

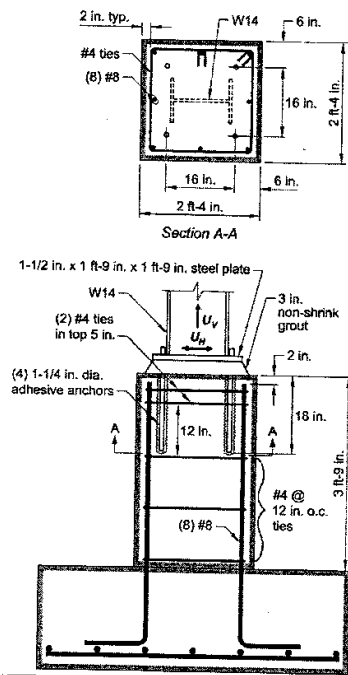
19) Ejemplo de anclajes adheridos post instalados solicitados simultáneamente por tracción y corte

Nota preliminar.- Ejemplo similar al Ejemplo 8

Como se aprecia en la figura, la geometría de la conexión en el pedestal de una fundación directa es la misma del Ejemplo 8.

Las solicitaciones son diferentes e inferiores a los del Ejemplo 8

En el desarrollo del ejemplo se indicarán los semejanzas y diferencias, con énfasis en los requisitos de los anclajes químicos post instalados, por no ser un caso común en Ingeniería Civil; se usarán con los reserves del caso puesto que el pedestal puede estar insuficientemente confinado mediante acero de refuerzo transversal.



Esta misma figura aparece como detallado del acero de refuerzo del pedestal. Es decir no se introducirán cambios y sólo se verifica la seguridad de la fijación en anclajes químicos de la columna y su placa base.

Datos

Solicitaciones (Comparar con los del Ejemplo ②)

En la columna W14x68 las solicitaciones obtenidas en el análisis estructural de una edificación arigada a la Categoría de Diseño Sísmico (SDC), A, en el Estado Límite de Servicio son:

$$CP_v = 13610 \text{ gf} \quad W_v = \pm 15875 \text{ gf}$$

$$CV_v = 13610 \text{ gf} \quad W_H = \pm 5440 \text{ gf}$$

$$CP_H = \pm 2720 \text{ gf}$$

$$CV_H = \pm 2720 \text{ gf}$$

Anclajes

Anclajes adhesivos ASTM F1554 Grado 55

Los datos son los mismos del Ejemplo ②

Podestal

Los mismos datos del ejemplo ②

Solución1. Criterios de proyectosolicitaciones

se manejan los mismos combiaciones de la tabla y sección 5.3.1 que en el ejemplo ②, resultando:

$$N_{u,d} = 3628.80 \text{ gf}$$

$$V_{u,d} = 10343.10 \text{ gf}$$

No aplican los requisitos sismorresistentes de la Sección 17.2.3 y la Subsección 17.2.3.4

Acción de grupo

se verificarán los condiciones de la tabla de la Subsección 17.2.1.1 para considerar que los anclajes actúan como grupo en tracción y en corte.

En tracción

$$3 h_{ef} \geq 5$$

$$3 \times 45 \times 2 = 137.16 \text{ cm} > 40.6 \text{ cm}$$

$$C_{Na} = 10 d_a \sqrt{\frac{\tau_{uacr}}{77.34}} = 37.44 \text{ cm}$$

con  $\tau_{uacr} = 107.57 \text{ kg/cm}^2$  basado en el informe del fabricante

$$S \leq 2 C_{Na}$$

$$2 \times 37.44 = 74.88 \text{ cm} > 40.64 \text{ cm}$$

El grupo de anclajes trabaja como grupo en tracción

En corte

según la misma tabla,  $S \leq 3 C_a$

$$3 \times 15.24 = 45.72 \text{ cm} > 40.64 \text{ cm}$$

También actúan como grupo en corte

Por la subsección 17.3.1.1 el grupo de anclajes debe satisfacer los requisitos siguientes:

$$N_{ua,g} \leq \begin{cases} \phi N_{sa} \text{ (steel strength in tension)} \\ \phi N_{cbg} \text{ (concrete breakout)} \\ \phi N_{ag} \text{ (bond strength)} \end{cases}$$

$$V_{ua,g} \leq \begin{cases} \phi V_{sa} \text{ (steel strength in shear)} \\ \phi V_{cbg} \text{ (concrete breakout)} \\ \phi V_{cpg} \text{ (anchor pryout)} \end{cases}$$

$$\frac{N_{ua,g}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua,g}}{\phi V_n} \leq 1.2$$

(17.6.3)

## Ductilidad de los anclajes

Los anclajes ASTM F1554 Grado 55 son dúctiles (Ver pag. 4/19 del Ejemplo ⑧).

### TRACCIÓN

## 2. Capacidad a tracción de los anclajes

Ver procedimiento de cálculo en pag 4/19 del ejemplo ⑧

$$\phi N_{sa} = 24720 \text{ kgf/anclaje} > N_{uay} = \frac{3628.40}{4} = 907.10 \text{ kgf}$$

Verifica

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

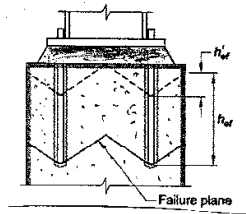
Ver procedimiento de cálculo en págs 4 y 5/19 del Ejemplo ⑧ con los siguientes cambios en la pag 5:

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

$$\text{con } k_c = 1.0$$

$$N_b = 6368.88 \text{ kgf}$$

$$\phi = 0.65 \text{ por Condición A y categoría 2}$$



Entonces según la Fórmula (17.4.2.1b):

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

$$\phi N_{cbg} = 0.65 \left( \frac{4900}{1647.55} \right) 1.0 \times 0.926 \times 1.0 \times 1.0 \times 6368.88$$

$$\phi N_{cbg} = 11401.10 \text{ kgf} > 3628.80 \text{ kgf} \text{ Verifica}$$

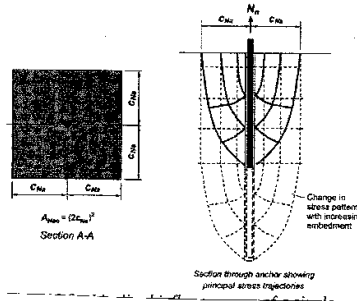
### 5. Resistencia por adhesión

(No considerado en el Ejemplo 8)

$$\phi N_{a0} = \phi \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{e,Na} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (17.4.5.1b)$$

De los datos de la precalificación de los anclajes químicos

$$\begin{aligned} \tau_{cr} &= 49.21 \text{ kgf/cm}^2 \\ \tau_{uncr} &= 107.57 \text{ kgf/cm}^2 \\ c_{ac} &= 1.5 h_{ef} \\ k_{c,cr} &= 7 \\ k_{c,uncr} &= 10 \\ \phi &= \phi_d = 0.55 \end{aligned}$$



requiere la recalculación del área de influencia de un anclaje adhesivo con distancia al borde  $> 2C_{Na}$ , mostrado

$$A_{Na0} = (2C_{Na})^2 \quad (\text{Ej. 17.4.5.1c}); \quad A_{Na0} = (2 \times 37.34)^2 = 5577 \text{ cm}^2$$

calculado  $C_{Na}$  con la Fórmula (17.4.5.1d)

$$A_{Na} = 70 \times 70 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$A_{Na}/A_{Na0} = 0.879$$

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

$$N_{ba} = 22441.65 \text{ kgf}$$

requiere 17.4.5.3,  $\psi_{e,Na} = 1.0$

$$\text{requiere 17.4.5.4, como } c_{a,min} < C_{Na} \\ \psi_{ed,Na} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,min}}{C_{Na}} \quad (17.4.5.4b)$$

$$\text{con } c_{a,min} = 15.24 \text{ cm, } C_{Na} = 37.34$$

$$\psi_{ed,Na} = 0.822$$

6/10

región 1E 4.5.5, sección fissurada y con acero de refuerzo suplementario,  $\psi_{cp,Na} = 1.0$   
con  $\phi = 0.55$

$$\phi N_{ag} = 9202.30 \text{ yf} > N_{uag} = 3628.80 \text{ yf}$$

Verifica.

Resumen por tracciónModalidad de fallaRelación  $N_u/\phi N_t$ 

Anclaje,  $\phi N_{sa} = 24720 \text{ yf}$        $907.10/24720 = 0.04$

Rotura del concreto,  $\phi N_{cbg} = 11401.10$        $\frac{3628.80}{11401.10} = 0.32$   
(con acero de ref. suplement.)

Adhesión,  $\phi N_{ag} = 9202.30 \text{ yf}$        $\frac{3628.80}{9202.30} = 0.39$

CORTE

CONTROLA

6. Capacidad a corte del anclaje

El procedimiento de cálculo es el descrito en la pag 12/19, con la misma premisa de que sólo los anclajes más próximos al borde en la dirección de la fuerza cortante lo resisten. También lo resiste al factor de 0.8 por el grout.

$$\phi V_{sa} = \phi (0.6) A_{se,v} F_{uta} \quad (17.5.1.2b)$$

$$\phi V_{sa} = 10276.50 \text{ yf (por anclaje)} > V_{uag} = \frac{10343.1}{2} = 5171.55 \text{ yf}$$

7. Rotura del concreto por corte

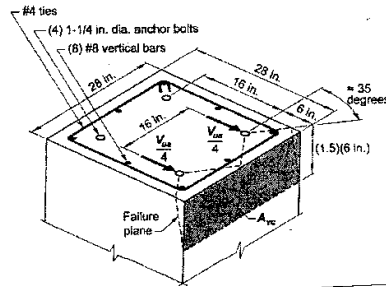
Al igual que en el Ejemplo 8 se consideran dos casos:

Caso 1.- Todos los anclajes resisten  $V_{ua}$

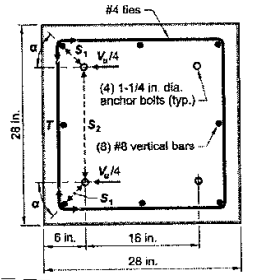
Caso 2.- Los anclajes más alejados a la dirección del corte resisten  $V_{ua}$

Caso 1.-

El procedimiento de cálculo es el de los págs 12 a 14/19 del Ejemplo (8), con las dimensiones de la siguiente figura

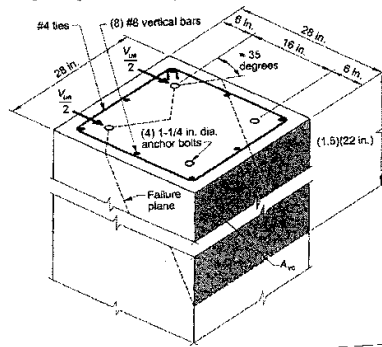


Para el detallado del acero de refuerzo, también se propone el Método del puntal y tensor del Capítulo 23 del ACI 318-14.

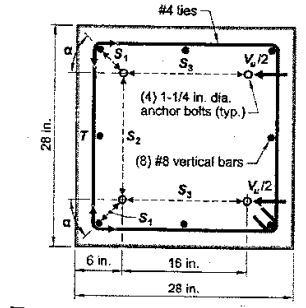


Caso 2.-

El procedimiento de cálculo es el de los págs 14 a 15/19 del Ejemplo (8), con las dimensiones de la siguiente figura



Para el detallado del acero de refuerzo se propone el uso del Método del puntal y tensor del Capítulo 23, ACI 318-14.



En resumen

Caso 1,

$$\phi V_{cbg} = 5071.16 \text{ gf} < V_{uag} = \frac{10343.10}{2}$$

$$= 5171.50 \text{ gf}$$

Caso 2,

$$\phi V_{cbg} = 8119.30 \text{ gf} < V_{uag} = 10343.10 \text{ gf}$$

No verifica

No verifica

8. Rotura del concreto por cabeceras del anclaje  
(pryout)

$$\phi N_{cpq} = \phi k_{cp} N_{cpq} \quad (17-5.3.1a)$$

$$\text{con } \phi = 0.75 \text{ según } 17-3.3c(a)$$

según 17-5.3.1 con

$$h_{ef} = 13.5 \text{ cm} > 6.35 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow k_{cp} = 2.0$$

Ver pag 4/10, ejemplo 8

$$N_{cpq} = \min [N_{cbg}, N_{ag}]$$



según 17.4.2.2, rotura del concreto en tracción

$$A_{nc} = (C_{a2} + s + C_{a2})(C_{a1} + 1.5h'_{ef})$$

$$A_{mco} = 9(h'_{ef})$$

$$A_{nc} = 2529 \text{ cm}^2 ; A_{mco} = 4052 \text{ cm}^2$$

$$\psi_{ec,N} = \psi_{c,N} = \psi_{cp,N} = 1.0 ; \psi_{ed,N} = 0.926$$

$$N_{cbg} = 9030.56 \text{ kgf}$$

según 17.4.5.5, resistencia por adherencia

$$A_{Na} = (C_{a2} + s + C_{a2})(C_{a1} + C_{Na})$$

$$A_{Nco} = 4.5(C_{Na})^2$$

$$A_{Na} = 3742 \text{ cm}^2$$

$$A_{Nao} = 6270 \text{ cm}^2$$

$$\psi_{ec,Na} = \psi_{cp,Na} = 1.0 ; \psi_{ed,Na} = 0.822$$

$$N_{ag} = 11056 \text{ kgf}$$

$$N_{cpq} = \min [9030.56; 11056]$$

$$\phi V_{cpq} = 13517 \text{ kgf} > V_{va,g} = 10343.10 \text{ kgf} \quad \text{Verifica!}$$

Resumen por corte

Modalidad de falla

Relación  $V_u/\phi V_t$

Resistencia del anclaje,  $\phi V_{sa}$  por anclaje = 10276.50 kgf

$$\frac{5171.55}{10276.50} = 0.503$$

Rotura del concreto,  $\phi N_{cbg}$

$$C_{a2} = 10343.10$$

Requiere acero de refuerzo

Rotura del concreto por cabeceo,  $\phi N_{cpq} = 13517 \text{ kgf}$

$$\frac{10343.10}{13517} = 0.765$$

## 9. Interacción Corte - Tracción

Con los solicitaciones que controlan, determinados en los resúmenes, se verifican las condiciones de las Secciones 17.6.1 a 17.6.3

$$\frac{V_{u, g}}{\phi V_c} = \frac{10343.10}{13517} = 0.765 > 0.2$$

$$\frac{N_{u, g}}{\phi N_c} = \frac{3628.80}{9202.30} = 0.394 > 0.2$$

$$\frac{N_{u, g}}{\phi N_c} + \frac{V_{u, g}}{\phi V_c} = 0.394 + 0.765 = 1.159 < 1.20$$

Verifica

### Conclusión

La inspección de los resultados indican que la falla por corte debido al cabeceo de los ardores (concrete payout) puede ocurrir en ardores empotrados entre 4 a 5 veces el diámetro (4 a 5da) y sin refuerzo en el concreto. La presencia del acero de refuerzo y el empotramiento de ardores largos pueden prevenir esta modalidad de falla.

Es probable que el Capítulo 23, ACI 318-14, Método del puntal y tenor, en los futuros ediciones incorpore el tratamiento del acero de refuerzo en pedestales; ver en Anexos, Ejemplos: "Diseño de acero de refuerzo en pedestales de concreto" por Widiarto ( miembro del ASCE Task Committee on Anchor Rod Design, and ACI Committees 351 y 445) y Patel y Owen.