劣化を受ける条件で、木柵の横木、デッキの床板などがこれにあたる。

接地状態（土壌に接して使用）で、水分の影響や、土壌内の微生物による劣化を受ける条件で、木柵や東屋、標識などの支柱がこれにあたる。

屋内条件とは、土台、大引き、柱などの住宅部材がこれにはいる。

表-4 JAS性能区分

性能区分	木材の使用状態	具体的内容
K1	屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、舵村害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの	リタキクイム搾維
K2	低温で腐朽や蟻害の恐れのない条件下で高度の耐久性の期待できるもの	比較的寒冷地域での建築部材
K3	通常腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	土台等建築部材用
K4	通常より激しい腐朽・蟻害の恐れのある条件下で高度の耐久性の期待できるもの	屋外で風雨にさらされる場所（湊床部）
K5	極度に腐朽・蟻害の恐れのある環境下で高度の耐久性の期待できるもの	電柱、枕木、海中使用等、極めて高い耐久性を要するもの

2 保存処理木材の基準

加圧式保存処理木材はJAS（日本農林規格）AQ（有料木質建材制度）によって基準が定められている。丸棒加工材などはAQの基準が適用される。AQ基準について表-4に示す。AQの対称となる木質建材等は製品認証と項目認証がある。製品認証は製材品以外の丸棒などJAS規格が制定されていない製品について認証する。一方項目認証は、JAS規格は制定されているが、保存処理について基準がない製品について認証する。

表-5 AQ基準について

<p>AQ基準とは？</p> <ul style="list-style-type: none"> 木質建材も新しい製品が次々に開発され、「JAS」だけでは対応できない新製品が多くなっているため、それらの品質性能を保証する制度が、「AQ」制度です。 AQ制度は、新しい木質建材等について品質性能試験を行い、優良な製品にはAQマークの表示が認められます。 つまり、AQマークJASマークとともに、信頼の目印となります。 「AQ」は昭和49年から農林水産大臣の行う制度として運営されてきましたが、昭和63年度からは(財)日本住宅・木材技術舵ツターの運営する事業に移行しました。現在は(財)日本住宅・木材技術センターによる優良木質建材等認証事業として実施しています。

3 表-6、表-7にそれぞれAQの基準、JASの基準を示す。これらの表中にある浸潤度、吸収量について以下に説明する。

(1) 浸潤度：処理した木材の表面からどのくらいの深さまで防腐剤が浸透しているかを示す
JASに基準がない円柱加工材(丸棒)などについては、AQで規定されており、
JASとの整合性が図られている。

(2) 吸収量：前出の表-3性能区分(K1~K5)の性能を満たす吸収量は薬剤の種類ごとに規定されている。吸収量は保存処理木材に含まれる薬剤濃度を単位体積あたりの質量(kg/cm³)として表し、材表面から深さ10mmまでの部分の定量分析による吸収量が規定されている。したがって、実際の木材全体に含まれる薬剤量とは一致しない。

AQ屋外製品部材では、薬剤浸潤度は表-7の基準を満たすことが規定されている。

表-7の浸潤度判定基準についての詳細説明を図-1に示す。すなわち、木材断面における辺材、心材の割合に応じた判定される。

表-6 AQの基準の一例

性能区分	屋外製品部材 吸収量(kg/m ³) (以上)		保存処理製品 吸収量(kg/m ³)(以上)		
	1種	2種	1種	2種	3種
用途	屋外 (接地)	屋外 (非接地)	建築 JAS K4相当	建築 JAS K3相当	建築 JAS K2相当
浸潤度	表-7参照		AQ保存処理製品の基準参照		
AAC	9.0	4.5	9.0	4.5	2.3
ACQ	5.2	2.6	5.2	2.6	1.3
CUAZ-2	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5
LCAZ	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5
B AAC	6.4	3.2	6.4	3.2	1.6
NZN(乳剤)	4.0	2.0	4.0	2.0	1.0

出典：針葉樹構造用製材の日本農林規格

防腐・防蟻処理剤のすすめ、財団法人日本住宅・木材技術センター

表 - 7 J A S の基準の一例

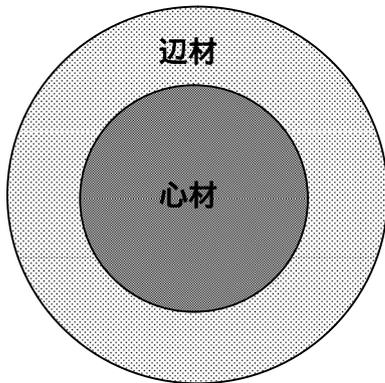
性能区分	保存処理材 吸収量 (kg/m ³)(以上)		
	K 4	K 3	K 2
用途	屋外	住宅部材	住宅部材
A A C	9.0	4.5	2.3
A C Q	5.2	2.6	1.3
N Z N (乳剤)	4.0	2.0	1.0

表 - 8 A Q 屋外製品部材浸潤度判定基準

樹種区分	湿潤度
心材の耐久性が大きいもの ヒノキ、ヒバ、ケヤキ、クリ、 ベイヒ、ベイスギ、ベイヒバ、 レッドウッド、バンキライ、 バウラ、カプール、 セラングンバツ	製材品：辺材部分の 80%以上とする。 丸太(丸棒)：辺材部分の 80%以上とする。
心材の耐久性が中のもの スギ、カラマツ、クヌギ、 ミズナラ、ベイマツ、 ダフリカカラマツ、 ライトレッドメランチ、 イエローメランチ、 クルイン、ケンパス	製材品：辺材の 80%以上、及び表面から 10mm 以内に存在する心材の 80%以上とする。 丸太(丸棒)：辺材の 80%以上、及び表面から 10mm 以内に存在する心材の 80%以上とする。
心材の耐久性が小のもの アカマツ、クロマツ、 トドマツ、エゾマツ、 ベイモミ、ベイツガ、 ラジアタパイン、スプルース、 ターミナリア、レッドラワン、 アルストニア、ブライ、ラミン	製材品： 狭い材面が 50mm 以下の製材 木裏から 10mm の 80%以上、木表から材の厚さの 1/2 の 80%以上とする。 狭い材面が 50mm を超え 75mm 以下の製材 木裏から 15mm の 80%以上、木表から材の厚さの 1/2 の 80%以上とする。 狭い材面が 75mm を超える製材 木裏から 20mm の 80%以上、木表から材の厚さの 1/2 の 80%以上とする。 丸太(丸棒)：表面から 30mm の 80%以上とする。

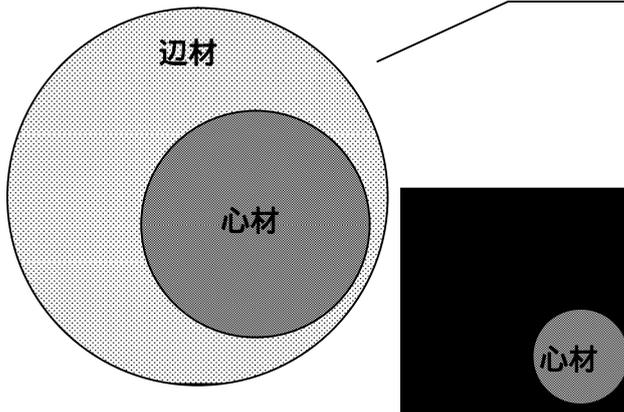
図 - 1 薬剤浸潤度の判定基準（図解）

・ 辺材が丸太の周囲に 10 mm以上ある場合



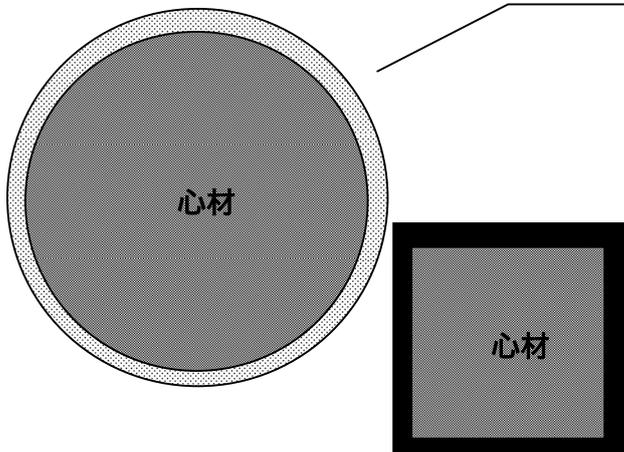
辺材が材面から 10mm 以上ある場合は、
辺材の 80%以上

・ 心材の一部が丸太の材面 10 mm以内にある場合



辺材の 80%以上
かつ、材面から 10mm 以内に存在する心材の 80%以上
ただし、ひのき、ひばなどの耐久性大の樹種は、辺材の 80%以上のみで合格（AQ 屋外製品部材の基準）
注)ひのき、ひばなどの樹種でも、心材は注入処理しなくても良いのではなく、できるだけ浸潤を確保することは必要

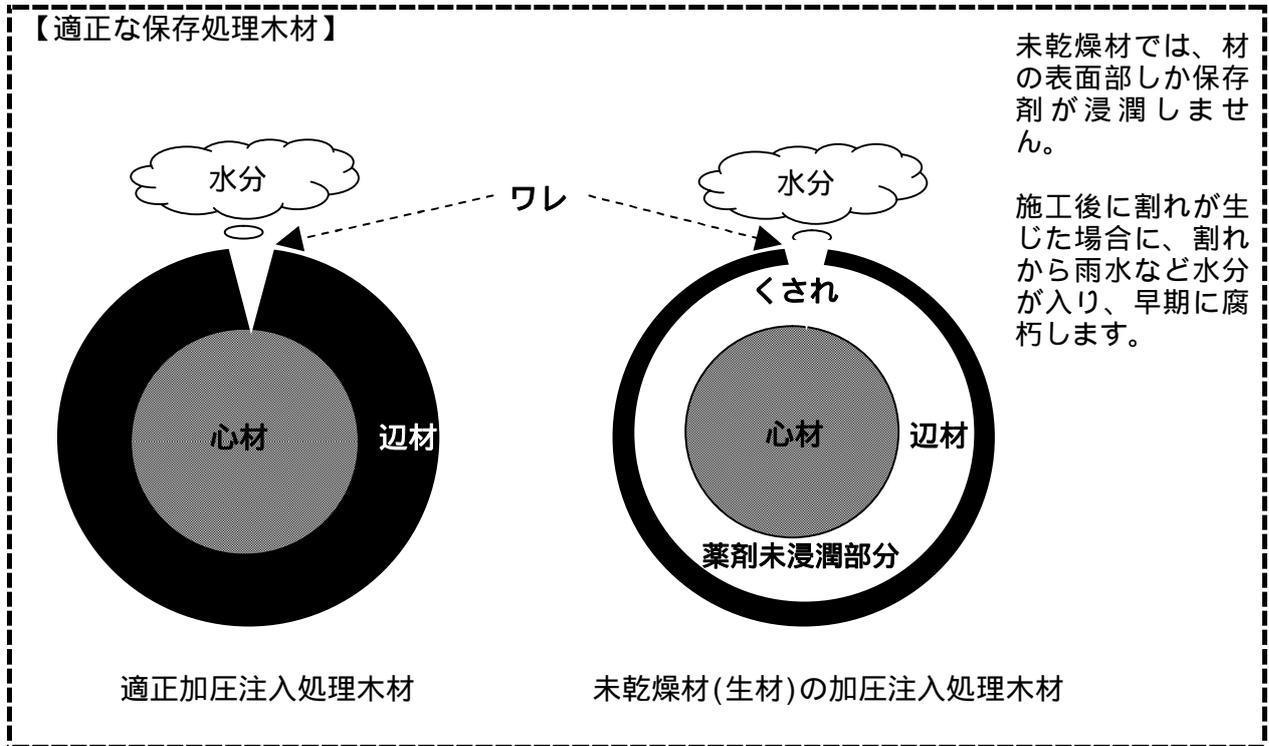
・ 全てが心材の丸太の場合



<全部が心材の場合>
材面から 10mm 以内に存在する心材の 80%以上（心材の耐久性が中の樹種：スギ、カラマツなど）
ただし、ひのき、ひばなどの耐久性大の樹種は、心材の浸潤基準はない（AQ 屋外製品部材の基準）
注)ひのき、ひばなどの樹種でも、心材は注入処理しなくても良いのではなく、できるだけ浸潤を確保することは必要

図 - 2 には、注入時によく乾燥されていることが良好な注入のために重要であることを示している。十分に乾燥していない丸太はいずれ割れが発生するが、そのときに十分な保存剤の浸潤深さが無い場合には、図 - 2 の右図のように割れた部分から進入した水分などが手伝って内側の辺材部分から早期に腐朽する。

図 - 2 保存処理木材の適正な保存処理条件



4 - 8 木製構造物（丸太材）の使用区分

間伐材を積極的に利用することを通じて間伐を推進し、森林の公益的機能の高度発揮を図ると共に、自然に優しく、低コストな森林整備事業の推進を図ることから、次により耐用年数等を区分する。

- 1 現地の地況により腐朽率を50%と75%に区分する。
- 2 一般に傾斜が20度前後までは比較的安定した厚い土層が発達し植質となりやすく、35～45度以上は極めて砂礫層の未成熟な土壌が多く、かつ、土層が浅いことから傾斜20度を基準に木製構造物の使用を次のとおり大別する。
 - (1) 腐朽率50%：主に山腹工（傾斜20度以上）
 - (2) 腐朽率75%：主に溪間工等（傾斜20度未満）

表 - 1 スギ丸太材条件別耐用年数表 (H10 調査結果より)

位置	標高 (m)	傾斜 方向	粘土層 有・無	常水 有・無	耐用年数 (%)			位置	標高 (m)	傾斜 方向	粘土層 有・無	常水 有・無	耐用年数 (%)				
					25	50	75						25	50	75		
沿岸部	400 未 満	北	無	無	3.0	5.0	7.5	内 陸 部	400 未 満	北	無	無	3.0	5.0	7.5		
				有	5.5	8.5	11.5					有	4.0	6.5	8.5		
			有	無	2.5	5.0	7.0				無	2.0	4.5	6.5			
				有	4.0	6.5	8.5				有	4.0	6.0	8.5			
		南	無	無	2.5	4.5	7.0			南	無	無	2.0	4.5	6.5		
				有	4.0	6.5	8.5					有	4.0	6.0	8.5		
			有	無	2.0	4.0	6.5				有	無	2.0	4.0	6.5		
				有	3.5	6.0	8.5					有	3.5	6.0	8.0		
		400 以 上	北	無	無	3.5	6.0			8.5	400 以 上	北	無	無	3.5	6.0	8.0
					有									有			
				有	無	3.5	5.5			8.0			有	無	3.0	5.5	7.5
					有									有	6.0	9.0	11.5
	南		無	無	3.5	5.5	8.0		南	無		無	3.0	5.5	7.5		
				有								有	6.0	9.0	11.5		
			有	無	2.5	5.0	7.0			有		無	2.5	5.0	7.0		
				有	6.0	9.0	11.5					有	4.0	6.5	9.0		

沿岸部は海岸線から10kmまでとする。

傾斜方向は東西軸以南を「南」、その他を「北」とする。

粘土層は粘土質を含む土層とする。

常水は常時冠水条件の有無とする。

表 - 2 条件別利用区分【沿岸部】

主な工種	位置	標高 (m)	現場条件	耐用年数(腐朽率 50%)					耐用年数(腐朽率 75%)					設計条件		
				4	5	6	7	8	9	6	7	8	9		10	11
【腐朽率 50%】 ウッドブロック 丸太積土留工 丸太筋工 丸太柵工 木柵工 丸太法枠工 落石防止工 (緩衝材) 木製予防工 落石防護柵工 大型ポット苗工 【腐朽率 75%】 沈床工 丸太型護岸工 木柵護岸工 丸太水路工 板柵工 木柵工 梯子胴木工 丸太杭打工 丸太積土留工 ウッドブロック ウッドガード 木製防風工 木製防風垣工 丸太防風柵工 丸太覆砂工 丸太階段工 管理歩道工 木製棧道工 木歩道工 丸太木橋工	沿岸部	400	傾斜方向：北 粘土層：無 常水：無		}										1 山腹面に木材を使用する場合は、永久工作物と組み合わせた設計を原則とする。 【コンクリート・鋼材】 2 木材耐用年限を考慮し、代替できる植生(樹木)を必ず設計に計上することとする。 特に、法面緑化においては、灌木類を配合した吹付とする。	
			傾斜方向：北 粘土層：無 常水：有													
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：無		}											
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：有			}										
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：無													
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：有				}									
		傾斜方向：南 粘土層：有 常水：無			}											
		傾斜方向：南 粘土層：有 常水：有					}									
		傾斜方向：北 粘土層：無 常水：無	400				}									
		傾斜方向：北 粘土層：有 常水：無				}										
		傾斜方向：南 粘土層：無 常水：無				}										
		傾斜方向：南 粘土層：有 常水：無				}										
		傾斜方向：南 粘土層：有 常水：有								}						
		傾斜方向：北 粘土層：有 常水：有												}		

表 - 3 条件別利用区分【内陸部】

主な工種	位置	標高 (m)	現場条件	耐用年数(腐朽率 50%)					耐用年数(腐朽率 75%)					設計条件			
				4	5	6	7	8	9	6	7	8	9		10	11	
【腐朽率 50%】 ウッドブロック 丸太積土留工 丸太筋工 丸太柵工 木柵工 丸太法枠工 落石防止工 (緩衝材) 木製予防工 落石防護柵工 大型ポット苗工 【腐朽率 75%】 沈床工 丸太型護岸工 木柵護岸工 丸太水路工 板柵工 木柵工 梯子胴木工 丸太杭打工 丸太積土留工 ウッドブロック ウッドガード 木製防風工 木製防風垣工 丸太防風柵工 丸太覆砂工 丸太階段工 管理歩道工 木製棧道工 木歩道工 丸太木橋工	内 部	400 未 満	傾斜方向：北 粘土層：無 常水：無		}											1 山腹面に木材を使用する場合は、永久工作物と組み合わせた設計を原則とする。 【コンクリート・鋼材】 2 木材耐用年限を考慮し、代替えできる植生(樹木)を必ず設計に計上することとする。 特に、法面緑化においては、灌木類を配合した吹付とする。	
			傾斜方向：北 粘土層：無 常水：有														
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：無	}							}						
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：有										}				
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：無	}							}						
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：有										}				
			傾斜方向：南 粘土層：有 常水：無	}							}						
			傾斜方向：南 粘土層：有 常水：有										}				
		400 以 上	傾斜方向：北 粘土層：無 常水：無											}			
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：無	}								}					
			傾斜方向：北 粘土層：有 常水：有						}						}		
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：無	}								}					
			傾斜方向：南 粘土層：無 常水：有							}					}		
			傾斜方向：南 粘土層：有 常水：無	}								}					
			傾斜方向：南 粘土層：有 常水：有										}				
			傾斜方向：南 粘土層：有 常水：有											}			

5章 設 計

5 - 1 総 説

木製構造物を設置する場合は、木材の特性に留意しつつ、構造物の機能、耐朽性等を検討して、現地に適した設計を行うものとする。

- 1 木製構造物の設計にあたって、構造物の基本的事項は、技術基準等によるものとし、木材の特性に十分留意して設計するものとする。
- 2 木製構造物の設計にあたっては、第3章によって実施した調査の結果、利用する木材の耐久性を検討して、これを考慮する必要がある。
- 3 木材の腐朽の速度、時期等は、樹種、材質、大きさ（直径）使用環境等によって異なり、一律には決定することは困難なことから、木製構造物の設計にあたっては、必要に応じて類似の樹種や使用環境下における事例を参考に耐朽性を判断するものとする。

[参考] 木材の使用環境と劣化

木材の使用環境による劣化の程度は次のとおりである。

1 地中・水中

酸欠状態であり木材は腐朽しにくく、地上に設置した場合に比べて、長期間必要な機能を有している事例が数多く見られる。

2 地上

気象条件の影響を受けやすく、変色・ひび割れ等を引き起こしやすい。腐朽が進みやすいのは、部材の接合部、割れ目、ボルト穴など、雨水が侵入しやすく乾きにくい箇所である。

3 地際・水際

乾湿を繰り返す場所であり、栄養分も豊富であるために、腐朽・ひび割れ等の劣化が進行しやすい。

5 - 2 構 造

設計にあたっては、木製構造物の取り扱いを考慮した構造とする必要がある。

木製構造物の設計にあたっては、木製構造物の取り扱いに応じて、次の点に留意する必要がある。

- (1) 残置を前提とした木製構造物は、植生の機能等により代替されるまでの間、腐朽等による木製構造物の損壊等を起こさない大きさを有する小型木製構造物とする必要がある。
- (2) 更新を前提とした木製構造物のうち、景観への配慮等の必要性から、部分的に更新が必要なものについては、部材の交換等が容易な構造が望ましい。

5 - 3 樹種の選定

使用する木材は、耐朽性や入手の容易さを考慮しつつ、構造物の目的、現地の状況に適合した樹種を選定するものとする。

樹種の選定については、第4章4 - 6「地域材・間伐材の利用」により地域材・間伐材の利用推進に留意する。

5 - 4 寸法表示等の統一

使用する材料は、丸太、製材及び木製品とし、材料・構造物等の寸法表示等を統一するものとする。

寸法は、長さと径を表示するものとする。丸太については末口径と長さを、製材及び木製品については仕上がり寸法をそれぞれ表示するものとする。

【参考1】 丸太の寸法表示等

1 丸太は、根元側と梢端側で径が異なるため、根元側（大きい）を元口、梢端側（小さい）を末口という。丸太の規格は、長さ（末口径）を表示する。一般に、長さは10cm単位、径は、14cm未満は1cm単位、14cm以上は2cm単位で表示する。

2 丸太の材積は、素材の日本農林規格（昭和42年12月8日農林省告示第1841号）の規定に基づいた次の計算方法で求める。

長さ6m未満の場合（末口二乗法）

$$V = d^2 \times L \times (1/10000)$$

ただし、V：丸太の材積（ m^3 ）

d：末口の径（最小径，cm）

L：丸太の長さ（m）

長さ6m以上の場合

$$V = \{ d + (L' - 4) / 2 \}^2 \times L \times (1/10000)$$

ただし、V：丸太の材積（ m^3 ）

d：末口の径（最小径，cm）

L：丸太の長さ（m）

L'：Lの整数部分の値（m）

【参考2】 丸太等の種類

丸太等の場合は、加工の段階によって、次のような種類があり、用途により防腐処理などを行って利用される。加工の度合いの大きさは、皮付き丸太 < 皮剥ぎ丸太 < 加工材となっており、と・の違いは、樹皮の有無である。

皮付き丸太

皮が付いた状態の丸太（加工していない原木）。皮剥ぎをした丸太に比べて腐朽しやすい。

皮剥ぎ丸太

原木の皮を剥いだ状態の丸太。元口・末口の径の差がある。

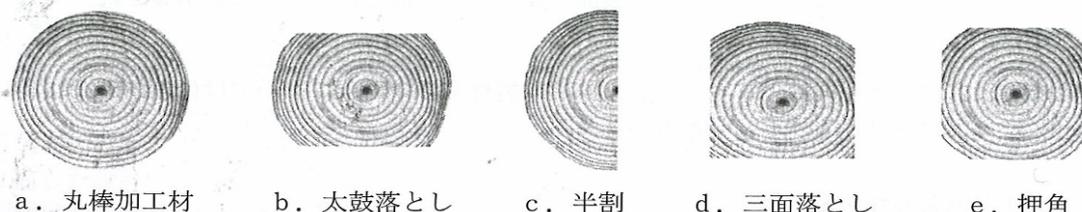
加工材

皮剥ぎ丸太を加工して、他の形状にしたもの。径や厚さ等を揃えることができる。

a 丸棒加工材：丸太を加工して、円柱に仕上げたもの。元口と末口の径が同じである。

b 太鼓落とし：丸太の両側を削って断面を太鼓形にしたもの。二面を平面とし、厚さをそろえることができる。

- c 半割：丸太を二つ割したもの（断面は半円となる）。一面を平面とする。
- d 三面落とし：3面を削って平坦としたもの。三面を平面とし、厚さをそろえることができる。
- e 押角（おしかく）：4面を削り、角には丸みが残っているもの。四面を平面とし、幅・厚さをそろえることができる。
- f 先削り：杭丸太とするもの。



5 - 5 安定性、強度等の検討

経験的に安定性、強度等が確認されている構造物、外力が極めて小さく規模が小さい構造物以外（大型木製構造物）については、原則として、設計の段階において適切な方法で安定性、強度等を検討するものとする。

- 1 安定性、強度等の検討は、木製構造物の規模や重要性に応じて次の方法から適切なものを用いるものとする。
 - (1) 適切な外力等の想定による安定性の確認
 - 構造体全体の安定計算により安定性を確認する方法
 - 応力計算により部材の強度を確認する方法
 - 上記 と の両者を行って木製構造物の安定性及び部材の強度を確認する方法
 - (2) 実験等により安定性を確認する方法
 - 木製構造物の設置を計画する現地の条件に応じた所要の実験又は試験により、木製構造物の安定性又は部材の強度を確認する方法
- 2 構造全体の安定計算は、原則として、技術基準等によるものとする。
- 3 構造全体の安定計算は、状況に応じて、重力式構造体、セル式構造体等と仮定して安定計算を実施するものとする。
- 4 部材の応力計算は、必要に応じて、適切な方法で実施するものとする。特に、部材の接合部が破壊すると破壊が全体に及ぶ構造物（フレームタイプなど）部分的に木材を利用している構造物については、必要に応じて接合部の強度・耐久性について検討するものとする。
- 5 標準的な構造に対して安定性の検討が行われている場合は、標準的な構造を用いる限りにおいて、その検討をもって安定性の検討にかえることができるものとする。

5 - 6 木材の強度等

安定性の検討に用いる木材の許容応力度等は、建築基準法施行令等に定める値を参考として適切な値を用いるものとする。

木製構造物の木材の許容応力度等は、表 - 1 に示す値を参考とすることが妥当と考えられる。

表 - 1 木材の許容応力度

樹 種		許容応力度 (単位 N/mm ²)				
		圧縮	引張	曲げ	せん断	めり込み
針葉樹	アカマツ、クロマツ	5.7	4.5	7.2	0.6	2.3
	ヒノキ、カラマツ、ヒバ	5.3	4.2	6.9	0.5	2.0
	ツガ	4.9	3.8	6.5	0.5	1.5
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	4.5	3.5	5.7	0.5	
広葉樹	カシ類	6.9	6.2	9.9	1.1	3.1
	クリ、ブナ、ケヤキ、ナラ類	5.4	4.6	7.6	0.8	2.8

注) 建築基準法施行令第89条及び建設省告示H12第1452号、国土交通省告示H13第1024号による常時湿潤状態における長期荷重に対する許容応力度(無等級材)である。

圧縮・引張・曲げは、木材の繊維方向に応力が働く場合の値である。

めり込みは、木材の繊維方向に直角に加圧する場合の値である。

注) せん断は、木材の繊維方向に直角に応力が働く場合の値である。

(参考)

木材が腐朽しやすい条件におかれた場合、その強度の低下は心材の割合と相関が高い傾向にある。このことから、心材率が高く耐久性の高い部材は、構造上長期間の強度維持が求められる箇所や地際部等の腐朽しやすい箇所等への適用が望ましい。

一方、立木の先端部など心材率の低い部材は、耐久性の低い傾向にあることからこのことに十分留意し用いる必要がある。

表 - 2 木材の基準ヤング係数

樹 種		ヤング係数 (単位 N/mm ²)
針葉樹	ヒノキ、ヒバ	9.0
	カラマツ、クロマツ、アカマツ、ツガ	8.0
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	7.0
広葉樹	カシ類	10.0
	クリ、ブナ、ケヤキ、ナラ類	8.0

注 日本建築学会(2006):「木質構造設計規準・同解説 - 許容応力度・許容耐力設計法 - 」p339、普通構造材の基準弾性係数による。

5 - 7 小型・大型木製構造物の適用基準等

5 - 7 - 1 小型木製構造物の設計

小型木製構造物の設計は、原則として技術基準等に準拠するものとする。

小型木製構造物の設計に当たっての基本的事項は、技術基準等によるものとする。

5 - 7 - 2 大型木製構造物の設計

大型木製構造物の設計に当たっては、木材の特性を考慮した上でそれぞれの構造物の目的に応じて適切に行うものとする。

大型木製構造物は、比較的大きな構造を持ち、木材が腐朽した後、根系による構造物の機能の代替が困難であることから、設計にあたってはそれぞれの構造物の目的に応じて木材の特性を考慮した上、適切な設計を行うものとする。

5 - 8 溪間工

5 - 8 - 1 木製治山ダム工

木製治山ダムの設置については、次による。

5 - 8 - 1 - 1 木製治山ダムの目的

木製治山ダム工は、主に溪床に緩勾配で堆積する不安定土砂を固定して溪流の縦横浸食を防止し、溪床の安定を図ることを目的とする。

木製治山ダムは、主に緩勾配で堆積する不安定土砂の固定を図ることを目的とする。

- 1 木製治山ダムは、堆積地帯等の比較的緩勾配で堆積する不安定土砂を固定することによって、溪床の縦横浸食及び横侵食による荒廃の進展の抑止を図り、下流への流出土砂を抑止することを目的とする。
- 2 治山技術基準第2編第4章第3節3 - 1に示されている治山ダムの目的のうち、次のものを木製治山ダムの主な目的とする。
 - (1) 溪床勾配を緩和して安定勾配に導き、縦横侵食及び横侵食を防止する作用。
 - (2) 山脚を固定して、溪岸崩壊の発生を防止する作用。
 - (3) 溪床に堆積する不安定土砂の移動を防止する作用。

5 - 8 - 1 - 2 木製治山ダムの設置条件

木製治山ダムは、その目的及び溪流の状況等に応じて適切な箇所に設置するものとする。

- 1 木製治山ダムは、第4章4 - 4「木製構造物の規模及び設置箇所」の内容を十分に踏まえて設置するものとする。
- 2 木製治山ダムは、次のような場所に設置するものとする。
 - (1) 土石流等の発生する可能性の少ない小溪流
 - (2) 人家等の保全対象から比較的離れている箇所
 - (3) 景観保全、環境保全が重要な溪流
 - (4) 木製治山ダムは維持することが欠かせないことから、点検及び撤去・更新等が可能な箇所に設置するものとする。
 - (5) 木製治山ダムの位置は、ダム築設の目的及び地形、地質の状況に応じて最も効率的かつ、経済的となるような箇所を選定しなければならない。
 - (6) 木製治山ダムにおいても、地盤支持力の不足によるダムの沈下、越流水による下流のり先の洗掘及び溪岸侵食によるダムの破壊防止のため、溪床及び両岸に十分な地盤支持力を必要とする。

- (7) 地盤支持力の不十分な箇所に計画しなければならない場合には、ダムの安全のために、その溪床の地盤の状況に応じて、基礎地盤の処理や下流のり先の洗掘防止等必要な措置を講じなければならない。
- (8) 溪床の状況は常水であること。

5 - 8 - 1 - 3 木製治山ダムの型式

木製治山ダム工の型式は、次の3種類に区分するものとする。

台形型（オールウッドタイプ）

ラムダ型（中詰タイプ）

ハイブリッド型（鋼製枠+丸太+礫）

- 1 重力式としての基本単位体積重量は中詰材と木材の平均体積重量とし、変形型及びハイブリッド型については木材に作用する浮力は考慮しない。
- 2 変形型は、中詰材によって外力に抵抗する構造であることから、内部応力に対する安定を考慮する必要がある。原則として、中詰め材が外力によるせん断変形に対して抵抗できる玉石、採石等の良質材を使用する。
- 3 木製治山ダムの形式は、木材利用の推進を図るため、台形型を標準とするが、次のような場合には他の形式を選択できるものとする。
 - (1) 現地で発生した岩石の処分場が無く、中詰め材として活用しなければならないなど、変形型を施工しなければならない理由がある場合。
 - (2) 周囲で本数調整伐を実施しており、伐採木の有効活用のためにハイブリッド型を施工する場合。

5 - 8 - 1 - 4 木製治山ダムの方向

木製治山ダム工の方向は、治山技術基準第2編第4章第3節3-4「治山ダムの方向」に準ずるものとする。

木製治山ダムの方向は、原則として放水路の中心点において、計画箇所下流の流心線に直角となるよう決定するものとする。

- (1) 木製治山ダムにおける放水路の越流水は、ダムの直角方向に流れるが、設置箇所が緩勾配で十分な溪床幅を有することから、計画箇所における洪水時の上流の流心線に直角に設定した線をダムの方向としても良い。

一般治山ダムにおいては下流流心線に直角とするが、木製治山ダムは構造上極めて斜方向の水流に弱いことから、方向には特に気をつける必要がある。

- (2) ダムの方向を決定する際には、ダム築設前の現状にまどわされず、ダム築設後の新溪床の洪水時の流心線を予想して方向を決定しなければならない。

5 - 8 - 1 - 5 木製治山ダムの計画勾配

木製治山ダム工の計画勾配は、治山技術基準第2編第4章第3節3-5「治山ダム工の計画勾配」に準ずるものとする。

木製治山ダムの計画勾配は、溪床を構成する砂礫の形状、粒径及び流量等を考慮し、現溪床で安定と見られる区間の勾配を参考にして決定するものとする。

- (1) 木製治山ダムの設計における計画勾配は、計画位置付近で既設治山ダムにかかわる堆積帯の安定勾配を参考にして決定するものとする。
- (2) 付近に参考とする既設治山ダム等がないときは、比較的渓床変動の小さい区間を参考にして、これの1/2程度で計画勾配を決定することもできる。

5 - 8 - 1 - 6 木製治山ダムの高さ

木製治山ダムの高さは、治山ダム築設の目的、計画勾配及び施工箇所の状況等に応じて決定するものとする。

- 1 木製治山ダムの高さは、木製治山ダムが渓床堆積物の移動防止等を主目的とすること。コンクリート治山ダム等と比較して外力に対する抵抗性が劣ることなどを考慮し、3mを超える高いダムの築設は十分検討する必要がある。
- 2 高さ3mを超える木製治山ダムを設置する場合には、地盤支持力等の設置条件を十分検討するとともに、耐久性の高い部材、部材を確実に固定できる接合金具を用いるなど安全性の高い構造体を構築するものとする。

(参考)

耐久性の高い部材とは、一般的に辺材は心材に比べて腐朽の進行が速いことから、比較的径の大きな丸太を加工して心材率を高めた木材等のことを言う。

5 - 8 - 1 - 7 木製治山ダムの放水路

木製治山ダムの放水路は、計画最大高水流量を安全に流下させる断面であるものとする。

- 1 木製治山ダムの放水路は、計画最大高水流量を安全に流下させることができる断面を確保するものとする。
- 2 木製治山ダムは高さが低く、完工後に放水路天端が上流側の渓床へ直接続くことが想定されるため、放水路断面の設計においては開水路として設計することを標準とする。
- 3 木製治山ダムの放水路の形状は、治山技術基準第2編第4章第3節3-7-2「治山ダムの放水路の形状」に準ずるが、施工性等を考慮して側のりを直又は階段状にすることができるものとする。
- 4 放水路天端は、砂礫等の流送により摩耗や損傷を受けるおそれがある場合は天端保護部材を設置し、天端の保護を図るとともに中詰材の流失を防止するものとする。

5 - 8 - 1 - 8 木製治山ダムの袖

木製治山ダムの袖は、治山技術基準第2編第4章第3節3-8「治山ダムの袖」に準ずるものとするが、天端の勾配は水平とすることができるものとする。

治山技術基準第2編第4章第3節3-8-2「治山ダムの袖天端」では、原則として両側に向かって勾配(インクライン)をつけるものとしているが、木製治山ダムは第5章5-8-1-2「木製治山ダムの設置条件」で示したように、土石流等の発生する可能性の少ない小溪流等に設置するものとしているため、天端の勾配を水平とすることができるものとする。

5 - 8 - 1 - 9 木製治山ダムの断面

木製治山ダムの断面は、重力式の安定計算によって決定する。

- (1) 台形型(オールウッド)の天端厚については、製材上の歩留りを考慮して1.8mを標準とする。なお、溪流の状況に応じて調整することもできる。ハイブリッド型の天端厚は、設置箇所が一般溪流であると想定されるため1.5mを標準とする。
- また、変形型については、京都府での施工実績を基にしていることから、天端厚2.0mを標準とする。
- (2) 木製治山ダムに使用する部材は、台形型にあっては原木(丸太)から4面落として、型は2面落として採材するものとする。
- ハイブリッド型については、中詰材には丸太を使用し、壁面材には2面又は3面落とし材を使用するものとする。
- (3) 台形型の部材の断面寸法は、25cm×30cm、20cm×25cm、15cm×20cmの3タイプについて、ダム計画時点の原木価格及び部材設置費を比較し、最も経済的な断面寸法を用いることとする。型の場合は17cm×25cmを標準とする。
- (4) 安定計算方法は、台形型(オールウッド)は別紙1、変形型は別紙2、ハイブリッド型は別紙3により行う。

5 - 8 - 1 - 10 木製治山ダムの安定計算

木製治山ダムは、原則として安定計算を行いその安定性を確認するものとする。

1 構造全体の安定計算

木製治山ダムの安定計算は、放水路部分の2次元断面について行うものとし、重力式ダムとして下記(1)の条件を全て満たすものとする。

ただし、変形型の木製治山ダムについては、(1)に加えて(2)の条件も満たすものとする。

(1) 重力式構造物としての安定性の検証

転倒に対する安定

堤体の自重及び諸外力の合力作用線が堤低内にあること

活動に対する安定

活動に対する抵抗力の緩和が水平力の総和に対して大きいこと。

基礎地盤に対する安定

堤体の最大反力に対して基礎地盤の支持力が十分であること。

(2) 中詰材のせん断抵抗性の検証

中詰材を使用する場合は、水平力に対して形状を維持しうる、即ち重力式構造物として一体で機能することが必要である。変形を許す場合の中詰石のせん断抵抗は、次の式で求められる。(北島1962)

$$M_r = 1/6 \cdot s' \cdot (B/H)^2 \cdot \{3 - (B/H)\cos\theta\} \cdot \sin\theta \cdot H^3$$

ただし、 M_r : 中詰石のせん断抵抗モーメント (KN・m)

s' : 中詰石の単位体積重量 (KN・m³)

B : 壁体幅 (m)

H : 高さ (m)
s : 中詰石のせん断抵抗角 (度)

2 部材の応力計算

部材・接合部について、全体の安定計算性に影響を及ぼすと考えられる部分について個別に取りあげ安定計算を実施し、許容応力度以下であることを確認するものとする。

(参考)

木製治山ダムの台形型(オールウッド)と変形ラムダ型について、別添資料にその計算例を示した。

5 - 8 - 1 - 1 1 木製治山ダムの安定計算に用いる荷重

木製治山ダムの安定計算に用いる荷重は、自重、静水圧及び堆砂圧とする。

- 1 堤体の単位堆積重量は、木製治山ダム工を構成する材料の体積比から算定した値を用いるものとする。
- 2 堆砂圧(土圧)は、半無限水平地盤が限界平衡状態にあると仮定して求めるランキン土圧を利用するものとする。ランキンの土圧係数(C)は次式による。
- 3 水圧は、静止状態にある水の圧力である静水圧とする。

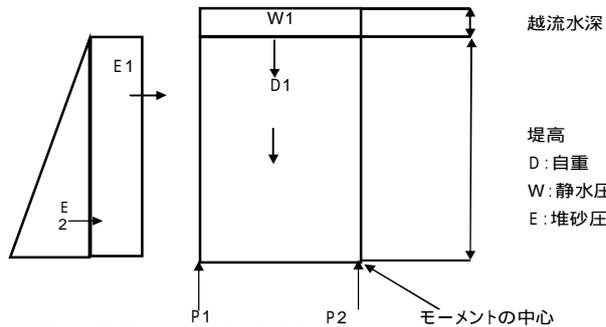


図 - 7 荷重分布図の例 (上流及び下流のりが直の場合)

5 - 8 - 1 - 1 2 木製治山ダム基礎の根入れ

木製治山ダム工の基礎の根入れは、設置条件を考慮した上、治山技術基準第2編第4章第3節3-10-2「治山ダム基礎の根入れ」に示す値より小さくすることができるものとする。

- 1 木製治山ダム工は、コンクリート治山ダム等と比較して土石の移動の少ない箇所に設置することや高さが低いこと等から、洗掘の影響が小さい。
よって、一般的な治山ダムより基礎の根入れを浅くすることが可能であるが、基本的には現地の状況を踏まえ洗掘に対して安全な根入れの深さを確保するものとする。
- 2 台形型(オールウッド)と変形型ダムは堤低幅が広く掘削土量が増大すること、また、安定計算では地盤支持力が50KN/m²の条件で断面を決定していることから、基礎部の根入れ深さは1mを標準とする。

なお、基礎部は砂礫層であることから洪水時には本体下流が洗掘を受けやすいことから、本体下流に洗掘保護工を計画するものとする。

ハイブリッド型については、堤体幅が変形型と台形型(オールウッド)に比べて比較

的狭いため、通常の治山ダムの根入れと同じ考え方で計画する。

なお、地盤支持力 50kN/m²は普通土、粘土層及び砂利交り粘土以外の土質で確保できる値であり、経験上 1 mの根入れで得られると判断したものであるため、床堀確認時には基礎地盤の状況に留意して確認すること。

(参考)

全国で実施されている木製治山ダムの根入れは 1.0 m程度で実施されているものが多く、水叩き等の洗掘防止施設を設けている箇所では 0.5 mで実施しているものも見られた(平成 19 年度及び平成 20 年度「治山事業における木材利用促進に関する調査」より)。

5 - 8 - 1 - 13 木製治山ダムの洗掘防止

木製治山ダム工の下流のり先が洗掘されるおそれがある場合には、水叩き等を設け洗掘防止対策を図るものとする。

- 1 木製治山ダム工は、比較的基礎地盤の支持力が小さい箇所に設置することから、このことによって下流のり先が洗掘されるおそれのある場合には、洗掘防止対策として水叩きを設けることが望ましい。
- 2 水叩きは、木材・ふとんかご等本体となじみやすい材料を用いるものとする。
- 3 木枠を組立て、その中に玉石等の中詰材を使用する場合は、中詰材が流出しないよう上蓋を設けることが望ましい。

5 - 8 - 1 - 14 木製治山ダムの間詰め及び袖かくし

- 1 木製治山ダムの堤体と掘削面の間は、木製土留工等および掘削土砂で間詰めし、堤体と現地盤を密着させて、掘削面の風化や崩落を防止しなければならない。
- 2 木製治山ダムの設置箇所は、概ね土砂掘削が大部分を占めることが予想され、掘削土砂による埋戻しをすることになるが、土質によって傾斜が保ちにくかったり、水が浸透したりするおそれがあるので、本体となじみの良い木材・土のう・フトン籠等によって補強しなければならない。
- 3 構造上、洪水時には袖部が弱点となりやすいことから、袖部に直接流水等が当たらないよう、上流側に護岸を設けるなど、工夫が必要である。
- 4 両者とも、土砂掘削部について木材が使用でき、方法は丸太柵工、丸太土留工 に準ずる。

5 - 8 - 2 木製護岸工

5 - 8 - 2 - 1 木製護岸工の目的

大型木製護岸工の目的は、治山技術基準第 2 編第 4 章第 4 節 4 - 1「護岸工の目的」に準ずるものとするが、流量が多い渓流には設置しないものとする。

5 - 8 - 2 - 2 木製護岸工本体

- 1 本体
護岸工は、流水による溪岸の横侵食の防止及び山腹崩壊の防止又は山腹工作物の基礎と

する目的で行い、木製護岸は流量及び石礫の流出が少ない、勾配の緩い渓流において採用する。

しかしながら、水中にある時と空気中にある時を交互に繰り返すため、最も早く腐朽すること、比重が水と同様であることから、長期間強度を必要とする高いもの及び水量が多く、重要な箇所の護岸には使用してはならない（破壊されると構造物自体が流木となり下流に被害を与えるため）。

2 基礎

- (1) 大型木製護岸工の基礎となる横木の最下部は、必要な地盤支持力が得られる深さまで根入れをするものとする。
- (2) 大型木製護岸工の基礎の根入れ深さは、計画渓床勾配、渓床の状況等を考慮して洗掘されるおそれのない安全な深さとするものとする。
- (3) 大型木製護岸工の基礎は、流水によって洗掘されやすいので、埋め戻しを十分に行い、その防止に努めるものとする。
- (4) 護岸工の基礎が流水によって洗掘されるおそれがある場合には、根固工、床固工、水制工を設けその防止を図る。この場合、木製構造物にできるものは、根固工と水制工である。

根固工

根固工は、自重と粗度により、水流に対して基礎洗掘を防止するものである。

その構造は柔軟なものでなければならない。木製構造物では木工沈床がよく用いられる。木工沈床は、丸太等で枠を作りその中に栗石等を入れて石が動かないように固定したもの。

水制工

水制工は、護岸の基礎の洗掘防止と、渓流の流心を渓岸から遠ざけ、流路を規制し、渓岸の侵食防止を図ることを目的とするもので、渓流幅の大きい箇所の屈曲部に用いることができる。木製構造物では一般に木工沈床や牛枠が用いられている。

梯子胴木

梯子胴木は、護岸工を軟弱な基礎の上に設けなければならない場合に、構造物自体を沈下や転倒を起こさないように構造物の下部を梯子状に丸太等を組組んで接地面積を多くして補強するものである。

杭打基礎

杭基礎は、治山ダムの杭基礎に準ずるが、護岸工の場合、荷重自体があまり大きくないのが一般的であり、杭長は治山ダムより短い。

3 流路工

流路工は、落差工、帯工及び護岸工により、流路を固定して乱流を防止するとともに、縦断勾配を規制して縦横侵食の防止を図ることを目的とし、上流端は原則としてダムに取りつけ、掘り込み方式とする。

また、流路工を計画する箇所は、上流が整備されており、土砂流出が少ないことが重要である。

木材が使用できるものは、落差工、帯工、両側護岸工及び底張工である。

(1) 落差工

落差工は、木製ダム工に準ずる。

(2) 帯工

帯工は、ダム工や落差工との間隔が長い場合に、流路工の固定と流路工の渓床を固定す

ることによって渓床勾配を維持し、護岸工の洗掘を防止することを目的とし、落差は設けないのが原則である。

帯工も、木材の使用にあたって落差工と同様の条件があるが、堤高が小さくかつ小規模であるため、落差工よりは若干使用条件は緩いが、木材の性質を熟知した上で計画する必要がある。

(3) 床版工

床版工は、ダムの木材使用における水叩工に準ずる。

(4) 水制工

水制工は、渓流の流心を漢岸から遠ざけ流路を規制し、渓岸の侵食防止又は護岸の洗掘防止を図ることを目的として、漢岸から突き出す施設であり、ある程度渓流幅が大きくなればかえって反対側の漢岸を侵食することがある。

木製構造物を用いた水制工は、護岸工の基礎の水制工に準ずる。

5 - 8 - 2 - 3 木製護岸工の型式

木製護岸工は、ある程度の土圧に対しても抵抗できるように木材による枠構造内部に石材等を充填した重力式構造体とし、形式は次のタイプから現地の条件により選定するものとする。

- 1 もたれ式
- 2 自立式

- 1 木製護岸工の形式には、もたれ式と自立式とがあり、護岸工の背面の地形・地質条件によって選定する。
- 2 設置箇所が護岸から離れる場合には、自立式を選定するものとする。
- 3 背面の地質条件が悪く、掘削面の安定が維持できないため掘削勾配を緩くする場合には、自立式を選定するものとする。

5 - 8 - 2 - 4 木製護岸工の断面

木製護岸工の断面は、構造物の安全を確保した上で経済的な断面とするものとする。

- 1 木製護岸工は、使用する木材の種類、部材の長さや径、中詰材の種類によって安定計算に用いられる許容応力度や荷重が異なることから、形式別に安定計算をおこない断面計算を決定するものとする。
- 2 木製護岸工の高さは、木製治山ダム工と同様に3m程度以下を標準とする。
- 3 木製護岸工の中詰材として石材を使用し、護岸背面の土砂が吸い出されるおそれがある場合、水裏側に吸い出し防止材を敷設するものとする。
- 4 木製護岸工を構成する木材が腐朽した場合、植生の根系による構造物の機能の代替を見込むことは困難であるが、できるだけ構造物の機能の低下を抑えるために背面及び全面に挿し木及び植栽による植生の導入を図るものとする。

5 - 8 - 2 - 5 木製護岸工の取付

木製護岸工の上下流端の地山への取付部は、流水による浸食を受けないよう配慮するものとする。

木製護岸工の取付部は流水により洗掘されやすい箇所であり、流水が護岸背面に流入し

た場合、護岸工の破損へとつながるおそれがあることから、溪岸の斜面勾配にあわせて地山になじむように隙間を玉石等で埋める必要がある。

5 - 8 - 2 - 6 木製護岸工の安定計算

木製護岸工の安定計算は、治山技術基準第2編第5章第3節3 - 3 - 5 - 2「土留工の安定性の検討」に準じて行うものとする。

大型木製護岸工の壁底が傾斜している場合、安定計算が困難であるため、便宜的に断面積の等しい仮想の矩形断面で安定計算を行ってよいものとする。

(1) 安定計算に用いる荷重

大型木製護岸工の安定計算に用いる荷重は、次のものとする。

木材自重

中詰材自重

背面土圧

(2) 壁面摩擦角

背面土の内部摩擦角 と同等とする。

(3) 安定性の検討

転倒に対する安定性の検討

抵抗モーメントが転倒モーメントの1.5倍以上あること。

活動に対する安定性の検討

活動に対する抵抗力の総和が水平力の総和の1.5倍以上あること。

護岸工本体の破壊に対する安定性の検討

護岸工本体の断面内に生ずる圧縮応力・引張応力が護岸工材料の許容応力度を超えないこと。

合力の作用位置がミドルサード内にあれば躯体内に引張応力が働かないため、躯体の破壊に対して安定である。

なお、もたれ式の場合、合力の作用の位置がミドルサードから山側に外れ、山側の地盤反力が極端に大きな値となることがある。このような場合では、裏込め土の地盤反力係数が基礎地盤の地盤反力係数に比べて著しく小さいとみなせば地盤反力はほぼ三角分布となる。

このように簡便化することにより、地盤反力の合力 P_E 、 Q_V 、 Q_H は力のつり合い条件のみで求めるものとする。

5 - 8 - 3 木製流路工

5 - 8 - 3 - 1 木製流路工の目的

木製流路工の目的は、治山技術基準第2編第4章第6節6 - 1「流路工の目的」に準ずるものとする。

流路工を木製構造物により築設する場合、その目的及び設計に関する考え方はコンクリート流路工と基本的に同じであるが、木製流路工は、景観保全・環境保全が重要な溪流では積極的に計画することが望ましい。

5 - 8 - 3 - 2 木製流路工の渓床

木製流路工は、両側に大型木製護岸工を設けるとともに渓床を整理して流路を確保するもので、渓床が浸食されるおそれのある場合には、渓床を保護するために木材を張って三面張り構造とするものとする。

木製流路工の場合の渓床の保護は、治山技術基準第2編第4章第6節6 - 4「流路工の渓床」に準じて行うものとする。

渓床に木材等を貼り付ける場合には、流心に対して平行、直角又は垂直に並べる方法があり、現地の浸食状況を考慮して決定するものとする。

5 - 8 - 3 - 3 木製流路工の断面及び護岸工の高さ

- 1 木製流路工の断面は、両側の護岸工及び渓床で構成した長方形又は台形とし、計画高水流量を安全に流下させることのできる断面とするものとする。
- 2 木製流路工を構成する護岸工の高さは、計画高水流量により算出した高さに余裕高を加えたものとする。

- 1 木製流路工の断面は、護岸工の流路幅によって決定される。流路幅は渓床幅等の現地の状況に制約されるので、高さは流量計算より求められる安全な断面に応じて決定するものとする。
- 2 木製流路工の流路断面に対する流路計算を行う場合には、木材の特性を考慮した上で粗度係数を決定するものとする。

(参考) 表 - 6 木材の粗度係数

	流路の材料と潤辺の状態	nの範囲	nの標準値
木材	素地	0.011 ~ 0.015	0.013
	小割板張り	0.012 ~ 0.018	0.015

木材の粗度係数は、板材、丸太材等の形状によって異なることから、設計に当たっては留意する必要がある。

5 - 8 - 3 - 4 木製流路工の勾配の変化点及び縦断形

木製流路工の計画勾配は、可能な限り変更はしないものとするが、計画する一定区間において渓床勾配が変化する場合は、原則として変化点に床固工を計画するものとする。

5 - 9 山腹工

5 - 9 - 1 山腹基礎工

木製構造物が用いられるものは、土留工、埋設工、水路工、暗きょ工、張工、法枠工、アンカー工である。

1 土留工

土留工は、不安定な土砂の移動の抑止、斜面勾配の修正、表面流下水の分散を図るほか、

他の工作物の基礎及び水路工等の支保とすることを目的とし、具体的には、

- (1) 崩積土及びのり切り土砂の安定
- (2) 斜面勾配の緩和
- (3) 水路、暗きょ工の基礎及び方向変換の支保
- (4) 表面流下水の分散となっている。

土留工は山腹工の基礎工であることから、ある程度の土圧に対して安定でなければならぬので、安定計算を行い、安定性を確認してから用いることとなるが、木材が腐朽しやすい性質から安定度を保たなくなった場合は、取替えるか又は土留工上流部等に植栽した樹木の根系によって、土留工が機能を失っても代替えできることが必要である。

2 埋設工

埋設工は、法切土量が著しく多く、その土砂が斜面に厚く堆積する場合、それが降雨等によって水を含むとバランスが崩れて崩落したり、滑動することが多いので、堆積土砂のせん断抵抗、摩擦抵抗を高めて、土砂の滑落、活動の防止、安定化を図ることを目的とする。

埋設工は、柵工タイプと土留工タイプがあり、木製構造物の場合は、柵工タイプが多い。即ち、堆積土砂の比較的浅い場合で土圧があまり掛からない場合に柵工タイプを用い、土圧が掛かる箇所は土留めタイプの土留工とするが、木製土留工では土圧に対処しきれないものが多く、一般には、コンクリート等で対処することが多い。

柵工の埋設工は、斜面に段切りを行い、階段により斜面のすべりに対する抵抗力を高めた上で、柵を階段ごとに設け、全体の移動を防止する。

埋設工は完全に地下に埋設するため、地表からは見えなくなる。

3 水路工

(1) 水路工の目的

水路工は、降雨又は湧水による斜面侵食の防止及び浸透による土の強度低下、間際水圧の増大を防止する目的を持っている。

水路工は、次の場合に設ける。

山腹施工地の区域内に湧水がある場合

山腹施工地周縁部から地表水が集中して流下する場合

山腹面が凹地形をなし、地表水が集中する場合

山腹の地質が地表水の侵食に弱い場合

暗きょ工で排水する水を、地表水として流下させる場合等で、木製水路は水量が少なく、比較的軽度な耐久性で十分な箇所に用いる。

(2) 水路工の種類

縦方向に台形状又は半円状に並べたもの(台形(円形)水路工)及び水路の両端に柵を作り、底盤を植生土のう又は丸太を敷きつめたもの(丸太柵水路工)。両者とも集水した水が再び地表面に浸透しないように、丸太と丸太の間を土等で埋めて漏水を防止する。

4 暗渠工

暗きょ工は地下水、浸透水を速やかに排除して、斜面地盤の含水比及び間隙水圧を低下させることを目的としている。

丸太暗渠工は、丸太を数本束ねて設置し、丸太と丸太の間隙が配水管の役目を持ち、地

下水等が流動するのを利用したもので、周囲に目詰まり防止用の繊維マットを巻き地下水の流動等を容易にしたものである。屈曲部や接合部から漏水しないように防水シート等を設ける必要がある。

5 張工

斜面の風化、侵食及び軽微なはく離、崩壊を防止することを目的とし、急傾斜で、岩石地帯等、緑化工の施工が困難な場合に用いるので、コンクリート構造物が多く、木製構造物では強度的に困難である。

なお、傾斜が緩く、土壌地帯の場合は、伏工で対応する。

6 法枠工

法枠工は、斜面が著しく急な場合又は土壌条件が悪く、法枠工によって全面的に被覆しなければ山腹斜面の安定が図られない場合に計画するものとし、緑化基礎工にある軽量法枠とは異なり、ある程度の土圧等に対して安全でなければならないので、山腹基礎工における法枠工は、原則的には木製構造物では対処しない。

7 アンカー工

アンカー工は、斜面の崩壊防止及び工作物の安定の確保を目的とするもので、斜面が著しく急な箇所や、地すべり性の崩壊地等で著しく背面の土圧が大きな箇所など、大きな荷重に対する必要があることから木製構造物では対処不可能である。

5 - 9 - 2 山腹緑化工

1 緑化基礎工

緑化基礎工には、柵工、筋工、伏工、軽量法枠工に木材を用いるものがある。

(1) 柵工

柵工は、山腹斜面の雨水の分散をはかり、地表侵食の防止、表土の流亡等を防止するとともに植栽木の良好な生育条件を造成することを目的としている。

柵工は、斜面の土圧が掛からない箇所に設けることを原則としており、土圧に対する抵抗性は考慮していない。柵は、等高線に平行に設置し、柵に使用する杭や壁材は、腐朽が早いので階段上や壁材の間にカヤなどの株や柳等の萌芽性の樹種を植え付けてそれらの根系によって背面の埋土を固定する必要がある。このような目的から柵の高さは50cm程度とする。

(2) 筋工

崩壊地等斜面の雨水の分散を図り、山腹の表面侵食を防止するとともに植生の生育環境を整え、早期導入を図ることを目的としている。従って筋工は柵工と同様に等高線と平行に設置しなければならない。

筋工は、階段部分の前側又は山腹斜面に筋状の植生を導入することによって階段の保護又は地表侵食を防止する。筋工と柵工との違いは、筋工は高さが低いものを数多く入れることにより、マサ等の表面侵食を起こし易い地質で地形が比較的緩い場合に多く用いられている。高さは、丸太二本程度とする。

(3) 伏工

山腹斜面が、降雨、凍上等による表土の侵食、崩落の防止、植生の発芽・生育環境の改善を目的に、木材を隙間がなくなるように丸太等を並べるものである。

他の張工と異なり、腐食すると丸太の間から植生が生育して、完全風化のときは既に草本、木本で緑化されていることが前提である。木材を用いた張工は、丸太伏工と同じ考え方で、植生の発芽、生育時に山腹斜面が降雨等の衝撃によって侵食、凍上を起こさないようにする場合に用いることができるが、丸太があまりに大きいと、発芽しても丸太と丸太の間にしか生育できず、斑ができるのであまり用いない。

(4) 植生工

植生工のうち木材が使用可能なものは、植栽木の支柱である。

近年、植栽木も中苗木、大苗木を使うようになってきたため、主として植栽初期に風による倒木等を防止するため、支柱が必要となる。

治山関係に用いる支柱は、1本柱の添え柱型が大部分で、少し大きいものは二脚鳥居形又は八つ掛形となる。

5 - 9 - 3 落石防止工

落石防止工は、人家に直接災害を及ぼす災害であり、保全対象が距離も特定される特徴がある。原因は、地震、降雨、凍結融解又は風等である。対策としては、落石予防工と落石防護工に分かれる。

(1) 落石予防工

落石予防工は、落石のおそれがある転石又は亀裂の多い露岩を除去又は固定し落石の発生を防止することを目的としている。木材を使用して落石予防工を行なうものは、一時的に仮設工事として、不安定な転石を支持する程度で、本格的な対策は腐朽及び強度の面から困難である。

(2) 落石防護工

落石防護工は、落石の発生源から保全対象に至る斜面や平地において落石を直接抑止することを目的としている。落石は加速度がついて、荷重が増大するため、木材を用いた防護工は危険であるので用いることはできないが、鋼製柵等の緩衝材としては、古タイヤ等に比して遜色はない。

ただし、緩衝材に何を使用しても時間とともに劣化が起きる。木材でも同様であり、劣化した場合は、交換が必要である。

5 - 10 海岸防災林造成

海岸防災林造成は、飛砂、潮風、波浪、高潮等による被害の防止又は軽減を目的として海岸砂地等に森林を造成するものである。

海岸防災林造成において、木材が使用できるものは、砂丘造成及び森林造成の工種がある。

5 - 10 - 1 砂丘造成

砂丘造成は、原則として砂丘により地形を整理して海岸からの風力の減殺及び均一化を図ることによって、飛砂の軽減及び砂地を固定し、植栽木の正常な生育に資することを目的とし、木材が用いられるのは、砂丘を造成する場合の堆砂垣、丘頂柵工、人工盛土の丘頂柵工及び防浪工である。

(1) 天然砂丘の造成

天然砂丘の造成は、海側から風送される砂が多い場合に計画するが、現在日本においては、このような海岸がほとんどないので、天然砂丘の造成は行われたい。

現在少しずつではあるが海岸の砂丘が戻りつつあり、この砂丘の造成が可能な場合は、堆砂垣を何段か入れて、砂丘を造成し、最後に造成した砂丘の頂部に砂丘の方向に水平に柵類（丘頂柵工）を埋め込み、丘頂を固定する。

（２）人工盛土（盛土工）

人工盛土工は、天然砂丘が期待できない場合及び保全対象等の関係から早急に砂丘を造成する必要がある場合に造成するもので、造成材料にもよるが風等により砂丘が破壊されるおそれがある場合には、造成した砂丘の頂部に砂丘の方向に水平に柵類（丘頂柵工）を埋め込み丘頂を固定する。

（３）防浪工

防浪工は、砂丘の海側の脚部に波浪により、侵食、破壊されるのを防止するために設けるもので、木材が使用できるものは、丸太柵工及び木工沈床に類するものである。

5 - 10 - 2 森林造成

森林造成は、海岸砂地に林帯を造成して飛砂、潮風等の害を防止又は軽減し、後背地の保全を図ることを目的とするものである。木材が用いられるのは、防風工、静砂垣工、水路工が挙げられる。

（１）防風工

海岸は、海からの強風、寒風、潮風、飛砂等があり、植物の生育には極めて条件が悪いので、物理的に防風施設を設けて植栽木や林帯を保護しなければならない。その保護施設として防風工を設置する。

（２）静砂垣工

海岸砂地での植栽木は、飛砂による害、塩害、寒風害、乾燥害等を受けやすいので、静砂垣工などを設けて植栽木の生育環境を整える必要がある。

（３）水路工

海岸防災林の存在する地域は、標高が低く、地下水が帯水し易い。地下水が帯水することによって植栽木の根系の発達が悪化されるので水路工を設けることがある。

5 - 11 防風林造成

防風林造成は、風害の防止又は軽減を目的として内陸部の風害地周辺に森林を造成するものである。

防風林造成において、木材が使用できるものは、防風工及び水路工が挙げられる。

（１）防風工

防風林を造成するところは、強風、寒風などの厳しい箇所が多く、植物の生育に極めて条件が悪いので、物理的に防風施設を設けて植栽木や林帯を保護しなければならない。その保護施設として防風工を設置する。

（２）水路工

地下水が帯水し易いところは、植栽木の根系の発達が悪化されるので水路工を設けることがある。

5 - 1 2 なだれ防止林造成

なだれ防止林造成は、なだれの発生、流下又はそのおそれのある箇所に予防施設を設置し、なだれの発生を予防するとともに、必要に応じて防護施設を設置して流下するなだれの方向を変換させ、あるいは、減勢、抑止して森林造成を行い、なだれの災害の防止又は軽減を図ることを目的とするものである。

なだれ防止施設に用いる木材の使用が可能なものは、予防施設の雪び予防工となだれ防止林に用いるグライド防止工である。

(1) 雪び予防工

雪び予防工は、雪びの崩落が誘因となってなだれが発生するおそれがある場合に柵等を設け、雪びの発達を抑制し、なだれの発生を予防することを目的とするものであり、風速を減少させて雪を堆積させる吹だめ柵、気流を収れんさせて風速を増し遠方に吹き飛ばす吹き払い柵がある。

(2) グライド防止工

グライド防止工は、積雪グライドによる植栽木の倒伏等の雪害を防止軽減するとともに植栽木の生育環境の改善を図ることを目的とし、単独では、十分な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。

木材を用いることのできる工種は

グライド防止木柵工

丸太枠工

木柵階段

杭工

である。

5 - 1 3 林道本体に係るもの

1 土留工、擁壁工、木柵工

切取斜面の安定又は盛土斜面の崩壊防止に用いる構造物で、壁工が比較的安く、土圧があまり大きくない場合に木製構造物を用いる。

構造は、丸太積工、木枠の中に栗石等を入れて自重を重くした木枠工、片のり枠工、井桁工及びのり尻等に行われる木柵工等種々の工種があるが、基本的には治山関係木製構造物に準ずる。

ただし、治山と異なって維持管理が比較的容易なため、腐朽に対しては、再構築、交換が比較的行いやすい。

2 法面の崩壊防止

法面の崩壊防止で、斜面の安定を図るもの。斜面緑化を行う緑化基礎工として、丸太筋工、木製法枠工等がある。

3 橋梁

木製橋梁、集成材を利用した橋梁

4 軟弱地盤対策

路盤工に木材を用いた軟弱地盤対策

5 側溝、横断工

排水施設に木材を用いた側溝、横断工

5 - 1 4 林道の災害防止に係るもの

1 自然災害に係るもの

林道を通行する場合に、落石、なだれ等自然災害を防止する施設であり、治山関係の落石防止施設、なだれ防止施設に準ずる。

2 交通事故防止に係るもの

ガードレール、視距確保としての丸太伏工

5 - 1 5 木製型枠パネル

1 主な設置工種

- (1) コンクリート床固工
- (2) コンクリート谷止工
- (3) コンクリート土留工
- (4) コンクリート擁壁工

2 木製型枠パネルの設置基準

型枠の搬入が困難な場合、構造が複雑で木製型枠パネルの使用が困難な場合など、使用できない特別な理由がある場合を除く全ての箇所

3 木製型枠パネルの施工方法

木製型枠パネルは、コンクリート構造物の全面(天端、放水路部分を除く)に施工し、脱型はしないものとする。

5 - 1 6 仮設工

治山工事の仮設工は数多くあるが、木材を使用したもので多いものは、崩壊又は落石防止の仮設工、作業ヤード、回排水の支保、足場等である。

第6章 施 工

6 - 1 総 説

木製構造物を設置する場合は、計画、設計に基づき、現地に適した施工を行うものとする。

木製構造物は、その目的を十分理解して、要求される性能や機能が満たされるように施工する必要がある。

6 - 2 木材の品質確保

使用する木材は、構造物の目的に適合した品質のものを選定するものとする。

- 1 使用する材料は丸太が多く、乾湿を繰り返す環境下に置かれるために、繊維方向に乾燥割れが入りやすい。一般に丸太の割れは、繊維方向の強度に大きな影響を与えないが、長期的には水分や腐朽菌の内部への浸透を許して、耐久性に影響を与える可能性がある。したがって割れの適否は、構造物の目的を考慮して判断するものとする。
- 2 契約図書において強度、含水率などの品質が指定されている場合は、必要な調査を行うなど、品質を確認する必要がある。
- 3 木製品を使用する場合は納品された木製品が、指定した品質、寸法であることを確認するものとする。
- 4 木材に付属するボルトや木ねじ等は、構造物の目的に合わせた適切な規格（大きさ）のものを用い、適切な位置に施工する必要がある。
また、中詰材を用いる場合は、その流出等により構造物の機能が損なわれないよう施工する必要がある。

6 - 3 防腐処理等の品質確認

防腐・防蟻処理を実施した木材は、必要な品質を満たしていることを確認するものとする。

防腐・防蟻処理した木材等を使用する場合は、使用した木材保存剤、処理方法、木材保存剤の浸透程度等について、確認するものとする。

なお、防腐・防蟻性能の明確な木材製品には、日本農林規格（JAS）製品、（財）日本住宅・木材技術センターによるAQ認証製品、（社）日本木材保存協会による処理木材認定製品がある。

6 - 4 出来形管理基準

木製構造物の出来形管理は、別に定める出来形管理基準により行うものとする。

木製品のうち、丸太材は原木からの採材条件によって径が異なる。また、加工材であってもその寸法精度はかなりのバラツキを示すことがある。さらに、水分の吸収・放出により断面寸法が変化することもある。

秋田県土木工事共通仕様書（平成22年4月1日以降適用）〔出来形管理基準〕による。

第7章 管理

7-1 総説

木製構造物の管理については、第4章4-5「木製構造物の取扱い」に基づき適正に行うものとする。

木材の腐朽等により機能が損なわれたと判断された場合には、計画の段階で決定した残置、撤去、更新の内容に基づき適正に対処するものとする。

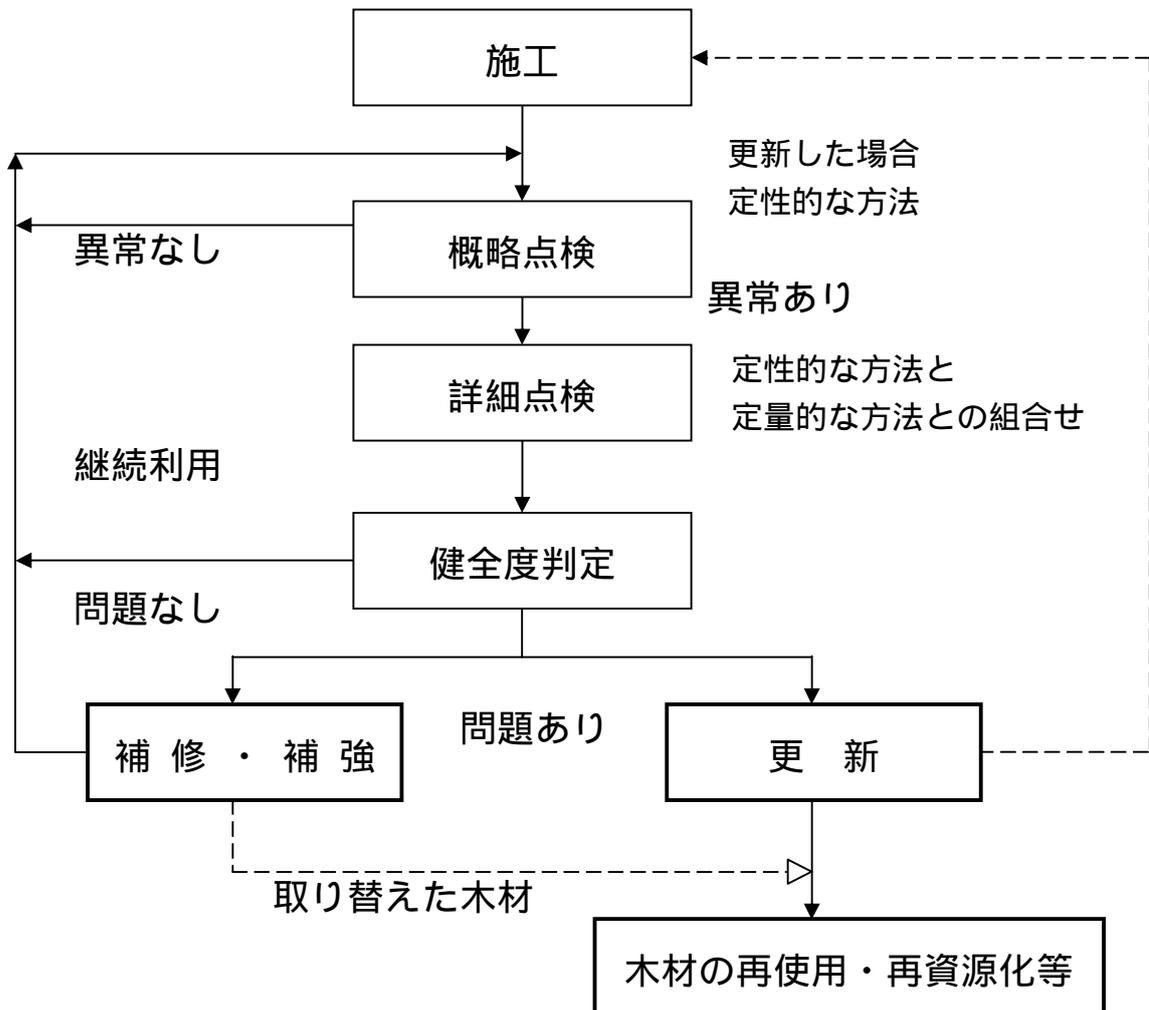
【参考資料1】 木製構造物の機能確保の方法（例）

木製構造物については、必要に応じて、施工後、木材の劣化等に対して定期的に点検を実施し、適切に対処することが望ましい。ここでは、木製構造物に関する点検方法の例を示す。

点検の方法は、図12に示すように大きく概略点検と詳細点検に分けて調査を行い、補修・補強や更新といった対策等の必要性を判断するものである。

まず、概略点検では、定性的な方法を用いて詳細点検の必要性を判断する。この結果、詳細点検の必要ありと判断された場合には、定性的な調査に加えて定量的な調査を行い、対策等の必要性を判断するものである。以下概略点検と詳細点検の内容について詳述する。

図-12 機能確保の概念



7 - 2 概略点検

(1) 概略点検の目的及び方法

概略点検は、施工後、継続的かつ定期的な、または災害が発生した場合等に異状の有無を確認するために行うものであり、木材を利用した構造物及び部材について、現地における目視、触診、打診等の定性的な調査方法により、木材劣化等により構造物としての機能が低下していないかを確認し、詳細点検の必要性を判断するものである。

なお、木材劣化の定性的な調査方法としては次のものがある。

目視

肉眼の観察により調査する。次のような腐朽等の兆候、損傷を調べる。

ア 部材の変色、変状

イ 部材の損傷

ウ 菌類の予実体の発生

エ 蟻道などの形跡

触診

指で触れて感触を調査する。腐朽していれば、軟らかい感触がする。腐朽を確認する場合は必要に応じて、錐・ドライバー等を突き刺して刺診により調査する。

打診

ハンマー等で叩いて調査する。腐朽していれば、健全な部位に比べて、鈍い音がし、反発が小さい。

(2) 概略点検の調査箇所

木材劣化を概略的に判断するため、全体的な概観や重要な部材、接合部等の腐朽が進みやすい箇所を重点的に調査するものとする。

(3) チェックリスト等の活用

概略点検にあたっては、チェックリスト等(表 - 9 参照)を用いて確実に点検を行うとともに、記録を残すものとする。

(4) 概略点検の判定

構造物としての機能低下が確認された場合は、速やかに詳細調査を行い適切に対処するものとする。

なお、概略点検における木材劣化の定性的な判断基準としては、木材の劣化の度合いを6段階の被害度で判定する方法がある。(表 - 9)

(5) 概略点検の頻度

概略点検は、定期的実施するが周辺で災害が発生した場合は、必要に応じて臨時的に実施する。

【実施例】 木材劣化の定性的な判定基準

観察による腐朽等の判定基準としては、木材の劣化の度合いを6段階の被害度で判定する方法がある。

表 - 1 木材劣化の定性的な判定基準

被害度	観 察 状 況
0	健全
1	部分的に軽度の腐朽等
2	全面的に軽度の腐朽等
3	2の状態に加え部分的にはげしい腐朽等
4	全面的にはげしい腐朽等
5	腐朽等により形が崩れる

7 - 3 詳細点検

(1) 概略点検の目的及び方法

詳細点検は、概略点検により構造物の機能低下等が確認され、詳細点検が必要であると判断された場合に行うものであり、再度、全体について概況を確認し、機能低下の要因と考えられる箇所等について詳細な調査を行い、構造物としての健全度を判定して補修・補強や更新といった対策等の必要性を判断する

(2) 詳細点検の方法等

木材劣化を判断するための調査は、目視・触診・打診等による定性的な調査と計測器具による定量的な調査を組み合わせるものとし、構造物の目的、構造物・部材の重要度、想定される腐朽の状況などに応じて、次の調査方法から適切なものを選定する。

定性的な方法

- a 目視による方法
- b 触診、打診等による方法

定量的な方法

a 打込抵抗法

ピン打込試験機を用いた非破壊試験である。所定の直径の鋼製ピンを一定のエネルギーで木材表面に打ち込み、その打込深さ（mm単位）を計測するもので、比較的簡易に計測が可能である。

これまでの研究で、打込深さは木材の曲げ強度と負の相関関係があり、劣化が進むと打込深さが大きくなる。腐朽厚が比較的小さい場合に有効である。

b 超音波伝播速度法

超音波試験機を用いた非破壊試験である。部材の両面に密着させた端子の一方から超音波の信号を発信し他方で受信して2点間の超音波の伝播速度を計測するが、部材の設置状況によっては計測できないこともある。

木材の曲げ強度と正の相関があり、劣化が進むと伝播速度は遅くなる。

c 応力波法

応力波試験機を用いた非破壊試験である。木材に差し込んだセンサーをハンマー

で打撃し、この信号を他方に取り付けたセンサーで測定して2点間の応力波伝播速度を計測するが、部材の設置状況によっては計測できないこともある。

d 穿孔抵抗法

穿孔抵抗試験機を用いる。ドリルを回転させて木材に貫入させ、穿孔抵抗を計測する。深さごとの穿孔抵抗の変化を波形で記録することなどにより、その穿孔抵抗からの腐朽部分の厚さ等が推定できる。

e 簡易穿孔抵抗法

木材に所定の大きさのガイド孔をあけ、トルク(回転モーメント)が計測可能なレンチ等を用いてネジをねじ込み測定する。

ネジの形状としては木ねじや成長錐を用いる方法が行われているが、森林土木木製構造物の現地測定では、ある程度径の大きな木ねじか成長錐(径9mm)を用いて行う方法が適している

f その他の方法

(3) 詳細点検の実施箇所

詳細調査は、腐朽しやすい箇所、構造上重要な箇所、前回の点検で腐朽が進行していると判断された箇所について、重点的に実施する。

(4) 詳細点検結果のとりまとめ

詳細点検を実施した結果は、健全度が判定できるように、調査結果を図表・写真等にとりまとめ、点検台帳等(表-12参照)に記録して保存しておくことが望ましい。

また、必要に応じて木製構造物の腐朽状況をとりまとめて、今後の計画・設計及び維持管理のための基礎資料とする。

7-4 健全度判定

(1) 判定の区分

健全度判定は、詳細点検の結果を総合的に判断した上で、部材及び構造物全体の劣化・損傷の度合、予測、問題点を把握して表-12に示すA~Eの5段階の健全度レベルを判定し、継続利用、更新、一部更新(補修・補強)等の必要な対処を決定するものとする。

(2) 詳細点検の頻度

健全度判定において、レベルC、D、Eと判定された場合又は施工後一定期間以上経過した場合は、詳細点検を定期的、継続的に実施するものとする。

レベル	健全度	対応
A	正常で機能上問題がない。	なし
B	ほぼ正常で機能上ほとんど問題がない。	特になし
C	軽度の異常があり、機能にやや問題がある。	状態を監視する(詳細点検を年1回以上実施する)。
D	異常があり機能に問題がある。	更新、補修・補強を検討し、必要に応じて、実施する。
E	強度の異常があり、機能に重大な問題がある。	すみやかに更新、補修・補強を実施する。

(別紙)

1 木製構造物管理基準(例)

(1) 目的

本基準は、木製構造物の木材劣化等を把握し、適切な維持管理を行うために定める。

(2) 適用範囲

本基準は、秋田県が管理する木製 工に適用する。

(3) 点検の時期

概略点検

施工後、 年後から 年に1回、概略点検を実施する。また、災害が発生した場合は、必要に応じて、概略点検を実施する。

詳細点検

概略点検で異常が発見された場合は、詳細点検を実施する。なお、健全度判定によりレベルC以上と判定された場合または、施工後 年以上経過した場合は、 年に1回以上、詳細点検を実施するものとする。

(4) 点検の方法

概略点検

チェックリストを用いて、目視等により点検を行うものとする。異常が見られた場合は、詳細点検を実施する。

詳細点検

目視等により点検を行うほか、 を用いて計測を行い、健全度を判定するものとする。なお、点検に際しては、腐朽しやすい箇所、構造上重要な箇所、前回の点検で腐朽が進行しているとされている箇所について、重点的に実施するものとする。

(5) 健全度判定と対応

詳細点検の結果を総合的に判断して、A～Eの5段階の健全度のレベルを判定し、必要な対応をとるものとする。

(6) 記録の方法

点検の結果は、点検台帳に記載して、保管する。

また、調査結果を記載した図面、状況写真も合わせて整理し、保管する。

なお、必要に応じて、木製構造物の腐朽状況を取りまとめて、今後の計画・設計及び維持管理のための基礎資料とする。

(7) 付則

本基準は、平成 年 月 日から、運用するものとする。

本基準は、蓄積された基礎資料の分析等により、必要に応じて改定するものとする。

2 点検台帳(例)

(1) 基礎データ

構造物の工種		最終的な取扱	残置・撤去・更新
構造物の名称			
溪流名・地区名			
施工箇所	市・郡	町・村	番地
溪床(斜面)勾配		集水面積	ha
構造物の諸元			
高さ	m	長さ	m
多段式の場合の全体の高さと段数			
天盤厚	m	堤底幅	m
木材の樹種		丸太の加工状況	
木材の寸法	(主要部材の末口径・長さを記載)		
防腐処理の有無	有・無	木材防腐剤の種類	
接合部の種類		詰石(詰土)の規格	
施工年月	平成 年 月 日	修繕年月	平成 年 月 日
点 検 履 歴			
区分	整理番号	点検年月日	総合判定等
概略点検・詳細点検			
関 係 図 面			
位置図・構造物全体の構造図(正面図、側面図、平面図)を添付			

3 概略点検チェックリスト(例)

整理番号		点検方法： 目視、触診を基本とするが、必要に応じて、ドライバーによる刺診、ハンマーによる打診を併用する。		
点検年月日	平成 年 月 日			
点検者				
点検項目		箇所(番号)	判定	コメント
構造物全体	変形・ずれ			
	破損・破壊			
木材の部材	変色・変状・異音			
	腐朽			
	蟻害			
	子実体の発生			
	損傷・摩耗・割れ			
	欠落・破損・折れ			
接合部 (金具)	さび・腐食			
	ゆるみ・ずれ・変形			
	欠損・欠落			
詰石(詰土)	ゆるみ・沈下・流出			
基礎部	異常な浸食・洗掘			
堆砂敷	異常な土砂堆積			
概略点検の総合判定		A ・ B ・ C ・ D ・ E		
詳細点検の必要性		無(A, B) ・ 有(C, D, E)		
構造図	構造物全体の構造図(正面図、側面図、平面図)に点検項目の判定がd, c, eである場合は、その箇所(番号)を記入する。			
写真	構造物全体の写真、点検項目の判定がc, d, eである場合は、その部分の拡大写真を貼付する。			

判定基準

判定	総合判定	内 容	木材劣化の定性的な判定基準	
a	A	健全・正常・良好	0	健全
b	B	ほぼ健全・ほぼ正常・ほぼ良好。 機能にほとんど問題がない。	1	部分的に軽度の腐朽等
c	C	軽い損傷・異常がある。機能にやや問題がある。	2	全面的に軽度の腐朽等
d	D	損傷・異常がある。機能に問題がある。	3	部分的に激しい腐朽等
e	E	強い損傷・異常がある。機能に重大な問題がある。	4,5	全面的にはげしい腐朽等、腐朽等により形がくずれる

オールウッドダム工安定計算書

1.設計条件

荷重条件	全土圧 + 越流水
下流面の壁勾配 1:K	K = 0.00
上流面の壁勾配	= 90.00 °
構造物の高さ	H = 3.00 m
	H1 = 1.50 m
	H2 = 2.00 m
構造物の天端厚	b = 1.80 m
構造物の下幅	L1 = 0.90 m
	L2 = 0.90 m
	L3 = 3.60 m
越流水深	h = 0.37 m
水の単位体積重量	= 11.80 kN/m ³
堆砂の単位堆積重量	= 18.00 kN/m ³
背面土砂の単位堆積重量	= 8.20 kN/m ³
湿潤線	= 1.50 m
堤体(湿潤線外)の単位堆積重量	= 7.30 kN/m ³
堤体(湿潤線内)の単位堆積重量	= -2.51 kN/m ³
堆砂の内部摩擦角	= 30.00 °
堆砂の土圧係数(ランキン式)	Ce = 0.333
構造物と基礎地盤との摩擦係数	f = 0.70
滑動に対する安全率	Fa = 1.00
転倒に対する安全率	e = 1/6 · B
許容地盤支持力	Qa = 100.00 kN/m ³

ランキン土圧係数の計算

$$C_e = \frac{1 - \sin(\quad)}{1 + \sin(\quad)} = \frac{1 - \sin(30.00)}{1 + \sin(30.00)}$$

$$= \underline{0.333}$$

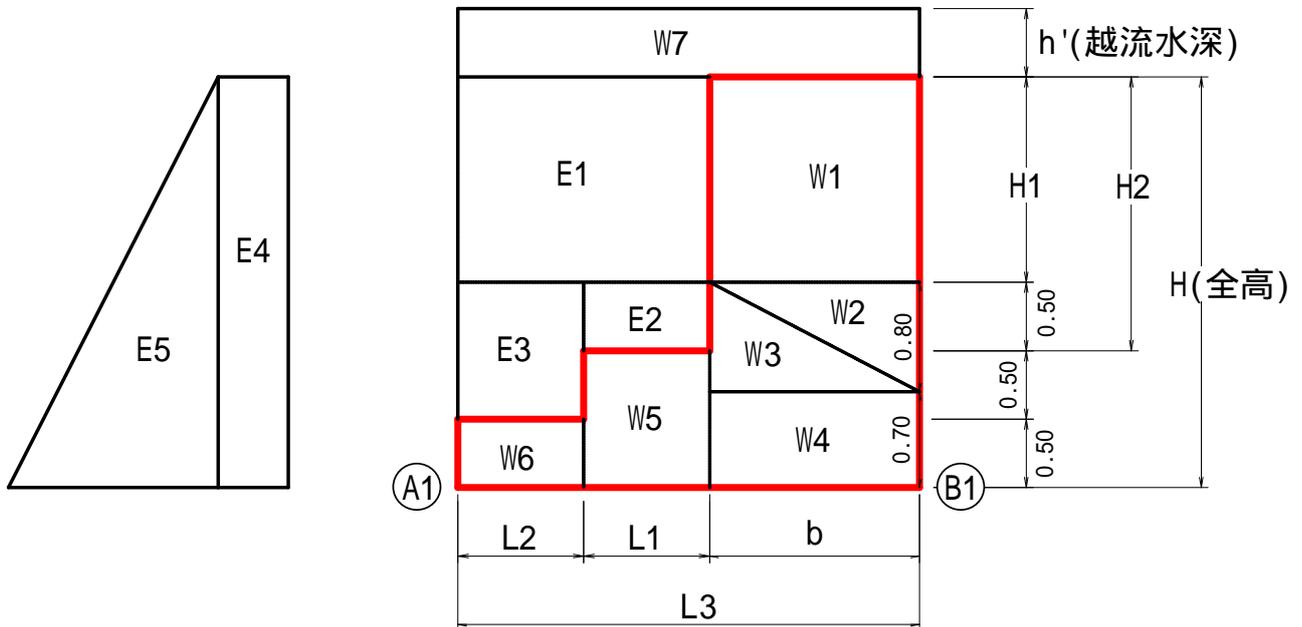
単位体積重量 木材の密度を0.8t/m³、組合せ木材の空隙率を7%とすると、

・堤体(浸潤線外)	7.30 kN/m ³ ……	[0.8 × (1 - 0.07) × 9.81 = 7.30]
・堤体(浸潤線内)	-2.51 kN/m ³ ……	[7.30 - (1.0 × 9.81) = -2.51]
・越流水	11.80 kN/m ³ ……	[1.2 × 9.81 = 11.77 11.80]
・背面土砂	8.20 kN/m ³ ……	[18.00 - 9.80 = 8.20]
・堆積土砂	18.00 kN/m ³ ……	[1.8 × 9.807 = 17.65 18.00]

1.1 堤底面(A1-B1面)

1.1.1 設計荷重の計算

(1) 鉛直力および水平力



h'	=	0.37
$H1$	=	1.50
$H2$	=	2.00
H	=	3.00
b	=	1.80
$L1$	=	0.90
$L2$	=	0.90
$L3$	=	3.60

$W1$	=	$1.50 \times 1.80 \times 7.30$	=	19.71	kN/m
$W2$	=	$1/2 \times 1.80 \times 0.80 \times 7.30$	=	5.26	kN/m
$W3$	=	$1/2 \times 1.80 \times 0.80 \times -2.51$	=	-1.81	kN/m
$W4$	=	$1.80 \times 0.70 \times -2.51$	=	-3.16	kN/m
$W5$	=	$0.90 \times 1.00 \times -2.51$	=	-2.26	kN/m
$W6$	=	$0.90 \times 0.50 \times -2.51$	=	-1.13	kN/m
$W7$	=	$0.37 \times 3.60 \times 11.80$	=	15.72	kN/m
$E1$	=	$1.80 \times 1.50 \times 17.70$	=	47.79	kN/m
$E2$	=	$0.90 \times 0.50 \times 7.90$	=	3.56	kN/m
$E3$	=	$0.90 \times 1.00 \times 7.90$	=	7.11	kN/m
$E4$	=	$0.37 \times 3.00 \times 11.80 \times 0.33$	=	4.32	kN/m
$E5$	=	$1/2 \times 3.00^2 \times 17.70 \times 0.33$	=	26.28	kN/m

(2) 転倒モーメントおよび抵抗モーメント

(a) 洪水時

表-1 転倒モーメントおよび抵抗モーメント計算表

区分	設計荷重(kN)		アーム長 (m)		抵抗モーメント $M_{RB}'(kN \cdot m)$	転倒モーメント $M_{OB}'(kN \cdot m)$
	鉛直力V	水平力H				
W1	19.71		$1.80 \times (1/2)$	= 0.90	17.74	
W2	5.26		$1.80 \times (1/3)$	= 0.60	3.16	
W3	-1.81		$1.80 \times (2/3)$	= 1.20	-2.17	
W4	-3.16		$1.80 \times (1/2)$	= 0.90	-2.84	
W5	-2.26		$1.80 + 0.90 \times (1/2)$	= 2.25	-5.09	
W6	-1.13		$2.70 + 0.90 \times (1/2)$	= 3.15	-3.56	
W7	15.72		$3.60 \times (1/2)$	= 1.80	28.30	
E1	47.79		$1.80 + 1.80 \times (1/2)$	= 2.70	129.03	
E2	3.56		$1.80 + 0.90 \times (1/2)$	= 2.25	8.01	
E3	7.11		$2.70 + 0.90 \times (1/2)$	= 3.15	22.40	
E4		4.32	$3.00 \times (1/2)$	= 1.50		6.48
E5		26.28	$3.00 \times (1/3)$	= 1.00		26.28
	90.79	30.60			194.98	32.76

(b) 常時

表-2 転倒モーメントおよび抵抗モーメント計算表

区分	設計荷重(kN)		アーム長 (m)		抵抗モーメント $M_{RB}'(kN \cdot m)$	転倒モーメント $M_{OB}'(kN \cdot m)$
	鉛直力V	水平力H				
W1	19.71		$1.80 \times (1/2)$	= 0.90	17.74	
W2	5.26		$1.80 \times (1/3)$	= 0.60	3.16	
W3	-1.81		$1.80 \times (2/3)$	= 1.20	-2.17	
W4	-3.16		$1.80 \times (1/2)$	= 0.90	-2.84	
W5	-2.26		$1.80 + 0.90 \times (1/2)$	= 2.25	-5.09	
W6	-1.13		$2.70 + 0.90 \times (1/2)$	= 3.15	-3.56	
W7						
E1	47.79		$1.80 + 1.80 \times (1/2)$	= 2.70	129.03	
E2	3.56		$1.80 + 0.90 \times (1/2)$	= 2.25	8.01	
E3	7.11		$2.70 + 0.90 \times (1/2)$	= 3.15	22.40	
E4						
E5		26.28	$3.00 \times (1/3)$	= 1.00		26.28
	75.07	26.28			166.68	26.28

1.1.2 安定性の照査

(1) 洪水時

1) 滑動

$$\begin{aligned} \text{滑動に対する安全率 } F &= f \times V / H \quad F_a = 1.00 \\ &= 0.70 \times 90.79 / 30.60 = 1.00 \quad 2.08 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

2) 転倒

前趾端B1から合力の作用点までの距離をxとおくと、

$$\begin{aligned} x &= (M_{RB'} - M_{OB'}) / V \quad B / 3 = 1.20\text{m} \\ &= (194.98 - 32.76) / 90.79 \\ &= 1.79\text{m} > 1.20\text{m} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{偏心距離 } e &= (B / 2) - x \quad B / 6 = 0.60\text{m} \\ &= (3.60 / 2) - 1.79 \\ &= 0.01\text{m} < 0.60\text{m} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

3) 基礎地盤反力

$$\begin{aligned} P &= (V / B) \times \{1 \pm (6e / B)\} \\ &= (90.79 / 3.60) \times \{1 \pm (6 \times 0.01 / 3.60)\} \\ &= 25.22 \times (1 \pm 0.02) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 25.72 \text{ kN/m}^2 < 100 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{OK} \\ P_2 &= 24.72 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

(2) 常時

1) 滑動

$$\begin{aligned} \text{滑動に対する安全率 } F &= f \times V / H \quad F_a = 1.00 \\ &= 0.70 \times 75.07 / 26.28 = 1.00 \quad 2.00 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

2) 転倒

前趾端B2から合力の作用点までの距離をxとおくと、

$$\begin{aligned} x &= (M_{RB'} - M_{OB'}) / V \quad B / 3 = 1.20\text{m} \\ &= (166.68 - 26.28) / 75.07 \\ &= 1.87\text{m} > 1.20\text{m} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{偏心距離 } e &= (B / 2) - x \quad B / 6 = 0.60\text{m} \\ &= (3.60 / 2) - 1.87 \\ &= -0.07\text{m} < 0.60\text{m} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

3) 基礎地盤反力

$$\begin{aligned} P &= (V / B) \times \{1 \pm (6e / B)\} \\ &= (75.07 / 3.60) \times \{1 \pm (6 \times -0.07 / 3.60)\} \\ &= 20.85 \times (1 \pm -0.12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 18.35 \text{ kN/m}^2 < 100 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{OK} \\ P_2 &= 23.35 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

型木製ダム工安定計算書

変形 型安定計算

1 治山ダム規模及び基礎条件

越流水深	0.42 m	天端厚	2.00 m	積む段数 =	8
摩擦係数	0.5	ステップ幅	0.4 m	伸ばす段数	5
地盤支持力	200 KN	全高	2.72 m		
		堤敷幅(B)	4.00 m		

デフォルトでは下から3段分は同じ長さの縦材となっています(Ver.1.0.0と同じ断面)。

2 基本単位体積重量

水の単位体積	0=	11.8 KN/m3
中詰石の単位体積	s=	17.7 KN/m3
木材の単位体積	k=	7.3 KN/m3

3 使用する木材のサイズ(デフォルトでは京都府で標準としている規格です)

使用材幅	0.2 m	(使用木材の平均径)
材加工高さ	0.17 m	(タイコ挽き高さ)
材断面積	0.029 m2	(タイコ挽き断面積)

材積断面のデフォルト値である0.029の計算方法は「木製治山ダム設計マニュアル」参照

4 木製治山ダム単位体積重量の算定

流れに垂直方向の長さ =	6.0 m
--------------	-------

便宜上、秋田県では京都府と同様6mとしています。

堤体本体部体積

$$6.00 \{ 2.72 \times 2.00 + 0.40 \times (2.38 + 2.04 + 1.70 + 1.36 + 1.02) \}$$

$$= 53.04 \text{ m}^3$$

木材体積 総延長 X 断面積

$$972.00 \times 0.0290$$

$$= 28.188 \text{ m}^3$$

中詰石体積

$$53.040 - 28.188$$

$$= 24.852 \text{ m}^3$$

体積比率

木材 =	0.531
中詰 =	0.469

区間	高さ	幅	断面積	縦木長さ
A	2.72	2.00	5.440	2.00
B	2.38	0.40	0.952	2.40
C	2.04	0.40	0.816	2.80
D	1.70	0.40	0.68	3.20
E	1.36	0.40	0.544	3.60
F	1.02	0.40	0.408	4.00
G	0.68			4.00
H	0.34			4.00
I				
J				
計		4.00	8.840	26.00

横木(総延長)	縦木(一段当り)	延長
192 m	30 本	780
総延長		
972		

平均単位体積重量	12.173 KN/m3
----------	--------------

5 荷重合計

		垂直力(V)	水平力(H)	アーム長(X)	アーム長(Y)	抵抗モーメント(MV)	転倒モーメント(MH)
自重	D1	66.221		3.0		198.6630	
	D2	11.589		1.8		20.8602	
	D3	9.933		1.4		13.9062	
	D4	8.278		1.0		8.2780	
	D5	6.622		0.6		3.9732	
	D6	4.967		0.2		0.9934	
	D7	0.000		0.0		0.0000	
	D8	0.000		0.0		0.0000	
	D9	0.000		0.0		0.0000	
	D10	0.000		0.0		0.0000	
	D	107.610		2.2923		246.6740	
水圧	W1	9.912		3.0		29.7360	
	W2	1.982		1.8		3.5676	
	W3	1.982		1.4		2.7748	
	W4	1.982		1.0		1.9820	
	W5	1.982		0.6		1.1892	
	W6	1.982		0.2		0.3964	
	W7	0.000		0.0		0.0000	
	W8	0.000		0.0		0.0000	
	W9	0.000		0.0		0.0000	
	W10	0.000		0.0		0.0000	
	W	19.822		2.0001		39.6460	
土圧	E1		4.489		1.3600		6.105
	E2		21.803		0.9067		19.7681
	E		26.2920				
合計		127.4320	26.2920			286.3200	25.8731

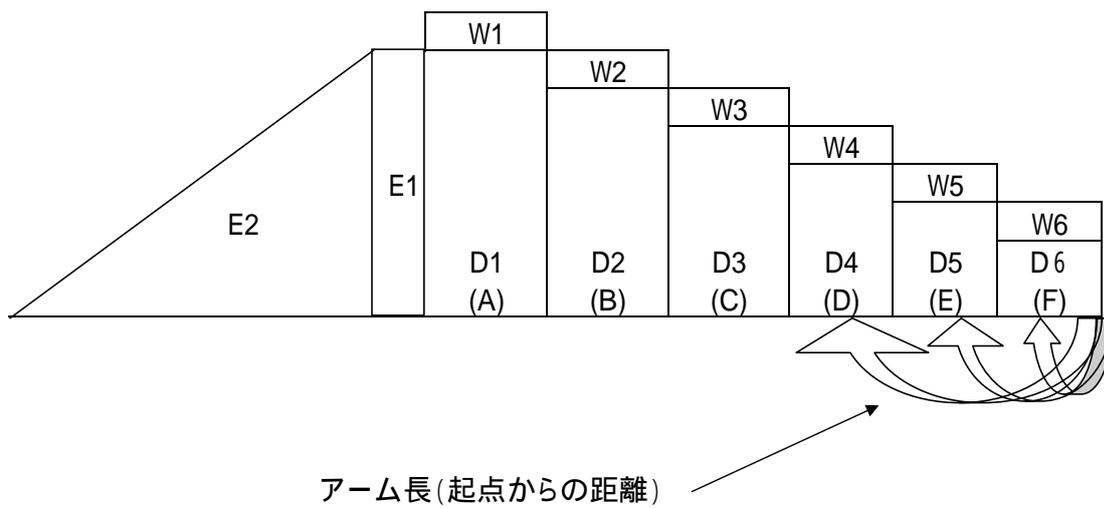
V
区間幅 × 区間高さ × 平均単位体積重量

X
区間のアーム長

W
区間幅 × 越流水深 × 水の単位体積重量

H
H1: 越流水深 × 水の単位体積重量 × 堤体の高さ × 土(土圧係数:0.333)
H2: 堤体の高さの2乗/2 × 土の単位体積重量 × 土圧 (土の単位体積重量:17.7KN)

Y
Y1: 堤体の高さ/2
Y2: 堤体の高さ/3



安定性の検討

1 滑動 安全率 1.0

$$\text{滑動係数} \quad f \cdot \frac{V}{H} = 2.423398752$$

$$1 < 2.4234 \cdots \quad \text{OK}$$

2 合力の作用位置

最前端から合力の作用点までの距離(X)

$$X = (M_V - M_H) / V = 2.043810817$$

偏心距離(e)

$$e = B/2 - X = -0.04381082$$

$$B/6 = 0.6667 > 0.0438 \cdots \quad \text{OK}$$

3 基礎地盤反力

$$P = V/B \times (1 \pm 6e/B)$$

$$127.43/4.00 \times (1 \pm 6 \times -0.044/4.00)$$

$$P1 \quad 29.764 < 200 \cdots \quad \text{OK}$$

$$P2 \quad 33.952 < 200 \cdots \quad \text{OK}$$

ハイブリッドダム工安定計算書

1.設計条件

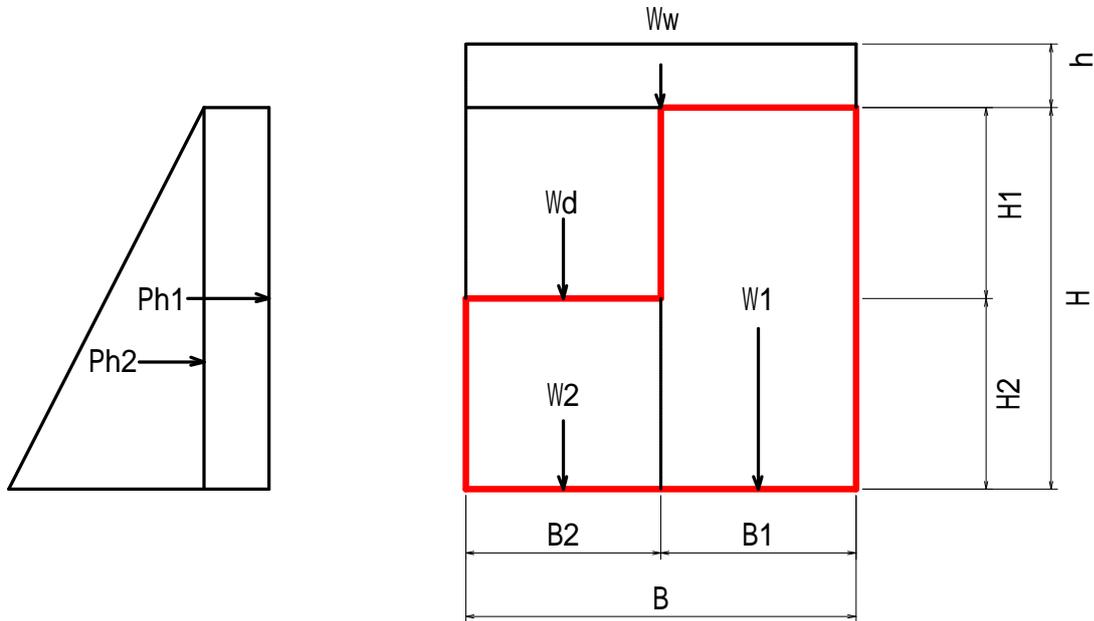
荷重条件	全土圧 + 越流水
下流面の壁勾配 1:K	K = 0.00
上流面の壁勾配	= 90.00 °
構造物の高さ	H = 3.00 m
	H1 = 1.50 m
	H2 = 1.50 m
構造物の天端厚	b = 1.50 m
構造物の下幅	B = 2.50 m
	B1 = 1.50 m
	B2 = 1.00 m
越流水深	h = 0.37 m
水の単位体積重量	w = 11.80 kN/m ³
堆砂の単位堆積重量	Ws = 18.00 kN/m ³
堆砂の内部摩擦角	= 30.00 °
堆砂の土圧係数(ランキン式)	Ce = 0.333
中詰材の単位堆積重量	s = 11.50 kN/m ³
構造物と基礎地盤との摩擦係数	f = 0.60
滑動に対する安全率	Fa = 1.50
転倒に対する安全率	e = 1/6 · B
許容地盤支持力	Qa = 100.00 kN/m ³

ランキン土圧係数の計算

$$\begin{aligned}
 C_e &= \frac{1 - \sin(\quad)}{1 + \sin(\quad)} = \frac{1 - \sin(30.00)}{1 + \sin(30.00)} \\
 &= \underline{\underline{0.333}}
 \end{aligned}$$

2.荷重計算

1 設計断面



2 外力・自重および載荷重の計算

$$\begin{aligned} Ph1 &= w \times h \times H \times Ce \\ &= 11.80 \times 0.37 \times 3.00 \times 0.333 &= 4.36 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ph2 &= 1/2 \times w \times H \times H \times Ce \\ &= 1/2 \times 11.80 \times 3.00 \times 3.00 \times 0.333 &= 17.68 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W1 &= s \times B1 \times H \\ &= 11.50 \times 1.50 \times 3.00 &= 51.75 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W2 &= s \times B2 \times H2 \\ &= 11.50 \times 1.00 \times 1.50 &= 17.25 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Wd1 &= Ws \times H1 \times B2 \\ &= 18.00 \times 1.50 \times 1.00 &= 27.00 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ww1 &= w \times B \times h \\ &= 11.80 \times 2.50 \times 0.37 &= 10.92 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

3. 重力式構造物としての検討

1 転倒および抵抗モーメントの計算

区分	荷重 (KN/m)		アーム長 (m)	モーメント (KN・m/m)	
	水平力 H	垂直力 V		転倒 Mo	抵抗 Mr
Ph1	4.36		1.500	6.54	
Ph2	17.68		1.000	17.68	
W1		51.75	0.750		38.81
W2		17.25	2.000		34.50
Wd1		27.00	2.000		54.00
Ww1		10.92	1.250		13.65
	22.04	106.92		24.22	140.96

抵抗モーメント=水平力×モーメントアーム長

抵抗モーメント=垂直力×モーメントアーム長

2 滑動、転倒、地盤支持力の検討

1) 滑動に対する検討

$$F_s = \frac{f \times V}{H} = \frac{0.60 \times 106.92}{22.04} = 2.91 \quad F_a = 1.50 \dots 0K$$

2) 転倒に対する検討

構造物の前跡より合力の作用点までの距離

$$X = \frac{Mr - Mo}{V} = \frac{140.96 - 24.22}{106.92} = 1.09 \quad m$$

偏心距離

$$e = 1/2 \times B - X = 1/2 \times 2.50 - 1.09 = 0.16 \quad 1/6 \times B = 0.42 \dots 0K$$

3) 地盤支持力の検討

$$F_s = \frac{V}{B} \times \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right)$$

$$= \frac{106.92}{2.50} \times \left(1 \pm \frac{6 \times 0.16}{2.50} \right)$$

$$= 59.19 \text{ KN/m}^2 \quad , \quad 26.35 \text{ KN/m}^2$$