

腹付工を覆うと被覆工には大きな揚圧力が作用するため、この揚圧力を考慮して安定性を検討するか、水圧を逃がすための適度な開口を被覆工に設ける必要がある。

- ④津波の来襲によって港内外に水位差が発生する場合、基礎マウンドと割石による腹付工には浸透力が、方塊による腹付工と被覆工には揚圧力が作用する。浸透力は基礎マウンドと割石による腹付工に作用するため、滑動の照査における腹付工からの最大抵抗力を減じ、支持力の照査における地盤全体の安定性を低下させる。方塊による腹付工に揚圧力が作用する場合も同じで、滑動の照査における腹付工から最大抵抗力を減じ、支持力の照査における地盤全体の安定性を減じる。被覆工の安定性の検討については、揚圧力の効果を適切に考慮して行う必要がある。また、検討には**本章7 津波防波堤**も参照できる。
- ⑤割石で補強する場合、腹付工の高さ a と幅 b は、それぞれ直立部（上部工を含む）の高さ H の $1/3$ 以上であることを基本とする（**図-3.1.6**参照）。腹付工の形状については、適切な法面勾配を確保した上で、直立部のより近くに割石を設置した方が防波堤の耐力は増し、直立部の基礎マウンドからの滑落に対する抑制効果も大きい¹⁶⁻¹⁾。直立部の高さの $1/3$ 未満の小さな腹付工とする場合や複雑な形状の腹付工とする場合、後述する照査に加えて、地盤の挙動を適切に評価できる遠心模型実験や有限要素解析などでも照査する必要がある。また、施工時には、角が落ちた石や粒径が小さな割石の使用を避ける。これは、角の落ちた石で形成された地盤のせん断強度は小さく、粒径の小さな割石はパイピングを生じやすいためである。

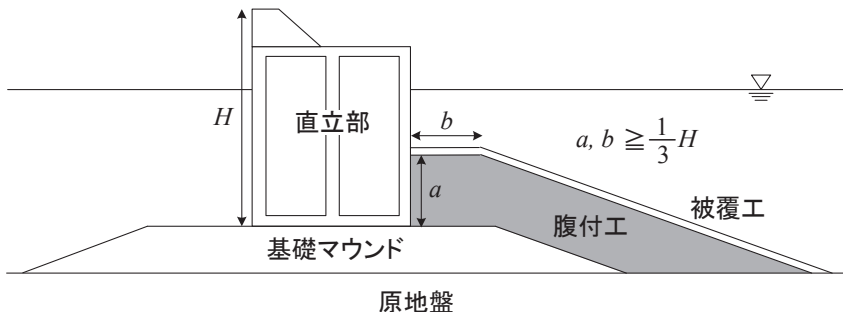


図-3.1.6 港内側を割石で補強した防波堤

- ⑥コンクリートブロックなどの方塊で補強する場合、直立部と方塊に隙間を残さないように施工する必要がある。方塊としては、十分な長期耐久性を有するものを用いる必要がある。なお、直立部と方塊の底面の高さをずらした方が滑動抵抗力は大きくなる研究成果があり¹⁴⁾、方塊の設置方法の工夫によって、より大きな抵抗力を発揮できる可能性がある。
- ⑦底版の性能照査においては、腹付工から直立部への反力による効果を見込んで、底面反力を求めることができる¹⁶⁻²⁾。具体的には、**本節(4) 支持力に対する照査**に倣って直立部への反力を求め、底面反力の算定方法は**【施】第2章2.2.3 作用(9)**に準じる。

(2) 滑動に対する照査

- ①滑動の照査は**式(3.1.9)**によって行うことができる。なお、次式において、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。当該式中における部分係数は**表-3.1.7**に示す数値を用いることができる。**表-3.1.7**において「-」と示された部分に関する値は、便宜上、()内の数値を用いて照査できることを示す。

$$m \cdot \frac{S_d}{R_d} \leq 1.0 \quad R_d = \gamma_R R_k \quad S_d = \gamma_S S_k$$

$$R_k = \{ f_k (W_k - P_{Bk} - P_{Uk} - P_{Vk}) + P_{H2 \max k} \} \tag{3.1.9}$$

$$S_k = P_{Hk}$$

ここに、
 f : 直立部底面と基礎マウンドとの摩擦係数

- W : 直立部の気中重量 (kN/m)
- P_B : 浮力 (kN/m)
- P_U : 揚圧力 (kN/m)
- P_H : 水平波力 (kN/m)
- R : 抵抗項 (kN/m)
- S : 荷重項 (kN/m)
- γ_R : 抵抗項に乗じる部分係数
- γ_S : 荷重項に乗じる部分係数
- P_{H2max} : 補強した割石あるいは方塊からの最大抵抗力 (kN/m)
- P_V : 直立部側面と割石との摩擦力 (kN/m)
- m : 調整係数

表-3.1.7 港内側を補強する場合の滑動の照査に用いる部分係数

照査対象	抵抗項に乗じる部分係数 γ_R	荷重項に乗じる部分係数 γ_S	調整係数 m
堤体の滑動 (変動波浪による変動状態)	— (1.00)	— (1.00)	1.20

②割石で補強する場合、以下の式 (3.1.10) を用いて最大抵抗力 P_{H2max} を求めることができる。この式は部分係数を1.0とした簡易ビショップ法の算定式 (有効応力形式で表示) であり、図-3.1.7 に示すように直立部後趾を始点とする浅い円弧すべり面を仮定して P_{H2max} を求める。円弧すべり面の位置を変化させて、最も小さな P_{H2max} を求める必要がある。なお、腹付工の c' や ϕ' などのせん断強度の値については、基礎マウンドの値に準じて設定する。

$$\sum \left[\frac{\{c'_k s + (w'_k + q_k) \tan \phi'_k\} \sec \theta}{1 + \tan \theta \tan \phi'_k} \right] = \sum \{ (w'_k + q_k) \sin \theta \} + \frac{a_2 P_{H2max} k}{r} \quad (3.1.10)$$

ここに、

- c' : 粘性土地盤の非排水せん断強さ、あるいは石材地盤の見かけの粘着力 (kN/m²)
- ϕ' : 砂質土あるいは石材地盤の排水条件下でのせん断抵抗角 (°)
- s : 分割細片の幅 (m)
- w' : 分割細片の有効重量 (kN/m) (水面上で気中重量、水面下で水中重量)
- q : 分割細片に作用する鉛直荷重 (q_V 、 P_V を含む) (kN/m) ($P_V = \tan 15^\circ \cdot P_{H2max}$ とする。)
- θ : 分割細片の底面が水平方向となす角 (°)
- P_{H2max} : 補強した割石からの最大抵抗力 (kN/m) (作用高さは腹付工の高さ a の1/3の高さとする。)
- a_2 : P_{H2max} のアーム長 (円弧中心点から作用力ベクトルへの垂線の長さ) (m)
- r : すべり円弧の半径 (m)

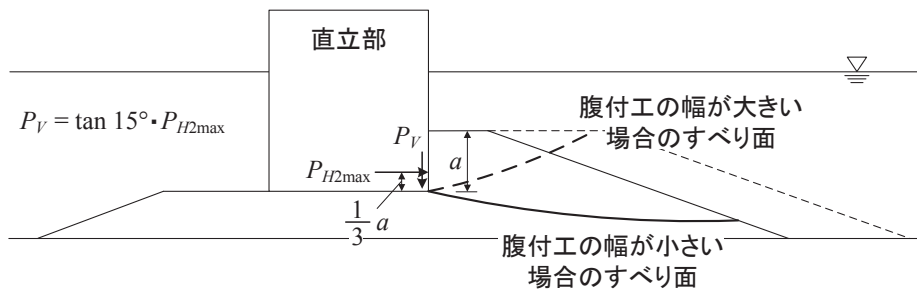


図-3.1.7 割石で補強する場合の浅いすべり面の考え方