

# 技術基準および RC 規準改訂による 開口補強筋の取り扱いについて わかりやすく解説

2017 年 11 月  
株式会社 構造ソフト

## はじめに

2015年に「建築物の構造関係技術基準解説書」（以下、技術基準と表記）が2007年版から改訂されて、「鉄筋コンクリート構造計算規準」（以下、RC規準と表記）の2010年版が本格的に運用されるようになり、耐震壁の開口補強筋の計算についても、RC規準(2010)とRC規準(1999)の計算や取り扱いの違いや技術基準(2015)での扱いについて、お客様から様々な質問が寄せられています。

ここでは、開口補強筋についてRC規準(2010)で何が変わったのか、技術基準(2015)での扱いはどのようになったのかに関して説明するとともに、弊社の一貫構造計算プログラム「BUILD.一貫V」ではどのように組み込まれて入力制御できるのかについて説明します。

## 1. RC規準や技術基準で何が変わったのか？

### (1) RC規準(2010)で複数開口の開口補強筋に対応

RC規準(1999)では、開口補強筋に関して複数開口の場合の記述がありませんでしたが、RC規準(2010)では以下の考えが記載され、複数開口の開口ごとの開口補強筋の検討が明確になりました。

[RC規準(2010年)の記載]

- ・複数開口の  $T_d$ （開口隅角部の付加斜張力）は、それぞれの開口に対して独立に計算してよい。
- ・縦筋、横筋の算定に関して、鉛直方向に並ぶ開口の数  $n_v$ 、横に並ぶ開口の数  $n_h$  が算定式に導入される。
- ・開口高さ  $h_0$  が異なる複数開口の場合は、それぞれの開口の内法高さにより必要量を算定してよい。
- ・開口が横に並んで複数ある場合は、それぞれの開口の  $l_0$  により必要量を算定すればよい。

## (2) 壁筋や開口補強筋(縦、横、斜め)相互の寄与の明確化

RC規準(1999)では開口補強に関して、壁筋や開口補強筋(縦、横、斜め)相互の寄与については設計例で開口隅角部の付加斜張力の検討についてのみ縦補強筋と横補強筋の寄与が記載されているだけでしたが、RC規準(2010)では、開口隅角部の縦、横、斜めのそれぞれについて壁筋や開口補強筋相互の寄与について明確になりました。表1で、開口補強の各検討項目について有効となる配筋を示します。

表1. 開口補強に有効となる配筋

検討項目	RC 規準(2010)	RC 規準(1999)
開口左右の付加曲げモーメントに対する検討 (開口隅角部の鉛直縁張力)	縦補強筋に加えて、斜め補強筋、壁縦筋の一部も効く。	縦補強筋のみ
開口上下の付加曲げモーメントに対する検討 (開口隅角部の水平縁張力)	横補強筋に加えて、斜め補強筋、壁横筋の一部も効く。	横補強筋のみ
開口隅角部の付加斜張力に対する検討	斜め補強筋に加えて、縦補強筋、横補強筋、壁縦筋、壁横筋の一部も効く。 条件により、柱や梁の主筋の一部も効く。	斜め補強筋に加えて、縦補強筋、横補強筋、壁縦筋、壁横筋の一部も効く。

## (3) 開口補強検討用の設計せん断力の変更

RC規準(1999)では、開口補強筋検討用の設計せん断力 $Q$ は、通常は、耐震壁の設計せん断力 $Qd$ を使いますが、 $Qd > Q1$ の場合は $Q = \max(Q1, \gamma Qw)$ となります(後述の「付録. 計算例」参照)。

RC規準(2010)では、常に $Q = Qd$ です。

## (4) 技術基準(2015)にて、保有水平耐力計算での開口補強検討が追加

技術基準(2015)のP669で以下の内容が記載されましたので、メカニズム時せん断力を使って、開口補強筋の検討が必要となりました(技術基準(2007)では記載はありません)。

[技術基準(2015) P669 の抜粋]

耐力壁のせん断終局強度を保証するためには、耐力壁がメカニズム時に負担するせん断力を設計用せん断力とし、開口部の周囲にRC規準(2010) 19条「壁部材の算定」第5に従って、同条第7(5)の規定を満足する開口補強筋を配する。

## 2. 「BUILD.一貫V」での対応

「BUILD.一貫V」はVer.1.500で技術基準(2015)に対応し、その際にRC規準(2010)の開口補強筋の計算に対応しました。

複数開口に対応したRC規準(2010)による開口補強筋の計算は、技術基準モードを「2015年版 技術基準」(※1)にした場合に計算ができます。

技術基準モードを「2007年版 技術基準」にした場合の開口補強筋の計算は、単一開口のみに対応し、計算方法はRC規準(1999)で行います。

Ver.1.500では、開口ごとに補強筋の配筋を変更できるように建物データの[WME 6]を新たに設けました。開口ごとに補強筋の配筋を変える必要がない場合は、従来の[WMD 1] (耐震壁部材) または[WME 1] (壁鉄筋断面) による入力で十分です。

なお、[WME 6]では「2015年版 技術基準」で計算する場合に有効で、「2007年版 技術基準」での計算には用いることはできません。

以下の表2. に技術基準モード別に開口補強筋の入力コードと計算の対応を示します。

※1：技術基準モードとして「2015年版 技術基準」を選択するには、「BUILD.一貫V・2015年版 技術基準オプション」のライセンスが必要です。

表2. 技術基準モード、開口補強筋入力方法と計算内容の対応表

開口補強筋の入力方法 (※2)			「BUILD.一貫V」の技術基準モード	
入力パターン	コード	入力	2015年版 技術基準	2007年版 技術基準
[WME 6]と [WMD 1]の 両方を入力	WME 6	○	RC 規準(2010)で検討	無視
	WMD 1	○	無視	RC 規準(1999)で検討 (ただし、複数開口の計算は 不可)
[WME 6] だけを入力	WME 6	○	RC 規準(2010)で検討	検討しない
	WMD 1	×	—	—
[WMD 1] だけを入力	WME 6	×	—	—
	WMD 1	○	RC 規準(2010)で検討 (複数開口の場合は、全開口に[WMD 1]で入力した補強筋を設定)	RC 規準(1999)で検討 (ただし、複数開口の計算は 不可)
入力しない	WME 6	×	—	—
	WMD 1	×	—	—

※2：開口補強筋の入力方法

[WME 6]の入力：建物データの[WME 6]で開口補強筋を入力

[WMD 1]の入力：建物データの[WMD 1]または[WME 1]で開口補強筋を入力 ([WMD 1]と[WME 1]の両方に開口補強筋本数の入力がある場合は[WMD 1]優先)

開口補強筋の径のみを入力し本数を入力しない場合は、算定計算を行います。

また、技術基準モードを「2015年版 技術基準」で保有水平耐力計算を行った場合は、自動で、メカニズム時せん断力 (Ds算定時想定崩壊メカニズムのせん断力) を使ってRC規準(2010)の検討方法で開口補強筋の検討を行います。

### 3. よくあるご質問

最後に、よくあるご質問について掲載させていただきます。今までの説明と以下の内容が、設計のお役に立てば幸いです。

Q1.

RC規準(2010)の「壁開口補強筋の断面計算結果」で、斜め筋のみ結果が「なし」と出力される

A1.

「壁開口補強筋の断面計算結果」の斜め筋は、かぶり厚、鉄筋径、配筋から計算し、斜め筋が配筋できない場合に「なし」と出力されます。

具体的には、ダブル配筋の場合、『壁厚[mm]－2×かぶり厚（40mm）－2×縦筋径（呼び径）－2×横筋径－2×斜め筋径 ≤ max（1.5×斜め筋径, 25mm）』を満たさないと、斜め筋が配置できないので、斜め筋は「なし」と出力されます。

Q2.

包絡開口として低減率等を計算していますが、開口補強筋の検討では開口毎で計算されています。包絡開口としては開口補強筋の検討はされないのでしょうか。

A2.

耐震壁における包絡開口は、剛性や耐力を計算する上での扱いで、開口補強筋をRC規準(2010)で計算する場合は、開口毎に補強筋を計算します。

Q3.

開口補強筋の計算結果で開口が1つなのに $n_v$ （当該層で鉛直方向に並ぶ開口の数）が2と出力される。

A3.

ピロティ直上階と単層耐震壁の場合は、+1 の数値になります。

RC規準(2010)のP315に、+1 することが記述されています。

Q4.

メカニズム時せん断力に対する開口補強筋の検討でNGになった場合に、特別な処理はしていますか？

A4

検討はOK/NGの判定までで、コンクリートの打設が困難なほどの補強筋量になっているかなどの判断はしておりませんので、補強筋が施工可能かどうかについては適切に判断して下さい。また、この場合は、補強筋量に見合った耐震壁の耐力を直接入力して下さい。

(株式会社 構造ソフト)

## 付録. 計算例

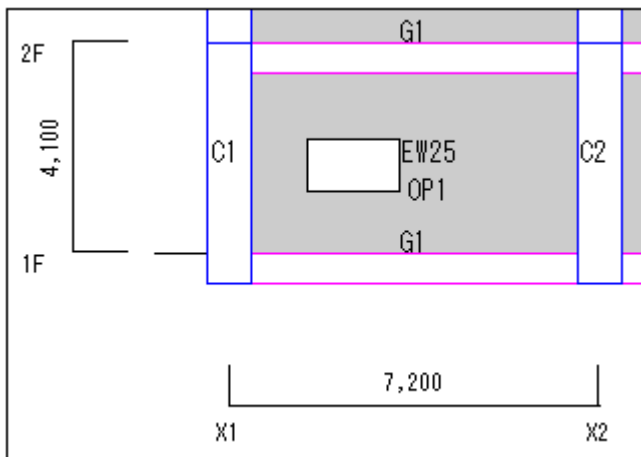
RC規準(2010)の「付2. 3-5」の設計例の開口について、RC規準(2010)での検定計算(※2)、RC規準(1999)での算定計算の内容と「BUILD.一貫V」での出力を示します。

RC規準(2010)のほうが、開口補強筋が少量で済むことがわかります。

なお、計算式の記号の説明については、RC規準や「BUILD.一貫V」のヘルプをご参照ください。

※2：計算例は検定計算のみを示しますが、RC規準(2010)の場合も算定計算が可能です。

[計算モデル] 連層耐震壁の1階の耐震壁。開口は1つ。



耐震壁の設計せん断力  $Qd$ : 2702[kN]

C1, C2の柱せい  $D$ : 850[mm]

下階床から上階床までの高さ  $h$ : 4100[mm]

耐震壁の両端の柱を含む全せい  $\ell$ : 8050[mm]

耐震壁の内法高さ  $h'$ : 3500[mm]

開口部の長さ  $\ell_0$ : 1800[mm]

開口部の高さ  $h_0$ : 1000[mm]

壁厚  $t$ : 250[mm]

耐震壁の縦筋: 2-D16 (398[mm<sup>2</sup>])

縦筋のピッチ: 200[mm]

縦筋の補強筋比  $Psv$ : 0.00796

鉄筋強度(壁筋, 開口補強筋共通)  $f_t$ : 295[N/mm<sup>2</sup>]

耐震壁周辺の梁中心間距離  $H$ : 4100[mm]

耐震壁周辺の柱中心間の距離  $L$ : 7200[mm]

耐震壁の内法長さ  $\ell'$ : 6350[mm]

耐震壁の横筋: 2-D16 (398[mm<sup>2</sup>])

横筋のピッチ: 125[mm]

横筋の補強筋比  $Psh$ : 0.01274

RC規準(2010)での検定計算用

開口補強筋(縦) : 2-D16 (398[mm<sup>2</sup>])

開口補強筋(横) : 2-D16 (398[mm<sup>2</sup>])

開口補強筋(斜め) : 2-D13 (254[mm<sup>2</sup>])

付加斜張力の検討に考慮できる壁筋(縦) : 4本 (500/200=2.5→2(列)→2×2=4本)

付加斜張力の検討に考慮できる壁筋(横) : 8本 (500/125=4(列)→2×4=8本)

RC規準(1999)での算定計算用

開口補強筋(縦): 鉄筋径 D16    開口補強筋(横): 鉄筋径 D16    開口補強筋(斜め): 鉄筋径 D13

※ 壁筋と開口補強筋はダブル配筋とする。

# (1) RC規準(2010)の検定計算

## 「BUILD.一貫V」の出力

記号の説明(開口補強筋の断面計算結果)

計算方法：RC規準(2010)

L	: 耐震壁の長さ(両端の柱外面間の距離)	(cm)	H	: 耐震壁の高さ(上下大梁の中心間距離)	(cm)
t	: 耐震壁の厚さ	(cm)	ft	: 鉄筋の許容引張応力度	(N/mm <sup>2</sup> )
ps	: 壁板の縦筋(横筋)のせん断補強筋比	(%)	nv	: 鉛直方向に並ぶ開口の数	
nh	: 水平方向に並ぶ開口の数		Hop	: 開口部の高さ(鉛直投影高さの和)	(cm)
Lop	: 開口部の長さ(水平投影長さの和)	(cm)	H0	: 各開口部の高さ	(cm)
Qd	: 設計せん断力	(kN)			
L0	: 各開口部の長さ	(cm)			

Av0ft : 開口鉛直補強筋の断面積と許容引張応力度の積 (kN)  
 psvft : 壁板の縦筋のせん断補強筋比と許容引張応力度の積 (N/mm<sup>2</sup>)  
 値(縦) :  $(L-Lop)*(Adft/\sqrt{2} + Av0ft) + (t*(L-Lop)^2)/(4*(nh+1))*psvft$  (kN·m)  
 MD : 開口隅角部左右の付加曲げモーメント (kN·m)  
 $= H0*Qd/2$

※値(縦) < MDの場合には、値(縦)の数値の右に\*を付す

Ah0ft : 開口水平補強筋の断面積と許容引張応力度の積 (kN)  
 pshft : 壁板の横筋のせん断補強筋比と許容引張応力度の積 (N/mm<sup>2</sup>)  
 値(横) :  $(H-Hop)*(Adft/\sqrt{2} + Ah0ft) + (t*(H-Hop)^2)/(4*nv)*pshft$  (kN·m)  
 MB : 開口隅角部上下の付加曲げモーメント (kN·m)  
 $= L0/2*H/L*Qd$

※値(横) < MBの場合には、値(横)の数値の右に\*を付す

Adft : 開口斜め補強筋の断面積と許容引張応力度の積 (kN)      Avft : 開口周囲の縦筋の断面積と許容引張応力度の積 (kN)  
 値(斜) :  $= Adft + (Avft + Ahft) / \sqrt{2}$  (kN)      (開口鉛直補強筋や柱主筋を含む)  
 Td : 開口隅角部の付加斜張力 (kN)      Ahft : 開口周囲の横筋の断面積と許容引張応力度の積 (kN)  
 $= (H0 + L0) / (2 * \sqrt{2}) * Qd$  (開口水平補強筋や梁主筋を含む)

※値(斜) < Tdの場合には、値(斜)の数値の右に\*を付す

※開口補強筋本数の右側に#がつく場合は算定計算を示す

### 開口補強筋の断面計算結果

符号	壁	EW25	開口	OP1	開口1			
	(1F 階Y1 通X1 軸)		L0	H0	180.0	100.0		
t		25.0	(縦)	ft	2-D16	295	OK	
L		805.0	(横)	ft	2-D16	295	OK	
H		410.0	(斜)	ft	2-D13	295	OK	
縦筋種別		2-D16@200	位置		左下	左上	右上	右下
横筋種別		2-D16@125						
		SD295	Av0ft		117	117	117	117
		SD295	psvft		2.35	2.35	2.35	2.35
ps(縦)		0.80	値(縦)		3931	3931	3931	3931
ft		295	MD		1354	1354	1354	1354
ps(横)		1.27	Ah0ft		117	117	117	117
ft		295	pshft		2.35	2.35	2.35	2.35
			値(横)		2785	2785	2785	2785
nh		1	MB		1241	1241	1241	1241
			Adft		75	75	75	75
Lop		180.0	Avft		352	352	352	352
Hop		100.0	Ahft		587	587	587	587
			値(斜)		739	739	739	739
Qd		2707	Td		333	333	333	333

RC 規準(2010)の場合には、複数開口に対応するため、耐震壁の断面計算結果表とは別に、開口補強筋専用の出力があります。

- ① 開口左右の付加曲げモーメントに関する検討
- ② 開口上下の付加曲げモーメントに関する検討
- ③ 開口隅角部の付加斜張力に対する検討

① 開口左右の付加曲げモーメントに対する検討

$$\text{検討式: } (\ell - \ell_{op}) \cdot \left( \frac{A_d \cdot f_{td}}{\sqrt{2}} + A_{v0} \cdot f_{tv0} \right) + \frac{t \cdot (\ell - \ell_{op})^2}{4 \cdot (n_h + 1)} \cdot p_{sv} \cdot f_{tv} \geq \frac{h_0}{2} \cdot Q_D$$

$$(\text{左辺}) = (8050 - 1800) \cdot \left( \frac{2 \cdot 127 \cdot 295}{\sqrt{2}} + 2 \cdot 199 \cdot 295 \right) + \frac{250 \cdot (8050 - 1800)^2}{4 \cdot (1 + 1)} \cdot 0.00796 \cdot 295 = 3931 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

$$(\text{右辺}) = \frac{1000}{2} \cdot 2707 = 1354 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

(左辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“値(縦)”が該当します。

(右辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“MD”が該当します。

(左辺) ≥ (右辺)なのでOK

② 開口上下の付加曲げモーメントに対する検討

$$\text{検討式: } (h - h_{op}) \cdot \left( \frac{A_d \cdot f_{td}}{\sqrt{2}} + A_{h0} \cdot f_{th0} \right) + \frac{t(h - h_{op})^2}{4 \cdot n_v} \cdot p_{sh} \cdot f_{th} \geq \frac{\ell_0}{2} \cdot \frac{h}{\ell} \cdot Q_D$$

$$(\text{左辺}) = (4100 - 1000) \cdot \left( \frac{2 \cdot 127 \cdot 295}{\sqrt{2}} + 2 \cdot 199 \cdot 295 \right) + \frac{250(4100 - 1000)^2}{4 \cdot 1} \cdot 0.01274 \cdot 295 = 2785 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

$$(\text{右辺}) = \frac{1800}{2} \cdot \frac{4100}{8050} \cdot 2707 = 1241 \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

(左辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“値(横)”が該当します。

(右辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“MB”が該当します。

(左辺) ≥ (右辺)なのでOK

③ 開口隅角部の付加斜張力に対する検討

$$\text{検討式: } A_d \cdot f_{td} + \frac{A_v \cdot f_{tv} + A_h \cdot f_{th}}{\sqrt{2}} \geq \frac{h_0 + \ell_0}{2\sqrt{2} \cdot \ell} \cdot Q_D$$

$$(\text{左辺}) = 2 \cdot 127 \cdot 295 + \frac{(2 \cdot 199 + 4 \cdot 199) \cdot 295 + (2 \cdot 199 + 8 \cdot 199) \cdot 295}{\sqrt{2}} = 739 \text{ [kN]}$$

$$(\text{右辺}) = \frac{1000 + 1800}{2\sqrt{2} \cdot 8050} \cdot 2707 = 333 \text{ [kN]}$$

(左辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“値(斜)”が該当します。

(右辺) : 「BUILD.一貫V」の出力では“Td”が該当します。

(左辺) ≥ (右辺)なのでOK

なお、 $A_d=0$  (斜め補強筋無し) として計算すると、左辺=664[kN]となるので、斜め補強筋が無くても満足します。

## (2) RC規準(1999)の算定計算

「BUILD.一貫V」の出力

記号の説明

L	: 耐震壁の長さ(両端の柱の構造心間の距離)(cm)	H	: 耐震壁の高さ(上下大梁の中心間距離)(cm)
t	: 耐震壁の厚さ(cm)	H'	: 耐震壁の内法高さ(または基礎梁上端から上階上端までの距離)(cm)
H'	: 耐震壁の内法高さ(cm)	L'	: 耐震壁の内法長さ(cm)
H0	: 開口部の高さ(cm)	L0	: 開口部の長さ(cm)
$\gamma_1$	: $L0/L$	$\gamma_0$	: 開口周比
$\gamma$	: せん断耐力の低減率 $=1-\max(\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2)$	$\gamma_2$	: $H0/H$
st	: 内蔵鉄板の厚さ(mm)	bA	: 内蔵ブレースの断面積(cm <sup>2</sup> )
pw	: せん断補強筋比(%)	fs	: コンクリートの短期許容せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )
bg	: SRC耐震壁周辺大梁の曲げ拘束寄与率	bc	: SRC耐震壁周辺柱の曲げ拘束寄与率
QL	: 鉛直荷重時のせん断力(kN)	QS	: 積雪荷重時のせん断力(kN)
QE	: 水平荷重時のせん断力(kN)	Qd	: 設計せん断力(kN)
QE'	: 直交方向加力時のせん断力(kN)	s0a	: 内蔵鉄板またはブレースによるせん断耐力(kN)
Qa	: せん断耐力(kN)	atv	: 必要開口鉛直補強筋断面積(cm <sup>2</sup> )
Qd/Qa	: 検定比	ath	: 必要開口水平補強筋断面積(cm <sup>2</sup> )
Tv	: 開口隅角部の鉛直縁張力(kN)	atd	: 必要開口斜め補強筋断面積(cm <sup>2</sup> )
Th	: 開口隅角部の水平縁張力(kN)		
Td	: 開口隅角部の付加縁張力(kN)		

$$Qa = \max(Qa1, Qa2)$$

$$Qa2 = Qa1' + s0a$$

$$Qa1' = Qw + \sum Qc$$

Qa1, Qw,  $\sum Qc$ の詳細は下表の通り

	Qa1	Qw	$\sum Qc$
RC壁	$\gamma \cdot t \cdot L \cdot fs$	$\gamma \cdot t \cdot L' \cdot pw \cdot ft$	$\gamma \cdot \sum Qc$
SRC壁・計算法1	$\gamma \cdot t \cdot L \cdot fs \cdot (1+\beta)$	$\gamma \cdot \min(fs', (pw \cdot ft + w \cdot \tau_a)) \cdot t \cdot L'$	$\min(\sum csQa, \sum bsQa \cdot L/H)/2$
同 計算法2	同上	$\gamma \cdot t \cdot L' \cdot pw \cdot ft$	同上
同 計算法3	$\gamma \cdot t \cdot L \cdot fs$	同上	$\gamma \cdot \sum Qc$

符号	EW25 (1F階 Y1 通 X1 軸)		
L	H	t	
720.0	410.0	25.0	
L'	H'	$\gamma$	
635.0	350.0	0.750	
$\gamma_0$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
0.247	0.250	0.244	
開口	L0	H0	
	180.0	100.0	
縦筋 種別	2-D16@200		SD295
横筋 種別	2-D16@125		SD295
Fc	st	bA	FC 21
pw	縦	横	
0.80		1.27	
fs	bg	bc	
1.05	0.000	0.000	
応力	QL	QE	
	0	1354	
	QS	QE'	
	0	13	
検定比	Qd	Qa	
	2707	3844	
	Qd/Qa	判定	
	0.70	OK	
耐力の内訳	Qa1	Qa1'	s0a
	1418	3844	0
	Qa2	Qw	$\sum Qc$
	3844	2796	1048
	$w \cdot \tau_a$	fs'	
		0.00	0.00
開口補強	Tv	atv	配筋
	307.0	10.41	6-D16
	Th	ath	配筋
	555.0	18.81	10-D16
	Td	atd	配筋
	436.0		
警告NO.	5		

RC 規準(1999)の場合は、耐震壁の断面計算結果表の中に開口補強筋に関する出力も盛り込んで出力します。

RC 規準(1999)の場合、開口補強筋を検討する際の設計せん断力  $Q$  は、耐震壁の設計せん断力を  $Qd$  とすると、 $Qd > Q1$  の場合は、 $Q = \max(Q1, \gamma Qw)$  となります。

「BUILD.一貫V」の出力では、 $Q1$  は“ $Qa1'$ ”(=1418)として出力し、 $\gamma Qw$  は“ $Qw$ ”(=2796)として出力しています(“ $Qa1'$ ”(= $Q1$ ), “ $Qw$ ”(= $\gamma Qw$ )の計算式は、上記出力の凡例をご参照ください)。



今回の場合は、 $Qd=2707$ なので  $Qd > QI$  となり、 $Q = \max(QI, \gamma Qw) = 2796$  となります。  
 また、 $Q = \gamma Qw$ となる場合は、 $T_h, T_v, T_d$ の算定において  $h$ と $l$ をそれぞれ  $h'$ と $l'$ に置き換えます。  
 従って、以下の計算では、 $h$ は $h'$  (=3500[mm])、 $l$ は $l'$  (=6350[mm])となります。

① 開口隅角部の鉛直縁張力に対する検討

$$\text{開口隅角部の鉛直縁張力 } T_v = \frac{h_o}{2(\ell - \ell_o)} Q = \frac{1000}{2(6350 - 1800)} \cdot 2796 = 307 \text{ [kN]}$$

$$\text{鉛直補強筋 } a_{tv} = \frac{T_v}{f_t} = \frac{307}{295} = 1041 \text{ [mm}^2] \rightarrow 5.2 \text{ 本}$$

→ダブル配筋なので6本

② 開口隅角部の水平縁張力に対する検討

$$\text{開口隅角部の水平縁張力 } T_h = \frac{\ell_o}{2(h - h_o)} \frac{h}{\ell} Q = \frac{1800}{2(3500 - 1000)} \cdot \frac{3500}{6350} \cdot 2796 = 555 \text{ [kN]}$$

$$\text{水平補強筋 } a_{th} = \frac{T_h}{f_t} = \frac{555}{295} = 1881 \text{ [mm}^2] \rightarrow 9.5 \text{ 本}$$

→ダブル配筋なので10本

③ 開口隅角部の付加斜張力

$$\text{開口隅角部の付加斜張力 } T_d = \frac{h_o + \ell_o}{2\sqrt{2} \cdot \ell} Q = \frac{1000 + 1800}{2\sqrt{2} \cdot 6350} \cdot 2796 = 436 \text{ [kN]}$$

下式によって付加斜張力に対する補強筋として算入できる縦横の開口補強筋の有効断面積  $a$  を計算し、これを  $T_d$ より求めた斜め補強筋必要断面積  $a_{td}'$  から控除したものを  $a_{td}$ とします。

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_{tv}' + a_{th}')$$

$a_{tv}', a_{th}'$  : 開口補強筋断面積  $a_{tv}$ および  $a_{th}$ より各方向壁筋の開口縁分に  
 相等する断面積をそれぞれ控除した断面積

$$a_{tv}' = 6 \cdot 199 - 2 \cdot 199 = 796 \text{ [mm}^2]$$

$$a_{th}' = 10 \cdot 199 - 2 \cdot 199 = 1592 \text{ [mm}^2]$$

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_{tv}' + a_{th}') = \frac{796 + 1592}{\sqrt{2}} = 1689 \text{ [mm}^2]$$

$$\text{斜め補強筋 } a_{td} = a_{td}' - a = \frac{T_d}{f_t} - a = \frac{436}{295} - 1.689 = -211 \text{ [mm}^2] < 0$$

→斜め補強筋は不要