

鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)

平成 21 年 4 月

国土交通省河川局治水課

改訂にあたって

鉄線籠型護岸工法については、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準（案）」（平成13年1月河川局治水課事務連絡、平成15年3月一部改訂、平成16年4月一部改訂）に基づき、設計及び施工を行ってきたところである。

従前の基準(案)では、鉄線籠に使用される線材について、メッキによる防食や蓋網部のすべりにくさ等について材質の視点から規定してきたが、土木や建築の分野においては、新技術開発による品質・性能の向上やコスト縮減等の観点から性能規定化の取組が進められており、鉄線籠型護岸についても同様に性能規定を導入することで、河川整備の推進に寄与することが期待される。

このため今回の改訂では、新たに「線材に要求される性能」を規定することで、従来の材質規定から性能規定へ移行することとした。また、蓋材については、使用場所に応じて、短期性能型と長期性能型の二種類の性能を規定することにより、コスト縮減を期待するものである。

なお、本改訂版の基準(案)については、平成21年度末までを周知期間とし、その期間内は従前の基準(案)(平成16年4月一部改訂版)に基づく材料も使用可能とする。

平成21年4月
国土交通省河川局治水課

目 次

1. 適用河川.....	1
2. 護岸の構造検討.....	3
3. 代表流速の算定.....	4
3.1 設計水深(H_d)の設定.....	5
3.2 粗度係数(n)の算定.....	6
3.3 平均流速(V_m)の算定.....	9
3.4 補正係数 α の算定.....	9
4. 中詰め材料の粒径の選定.....	14
4.1 中詰め材料の粒径(D_m)の算出.....	14
4.2 中詰め材料の粒径.....	16
5. 護岸構造の選定.....	17
5.1 鉄線籠型護岸の構造図.....	17
5.2 籠の厚さ.....	18
5.3 網目の大きさと形状.....	18
5.4 仕切り網の間隔と角度.....	18
5.5 籠の線材の太さ(線径).....	19
5.6 鉄線かご型護岸の構造仕様のまとめ.....	19
6. 構造別の適用区間の決定.....	20
7. 線材に要求される性能.....	21
7.1 母材の健全性.....	21
7.2 強度.....	21
7.3 耐久性.....	22
7.4 均質性.....	23
7.5 環境適合性.....	23
7.6 摩擦抵抗.....	24
8. 線材の品質管理.....	26
9. 施工時の留意事項.....	28
9.1 吸い出し防止対策.....	28
9.2 端部の処理.....	28
9.3 中詰め材の充填.....	28
10. 維持管理.....	28

参考資料

1. 最深河床高の予測	2
1.1 目的	2
1.2 方法 1:経年的な河床変動データからの予測	3
1.3 方法 2:既往研究成果からの予測	5
1.4 方法 3:数値計算による予測及び移動床模型実験による予測	12
2. 網線の必要径の検討	13
3. 体感試験	14
4. 確認試験方法	17
4.1 線材磨耗試験方法(耐久性用)	17
4.2 腐食促進試験方法	22
4.3 面的摩擦試験方法	27
4.4 面材磨耗試験方法	32
4.5 線的摩擦試験方法	37
4.6 メッキ付着量試験方法	42
4.7 線材磨耗試験方法(摩擦試験用)	45

本書で用いる主な記号一覧

B	:	川幅 (m)
b_{fp}	:	高水敷幅 (m)
b_w	:	根固め工敷設幅 (m)
d_R	:	河床材料の代表粒径 (mm)
$D.W.L$:	設計水位 (m)
D_m	:	中詰め材料の平均粒径 (mm)
f'	:	混合係数
F_m	:	低水路での摩擦損失係数
F_w	:	高水敷部での摩擦損失係数
g	:	重力加速度 (m/s^2)
$H.W.L$:	計画高水位 (m)
H_1	:	根固め工天端から設計水位までの水深 (m)
H_d	:	設計水深 (m)
H_{fp}	:	高水敷部水深(m)
H_m	:	平均年最大流量流下時の水深 (m)
H_{max}	:	湾曲部の最大洗掘深 (m)
$H_{max.s}$:	直線部の最大洗掘深 (m)
H_{mc}	:	低水路部水深 (m)
I_b	:	河床勾配
I_e	:	エネルギー勾配
ks	:	相当粗度(m)
n	:	マンニングの粗度係数 ($s/m^{1/3}$)
n_{fp}	:	高水敷部のマンニングの粗度係数
n_{mc}	:	低水路部のマンニングの粗度係数
r	:	河道曲率半径 (m)
S	:	潤辺 (m)
s	:	河床材料の水中比重
u_b	:	境界部の流速 (m/s)
u_{mo}	:	(根固め工)干渉効果の影響範囲外での低水路部流速 (m/s)
u_{wo}	:	(根固め工)干渉効果の影響範囲外での高水敷部流速 (m/s)
u_*	:	摩擦速度(m/s)
u_{*msc}	:	法面における限界摩擦速度(m/s)
V_0	:	代表流速 (m/s)
V_m	:	平均流速 (m/s)
Z_{fp}	:	高水敷高 (m)
Z_{mc}	:	平均河床高 (m)
Z_{sc}	:	最深河床高 (m)
ΔZ	:	洗掘深(平均河床高・予想される最深河床高) (m)
α	:	補正係数
α_1	:	湾曲の影響による補正係数
α_2	:	河床洗掘の影響による補正係数
α_3	:	高水敷と低水路との流れの干渉の影響による補正係数
α_4	:	根固め工の設置を考慮した補正係数
ε	:	横断方向の干渉効果の大きさを表す水平渦動粘性係数
θ	:	法面の傾き(°)
ρ_s	:	石の密度 (kg/m^3)
ρ_w	:	水の密度 (kg/m^3)
τ_*	:	無次元掃流力
τ_{*d}	:	平坦場における無次元限界掃流力
τ_{*sd}	:	法面に作用する無次元限界掃流力
ϕ	:	内部摩擦角 (°)
A	:	初期メッキ付着量 (g/m^2)
N_{30}	:	磨耗試験から求められるメッキ消耗量 (g/m^2)
M_{30}	:	促進腐食試験から求まる耐用年数 30 年に相当するメッキ消耗量 (g/m^2)

m_{1000}	:	腐食促進時間 1,000 時間におけるメッキ腐食量 (g/m ²)
β_0	:	実環境 (塩素イオン濃度 0ppm) に対する腐食の進行度合いの 換算係数 ($\beta=9.0$)
β_{450}	:	実環境 (塩素イオン濃度 450ppm) に対する腐食の進行度合いの 換算係数 ($\beta=6.9$)
δ_a	:	耐久性に関する性能要求の基準値 (g/m ²)

1.適用河川

本基準（案）は、鉄線籠型護岸を本設護岸として設計・施工する場合に適用する。

なお、鉄線籠型護岸が適用できる河川区域とは、メッキにより防食を行っている鉄線（以下メッキ鉄線という）を使用する籠にあっては、以下の①～⑤を除いた区間とする。

また、メッキ鉄線に耐食性の高い材料を被覆した線材（以下被覆鉄線という）を使用する籠にあっては以下の④、⑤を除いた区間とする。

- ①河川水が強い酸性を示す区間
- ②河川水の塩分濃度が高い区間
- ③河岸や河床が腐植土で構成されている区間
- ④河床材料が転石等で構成され、鉄線の損傷や磨耗の恐れのある区間
- ⑤施工箇所の法勾配が 1:2 未満の急な区間

【解説】

本基準（案）は、鉄線籠型護岸の設計・施工を行うための技術基準案である。なお、本基準（案）は「平張り護岸工法」を対象にしたものであり、「多段積工法」については、本基準（案）による他「鉄線籠型多段積護岸工法（建設省河川局防災・海岸課編集 平成10年5月）」を参考にすることとする。

本基準（案）によって護岸を施工する区間は、以下のような条件下にある区間を除くものとして取扱うものとする。

- ①「メッキ鉄線」を使用する場合は、強い酸性水のある河川は避けるものとし、当面、pH5以下の河川水が流れている区間を適用除外とする。なお、「被覆鉄線」を使用する場合はこの限りでない。
- ②「メッキ鉄線」を使用する場合は、塩分濃度の高い区間は避けるものとし、当面、塩化物イオン濃度が年平均450mg/l以上の河川水が流れている区間を適用除外とする。なお、「被覆鉄線」を使用する場合はこの限りでない。
- ③「メッキ鉄線」を使用する場合は、河岸や河床が腐植土で構成されている区間は避けるものとし、当面、黒色有機物混り土、泥炭層などの土壌で電気抵抗率が $2,300\Omega \cdot \text{cm}$ 以下の区間を適用除外とする。なお、「被覆鉄線」を使用する場合はこの限りでない。
- ④河床が人頭大程度以上の玉石又は転石で構成されている区間では、洪水時にこれらの玉石や転石が鉄線に衝突し、鉄線が磨耗したり鉄線が破断する恐れがある。このため、このような区間は適用除外とする。

⑤護岸施工箇所の法勾配が急になると、法面に沿う摩擦力が不足して、滑りに対する安定が不足することになり、さらには、籠内の石が下方に片寄る傾向が強くなって、護岸としての機能を損なう恐れがある。このことを考慮し、本基準（案）では護岸施工箇所の法勾配が1:2未滿の急な区間は適用除外とする。ただし、中詰め石の水中安息角は38度～41度であることが知られており、また、1:2より急勾配における施工実績も数多くあるので、次の2点を考慮して法覆工の滑りに対して十分な安全性が確保できる場合にあっては、1:1.5までの法勾配の箇所に適用してよいものとする。

◇護岸上部において、摩擦力を含めた支持機能の補強を施した構造（折り返し構造等）

◇護岸法尻部において、摩擦力を含めた支持機能の補強を施した構造（水平の護床工を施した構造及び突っ込み構造等）

これらの適用除外区間の河川において護岸施工が必要な場合は、本基準（案）に定める以外の工法により護岸を施工するものとする。また、本基準（案）により検討した結果、厚さ50cmを超える籠を必要とする区間には、原則として本基準（案）に示す護岸は使用しないものとする。

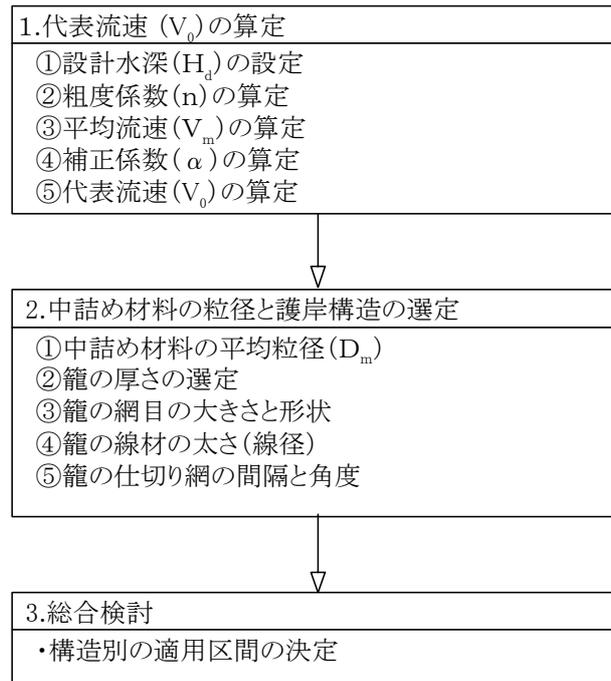
なお、本基準（案）は現時点の知見を基に定めたものであり、各種の試験や実績の裏付けができ次第、随時改定を行うものとする。

2.護岸の構造検討

護岸の構造検討については、護岸施工区間の堤防や河岸に働く代表流速を算定し、この代表流速に対応した中詰め材料の平均粒径と護岸構造を選定した後、総合的な検討により、護岸構造と適用区間の決定を行うものとする。

【解説】

護岸の構造検討は、以下の手順によることを標準とする。



図一 1 護岸構造の検討手順

3.代表流速の算定

代表流速は、平均流速に補正係数を乗じて求めるものとする。

【解説】

代表流速 (Vo) の算定の流れは、以下の手順とする。

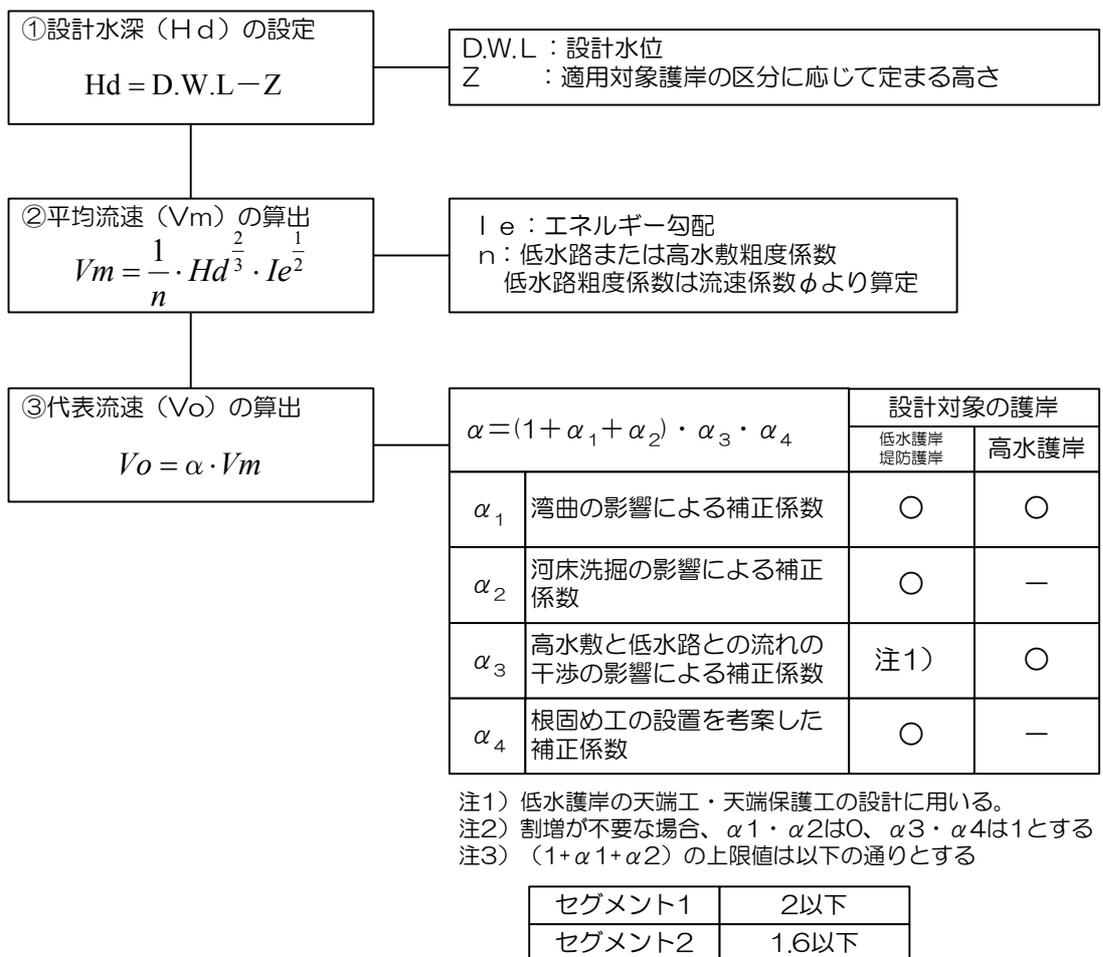


図-2 平均流速の算定の流れ

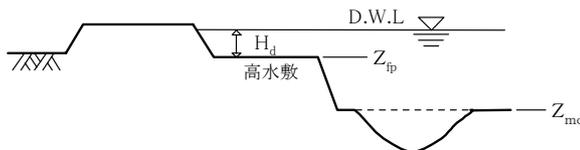
3.1 設計水深 (H_d) の設定

設計水深 H_d は、次式により求めるものとする。

$$\text{設計水深 } (H_d) = \text{設計水位 (D.W.L)} - Z$$

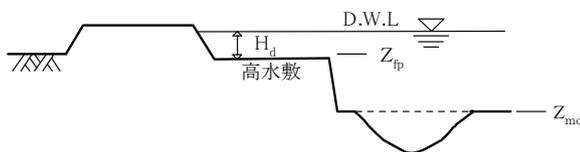
Zは適用対象護岸の区分に応じて定まる高さである。適用対象の護岸は以下のとおりとする。

a) 高水護岸および高水護岸のすりつけ工の設計水深 H_d



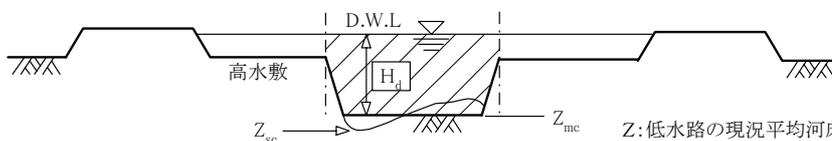
Z: 堤防法尻付近の高水敷高あるいは計画で想定される高水敷高のうち低い方を (Z_{fp}) とする。

b) 天端保護工の設計水深 H_d



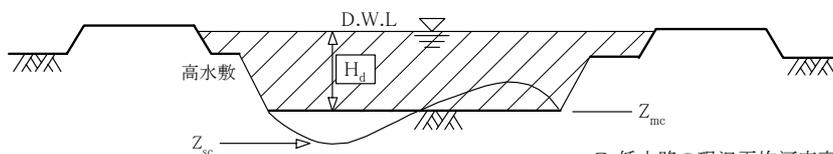
Z: 低水路法肩部の高水敷高あるいは計画で想定される高水敷高のうち低い方を (Z_{fp}) とする

c) 低水護岸および低水護岸のすりつけ工の設計水深 H_d



Z: 低水路の現況平均河床高あるいは計画で想定される平均河床高のうち低いほうを (Z_{mc}) とする

d) 中小河川の単断面河道、堤防護岸および堤防護岸のすりつけ工の設計水深 H_d



Z: 低水路の現況平均河床高あるいは計画で想定される平均河床高のうち低いほうを (Z_{mc}) とする

図-3 Zの適用対象護岸の区分

3.2 粗度係数 (n) の算定

(1) 低水路の粗度係数推定法

低水路粗度係数nの推定は、以下の手順でおこなうものとする。

手順1：摩擦速度 u_* の算定

$$u_* = \sqrt{g \cdot H_d \cdot I_e}$$

手順2：無次元掃流力 τ_* の算定

$$\tau_* = u_*^2 / (s \cdot g \cdot d_R)$$
$$s = \rho_s / \rho_w - 1$$

ここに、

- s : 河床材料の水中比重 (通常 1.65 程度)
- g : 重力加速度 (m/s²)
- d_R : 河床材料の代表粒径 (mm)
- ρ_s : 石の密度 (kg/m³)
- ρ_w : 水の密度 (kg/m³)

手順3：代表粒径 d_R、無次元掃流力 τ_* より流速係数 φ を算定

「河川砂防技術基準 (案) 同解説 調査編」p134 「山本の方法」を参照し、流速係数 φ を算定

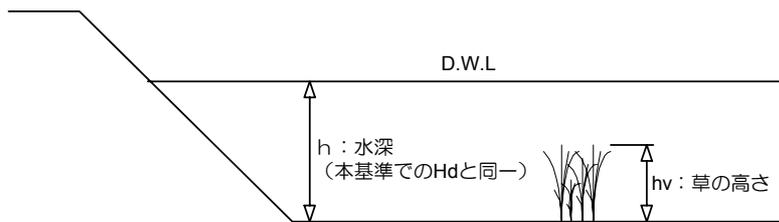
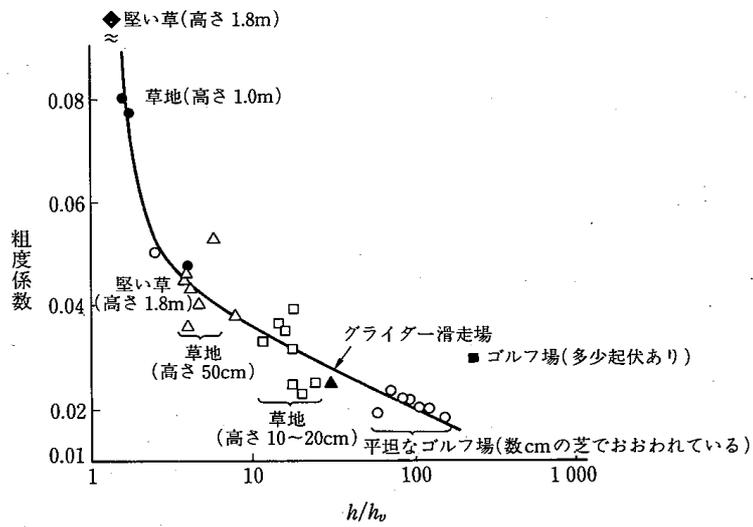
手順4：粗度係数 n の算定

$$n = \frac{1}{\phi} \cdot \frac{H_d^{1/6}}{\sqrt{g}}$$

粗度係数の算定法は、この方法以外にも、「岸・黒木の方法」によって流速係数 φ を推定し n に換算する方法、設計対象水位相当の洪水実績から粗度係数を逆算する方法があり、現場の状況により必要に応じて粗度係数の推定法を比較検討する。

(2) 高水敷粗度係数の推定法

高水敷粗度係数 n は、高水敷上の設計水深 H_d と護岸前面の地被の状態に応じて下図を参考に設定する。



「河川砂防技術基準（案）同解説・調査編」より

図一4 高水敷粗度係数の推定

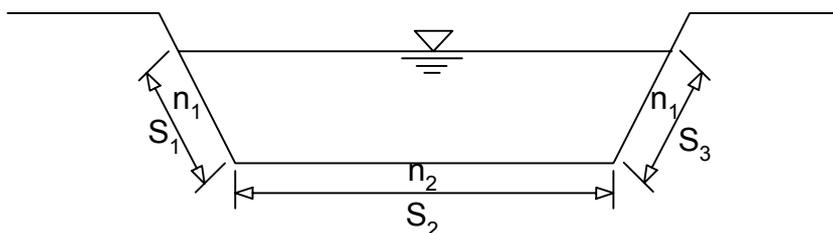
(3) 単断面の粗度係数推定法

中小河川等の単断面河道では、河床材料の他に河岸法面粗度の影響も無視できない。この場合は河床部、高水敷部と護岸部（法面部）に分けて粗度係数を設定し、これらを合成して求める合成粗度係数を用いるものとする。合成粗度係数の算出は下式による。

$$n = \left(\frac{\sum_{i=1} (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right)^{2/3}$$

n ：河床部、高水敷部と護岸部（法面部）の合成粗度係数

S ：潤辺 ($S=S_1+\dots+S_m$)



なお、河床部の粗度係数は「(1) 低水路の粗度係数推定」と同様に設定をおこない、護岸部の粗度係数は以下により算出することを基本とする。詳細な算出方法は「美しい山河を守る災害復旧基本方針」参考I-2を参照することとする。

$$n = \frac{k_s^{1/6}}{7.66\sqrt{g}} \quad (\text{マンニング・ストリクラーの式})$$

k_s ：相当粗度 (m)

〔法面の凹凸の大きさを表す係数〕

g ：重力加速度 (m/s^2)

相当粗度は通常模型実験で算出するものであるが、相当粗度が把握できない場合は下表を参考に粗度係数を設定してもよい。

表-1 護岸構造と粗度係数の関係

護岸構造	粗度係数
間知、張りブロック ($k_s=0.04$)	0.024
連接ブロック ($k_s=0.08$)	0.027
鉄線籠型護岸 (詰石径20cm程度)	0.032
草丈20cm程度の雑草	0.032
木柵護岸 (詰石径15~20cm程度)	0.030
玉石 (径30cm程度)、水深(2~4m)	0.025
玉石 (径40cm程度)、水深(2m)	0.027
玉石 (径40cm程度)、水深(3~4m)	0.026
玉石 (径50cm程度)、水深(2~3m)	0.028
玉石 (径50cm程度)、水深(4m)	0.027

3.3 平均流速 (V_m) の算定

平均流速 (V_m) は、設計対象護岸に応じて高水敷法尻部あるいは低水路断面の平均流速としてマンニングの平均流速公式より算定をおこなう。

$$V_m = \frac{1}{n} \cdot H_d^{\frac{2}{3}} \cdot I_e^{\frac{1}{2}}$$

平均流速 (V_m) の算出には、低水路あるいは高水敷の粗度係数 n 、エネルギー勾配 (I_e) を用いるものとする。なお、概ね等流とみなせる場合は I_e の代わりに河床勾配 (I_b : 現況平均河床勾配又は計画で想定している河床勾配のいずれか急勾配の方を使用する) を用いてよいものとする。

3.4 補正係数 α の算定

(1) 湾曲の影響による補正係数 (α_1) の求め方

対象：低水護岸、堤防護岸、高水護岸の湾曲部

湾曲の影響による補正係数は、自由渦、強制渦の影響を考慮して以下のように算出する。

ここに

$$\alpha_1 = \frac{B}{2r}$$

B: 低水路幅(m)

r: 河道曲率半径(m)

なお、湾曲の影響による補正が必要な区間は、以下のとおりとする。

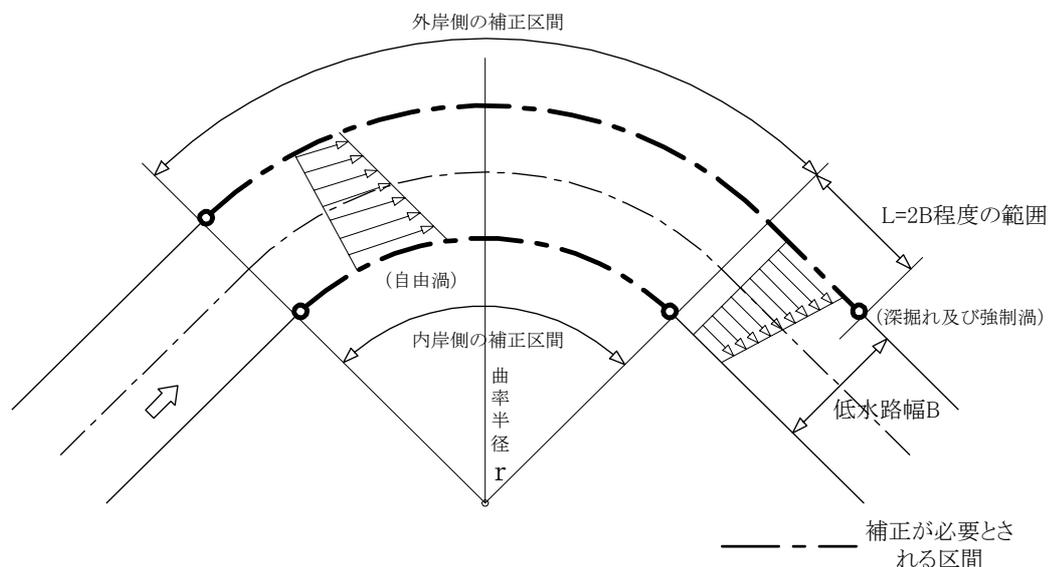


図-5 河道湾曲部の補正

ただし、河道曲率半径 r 、低水路幅 B の比 (r/B) が 20 以上の場合は、直線河道として取り扱い湾曲による補正は行わない。

(2) 河床洗掘の影響による補正係数 (α_2) の求め方

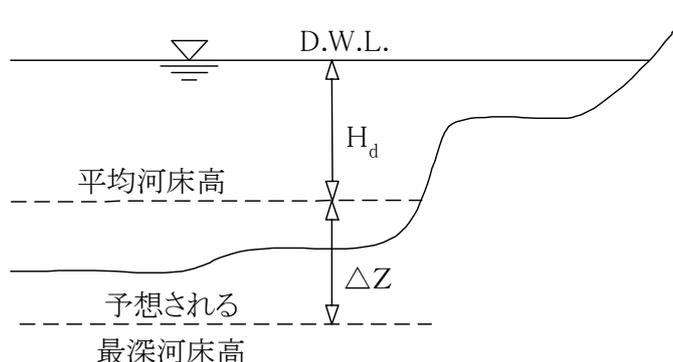
対象：湾曲部の内岸側を除く低水護岸・堤防護岸

直線部で砂州のある河道区間や、湾曲部で自由渦・強制渦の影響などにより河床洗掘が生じる区間では、その影響を考慮する必要がある。補正係数 α_2 は、下式に算出する。

$$\alpha_2 = \frac{\Delta Z}{2H_d}$$

ここに、

ΔZ ：洗掘深（平均河床高－予想される最深河床高）（m）



なお、最深河床高の予測方法については、参考資料の「1.最深河床高の予測」を参考にすること。

※上記(1)(2)で算出した α_1 、 α_2 を用いた湾曲及び河床洗掘の影響による補正係数 ($1+\alpha_1+\alpha_2$) は、これまでの研究成果や現地の実態を考慮してその上限値はを以下のとおりとする。

表-2 補正係数の上限値

セグメント1	2以下
セグメント2・3	1.6以下

(3) 高水敷と低水路との流れの干渉の影響による補正係数 (α_3)

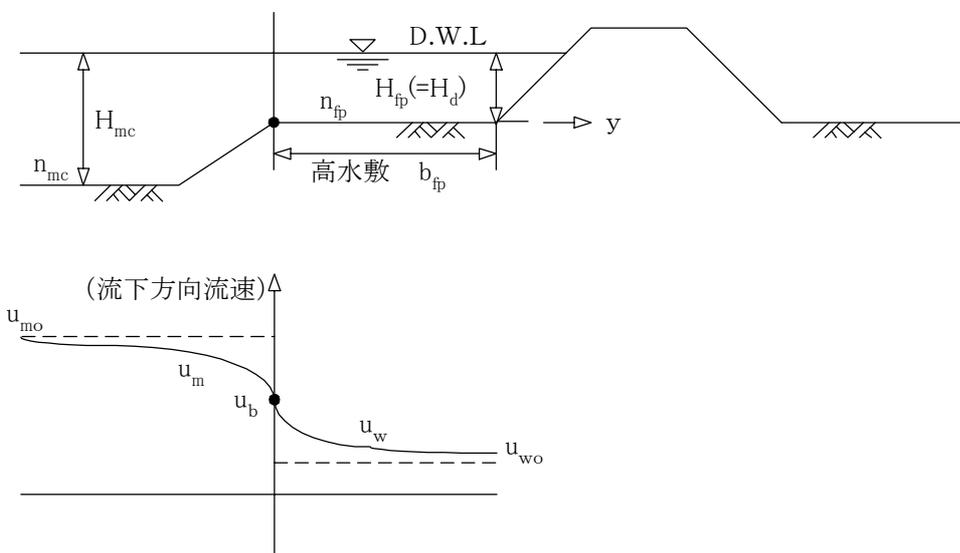
対象：低水護岸の天端工・天端保護工、高水護岸

① 高水護岸の場合

高水敷上の流速と低水路内の流速は、差が大きいので、高水敷部と低水路部との間で運動量交換が生じる。高水敷幅 b_{fp} ・高水敷水深 H_{fp} 比 (b_{fp}/H_{fp}) が小さい場合、すなわち相対的に高水敷幅が狭い場合には、高水敷の流れは低水路の流れの干渉を強く受けるので、補正係数 α_3 を導入する必要がある。

ただし、 b_{fp}/H_{fp} がかなり小さく、堤防護岸として低水護岸と高水護岸を一体とした設計を行う場合には、低水路部分の水深を用いて平均流速 V_m を計算する必要がある。したがって、高水敷部分の流速を補正する考え方そのものが適用されない。堤防護岸として設計を行う必要性の判断は、 $b_{fp}/H_{fp} < 3$ の場合を目安とする。

補正係数 α_3 は以下のように算出する。



図一六鉛直平均流速の横断分布

$$\alpha_3 = 1 + \frac{(u_b - u_{wo})}{u_{wo}} \exp \left[- \sqrt{\frac{F_w \cdot u_{wo}}{H_{fp} \cdot \varepsilon}} \cdot b_{fp} \right]$$

$$u_b = \frac{u_{wo} \sqrt{F_w \cdot u_{wo}} + u_{mo} \sqrt{F_m \cdot u_{mo}}}{\sqrt{F_w \cdot u_{wo}} + \sqrt{F_m \cdot u_{mo}}}$$

$$\varepsilon = (f')^2 (u_{mo} - u_{wo})^2 \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{F_w \cdot u_{wo}}} + \frac{1}{\sqrt{F_m \cdot u_{mo}}} \right]^2 \cdot H_{fp}$$

$$F_w = 2g n_{fp}^2 / H_{fp}^{1/3}$$

$$F_m = 2g n_{mc}^2 \cdot H_{fp} / H_{mc}^{4/3}$$

ここに、

- H_{fp} : 高水敷部水深 (m)
- H_{mc} : 低水路部水深 (m)
- n_{fp} : 高水敷部のマンニングの粗度係数
- n_{mc} : 低水路部のマンニングの粗度係数
- u_b : 境界部の流速 (m/s)
- ε : 横断方向の干渉効果の大きさを表す水平渦動粘性係数
- F_w : 高水敷部での摩擦損失係数
- F_m : 低水路部での摩擦損失係数
- u_{wo}, u_{mo} : 高水敷部と低水路部それぞれの干渉効果の影響範囲外での流速 (m/s)
(それぞれの水深、粗度、エネルギー勾配を用いて、マンニング式で求めることができる。)
- f' : 混合係数、0.04 程度とする。

②低水護岸の天端工・天端保護工の場合

低水護岸の天端工・天端保護工の設計では、低水路部分の流れの影響を考慮し高水敷上の平均流速 V_m に補正係数 α_3 を乗じる。補正係数 α_3 は以下の式より算出する。

$$\alpha_3 = 1 + \frac{(u_b - u_{wo})}{u_{wo}}$$

低水護岸の天端工・天端保護工の補正係数 α_3 の値の目安は以下のとおりである

表-3 天端工・天端保護工の補正係数の目安

セグメント1	1.3~1.4
セグメント2	1.5~1.6
セグメント3	1.6~1.7

なお、①と②の高水敷と低水路との流れの干渉の影響による補正係数については簡易的に下記のグラフより補正係数 α_3 を読み取ってもよいものとする。

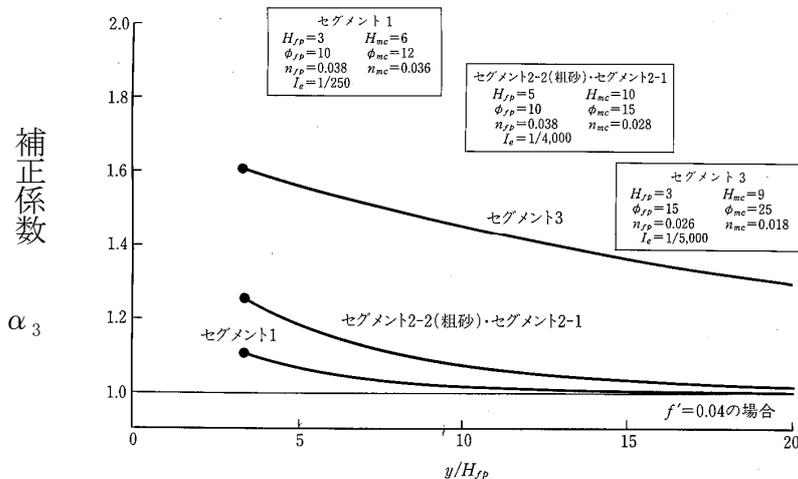


図-7 補正係数と低水路法肩からの距離・高水敷水深比との関係

(4) 根固め工の設置を考慮した補正係数 (α_4)

対象：基礎工前面に十分な幅を持つ根固め工が設置されている低水護岸・堤防護岸

護岸基礎工前面に2m以上あるいはブロック1列以上の平坦幅を確保できる根固め工が敷設され、かつ不陸等が無い場合は、根固め工による流速低減効果が期待できる。

根固め工の設置を考慮した補正係数 (α_4) は、これを定量的に求めるための知見が十分蓄積されていないので、設定に当たっては、水理模型実験や洪水時の航空写真による流速調査結果から算定するものとする。

なお、そうした方法を用いることが出来ない場合は、経験によって定められた以下の数値を用いても良い。

$b_w/H_1 \geq 1$ のときは、 $\alpha_4 = 0.9$

$b_w/H_1 < 1$ のときは、 $\alpha_4 = 1.0$

ここに

H_1 ：根固め工天端から設計水位までの水深 (m)

b_w ：根固め工敷設幅 (m)

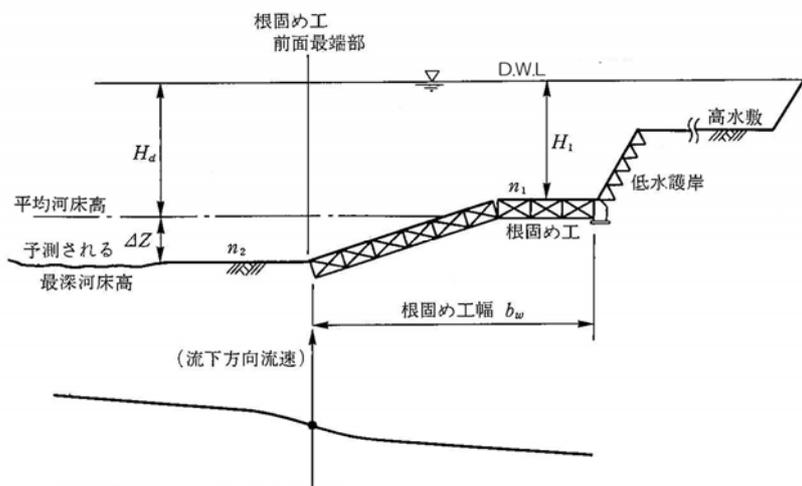


図-8 鉛直平均流速の横断分布のイメージ図

4.中詰め材料の粒径の選定

中詰め材の粒径は、洪水時の代表流速に対して安定を保つことのできる大きさとする。

4.1 中詰め材料の粒径 (D_m) の算出

中詰め材料の粒径は、代表流速 (V₀) を用い、下式により算定する。

$$D_m \geq \frac{V_0^2}{(6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{H_d}{K_s})^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g}$$

ここに、

τ_{*sd} : 法面における無次元限界掃流力

$$\tau_{*sd} = \tau_{*d} \times \cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}}$$

τ_{*d} : 平坦場における無次元限界掃流力 (=0.10)

s : 中詰め材料の水中比重 (通常 1.65)

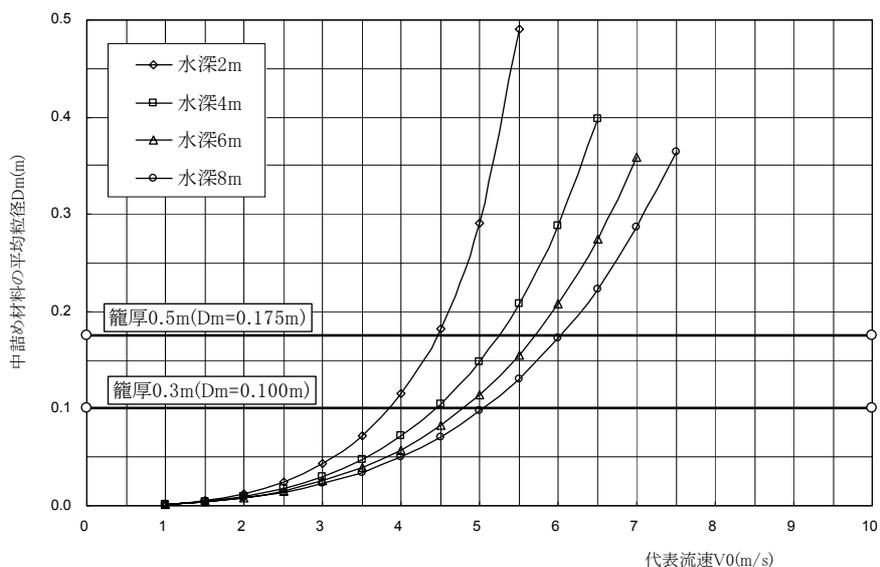
θ : 斜面角度 (°)

ϕ : 材料の水中安息角 (=41° 碎石想定)

ks : 相当粗度 (=2.5D_m) (m)

また、参考図として、以下に法勾配別の算出結果を示す。

a) 法勾配 1:2



図一〇 水深別の中詰め材の必要平均粒径 (法勾配 1:2)

b) 勾配 1:3

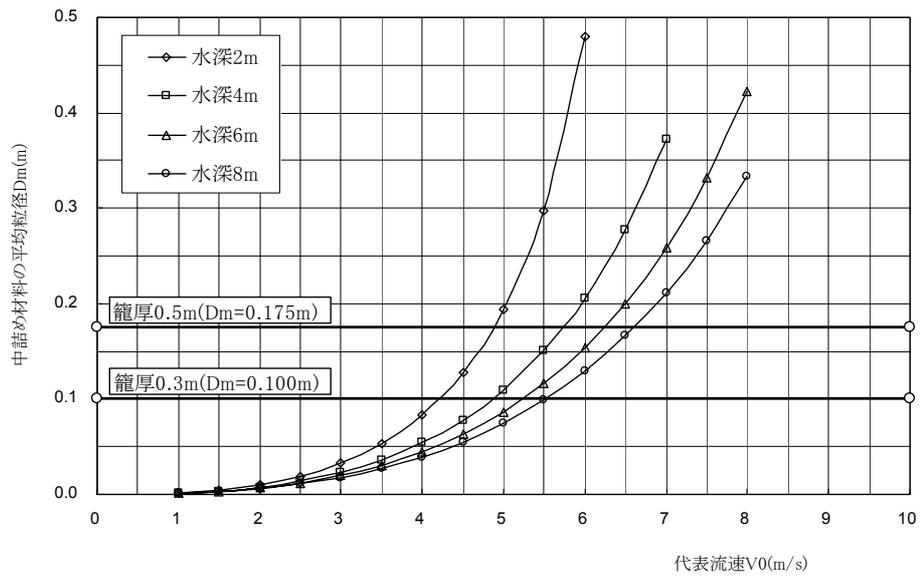


図-10 水深別の中詰材の平均粒径 (法勾配 1:3)

c) 法勾配 1:5

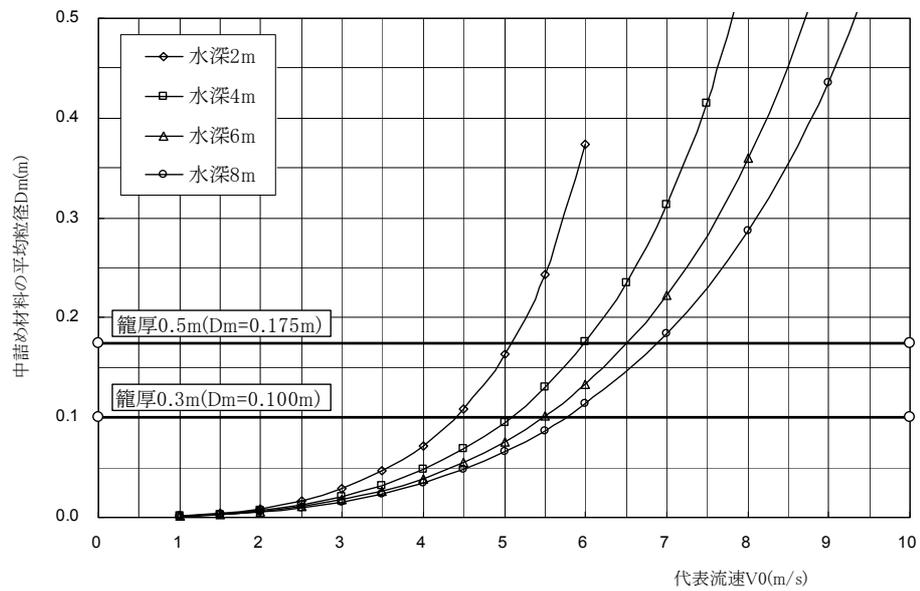


図-11 水深別の中詰材の平均粒径 (法勾配 1:5)

4.2 中詰め材料の粒径

中詰め材料の粒径は代表流速と法勾配の関係から「4.1 の参考図」の様に算定されるが、中詰め材料は、市場において容易かつ豊富に入手できる材料であることが望ましいので、市販の割栗石を想定して中詰め材料の大きさを以下のように設定するものとする。

表-4 代表流速と中詰め材料の平均粒径

護岸法勾配	代表流速	
	護岸法勾配 (水平) ～護岸法勾配 (1:5)	5.0m/s 以下
護岸法勾配 (1:3)	4.8m/s 以下	4.8m/s を超え 5.7 m/s 以下
護岸法勾配 (1:2)	4.5m/s 以下	4.5m/s を超え 5.2m/s 以下
中詰め材料の粒径 (平均粒径)	5～15cm (10.0cm)	15～20cm (17.5cm)

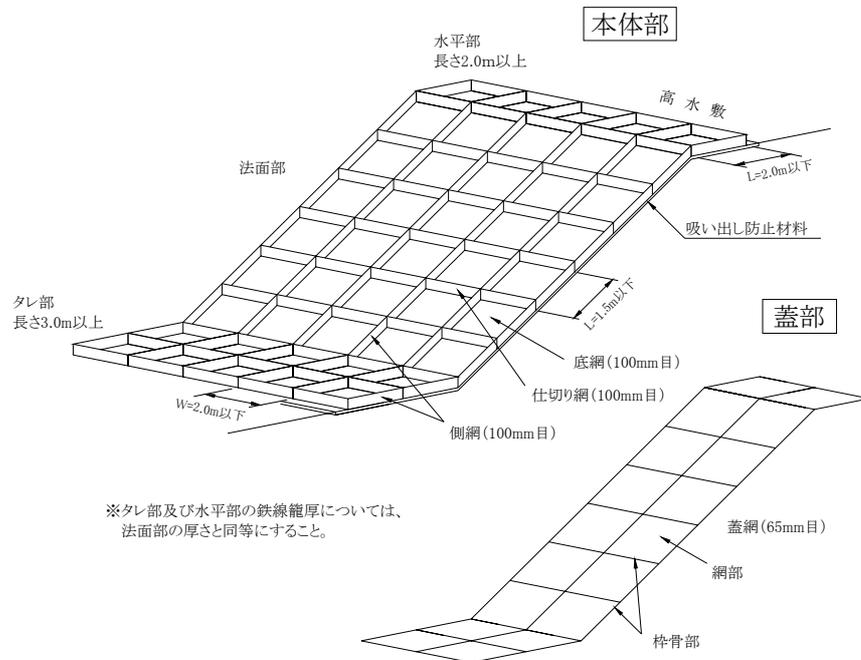
※上表の代表流速は水深 4m 以上に適用

5.護岸構造の選定

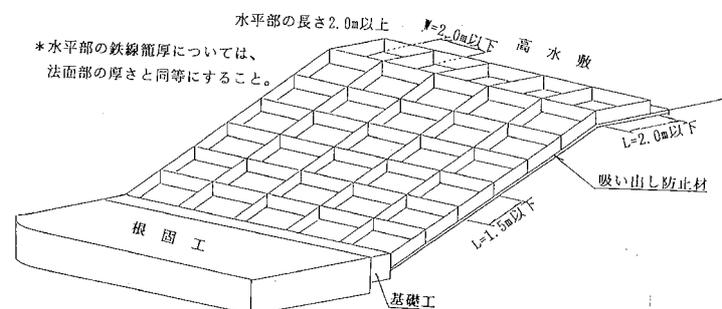
鉄線籠型護岸の構造は、所定の厚さと区割りを有した連続マット状の鉄線製の籠構造の中に、詰め石を行い、蓋網を施した構造とし、地盤変形等に順応できる柔軟な構造とする。

【解説】

5.1 鉄線籠型護岸の構造図



図一12 護岸構造（低水護岸：根固め工がない場合）



図一13 護岸構造（低水護岸：根固め工がある場合）

5.2 籠の厚さ

流勢によって中詰め材料が籠網内を移動しても、籠網の底面が直接流水に接することにならないよう、籠の厚さは、中詰め材料の平均粒径（ D_m ）の3倍程度を確保するものとする。

なお、標準的な中詰め材料の平均粒径と籠の厚さの関係を示すと、下表のとおりである。

表-5 籠の厚さと中詰め材料の平均粒径

中詰め材料の粒径	平均粒径	籠の厚さ
5cm~15cm	10cm	30cm
15cm~20cm	17.5cm	50cm

5.3 網目の大きさと形状

中詰め材料として用いる割栗石は一般に扁平であり且つ混合粒径であることを勘案し、網目の大きさは、中詰め材料が抜け出さないように、籠厚30cmでは7.5cm、籠厚50cmでは10cmとする。

なお、籠構造の表面に出る蓋部の網目については、流水の直接の影響を受けたり、流下物等による外力を受けること、さらには、詰石の片寄り現象による蓋網の膨らみを抑制するための剛性を確保する等の機能をもたせるために、施工実績を考慮して網目の大きさを6.5cmとする。

また、網目の形状は、菱形を標準とする。

5.4 仕切り網の間隔と角度

洪水流及び洗掘による籠の先端部の変位により、中詰め材が片側に移動すると、護岸の機能が低下することが予想される。このような現象に対処するため中詰め材の移動を防止する仕切り網が必要となる。

仕切り網の設置間隔については、機械施工による中詰め材の投入の容易さ等を考慮して、タレ部及び法面部1.5m以下、水平部2.0m以下を標準とする。

取付け角度は法面に直角とする。（図-14（ロ））ただし、厚さ50cmの籠であって法勾配が1:2未満の急勾配な場合には鉛直となるようにする。（図-14（イ））

また、側網間隔は2.0m以下を標準とする。

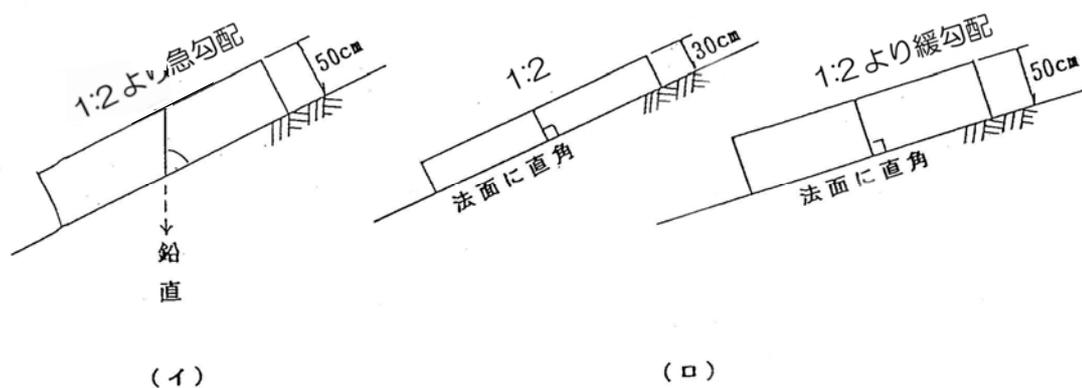


図-14 仕切り網の取り付け角度

5.5 籠の線材の太さ（線径）

籠の網及び枠の線材の太さは、予想される洗掘時に起こる地形の変形に円滑に順応する屈撓性とその際に発生する引張力を基に定めるものとする。なお、蓋網部については、流水及び流下物等による外力等を直接受けること、さらには、詰石の移動に伴う網の膨らみに対応する剛性を持たせるために、本体部の網線より1クラス上の線径を用いるものとする。

表一六 籠の線材の線径

籠の厚さ		30cm	50cm	
線径	網部	蓋部	φ4.0mm	φ5.0mm
		本体部	φ3.2mm	φ4.0mm
	枠骨	蓋部	φ5.0mm	φ6.0mm
		本体部	φ4.0mm	φ6.0mm

5.6 鉄線籠型護岸の構造仕様のまとめ

表一七 鉄線籠型護岸の構造仕様のまとめ

籠の厚さ		30cm	50cm		
代表流速*	護岸法勾配（水平） ～護岸法勾配（1：5）	5.0m/s 以下	5.0m/s を超え 6.0m/s 以下		
	護岸法勾配（1：3）	4.8m/s 以下	4.8m/s を超え 5.7 m/s 以下		
	護岸法勾配（1：2）	4.5m/s 以下	4.5m/s を超え 5.2m/s 以下		
中詰め材料の粒径 （平均粒径）	5～15cm （10.0cm）	15～20cm （17.5cm）			
籠の構造	網目	蓋部	6.5cm		
		本体部	7.5cm	10.0cm	
	線径	網部	蓋部	φ4.0mm	φ5.0mm
			本体部	φ3.2mm	φ4.0mm
		枠骨	蓋部	φ5.0mm	φ6.0mm
			本体部	φ4.0mm	φ6.0mm
	線材の引張強度	290N/mm ² 以上			
	仕切間隔	水平部	2.0m 以下		
		法面部	1.5m 以下		
		夕し部	1.5m 以下		
側網間隔		2.0m 以下			
仕切の取付け角度	法面に直角	法面に直角 但し、法勾配が 1:2 未満の急勾配の場合は鉛直			

※上表の代表流速は水深 4m 以上に適用

上表は、護岸設置個所における代表流速に対応した中詰め材料の平均粒径（「4.2 中詰め材料の粒径」で選定した粒径）と護岸構造を示したものである。なお、線径の決定については、参考資料の「2.網線の必要径の検討」を参考にすること。

6.構造別の適用区間の決定

各河川において、本基準（案）により前項までの検討を実施した後、当該河川の上下流・左右岸の状況、砂州の移動性、類似河川の既設護岸の状況等を総合的に検討して護岸構造と適用区間を決定するものとする。

7.線材に要求される性能

1. 鉄線籠型護岸に用いる線材は、表-8に示す性能を満足するものを使用するものとする。

表-8 線材に要求される性能

		要求性能
線材に要求される性能	母材の健全性	母材が健全であること。
	強度	洗掘時の破断抵抗及び洗掘に追従する屈とう性を有する鉄線籠本体の一部として機能するために必要な強度を有すること。
	耐久性	淡水中での耐用年数30年程度を確保すること。
	均質性	性能を担保する品質の均質性を確保していること
	環境適合性	周辺環境に影響を与える有害成分を溶出しないこと。
上記性能に加えて蓋材に要求される性能	摩擦抵抗(短期性能型)	作業中の安全のために必要な滑りにくさを有すること。
	摩擦抵抗(長期性能型)	供用後における水辺の安全な利用のために必要な滑りにくさを有すること。

【解説】

鉄線籠型護岸に使用する線材は、以下の要求性能を満足することを確認するとともに、周辺環境や設置条件等、現場の状況を勘案し、施工性、経済性などを総合的に判断のうえ、施工現場に適した線材を使用するものとする。

要求性能の確認は、表-10及び表-11に記載する確認方法で行うことを原則とし、請負者は基準値に適合することを示した公的試験機関の証明書又は公的試験機関の試験結果を事前に監督職員に提出し、確認を受けなければならない。

7.1 母材の健全性

1) 要求性能の考え方

河川内においては、さまざまな現場条件、外力などが鉄線籠型護岸に作用することから、性能確保の観点から、鉄線籠型護岸の鉄線母材について、傷がなく、健全なものをを用いることとする。

2) 確認方法

母材の健全性は、JIS H 0401の間接法で使用する試験液でメッキ皮膜を完全に溶脱させ、鉄線母材を露出させた後に母材表面の傷の有無を確認するとともに、表面の写真撮影を行う。なお、メッキ鉄線以外の線材についても、鉄線母材を露出した状態で同様の確認を行う。

7.2 強度

1) 要求性能の考え方

線材の強度は、洗掘により鉄線籠本体の一部が変形した際に鉄線が破断しないとともに、鉄線籠が洗掘に追従できるのに必要な強度を有している必要がある。また、これらに加え、蓋網部については、流水及び流下物等による外力等を直接受けることから、詰石の移動等に伴う網の膨らみに対応する剛性も有している必要がある。

2) 確認方法

線材の強度は、JIS G 3547に規定する引張試験により 290N/mm²以上であることを確認する。

7.3 耐久性

1) 要求性能の考え方

本基準(案)では、使用する鉄線の要求性能として、河川水の水位変動、飛沫や流砂等による磨耗及び溶出、環境作用による腐食等に対して、使用する鉄線は、耐食性を有し、淡水中での耐用年数30年以上を確保できるものとする。

2) 確認方法

メッキ鉄線では、メッキにより防食を行っている。メッキは、供用期間中、腐食及び洪水時の流砂等による磨耗で時間の経過とともに減耗する。このため、耐久性を評価は、耐用年数経過時において線材のメッキ残存量が母材の錆の発生防止に必要なメッキ量を上回って残っていることにより行うものとし、以下の試験方法により確認する。なお、メッキ鉄線以外の線材についても、以下の試験方法を参考に、摩耗及び腐食に対し、淡水中での耐用年数30年以上を確保できることを確認するものとする。

① 錆の発生防止に必要なメッキ量

錆の発生防止に必要なメッキ残存量(基準値)は、「線材磨耗試験方法(耐久性用)(KIP T 0901)」によりメッキ鉄線のメッキを磨耗試験により一定レベルまで削除する。その後、メッキを一定程度除去した鉄線を「腐食促進試験方法(JIS G 0594) 塩水濃度5%」により(鉄線径5mmの場合500時間程度)腐食させ、その後に鉄材の錆の発生状況及び引張試験(JIS G 3547)により引張強度を確認する。母材の鉄線に錆びが発生せず、かつ引張試験で線材の強さに低下が見られなかった最小のメッキ残存量を耐久性に関する性能要求の基準値 δa とする。

なお、亜鉛90%-アルミ10%メッキ付着量 300 g/m^2 の滑面タイプの鉄線にあっては、約10%程度のメッキ残存量 30 g/m^2 で鉄線に錆が発生せず、強度の低下も見られず、必要な防食効果を有していた。

このため、亜鉛の成分が90%程度であるメッキでは、メッキ残存量 30 g/m^2 を耐久性に関する性能要求の基準値 δa とする。

② 供用期間中のメッキ消耗量

i) 腐食作用によるメッキ消耗量

腐食作用によるメッキ減耗を考慮し、腐食作用に関する確認試験「腐食促進試験方法(KIP T 0902)」を行い、腐食促進時間1000時間から耐用年数30年に相当するメッキ消耗量 M_{30} を求めらる。

$$M_{30} = \frac{30(\text{年}) \times 365(\text{日}) \times 24(\text{時間})}{\beta \times 1,000(\text{時間})} \times m_{1000}$$

ここに、 M_{30} ：腐食促進試験から推定する耐用年数30年間のメッキ腐食量(g/m^2)

m_{1000} ：腐食促進時間1,000時間におけるメッキ腐食量(g/m^2)

β_0 ：実環境(塩素イオン濃度0ppm)に対する腐食の進行度合いの換算係数($\beta=9.0$)

β_{450} ：実環境(塩素イオン濃度450ppm)に対する腐食の進行度合いの換算係数($\beta=6.9$)

なお、 β_0 、 β_{450} は、現地の施工現場から鉄線籠の鉄線を採取し、現地サンプリングのメッキ消耗量と腐食促進試験により腐食させた試料のメッキ消耗量とを比較し、その同じ量を腐食させるのに必要な時間比から求めたものである。

M_{30} の算定にあたっては、鉄線籠型護岸の塩素イオン濃度に対する適用限界での使用を想定し、 β_{450} の値を用いるものとする。

ii) 磨耗作用によるメッキ消耗量

腐食作用に加え、磨耗作用によるメッキ消耗量を求めるため、確認試験「線材磨耗試験方法（耐久性）（KIP T 0901）」により、20,000 回転の線材のメッキの磨耗を行い、耐用年数 30 年に相当するメッキ消耗量 N_{30} を確認する。ここに、 N_{30} は、磨耗作用を想定した耐用年数 30 年間に相当するメッキ消耗量である。

なお、「線材磨耗試験方法（耐久性）（KIP T 0901）」での 20,000 回転は、現地の施工現場から鉄線籠の鉄線を採取し、その現地サンプリングの磨耗によるメッキの消耗量と「線材磨耗試験方法（耐久性）（KIP T 0901）」での磨耗量との関係と比較し、現地の 30 年に当たる回転数を推定したものである。

③ 耐久性の評価

メッキ残存量（初期メッキ付着量 A と、腐食作用及び磨耗作用に関する確認試験から求めた耐用年数 30 年に相当するメッキ消耗量の合計 ($N_{30}+M_{30}$) との差) が性能要求の基準値 δa 以上であることを確認する。

$$A - (N_{30} + M_{30}) > \delta a$$

ここに、 A ：初期メッキ付着量 (g/m²)

N_{30} ：磨耗試験から求められるメッキ消耗量 (g/m²)

M_{30} ：促進腐食試験から求まる耐用年数 30 年に相当するメッキ消耗量 (g/m²)

δa ：耐久性に関する性能要求の基準値 (g/m²)

7.4 均質性

線材は、強度や耐久性などの要求性能を確保するために、良好かつ均質でなければならない。

このため、均質性の確保の観点から「8. 線材の品質管理」に基づき、表-11 に示す内容で品質管理を行うことを原則とする。なお、メッキ鉄線以外の線材については、メッキ成分及びメッキ付着量の試験項目を省略できるものとする。

7.5 環境適合性

線材は、周辺環境に影響を与える有害成分を溶出しないことが求められる。メッキ鉄線では、亜鉛を主成分としているが、亜鉛の溶出は pH7 付近ではほとんどなく、また、pH が低い亜鉛の溶出の可能性のある酸性河川などへのメッキ鉄線の適用は、耐久性の観点からも制限されることから、要求性能には規定しない。なお、pH が低い河川では、「金属系生体材料の溶出試験方法（JIS T 0304）」により、溶融亜鉛量を確認するとともに、耐久性に影響がないかを確認しておくことが望ましい。

7.6 摩擦抵抗

1) 要求性能の考え方

蓋網部に使用される線材は、本体線材の要求性能に加え、施工時の作業中の安全確保のために短期の滑りにくさ（短期の摩擦抵抗）と、また完成後の供用時の水辺の安全の確保の観点から長期の滑りにくさ（長期の摩擦抵抗）を有していることが求められる。従前の基準（案）では、その双方の性能を求めていたが、コスト縮減の観点からは施工箇所の管理上の特性に応じた性能を要求することが優位である。例えば、出水等により覆土が流出しても河川利用等の観点から速やかに覆土の復旧を実施するなど長期間にわたり鉄線籠型護岸を露出させない管理を行う箇所や、立入禁止措置等により常に人の利用を制限する管理を行う箇所においては、短期の摩擦抵抗を満たせばよく、長期の摩擦抵抗は必要としない。このため、本基準（案）では、短期性能型と長期性能型の二種類の摩擦抵抗を規定しているものである。

短期性能型及び長期性能型の摩擦抵抗の基準値は、それぞれ、参考資料 3.の実大盛土の体感試験結果における評価点 3.0 に相当する摩擦係数を適用する。

短期の摩擦係数は、斜面部での評価点 3.0 に相当する摩擦係数 0.90 以上とする。

また、長期の摩擦係数は、耐用年数 30 年後を想定し、滑面メッキ鉄線の摩擦係数 0.70 より大きく、上記体感試験の水平部の評価点 3.0 に相当する摩擦係数 0.75 以上とするが、30 年後の摩擦係数の確認試験は、長時間を要し負担が大きい。室内試験及び現地サンプリングの結果によれば、摩擦係数は、メッキの僅かな磨耗で 0.90 程度まで急激に低下し、その後は、穏やかに減少し、初期の磨耗を受けた後でも、摩擦係数は 0.90 以上あれば、長期的にも 0.75 以上を有すると見なせることから、性能確認試験の負担軽減の観点から、長期の性能規定値として、磨耗試験により初期の磨耗を行った後、摩擦係数=0.90 を確認することとし、蓋網部に求められる摩擦抵抗は、表一〇の通りとする。なお、メッキ鉄線以外の線材についても表一〇に示す性能が確保できることを確認するものとする。

表一〇 蓋網部に求められる摩擦抵抗（摩擦係数）

	摩擦係数
摩擦抵抗（短期性能型）	0.90 以上
摩擦抵抗（長期性能型）	0.90 以上（初期磨耗後）

2) 確認方法

① 短期性能型

短期性能型の摩擦抵抗は、新品の線材を用いて「面的摩擦試験方法（KIP T 0903）」もしくは「線的摩擦試験方法（KIP T 0905）」により求めた摩擦係数とする。

② 長期性能型

長期の性能型摩擦抵抗は、「線材磨耗試験方法（摩擦試験用）（KIP T 0907）」に定める線材磨耗試験で 2,500 回転の線材の磨耗を実施した後、「線的摩擦試験方法（KIP T 0905）」に定める線的摩擦試験により求めた摩擦係数、もしくは、「面材磨耗試験方法（KIP T 0904）」に定める磨耗試験で 100 回転の線材の磨耗を実施したのち、「面的摩擦試験方法（KIP T 0903）」に定める面的摩擦試験により求めた摩擦係数とする。

表一10 要求性能の確認方法

項目		要求性能	確認方法		
			試験方法	試験条件	基準値
線材に要求される性能	母材の健全性	母材が健全であること。	JIS H 0401 の間接法で使用する試験液によるメッキ溶脱後の母材鉄線の写真撮影	・メッキを剥いだ状態での母材鉄線の表面写真	母材に傷がついていないこと。
	強度	洗掘時の破断抵抗及び洗掘に追従する屈とう性を有する鉄線籠本体の一部として機能するために必要な強度を有すること。	引張試験 (JIS G 3547 に準拠)	—	引張強度 290N/mm ² 以上
	耐久性	淡水中での耐用年数30年程度を確保すること。	腐食促進試験 (JIS G 0594 に準拠)	・塩素イオン濃度 0ppm ・試験時間 1,000時間	メッキ残存量 30g/m ² 以上
			線材磨耗試験	・回転数 20,000回転	
	均質性	性能を担保する品質の均質性を確保していること。	「8.線材の品質管理」に基づくこと		
環境適合性	周辺環境に影響を与える有害成分を溶出しないこと。	「1.適用河川」に基づくこと			—
上記性能に加えて蓋材に要求される性能	摩擦抵抗（短期性能型）	作業中の安全のために必要な滑りにくさを有すること。	面的摩擦試験 または 線的摩擦試験	—	摩擦係数 0.90以上
	摩擦抵抗（長期性能型）	供用後における水辺の安全な利用のために必要な滑りにくさを有すること。	線材磨耗試験後の線的摩擦試験 または 面材磨耗試験後の面的摩擦試験	【線材磨耗試験の場合】 回転数 2,500回転 【面材磨耗試験の場合】 回転数 100回転	摩擦係数 0.90以上 (初期摩耗後)

注) 表一10の確認方法に基づく公的試験機関による性能確認については、1回の実施でよいものとし、その後は、均質性の確保の観点から、「8.線材の品質管理」に基づき、定期的に線材の品質管理試験(表一11)を行うものとする。

8.線材の品質管理

鉄線籠に使用する線材は、生産者による生産過程での品質管理、及び、公的試験機関による品質確認により、適切に品質を管理・確認を行うものとする。

【解説】

鉄線籠護岸に用いる線材が護岸材料として力学的な安定や耐久性など必要な機能を有することを担保するためには、線材が要求性能を満足するために必要な品質が維持されていることを継続的に確認する必要がある。

線材の品質管理については、表-11に示す確認方法で、生産者による生産過程での品質管理として必要な検査を実施するとともに、公的試験機関の評価書又は公的試験機関の試験結果で品質確認を行うものとする。

なお、表-11のメッキ成分及び付着量の基準値は、7.3 耐久性に関する性能確認試験及び 7.5 摩擦抵抗に関する性能確認試験に使用した製品のメッキ成分及び付着量を基に決定する。

また、蓋材の摩擦抵抗の品質管理の基準値については、線材の用途により短期もしくは長期の基準値を適用する。

表-11 線材の品質管理試験の内容

項目 試験 場所	試験項目	基 準 値	試験方法	試験の頻度
工 場	線 径	$\left[\begin{array}{l} 3.2 \pm 0.09\text{mm} \\ 4.0 \pm 0.10\text{mm} \\ 5.0 \pm 0.12\text{mm} \\ 6.0 \pm 0.12\text{mm} \end{array} \right]$	JIS G 3547準拠	5巻線*1に 1回
	引張強さ	290N/mm ² 以上	JIS G 3547準拠	5巻線に1回
	ねじり特性	JIS G 3547の4.3	JIS G 3547準拠	5巻線に1回
	巻 付 性	線径の1.5倍の円筒に6回以上 巻き付け著しい亀裂及び剥離を 生じないこと	JIS G 3547準拠	5巻線に1回
	メッキ成分	*2	原子吸光分析法又は ICP発光分析法	5巻線に1回
メッキ付着量	JIS H 0401準拠		5巻線に1回	
公 的 試 験 機 関	線 径	$\left[\begin{array}{l} 3.2 \pm 0.09\text{mm} \\ 4.0 \pm 0.10\text{mm} \\ 5.0 \pm 0.12\text{mm} \\ 6.0 \pm 0.12\text{mm} \end{array} \right]$	JIS G 3547準拠	200巻線に 1回
	引張強さ	290N/mm ² 以上	JIS G 3547準拠	200巻線に 1回
	母材の健全性	母材に傷がついていないこと	JIS H 0401の間接 法で使用する試験液 によるメッキ溶脱後 の母材鉄線の写真 撮影	200巻線に 1回
	メッキ成分	*2	原子吸光分析法又は ICP発光分析法	200巻線に 1回
	メッキ付着量		JIS H 0401準拠	200巻線に 1回
	摩擦抵抗 (蓋材のみ)	短期性能型: 摩擦係数 0.90 以上	面的摩擦試験 または 線的摩擦試験	200巻線に 1回
長期性能型: 摩擦係数 0.90 以上 (初期磨耗後)		線材磨耗試験後の 線的摩擦試験 または 面材磨耗試験後の 面的摩擦試験	200巻線に 1回	

*1 巻線とは、工場における製造単位を言い、約1 tとする。

*2 メッキ成分及び付着量の基準値は、7.3 耐久性に関する性能確認試験及び7.5 摩擦抵抗に関する性能確認試験に使用した製品のメッキ成分及び付着量を基に決定する。

*3 線径の基準値の ()書きは30cm規格、[]書きは50cm規格。

9.施工時の留意事項

鉄線籠の施工に際しては、背面土砂の吸出し防止や、弱点となりやすい端部処理、中詰め材の充填等に留意するものとする。

【解説】

9.1 吸い出し防止対策

護岸の下面には、護岸下の土砂の流出及び吸出しを防止するため吸出し防止材を設置することを標準とする。

鉄線籠型護岸は、籠体内部にも流れが発生し、背後地盤の表面に減速された流れが残るといった特性がある。このため、それによつては、土砂の侵食、流出が起こることがある。背後地盤の内水位と河川水位の水位差等の関係においても、地盤内土砂の吸い出し現象が起こることがある。これらのことから、鉄線籠型護岸の安定を維持するために、籠工の下面に「吸い出し防止材」を設けることを標準とする。

9.2 端部の処理

護岸の端部では、流水によるめくれが生じやすい。これを防止するため、必要に応じて、小口工の設置や杭打ち工等の対策を講じるものとする。

9.3 中詰め材の充填

鉄線籠型護岸の中詰め材の充填が不十分な場合、鉄線による中詰め材の拘束力が弱くなるため、洪水流によって中詰め材が偏り、籠の変形が生じる可能性がある。設計段階では、中詰め材が密に詰まった状態で鉄線による中詰め材の拘束力が期待できる状態を前提としている。このため、中詰め材は、できるだけ空隙を少なく施工を行うものとする。

10.維持管理

鉄線籠型護岸は沈下及び損傷等の変状や水中部の状況等を把握することにより、鉄線籠型護岸の適切な機能維持を図ることを基本とする。

鉄線籠型護岸は鉄線による中詰め材の拘束を前提とし、流体力に対する強度を確保している。そのため、施工後、鉄線が破断し、平均的な中詰め材の大きさよりも網目が大きくなる過程で、中詰め材の流出が懸念される場合は、鉄線籠の適切な補修を行うこととする。

参 考 资 料

1. 最深河床高の予測

1.1 目的

最深河床高の予測は、対象河川の河床変動データ、河道特性を考慮して適切な方法を用いるものとする。

【解説】

護岸破壊の原因の多くは護岸基礎前面の河床低下によるものであり、護岸設計対象箇所での河床変動による将来の最深河床高は、重要な設計条件である。将来の最深河床高を正確に予測することは難しいが、ここでは、以下に3つの方法を示す。

方法 1: 経年的な河床変動データからの予測

方法 2: 既往研究成果からの予測

方法 3: 数値計算による予測及び移動床モデル実験による予測

なお、河道改修などにより河床掘削を行うことが明らかである場合には、掘削後の状況で生じる平均河床高の検討を行った上で、最深河床高を予測しておく必要がある。

また、最深部には粘土層、洪積層、岩が露出することがあり、これによって深掘れが規定されることがあるので、土層構造についても検討しておくことが必要である。

1.2 方法 1: 経年的な河床変動データからの予測

設計対象河川に、長期間にわたる河床変動データが存在する場合には、経年的な河床変動データからの予測を行うことを原則とする。

【解説】

これは、当該河川における経年的な縦横断図を整理して、それらの変動データから最深河床高を予測する方法である。

航空写真、みお筋経年変化平面図、最深河床高縦断経年変化図等の資料から洗掘発生場所が予測できる。

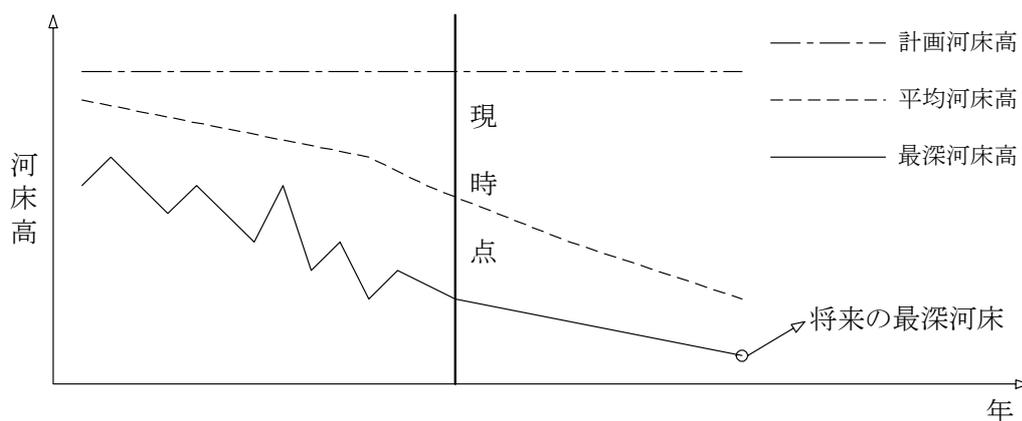
設計対象箇所 の最深河床高の経年変化傾向から、以下に示すグループ毎に、将来の最深河床高を評価する。

この際、河床変動の原因(ダム・堰の新設、河道掘削、砂利採取等)を究明しておく必要がある。

(河床高の経年変化の判定例)

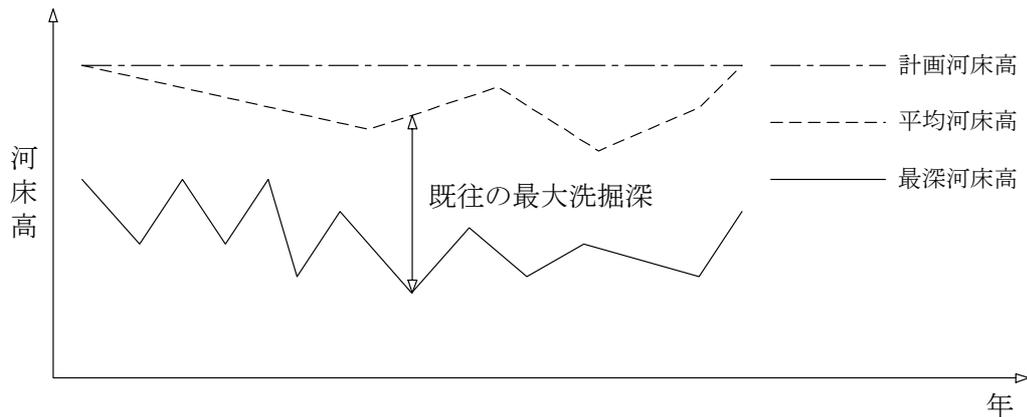
作成した各河川・各地点別の河床変動状況図に対して、河床変動の経年変化をグループ分けし、適切に最深河床高を評価する。

(1) 河床低下傾向が継続している場合



なお、複断面河道の場合は、低水路部の平均河床高とする。

(2) 河床低下傾向はないが、最深河床高が変動している場合



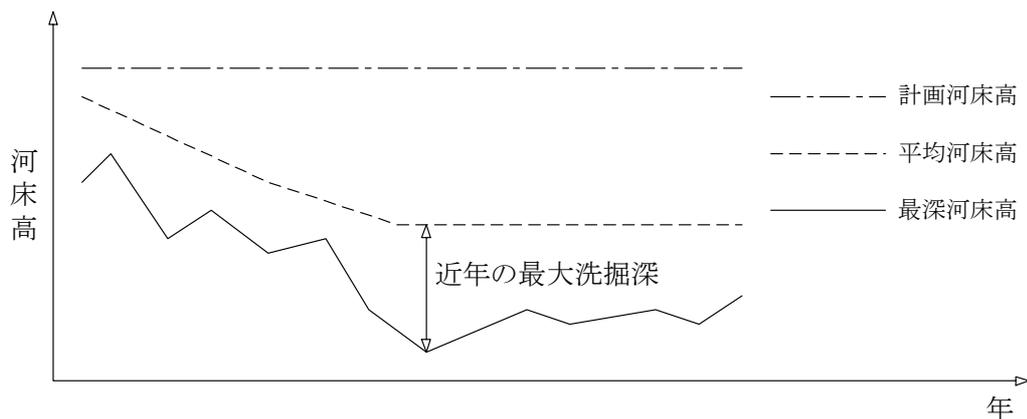
① 砂利河川

変動原因を検討し、既往の最大洗掘深をとってよいか判断する。砂利河川で、変動原因が砂州によるものと判断できる場合には既往の最大洗掘深とする。

② 砂河川及びデルタ河道

砂河川で砂州の影響により変動している場合には、既往の最大洗掘深データが大出水直後のデータである場合のみ、既往の最大洗掘深とする。そうでない場合は埋め戻しがあるため、別途検討を行う。デルタ河道も既往最大洗掘深が大出水直後のデータならば、既往最大洗掘深とする。

(3) 河床低下傾向が収束し、最深河床高の変動も小さい場合



アーミングの発生、あるいは河床の岩等の露出が生じたと推定されるので、近年の最大洗掘深をとる。

※アーミングとは、洪水時に河床材料のうち細粒分が流送され、河岸が粗い物質で覆われる現象をいう。この結果、河床材料の移動は大出水時においてのみ、発生するようになる。

表-2 各セグメントとその特徴

	セグメントM	セグメント1	セグメント2		セグメント3
			2-1	2-2	
地形区分					
河床材料の平均粒径d	様々	1cm以上	3cm~1cm	1cm~0.3mm	0.3mm以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める。	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト、粘土
勾配の目安	様々	1/60~1/100	1/400~1/5000		1/5000~水平
蛇行程度	様々	曲がりが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では8字蛇行又は島の発生		蛇行が大きいものもあるが、小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きい方が水路は良く動く		弱、ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	様々	0.5~3cm	2~8m		3~8m
河川名		黒部川 富士川 大井川	那賀川 那河川 吉野川 石狩川	利根川 矢作川 斐伊川	利根川 江戸川 六角川

出典：土木研究所資料第 2662 号(河道特性論)

洗掘深算定に際しては、基本的に平均年最大流量時の水深 (H_m) を用いて評価する。

ただし、砂州の列数が増える砂河川、湾曲部、河口部では、計画洪水時の洗掘深が平均年最大流量時の最深河床高より大きくなる可能性がある。ただし、計画高水位時の水深を用いて算定すると過大に洗掘深が評価されるため、平均年最大流量時の洗掘深及び計画流量時の洗掘深から適切に評価する。また、沖積地河川の河床には、洪積層、粘土層、基岩が露出することがあり、河床低下を抑制することがある。したがってボーリング等を行い、河床の土質状況を把握したうえで、深掘れ深の予測を行う。

(1) 直線河道の場合

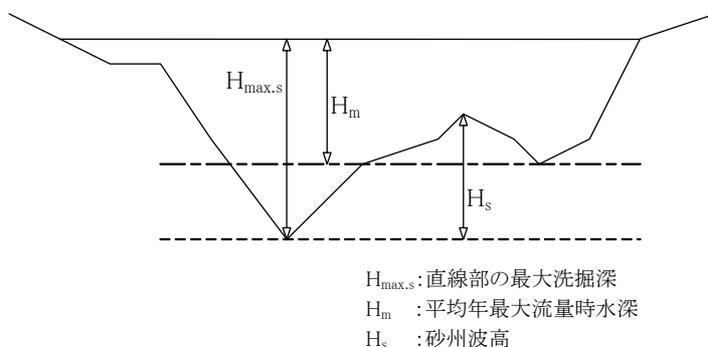
河道幅がほぼ一定の直線河道では、深掘れ部の水深は、主に砂州の規模 (砂州波高、波長) で決まり、以下の方法によるものとする。

1) 砂利河川 (セグメント 1, 2-1, 2-2 の一部)

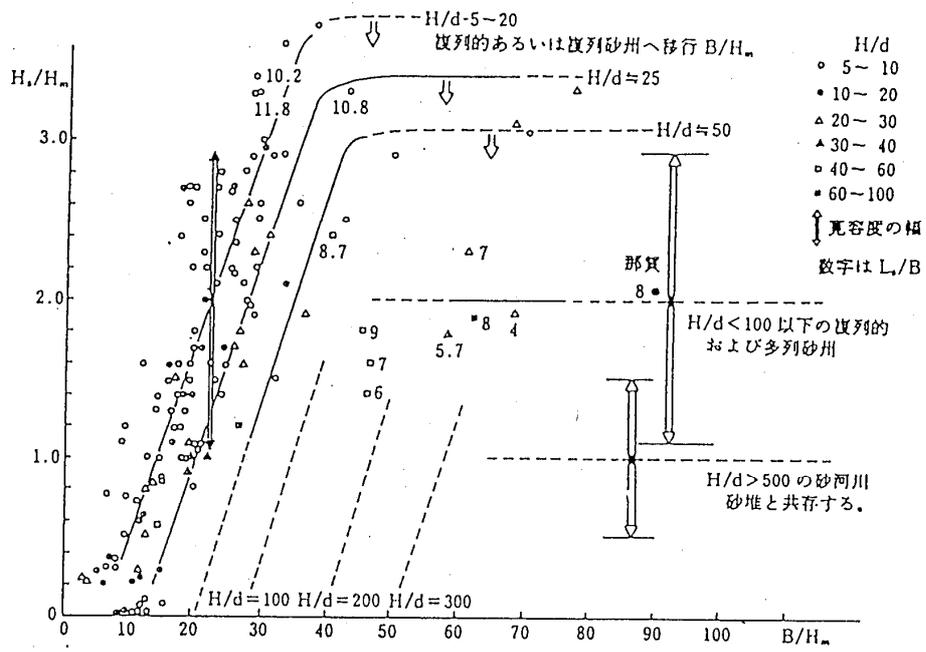
下図に示すように、砂州波高を H_s とすれば一般に、

$$H_{\max.s} / H_m = 1 + 0.8 H_s / H_m \cdots \cdots \text{(式①)}$$

として最大洗掘深 ($H_{\max.s}$) を評価することが可能である。 $H_{\max.s}$ を評価するための水深 H_m は、平均年最大流量時の水位を用いて評価する。



なお、 H_s は図 - 1 より評価する。



出典：土木研究所資料第2662号（河道特性論）

図一1 H_s/H_m と B/H_m の関係（但し、 τ_* は 0.03~0.4 の範囲）

河床勾配 (I_b) が $1/250$ 以下の砂利河川 (セグメント 2-1) では砂州のスケールが大きく、これが変形するには長時間を要するため、計画高水規模の洪水でも列数変化は生じにくい。このような場合は、その設計時点での砂州波高を対象とする。

2) 粗砂・中砂の河川 (セグメント 2-2)

一般に、大出水時と小出水時の砂州規模、あるいは、砂州の高さが異なることがあるので、大出水時の深掘は評価が困難である。

ただし、中小出水時、単列砂州の場合は、大出水時の砂州の高さは小さくなるので、通常の深掘れ深をとるのが望ましい。

また、多列砂州の場合は大出水時には、列数が減少し深掘れ深が大きくなることがあるので、配慮が必要である。

3) 細砂 (0.2mm 以下) の河川 (セグメント 3)

一般に砂州は発生せず、直線河道であれば、最深部は河道中央寄りとなる。最深部には、デルタの低置地層である粘性土が露出し、河床洗掘がそれ以上進まないことが多い。

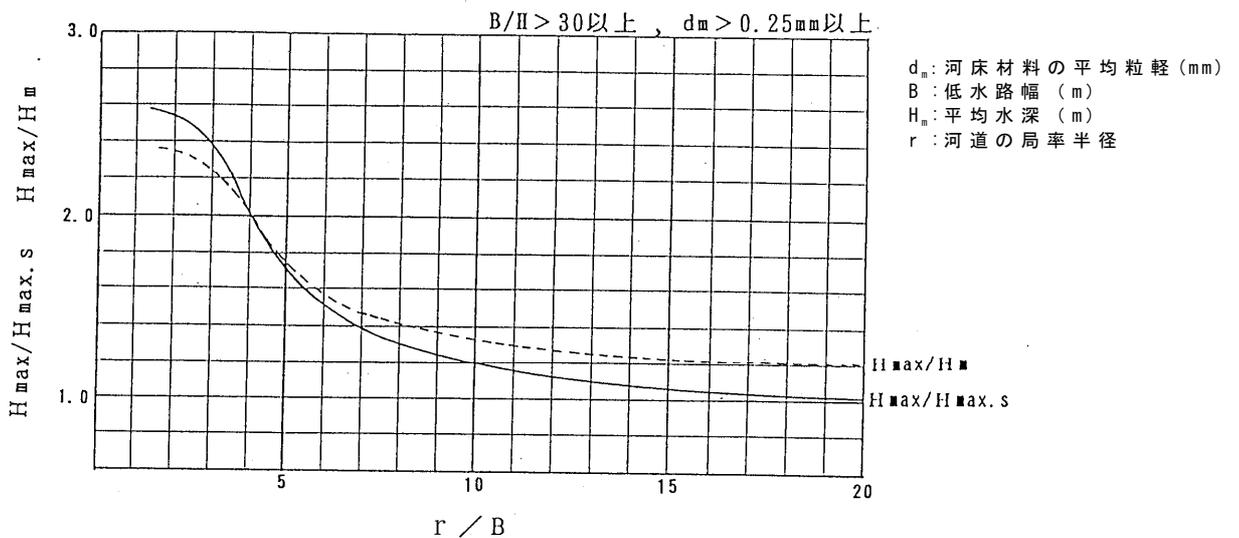
なお、直線河道であっても川幅の変化があると、洪水時には川幅の狭いところが洗掘され、広い所に堆積するので、洪水時の最深河床評価にあたっては川幅変化に対する考慮が必要である。これによる平均河床高の変化は、河床変動計算を行うことによって評価できる。

(2) 単湾曲河道の場合

直線部で砂州が発生しない単湾曲河道の場合は、当該箇所での r/B を求め、図-2の点線で示した最大洗掘深(H_{max})と平均水深(H_m)から評価する。

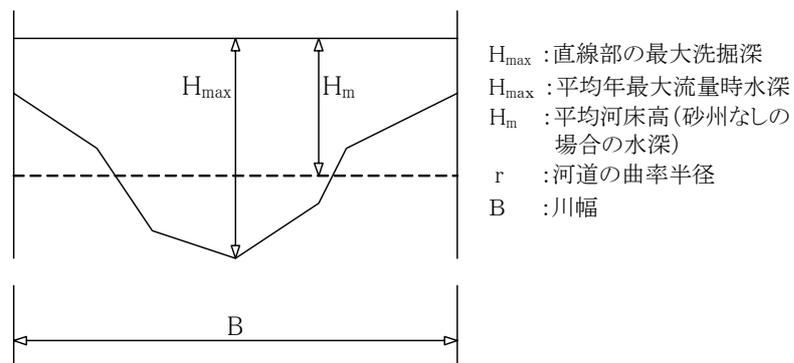
また、直線部で砂州が発生する場合は、上記と同様に図-2の実線で示した最大洗掘深(H_{max})と直線部の砂州による最大洗掘深($H_{max.s}$; 7頁の式①で評価)から評価する。

なお、 B/H_m が100以上となり多列砂州が発生する場合は、 H_{max}/H_m の値に対する r/B の影響が小さくなり、図-6の適用ができなくなる。一般に列数が多いほど r/B の影響は小さい。



出典: 護岸の力学設計法 (財)国土開発技術研究センター編

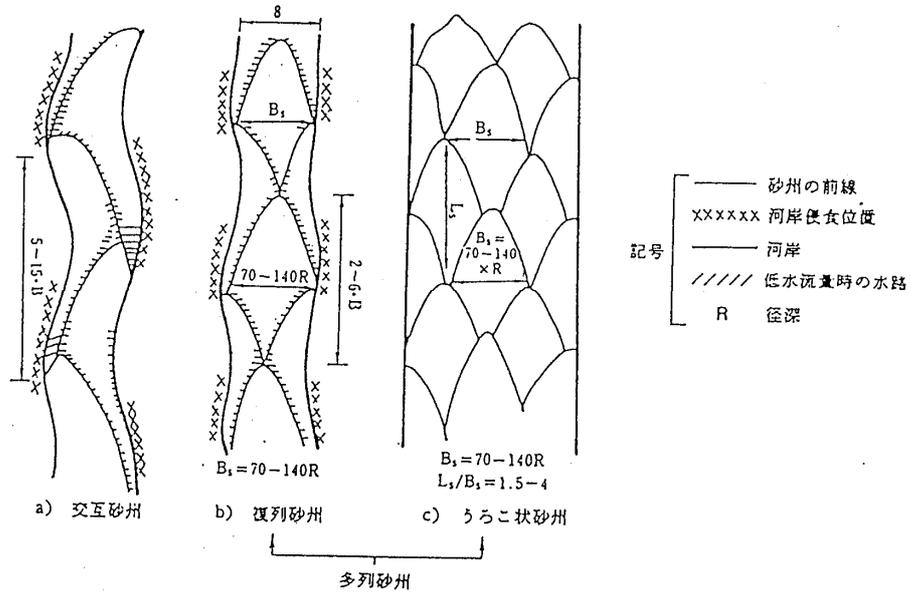
図-2 湾曲部における $H_{max}/H_{max.s}$ (H_m)と r/B



[参考]

日本の河川における典型的な砂州のスケールを下図に示した。

列数とは、図中の交互砂州をそれぞれ数える基本単位とし、これを 1 列とする。複列砂州は単位砂州が背中合わせになったものとして 2 列となり、図中右側の多列砂州は 4 列である。



出典：日本の水制

参考図-1 典型的な砂州のスケール

(3) 蛇曲河道の場合

蛇曲河道の外岸側に水衝部が発生する場合、そこに生じる洗掘深については、上記(2)の単湾曲河道の場合と同様に考えるものとする。

1.4 方法 3: 数値計算による予測及び移動床模型実験による予測

設計対象河川又は区間が河道計画上重要であり、より高度な最深河床高を予測する場合は必要に応じ、数値計算及び移動床模型実験によって予測しても良い。

【解説】

数値計算は、地形条件等について容易に対応することが可能である特徴を持つものの、解析方法の適用性等十分な考慮が必要となる。また、移動床模型実験は、河床材料の相似性が高い場合には信頼性の高い結果が得られるが、実験に当たっては、河床材料の相似則について十分検討する必要がある。以下にこれらの予測手法を示す。

(1) 数値計算による予測（準 3 次元河床変動計算）

長期間にわたる河床変動データがない場合は、数値計算によって最深河床高を予測しても良い。この場合は検証計算を行って適用の妥当性を明らかにしておくものとする。

河床変動計算は洪水時の平面河床変動や水衝部の流況、すなわち、局所洗掘深の予測や河岸近傍の最大流速、偏流の状況を把握し、河道計画を検討するために用いられている。

河床変動計算は、流体と流砂の運動を数値計算より求めて、模型実験と同様に洪水時の河床変動及び水衝部の状況などを把握する手法である。

本手法は、境界条件が複雑な場合（蛇曲河道や単湾曲のような単純な河道形状でない場合）にも適用できる方法であるが、その使用に際しては、解析方法の適用限界やパラメータの設定に対する十分な考慮が必要であり、適合性の検査を行うことが望ましい。

(2) 移動床模型実験による予測

設計対象河川が河道計画上特に重要な区間となっている場合には、移動床水理模型実験によって最深河床高を予測する。最深河床高の評価にあたっては、実験の相似性について充分検討するものとする。

大幅な河道改修を行う場合や重要な河道計画である場合には移動床水理模型実験がしばしば行われる場合がある。

模型実験では最深河床高の予測だけでなく護岸設置箇所の決定、代表流速決定を行うことができる。

2. 網線の必要径の検討

A点より先 4m部分が垂直に変位したと想定する。

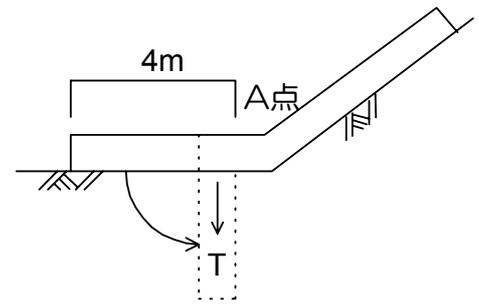
籠厚 : 50cm・30cm

変位長 : 4m

詰石の単重 : 18kN/m³

において

A点における網幅 1m当りの引張力 (T) を求める。



$$\text{籠厚 } 50\text{cm} : T = 4\text{m} \times 0.5\text{m} \times 1\text{m} \times 18\text{kN/m}^3 = 36.0\text{kN/m}$$

$$\text{籠厚 } 30\text{cm} : T = 4\text{m} \times 0.3\text{m} \times 1\text{m} \times 18\text{kN/m}^3 = 21.6\text{kN/m}$$

T = 36.0kN/m は幅 1m当りの上下面の網線 (底網 10本、蓋網 15本) 25本で受け持つことと考える。

網線 1本当りの引張力 (t) は

$$\text{籠厚 } 50\text{cm} : t = 36.0\text{kN} \div 25\text{本} = 1440\text{N/本}$$

$$\text{籠厚 } 30\text{cm} : t = 21.6\text{kN} \div 25\text{本} = 864\text{N/本}$$

線材の許容引張応力 (σ) は下表とする。

表-3 線材の許容引張応力

線材の引張強さ	許容応力	使用箇所
290N/mm ²	140N/mm ²	滑・粗面メッキ線
390N/mm ²	185N/mm ²	被覆線のメッキ線部

滑・粗面メッキ線において、網線の必要とする径 (D) は、

$$\text{籠厚 } 50\text{cm} : D_{50-290\text{N/mm}^2} = \sqrt{\frac{1440 \times 4}{3.14 \times 140}} = 0.36\text{cm} \leq 0.40\text{cm (蓋網 } 0.50\text{cm)}$$

$$\text{籠厚 } 30\text{cm} : D_{30-290\text{N/mm}^2} = \sqrt{\frac{864 \times 4}{3.14 \times 140}} = 0.28\text{cm} \leq 0.32\text{cm (蓋網 } 0.40\text{cm)}$$

被覆線のメッキ線部において、網線の必要とする径 (d) は、

$$\text{籠厚 } 50\text{cm} : d_{50-390\text{N/mm}^2} = \sqrt{\frac{1440 \times 4}{3.14 \times 185}} = 0.31\text{cm} \leq 0.32\text{cm (蓋網 } 0.40\text{cm)}$$

$$\text{籠厚 } 30\text{cm} : d_{30-390\text{N/mm}^2} = \sqrt{\frac{864 \times 4}{3.14 \times 185}} = 0.24\text{cm} \leq 0.26\text{cm (蓋網 } 0.32\text{cm)}$$

ここで蓋網部は表面に出ることも考慮し、1ランクアップとした。

即ち、網線の線径は下表とする。

表-4 網線の線径

線材名 籠厚	滑・粗面 メッキ線径 (D)		被覆線径 (d)			
	本体部	蓋部	メッキ線部径		被覆線外径	
			本体部	蓋部	本体部	蓋部
50cm	4.0mm	5.0mm	3.2mm	4.0mm	4.0mm	5.0mm
30cm	3.2mm	4.0mm	2.6mm	3.2mm	3.2mm	4.0mm

3. 体感試験

(1) 試験方法

1) 試験概要

実大盛土に鉄線籠を設置し、被験者が鉄線籠上を歩行する。各鉄線籠表面の摩擦特性についてアンケート調査を実施する。

2) 試験装置

- ① 試験装置は、図-3 に示すような実大盛土の水平面及び斜面に鉄線籠を設置したものとする。

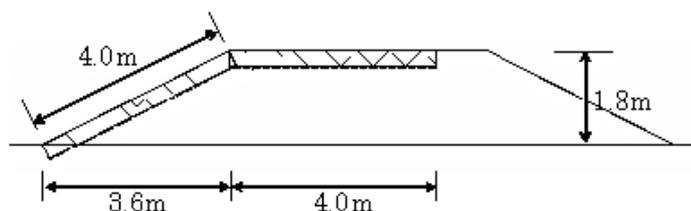


図-3 体感試験における鉄線籠配置図(横断面)

- ② 試験装置は、次の条件を満足しなければならない。

- a) 各鉄線籠の大きさは水平面、斜面ともそれぞれ $4.0\text{m} \times 4.0\text{m}$ とする。
試験を実施する鉄線籠の数に応じて実大盛土の大きさを調節することができる。斜面の傾斜は 1:2 を基本とするが、必要に応じて傾斜を調整することができる。

3) 状態調節

鉄線籠の表面は乾燥状態及び湿潤状態の2種類を設定する。湿潤状態の試験を開始する直前には単位面積当たり 2mm 程度の水量を噴霧する。

4) 手順

被験者は、試験装置の水平面及び斜面の鉄線籠上を歩行する。斜面は盛土の法線方向に歩行する。歩行後、各鉄線籠表面の摩擦特性についてアンケート調査を実施する。表面の摩擦特性については5段階(すべらない:5点、あまりすべらない:4点、どちらとも言えない:3点、ややすべる:2点、すべる:1点)で評価する。

5) 結果の表し方

試験結果は、各鉄製籠表面の摩擦特性について、アンケート調査の平均点を利用する。ただし、性別・世代について結果を分析のうえ、結果に偏りが見られる場合は、被験者数の見直し等、適切に処理する。

(2) 試験結果

1) 試験条件

- ① 鉄線籠数：図-4、表-5 に示すように5タイプの鉄線籠を設置
- ② 被験者数 計 86 人 男：37 人、女性：49 人
 - 年齢 小学生：10 人、中学生：10 人、20～29 才：36 人、
 - 30～39 才：13 人、40～49 才：8 人、50～59 才：9 人

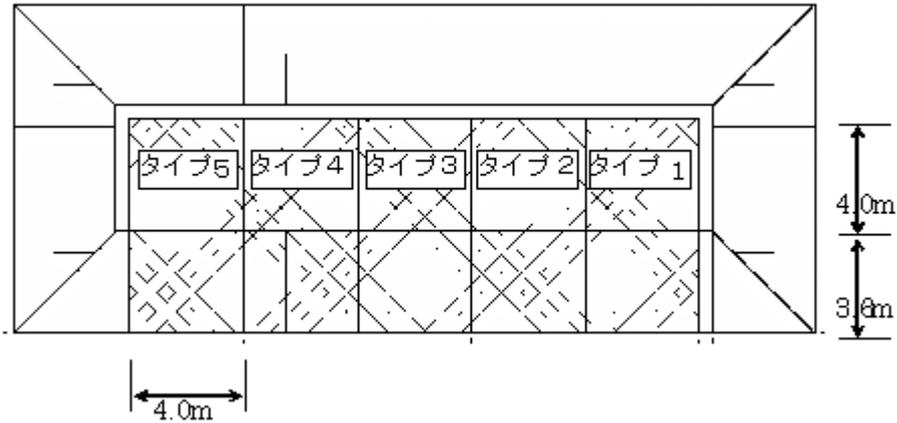


図-4 体感試験における鉄線籠配置図(平面図)

表-5 体感試験における鉄線籠タイプ

タイプ	名称	メッキ成分	メッキ付着量	備考
タイプ1	ステンレス製金網	—	—	
タイプ2	亀甲金網	アルミニウム：10% 亜鉛：90%	600g/cm ² 以上	
タイプ3	粗面メッキ鉄線 (亜鉛＋アルミニウム ＋マグネシウム)	アルミニウム：11% マグネシウム：2% 亜鉛：87%	220g/cm ² 以上	
タイプ4	粗面メッキ鉄線 (亜鉛＋アルミニウム)	アルミニウム：10% 亜鉛：90%	660g/cm ² 以上	
タイプ5	滑面メッキ鉄線	アルミニウム：10% 亜鉛：90%	300g/cm ² 以上	

注)各タイプ毎に同等の規格、品質の商品を参考に示すが、使用にあたっては規格、品質の証明が必要となる。

2) 試験結果

最新の試験結果では、タイプ別での斜面、湿潤状態の平均点は表-6 のとおりとなった。

表-6 鉄線籠タイプ毎の試験結果

タイプ	名称	評価
タイプ1	ステンレス製金網	2.2 点
タイプ2	亀甲金網	1.7 点
タイプ3	粗面メッキ鉄線 (亜鉛+アルミニウム+マグネシウム)	3.6 点
タイプ4	粗面メッキ鉄線 (亜鉛+アルミニウム)	2.3 点
タイプ5	滑面メッキ鉄線	1.2 点

評価：すべらない・5点、あまりすべらない・4点、どちらとも言えない・3点、ややすべる・2点、すべる・1点

- ①乾燥状態では、水平面、斜面ともに全ての種類で平均点は3点以上であった。
- ②湿潤状態で水平面を歩行した場合、滑面メッキ鉄線以外は平均点3点以上であった。
- ③湿潤状態の斜面上を歩行した場合、性別、年齢によらず、タイプ1～4は、タイプ5に比べ平均点が高い傾向を示し、特にタイプ3は、いずれの場合も平均点が3点以上であった。

3) 面的摩擦試験と体感試験の相関

体感試験結果と面的摩擦試験結果には、図-5、6 に示すような相関性が確認された。

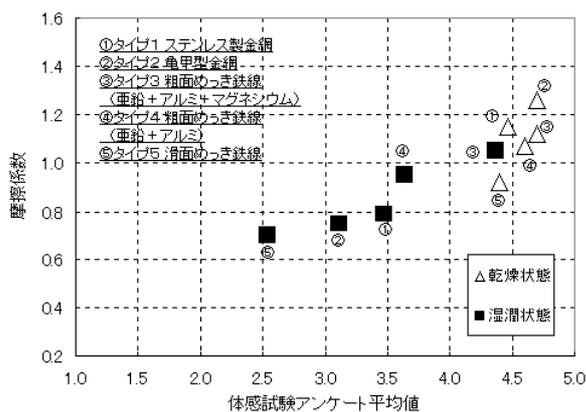


図-5 摩擦係数と体感試験結果との関係〔水平面〕

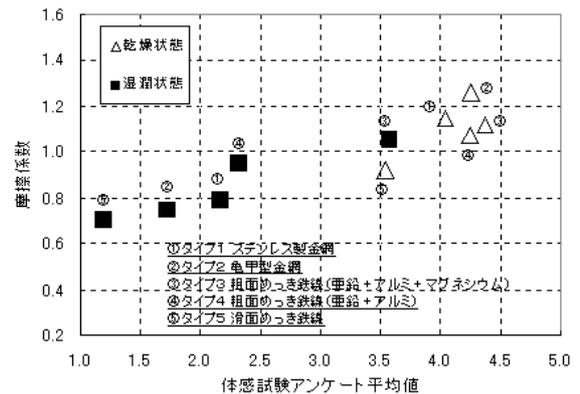


図-6 摩擦係数と体感試験結果との関係〔斜面〕

※摩擦係数について：蓋網部の摩擦係数については、面的摩擦試験を引用

4. 確認試験方法

4.1 線材磨耗試験方法(耐久性用)

KIP T 0901 線材磨耗試験方法(耐久性用)(2009)

1. 総則

1.1 試験の目的

本試験は、実環境での耐用年数に相当する線材のメッキの磨耗量を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網部の線材を対象とする。

1.3 用語の定義

線材のメッキの磨耗とは、洪水時の流砂等によるメッキの「磨耗劣化」状況をいう。実現場での供用年数 30 年間の磨耗によるメッキ劣化は、本試験での **回転数 20,000 回転** における磨耗状況に相当するものとする。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して線材に要求される耐久性に関する性能を確認することを目的とする。

メッキ鉄線の耐久性は、防食材(メッキ)によっているため、耐用年数 30 年程度後のメッキ残存量からメッキ鉄線の耐久性を評価する。

蓋網部の線材は、環境作用による腐食に加え、流砂による防食材の磨耗が生じ、本線材磨耗試験によって、実現場での 30 年の磨耗現象によるメッキ磨耗量を推計するものとする。

なお、本試験方法は、錆の発生防止に必要なメッキ残存量を求める際のメッキの磨耗削除にも準用する。その際、回転数や砂の取り替え頻度等については、メッキの磨耗状況を確認しながら、適宜、検討するものとする。

2. 試験装置

水平な試験テーブルと砂箱、砂箱内に挿入した線材に回転運動を生ずることが可能な駆動機構を有するものとする。

- (1) 試験テーブル; 表面が水平で、かつ平滑なテーブル
- (2) 回転装置; 定速度(3 回転/秒程度)で回転可能なもの
- (3) 砂箱; 長さ 250mm×幅 150mm×高さ 200mm の容器
(線材の挿入が可能な構造)
- (4) 砂; 珪砂 2 号(粒径 2~4mm)
- (5) ウェイト; 上載荷重(土被り厚 400mm 程度に相当する 270N)用の錘
- (6) その他; 秤、ストップウォッチなど

【解説】

試験装置は、水平な試験テーブルと砂箱、砂箱内に挿入した線材に回転運動を生ずることの可能な駆動機構を有していなければならない。試験装置の例を写真-1.1 に示す。

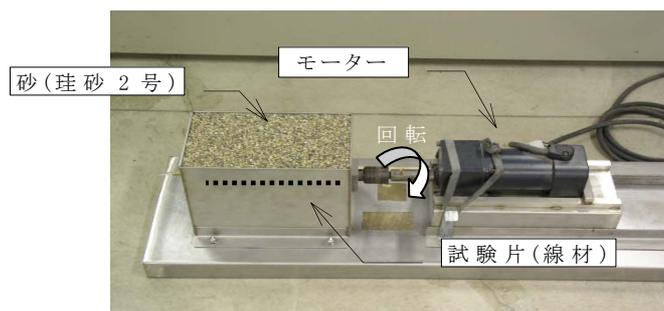


写真-1.1 線材磨耗試験装置の例

3. 試験片

試験片は、長さ 300mm とし、健全で直線性のある線材を 3 本以上準備する。

【解説】

試験片は、長さ 300mm が必要であり、表面に損傷や傷等のない健全で直線性のある線材を 3 本以上準備する。また、試験片は、生産過程での品質管理及び公的機関による品質確認により適切に品質管理・確認されたものを用いる。また、試験片の数は、試験片の均質性などを考慮して検討することが望ましい。

4. 試験方法

試験は、以下の手順にて実施する。

- (1) 試験に用いる鉄線のメッキ付着量及び試験片の初期の質量を測定する。
- (2) 試験テーブルに回転駆動機及び砂箱を固定する。
- (3) 長さ 250mm、幅 150mm、高さ 200mm の容器に珪砂 2 号 (2~4mm) を投入する。
- (4) 試験片 (長さ 300mm) を横方向に下面から 100mm (中央) に挿入する。
- (5) 砂の表面に上載荷重 500mm に相当する荷重 (270N) を載せる。
- (6) 線材を回転速度 3 回転/秒で回転させる。
- (7) 2,500 回転毎に砂を入れ替える。
- (8) 耐久年数 30 年に相当する回転数 20,000 回転まで線材を回転させる。
- (9) 磨耗試験後に試験片の質量を測定し、メッキを除去してメッキ付着量を測定する。

【解説】

試験に用いる鉄線のメッキ付着量は、試験片の直近の鉄線から切り出した試料片を用い、JIS G 3547 (亜鉛メッキ鉄線) によって求める。試験片の試験途中のメッキ磨耗量は、質量から求めるものとし、最小読み取り 0.001g の秤を用いるものとする。

試験片 (線材) を砂箱の中心部に挿入したのち、均一な圧力分布となるよう上載荷重 400mm に相当する荷重 (270N) を載せる。

回転速度 3 回転/秒で、2,500 回転毎に砂 (珪砂) を入れ替えながら規定回転数に達するまで線材を回転する。規定回転数に達した後、試験片を取出し、試験片の質量及びメッキ付着量を測定する。規定回転数後のメ

メッキ付着量は、試験片全体を用い、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)によって求める。なお、メッキの磨耗量の測定は、砂の入れ替え毎に実施するなど、1試験片に対して少なくとも3回程度以上を行うことが望ましい。

5. 試験結果の整理

線材磨耗試験によるメッキ磨耗量は、次式で求める。

$$N_n = \frac{(W_0 - W_n)}{W_e} \times d \times 1960 \quad \dots(1.1)式$$

ここに

N_n : 回転数 n 回でのメッキ磨耗量 (g/m^2)

W_0 : 試験片の初期質量 (g)

W_n : 試験片の回転数 n 回での質量 (g)

W_e : 規定回転数後の試験片のメッキ皮膜を除去した後の質量 (g)

d : 規定回転数後の試験片のメッキ皮膜を除去した後の線径 (mm)

1960: 定数

【解説】

回転数 n 回転の鉄線のメッキ磨耗量は、試験片の初期質量、回転数 n 回転の質量、規定回転数後の試験片のメッキ被膜を除去した質量から、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)に示されたメッキ付着量の計算式をもとに、(1)式により求める。

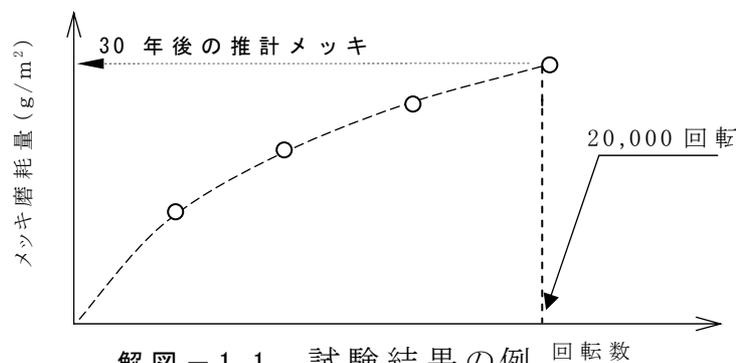
線材磨耗試験は、洪水時の流砂によって線材の防食材(メッキ)が磨耗する現象を再現し、実環境下での耐用年数 30 年間のメッキ磨耗量を推計し、耐久性に関して評価するものである。

磨耗試験における線材の回転数と磨耗量の関係は、

- ・ 初期に線形的に磨耗する(100%~75%程度は直線)
- ・ その後、磨耗速度が減少し、指数関数的に磨耗する(75%~0%程度は指数関数)

ことがわかっている。

このデータに滑面タイプの実環境下でのデータを挿入し、実環境下での 30 年間のメッキの磨耗量は、線材磨耗試験の 20,000 回転の磨耗量に相当すると推定した。



解図 - 1.1 試験結果の例

6. 報告事項

試験結果について次の項目を報告する。

- (1) 試料の品名、規格・仕様、型番
- (2) 試験場所、試験条件
- (3) 試験片毎に初期質量、長さ、初期メッキ付着量、回転数 n 回転でのメッキ磨耗量
- (4) 質量、メッキ磨耗量の平均値、必要があれば標準偏差
- (5) 本基準と異なる方法を用いた場合には、その内容
- (6) その他特記すべき事項

【解説】

試験片の品名、規格・仕様、品名、型番等を報告する。

個々の試験に対するメッキ磨耗量とこれらの平均値を報告する。なお、試験結果にばらつきが認められる場合には、試験回数と標準偏差を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

また、必要に応じて個々の試験時の回転数と回転数毎の磨耗量の関係図を添付することが望ましい。

KIP T 0902 腐食促進試験方法 (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、鉄線籠の耐用年数に規定するメッキの腐食量を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網部の線材を対象とする。

1.3 用語の定義

線材のメッキの腐食とは、水辺環境でのメッキの「腐食劣化(溶出)」状況という。本試験での塩素イオン濃度 0ppm のもとでの腐食促進時間 1 時間のメッキ腐食量(減少量)は、実現場での経過年数 9.0 時間に相当し、塩素イオン濃度 450ppm の環境下では 0ppm と比較して 1.3 倍の速さで腐食が進行する。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して鉄線籠の線材に要求される耐用年数に関する性能を確認することを目的とする。

メッキ鉄線の耐久性は、防食材(メッキ)によっているため、耐用年数 30 年程度後のメッキ残存量からメッキ鉄線の耐久性を評価する。

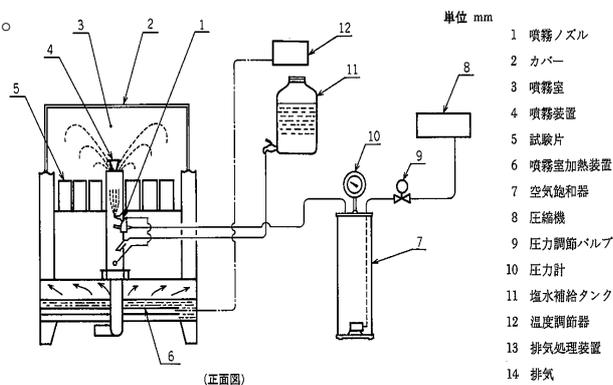
本試験では、水辺環境での「腐食劣化(溶出)」を再現し、塩素イオン濃度 0ppm における腐食促進試験 1,000 時間でのメッキ腐食(減少)量を元に、実現場での塩素イオン濃度 0ppm 及び 450ppm(溶出適用限界)におけるメッキ腐食量を推計するものである。

2. 試験装置

腐食促進試験は、JIS G 0594 に準拠した「サイクル腐食促進試験装置」を用いる。

【解説】

試験装置は、塩水噴霧や湿潤、乾燥、恒温恒湿(高湿・低湿)の試験を任意の順序で組合せて繰り返し試験を行う「複合サイクル試験」が可能な機能を有した装置を用いる。解図-2.1 に「サイクル腐食促進試験装置」の例を示す。



解図-2.1 サイクル腐食促進試験装置の例

3. 試験片

一個の試験片は、長さ 100mm 程度とし、12 片以上を準備する。

【解説】

試験片は、長さ 100mm 程度の線材を用い、促進時間は、初期値を含め 4 段階とし、かつ各促進時間に対して 3 個以上の試料数を準備する。試験片は、表面に損傷や傷等のない健全な線材を用いる。また、生産過程での品質管理及び公的機関による品質確認により適切に品質管理・確認されたものを使用する。

4. 試験方法

試験は、解図-2.2 に示す、「複合サイクル試験」とし、塩素イオン濃度 0ppm の噴霧環境下で実施する。

- (1) 試験片の初期重量及びメッキ付着量を計測する。
- (2) 試験片を「サイクル腐食促進試験装置」に静置する。
- (3) 解図-2.2 のサイクルに従って、促進させる。
- (4) 腐食促進時間 250、500 時間で試験する試験片を取出し、試験片の質量及びメッキ付着量を測定する。
- (5) 腐食促進時間 1,000 時間後に試験片を取り出し、試験片の質量及びメッキ付着量を測定する。

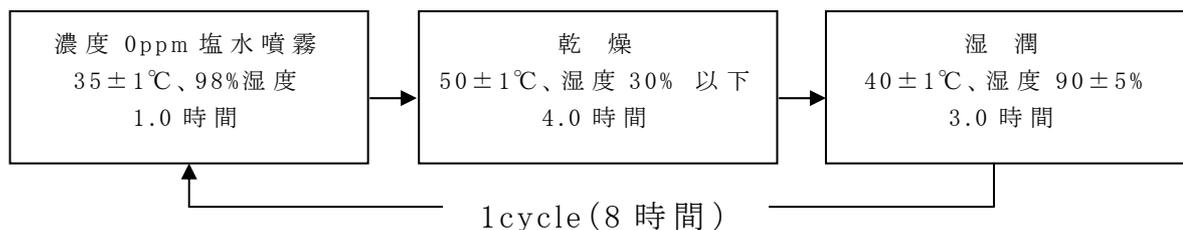
【解説】

試験は、解図-2.2 に示すサイクル時間に対して塩素イオン濃度 0ppm に対して「複合サイクル試験」を行う。

メッキ付着量の測定は、溶融亜鉛メッキ試験方法 JIS H 0401 に準じ、腐食促進時間 250、500、1,000 時間ごとに行うものとする。

なお、必要に応じて線材の引張試験を行うことが望ましい。

< サイクル時間 >



解図-2.2 腐食促進試験のサイクル時間

5. 試験結果の整理

メッキ付着量は、次式で求める。

$$A = \frac{(W_1 - W_2)}{S} \times 10^6 = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times d \times 1960 \dots (2.1) \text{式}$$

ここに、 A :メッキ付着量 (g/m^2)

W_1 :試験片のメッキ皮膜を除去する前の質量 (g)

W_2 :試験片のメッキ皮膜を除去した後の質量 (g)

S :試験片のメッキ部分の表面積 (mm^2)

d :試験片のメッキ皮膜を除去した後の径 (mm)

1960:定数

【解説】

腐食促進試験は、塩素イオン濃度 0ppm の環境条件で、JIS G 0594 に準拠した腐食促進試験を行い、各腐食促進時間でのメッキ付着量を、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)に示された(2.1)式により求め、腐食促進時間 1,000 時間におけるメッキ減少量を算出する。

塩素イオン濃度 0ppm での腐食促進時間 1 時間は、実環境の塩素イオン濃度 0ppm での 9.0 時間に相当し、実環境の塩素イオン濃度 450ppm では、0ppm の 1.3 倍の速さで腐食が進むため、6.9 時間に相当するものと推定しており、耐用年数 30 年間に対応するメッキ腐食量は、次式から推計する。

$$M_{30} = \frac{30(\text{年}) \times 365(\text{日}) \times 24(\text{時間})}{\beta \times 1,000(\text{時間})} \times m_{1000}$$

$$m_{1000} = A_0 - A_{1000}$$

ここに、 M_{30} :耐用年数 30 年間の推計メッキ腐食量 (g/m^2)

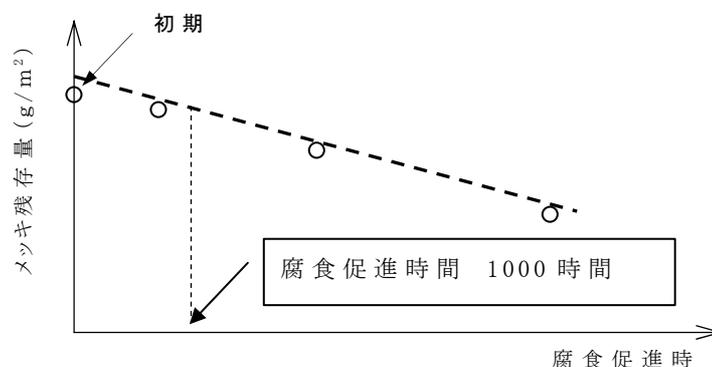
m_{1000} :腐食促進時間 1,000 時間におけるメッキ腐食量 (g/m^2)

A_0 :試験前(腐食促進時間 0 時間)におけるメッキ付着量 (g/m^2)

A_{1000} :腐食促進時間 1,000 時間後におけるメッキ付着量 (g/m^2)

β_0 :実環境(塩素イオン濃度 0ppm)に対する腐食の進行度合いの換算係数 ($\beta=9.0$)

β_{450} :実環境(塩素イオン濃度 450ppm)に対する腐食の進行度合いの換算係数 ($\beta=6.9$)



解図 - 2.3 試験結果の例

メッキ残存量 (g/m^2) = 初期メッキ付着量 (g/m^2)

- 促進時間 t でのメッキ付着量 (g/m^2)

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試験片の品名、規格・仕様、型番等
- (2) 個々の試験片のメッキ付着量と平均値、腐食促進時間 1,000 時間でのメッキ腐食量
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【解説】

試験片の品名、規格・仕様、型番等を報告する。

腐食促進時間毎の試験片のメッキ付着量とこれらの平均値及び、1,000 時間におけるメッキ腐食量を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

また、必要に応じて個々のメッキ残存量の経時変化を添付することが望ましい。

解表-2.1 鉄線籠型護岸の腐食促進試験結果の例

試験年月日		平成〇年〇月〇日 試験者;〇〇〇〇				
製品の規格等	蓋網部の品名					
	蓋網部の銘柄					
	蓋網部の製造番号					
製品の仕様等	線径		mm			
	網目の寸法		mm			
	線材の種類					
	メッキ	成分				
		付着量	g/m ²			
試験条件	試験片の長さ、個数		長さ mm 片			
	メッキ付着量の測定					
	塩素イオン濃度,噴霧時間		0ppm , 1000 時間			
試験結果	1	試験番号	質量(g)		メッキ除去後の線径(mm)	メッキ付着量(g/m ²)
			メッキ除去前	メッキ除去後		
	0 時間	1				
		2				
		3				
		平均値				
	250 時間	1				
		2				
		3				
		平均値				
	500 時間	1				
		2				
		3				
		平均値				
	1000 時間	1				
		2				
		3				
		平均値				
	腐食促進時間 1,000 時間での腐食量 (g/m ²)			0 時間の平均値 - 1,000 時間平均値 =		
	耐用年数 30 年間の推計メッキ腐食量(g/m ²)					
本試験の規格からはずれた事項						
その他特記事項 ・経過時間とメッキ腐食量の関係(添付) ・記録写真(添付)						

KIP T 0903 面的摩擦試験方法 (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、蓋網部の摩擦抵抗を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網を対象とする。

1.3 用語の定義

蓋網部の摩擦抵抗とは、鉄線籠護岸の施工中の安全及び供用後における水辺の安全な利用を考慮した滑りにくさを摩擦係数で表わしたものをいう。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して蓋網部に要求される滑りにくさに関する性能を確認することを目的とする。

蓋網部に要求される滑りにくさは、鉄線籠護岸の施工中の安全及び供用後における水辺の安全な利用を考慮した摩擦抵抗により定めるものとする。なお、短期性能型の摩擦抵抗については、本試験方法によって確認することを基本とする。また、評価基準値は、実大盛土を用いた体感試験のアンケート調査を元に摩擦係数で評価する。

2. 試験装置

試験装置は、水平な試験テーブルと滑り片、及び滑り片と試験テーブルの間の相対的な運動を生ずることが可能な駆動機構を有するものとする。

- (1) 試験テーブル; 表面が水平で、かつ平滑なテーブル
- (2) 牽引装置; 定速度(100mm/min程度)で牽引可能なもの
- (3) 滑り片; コンクリート製からなる長辺 300mm、短辺 150mm (面積 450cm²)、高さ 80mm 程度、重さ 300N(30.0kgf)程度
- (4) ゴム片; 形状 150mm×300mm×5mm の JIS T 8101(BS)に規定するゴム板を用いる
- (5) 荷重計; 最小感度 1N 以下とする
- (6) 変位計; 精度 1/100mm、ストローク 100mm 以上とする
- (7) 記録計; 荷重及び変位量を連続的に記録できるもの
- (8) その他; 噴霧器、温度計、ストップウォッチなど

【解説】

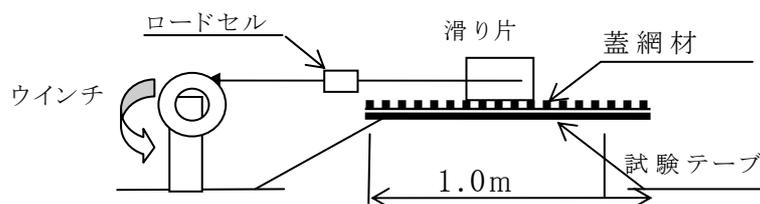
試験装置は、水平な試験テーブルと滑り片、及び滑り片と試験テーブルの間の相対的な運動を生ずる駆動機構を有していなければならない。試験装置の例を解図-3.1、写真-3.1に示す。

滑り片の底面は、JIS T 8101に規定されるゴム片で覆う。滑り片の全重量は、30kgf程度(300N程度の法線力)とし、摩擦面から高さ40mm程度の位置に牽引用のフックを取り付ける。

牽引力は、記録針、あるいは同等の電氣的データ処理装置で記録する。

記録装置を含めた荷重測定システムは誤差±2%を超えず、また、応答時間 $t_{99\%}$ は 0.5 秒を超えてはならない。

※応答時間 $t_{99\%}$: 実際の荷重に対して測定した荷重が 99% に達するために要する時間



解図 - 3.1 面的摩擦試験装置概念図



写真 - 3.1 面的摩擦試験装置

3. 試験片

試験片は、摩擦抵抗（短期性能型）の試験では、約 1.0m×1.0m 以上の蓋網材を準備する。また、摩擦抵抗（長期性能型）の試験では、面材磨耗試験後の 250mm×400mm 以上の試験片 3 片を準備する。

【解説】

摩擦抵抗（短期性能型）の試験では、試験片は、約 1.0m×1.0 m 以上の大きさの蓋網材を準備する。試験片は、生産過程での品質管理及び公的試験機関による品質確認により適切に品質管理・確認されたものを使用する。また、摩擦抵抗（長期性能型）の試験では、面材磨耗試験後の 250mm×400mm 以上の試験片 3 片を準備する。試験片は、変形していないものを用い、表面には摩擦特性に影響を与えるようなキズや損傷、異物が付いていてはならない。

4. 試験方法

試験は、室内温度 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ のもとで実施する。摩擦抵抗（短期性能型）の試験では、同じ箇所でも 2 回計測し、1 試験片に対して、少なくとも 3 箇所でも計測を行う。また、摩擦抵抗（長期性能型）の試験では、3 つの試験片でも各 2 回計測を行う。

- (1) 試験片を試験テーブルに固定する。
- (2) 表面が濡れる位の水を散布する。
- (3) 試験片の上に、あらかじめ底面を水で濡らした滑り片を静かに置く。
- (4) 荷重計及び変位計を設置し、滑り片 100mm/min 程度の速度で牽引する。
- (5) 牽引時の荷重と変位量を記録し、変位量が 50mm に達するまで継続する。
- (6) 定められた回数と箇所でも試験を実施する。

【解説】

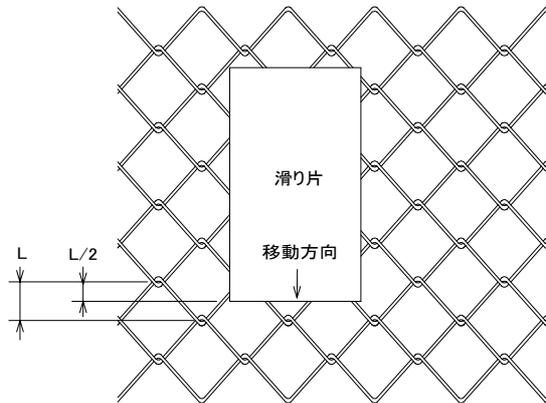
試験時の室内雰囲気温度は、 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ とし、試験は、短期の摩擦抵抗（短期性能型）では、同じ箇所でも2回、1試験片について少なくとも3箇所でも計測を行う。また、摩擦抵抗（長期性能型）では、3試験片でそれぞれ2回以上計測を行う。

滑り片の牽引方向は、蓋網部材を河岸に設置した際にのり肩からのり尻に向かう方向と平行とする。

試験片の長軸が試験テーブルの長軸に一致するように置き、試験片を適当なクランプで試験テーブルに固定し、表面が濡れる位の水を散布する。

あらかじめ底面を水で濡らした滑り片を試験片の上面にショックを与えないように静置する。滑り片を置く位置は、解図-3.2のように線材の折れ曲がり点の幅(L)の2分の1の位置に、滑り片の先端が位置するように設置する。

滑り片を滑動させる前に、装置に負荷している力は、取り除いておく。牽引力が試験片に対して水平となるように作用させ、牽引速度が100mm/min程度となるように連続的に牽引する。



解図-3.2 滑り片の設置位置

計測した摩擦係数の誤差は、5%以内とする。なお、誤差が5%以上の場合には再度場所を変えて試験を実施するものとする。

5. 試験結果の整理

牽引力（水平荷重）と変位量、時間の関係を整理し、静摩擦係数 μ_s を次式で求める。

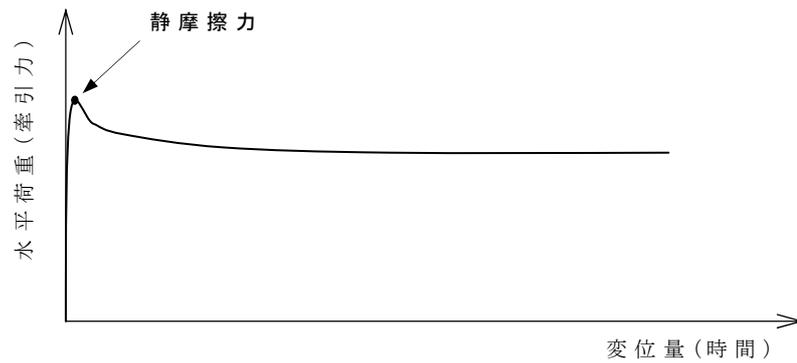
$$\mu_s = \frac{F_s}{F_p} \quad \dots \dots (3.1) \text{式}$$

ここに、 F_s : 静摩擦力 (N)

F_p : 滑り片の重量によって生じる法線力 (N)

【解説】

すべり片と試験片との摩擦力は、牽引と同時に増加し始め、最大荷重に達する。このピーク荷重が静摩擦力であり、静摩擦係数 μ_s として表わすものとする。



解図－3.3 試験結果の例

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試料の品名、規格・仕様、型番
- (2) 試験場所、試験条件
- (3) 試験片の寸法、個々の静摩擦係数と平均値、必要があれば標準偏差と試験回数
- (4) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (5) その他特記すべき事項

【解説】

試料の品名、規格・仕様、型番等を報告する。

個々の試験に対する静摩擦係数とこれらの平均値を報告する。なお、試験結果にばらつきが認められる場合には、試験回数と標準偏差を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

また、必要に応じて個々の試験時の水平荷重の経時変化あるいは水平荷重と変位量の関係を添付する。

解表-3.1 鉄線籠型護岸蓋網部の面的摩擦試験結果の例

試験年月日		平成〇年〇月〇日 試験者;〇〇〇〇		
製品の規格等	蓋網部の品名			
	蓋網部の銘柄			
	蓋網部の製造番号			
製品の仕様等	線径		mm	
	網目の寸法		mm	
	線材の種類			
	メッキ	成分		
		付着量	g/m ²	
試験条件	試験場所			
	試験環境		25℃前後の屋内	
	滑り片の質量		300N	
	試験片の幅×長さ		m× m 枚	
	線材の表面状態		湿潤状態	
試験結果	試験位置	試験回数	引張荷重(N)	摩擦係数
	n=1	1		
		2		
		平均		
	n=2	1		
		2		
		平均		
	n=3	1		
		2		
		平均		
	n=4	1		
		2		
		平均		
	n=5	1		
		2		
平均				
最大値				
最小値				
最大値と最小値の差				
平均値				
本試験の規格からはずれた事項				
その他特記事項 ・経過時間と引張荷重及び変位(添付) ・荷重及び変位データシート(添付) ・記録写真(添付)				

KIP T 0904 面材磨耗試験方法 (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、鉄線籠の蓋網材の供用時の滑りにくさ(長期の摩擦抵抗)を確認するため、摩擦係数の初期段階での急激な低減を生じさせるメッキの初期磨耗を再現することを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網材を対象とする。

1.3 用語の定義

メッキの初期磨耗:鉄線籠の蓋網材の摩擦抵抗が急激に低減する供用初期段階でのメッキの劣化をいい、本試験の回転数100回転での磨耗状況に相当するものとする。

メッキの初期磨耗後の摩擦係数:KIP T 0903に規定する「面的摩擦試験方法」によって求められたメッキ初期磨耗後の蓋網材の摩擦係数をいう。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して鉄線籠の蓋網部の長期の摩擦抵抗に関する性能を確認するため、摩擦抵抗の低減を生じさせる供用初期のメッキの劣化を再現することを目的とする。本磨耗試験では、この初期のメッキ磨耗として、100回転の線材のメッキ磨耗を行い、その後、「面的摩擦試験方法」(KIP T 0903)に定める面的摩擦試験により摩擦係数を求め、摩擦抵抗を確認する。

2. 試験装置

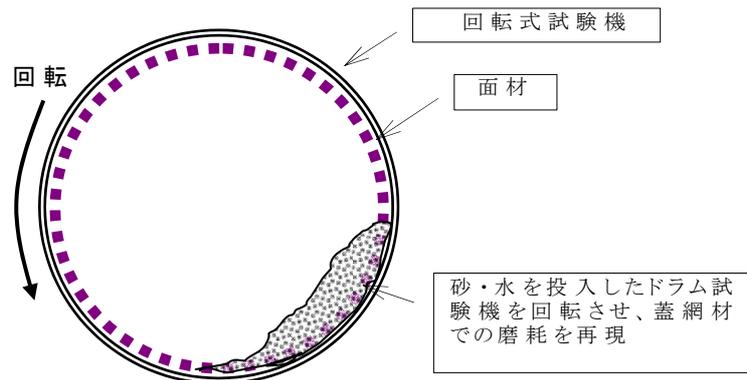
回転式磨耗試験装置は、砂及び水を投入したドラムを回転することで、ドラムの壁面に固定した蓋網材を磨耗させ、洪水時の流砂等の外力による劣化状況の再現し、供用初期段階でのメッキの初期磨耗を生じさせるものである。

- (1) 回転式磨耗試験装置;ドラム(内部の羽を除去したコンクリートミキサー)
- (2) 砂 ;珪砂 2号(粒径 2~4mm)
- (3) その他;秤、ストップウォッチなど

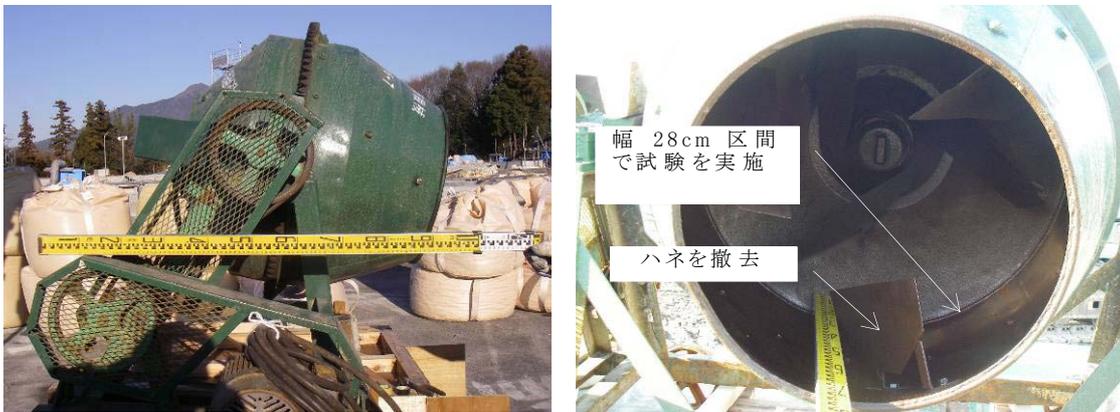
【解説】

試験装置には、洪水時の流砂等の外力による蓋網部の面的な線材の劣化状況が再現できる装置を用いる。解図-4.1に回転式磨耗試験装置の概念を、写真-4.1に「回転式磨耗試験機」の例を示す。

腐食や流砂による鉄線の劣化現象を再現するため、砂及び水を投入したドラムを回転することで、ドラムの壁面に固定した蓋網材を磨耗させるものである。



解図－4.1 回転式磨耗試験装置の例



写真－4.1 「回転式磨耗試験機」の例

回転式磨耗試験機の仕様の例

- ① 名称：コンクリートミキサー
- ② 練上量：150L
- ③ 回転数：22rpm(3秒/回転)
- ④ 動力：2.2kw モーター
- ⑤ 最大内径：80cm
(中心部のフラット幅 28cm)

3. 試験片

試験片は、250mm×400mm 程度とし、3片以上を準備する。

【解説】

試験には、磨耗後の摩擦係数を確認するための面的摩擦試験で大きさ250mm×400mm以上の試験片が3片以上必要である。試験片は、表面に損傷や傷等のない健全な蓋網材を用いる。また、生産過程での品質管理及び公的機関による品質確認により適切に品質管理・確認されたものを使用する。

4. 試験方法

試験は、以下の手順で実施する。

- (1) 試験に用いる蓋網材のメッキ付着量及び試験片の初期の質量を測定する。
- (2) 試験片を「回転式磨耗試験機」のドラム内に固定する。
- (3) 試験機内に硅砂2号(2~4mm)及び水を投入する。
- (4) 所定の回転速度1回転/3秒でドラムを回転させる。
- (5) 回転数50回毎に回転方向を逆方向にする。
- (6) 一方向の回転数が100回転までドラムを回転する
- (7) 磨耗試験後に試験片の質量を計測する。
- (8) 面的摩擦試験(KIP T 0903)により、摩擦係数を求めた後、メッキ付着量を測定する。

【解説】

試験に用いる鉄線のメッキ付着量は、試験片の直近の鉄線から切り出した試料片を用い、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)によって求める。

試験片は、蓋網材を線材にバラし、面的摩擦試験を実施する面に回転する硅砂及び水が垂直に当たるよう、ドラム(コンクリートミキサー等)の壁面に直角となるようボルト等を用いて固定する。硅砂2号(粒径2~4mm)は、乾燥状態で40ℓを、また、水道水40ℓを準備し、ドラムに投入する。

回転速度は、標準回転速度3秒/回転(1,200回転/hr)程度とし、50回転毎に回転方向を変更する。

一方向の回転数が100回転に達した後、試験片を取り出して、試験片の質量を測定する。面的摩擦試験(KIP T 0903)を実施し、摩擦係数を求めた後、試験片のメッキ付着量を測定する。メッキの付着量は、試験片の中央部付近から試料を切り出し、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)によって求める。

5. 試験結果の整理

面材磨耗試験でのメッキ磨耗量を次式で求める。

$$N_{100} = A_0 - A_{100} \quad \dots(4.1) \text{ 式}$$

ここに N_{100} : 回転数100回転でのメッキ磨耗量 (g/m^2)

A_0 : 初期のメッキ付着量 (g/m^2)

A_{100} : 回転数100回転でのメッキ付着量 (g/m^2)

【解説】

面材磨耗試験は、流砂等によるメッキの磨耗を再現し、磨耗させた試験片を用いて「面的摩擦試験」(KIP T 0903)を行い、長期の摩擦抵抗を確認するために実施する。メッキ磨耗量は、メッキの磨耗状況の再現性の確認のために求める。

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試験片の品名、規格・仕様、型番等
- (2) 試験片の寸法、メッキ磨耗量と平均値、試験方法
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【解説】

試験片の規格・仕様、品名、型番等を報告する。

個々の試験に対するメッキ磨耗量とこれらの平均値、及び試験方法を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

解表-4.1 鉄線籠型護岸の面材磨耗試験結果の例

試験年月日		平成〇年〇月〇日 試験者:〇〇〇〇	
製品の規格及び仕様	蓋網部の品名		
	蓋網部の銘柄		
	蓋網部の製造番号		
	線径		mm
	網目の寸法		mm
	線材の種類		
	メッキ	成分	
	付着量	(g/m ²)	
試験条件	磨耗試験装置	型式	
		仕様	練上量: L 回転数: rpm(秒/回転) 動力: kw モーター 最大内径: mm
	試験片の長さ、個数		250×400mm, 3片
	回転数(回転時間)		回転数 100 回転(時間)
No=1	初期値	質量(g)	
		メッキ付着量(g/m ²)	
	100 回転	質量(g)	
		メッキ付着量(g/m ²)	
		メッキ磨耗量(g/m ²)	
	No=2	初期値	質量(g)
メッキ付着量(g/m ²)			
100 回転		質量(g)	
		メッキ付着量(g/m ²)	
		メッキ磨耗量(g/m ²)	
No=3		初期値	質量(g)
	メッキ付着量(g/m ²)		
	100 回転	質量(g)	
		メッキ付着量(g/m ²)	
		メッキ磨耗量(g/m ²)	
	N=1~3の平均値		メッキ磨耗量(g/m ²)
本試験の規格からはずれた事項			
その他特記事項			
・記録写真(添付)			

KIP T 0905 線的摩擦試験方法 (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、蓋網部の線材の摩擦抵抗を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網部の線材を対象とする。

1.3 用語の定義

蓋網部の摩擦抵抗とは、鉄線籠護岸の施工中の安全及び供用後における水辺の安全な利用を考慮した滑りにくさを摩擦係数で表わしたものをいう。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して蓋網部に要求される滑りにくさに関する性能を確認することを目的とする。

蓋網部に要求される滑りにくさは、施工時の安全確保及び完成後の水辺の安全な利用を考慮した摩擦抵抗により定めるものとする。なお、短期性能型の摩擦抵抗については、面的摩擦試験(KIP T 0903)によって確認することを基本とし、本試験は、線材磨耗試験後の線材を対象に長期性能型の摩擦抵抗の確認法として適用するものである。また、評価基準値は、実大盛土を用いた体感試験のアンケート調査を元に摩擦係数で評価する。

2. 試験装置

水平な試験テーブルと滑り片、及び滑り片と試験テーブルの間の相対的な運動を生ずることが可能な駆動機構を有するものとする。

- (1) 試験テーブル;表面が水平で、かつ平滑なテーブル
- (2) 牽引装置;定速度(100mm/min程度)で牽引可能なもの
- (3) 滑り片;鋼製からなる長辺 300mm、短辺 150mm (面積 450cm²)、高さ 80mm 程度、重さ 300N(30.0kgf)程度
- (4) ゴム片;形状 150mm×300mm×5mm の JIS T 8101(BS)に規定するゴム板を用いる
- (5) 荷重計;最小感度 1N 以下とする
- (6) 変位計;精度 1/100mm、ストローク 100mm 以上とする
- (7) 記録計;荷重及び変位量を連続的に記録できるもの
- (8) その他;噴霧器、温度計、ストップウォッチなど

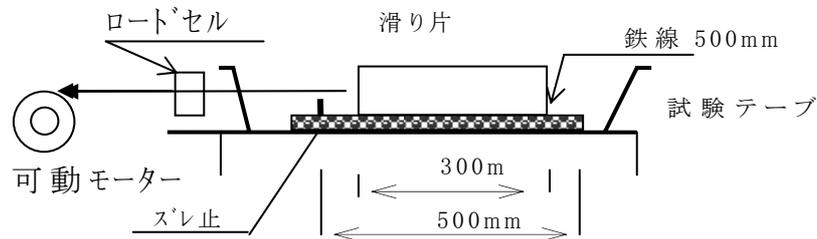
【解説】

試験装置は、水平な試験テーブルと滑り片、及び滑り片と試験テーブルの間の相対的な運動を生ずる駆動機構を有していなければならない。試験装置の例を解図-5.1、写真-5.1に示す。

滑り片の底面は、JIS T 8101 に規定されるゴム片で覆う。滑り片の全重量は、30kgf程度(300N程度の法線力)とし、摩擦面から高さ40mm程度の位置に牽引用のフックを取り付ける。

牽引力は、記録針、あるいは同等の電気的データ処理装置で記録する。記録装置を含めた荷重測定システムは、誤差±2%を超えず、また、応答時間 $t_{99\%}$ は 0.5 秒を超えてはならない。

※応答時間 $t_{99\%}$: 実際の荷重に対して測定した荷重が 99% に達するために要する時間



解図 - 5.1 線の摩擦試験装置概念図



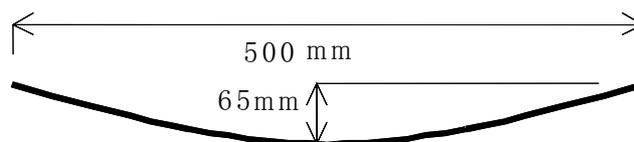
写真 - 5.1 線の摩擦試験装置

3. 試験片

試験片は、長さ 500mm の線材 3 組 (2 本 / 組) 以上を準備する。

【解説】

1回の試験には、長さ 500mm の試験片が 2 本必要で、3 回以上の計測を行うため、6 本以上の試験片を準備する。湾曲した試験片は、解図 - 5.2 の円弧形状より真っ直ぐにして試験を行う。試験片表面は、表面の摩擦特性に影響を与えるようなキズや損傷、異物が付いていてはならない。また、生産過程での品質管理及び公的機関による品質確認により適切に品質管理・確認されたものを使用する。



解図 - 5.2 鉄線材の円弧形状条件

4. 試験方法

試験は、室内温度 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ のもとで、1 試験片に対して 2 回以上行う。

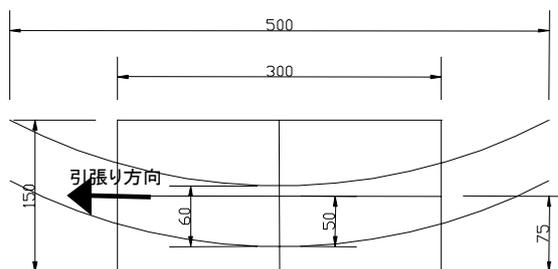
- (1) 試験片を試験テーブルに固定する。
- (2) 表面が濡れる位の水を散布する。
- (3) 試験片の上に、あらかじめ底面を水で濡らした滑り片を静かに置く。
- (4) 荷重計及び変位計を設置し、滑り片を $100\text{mm}/\text{min}$ 程度の速度で牽引する。
- (5) 牽引時の荷重と変位量を記録し、変位量が 50mm に達するまで継続する。
- (6) 同じ場所で(2)～(6)の同様の試験を 2 回行う。
- (7) 線材を交換し、試験を 3 回以上行う。

【解説】

試験時の室内雰囲気温度は、 $23 \pm 5^\circ\text{C}$ とし、試験は、1 試験片に対して少なくとも 2 回計測を行う。また、線材を交換し、試験を 3 回以上実施する。

1 組の試験片は、滑り片を移動させる際に移動や振動が生じないように、2 本の線材を 60mm 間隔となるよう、フラットバーなどを用いて試験テーブルに固定し、表面が濡れる位の水を散布する。

あらかじめ底面を水で濡らした滑り片を試験片の中央に上面にショックを与えないように静置する。滑り片を置く位置は、解図-5.3 に示す位置とする。



解図-5.3 すべり片を置く位置

滑り片を滑動させる前に装置に負荷している力は、取り除いておく。牽引力が試験片に対して水平となるように作用させ、牽引速度が $100\text{mm}/\text{min}$ 程度となるように連続的に牽引する。

計測した摩擦係数の誤差は、5%以内とする。なお、誤差が 5% 以上の場合には試験片を替えて試験を実施するものとする。

5. 試験結果の整理

牽引力（水平荷重）と変位量、時間の関係を整理し、静摩擦係数 μ_s を次式で求める。

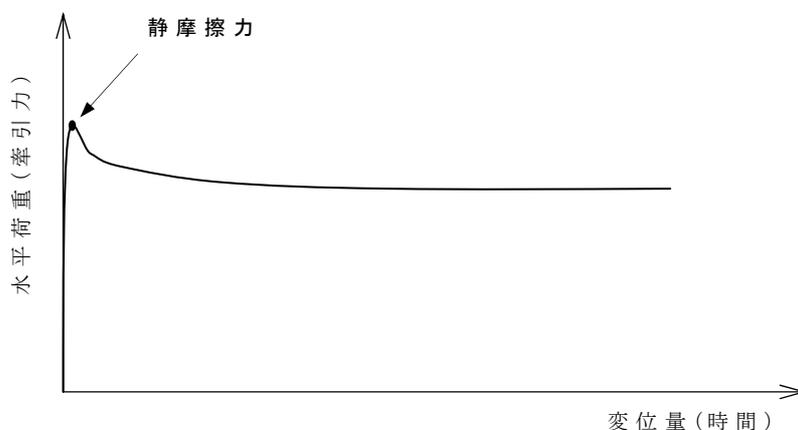
$$\mu_s = \frac{F_s}{F_p} \quad \dots \dots (5.1) \text{式}$$

ここに、 F_s : 静摩擦力 (N)

F_p : 滑り片の重量によって生じる法線力 (N)

【解説】

滑り片と試験片との摩擦力は、牽引と同時に増加し始め、最大荷重に達する。このピーク荷重が静摩擦力であり、静摩擦係数 μ_s として表わすものとする。



解図－5.4 試験結果の例

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試料の品名、規格・仕様、型番
- (2) 試験条件
- (3) 試験片の寸法、個々の静摩擦係数と平均値、必要があれば標準偏差と試験回数
- (4) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (5) その他特記すべき事項

【解説】

試料の品名、規格・仕様、型番等を報告する。

個々の試験に対する静摩擦係数とこれらの平均値を報告する。なお、試験結果にばらつきが認められる場合には、試験回数と標準偏差を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

また、必要に応じて個々の試験時の水平荷重の経時変化あるいは水平荷重と変位量の関係を添付することが望ましい。

解表-5.1 鉄線籠型護岸蓋網部の線的摩擦試験結果の例

試験年月日		平成〇年〇月〇日 試験者;〇〇〇〇		
製品の規格及び仕様	蓋網部の品名			
	蓋網部の銘柄			
	蓋網部の製造番号			
	線径		mm	
	網目の寸法		mm	
	線材の種類			
	メッキ	成分		
	付着量	(g/m ²)		
試験条件	試験場所			
	試験環境		25℃前後の屋内	
	滑り片の質量		N	
	試験片の長さ		mm ~ mm	
	線材の表面状態		湿潤状態	
試験結果	試験片	試験回数	引張荷重(N)	摩擦係数
	n=1	1		
		2		
		平均値		
	n=2	1		
		2		
		平均値		
	n=3	1		
		2		
		平均値		
	n=4	1		
		2		
		平均値		
	最大値			
最小値				
最大値と最小値の差				
平均値				
本試験の規格からはずれた事項				
その他特記事項 ・経過時間と引張荷重及び変位(添付) ・荷重及び変位データシート(添付) ・記録写真(添付)				

KIP T 0906 メッキ付着量試験方法 (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、線材のメッキ付着量あるいはメッキ磨耗量を求めることを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の線材を対象とする。

1.3 用語の定義

線材のメッキ付着量とは、鉄線上に形成されたメッキ表面から鉄線表面までの皮膜量をいい、1平方m当たりのメッキ皮膜の質量をグラム表示した、 g/m^2 で表わす。また、メッキ磨耗量とは、メッキ皮膜量の減量をいう。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に対して蓋網部に要求される品質性能に関連する以下の評価試験に適用される。

KIP T 0901 線的磨耗試験

KIP T 0902 腐食促進試験

KIP T 0904 回転磨耗試験

メッキ付着量試験は、メッキされた試験片を秤量した後、塩酸でメッキ皮膜を溶解除去し、再び秤量し、その減量から付着量を求める。

なお、本試験に定める他は、JIS H 0401 溶融亜鉛メッキ試験方法に準じるものとする。

2. 試験装置

試験液及び推定する付着量の0.1%までの秤量が測定可能な秤を準備する。

(1) 試験液 ; JIS K 8847 に規定するヘキサメチレンテトラミン 3.5g を、密度 $1.18g/cm^3$ (3.5% HCl) 以上の塩酸 500mL に溶かす。その溶液を水で 1L に希釈する。

(2) 秤 ; 推定する付着量の0.1%までの感度を有していること。

(3) その他 ; 試験容器、温度計、ストップウォッチなど

【解説】

本試験は、塩酸でメッキ皮膜を溶解除去し、その溶解前後の質量の差からメッキ付着量を求めるため、質量測定精度が試験結果に影響を与える。このため、秤は、推定する付着量の0.1%までの感度を有した機器を使用するものとし、評価試験の内容に応じて適宜、選定することが重要である。

3. 試験片

試験片及び片数は、評価試験に用いた試験片を対象とする。

【解説】

試験片は、各評価試験に用いた試験片を原則とする。ただし、試験片が大きすぎるものに関しては、測定できる適切な大きさに切断したものを用いることができる。

4. 試験方法

試験は、以下の手順にしたがって行う。

- (1) 必要に応じて、試験片の洗浄を行う。
- (2) 亜鉛溶解前に試験片の質量を測定する。
- (3) 試験液を準備する。
- (4) 試験片を室温の溶液に完全に浸して、メッキ皮膜が完全に溶けるまで放置する。
- (5) 試験片を流水でゆすぎ、綿布等によくぬぐった後、乾燥させる。
- (6) 再び、質量を測定する。
- (7) 必要に応じて、試験片のメッキ部分の表面積を求める。

【解説】

試験片の表面にごみや異物がついていると、試験結果に影響を与えるため試験片を洗浄しなければならない。試験片を洗浄する場合、必要に応じて有機溶剤で脱脂し、乾燥する。このとき、有機溶剤は、メッキに害のないものを使用する。

試験液の量は、試験片のメッキ部分の表面積 100mm^2 あたり、最小 10mL になるように溶液量を決める。試験液中の水素の盛んな発生が止まると、試験液に浸水した試験片の溶解が終了したことを示す。

溶解後の試験片は、流水でゆすぎ、綿布等によくぬぐった後、十分に乾燥させるか、アルコール液に浸けてすぐに乾燥させる。

メッキ付着量を算出する場合には、秤量後に試験片のメッキ部分の表面積 $S(\text{mm}^2)$ を求める。このときの表面積の測定精度は 1% 以下とする。

なお、試験液は、メッキ皮膜が容易に除去される範囲内で繰り返し用いても良い。

5. 試験結果の整理

メッキ付着量は、次式によって算出する。

$$A = \frac{(W_1 - W_2)}{S} \times 10^6 = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \times d \times 1960 \cdots (6.1)\text{式}$$

ここに、 A :メッキ付着量 (g/m^2)

W_1 :試験片のメッキ皮膜を除去する前の質量 (g)

W_2 :試験片のメッキ皮膜を除去した後の質量 (g)

S :試験片のメッキ部分の表面積 (mm^2)

d :規定回転数後の試験片のメッキ皮膜を除去した後の径 (mm)

1960 :定数

【解説】

メッキ付着量は、線材の素材上に形成された亜鉛及び亜鉛と鉄との合金からなる亜鉛メッキ層のメッキ表面から素材表面までの皮膜量を示し、単位面積当たりのメッキ皮膜の質量で表わす。

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試験片の規格・仕様、品名、型番等
- (2) 試験片の寸法、個々のメッキ付着量あるいは磨耗量と平均値、必要があれば標準偏差と試験回数
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【解説】

試験片の規格・仕様、品名、型番等を報告する。

個々の試験に対する付着量あるいは磨耗量とこれらの平均値を報告する。なお、試験結果にばらつきが認められる場合には、試験回数と標準偏差を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

解表-6.1 鉄線籠型護岸蓋網部のメッキ付着量試験結果の例

試験年月日及び試験者		平成〇年〇月〇日		試験者;〇〇〇〇			
製品の規格及び仕様	蓋網部の品名						
	蓋網部の銘柄						
	蓋網部の製造番号						
	線径						
	網目の寸法						
	線材の種類						
	メッキ	成分					
	付着量	(g/m ²)					
試験条件		試験場所					
		試験環境		25℃前後の屋外			
試験結果	試験片番号	長さ(mm)	メッキ除去前の質量 (g)	メッキ除去後		メッキ付着量 (g/m ²)	
				質量(g)	線径(mm)		
	No. 1						
	No. 2						
	No. 3						
	No. 4						
	No. 5						
	No. 6						
	N=1~3の最大値						
	N=1~3の最小値						
最大値と最小値の差							
N=1~3の平均値							
本試験の規格からはずれた事項							

KIP T 0907 線材磨耗試験方法(摩擦試験用) (2009)

1. 総 則

1.1 試験の目的

本試験は、鉄線籠の蓋網材の供用時の滑りにくさ(長期の摩擦抵抗)を確認するため摩擦係数の初期段階での急激な低減を生じさせるメッキの初期磨耗を再現することを目的とする。

1.2 適用範囲

鉄線籠型護岸に用いられる鉄線籠の蓋網部の線材を対象とする。

1.3 用語の定義

メッキの初期磨耗:鉄線籠の蓋網材の摩擦抵抗が急激に低減する供用初期段階でのメッキの劣化をいい、本試験の回転数2,500回転での磨耗状況に相当するものとする。

メッキの初期磨耗後の摩擦係数:KIP T 0905に規定する「線的摩擦試験方法」によって求められたメッキ初期磨耗後の蓋網部の線材の摩擦係数をいう。

【解説】

本試験は、「鉄線籠型護岸の設計・施工技術基準(案)」の運用に際して鉄線籠の蓋網部の線材の長期の摩擦抵抗に関する性能を確認するため、摩擦抵抗の低減を生じさせる供用初期のメッキの劣化を再現することを目的とする。本磨耗試験では、この初期のメッキ磨耗として、2,500回転の線材のメッキ磨耗を行い、その後、「線的摩擦試験方法」(KIP T 0905)に定める線的摩擦試験により摩擦係数を求め、摩擦抵抗を確認する。

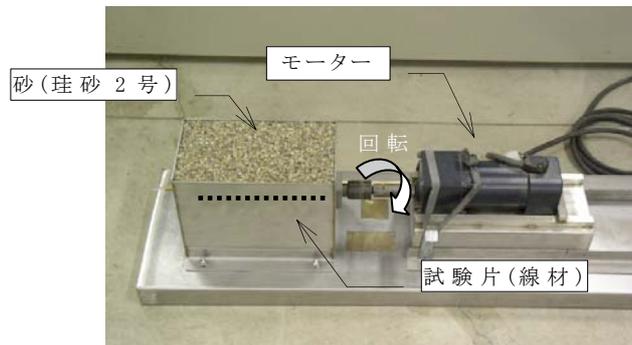
2. 試験装置

水平な試験テーブルと砂箱、砂箱内に挿入した線材に回転運動を生ずることの可能な駆動機構を有するものとする。

- (1) 試験テーブル;表面が水平で、かつ平滑なテーブル
- (2) 回転装置;定速度(3回転/秒程度)で回転可能なもの
- (3) 砂箱;長さ350mm×幅150mm×高さ200mmの容器(線材の挿入が可能な構造)
- (4) 砂 ;珪砂2号(粒径2-4mm)
- (5) ウェイト;上載荷重(土被り厚400mm程度に相当する380N)用の錘
- (6) その他;秤、ストップウォッチなど

【解説】

試験装置は、水平な試験テーブルと砂箱、砂箱内に挿入した線材に回転運動を生ずることの可能な駆動機構を有していなければならない。試験装置の例を写真－7.1に示す。



写真－7.1 線的磨耗試験装置の例

3. 試験片

試験片は、長さ 500mm とし、健全で直線性のある線材を 3 組（2 本／組）以上準備する。

【解説】

1回の試験には、長さ500mmの試験片が2本必要で、3回以上の計測を行うため、6本以上の試験片を準備する。表面に損傷や傷等のない健全で直線性のある線材を用いる。また、試験片は、生産過程での品質管理及び公的機関による品質確認により適切に品質管理。確認されたものを使用する。

4. 試験方法

試験は、以下の手順にて実施する。

- (1) 試験に用いる鉄線のメッキ付着量及び試験片の初期の質量を測定する。
- (2) 試験テーブルに回転駆動機及び砂箱を固定する。
- (3) 長さ 450mm、幅 150mm、高さ 200mm の容器に珪砂 2号 (2-4mm) を投入する。
- (4) 試験片 (長さ 500mm) を横方向に下面から 100mm (中央) に挿入する。
- (5) 砂の表面に上載荷重 400mm に相当する荷重 (380N) を載せる。
- (6) 線材を磨耗回転速度 3 回転／秒で回転させる。
- (7) 耐久年数 6 年に相当する **2,500 回転** まで線材を回転させる。
- (8) 磨耗試験後に試験片の質量を計測する。
- (9) 線的摩擦試験 (KIP T0905) により摩擦係数を求めた後、メッキ付着量を測定する。

【解説】

試験に用いる鉄線のメッキ付着量は、試験片の直近の鉄線から切り出した試験片を用い、JIS G 3547 (亜鉛メッキ鉄線) によって求める。

試験片 (線材) を砂箱の中心部に挿入したのち、均一な圧力分布となるよう上載荷重 400mm に相当する荷重 (380N) を載せる。回転速度 3 回転／秒で連続的に線材を回転し、2,500 回転毎に達するまで継続する。回転数が 2,500 回転に達した後、試験片を取出し、試験片の質量を測

定する。線的摩擦試験(KIP T 0905)を実施し、摩擦係数を求めた後、試験片のメッキ付着量を測定する。メッキ付着量は、試験片全体を用い、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)によって求める。

5. 試験結果の整理

線材磨耗試験でのメッキ磨耗量は、次式で求める。

$$N_{2500} = \frac{(W_0 - W_{2500})}{W_e} \times d \times 1960 \quad \dots(7.1) \text{式}$$

ここに N_{2500} : 回転数 2,500 回転でのメッキ磨耗量 (g/m²)

W_0 : 試験片の初期質量 (g)

W_{2500} : 試験片の回転数 2,500 回転での質量 (g)

W_e : 回転数 2,500 回転後の試験片のメッキ皮膜を除去した後の質量 (g)

d : 回転数 2,500 回転後の試験片のメッキ皮膜を除去した後の線径 (mm)

1960: 定数

【解説】

線材磨耗試験は、流砂等によるメッキの磨耗を再現し、磨耗させた試験片を用いて「線的摩擦試験」(KIP T 0905)を行い、長期の摩擦抵抗を確認するために実施する。メッキ磨耗量は、メッキの磨耗状況の再現性の確認のために求める。

回転数 2,500 回転の鉄線のメッキ磨耗量は、試験片の初期質量、回転数 2,500 回転の試験片の質量、及び線的摩擦試験(KIP T 0905)の実施後にメッキ被膜を除去した試験片の質量から、JIS G 3547(亜鉛メッキ鉄線)に示されたメッキ付着量の計算式に準じ、(1)式により求める。

6. 報告事項

試験結果について次の報告を報告する。

- (1) 試験片の品名、規格・仕様、型番等
- (2) 試験片の寸法、メッキ磨耗量と平均値、必要があれば標準偏差と試験回数
- (3) 本基準と部分的に異なる方法を用いた場合には、その内容
- (4) その他特記すべき事項

【解説】

試験片の品名、規格・仕様、型番等を報告する。

個々の試験片の初期メッキ付着量、メッキ磨耗量、及びこれらの平均値を報告する。

試験方法は、本試験基準に示す適用あるいは他基準等の引用した旨を報告する。

解表-7.1 鉄線籠型護岸蓋網部の線材磨耗試験結果の例

試験年月日		平成○年○月○日 試験者;○○○○		
製品の規格及び仕様	蓋網部の品名			
	蓋網部の銘柄			
	蓋網部の製造番号			
	線径		mm	
	網目の寸法		mm	
	線材の種類			
	メッキ	成分		
	付着量	(g/m ²)		
試験条件		試験場所		
		試験環境	℃前後の屋内	
		砂(磨耗の媒介)	珪砂2号	
試験結果	n=1	初期値	質量(g)	
			長さ(mm)	
			メッキ付着量(g/m ²)	
		2,500回転	質量(g)	
			メッキ除去後の質量(g)	
			メッキ除去後の線径(mm)	
		メッキ磨耗量(g/m ²)		
	n=2	初期値	質量(g)	
			長さ(mm)	
			メッキ付着量(g/m ²)	
		2,500回転	質量(g)	
			メッキ除去後の質量(g)	
			メッキ除去後の線径(mm)	
		メッキ磨耗量(g/m ²)		
	n=3	初期値	質量(g)	
			長さ(mm)	
			メッキ付着量(g/m ²)	
		2,500回転	質量(g)	
メッキ除去後の質量(g)				
メッキ除去後の線径(mm)				
	メッキ磨耗量(g/m ²)			
n=1~3の平均値		メッキ磨耗量(g/m ²)		
本試験の規格からはずれた事項				
その他特記事項 ・回転数と磨耗量の関係(添付) ・記録写真(添付)				