

本検討は、『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年版)』のP.354(3) 梁の貫通孔周囲の補強に準じて、補強筋を算定する。

単独の円径孔を有する梁の孔周囲の補強

A. 孔周囲の長期許容せん断力

$$Q_{AOL} = b \times j \times \{ \alpha \cdot f_s \cdot (1 - H/D) + 0.5 \cdot w_{ft} \cdot (ps - 0.002) \} \quad (\text{解22.1})$$

$$\text{ただし、} \alpha = \frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \quad \text{かつ} \quad 1 \leq \alpha \leq 2$$

ここで、

b : 梁幅 500 (mm)

d : 梁の有効せい 841.5 (mm)

j : 梁の応力中心距離で、(7/8)・d とする。 $841.5 \times 7 / 8 = 736.3$ (mm)

α : 梁のせん断スパン比 $M/(Q \cdot d)$ による割増係数 (M及びQは、長期荷重による最大値をとる。)

f_s : コンクリートの長期許容せん断応力度 0.8 (N/mm²)

H : 円孔の直径 $H/D \leq 1/3$ $\phi 150$ (mm)

D : 梁せい 950 (mm)

w_{ft} : 孔周囲補強筋のせん断補強用長期許容引張応力度 195 (N/mm²)

※本検討においては、複数の材料強度がある場合は最小値をとる。

a_s : 孔の片側 c の範囲内にある1組の補強筋の有効断面積(mm²)

→孔の中心から45° に引いた線と交わるCの範囲内にある鉄筋の断面積であり、孔によって切断される縦筋は無視する。また、縦筋には c の範囲内の一般部あばら筋1組を含める。

斜め筋 $a_s = 1284$ (mm²) , 縦筋 $a_s = 796$ (mm²)

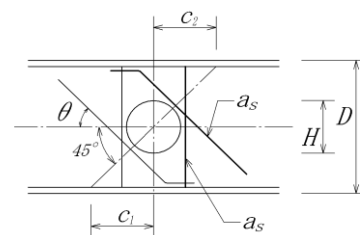
θ : 孔周囲補強筋が梁材軸となす角度 斜め筋 45° , 縦筋 90°

ps : 孔周囲補強筋比で、次式による。ただし、ps が 0.006 を超える場合には0.006として計算する。

$$ps = \frac{\sum \{ a_s (\sin \theta + \cos \theta) \}}{(b \cdot c)}$$

$$= \frac{\{ 1284 \times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ) + 796 \times (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) \}}{(500 \times 416.5)} = 0.0125 \rightarrow 0.006$$

C : 孔周囲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 316.5 (mm)



解説図22.2 円形孔ならびに孔周囲補強筋

1. 設計用せん断力の算定

設計用せん断力 Q_{DL} は、長期せん断力 Q_L とする。

$$Q_{DL} = 220 \text{ kN}$$

2. 貫通孔補強筋による長期許容せん断力の算定

$$\alpha = 4 / \left(\frac{M}{Qd} + 1 \right) = 4 / \left(\frac{0}{220 \times 841.5 / 1000} + 1 \right) = 4 \rightarrow 2$$

$$Q_{AOL} = 500 \times 736.3 \times \{ 2 \times 0.8 \times (1 - 150 / 950) + 0.5 \times 195 \times (0.006 - 0.002) \} = 640 \text{ kN}$$

以上より、

$$Q_{DL} = 220 \text{ kN} < Q_{AOL} = 640 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

本検討は、『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年版)』のP.354(3) 梁の貫通孔周囲の補強に準じて、補強筋を算定する。

単独の円径孔を有する梁の孔周囲の補強

B. 孔周囲の損傷制御を目的とする短期許容せん断力

$$Q_{AOL} = b \times j \times \{ (2/3) \cdot \alpha \cdot f_s \cdot (1 - H/D) + 0.5 \cdot wft \cdot (ps - 0.002) \} \quad (\text{解22. 2})$$

$$\text{ただし、} \alpha = \frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \quad \text{かつ} \quad 1 \leq \alpha \leq 2$$

ここで、

b : 梁幅 500 (mm)

d : 梁の有効せい 841.5 (mm)

j : 梁の応力中心距離で、 $(7/8) \cdot d$ とする。 $841.5 \times 7 / 8 = 736.3$ (mm)

α : 梁のせん断スパン比 $M/(Q \cdot d)$ による割増係数 (M 及び Q は、短期荷重による最大値をとる。)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 1.2 (N/mm²)

H : 円孔の直径 $H/D \leq 1/3$ $\phi 150$ (mm)

D : 梁せい 950 (mm)

wft : 孔周囲補強筋のせん断補強用短期許容引張応力度 295 (N/mm²)

※本検討においては、複数の材料強度がある場合は最小値をとる。

as : 孔の片側 c の範囲内にある1組の補強筋の有効断面積(mm²)

→ 孔の中心から45° に引いた線と交わるCの範囲内にある鉄筋の断面積であり、孔によって切断される縦筋は無視する。また、縦筋には c の範囲内の一般部あばら筋1組を含める。

斜め筋 as = 1284 (mm²) , 縦筋 as = 796 (mm²)

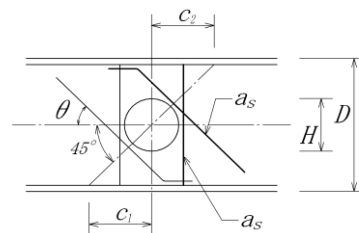
θ : 孔周囲補強筋が梁材軸となす角度 斜め筋 45° , 縦筋 90°

ps : 孔周囲補強筋比で、次式による。ただし、ps が 0.012 を超える場合には0.012として計算する。

$$ps = \frac{\sum \{ as (\sin \theta + \cos \theta) \}}{(b \cdot c)}$$

$$= \{ 1284 \times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ) + 796 \times (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) \} / (500 \times 416.5) = 0.0125 \rightarrow 0.012$$

C : 孔周囲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 316.5 (mm)



解説図22.2 円形孔ならびに孔周囲補強筋

1. 設計用せん断力の算定

設計用せん断力 Q_{DS} は、

長期せん断力 Q_L + 地震時せん断力 Q_S とする。

$$Q_{DS} = 220 + 0 = 220 \text{ kN}$$

2. 貫通孔補強筋による短期許容せん断力の算定

$$\alpha = 4 / \left(\frac{M}{Qd} + 1 \right) = 4 / \left(\frac{0}{220 \times 841.5 / 1000} + 1 \right) = 4 \rightarrow 2$$

$$Q_{AOS} = 500 \times 736.3 \times \{ 2/3 \times 2 \times 1.2 \times (1 - 150/950) + 0.5 \times 295 \times (0.012 - 0.002) \} = 1039 \text{ kN}$$

以上より、

$$Q_{DS} = 220 \text{ kN} < Q_{AOS} = 1039 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

本検討は、『鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010年版)』のP.354(3) 梁の貫通孔周囲の補強に準じて、補強筋を算定する。

単独の円形孔を有する梁の孔周囲の補強

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

$$Q_{SUO} = \left\{ \frac{0.092 \cdot k_u \cdot k_p \cdot (F_c + 18)}{M/Qd + 0.12} \left(1 - 1.61 \frac{H}{D} \right) + 0.85 \sqrt{p_s \cdot s \sigma_y} \right\} \cdot b \cdot j \quad (\text{解22. 3})$$

ここで、

Q_{SUO} : 単独の円形孔を有する梁の孔周囲のせん断終局強度 (kN)

b : 梁幅 500 (mm)

d : 梁の有効せい 841.5 (mm)

j : 梁の応力中心距離で、 $(7/8) \cdot d$ とする。 $841.5 \times 7 / 8 = 736.3$ (mm)

k_u : 有効せい d による係数で、 $d \geq 400\text{mm}$ のときは 0.72 で一定とする。 0.72

p_t : 引張鉄筋比で、次式による。 $p_t = a_t / (b \cdot d) = 5778 / (500 \times 841.5) = 0.0137$

k_p : 引張鉄筋比 p_t による係数 $= 2.36 \cdot (p_t)^{0.23} = 2.36 \times 0.0137^{0.23} = 0.88$

F_c : コンクリートの設計基準強度 30 (N/mm²)

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。 $H/D = 150 / 950 = 0.158$

$M/(Qd)$: シアスパン比で、 $1 \leq M/(Qd) \leq 3$ とする。ここで、 M 及び Q は、終局耐力 M_y 、 Q_u とする。

$$M_y = 2216 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Q_u = 220 \times (2216 + 1877) / 7.915 = 737 \text{ kN}$$

$$M/(Qd) = 2216 / (737 \times 841.5 / 1000) = 3.57 \rightarrow 3$$

a_s : 孔の片側 c の範囲内にある1組の補強筋の有効断面積(mm²)

→ 孔の中心から45° に引いた線と交わるCの範囲内にある鉄筋の断面積であり、孔によって切断される縦筋は無視する。また、縦筋には c の範囲内の一般部あばら筋1組を含める。

斜め筋 $a_s = 1284$ (mm²) , 縦筋 $a_s = 796$ (mm²)

θ : 孔周囲補強筋が梁材軸となす角度 斜め筋 45° , 縦筋 90°

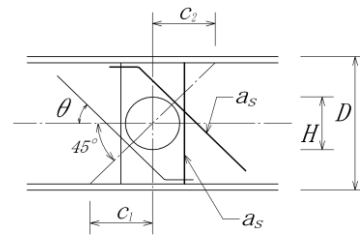
p_s : 孔周囲補強筋比で、次式による。ただし、 p_s が 0.012 を超える場合には0.012として計算する。

$$p_s = \frac{\sum \{ a_s (\sin \theta + \cos \theta) \}}{(b \cdot c)}$$

$$= \{ 1284 \times (\sin 45 + \cos 45) + 796 \times (\sin 90 + \cos 90) \} / (500 \times 416.5) = 0.0125 \rightarrow 0.012$$

C : 孔周囲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 316.5 (mm)

$s \sigma_y$: 孔周囲補強筋の規格降伏点 295 (N/mm²)



解説図22.2 円形孔ならびに孔周囲補強筋

1. 設計用せん断力の算定

設計用せん断力 Q_{DU} は、上記より

$$Q_{DU} = 841 \text{ kN}$$

2. 貫通孔補強筋による終局せん断耐力の算定

$$Q_{SUO} = \left\{ \frac{0.092 \times 0.72 \times 0.88 \times (30 + 18)}{3 + 0.12} \left(1 - 1.61 \frac{150}{950} \right) + 0.85 \times (0.012 \times 295)^{1/2} \right\} \times 500 \times 736.3 = 835 \text{ kN}$$

以上より、

$$Q_{DU} = 841 \text{ kN} > Q_{SUO} = 835 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{NG}$$

RC造梁貫通孔補強の検討

No.4

符号		鉄筋コンクリート構造計算規準・解説2010年版 P.362の計算例						長期	短期		
躯体	Fc (N/mm ²)	30	STP	STP	2 - D16 @ 150		最大曲げモーメントM (kN・m)				
	梁幅 b (mm)	500		鉄筋種別	SD295		最大せん断力 Q (kN) ※①		220		
	梁せい D (mm)	950		wft (N/mm ²)	195	295	$\alpha = 4 / (M / Q \cdot d + 1)$		2.00		
	内法 Lo (mm)	7915		a ₁ (mm ²)/pw (%)	398	0.531	cfs (N/mm ²) 建告1450		0.8		
								※①: 負値入力の場合、 α は1.0とする。			
主筋	位置	左 端	at (mm ²)	重心位置 dt (mm)	有効せい d	曲げ耐力 Mu(kN・m)	右 端	at (mm ²)	重心位置 dt (mm)	有効せい d	曲げ耐力 Mu(kN・m)
	上端	5 / 4 - D29	5778	108.5	841.5	1877	5 / 4 - D29	5778	108.5	841.5	1877
	下端	5 / 4 - D29	5778	108.5	841.5	1877	5 / 4 - D29	5778	108.5	841.5	1877
	鉄筋種別	SD390	sft (N/mm ²)		195	390	SD390	sft (N/mm ²)		195	390
	JIS品による耐力割増	1.1	かぶり (mm)		40	鉄筋あき寸法		1.5 d			
スラブ	位置			鉄筋種別	at (mm ²)	sft (N/mm ²)		梁下からスラブ筋 重心までの距離		曲げ耐力 My (kN・m)	
						長期	短期				
	梁の上端引張に有効なスラブ筋		10 - D13	SD295	1270	195	295	913.5		339	
		梁の下端引張に有効なスラブ筋		-							
設計用せん断力	長期	Q _{DL} = 220 kN									
	短期	Q _{DS} = 220 + 0 = 220 kN									
	左 端上端の曲げ強度(kN・m)		2216	右 端上端の曲げ強度(kN・m)		2216	スラブ筋	考慮する			
	左 端下端の曲げ強度(kN・m)		1877	右 端下端の曲げ強度(kN・m)		1877	スラブ筋	考慮しない			
	終局時設計用せん断力 Q _{DU} 算定式		<input checked="" type="radio"/> Q _L + $\alpha \cdot \Sigma My / Lo$ 余裕度 α 1.2 <input type="radio"/> Q _L + n・Q _E 割増率 n 1.5								
	終局時	Q _{DU} = 220 + 1.2 × (2216 + 1877) / 7.915 = 841 kN									
H	φ 150										
d ₁	425										
C ₁	316.5										
d ₂	525										
C ₂	416.5										
補強形式	H8										
ps ₁	0.0165										
ps ₂	0.0125										
長期	ps	0.0060									
	Q _{A0L}	640									
	Q _{DL}	220									
	判定	OK									
短期	ps	0.0120									
	Q _{A0S}	791									
	Q _{DS}	220									
	判定	OK									
終局時	ku	0.72									
	pt	0.0137									
	kp	0.88									
	M/Qd	3									
	ps	0.0120									
	Q _{SU0}	835									
	Q _{DU}	841									
判定	NG										

ver.1.00