

第5章 設 計

5.1 設計の基本

本設計は、マックスウォール工法を用いた盛土高さ 5m 以下の土留め構造物、仮護岸工および止水壁工などの仮設工事に対して適用する。

マックスウォールの積層工法（段積み）の設計にあたっては、原則として想定される作用に対して要求性能を満足することを照査する。

【解説】

(1) 断面の設定

マックスウォール工法の設計の基本的な考え方はマックスウォールを段積みする場合、積み上げた部分を疑似擁壁として考え、重力式もたれ擁壁の安定性についての照査方法で安定性についての照査を行う。積み上げ形状については下に示す事項を原則とする。

- ・ $H \leq 3\text{m}$ のとき段積み勾配 $1 : \alpha$ は、5 分より緩い勾配で設定すること。
- ・ $3 < H \leq 5\text{m}$ のとき段積み勾配 $1 : \alpha$ は、1 割勾配で設定すること。
- ・ 上載盛土の高さは 1m 程度で設定すること。
- ・ マックスウォール側壁に走行車両の影響を及ぼさないために 50 cm 程度の保護路肩を設けること。

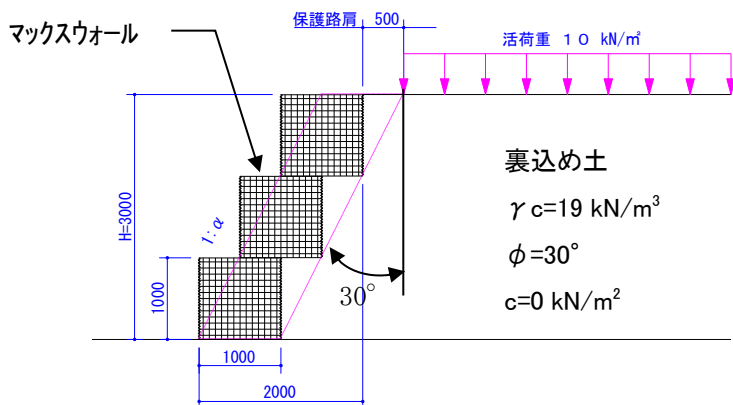


図-5.1.1 $H \leq 3\text{m}$ の段積み形状図

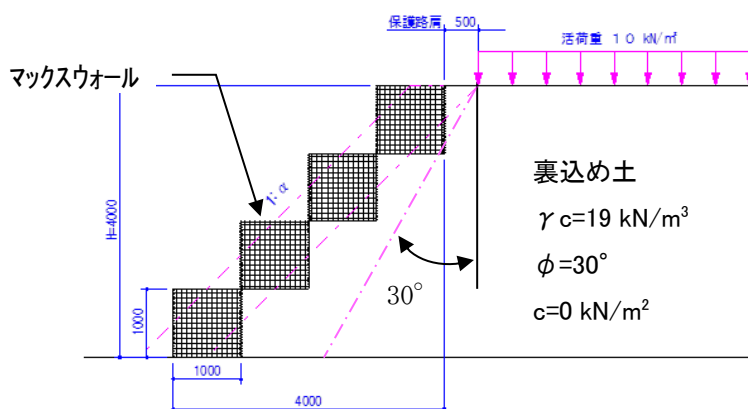
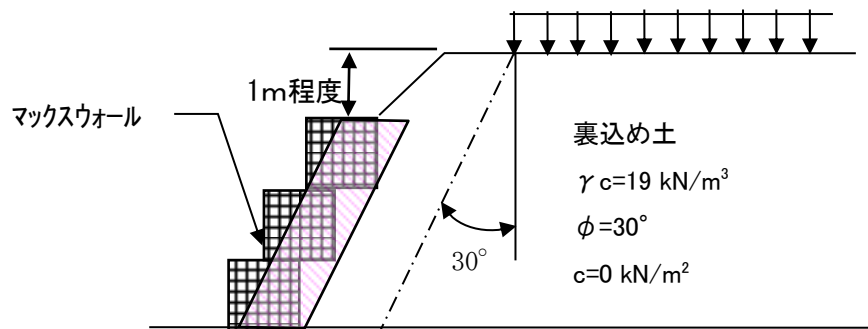


図-5.1.2 $3 < H \leq 5\text{m}$ の段積み形状図



$H \leq 3\text{m}$ （上載盛土あり）の段積み形状図

※上載盛土の高さは1m程度とする

図-5.1.3 検討断面

(2) 設計の考え方

構造物の設計にあたっては、原則として使用目的との適合性、構造物の安全性について後述の「5.2 設計に用いる荷重」に示す想定される作用に対して構造物が「5.5 安全率および許容値」に示す要求性能を満足することを照査する。

1) 設計の方法

マックスウォール工法の設計は、考慮しなければならない荷重に対して次に示す項目について照査し必要な性能を満足させなければならない。

①安定性検討（滑動、転倒、支持力に対する安定性検討）

安定性検討は、積層したマックスウォールを一体とした仮想的な構造物とみなし、滑動、転倒ならびに支持力の検討により構造物の安定性を照査する。

②構造細目

構造細目ではマックスウォール工法を計画する場所の立地条件、施工条件を考慮したマックスウォール工法の基礎工や根固め工、排水工等について検討する。

5.2 設計に用いる荷重

- (1) マックスウォール工法の設計にあたっては、設置場所において想定される荷重およびその組み合わせを十分に考慮して設計しなければならない。
- (2) 考慮する荷重の組み合わせは、同時に作用する可能性が高い荷重の組み合わせのうち、最も不利な条件を考慮して設定する。

【解説】

(1) 設計に用いる荷重

マックスウォール工法の設計において考慮する荷重は以下のとおりとする。

- ① 自 重
- ② 上載荷重
- ③ 土 圧
- ④ 水 圧
- ⑤ 流速（流体力）
- ⑥ 雪荷重

なお、本工法は仮設構造物に適用するため、地震の影響については考慮しない。また、衝突荷重や風荷重等についてはこれらの荷重が構造体に影響を与えない構造とすること、あるいは構造体に直接付帯構造物を設置しないこととし考慮しないものとする。

(2) 荷重の組み合わせ

河川等への仮締切工の立地に際しては、構造体の設置地点の実情に応じて流速による流体力を考慮する必要がある。考慮する荷重は構造体の設置地点の諸条件や構造形式などによって適時選定し、適切に組み合わせ、想定する範囲内で構造体が最も不利となる状態で作用させるものとする。

5.2.1 自重

マックスウォールの自重は中詰め材料の土質条件を考慮するとともに、材料の単位体積重量を適切に評価して設定する。

【解説】

(1) マックスウォール工法の自重

マックスウォール工法の自重は、鋼製枠、連結材、こぼれ止め防止シート、中詰め材からなるが、中詰め材の重量に比較してその他の材料の重量は極めて小さいことから考慮する自重は中詰め材料の重量のみとする。

表-5.2.1 中詰め材の種類および単位体積重量

中詰め材の種類	単位体積重量 (kN/m ³)
栗 石	20.0
礫 質 土	19.6
砂 質 土	18.6

(2) 水中部分の自重の低減について

マックスウォールを河川等の水際や地下水以下に設置する場合は、マックスウォールの中詰め材の自重を水中重量とすることにより自重の低減を考慮する。

マックスウォール工法を水位の変動が著しい箇所では計画する場合、マックスウォールの自重は最も不利になるように載荷させる。例えば、滑動や転倒に対する安定を照査する場合には水中重量による自重を考慮して検討を行い、支持に対する安定性を照査する場合には空中重量を考慮するなど安全側の検討条件で照査する場合がある。

5.2.2 載荷重

マックスウオール工法で構築する構造体の上部に道路を設ける場合には、自動車等の車両による荷重を考慮する。

【解説】

載荷重は、マックスウオールに作用する土圧に影響することから構造体の上部に道路を設ける場合には、自動車等の車両による活荷重としての載荷重を考慮しなければならない。なお、自動車等の車両による活荷重として考慮する載荷重は、 10 kN/m^2 を用いるものとする。重機等による特殊な工事用車両を考慮する場合には別途適切な載荷重の大きさ設定する。

地盤表面に作用する応力は土中では分散される。この土中応力の算定式は例えば次式のような慣用計算法※が示されている。

$$\sigma_z = \frac{qBL}{(B + 2z \tan \theta)(L + 2z \tan \theta)}$$

ここに

σ_z : 載荷荷重に基づく地盤内の深さ z における垂直応力の増分

B : 荷重の幅のうち短辺、 L : 荷重の幅のうち長辺

θ : 分散角度。一般には 30° と見なしてよい。

q : 載荷荷重

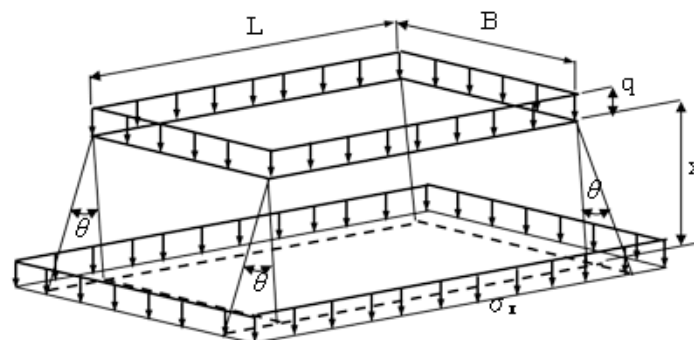


図-5.2.1 土中応力の近似計算

5.2.3 土圧

設計に用いる土圧は背面土の土質条件、施工条件、構造体を含む地形形状等を考慮して適切に設定しなければならない。

【解説】

土圧はマックスウォール工法の安定性を評価するうえで重要な荷重であり、マックスウォール工法で構築される構造体の滑動、転倒、基礎地盤の支持力、盛土全体のすべり安定などの検討が含まれる。マックスウォール工法の設計に用いる土圧は、土質条件、施工条件、構造体を含む地形形状等を考慮して適切に設定しなければならない。

構造体の安定性の照査に用いる土圧は図-5.2.2に示すように最下段と最上段の背面を結んだ勾配を仮想背面とし、この面に主働土圧が作用するものとする。土圧の算出は原則として試行くさび法により求めるものとする。なお、仮想背面における壁面摩擦角 δ は、土圧作用面の状態を土と土との境界面とし、 $\delta = \phi$ （裏込め材の内部摩擦角）とする。

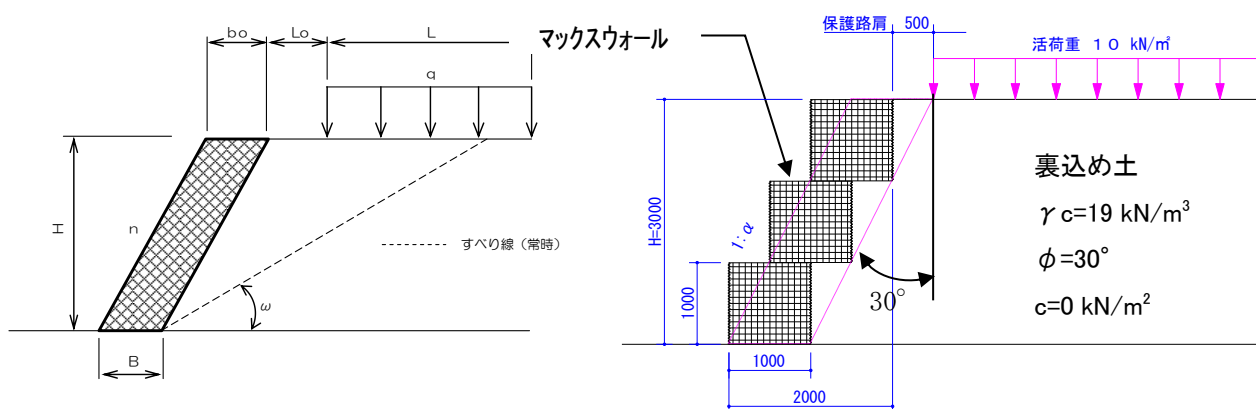


図-5.2.2 土圧の検討モデル図

①切土のり面が安定していると判断される場合には裏込め土のみによる主働土圧を考慮すればよいが、この場合、通常の盛土部擁壁における主働土圧と比較してその値は切土のり面等の位置や勾配、粗度、排水状態等によって大きくなることもある。この場合、切土部土圧の大きさは切土のり面等における壁面摩擦角 δ' によってかなり影響されるので、 δ' の値は慎重に決定しなければならない。

②切土のり面等の長期的な安定が確保できない場合は、切土のり面等を含んだ全体について主働土圧を検討する必要がある。

5.2.4 水 圧

水位に対する作用として、水圧を考慮する。水圧は地盤条件や水位の変動等を考慮して適切に設定する。

【解説】

マックスウォール工法が図-5.2.3に示すように、地下水水位以下や河川の水際に設置される土留め構造物、仮護岸工あるいは仮締切工のように構造物の前後で水位差が生じるような場合には、この水位差に伴う水圧を考慮しなければならない。また、地形や立地状況に応じて地下水や降雨における裏込め土や背面盛土内への浸透水による水圧を考慮する。

考慮する水圧は地盤条件や水位の変動等を考慮して適切に設定するものとする。

なお、水圧は次式を用いて算出する。

$$P_w = \gamma_w \times h$$

ここに、 P_w ：水面より深さ h における静水圧（ kN/m^2 ）

γ_w ：水の単位体積重量（ 9.8 kN/m^3 ）

h ：水面からの深さ（ m ）

各段に水圧を作用させ、滑動についての安定性の照査を行う。



写真-5.2.1 水際での使用例

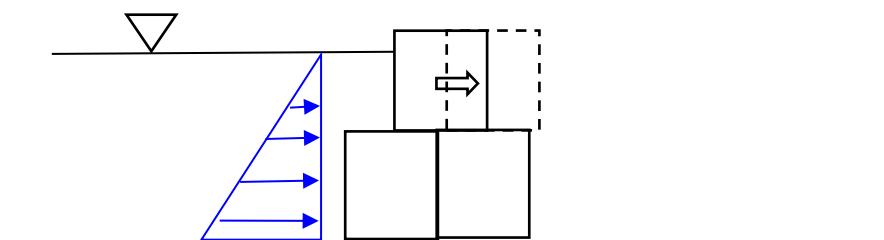


図-5.2.3 水圧の検討モデル

5.2.5 流速（流体力）

河川等に適用する場合には、構造体の設置地点に応じて、流速、水深、単位体積重量を適切に設定し、流体力を考慮する。

【解説】

流速による流体力が構造体に作用する場合には必要に応じて構造体の滑動、転倒に対する安全性を検討する必要がある。

流体力を考慮する必要性がある河川等に適用する場合には、構造体の設置地点に応じて、流速、水深、単位体積重量を適切に設定し流体力を考慮する。

河川流による流体力は、式—5.2.1により算出する。

流体力を算出し、流体力に対しての安定性を照査する。

$$D = (1/2 g) \times \rho_w \times A_D \times C_D \times V_d^2 \quad \text{-----} \quad 5.2.1$$

ここに、D：単位幅当りの流体力（抗力）（kN/m）

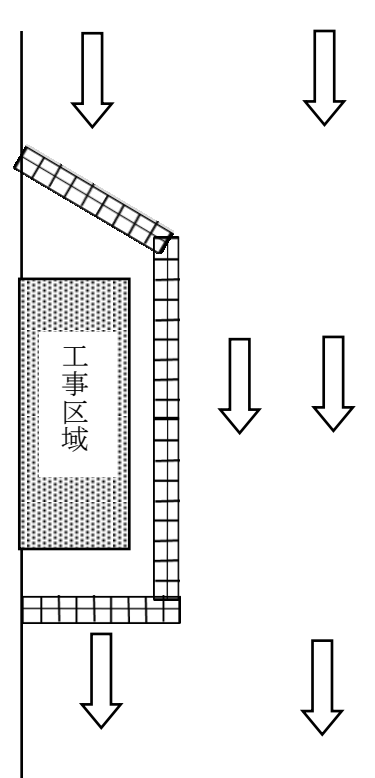
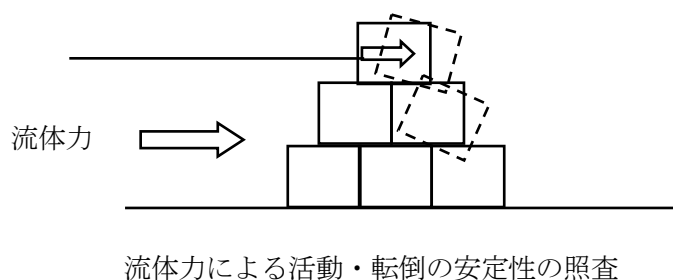
g：重力加速度（m/s²）

ρ_w ：水の密度（g/cm³）

A_D ：抗力に対する投影面積（m²/m）

C_D ：抗力係数（=1.0 とする）

V_d ：近接流速（m/s）



流体力検討モデル図（河川の流れ）

図-5.2.4 流体力の検討モデル

5.2.6 雪荷重

雪荷重を考慮する必要がある地方においては、構造体の設置地点の実状や管理状況に応じて雪荷重を適切に設定する。

【解説】

雪荷重を考慮する必要がある地方においては、構造体の設置地点や道路管理の状況に応じ、盛土上の載荷重として雪荷重を適切に設定する。

雪荷重は式 5.2.2 により算出する。

$$S_w = \gamma_s \times Z_s \text{-----} \quad 5.2.2$$

ここに、 S_w ：雪荷重（ kN/m^2 ）

γ_s ：雪の平均単位体積重量（ kN/m^3 ）

Z_s ：設計積雪深（ m ）

雪の平均単位体積重量は地方や季節等により異なるが、多雪地帯においては一般に 3.5 kN/m^3 とする。また設計積雪深さは、通常の場合には設置地点における再現期間 10 年に相当する年最大積雪深を考慮する。また、車両が圧縮された雪の上を通行する場合には、規定の載荷重の他に雪荷重として 1.0 kN/m^2 （圧縮された雪で 15cm 厚）を考慮する。

5.3 土の設計諸定数

土の設計諸定数は原則として土質試験および原位置試験等の結果を総合的に判断し、施工条件等も十分に考慮して設定する。

【解説】

マックスウォール工法の設計にあたっては裏込め土による土圧の算定や基礎地盤の支持力等の検討に用いる土の諸定数の設定が必要となる。これらの土の諸定数の設定は、原則として計画・調査にもとづいて行う。

裏込め土の土質諸数値は壁に作用する土圧などの計算に用いられる。設計計算に使用する土質諸数値は土質試験により定めることを原則とする。なお、基本設計の段階で基礎地盤や周辺地盤に関する土質試験・調査等が実施されていない場合には、土質や性状による地質学的、地盤工学的な知見や過去の類似の工事等で得られた経験等により総合的に判断したうえで「道路土工-擁壁工指針」等を参考に土質諸数値を使用することができる。

表-5.3.1 自然地盤および裏込め土の単位体積重量（ kN/m^3 ）

地盤	土質	緩いもの	密なもの
自然地盤	砂および砂礫	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
裏込め土	砂および砂礫	20	
	砂質土	19	
	粘性土(ただしWL<50%)	18	

注) 地下水位下にある土の単位体積重量は、それぞれ表中の値から 9kN/m^3 を差し引いた値として良い

平成 24 年度版 道路土工 擁壁工指針

表-5.3.2 裏込め土のせん断強度定数

裏込め土の種類	内部摩擦角 ϕ	粘着力 C
礫質土 注1)	35	—
砂質土	30	—
粘性土(ただしWL<50%)	25	—

注1) 細粒分が少ない土は礫質土を用いてよい。

注2) 土質定数を上表から推定する場合は、粘着力 C を無視する。

平成 24 年度版 道路土工 擁壁工指針

5.4 安定性照査

5.4.1 滑動・転倒・基礎地盤の支持力に対する安定性の照査

マックスウォールに作用する外力を検討し、滑動・転倒・基礎地盤の支持力に対する安定性についての照査を行う。

【解説】

背面からの土圧に対する安定性検討は、マックスウォールを一体とした仮想的な構造体とみなし、滑動、転倒ならびに支持力の検討により構造体の安定性を照査する。

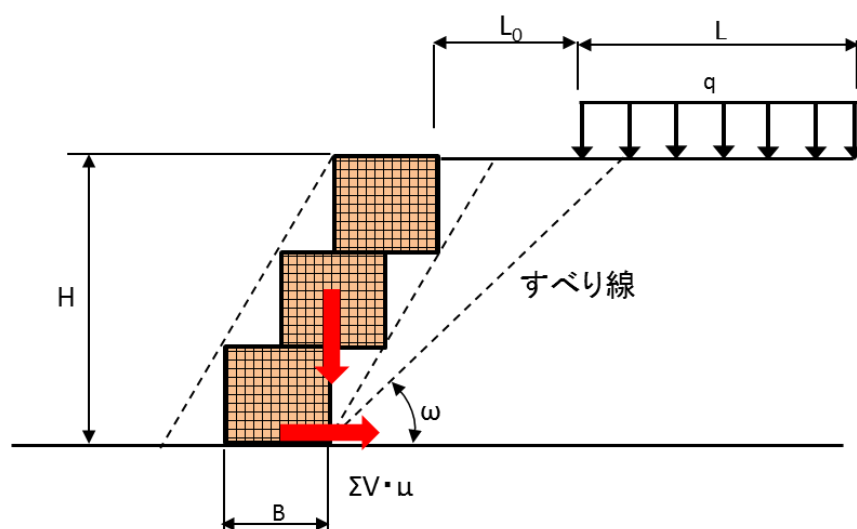


図-5.4.1 安定性照査のモデル図

(1) 滑動に対する安定性の照査

滑動に対する安全率を次式より求め、安全性を照査する。

$$F_s = \frac{\sum V \cdot \mu + c \cdot B}{\sum H} \geq F_{sr} = 1.20$$

ここに、 F_s ：滑動に対する安全率

F_{sr} ：滑動に対する設計安全率

$\sum V$ ：各段の底版に作用する総鉛直荷重（地下水位下にある場合には、浮力を考慮）（kN/m）

$\sum H$ ：各段の底版に作用する総水平荷重（kN/m）

μ ：基礎地盤とマックスウォールとの摩擦係数、マックスウォール間、あるいは土とマックスウォールとの等価な摩擦係数

μ_0 ：基礎地盤とマックスウォールとの摩擦係数（= 0.60）

μ_1 ：マックスウォール間の摩擦係数（= 0.50）

μ_2 ：裏込め土とマックスウォールとの摩擦係数（= 0.50）

μ_{eq} ：背面土とマックスウォールとの摩擦係数（= 0.50）

$\mu_{eq} = (\ell_1 \cdot \mu_1 + \ell_2 \cdot \mu_2) / B$

ℓ_1 ：マックスウォール間の接触長さ（= 0.50 m）

ℓ_2 ：裏込め土とマックスウォールとの接触長さ（= 0.50 m）

c ：基礎地盤の粘着力（kN/m²）

B ：底版の幅（m）

(2) 転倒に対する安定性の照査

底版前面からの合力の作用位置 d および偏心距離 e を次式より求め、偏心距離 e が許容の範囲内に収まることを照査する。

$$d = \frac{\sum M_v - \sum M_o}{\sum V}$$

$$e = B/2 - d \leq \text{許容値 } B/3 (=0.333\text{m})$$

ここで、

d ：合力作用点までの距離（m）

e ：偏心距離（m）

$\sum M_v$ ：つま先まわりの抵抗モーメント（kN・m/m）

$\sum M_o$ ：つま先まわりの転倒モーメント（kN・m/m）

$\sum V$ ：底版に作用する総鉛直荷重（kN/m）

B ：底版の幅（m）

(3) 支持力に対する安定性の照査

支持力に関する安全性の検討は、基礎地盤上に構築する最下段を対象に支持力照査を行う。

支持力に対する安全率を次式より求め、安定性を照査する。

$$F_s = \frac{Q_a}{q_{\max}} \geq F_{sb}$$

ここで、

F_s ：支持力に対する安全率

F_{sb} ：支持力に対する設計安全率

Q_a ：基礎地盤の極限支持力（kN/m²）

$q_{\max}$ ：基礎地盤に作用する最大地盤反力（kN/m²）

5.5 安全率および許容値

マックスウォール工法の安定検討に適用する構造体の安全率および許容値は表-5.5.1 に示す値とする。

【解説】

マックスウォール工法は仮設構造物として適用されるため、短期的な扱いであることを考慮して安定検討に適用する安全率および許容値は表-5.5.1 に定める値とする。

表-5.5.1 安定検討に適用する構造体の安全率および許容値

項 目	安全率および許容値	備 考
滑 動	安全率 $F_s \geq 1.2$	
転 倒	偏心距離 $e \leq B/3$	B: 基礎部の底面幅
支持力	安全率 $F_s \geq 2.0$	

平成 24 年度版 道路土工 擁壁工指針
建設省河川砂防技術基準(案)同解説設計編 I

5.6 構造細目

5.6.1 基礎工

マックスウォール工法の基礎は、構造体の安定を保持するため、基礎部の縦断・横断勾配は原地盤の地形、用途、構造、施工方法を問わず、水平とし、設計条件に定める性能を満足できるように処理しなければならない。

【解説】

マックスウォール工法の基礎は、構造体の安定を保持するため、基礎部の縦断勾配および横断勾配は原地盤の地形、用途、構造、施工方法を問わず、水平とし、設計条件に定める性能を満足できるように処理しなければならない。

水平でない基礎地盤上にマックスウォールを設置した場合、マックスウォールが傾斜することにより、マックスウォールの転倒および上部部の落下等により、構造体の安定性が損なわれることが懸念される。したがって、マックスウォールを設置する基礎地盤は、掘削による接地地盤面の不陸調整、あるいは碎石等を敷均すなどの不陸調整を行い、マックスウォールは水平に設置することを原則とする。

マックスウォールの設置位置の原地盤が縦断方向に傾斜している場合、掘削の影響を少なくするために、碎石あるいは土のう等を用いて間詰めを行うなど、階段式の基礎とする。

5.6.2 根固め工

法留め工の前面の保護の目的で適切な根固め工を計画する。とくに河川護岸等でマックスウォール工法を計画する場合には流水による洗掘対策として適切な根固め工を計画する。

【解説】

根固め工は法留め工の前面や水制工の周辺を保護するものであり、流水による基礎の局所的な洗掘を防止するものである。

大きな流速の作用する場所に設置される場合は、河床の変化に追従でき護岸工の前面が沈下・変形しないように適切な深さまで根入れする。

5.6.3 排水工

排水工は、構造体内部への雨水や湧水の浸入を最小限に止め、浸入してきた水をすみやかに排除できる機能を有した構造とする。

【解説】

土留め構造物においては、構造体背面盛土に水が浸入すると盛土材や中詰め材の強度が低下したり、土砂が前面に流出したりする場合があるため、盛土内に水が浸入しないよう盛土体内外の排水工を検討しなければならない。

降雨や地下水、地山からの湧水などに対して、設置箇所の状況を踏まえて表面排水工、盛土内排水工および地下排水工などの対策について検討する。



図-5.6.1 排水対策の例

5.6.4 天端処理工

天端の処理は、横断的な構造計算上の安定を確保するとともに、縦断方向の細部についても所定の条件に合致した適切な構造であることを確認する。

【解説】

天端の処理は、横断的な構造計算上の安定を確保するとともに、縦断方向の細部についても所定の条件に合致した適切な構造であることを確認しなければならない。

図-5.6.2 に仮設道路における標準断面の例を示す。マックスウォール本体には直接、輪荷重を載荷させないこと、また、ガードレール等を設置しないことを原則とする。

なお、各段の天端形状は平坦となるように処理し、上段のマックスウォールが傾斜しないように注意する。

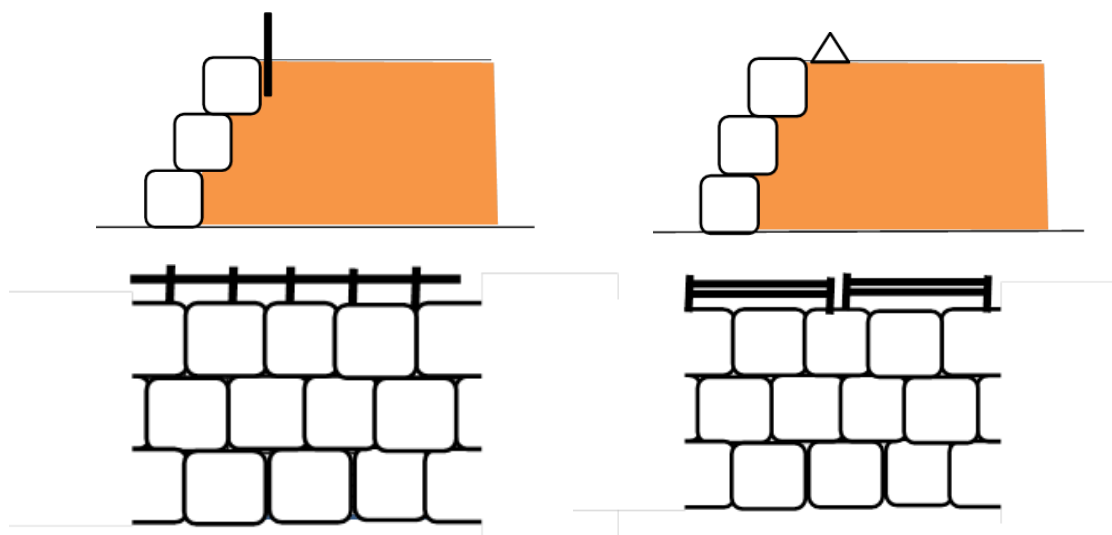


図-5.6.2 仮設道路における路肩対策の例

縦断勾配を有する場合の天端処理は、上部の上載盛土高さを変化させることで対応することを原則とする。なお、この他には、縦断勾配に沿って階段状に壁高を変化させる方法や計画高さを超える高さまでマックスウォールを積層する方法がある。マックスウォールは延長方向に長尺な仕上がりとなるため適宜、短尺に調整するなど製品の特質を考慮して適切に設置するものとする。

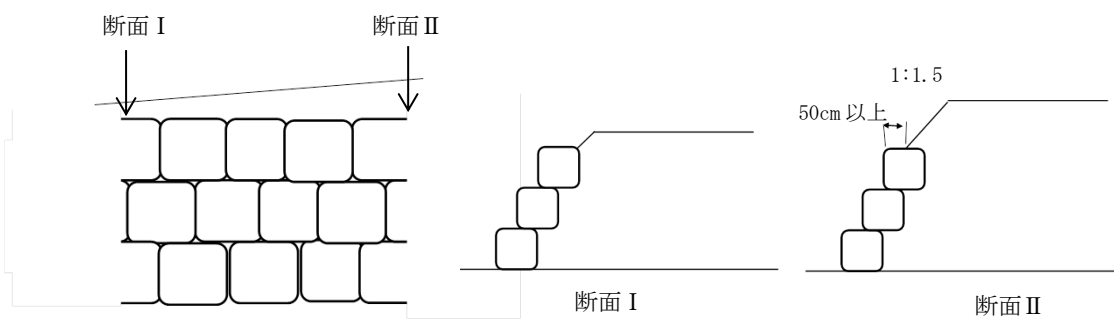


図-5. 6. 3 縦断勾配を有する場合の天端処理の事例



写真-5. 6. 1 中詰め材の流出を防ぐ目的で天端に遮水シートを掛けた事例

5.6.5 仮締め切工・仮護岸工

マックスウォールを仮締め切工・仮護岸工として適用する場合、構造体の安定性を確保するために、以下の事項について検討しなければならない。

- (1) 河川水位による水圧および浸透流等に対する安全性を確保しなければならない。
- (2) 河川流水による基礎部の洗堀、流木に対する安全性に配慮しなければならない。
- (3) 流体力に対する安全性に配慮した構造としなければならない。

【解説】

仮締め切工・仮護岸工の断面図を図-5.6.4に示す。マックスウォールを仮締め切工・仮護岸工として適用する場合、構造体の安定性を確保するために、河川水位、水流に対する安全性に対して検討しなければならない。

マックスウォールを設置する場合、不陸調整を行う必要があるが、水位等があり不陸調整が困難な場合は、原則、適用しないものとする。また、設置が可能な水深は、目視で基礎地盤が確認できる深さ程度までとし、確認が困難な場合も、原則、適用しないものとする。

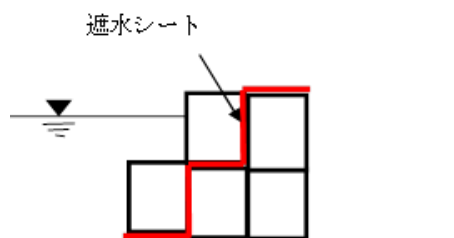


図-5.6.4 仮締め切工の例

(1) 水圧および浸透流等に対する安全性の確保

河川水位の影響を考慮した安全性の確保は、水圧（残留水位）・浮力等の適切な外力を設定し、安定検討を実施しなければならない。

特に、仮締め切工では前面水位によって基礎地盤の透水層あるいは弱層部分から背面側に向かって浸透水が流れ、背面表土で噴出するあるいは泥流化するなど、図-5.6.5に示すようなパイピング、ボイリングが発生することがある。こうした浸透水は、短時間にえぐられて行き、構造体の崩壊や工事の安全性を損なう原因となることから、必要に応じて、浸透流によるパイピングに対する安全性を照査するなど、構造体の安全性を確保しなければならない。また、漏水対策として、遮水シートをマックスウォール間に挟み込むことやポンプでの排水を併用する等の対策工を併用することが望ましい。

また、仮護岸工などで盛土内の水が排水されるときに土砂の吸出しが懸念される場合は、マックスウォールと盛土の境界に吸出防止材を設置することが望ましい。

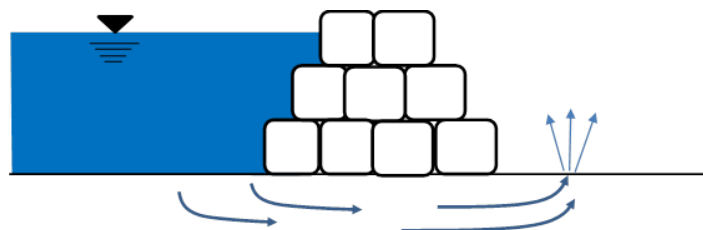


図-5.6.5 パイピングの発生モデル

(2) 基礎部の洗堀、流木に対する適用例

河川等に構造物を立地する場合、流水によって基礎地盤の洗堀や浸食、また、流木等によるメッシュ網の損傷が要因となって構造物の安定性が損なわれることが懸念される。

したがって、図-5.6.6 に示すように河川流水（洗堀、流木等）に対して、構造物前面に根固めブロックや袋詰根固工等を設置するなど構造物の安全性に配慮する構造とすることが重要である。



写真-5.6.2 基礎部の洗堀対策と根固め工の事例



図-5.6.6 洗堀対策の例

(3) 流体力に対する安全性の確保

応急的な災害工事等によりやむを得ず適用する場合には、流速に対する安定性（抗力、揚力に対する安定性）を検討したうえで、必要に応じて適切な対策を講ずるものとする。このような流速が早い箇所や転石等大きな外力が働く箇所等では、マックスウォールの前面に根固めブロック、転石保護工等を設置したり、杭、単管パイプ、ジオグリッド等でマックスウォールを固定するなどの補強を講じる必要があるが、現場条件を考慮のうえ、施工性、安全性、経済性等を勘案し、適切な対策工を選定して施工することが望ましい。

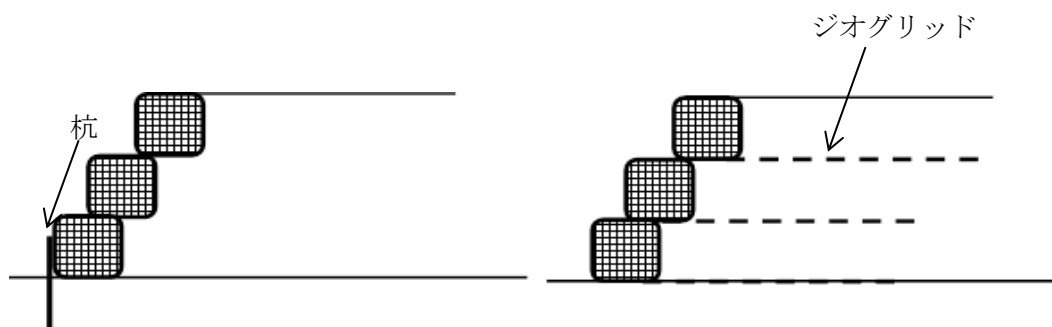


図-5.6.7 流体力に対する安全性の確保



写真-5.6.3 法面の補強と安定性をはかるためにジオグリッドを敷設した事例



写真-5.6.4 中詰め材に割栗石を使い流体力による中詰め材の流出を無くした事例