

⑤ Ejemplo de anclajes mecánicos preinstalados solicitados por tracción aplicada en el centro del grupo de anclajes.

Verificar los anclajes de la plancha de acero mostrada, fijada a un muro estructural de una edificación clasificada como Categoría de Diseño Sísmico (SDC) A.

Datos

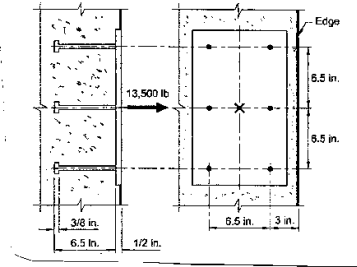
En el Estado Límite de Servicio
Solicitaciones

$$CV = 6.124 \text{ kF}$$

$$S = 726 \text{ kF}$$

Plancha de acero

Dimensiones (10 x 16 x 1/2 ply)
254 x 406 x 12.7 mm
Acero A36



Anclajes

Placas de cabeza hexagonal ASTM A29
 $F_{uta} = 4570 \text{ kF/cm}^2$
 Diámetro 1/2 ply (12.7 mm) $F_{ya} = 3585 \text{ kF/cm}^2$
 $F_{uta} < 1.9 F_{ya}$
 Distancia al borde, $C_{a1} = 3 \text{ ply (76 mm)}$
 Separación, $S = 6.5 \text{ ply (16.5 cm)}$
 Longitud de empotramiento = 4 ply (18 cm)
 Cabeza hexagonal del anclaje: $d_a = 1 \text{ ply (25.4 mm)}$
 Espesor de la cabeza hexagonal, $t_{ns} = 3/8 \text{ ply (9.52 mm)}$
 Área de carga, $A_{brg} = 0.509 \text{ ply}^2 (3.80 \text{ cm}^2)$

Concreto

Concreto de agregado de peso normal; $\lambda_a = 1.0$
 $F_c = 280 \text{ kF/cm}^2$
 Espesor de la pared donde se fija la plancha de acero, $h_a = 6.1 \text{ cm}$

Solución1. Criterios de proyectoHipótesis

El análisis elástico de la conexión se basa en:

- La plancha de acero es infinitamente rígida
- Las solicitaciones se transmiten a través de la plancha de acero a cada uno de los anclajes, individualmente
- Los anclajes son simétricos en Tipo, dimensiones y profundidad de anclaje.

Acción de grupo (subsección 17.2.1.1)

Según la tabla, para la rotura del concreto a tracción, la separación crítica es de $3h_{ef}$ con

$$h_{ef} = L_e - t_{ms} + t_{pl} - \text{reducción por efecto de soldadura}$$

Por efecto de la soldadura en el anclaje se considerará una reducción en la longitud del anclaje entre $1/8$ a $3/16$ plg (3 a 5 mm)

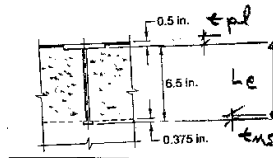
En anclajes de $1/2$ plg se tomará la reducción en 3 mm.

De acuerdo con la figura

$$h_{ef} = L_e - t_{ms} + t_{pl} - \text{reducción}$$

$$h_{ef} = 16.5 - 0.952 + 1.27 - 0.3$$

$$h_{ef} = 16.52 \text{ cm} \approx 16.5 \text{ cm}$$



$$\text{Como } S = 16.5 \text{ cm} < 3h_{ef} = 3 \times 16.5 = 49.5 \text{ cm}$$

se considera el efecto de grupo en los anclajes

Verificaciones

según la Tabla 5.3.1 de la Sección 5.3.1

$$U = N_{u,v,g} = 1.6 \times 6124 = 9798.40 \text{ kgf (tracción total)}$$

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

según la subsección 17.3.1.1 el grupo de anclajes debe satisfacer

$$N_{u,v,g} < \begin{cases} \phi N_{sa} & \text{resistencia del anclaje} \\ \phi N_{cbg} & \text{rotura del concreto} \\ \phi N_{pm} & \text{desprendimiento de anclajes} \\ \phi N_{sb} & \text{desmenuamiento lateral del concreto} \end{cases}$$

Ductilidad de anclajes

El acero ASTM A29 tiene las siguientes propiedades:

20% alargamiento en 2 plg > 14%

50% reducción de área > 30%

El anclaje ASTM A29 es dúctil

Distancias y reparaciones (sección 17.7.1, 17.7.2 y 17.7.4)

$$S_{min} = 4d_a = 4 \times 1.27 = 5.08 \text{ cm} < S = 16.5 \text{ cm} \checkmark$$

$$c_{a_1} = 7.6 \text{ cm} > 3.81 \text{ cm} \text{ recubrimiento mínimo según } 20.6.1.3 \text{ ACI 318-14}$$

Adicionalmente los pernos no requieren aplicación de tarque.

2. Capacidad a tracción del anclaje

Rotura a tracción del anclaje

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

con $\phi = 0.75$ según 17.3.3a(1)

con $A_{se,N} = 0.196 \text{ in}^2 (1.26 \text{ cm}^2)$

$$\phi N_{sa} = 4318.65 \text{ lb} > N_{ua,g} / \text{anclaje} \quad \text{Verifica}$$

3. Capacidad del concreto a la rotura por tracción

$$\phi N_{cbg} = \phi \frac{A_{nc}}{A_{nc0}} \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b \quad (17.4.2-1b)$$

con $\phi = 0.70$ según 17.3.3C(1) por la Condición B

Como se aprecia en la figura hay tres bandas de anclajes con $h_{ef} = 6.5 \text{ ply} (16.5 \text{ cm}) < 1.5 h_{ef}$ desde el borde libre

$$c_{a1} = 3 \text{ ply} (7.6 \text{ cm}) < 1.5 h_{ef} = 1.5(6.5 \text{ ply}) = 9.75 \text{ ply} (24.8 \text{ cm})$$

Entonces

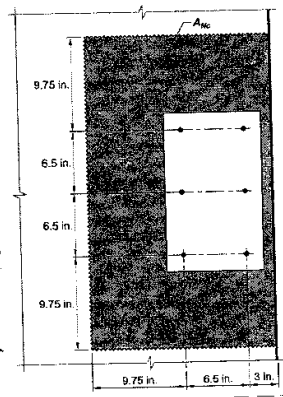
$$A_{nc} = (c_{a1} + s_1 + 1.5 h_{ef})(1.5 h_{ef} + s_2 + s_2 + 1.5 h_{ef})$$

reemplazando variables,
 $A_{nc} = 4040.80 \text{ cm}^2$

$$A_{nc0} = 9 s^2 = 9(16.5)^2 = 2450.25 \text{ cm}^2$$

$$n A_{nc0} = 6 \times 2450.25 = 14701.50 \text{ cm}^2$$

$$A_{nc} < n A_{nc0} \quad \text{Verifica}$$



$$\frac{A_{NC}}{A_{NCO}} = \frac{4040.80}{2450.25} = 1.65$$

según 17.4.2.4, por ser fuerza concéntrica, $\psi_{ec,N} = 1.0$

según 17.4.2.5 para los tres anclajes próximos a bordes y por tanto incapaces de completar el perimetro de rotura

Como $c_{a,min} < 1.5 h_{ef}$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,min}}{1.5 h_{ef}} \quad (17.4.2.5b)$$

$$\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \frac{7.60}{1.5 \times 16.5} = 0.792$$

según 17.4.2.6, por fisuración y acero suplementario de refuerzo

$$\psi_{SN} = 1.0$$

Por 17.4.2.8, anclajes preinstalados $\psi_{CBN} = 1.0$

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

$$\text{con } k_c = 10 \text{ y } h_{ef} = 16.5 \text{ cm} \quad N_b = 11215 \text{ kg}$$

Entonces reemplazando variables en (17.4.2.1b)

$$\phi N_{cbg} = 10272 \text{ kg} > N_{uag} \quad \text{Verifica}$$

4. Capacidad por desprendimiento del concreto (pullout)

$$\phi N_{pm} = \phi \psi_{c,p} N_p \quad (17.4.3.1)$$

en el anclaje más cargado o demandado

$$\text{con } \phi = 0.70$$

$$\psi_{c,p} = 1.0 \quad \text{por sección fisurada en el Estado Límite de Servicio}$$

$$N_p = 8 A_{brg} F_c \quad (17.4.3.1)$$

$$\text{con } A_{brg} = 0.523 \text{ m}^2 (3.80 \text{ cm}^2)$$

6/6

$$\phi N_{pm} = 5958.40 \text{ kg/anchaje} > N_{uag} = \frac{9798.40}{6} = 1633.10 \text{ kg}$$

todos los anclajes están igualmente demandados o cargados Verifica

5. Capacidad para desplazamiento lateral del concreto (concrete side-face blowout)

Según 17.4.4.2 para el grupo de anclajes a lo largo de un borde se aplica la fórmula (17.4.4.2)
 Como $h_{ef} = 16.5 \text{ cm} < 2.5 C_{a1} = 19.05 \text{ cm}$
 no es necesario calcularlo.

6. Fractura del concreto (splitting failure)

Esta modalidad de falla ocurre en miembros delgados cuando se aplica tracción al anclaje y cuando este tiene una distancia al borde menor de $6d_{a1}$.
 En este caso no aplica a la Sección 17.3.1

Conclusión

| <u>Modalidad de falla</u> | <u>Relación $N_{uag}/\phi NT$</u> |
|---|--|
| Anclaje, $\phi N_{sA} = 4318.65 \text{ kg}$ | $\frac{9798.40/6}{4318.65} = 0.38$ |
| Rotura del anclaje, $\phi N_{cbg} = 10272 \text{ kg}$ | $\frac{9798.40}{10272} = 0.95$ |
| Desplazamiento del concreto, $\phi N_{pm} = 5958.40 \text{ kg/anchaje}$ | $\frac{9798.40/6}{5958.40} = 0.27$ |

El sistema de anclajes es apropiado y está condicionada por la naturaleza del concreto a tracción, $\phi N_{cbg} = 10272 \text{ kg}$