

17 Ejemplo de anclajes adhesivos postinstalados  
solicitados por tracción excéntrica respecto a  
sus dos ejes de simetría

Nota preliminar. -

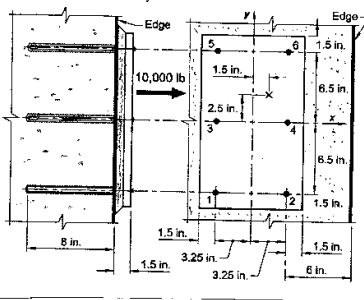
Ejemplo similar en geometría al Ejemplo (6) pero como se aprecia en la figura, la fuerza excéntrica es la mitad de la del ejemplo (6). También el detalle del acierto de la plancha de acero es diferente. En el desarrollo del presente ejemplo se indicará convenientemente los semejanzas y diferencias, por tratarse de un caso común en la práctica de la Ingeniería civil.

Datos

Solicitaciones

En el Estado Límite de Servicio  
 $N = 4536 \text{ kgf}$

[ la mitad de la del Ejemplo (6) ]



Plancha de acero

Dimensiones (16 x 9.5 x 1.5 ply)  
 406 x 241 x 38 mm

Acero A36

[ la misma del Ejemplo (6) ]

Anclajes

Anclajes adhesivos a postinstalados de 3/4 ply diámetro  
 ASTM F1554 Grado 36

$F_{uta} = 4080 \text{ kgf/cm}^2$

$F_{ya} = 2530 \text{ kgf/cm}^2$

$F_{uta} < 1.9 F_{ya}$

Como se aprecia en la figura:

Reparación,  $S = 6.5 \text{ ply (16.5 cm)}$  en  $\forall$  dirección

2/9

Profundidad de empotramiento,  $h_{ef} = 8 \text{ plg (20.3 cm)}$   
 Distancia al borde,  $c_{a1} = 6 \text{ plg (15.2 cm)}$   
 Excéntricas (Punto de aplicación de la carga)  
 $e_{cx} = 1.5 \text{ plg (3.8 cm)}$   
 $e_{cy} = 2.5 \text{ plg (6.35 cm)}$

Concreto

Concreto de agregado normal;  $\lambda_a = 1.0$   
 $f_c = 350 \text{ qf/cm}^2$   
 Espesor del muro donde se fija la  
 placa de acero,  $b = h_a = 24 \text{ plg (61 cm)}$   
 El muro no está detallado con acero  
 de refuerzo suplementario

Como en el Ejemplo ⑦, la estructura en la cual  
 se fijan los anclajes, está clasificada como SDC A.

Solución

1. Criterios de proyecto

Hipótesis

La misma del Ejemplo ⑦; ver pag 2/9 Ejemplo 7.

Acción de grupo

según la Tabla 17.2.1.1, para la rotura del  
 concreto en tracción, la separación crítica es de  
 $3 h_{ef}$ .  
 $3 \times 20.3 = 60.9 \text{ cm} > s_{ep} = 16.5 \text{ cm}$

En el párrafo siguiente a la tabla se pide incluir  
 en el grupo aquellos anclajes susceptibles a una  
 modalidad de falla. En este caso, la resistencia  
 por adhesión

$$c_{Na} = 10 da \sqrt{\frac{\tau_{incr}}{47.34}} \quad (17.4.5.1C)$$

con  $\tau_{incr} = 139.91 \approx 140 \text{ qf/cm}^2$  tomado  
 del certificado de aprobación  
 aportado por el fabricante

$$c_{Na} = 10(1.905) \sqrt{\frac{140}{77.34}} = 25.63 \text{ cm}$$

separación crítica =  $2c_{Na} = 51.26 \text{ cm} > S = 16.5 \text{ cm}$

se cumplen los requisitos de la Tabla 17.2.1-1 y los anclajes actuarán como un grupo.

Salida acción

según la Tabla 5.3.1 de la Sección 5.3.1

$$U = 1.6N = 1.6 \times 4536 = 7257.60 \text{ yf}$$

La condición sísmica no es dominante, además que la estructura ha sido clasificada como SDC A.

La reacción en cada anclaje se calcula tomando momentos alrededor del centro en las dos direcciones, tal como se muestra en los págs 3 y 4/9 del Ejemplo 7

$$N_{u,a,g} = \frac{U}{n} + \frac{(Ue_{cx})x_i}{\sum e_{xi}^2} + \frac{(Ue_{cy})y_i}{\sum e_{yi}^2}$$

(C) .....Compression  
(T) .....Tension

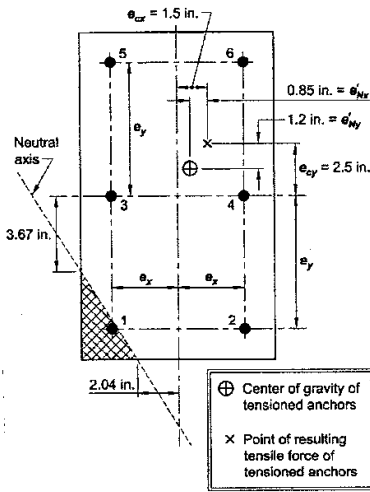
$$\frac{U}{n} = \frac{7257.60}{6} = 1209.60 \text{ yf}$$

$$\sum e_y^2 = 4 \times 16.5^2 = 1089 \text{ cm}^2$$

$$\sum e_x^2 = 6 \times 8.25^2 = 408.375 \text{ cm}^2$$

Veráse los datos

de los págs 3 y 4/9 del Ejemplo 7



analogamente al ejemplo ④

Anclaje	Coordenados		Nua <sub>i</sub> kgf
	x <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	
	cm		
1	-8.25	-16.5	-46.27
2	8.25	-16.5	1070.02
3	-8.25	—	651.36
4	8.25	—	1767.45
5	-8.25	16.5	1348.98
6	8.25	16.5	2465.73
	$\sum_{i=1}^6$		7257.27

$$\approx U = 7257.60 \text{ kgf.}$$

El anclaje 1, en compresión (signo negativo), se ignora en los subsecuentes cálculos.

El sistema de anclajes debe satisfacer los requisitos de la subsección 17.3.1.1

$$N_{uaj} \leq \begin{cases} \phi N_{sa} & \text{Resistencia del anclaje} \\ \phi N_{cbg} & \text{Rotura del concreto} \\ \phi N_{ag} & \text{Resistencia por adherencia del anclaje.} \end{cases}$$

Ductilidad de los anclajes

El acero ASTM F1554 Grado 36 tiene las siguientes propiedades

$$\begin{aligned} 23\% \text{ alargamiento en } 2 \text{ plg} &> 14\% \\ 40\% \text{ reducción de área} &> 30\% \end{aligned}$$

El anclaje ASTM F1554 Gr 36 es dúctil

5/9

Distancia al borde y reparación entre anclajes

según 17.7.1 a 17.7.4 y los requisitos de recubrimiento de la subsección y Tabla 20.6.13.1

$$S_{\min} \geq 6d_a$$
$$6 \times 1.905 = 11.43 \text{ cm} \leq 16.5 \text{ cm}$$

$$\text{recubrimiento } 6 \text{ ply } (15.24 \text{ cm}) \geq 1.5 \text{ ply } (3.81 \text{ cm})$$

Dist. mín. al borde según ensayos conforme al ACI 355.4

$$c_{a, \min} = 5d_a$$
$$c_{a, \min} = 5 \times 1.905 = 9.525 \text{ cm} \leq c_a = 6 \text{ ply}$$

(15.24 cm)  
verifica

Los anclajes adhesivos postinstalados no producen fuerzas para la falla por hendiduras del concreto. La distancia al borde y reparación entre anclajes son menores que los especificados.

### TRACCIÓN

#### 2. Capacidad a tracción del anclaje

Ruptura a tracción del anclaje (anclaje individual)

$$\phi N_{sa} = \phi A_{se} F_{uta} \quad (17.4.1.2)$$

con  $\phi = 0.75$  según 17.3.3 a(i)

$$\text{con } A_{se, N} = 0.334 \text{ ply}^2 (2.15 \text{ cm}^2)$$

$$\phi N_{sa} = 6590.24 \text{ kgf} \quad (\text{por anclaje})$$

$$\phi N_{sa} > N_{u, g} = N_{u, 6} = 2465.73 \text{ kgf}$$

### 3. Capacidad del concreto a la rotura por tracción

Este cálculo es el mismo del ejemplo (Z), excepto que  $N_b$  se calcula con  $k_c = \bar{c}$  y  $\phi = 0.65$ . Por lo tanto la siguiente figura es la misma del citado ejemplo.

$$\phi N_{cbg} = \phi \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (17.4.2.1b)$$

con  $\phi = 0.65$  por la Condición B, Categoría 1 de la subsección 17.3.3(c)

$A_{nc}$  se calcula con  $s = 6.5 \text{ ply } (16.5 \text{ cm})$  y  $h_{ef} = 8 \text{ ply } (20.3 \text{ cm})$   
 en los anchos 3, 4 y 6  $h_{ef} = 20.3 \text{ cm}$  y  $c_{a1} = 6 \text{ ply } (15.2 \text{ cm}) < 1.5 h_{ef}$

$A_{nc}$  se calculará como

$$A_{nc} = (1.5 h_{ef} + s_1 + 1.5 h_{ef})(c_{a1} + s_2 + 1.5 h_{ef}) + (c_{a1} + 1.5 h_{ef})(1.5 h_{ef} - (1.5 h_{ef} - s_1)) = 5574.18 \text{ cm}^2$$

$$A_{nco} = 9 (h_{ef})^2 = 3708.81 \text{ cm}^2$$

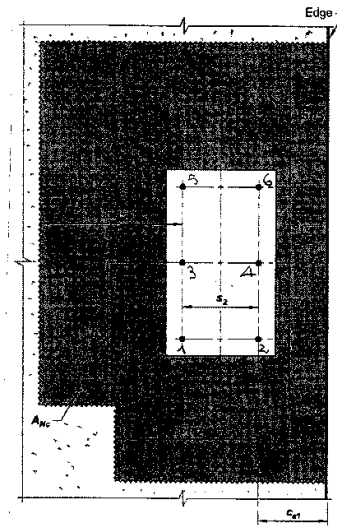
Según 17.4.2.1

$$A_{nc} \leq m A_{nco}$$

con  $m = 5$  anchos a tracción

Verifica

Para el cálculo de  $\psi_{ec,N}$  según la subsección 17.4.2.4 es necesario calcular  $e'/N$ . Igual que en el ejemplo (Z), por 6 y 7/9 del mismo se obtienen los valores de los factores  $\psi$  que intervienen en la fórmula (17.4.2.1b)



La diferencia con el valor obtenido para  $N_b$  en este ejemplo respecto al Ejemplo ⑦, es el uso de  $k_c = 7$  7/9

$$N_b = k_c \lambda a \sqrt{f_c} h_{ef}^{1.5} \quad (17.4.2.2a)$$

con  $k_c = 7$ , y  $\phi = 0.65$ , resulta

$$\phi N_{cbg} = 8762.94 \times 8763 \text{ kg} > N_{uag} = 7257.60 \text{ kg}$$

Verifica

#### 4. Resistencia por adherencia

La referencia es el cálculo de los págs. 5 y 6/6 del Ejemplo ⑩.

$$\phi N_{ag} = \phi \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \Psi_{cs, Na} \Psi_{ed, Na} \Psi_{cp, Na} N_{ba} \quad (17.4.5.16)$$

$$C_{Na} = 10 d_a \sqrt{\frac{z_{unf}}{77.34}} \quad (17.4.5.1c)$$

$$C_{Na} = 25.63 \text{ cm} \quad \text{Ver pag 2/}$$

$$A_{Na0} = (2 C_{Na})^2 = 2627.59 \approx 2628 \text{ cm}^2$$

$$A_{Na} = (c_{a1} + s_2 + C_{Na}) (C_{Na} + s_1 + s_1 + C_{Na}) + (c_{a1} + C_{Na}) (C_{Na} - (C_{Na} - s_1))$$

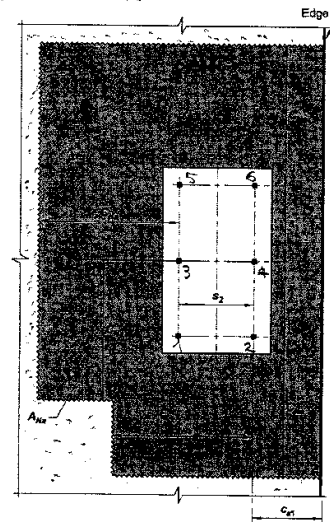
$$A_{Na} \leq m A_{Na0}$$

con  $m = 6$  onclajes del grupo

$$\text{con } c_{a1} = 10 d_a \text{ (25.63)} \\ s_2 = 6.5 d_a = s_1 = 16.5 \text{ cm}$$

$$A_{Na} = 707 \text{ cm}^2 (4561.28 \text{ cm}^2) \\ \leq 6 (407 \text{ cm}^2) = 15754.8 \text{ cm}^2$$

Verifica



región 17.4.5.3

8/9

$$\psi_{ec, Na} = \frac{1}{1 + \frac{e'N}{c_{Na}}} \leq 1.0 \quad (17.4.5.3)$$

los excentricidades se han calculado como se muestra en los pag 6 y 7/9 del ejemplo 7

$$e'_{Nx} = e_{cx} - (x_i - \bar{x})$$

$$e'_{Ny} = e_{cy} - (y_i - \bar{y})$$

$$\text{con } \bar{x} = 6.60 \text{ cm} \quad \bar{y} = 13.20 \text{ cm}$$

$$e'_{Nx} = 3.80 - (8.25 - 6.60) = 2.15 \text{ cm}$$

$$e'_{Ny} = 6.35 - (16.5 - 13.2) = 3.05 \text{ cm}$$

en cada dirección

$$\psi_{ec, Max} = \frac{1}{1 + \frac{2.15}{25.63}} = 0.922$$

$$\psi_{ec, Max} = \frac{1}{1 + \frac{3.05}{25.63}} = 0.894$$

$$\psi_{ec, Na} = (\psi_{ec, Max})(\psi_{ec, Max}) = 0.824$$

$$\psi_{ed, Na} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{ymin}}{c_{Na}} \quad (17.4.2.5b)$$

$$\psi_{ed, Na} = 0.7 + 0.3 \frac{15.2}{25.63} = 0.878 \quad (17.4.5.4b)$$

región 17.4.5.5  $\psi_{cp, Na} = 1.0$

$$N_{ba} = \lambda_a \tau_{cr} \pi d_a h_{ef} \quad (17.4.5.2)$$



9/9  
Con  $\tau_{\text{ungr}} = 139.91 \approx 140 \text{ kgf/cm}^2$  del Certificado del anclaje

y el incremento del 6% que anterior al ACI 355.4 que exige los ensayos de certificación de anclajes químicos, cuando  $F_c > 315 \text{ kgf/cm}^2$

$$\phi N_{a,g} = 9300 \text{ kgf} > N_{a,g} = 7257.60 \text{ kgf}$$

### Conclusión

<u>Modalidad de falla</u>	<u>Relación <math>N_{a,g} / \phi N_t</math></u>
Anclaje, $\phi N_{sa} = 6590.24 \text{ kgf}$	$2465.73 / 6590.24 = 0.37$
Rotura del concreto, $\phi N_{cb,g} = 8763 \text{ kgf}$	$\frac{7257.60}{8763} = 0.83$
Adherencia, $\phi N_{ag} = 9300 \text{ kgf}$	$\frac{7257.60}{9300} = 0.78$

El sistema de anclajes químicos es apropiado y seguro para resistir la tracción excéntrica y está controlado por la rotura del concreto,  $\phi N_{cb,g} = 8763 \text{ kgf}$ .