

アンカーバードの耐力計算

内 容

1. アンカーバードの定着機構
2. 引張力に対する設計式
3. せん断力に対する設計式
4. 引張力とせん断力が
同時に作用する場合の検討方法
5. アンカーバードの構造規定

令和2年3月

株式会社 ANCHOR BIRDS

アンカーバードの設計（引張耐力・せん断耐力及び許容応力度）

1. アンカーバードの定着機構

アンカーバードは、金属拡張アンカーに分類される。

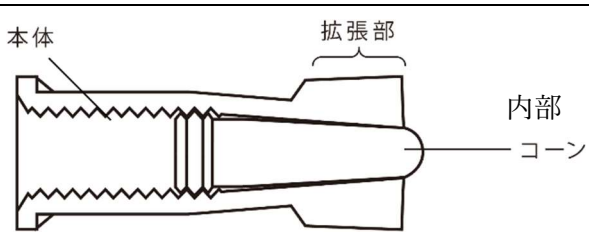
アンカーバードの施工は、既存コンクリートをハンマードリルで穿孔し、この中にアンカーバード本体を挿入して、内部コーンを所定のトルクでねじ込み貫入させることにより行う。

アンカーバードの固着は、内部コーンの本体内へのねじ込み貫入により、アンカーバードの先端部を拡張させ、コンクリート孔壁に機械的に押しつけ固着させるもので、引張力に対する抵抗の機構は、先端部に作用するコンクリートの支圧力によって生じる摩擦力が主である。

アンカーバードが引張力を受けた場合の破壊モードは、定着部コンクリートのコーン状破壊となり、アンカー本体又は接合筋の降伏は生じない。

アンカーバードは、内部コーンをインパクトドライバーで所定のトルクを確保したうえで、本体内で回転貫入させることにより、アンカー本体の先端部を拡張させ、コンクリートに固着させるアンカーである。

金属拡張アンカーの分類としては、「内部コーンねじ込み型」というべきものである。

施工方法	種類	アンカー概要図
ねじ込み方式	内部コーン ねじ込み型	

図一1 アンカーバード概要図

アンカーバードの固着原理を図-2に示す。内部コーンのねじ込みにより、アンカー先端の拡張部が押し広げられ、楔(くさび)状に開く。この時、先端拡張部は孔壁のコンクリートに押しつけられ、アンカーはコンクリートから大きな支圧力を受ける。この支圧力による摩擦力がアンカーに作用する引張力に抵抗する。

したがって、アンカーの対引張耐力を適正に確保するためには、内部コーンの貫入による先端部の拡張が適正でなければならず、そのためには所定のインパクトドライバーによる所定のトルクでの締付け(ねじ込み)が必要である。アンカーボルトの固着作業の施工にあたっては、このことに留意しなければならない。

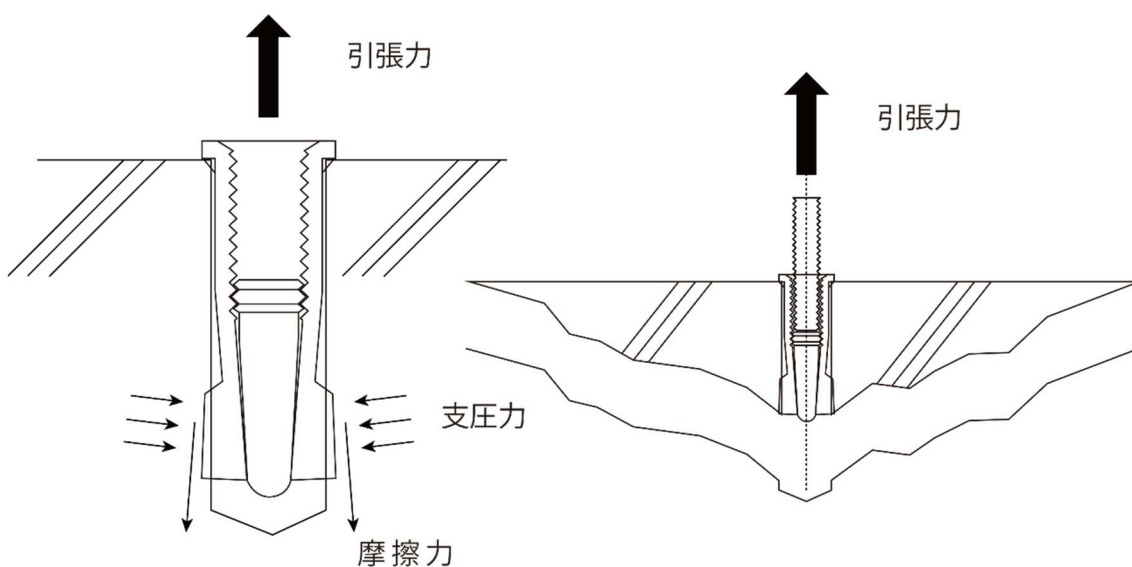


図-2 アンカーバードの固着原理

金属拡張アンカーが引張力を受けた場合の破壊モードは、先端部が適正に固着されている場合には、定着部コンクリートのコーン状破壊若しくはアンカー本体又は接合筋(W1/2)の降伏のどちらかである。アンカーバード本体のくびれ部及び接合筋のねじ部は引張力に対して十分な断面積を有しており、破壊モードはコンクリートのコーン状破壊となる。

アンカーバードの特徴は、アンカーが不要となったとき、コンクリートにダメージを与えることなく容易に取り外すことができることにある。アンカーバードの引き抜きは、固着施工の際に使用したインパクトドライバーを用いて内部コーンを逆回転させてコーンを引き抜くことにより、先端部の拡張を解除することができる。これにより、アンカーバード本体はコンクリートから容易に引き抜くことができる。

2. アンカーバードの引張力に対する設計式

アンカーバードの 1 本あたりの許容引張力は、定着したコンクリートのコーン状破壊により決まる。

アンカーバードの引張耐力 (T_{a2}) は、(1. 1) 式で計算する。

$$T_{a2} = \alpha_c \times (0.31 \times \sqrt{\sigma_B} \times A_c) \quad (1. 1) \text{ 式}$$

$$= 0.75 \times 0.31 \times \sqrt{\sigma_B} \times A_c = 0.232 \times \sqrt{\sigma_B} \times A_c$$

$$A_c = \pi \times \ell_{ce} \times (\ell_{ce} + D) \quad (1. 2) \text{ 式}$$

ここで、 T_{a2} : コーン状破壊により決まる場合のアンカー1本あたりの引張耐力 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

A_c : コンクリートがコーン状破壊するときの有効水平投影面積 (mm²)

ℓ_{ce} : アンカーバードの強度算定用埋込み長さ(mm)で、50 mm とする。

D : アンカーバード本体の外径 (mm) で 16.8 mm とする。

コンクリート強度 (σ_B) の適用範囲は、 $18 \leq \sigma_B \leq 36$ (N/mm²) とする。

ただし、 $\sigma_B > 30$ (N/mm²) のときは、 $\sigma_B = 30$ (N/mm²) として耐力を計算する。

長期許容引張力及び短期許容引張力 (T_{a2}) a は、(1. 3) 式で計算する。

$$(T_{a2}) a = \phi_2 \times T_{a2} \quad (1. 3) \text{ 式}$$

ここで、 ϕ_2 : 長期許容引張力及び短期許容引張力を計算するための低減係数

ϕ_2 : 長期荷重用 = 1/3

ϕ_2 : 短期荷重用 = 2/3

なお、アンカーバードをへりあき寸法の小さい位置に施工する場合はへりあき効果による低減を、また、複数本を近接して施工する場合は群効果による低減を考慮する。

(1) 引張耐力

一般に、金属拡張アンカー1本あたりの許容引張力 (T_a) a は、コンクリートのコーン状破壊 (T_{a2}) a の場合、または、本体若しくは接合筋の鋼材が降伏する場合 (T_{a1}) a の小さい方で決まる。

アンカーバードは本体または接合筋の鋼材の断面は十分に大きく、引張力に対する破壊モードは必ずコンクリートのコーン状破壊となる。^(※1)

(※1) (4) アンカーバード本体及び接合筋の引張耐力 (7 ページ) を参照

コーン状破壊する場合の金属拡張アンカー1本あたりの引張耐力 (T_{a2}) は、(一社) 日本建築学会「各種合成構造設計指針」の「資料5 金属拡張アンカーボルトの設計」(文献1) に準拠して (1. 1) 式を用い、以下のように計算する。

$$\begin{aligned} T_{a2} &= \alpha_c \times {}_c\sigma_t \times A_c \\ &= 0.75 \times (0.31 \times \sqrt{\sigma_B}) \times A_c \\ &= 0.232 \times \sqrt{\sigma_B} \times 10,492 = 2,434 \times \sqrt{\sigma_B} \end{aligned} \quad (1. 1) \text{ 式}$$

ここで、 T_{a2} : コーン状破壊により決まる場合のアンカー1本あたりの引張耐力 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

${}_c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度で、

${}_c\sigma_t = 0.31 \sqrt{\sigma_B}$ とする。

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

$\sigma_B \geq 30$ のときは $\sigma_B = 30$ として計算する。

A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)

有効水平投影面積 A_c は、(1. 2) 式で計算する。

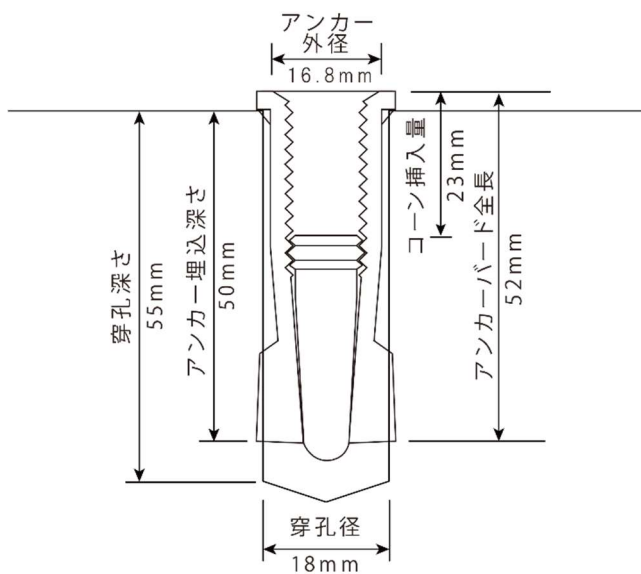
$$\begin{aligned} A_c &= \pi \times l_{ce} \times (l_{ce} + D) \\ &= \pi \times 50 \times 66.8 = 10,492 \text{ (mm}^2\text{)} \end{aligned} \quad (1. 2) \text{ 式}$$

ここで、 l_{ce} : アンカーバードの強度算定用埋込み長さ (mm) で、

アンカーバードは、 $l < 4D$ であるので、 $l_{ce} = l$ とする。

l : アンカーバードの埋込み長さ(つば部分を除く)で、 $l = 50$ mm とする。

D : アンカーバード本体の外径 (mm) で、16.8 mm とする。



アンカーバード本体画像

図-3 アンカーバードの寸法・諸元

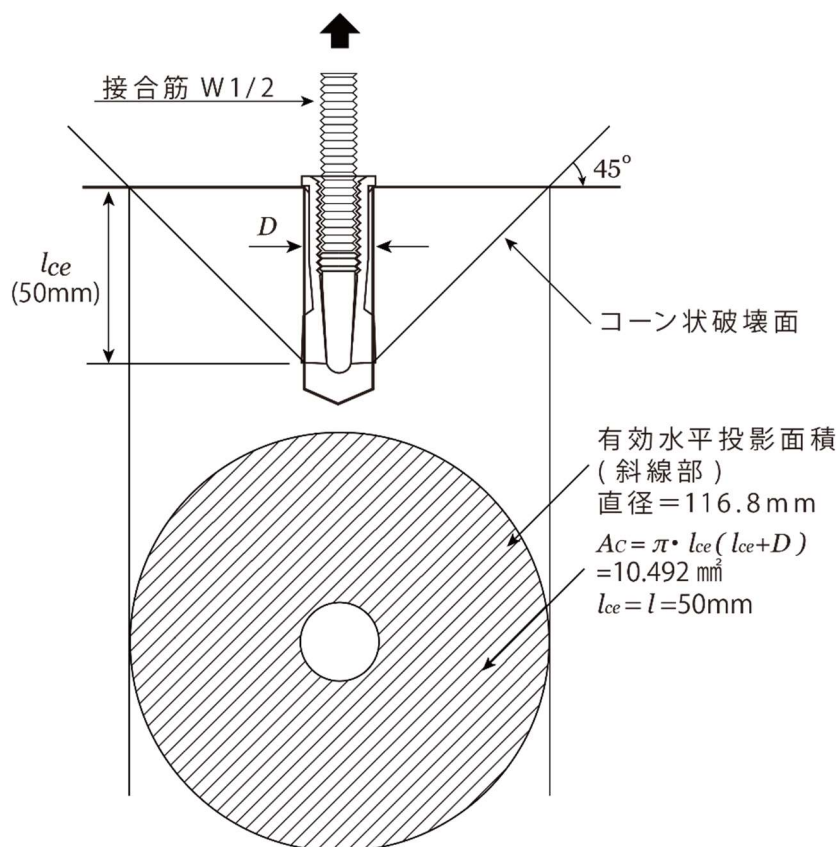


図-4 埋め込み長さとは有効水平投影面積 (A_c)

【計算例】 アンカーバードのコーン状破壊で決まる許容引張力

コンクリートの圧縮強度 (σ_B) が 21 (N/mm²) のときのアンカーバードのコーン状破壊で決まる許容引張力を求める。

アンカーバードの引張耐力 (T_{a2}) は、($\sigma_B = 21$ の場合)

$$T_{a2} = 0.75 \times (0.31 \times \sqrt{\sigma_B} \times A_c)$$

$$= 0.232 \times \sqrt{\sigma_B} \times A_c = 0.232 \times \sqrt{21} \times 10,492 = 11,154 \text{ (N)}$$

となる。

許容引張力は、(1. 3) 式により、低減係数 ϕ_2 を乗じて求める。

- ・ 短期許容引張力 ($T_{a2}a = \phi_2 \times T_{a2} = 7,436$ N/本 $\phi_2 : 2/3$ (短期荷重用)
- ・ 長期許容引張力 ($T_{a2}a = \phi_2 \times T_{a2} = 3,718$ N/本 $\phi_2 : 1/3$ (長期荷重用)

アンカーバードの許容引張力とコンクリート強度 (σ_B) の関係 を表-1 に示す。

表-1 コンクリート強度 (σ_B) とアンカーバードの許容引張力 (kN/本) の関係
(アンカーバードのコーン状破壊の場合の引張耐力及び許容引張力)

コンクリート強度 (σ_B) (N/mm ²) (※2)	引 張 耐 力 (kN/本)	長期許容引張力 (kN/本)	短期許容引張力 (kN/本)	備 考
15	9.43	(3.14)	(6.28)	(※3)
18	10.39	3.44	6.88	
21	11.15	3.72	7.44	
24	11.92	3.97	7.95	
27	12.65	4.22	8.43	
30	13.33	4.44	8.89	
33	13.98	4.44(4.66)	8.89(9.32)	(※4)
36	14.60	4.44(4.87)	8.89(9.74)	(※4)
アンカーバード本体くびれ部分の引張耐力 くびれ部の断面積 ($a_{ae} = 68.4 \text{ mm}^2$)	16.07	10.71	16.07	(※5) (SS400相当)
(※2) コンクリート強度 (σ_B) は、アンカーが打ち込まれるコンクリート躯体の実際の強度(N/mm ²)で、設計基準強度 (F_c) とは異なる。 コンクリート強度 (σ_B) は、コンクリートのコア抜き試験、又は、リバウンドハンマー等で確認することが望ましい。				

- (※3) コンクリート強度 (σ_B) が適用範囲外 ($\sigma_B < 18$ (N/mm²))。表中の () 内の数値は σ_B にコンクリートの実強度を用いて計算した参考値である。
- (※4) コンクリート強度 $\sigma_B > 30$ (N/mm²) なので、引張耐力計算は $\sigma_B = 30$ (N/mm²) として計算する。表中の () 内の数値は σ_B に実強度を用いて計算した参考値である。(アンカーバードの固着状況は施工試験で確認を要する)。
- (※5) アンカーバード本体の許容引張力は、コンクリートのコーン状破壊の許容引張力に比べて十分に大きい。(4)参照。

(2) コンクリート強度 (σ_B) の適用範囲

コンクリート強度の適用範囲^(※4)は、 $18 \leq \sigma_B \leq 36$ (N/mm²) とする。この理由は、コンクリート強度が低い場合はアンカーバードの引張耐力等について特別な検討を要すること、また、コンクリート強度が高い場合はコンクリートが固いため、先端拡張部の拡張が一般には困難なことなど、である。

したがって、コンクリート強度が適用範囲外の躯体にアンカーバードを施工する場合は、試験施工等により施工方法を検討し、また、実地の引張試験を行って適切な許容引張力を算出する必要がある。

なお、コンクリート強度が $30 < \sigma_B \leq 36$ の範囲内のときは、引張耐力 (T_{a2}) をコンクリート強度が $\sigma_B = 30$ として計算する。

(3) へりあき、はしあき、群効果による引張耐力の低減

アンカーバードの「へり (縁) あき」、「はし (端) あき」の制限値は、アンカー芯からへり又ははしまでの距離が 70 mm 以上とする^(※6)。

へりあき、はしあきが小さい場合の引張耐力の低減方法は、建築学会や JCAA 計算式では、有効水平投影面積 (A_c) が、へり又ははしに掛かる面積減を考慮して計算することができるとしている。アンカーバードの場合もこの低減方法を採用するが、へりあき、はしあきが小さい場合の耐力減を安全側に、下式の低減係数 α を採用する。

$$\begin{aligned} \alpha &= 0 & de < 50\text{mm} \\ \alpha &= 0.015 \times de - 0.25 & 50\text{mm} < de < 83.3 \\ \alpha &= 1.0 & 83.3\text{mm} < de \end{aligned}$$

ここで、 α : へりあき、はしあきが小さい場合の低減係数

de : へりあき寸法 (mm) アンカー芯からへりまでの寸法

アンカーバードの場合は、原則として、制限値 (70 mm) を守らなければならない。

やむを得ずへりあき、はしあきが制限値の 70 mm 以下となる場合でも、最小でも 50 mm を確保し、その場合の引張耐力はへりあき、はしあきが引張耐力が 100% である 83.3 mm で施工した場合

の 1/2 の値とする。

アンカーを近接して打設する場合の群効果については、アンカーの芯—芯間隔の制限値を 70 mm とし、アンカーの間隔がこれを下回る場合は、2 本で 1 本の耐力と同等とする。

(※6) 一般にアンカーのピッチ又はゲージは $5d$ 以上、へりあき又ははしあきは $3d$ 以上とされている。アンカーバードの D (軸径) は、16.8 mm であり、これより、アンカーバードのゲージ又はピッチの最小値は 85 mm、へりあき又ははしあきの最小値は 50 mm とする。

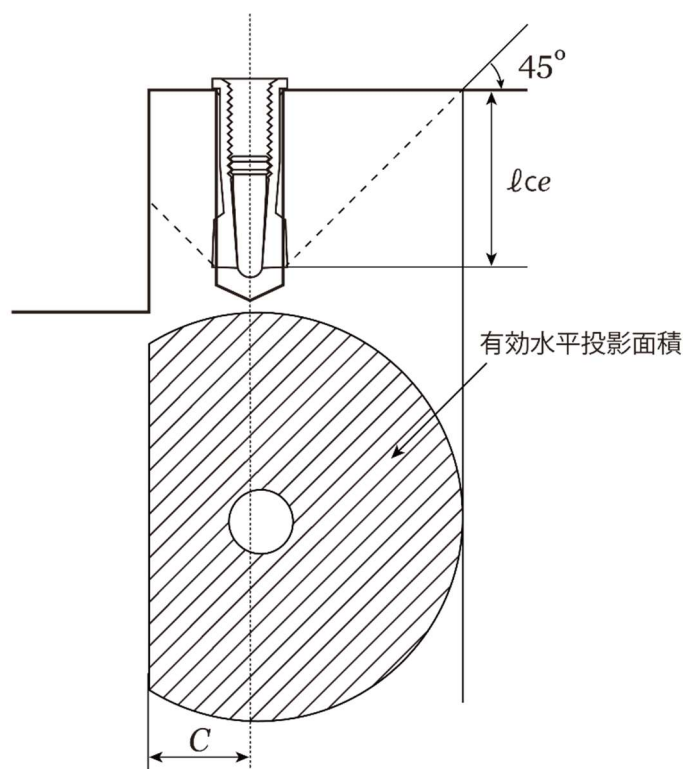
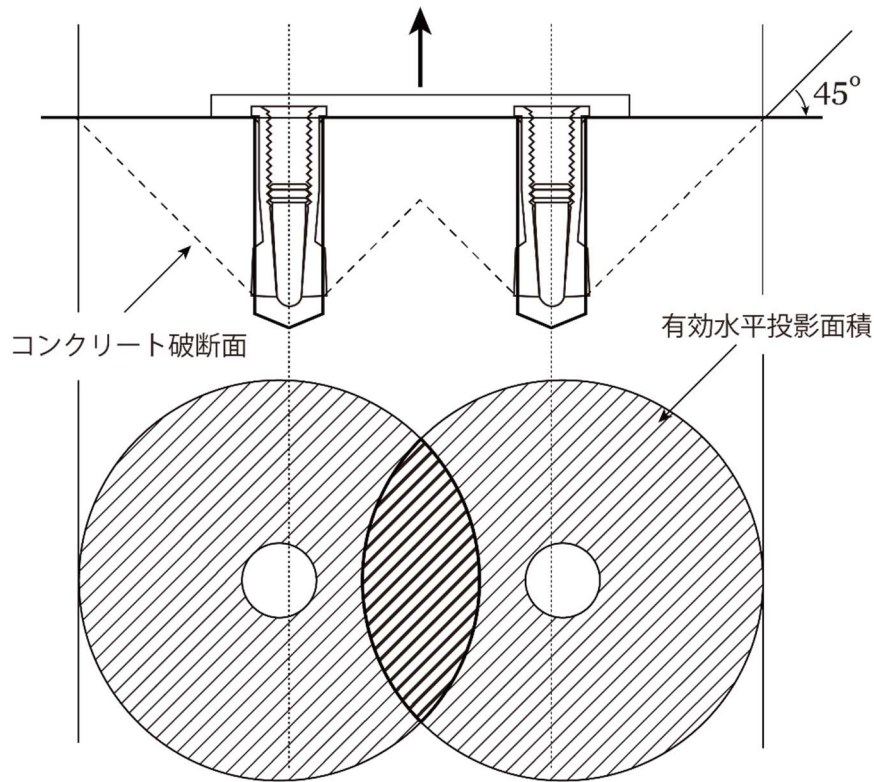


図-5 へりあきが小さい場合の有効水平投影面積 (A_c)



アンカーバードは、間隔が70mm 以下の場合は引張力を50%に低減する
 図-6 群効果を考慮する場合の有効水平投影面積 (Ac)

(4) アンカーバード本体及び接合筋の引張耐力について (※1)

アンカーバードは、断面積が小さい本体の拡張部の上部のくびれ部分及び接合筋のねじ部の断面積が小さい。引張耐力(T_{a1})は(1.4)式で計算する。

$$T_{a1} = \min ({}_a\sigma_y \times {}_s a_e \quad . \quad {}_b\sigma_y \times {}_b a_e) \quad (1.4) \text{ 式}$$

$$= {}_a\sigma_y \times {}_a a_e = 235 \times 68.4 = 16,074 \quad (\text{N})$$

ここで、 T_{a1} ：アンカーバード及び接合筋の1本あたりの引張耐力 (N)

${}_a\sigma_y$ ：アンカーバード (SS400 相当) の降伏強度 (N/mm^2) で、 $235 \text{ N}/\text{mm}^2$

${}_a a_e$ ：アンカーバードの最少断面積 (くびれ部分) で、 68.4 mm^2

${}_b\sigma_y$ ：接合筋 (SS400 相当) の降伏強度 (N/mm^2) で、 $235 \text{ N}/\text{mm}^2$

${}_b a_e$ ：接合筋 (W1/2) のねじ部の最小断面積 (mm^2) で、 87.4 mm^2

アンカーバードは、本体の拡張部の上部のくびれ部分の断面積 (${}_a a_e$) が最小で、この断面を用いて鋼材部分の長期許容引張力及び短期許容引張力 (T_{a1}) a を(1.5)式で計算する。

$$(T_{a1}) a = \phi_1 \times T_{a1} \quad (1.5) \text{ 式}$$

ここで、 ϕ_1 ：長期許容引張力及び短期許容引張力を計算するための低減係数

ϕ_1 ：長期荷重用 = 2/3

ϕ_1 : 短期荷重用 = 1.0

アンカーバード本体及び接合筋の許容引張力は (1. 5) 式により、

・ 短期許容引張力 $(T_{a1})_a = \phi_1 \times T_{a1} = 16,074 \text{ N/本}$ $\phi_1 : 1.0$ (短期荷重用)

・ 長期許容引張力 $(T_{a1})_a = \phi_1 \times T_{a1} = 10,716 \text{ N/本}$ $\phi_1 : 2/3$ (長期荷重用)

となる。

したがって、アンカーバード本体若しくは接合筋の引張耐力は、コンクリートのコーン状破壊の耐力と比べて十分に大きく、アンカーバードの破壊モードはコンクリートのコーン状破壊となる。

3. アンカーバードのせん断に対する設計式

アンカーバードの1本あたりの許容せん断力 $(Q_{a1})_a$ は、アンカーバードの接合筋で決まる場合の許容せん断力とアンカーバードを定着したコンクリートの支圧強度で決まる場合の許容せん断力 $(Q_{a2})_a$ のうち小さな値とする。

接合筋で決まる場合の許容せん断力 $(Q_{a1})_a$ は、(2. 1) 式で計算する。

$$Q_{a1} = 0.7 \times \sigma_y \times s_{ae} \quad (2. 1) \text{ 式}$$

$$(Q_{a1})_a = \phi_1 \times Q_{a1} \quad (2. 2) \text{ 式}$$

ここで、 Q_{a1} : 接合筋で決まる場合のアンカー1本あたりのせん断耐力 (N)

$(Q_{a1})_a$: 接合筋で決まる場合のアンカー1本あたりの許容せん断力 (N)

σ_y : せん断面における接合筋の規格降伏点強度で、235 N/mm² とする。

s_{ae} : 接合筋 (W1/2) のねじ部の断面積 (mm²) で、 $s_{ae} = 87.4$ (mm²) とする。

ϕ_1 : 長期許容せん断力及び短期許容せん断力を計算するための低減係数で、

ϕ_1 : 長期荷重用 = 2/3 ϕ_1 : 短期荷重用 = 1.0 とする。

コンクリートの支圧強度で決まる場合の許容せん断力 $(Q_{a2})_a$ は、(2.3) 式で計算する。

$$Q_{a2} = \alpha_c \times s_{ae} \times c \sigma_{qa} = 0.75 \times s_{ae} \times 0.5 \times \sqrt{(\sigma_B \times E_c)}$$

$$= 0.375 \times s_{ae} \times \sqrt{(\sigma_B \times E_c)} \quad (2. 3) \text{ 式}$$

$$(Q_{a2})_a = \phi_2 \times Q_{a2} \quad (2. 4) \text{ 式}$$

ここで、 Q_{a2} : コンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカーバード1本あたりのせん断耐力 (N)

$(Q_{a2})_a$: コンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカーバード1本あたりの許容せん断力 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

s_{ae} : コンクリート表面におけるアンカーバードの断面積 (mm²) で、

アンカーバードの上部のめねじ部の断面積 $s_{ae} = 87.4$ (mm²) とする。

$c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度で、 $c \sigma_{qa} = 0.5 \times \sqrt{(\sigma_B \times E_c)}$ とする。

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

E_c : 躯体コンクリートのヤング係数で、 $E_c = 23,500$ (N/mm²) とする。

ϕ_2 : 支圧強度で決まる場合の長期許容せん断力及び短期許容せん断力を計算するための低減係数で、

ϕ_2 : 長期荷重用 = 1/3 ϕ_2 : 短期荷重用 = 2/3 とする

アンカーバードをへりあき寸法の小さい位置に施工する場合はへりあき効果による許容せん断力の低減を、また、複数本を近接して施工する場合は群効果による許容せん断力の低減を考慮する。

はしあき・へりあきが小さい場合の許容せん断力 (Q_{a3}) a は、(2.5) 式で計算する。

$$\begin{aligned} Q_{a3} &= \alpha_c \times c \sigma_t \times A_{qc} \\ &= \alpha_c \times (0.31 \times \sqrt{\sigma_B}) \times A_{qc} \\ &= 0.75 \times (0.31 \times \sqrt{21}) \times (0.5 \times \pi \times C^2) \end{aligned} \quad (2.5) \text{ 式}$$

$$(Q_{a3}) a = \phi_2 \times Q_{a3} \quad (2.6) \text{ 式}$$

ここで、 Q_{a3} : コンクリートのコーン状破壊により決まる場合のアンカーバード 1 本あたりのせん断耐力 (N)

$(Q_{a2}) a$: コンクリートのコーン状破壊により決まる場合のアンカーバード 1 本あたりの許容せん断力 (N)

A_{qc} : アンカー打込み点を中心とした側面の投影面積 ($=0.5 \times \pi \times C^2$)

C : へりあき寸法 (mm)

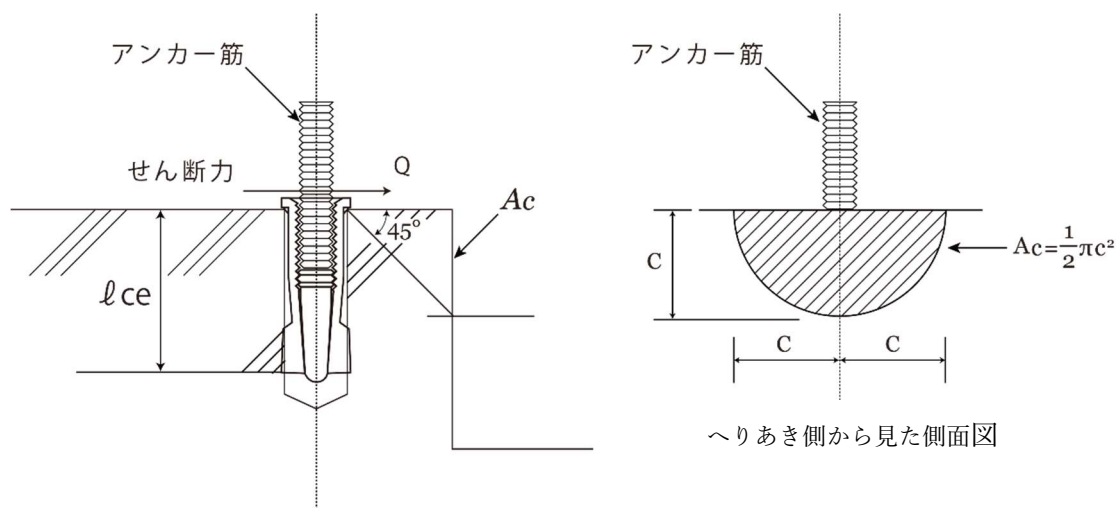


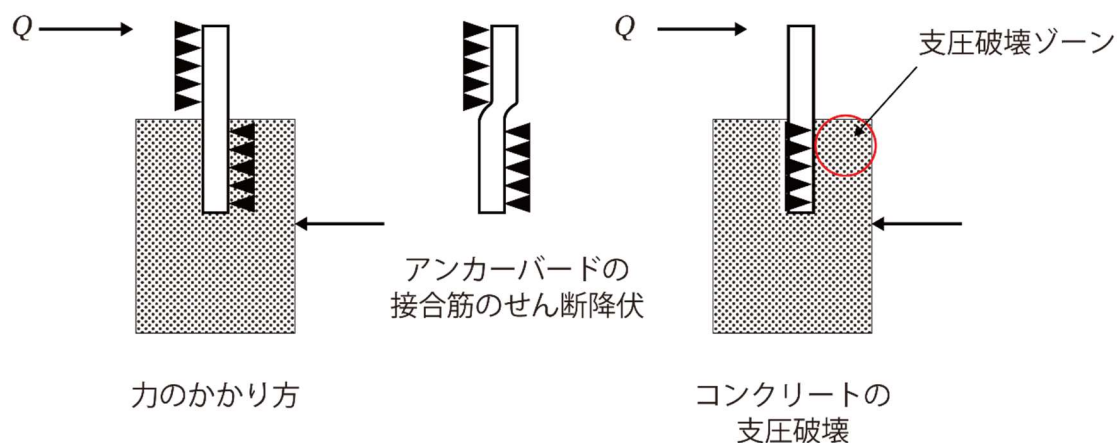
図-7 せん断力によりコーン状破壊する場合

(1) アンカーバードのせん断耐力と許容せん断力

せん断試験を行うと、通常は、破壊モードは接合筋のせん断破壊となる。これは、アンカーバードの支圧によって決まるせん断耐力の方が接合筋のせん断耐力より大きいためである。

接合筋のねじ部の断面積は小さく、鋼材のせん断応力度を引張強度の 70% ($=0.7 \times 400 \text{ N/mm}^2$) としてアンカーバードの接合筋のねじ部のせん断耐力を計算しても、コンクリートの支圧強度で決まるせん断耐力の計算値は、鋼材のせん断耐力よりも大きい。さらには支圧強度の計算には安全率の要素が含まれており、せん断試験の実験値は計算上の耐力を上回っている。

一般に、金属拡張アンカー1本あたりの許容せん断力 (Q_a) a は、コンクリートの支圧破壊 (Q_{a2}) a の場合、または、本体または接合筋の鋼材がせん断降伏する場合 (Q_{a1}) a の小さい方で決めている。



図一8 せん断力に対するアンカーの抵抗

あと施工アンカーの許容せん断力は、建築学会「各種合成構造設計指針」の「資料5 金属拡張アンカーボルトの設計」に準拠して、以下のように計算する。 (2.3) 式

アンカーバードの鋼材のせん断強度により決まる場合のアンカーバード1本あたりの許容せん断力 (Q_{a1}) a は、

$$Q_{a1} = 0.7 \times \sigma_y \times s_{ae} \quad (2.1) \text{ 式}$$

$$(Q_{a1})_a = \phi_1 \times Q_{a1} \quad (2.2) \text{ 式}$$

ここで、 $0.7 \times \sigma_y$ は、アンカーボルトのせん断強度で、学会規準では規格降伏点強度の70%としている。 s_{ae} は、せん断力に対して最少断面積である接合筋のねじ部の断面積としている。

定着したコンクリートの支圧強度で決まる場合のアンカーバード1本あたりの許容せん断力 (Q_{a2}) a は、

$$\begin{aligned} Q_{a2} &= \alpha_c \times {}_c\sigma_{qa} \times s_{ae} \\ &= 0.75 \times (0.5 \times \sqrt{(\sigma_B \times Ec)}) \times s_{ae} \\ &= 0.375 \times \sqrt{(\sigma_B \times 23,500)} \times 87.4 = 5,024 \times \sqrt{\sigma_B} \end{aligned} \quad (2.3) \text{ 式}$$

$$(Q_{a2})_a = \phi_2 \times Q_{a2} \quad (2.4) \text{ 式}$$

ここで、 s_{ae} はコンクリート表面におけるアンカーバードのめねじ部分の断面積の数値とし、コンクリートの支圧強度は ${}_c\sigma_{qa} = 0.5 \times \sqrt{(\sigma_B \times Ec)}$ 、学会基準と同じ値を用いており、 Ec の値も $\sigma_B = 18$ (N/mm²) 相当の低めに設定している。また、施工のばらつきを考慮した低減係数 α_c は 0.75 とし、学会規準と同じ値を用いている。アンカーバードのトルクによる

施工の安定性を考慮すれば、この低減係数は妥当と判断できる。

許容せん断力の表を見ると、通常のコンクリート強度の範囲内ではアンカーバードの許容せん断力は、長期許容せん断力はコンクリートの支圧強度によって決まり、短期許容せん断力はアンカー筋の降伏せん断力によって決まっている。これは、長期許容せん断力に対する低減係数 ϕ がコンクリートでは $\phi_2=1/3$ と小さく、短期許容せん断力では $\phi_2=2/3$ と2倍になるためである。

【計算例】コンクリートの支圧破壊モードで決まる場合の許容せん断力 $(Q_{a2})_a$

コンクリートの圧縮強度 (σ_B) が21(N/mm²)のときの、アンカーバードがコンクリートの支圧破壊モードで決まる場合のせん断耐力 (Q_{a2}) を計算する。

(2. 3) 式より、アンカーバードの支圧破壊モードのせん断耐力 (Q_{a2}) の計算値は、

$$\begin{aligned} Q_{a2} &= 0.375 \times \sqrt{(\sigma_B \times E_c)} \times s_a \\ &= 0.375 \times \sqrt{(\sigma_B \times 23,500)} \times 87.5 = 5,030 \times \sqrt{21} = 23,050 \text{ (N)} \end{aligned}$$

となる。

許容せん断力は、(2. 4) 式により、低減係数 ϕ_2 を乗じて求める。

- ・短期許容引張力 $(Q_{a2})_a = \phi_2 \times Q_{a2} = 15,366 \text{ N/本}$ $\phi_2 : 2/3$ (短期荷重用)
- ・長期許容引張力 $(Q_{a2})_a = \phi_2 \times Q_{a2} = 7,683 \text{ N/本}$ $\phi_2 : 1/3$ (長期荷重用)

【計算例】接合筋の(W1/2)のねじ部のせん断降伏耐力及び許容せん断力 $(Q_{a1})_a$

アンカーバードの接合筋の(W1/2)のねじ部のせん断降伏耐力及び許容せん断力を計算する。

(2. 1) 式より、接合筋(W1/2)のせん断降伏耐力 Q_{a1} は、

$$\begin{aligned} Q_{a1} &= 0.7 \times b_a e \times \sigma_y \\ &= 0.7 \times 87.5 \times 235 = 14.39 \text{ kN} \text{ (※6)} \end{aligned}$$

となる。

許容せん断力は、(2. 2) 式により、低減係数 ϕ_1 を乗じて求める。

- ・短期許容せん断力 $(Q_{a1})_a = \phi_1 \times Q_{a1} = 1 \times 14.39 = 14.39 \text{ kN}$ $\phi_1 : 1.0$ (短期荷重用)
- ・長期許容せん断力 $(Q_{a1})_a = \phi_1 \times Q_{a1} = 2/3 \times 14.39 = 9.59 \text{ kN}$ $\phi_1 : 2/3$ (長期荷重用)

これらの計算結果より、コンクリート強度 (σ_B) が ≥ 21 のときは、アンカーバードの短期許容せん断力は、接合筋の降伏で決まる(青字表示部分)。

(※6) 表の値は、アンカーバードの設計用の許容せん断力及びせん断耐力の値である。

接合筋のせん断耐力 (Q_{a1}) については、実情は、鋼材の引張強度(=400N/mm²)をもとに計算した値(接合筋のせん断降伏耐力を $\tau_u = 0.7 \times 400$ として計算した場合は、 Q_{a1}

$=0.7 \times b_{ae} \times \sigma_y = 0.7 \times 87.5 \times 400 = 24.50 \text{ kN}$ となる) に近い値となっている。

実験では、コンクリートの支圧によって決定されるせん断耐力は、接合筋のせん断耐力よりも大きい。

アンカーバードがコンクリートの支圧力で決まる場合のコンクリート強度 (σ_B) と許容せん断力の関係及び接合筋の許容せん断力を表-2 示す。

表-2 コンクリート強度 (σ_B) とアンカーバードの許容せん断力 (kN/本) の関係

コンクリート強度 (σ_B) (N/mm ²)	支圧で決まる せん断耐力 (kN/本)	支圧で決まる 長期許容せん断力 (kN/本)	支圧で決まる 短期許容せん断力 (kN/本)
15 ^(※2)	(19.46)	(6.49)	(12.97)
18	21.32	7.11	14.21
21	23.02	7.68	15.36 ^{※3}
24	24.61	8.20	16.41 ^{※3}
27	26.11	8.70	17.40 ^{※3}
30	27.52	9.17	18.35 ^{※3}
33 ^(※4)	28.86	9.17 (9.62) ^{※4}	18.35(19.24) ^{※3}
36 ^(※4)	30.15	9.17(10.05) ^{※4}	18.35(20.10) ^{※3}
接合筋 (W1/2) のねじ 部のせん断力 (kN)	14.39 (kN/本)	9.59 (kN/本)	14.39 (kN/本) ^{※3}
<p>アンカーバードの許容せん断力は、コンクリート強度から決まるせん断力と接合筋の許容せん断力を比べどちらか小さい値で決まる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・^{※2}のマーク付きは、コンクリート強度 (σ_B) が<18のため、適用範囲外。試験等により耐力を確認する必要がある。 ・(長期許容せん断力) 接合筋の長期許容せん断力は $(Q_{a1})_a = 9.59 \text{ kN}$ でコンクリートの支圧より決まる長期許容せん断力より大きい。→長期荷重時のせん断破壊モードはコンクリートの支圧破壊となる。 ・(短期許容せん断力) ^{※3}のマーク付きのコンクリートの支圧で決まるせん断力は、接合筋の短期許容せん断力 $(Q_{a1})_a = 14.39 \text{ kN}$ より大きな値であり、接合筋のせん断降伏が先に生じてしまう。→このため、短期荷重時のせん断破壊モードは接合筋のせん断降伏 (14.39kN) となる。 ・^{※4}のマーク付きは、コンクリート強度 (σ_B) が>30のため、$\sigma_B = 30$ として計算した値。 <p>() 内の値は、コンクリートの実強度をもとに計算した参考値。</p>			

以上より、アンカーバードの設計用の許容せん断力は、下表のようになる。

表-3 コンクリート強度 (σ_B) とアンカーバードの許容せん断力 (kN/本)

コンクリート強度 (σ_B) (N/mm ²)	せん断耐力 (kN/本)	長期許容せん断力 ※1 (kN/本)	短期許容せん断力 ※1 (kN/本)	備考
15※2	19.46	6.49	12.97	※2
18	21.32	7.11	14.21	
21	23.02	7.67	14.39※3	※3
24	24.61	8.20	14.39※3	※3
27	26.11	8.70	14.39※3	※3
30	27.52	9.17	14.39※3	※3
33	28.86	9.17※4	14.39※3	※3※4
36	30.15	9.17※4	14.39※3	※3※4

※1 コンクリート躯体表面におけるアンカーバードの断面積(mm²) (s_{ae}) は、 $=87.5(\text{mm}^2)$ とした (支圧強度計算用 s_{ae})。
 ※2 コンクリート強度 ($\sigma_B=15$) が弱く適用範囲外。
 ※3 アンカー筋 (W1/2) の鋼材のねじ部のせん断降伏で決まる短期許容せん断力で決定
 ※4 コンクリート強度 (σ_B) を $=30$ (N/mm²) とし、コンクリートの支圧破壊によって決定される許容せん断力を採用値とした。

(2) へりあき、はしあき、群効果によるせん断耐力の低減

アンカーバードの「へり (縁) あき」、「はし (端) あき」の制限値は、アンカー芯からへり又ははしまで 70 mm 以上とする。

へりあき、はしあきが小さい場合のせん断耐力は、図のコーン状破壊に対して、建築学会「各種合成構造設計指針 (文献1)」の資料5の算定式を用い、(2, 5) 式により計算する。

$$(Q_{a3})_a = \phi_2 \times \alpha_c \times {}_c\sigma_t \times A_{qc} \quad (2, 5) \text{ 式}$$

ここで、 $(Q_{a3})_a$: コンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカーバード
1本あたりの許容せん断力 (N)

α_c : 施工のばらつきを考慮した低減係数で、 $\alpha_c = 0.75$ とする。

${}_c\sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、

$${}_c\sigma_t = 0.31 \times \sqrt{\sigma_B} \text{ とする (N/mm}^2\text{)}$$

A_{qc} ：せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積で、

$$A_{qc} = 0.5 \times \pi \times c^2 \text{ とする (mm}^2\text{) } \quad [\text{図-10 参照}]$$

c ：へりあき寸法

ϕ_2 ；長期許容せん断力及び短期許容せん断力を計算するための低減係数

$$\phi_2 \text{；長期荷重用} = 1/3$$

$$\phi_2 \text{；短期荷重用} = 2/3$$

【計算例】へりあき寸法が70 mmのときのアンカーバードの許容せん断力

へりあき寸法が制限値である70 mmの場合（コンクリート強度 $\sigma_B=21$ のとき）のせん断耐力及び許容せん断力を計算する。

$$\begin{aligned} (Q_{a3})_a &= \phi_2 \times \alpha_c \times c \sigma_t \times A_{qc} \\ &= \phi_2 \times \alpha_c \times (0.31 \times \sqrt{\sigma_B}) \times A_{qc} \\ &= \phi_2 \times 0.75 \times (0.31 \times \sqrt{21}) \times (0.5 \times \pi \times 70^2) \\ &= \phi_2 \times 0.75 \times 1.42 \times 7,696 = \phi_2 \times 8,196 \text{ (N)} \end{aligned}$$

この場合のアンカーバードの許容せん断力は、(2. 4) 式で計算すると、

$$\cdot \text{短期許容引張力} (Q_{a3})_a = \phi_2 \times (Q_{a3}) = 5,464 \text{ N/本} \quad \phi_2 : 2/3 \text{ (短期荷重用)}$$

$$\cdot \text{長期許容引張力} (Q_{a3})_a = \phi_2 \times (Q_{a3}) = 2,732 \text{ N/本} \quad \phi_2 : 1/3 \text{ (長期荷重用)}$$

となる。

へりあき寸法が小さいと許容せん断力に及ぼす影響は大きい。

表-3 に、アンカーバードのへりあき寸法及びコンクリート強度（ σ_B ）と許容せん断力との関係を示す。

表—3 アンカーバードのへりあき寸法及びコンクリート強度（ σ_B ）と許容せん断力と関係

コンクリート強度 σ_B	へりあき寸法 せん断耐力	50	60	70	80	90	100
	18	せん断耐力	3.87	5.58	7.59	9.91	12.54
長期許容せん断力		1.29	1.86	2.53	3.30	4.18	5.16
短期許容せん断力		2.58	3.72	5.06	6.61	8.36	10.32
21	せん断耐力	4.18	6.02	8.20	10.71	13.55	16.73
	長期許容せん断力	1.39	2.01	2.73	3.57	4.52	5.58
	短期許容せん断力	2.79	4.01	5.46	7.14	9.03	11.15
24	せん断耐力	4.47	6.44	8.76	11.44	14.48	17.88
	長期許容せん断力	1.49	2.15	2.92	3.81	4.83	5.96
	短期許容せん断力	2.98	4.29	5.84	7.63	9.66	11.92
27	せん断耐力	4.74	6.44	8.76	11.44	14.48	17.88
	長期許容せん断力	1.49	2.15	2.92	3.81	4.83	5.96
	短期許容せん断力	3.16	4.55	6.20	8.09	10.24	12.64
30	せん断耐力	5.00	7.20	9.80	12.80	16.19	19.99
	長期許容せん断力	1.76	2.40	3.27	4.27	5.40	6.66
	短期許容せん断力	3.33	4.80	6.53	8.53	10.80	13.33

これより、へりあき寸法が 100 mm 程度以下になると、破壊モードがへり（縁）のコンクリートがアンカー打設点を起点に半円錐状に欠けてしまうコーン状破壊となってしまう、大幅に耐力が低下するので、注意を要する。

アンカーをへり又ははしに打設する場合は、せん断力に対して耐力が不十分となりやすいため、アンカーバードの設計及び施工にあたっては、原則として、制限値を守らなければならない。やむを得ず制限値の 70 mm 以下とする場合は、最小でも 50 mm を確保し、その場合のせん断力に対しては、表 3 を参照して許容せん断力の検討を行う。

群効果については、アンカーの芯-芯間隔の制限値を 70 mm とし、間隔が 70mm を下回る場合は、2 本で 1 本の耐力と同等の耐力とする。

4. アンカーバードに引張力とせん断力が同時に作用する場合の設計方法

アンカーバードに引張力とせん断力が同時に作用する場合には、その組合せ効果を考慮して、耐力を検討する。

アンカーバードに引張力（ p ）及びせん断力（ q ）が同時に作用する場合には、原則として、組合せ荷重についての検討を行う。

組合せ荷重を受けるアンカーボルト 1 本あたりの許容値は、(3.1) 式で求める。

$$(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2 \leq 1 \quad (3.1) \text{ 式}$$

ここで、 p 、 q ：アンカーバードに同時に作用する引張力及びせん断力

p_a 、 q_a ：アンカーバードの許容引張力及び許容せん断力

なお、 $p/q \geq 2$ の場合には、耐力は引張力 p と許容引張力 p_a に依存するので、

$$p/p_a \leq 1$$

であることを確認すればよい。

【計算例】アンカーバードに引張力（ $p=7.0$ kN）及びせん断力（ $q=4.0$ kN）が同時に作用するときのチェック

コンクリート強度（ σ_B ）が $\sigma_B=21$ N/mm² の躯体に施工されたアンカーバードに、短期荷重として引張力（ $p=7.0$ kN）及びせん断力（ $q=4.0$ kN）が同時に作用するとき、許容値以内であるかどうかを検討する。

$\sigma_B=21$ N/mm² のときの、アンカーバードの短期許容引張力（ p_a ）は、 $p_a=7.44$ kN、短期許容せん断力（ q_a ）は、 $q_a=15.35$ kN（コンクリートの支圧で決まる場合）である。

これより、

$$(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2 \leq 1 \quad \text{であるかどうか、チェックする。}$$

$$(7.0/7.44)^2 + (4.0/15.35)^2 = 0.886 + 0.068 = 0.954 \leq 1$$

であるので、許容値の範囲内である。

（※）引張力 p によるコンクリートのコーン状破壊の作用とせん断力 q によるコンクリートの支圧破壊作用がコンクリートに同時に作用するため、アンカーバードの短期許容せん断力（ q_a ）としては、コンクリートの支圧で決まる場合の値（ $=15.35$ kN）を用いて計算している。このことに注意する。

5. アンカーバードの構造規定

アンカーバードの設計においては、2. 3. 4. に示した設計式に加え、施工位置について、或いは、はしあき、へりあき、ピッチ、ゲージ等についての構造規定を守らなければならない。

アンカーバードの打込み位置は、図-9-1 及び図-9-2 に示すように、RC 構造のかぶり部分若しくは仕上げ材の部分を避けて施工する。

・かぶり部分については、へりあきの寸法が確保されていれば、打設が可能な場合もあるが、打設の可否及び許容耐力についての判断は、設計者が行うこととする。

・タイル、モルタルなどの仕上げ材がある場合は、これらを除去し、構造躯体の表面からアンカーバードの施工を行う。

はしあき、へりあきの最小寸法は 50 mm 以上（約 3 D 以上）とするが、アンカーバードの場合は、はしあき 50 mm では耐力は 0 と厳しく規定していることに注意が必要である。

ピッチ及びゲージについては 85 mm 以上（約 5 D 以上）とする。これは、他の金属拡張型アンカーの規定とほぼ同様であるが、耐力の低減については、有効水平投影面積の重なりによる低減のみで計算せず、総合的な見地から信頼できる耐力を設定すべきである。

隣り合うアンカーバードの芯-芯間の寸法が小さく、群効果として耐力を低減する必要がある場合（2 本打ち、ないし 4 本打ちなどの場合）で芯-芯間の寸法が小さい場合は、芯-芯間寸法が 70 mm 以下のときの耐力は、50% に低減しており、このことに注意する必要がある。

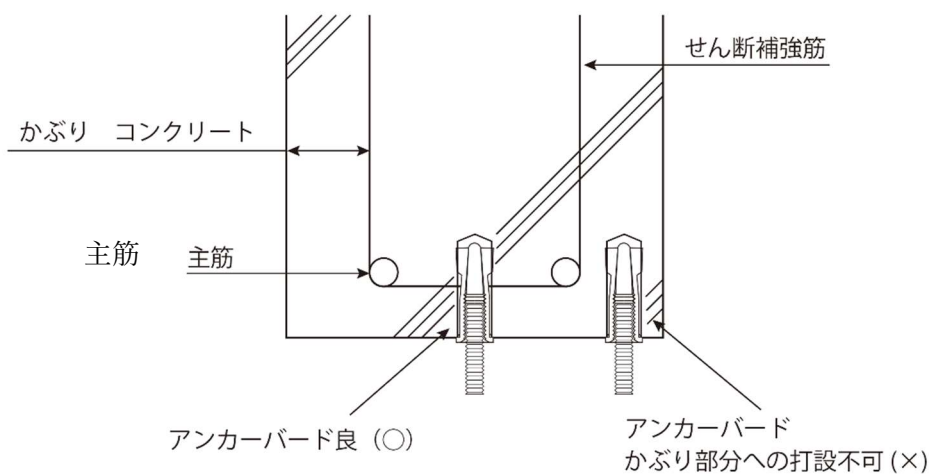


図-9-1 躯体のかぶり部分への打設

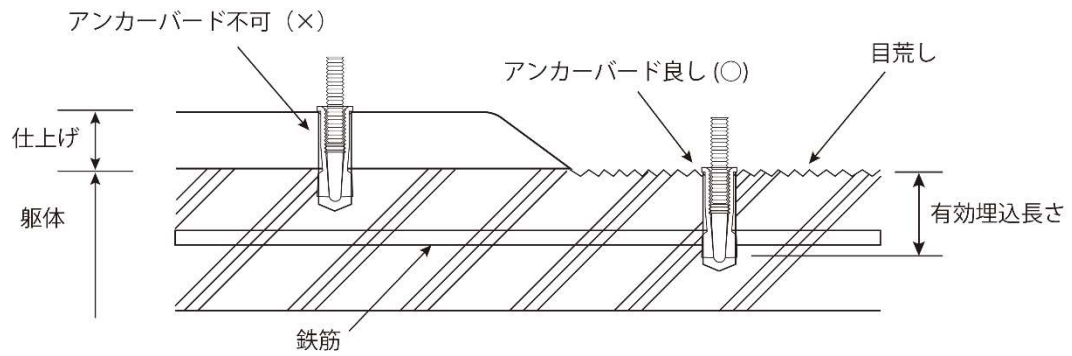


図-9-2 仕上げ材部分への打設(不可)

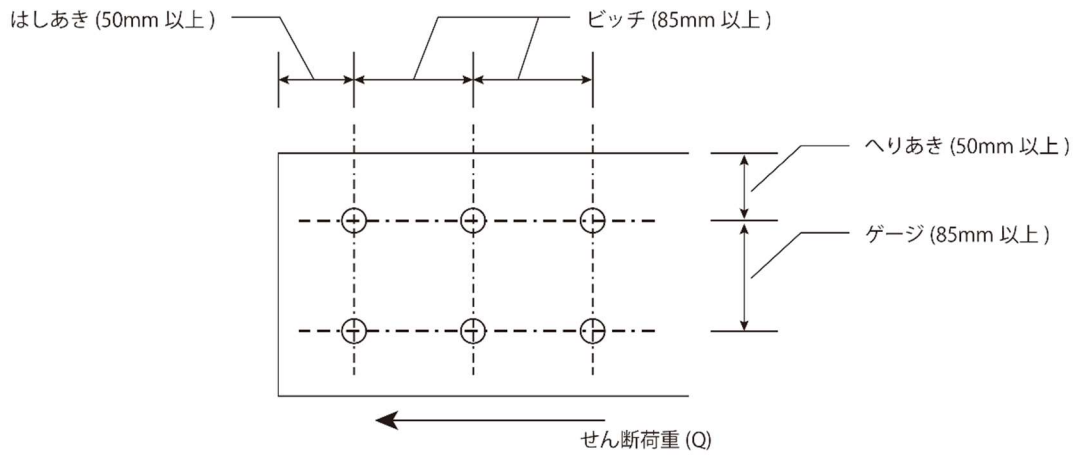


図-10 アンカーバードのピッチ、ゲージ、へりあき、はしあき

発行 (株) ANCHOR BIRS

代表取締役 新村 香根美

〒425-0015 焼津市石脇上 615-1

TEL 054-625-8899 FAX 054-625-8199

URL <http://anchor-birds.jp/>

©2020

不許複製