

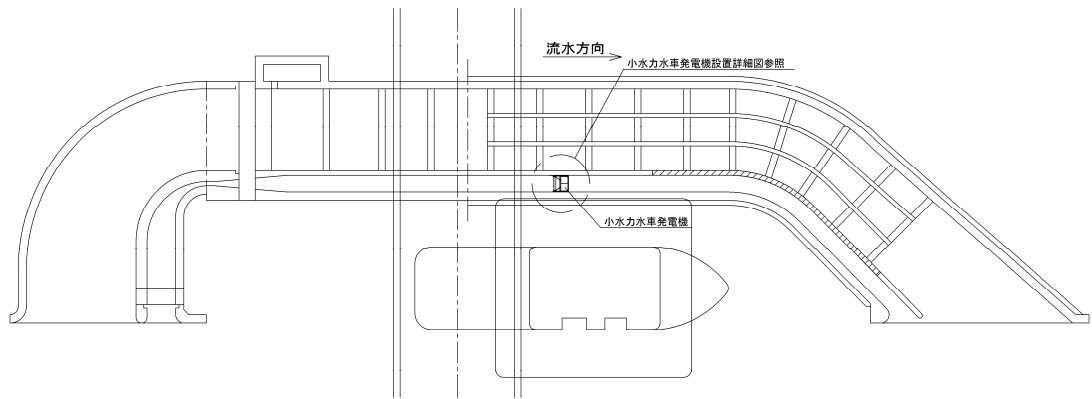
・既設水路に設置する発電施設設計事例

1. 施設形状

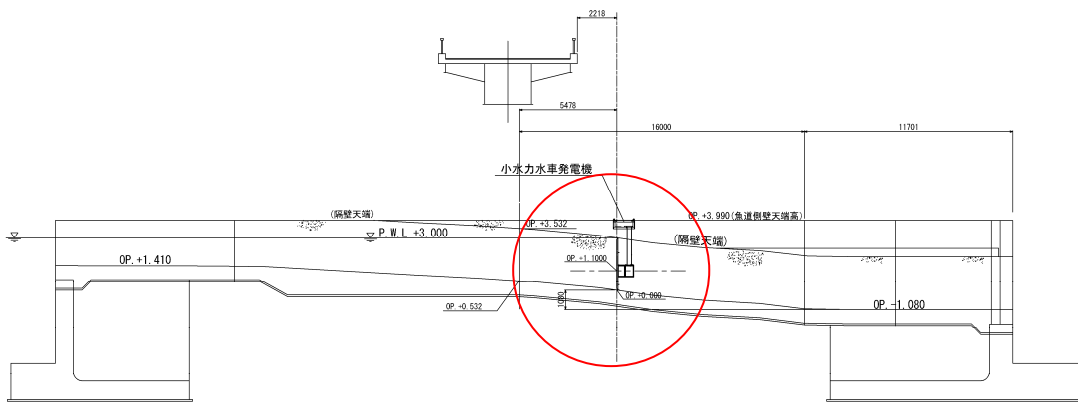
【概要】

本例で取り上げる発電施設は、下図のような既設魚道呼び水水路に集水板を設け、位置水頭を得、集水板に開けたオリフィスにより速度水頭に変換し、水車に引水する。水車は、2軸の縦型クロスフロー水車でオリフィスからの水流により回転する。水車それぞれに軸を有し、増速機を経て、発電機にトルクを伝達するものである。

既設水路内に発電施設を設置することから、常時・地震時に取付け部が安全な構造とする必要がある。

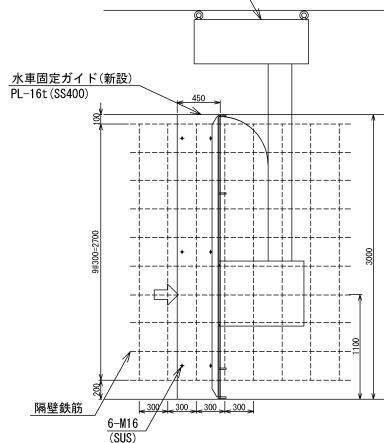


平面図



縦断面図

小水力水車発電機 (新設)



○部詳細図

・既設水路に設置する発電施設設計事例

1.施設レイアウト等(発電施設設置位置)

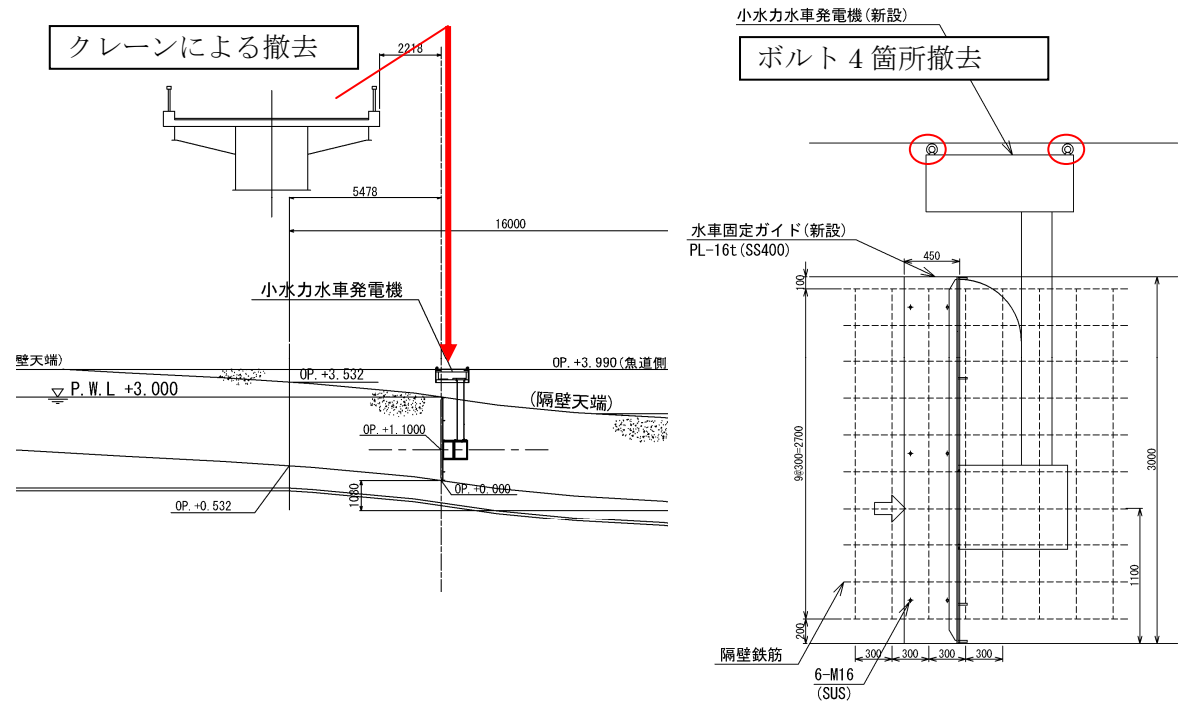
【準拠基準】

対象施設は、計画高水位（高潮区間にあつては、計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。

また、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河床、高水敷、河川管理施設等に支障がない構造とするものとする。

【設計例】

本計画においては、出水時に施設を撤去するものとした。撤去方法について、以下に示す。



・既設水路に設置する発電施設設計事例

1.施設レイアウト等

【ガイドライン】

発電所設置時には、取水口ならびに放水口からの魚類の迷入・吸い込み防止に配慮した構造とする必要がある。

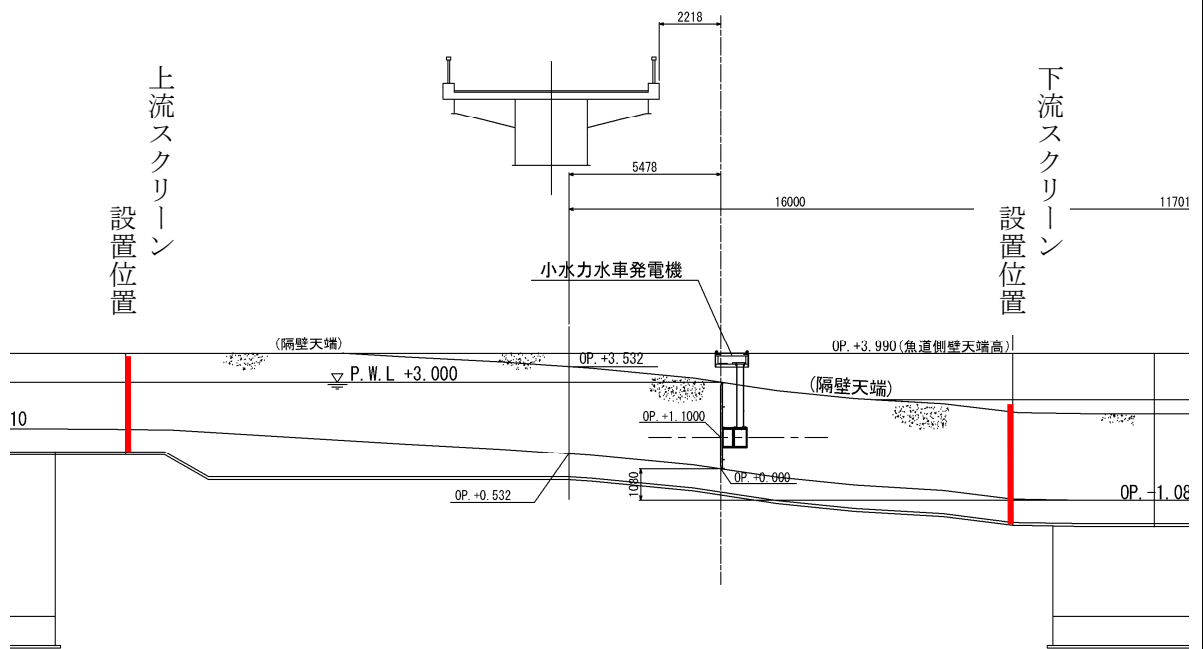
【設計例】

魚類の迷入防止のため、発電所の上下流にスクリーンを設置する。

スクリーン間隔については、上流〇〇発電所のスクリーンピッチ(〇cm)と水車の機械的な寸法から許容できる最大の流下物の大きさ(〇cm)の小さい値〇cmを採用する。

スクリーン設置による塵芥の付着発生時には、所定の呼び水水路流量が流下しない可能性があるため、月〇回程度の除塵を実施する。

また、除塵作業を容易とするため、ネットによるスクリーンを設置する。



・既設水路に設置する発電施設設計事例

1.施設レイアウト等

【設計基準】

発電施設は、水没時や故障時に河川環境に悪影響を及ぼさない施設とする必要がある。

【設計例】

本設備は、故障等により取水できない場合、発電所設置前と同様の流下状況となり、河川への影響が少ない。また、水没・故障時に河川環境へ影響を与えないよう、オイルレス化を図る。

【ガイドライン】

発電施設周辺に住宅地等が近接する場合は、騒音・振動の影響を検討した上で、必要に応じて対策を行うことが望ましい。

【設計例】

当該施設の周辺には住宅等がないため、騒音・振動等の配慮は必要ない。

【ガイドライン】

発電所設置に伴う安全施設の設置は、安全上必要と認められる部分に設置する。

【設計例】

当該施設は河川内の既設堰施設内にあり、施設範囲内に設置されることから、本施設に対する安全施設は設置しない。

2. 構造計算(1)

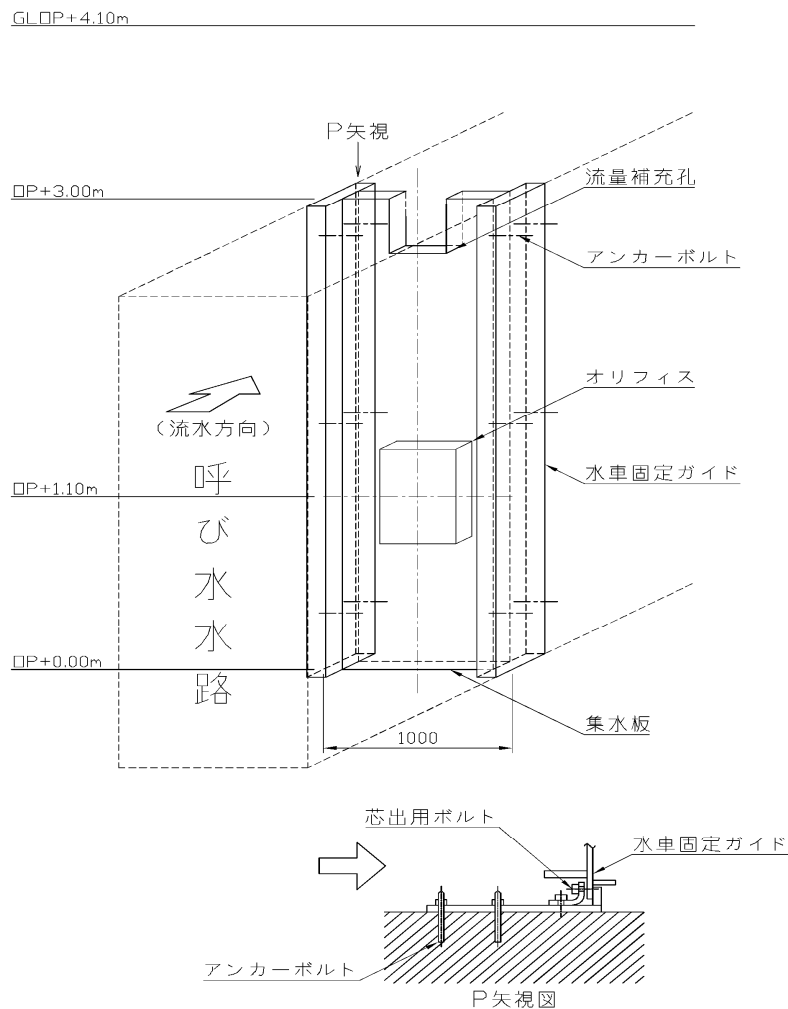
(1) 準拠基準

主に以下の基準を使用すれば良い。

- ①「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編」 (社)日本河川協会
- ②「水門鉄管技術基準」 (社)水門鉄管協会
- ③「コンクリート標準示方書」 土木学会
- ④ その他

(2) 構造計算

本施設のように既設水路に水車・発電機を取り付ける場合、水車・発電機と水路壁との接合部の検討が必要である。本例の場合は、下図に示す、水車固定ガイド・アンカーボルトおよび既設壁コンクリートとの定着の検討を行えば良い。



概要図

2. 構造計算(3)

(3) 水車固定ガイドの構造計算

1). 計算方法

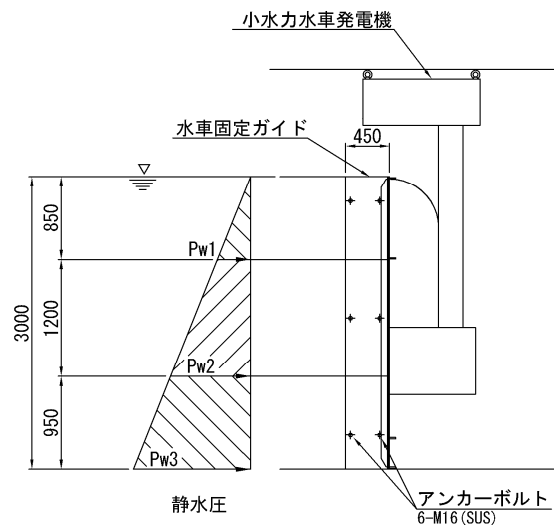
水車固定ガイドは、アンカーボルトで既設水路壁に取り付けられるため、主に検討するのはアンカーボルトである。固定ガイド本体はアンカーボルト断面に比べて十分に大きいため特計算する必要はないが、最小板厚の規定や設置時の作業性等を考慮して、ある程度の板厚としておく必要がある。本例では16mmの鋼板を用いている。

計算は、集水板から伝達される水圧によって発生するアンカーボルトのせん断応力度が許容値を超えないことを確かめることで行う。また、アンカーボルトは既設壁に埋め込まれるため既設コンクリートの照査も必要である。

2). 水車固定ガイドの計算

(a) 常時の計算

a) 作用荷重の計算



静水圧

$$P_{w1} = \gamma_w \cdot h_{w1} \cdot B = 9.8 \times 0.85 \times 1.00 = 8.33 \text{ kN/m}$$

$$P_{w2} = \gamma_w \cdot h_{w2} \cdot B = 9.8 \times 2.05 \times 1.00 = 20.09 \text{ kN/m}$$

$$P_{w3} = \gamma_w \cdot h_{w3} \cdot B = 9.8 \times 3.00 \times 1.00 = 29.40 \text{ kN/m}$$

b) 固定ガイド取付アンカーに作用する荷重の計算

第1段アンカー

$$P_1 = 1/2 \times 8.33 \times 0.85 = 3.54 \text{ kN}$$

第2段アンカー

$$P_2 = 1/2 \times (8.33 + 20.09) \times 1.20 = 17.05 \text{ kN}$$

第3段アンカー

$$P_3 = 1/2 \times (20.09 + 29.40) \times 0.95 = 23.51 \text{ kN}$$

通常、アンカー径は同じとするため、最大荷重となる第3段アンカーについて計算すれば良い、上記荷重は両側の固定ガイドに均等に作用すると考えると、アンカーボルト1本に作用する荷重は、

$$P = 1/2 \text{ 箇所} \times 1/2 \text{ 本} \times 23.51 = 5.88 \text{ kN/本}$$

2. 構造計算(4)

c) アンカーボルトの照査

アンカーボルトの照査は、次式で行う

$$\tau = \frac{P}{A_e} < \tau_a$$

ここに、 τ ; アンカーボルトに発生するせん断応力度 (N/mm²)

P ; アンカーボルトに作用するせん断力 (N)

A_e ; アンカーボルトの有効断面積 (mm²)

τ_a ; アンカーボルトの許容せん断応力度 (N/mm²)

使用アンカー、M16(SUS)とすると、 $A_e = 157.0 \text{ mm}^2$

$$\tau = \frac{5.88 \times 10^3}{157.0} = 37.5 \text{ N/mm}^2 < \tau_a = 80 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

d) 既設壁コンクリートとの定着の検討

既設壁への定着のため、アンカーボルトはあと施工アンカー(金属系アンカー)を使用するものとする。あと施工アンカーの許容せん断力は次式で求められる。

$$(Qa)a = \min[(Qa1)a, (Qa2)a]$$

$$\text{ただし、} (Qa1)a = \phi 1 \cdot 0.7 \cdot \sigma_y \cdot a_e, (Qa2)a = \phi 2 \cdot 0.3 \cdot a_e \sqrt{\sigma_B \cdot E_c}$$

ここに、 $(Qa)a$; アンカー1本当りの許容せん断力 (N) で、 $(Qa1)a, (Qa2)a$ の最小値

$(Qa1)a$; 鋼材で決まる場合のアンカー1本当りの許容せん断力 (N)

$(Qa2)a$; コンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカー1本当りの許容せん断力

(N)

σ_y ; アンカー本体の降伏点強度

a_e ; アンカーの有効断面積

σ_B ; 既存部コンクリートの圧縮強度

E_c ; 既存部コンクリートのヤング係数

$\phi 1, \phi 2$; 低減係数

$\phi 1 = 2/3$ (長期), 1.0 (短期), $\phi 2 = 0.4$ (長期), 0.6 (短期)

【計算例】

使用アンカーM16(SUS), $a_e = 157.0 \text{ mm}^2$, $\sigma_B = 18 \text{ N/mm}^2$

$$(Qa1)a = \phi 1 \cdot 0.7 \cdot \sigma_y \cdot a_e = 2/3 \times 0.7 \times 205 \times 157.0 = 15,020 \text{ N}$$

$$(Qa2)a = \phi 2 \cdot 0.3 \cdot a_e \sqrt{\sigma_B \cdot E_c} = 0.4 \times 0.3 \times 157.0 \times \sqrt{18 \times 22,000} = 11,856 \text{ N}$$

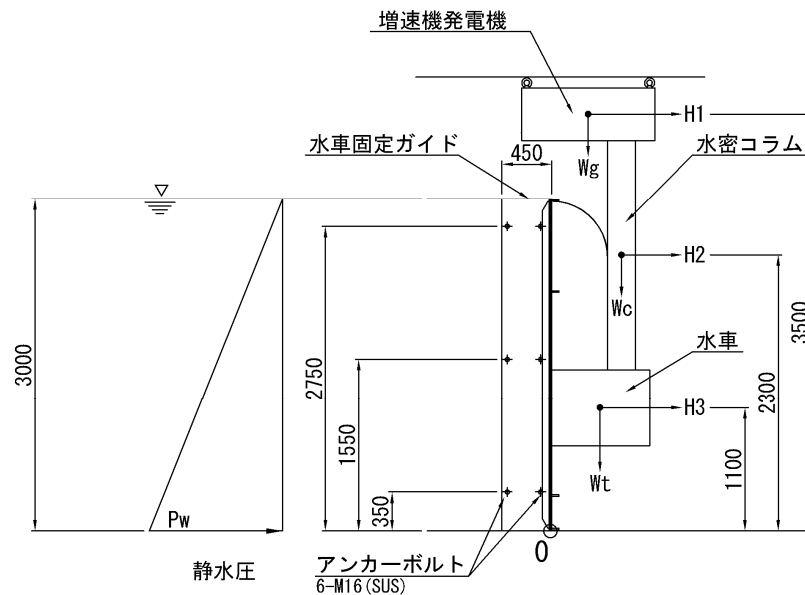
以上より、

アンカー1本の許容せん断力 = 11,856 N = 11.8kN/本 \geq 5.88kN/本 \rightarrow OK

2. 構造計算(5)

(b) 地震時の計算

a) 作用荷重の計算



増速機発電機重量	$W_g = 6.81 \text{ kN}$
水密コラム重量	$W_c = 4.26 \text{ kN}$
水車重量	$W_t = 4.90 \text{ kN}$

水車・発電機による地震慣性力

増速機発電機重量	$H_1 = W_g \cdot kh = 6.81 \times 0.6 = 4.09 \text{ kN}$
水密コラム重量	$H_2 = W_c \cdot kh = 4.26 \times 0.6 = 2.56 \text{ kN}$
水車重量	$H_3 = W_t \cdot kh = 4.90 \times 0.6 = 2.94 \text{ kN}$

静水圧

$$P_w = \gamma_w \cdot h_w \cdot B = 9.8 \times 3.00 \times 1.00 = 29.40 \text{ kN/m}$$

b) 固定ガイド取付アンカーに作用する荷重の計算

0点回りのモーメント

$$M_0 = H_1 \times 3.50 + H_2 \times 2.30 + H_3 \times 1.10 + 1/6 \times 29.40 \times 3.00^2 = 67.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

アンカーの断面二次モーメント

$$I_p = 0.35^2 \times 2 + 1.55^2 \times 2 + 2.75^2 \times 2 = 10.088 \text{ m}^2 \cdot \text{本}$$

アンカーに作用するせん断力

$$F_i = \frac{M_0}{I_p} \cdot y_i \cdot \frac{1}{n} = \frac{67.54}{10.088} \times \begin{pmatrix} 2.75 \\ 1.55 \\ 0.35 \end{pmatrix} \times \frac{1}{2} = \begin{cases} 9.21 \text{ kN/本} \\ 5.19 \text{ kN/本} \\ 1.17 \text{ kN/本} \end{cases}$$

2. 構造計算(6)

c) アンカーボルトの照査

使用アンカー、M16(SUS)とすると、 $A_e = 157.0 \text{ mm}^2$

$$\tau = \frac{9.21 \times 10^3}{157.0} = 58.7 \text{ N/mm}^2 < \tau_a = 80 \times 1.5 = 120 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

d) 既設壁コンクリートとの定着の検討

既設壁への定着のため、アンカーボルトはあと施工アンカー(金属系アンカー)を使用するものとする。あと施工アンカーの許容せん断力は次式で求められる。

$$(Qa)a = \min[(Qa1)a, (Qa2)a]$$

$$\text{ただし、} (Qa1)a = \phi 1 \cdot 0.7 \cdot \sigma_y \cdot a_e, (Qa2)a = \phi 2 \cdot 0.3 \cdot a_e \sqrt{\sigma_B \cdot E_c}$$

ここに、 $(Qa)a$; アンカー1本当りの許容せん断力(N)で、 $(Qa1)a$, $(Qa2)a$ の最小値

$(Qa1)a$; 鋼材で決まる場合のアンカー1本当りの許容せん断力(N)

$(Qa2)a$; コンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカー1本当りの許容せん断力

(N)

σ_y ; アンカー本体の降伏点強度

a_e ; アンカーの有効断面積

σ_B ; 既存部コンクリートの圧縮強度

E_c ; 既存部コンクリートのヤング係数

$\phi 1, \phi 2$; 低減係数

$\phi 1 = 2/3$ (長期), 1.0 (短期), $\phi 2 = 0.4$ (長期), 0.6 (短期)

【計算例】

使用アンカーM16(SUS), $a_e = 157.0 \text{ mm}^2$, $\sigma_B = 18 \text{ N/mm}^2$

$$(Qa1)a = \phi 1 \cdot 0.7 \cdot \sigma_y \cdot a_e = 1.0 \times 0.7 \times 205 \times 157.0 = 22,530 \text{ N}$$

$$(Qa2)a = \phi 2 \cdot 0.3 \cdot a_e \sqrt{\sigma_B \cdot E_c} = 0.6 \times 0.3 \times 157.0 \times \sqrt{18 \times 22,000} = 17,784 \text{ N}$$

以上より、

アンカー1本の許容せん断力 = 17,784 N = 17.7kN/本 \geq 9.21kN/本 \rightarrow OK