

k_p : 引張鉄筋比 p_t による係数 ($k_p = 2.36(p_t)^{0.23}$)

p_t : 引張鉄筋比で、次式による。

$$p_t = a_t / (b \cdot d)$$

a_t : 円形孔位置における引張鉄筋断面積 (mm^2)

b : 梁幅 (mm)

d : 梁の有効せい (mm)

j : 応力中心距離 (mm)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)

H : 孔の直径 (mm)

H/D : 梁せい D に対する円形孔の直径 H の比で、 $1/3$ 以下とする。

$M/(Qd)$: シアスパン比で、 3 以上の場合には 3 とし、 1 以下の場合には 1 とする。

M : 梁の最大モーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

Q : 梁の最大せん断力 (N)

p_s : 孔周囲補強筋比で、次式による。

$$p_s = \sum (a_s (\sin \theta + \cos \theta)) / (bc)$$

a_s : 孔の片側 c の範囲内にある 1 組の補強筋の断面積 (mm^2)

θ : 孔周囲補強筋が梁材軸となす角度

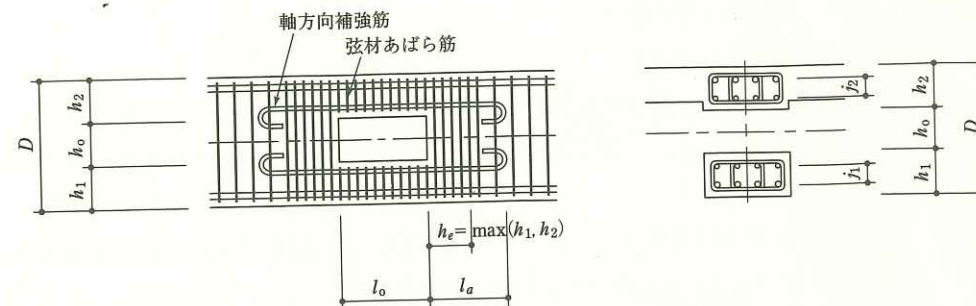
c : 孔周囲の補強筋の有効な範囲で、円形孔中心と円形孔中心より 45° 方向に引いた直線が引張鉄筋重心と交わる位置との距離 [解説図 22.2]

σ_{sy} : 孔周囲補強筋の規格降伏点 (N/mm^2)

ii) 複数の円形孔が近接する場合または長方形孔を有する場合の梁の孔周囲の補強

同一の梁に 2 個以上の円形孔が設けられる場合で、円形孔の中心間隔を円形孔直径の 3 倍以上とする場合は、前項によってそれぞれが単独の円形孔であるとして孔周囲の補強を計算してよい。なお、それぞれの間隔が十分に確保されない場合は、複数の円形孔を包含する長方形孔が設けられているものとして孔周囲の補強を計算するべきである。

長方形孔に対する孔周囲の補強は、解説図 22.3 に示すように、文献 20) を参考にして長方形孔上下の弦材に軸方向補強筋と閉鎖形状の弦材あばら筋を配筋する。弦材には、弦材のせいを超えない範囲でコアコンクリートが区画されるように、適切に中子筋を配筋することが望ましい。長方形孔の左右には、上下の弦材のせい h_e (下弦材 h_1 と上弦材 h_2 で異なる場合は大なる方の数値) 以上の範囲で、弦材に配筋した弦材あばら筋と同じあばら筋量を延長して配筋するものとする。軸方向補強筋の定着長さ l_a は、孔際から必要定着長さ l_{ab} かつ h_e 以上とする。軸方向補強筋の定着形式は図中では 180° フック付きとしているが、 135° フック付き、 90° フック付きとしてもよく、また、直線定着も可とする。



解説図 22.3 長方形孔および孔周囲の補強

記号 D : 梁せい (mm)

h_0 : 長方形孔の内法高さ (mm) で、 $D/3$ 以下とする。

h_1 : 下弦材せい (mm) で、 $D/3$ 以上確保する。

h_2 : 上弦材せい (mm) で、 $D/3$ 以上確保する。

h_e : h_1 と h_2 の大なる方の数値 (mm)

l_0 : 長方形孔の内法長さ (mm) で、 $(2/3)D$ 以下とする。

l_a : 弦材に配筋した軸方向補強筋の定着長さ (mm) で、 $l_a \geq l_{ab}$ かつ h_e とする。

j_1 : 下弦材の軸方向鉄筋間距離 (mm)

j_2 : 上弦材の軸方向鉄筋間距離 (mm)

長方形孔は、原則として梁の内法スパンの両側から梁せいの 2 倍の範囲内には設けないこととする。ただし、 $h_1 \geq D/3$ 、 $h_2 \geq D/3$ 、 $l_0 \leq D/5$ および $h_0 \leq D/5$ の条件をすべて満たす場合は、上記の 2 倍を 1.5 倍と読み替えてよいが、そのような場合には、弦材に生じる変動軸力に対して注意が必要となることがある。

なお、長方形孔に隣接してさらに孔を設ける場合には、孔中心間隔 X_0 は、梁せい D と長方形孔の内法長さ l_0 (隣り合う孔の内法長さが異なる場合はその平均値) の 3 倍との大なる方の数値以上とする。

QA0_1 の長期許容せん断力

QA0_2

長方形孔を有する梁の孔周囲の長期許容せん断力 QA_0 は、規準 (15.2) 式による梁の長期許容せん断力から孔部分のコンクリートの断面積を控除した (解 22.4) 式による。(解 22.4) 式では、ひび割れの可能性がある範囲を解説図 22.3 の h_e の範囲または弦材のせいの範囲と考え、想定するひび割れの拡大に抵抗できる補強筋の効果を加算できるものとしている。

$$QA_0 = b j \alpha f_s (1 - h_0/D) + b (j_1 + j_2) \{0.5 w f_t (p_w - 0.002)\} \quad (\text{解 22.4})$$

記号 b : 梁幅 (mm)

j : 梁の応力中心距離 (mm) で、規準 (15.2) 式に用いるものと同じとする。

α : 梁のせん断スパン比 $M/(Qd)$ による割増係数で、 $\alpha = 1$ とする。

f_s : コンクリートの長期許容せん断応力度 (N/mm^2)

h_o : 長方形孔の内法高さ (mm)

D : 梁せい (mm)

j_1, j_2 : 下弦材および上弦材の軸方向鉄筋間距離 (mm) [解説図 22.3 参照]

wf_t : 解説図 22.3 に示す弦材あばら筋のせん断補強用長期許容引張応力度 (N/mm²)

p_w : 弦材あばら筋比で、次式による。ただし、 p_w が 0.006 を超える場合には 0.006 として長期許容せん断力を計算する。

$$p_w = a_w / (b \cdot x)$$

a_w : 1 組の弦材あばら筋の断面積 (mm²)

x : 弦材あばら筋の間隔 (mm)

QAOS_1

B. 孔周囲の損傷制御を目的とした短期許容せん断力

長方形孔を有する梁の孔周囲の損傷制御を目的とした短期許容せん断力 Q_{AOS} は、規準 (15.3) 式による梁の短期許容せん断力から孔部分のコンクリートの断面積を控除した (解 22.5) 式による。

$$Q_{AOS} = bj(2/3)\alpha f_s(1 - h_o/D) + b(j_1 + j_2)\{0.5 wf_t(p_w - 0.002)\} \quad (\text{解 22.5})$$

記号 b : 梁幅 (mm)

j : 梁の応力中心距離 (mm) で、規準 (15.3) 式に用いるものと同じとする。

α : 梁のせん断スパン比 $M/(Qd)$ による割増係数で、 $\alpha = 1$ とする。

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)

h_o : 長方形孔の内法高さ (mm)

D : 梁せい (mm)

j_1, j_2 : 下弦材および上弦材の軸方向鉄筋間距離 (mm) [解説図 22.3 参照]

wf_t : 解説図 22.3 に示す弦材あばら筋のせん断補強用短期許容引張応力度 (N/mm²)。ただし、 wf_t が 390 を超える場合は 390 として短期許容せん断力を計算する。

p_w : 弦材あばら筋比で、次式による。ただし、 p_w が 0.012 を超える場合には 0.012 として短期許容せん断力を計算する。

$$p_w = a_w / (b \cdot x)$$

a_w : 1 組の弦材あばら筋の断面積 (mm²)

x : 弦材あばら筋の間隔 (mm)

C. 孔周囲の大地震に対する安全性の確保を目的とした検討

長方形孔を有する梁の孔周囲の大地震に対する安全性の検討は、梁メカニズム時のせん断力に対して (解 22.6) 式を適用するとともに、下弦材と上弦材それぞれを梁とした場合の梁メカニズム時のせん断力に対して (解 22.6.a) 式および (解 22.6.b) 式のせん断終局強度式を適用するものとする。

$$Q_{su} = Q_{su1} + Q_{su2} \quad (\text{解 22.6})$$

$$Q_{su1} = \left\{ \frac{0.092 k_{p1} (F_c + 18)}{3.12} + 0.85 \sqrt{p_w w \sigma_y} \right\} b j_1 \quad (\text{解 22.6.a})$$

$$Q_{su2} = \left\{ \frac{0.092 k_{p2} (F_c + 18)}{3.12} + 0.85 \sqrt{p_w w \sigma_y} \right\} b j_2 \quad (\text{解 22.6.b})$$

記号 Q_{su} : 長方形孔を有する梁の孔周囲の大地震による安全性の確保を目的としたせん断終局強度 (N)

Q_{su1}, Q_{su2} : 下弦材および上弦材のせん断終局強度 (N)

k_{p1}, k_{p2} : 下弦材および上弦材の有効せい d による係数で、 $d \geq 400$ mm のときは 0.72 で一定とする [15 条参照]。

k_{p1}, k_{p2} : 下弦材および上弦材の引張鉄筋比 p_{t1}, p_{t2} による係数
 $(k_{p1} = 2.36(p_{t1})^{0.23}, k_{p2} = 2.36(p_{t2})^{0.23})$

p_{t1}, p_{t2} : 下弦材および上弦材の引張鉄筋比で、次式による。梁主筋による場合と軸方向補強筋による場合の両方を算出し、小なる方の数値を採用する。

$$p_{t1} = a_{t1} / (b \cdot d_1), p_{t2} = a_{t2} / (b \cdot d_2)$$

a_{t1}, a_{t2} : 下弦材および上弦材における引張鉄筋断面積 (mm²) で、梁主筋断面積または軸方向補強筋断面積

b : 弦材の幅 (mm)

d_1, d_2 : 下弦材および上弦材の有効せい (mm) で、梁主筋と軸方向補強筋にそれぞれ対応するものを採用する。

j_1, j_2 : 下弦材および上弦材の軸方向鉄筋間距離 (mm) [解説図 22.3 参照]

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

p_w : 弦材あばら筋比で、次式による。ただし、 p_w が 0.012 を超える場合は 0.012 とする。

$$p_w = a_w / (b \cdot x)$$

a_w : 1 組の弦材あばら筋の断面積 (mm²)

x : 弦材あばら筋の間隔 (mm)

$w \sigma_y$: 弦材あばら筋の規格降伏点 (N/mm²)

(解 22.6) 式により算定されるせん断力が、長方形孔の内法高さ h_o を直径とする円形孔があるとして (解 22.3) 式により算定されるせん断力を上回っていないことを確認することが望ましい。

D. 軸方向筋の必要断面積

軸方向補強筋の必要断面積は、(解 22.7) 式により算定する。

$$a = Q_{ud} l_0 / \{(j_1 + j_2) f_y\} \quad (\text{解 22.7})$$

記号 a : 下弦材・上弦材に使用する軸方向補強筋の必要断面積 (mm²)

Q_{ud} : 開口中心位置での終局時設計用せん断力 (N)

l_0 : 長方形孔の内法長さ (mm)