

Applicability of Seismic Reduction Factor for Anchor Design

Q. My question is related to Section 17.2.3.4.4 of ACI 318-14¹ or Section 17.10.5.4 of ACI 318-19.² Why is the 0.75 seismic reduction factor only applicable for concrete tension failure modes but not applicable for concrete shear failure modes?

A. For anchors in tension, ACI 318 gives the designer the option to satisfy ductility requirements using the anchors themselves (Section 17.2.3.4.3¹ or Section 17.10.5.3 (a)²). As such, rigorous material and geometric requirements are placed on the anchor design to ensure that the expected ductility is achieved. This is done through the stretch length of the anchors themselves and with the implicit assumption that the concrete breakout strength will not be exceeded.

Section 17.2.3.4.4¹ or Section 17.10.5.4² is intended to ensure that the breakout strength is not exceeded due to the increased cracking and spalling that will occur under significant load reversals. Anchors in shear do not have an inherent ability to deform sufficiently to provide any meaningful ductility. Consequently, anchors in shear must be designed to resist the earthquake forces where ductility must be obtained elsewhere in the structure, and therefore should remain within the elastic range.

One example of this is given in Commentary Section R17.2.3.5¹ and Commentary Section R17.10.6.3,² which state: “Tests on typical anchor bolt connections for wood-framed shear walls (Fennel et al. 2009^[3]) showed that wood components attached to concrete with minimum edge distances exhibited ductile behavior.” Because the anchor in shear is designed to remain elastic, there is no need to apply a reduction factor to account for localized concrete damage during cycling loading.

References

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 519 pp.
2. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
3. Fennel, A.W.; Line, P.; Mochizuki, G.L.; Moore, K.S.; Van Dorpe, T.D.; and Voss, T.A., “Report on Laboratory Testing of Anchor Bolts Connecting Wood Sill Plates to Concrete with Minimum Edge Distances,” *Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, Toronto, ON, Canada, July 25-29, 2010, 9 pp.

Testing Requirements for Overhead Anchors

Q. Are there any testing requirements or testing frequency requirements for overhead mechanical or adhesive anchors?

A. ACI 318-19,¹ Commentary Section R17.5.3, refers to two documents for testing post-installed mechanical and adhesive anchors: ACI 355.2² and ACI 355.4,³ respectively.

The commentary states that: “ACI 355.2 tests for installation sensitivity measure effects of variability in anchor torque during installation, tolerance on drilled hole size, and energy level used in setting anchors; for expansion, screw, and

undercut anchors intended for use in cracked concrete, increased crack widths are considered. ACI 355.4 tests for installation sensitivity assess the influence of adhesive mixing and the influence of hole cleaning in dry, saturated, and water-filled/underwater bore holes.”

While ACI 355.2 and ACI 355.4 both provide testing criteria manufacturers must use for qualification of their anchors, ACI 355.4, Section 13.3, also provides requirements for on-site special inspection and proof loading of adhesive anchors. The design professional is responsible for establishing the proof loading program, including the frequency of the proof loading (based on anchor type, diameter, and embedment)

as well as the proof loads, acceptable displacements, and remedial actions in the event of failure to meet those criteria. Commentary Section R13.3.4 states: “Significant latitude is given to the engineer of record in determining parameters of the proof load program, which will depend in large part on the type, size, and quantity of anchors being installed.”

ACI 318-19 requires that construction documents identify adhesive anchors requiring proof loading (Section 26.7.1 (k)); specify that certification is required for adhesive anchor installers (Section 26.7.1 (l)); and specify that overhead adhesive anchors must be installed by certified installers (Section 26.7.2 (e)). Section 26.13.1.6 requires inspection of the installation of all adhesive anchors by a certified inspector. Further, Section 26.13.3.2 requires continuous inspection for post-installed anchor installation “if required as a condition of the anchor assessment or if adhesive anchors are installed in horizontal or upwardly inclined orientations to resist sustained tensile loads.” Continuous inspection and other requirements

are defined in ACI 311.7-18.⁴ However, we are not aware of any ACI documents that quantify the percentage of anchors that must be tested—that determination is deferred to the design professional.

References

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
2. ACI Committee 355, “Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-19) and Commentary,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 91 pp.
3. ACI Committee 355, “Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete (ACI 355.4-19) and Commentary (Reapproved 2021),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 56 pp.
4. ACI Committee 311, “Specification for Inspection of Concrete Construction (ACI 311.7-18),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 12 pp.

The ACI Detailing Manual

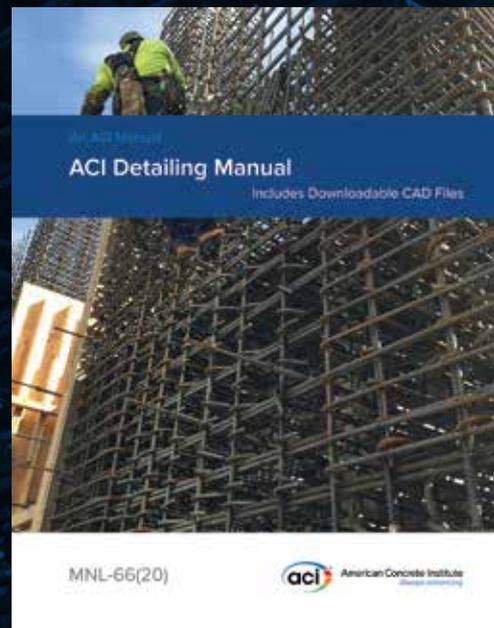
Includes FREE Downloadable CAD Files

The 2020 edition of the *ACI Detailing Manual* includes many new updates and revisions, plus the addition of valuable downloadable CAD files.

Visit concrete.org/store for more information.



American Concrete Institute
Always advancing



Concreto Preguntas y Respuestas

Aplicación del factor de reducción sísmica para el diseño de anclajes

P

Mi pregunta está relacionada con la Sección 17.2.3.4.4 del ACI 318-141 o la Sección 17.10.5.4 del ACI 318-19.2 ¿Por qué el factor de reducción sísmica de 0.75 sólo es aplicable a la modalidad de falla por tracción del concreto pero no es aplicable a la modalidad de falla a cortante del concreto?

R

En el caso de los anclajes en tracción, el ACI 318 da al diseñador la opción de satisfacer los requisitos de ductilidad utilizando los propios anclajes (Sección 17.2.3.4.31 o Sección 17.10.5.3 (a)2). Por ello, el diseño de los anclajes está sujeto a rigurosos requisitos geométricos y de materiales para garantizar que se alcance la ductilidad esperada. Esto se hace a través de la longitud de estiramiento de los propios anclajes y con la suposición implícita de que no se superará la resistencia a la ruptura del concreto.

La Sección 17.2.3.4.4¹ o la Sección 17.10.5.4² tienen como objetivo garantizar que no se supere la resistencia a la ruptura debido al aumento del agrietamiento y el desprendimiento que se producirá en el caso de retrocesos significativos de la carga. Los anclajes a cortante no tienen una capacidad inherente de deformarse lo suficiente como para proporcionar una ductilidad significativa. En consecuencia, los anclajes a cortante deben diseñarse para resistir las fuerzas sísmicas cuando la ductilidad debe obtenerse en otras partes de la estructura y, por lo tanto, deben permanecer dentro del rango de elasticidad.

Un ejemplo de esto se da en la Sección de Comentarios R17.2.3.51 y en la Sección de Comentarios R17.10.6.3,2 que dicen: “Los ensayos sobre conexiones típicas de pernos de anclaje para muros de cortante con marcos de madera (Fennel et al. 2009^[3]) mostraron que los componentes de madera sujetos al concreto con distancias mínimas entre los bordes exhibían un comportamiento dúctil”. Dado que el anclaje a cortante está diseñado para permanecer elástico, no es necesario aplicar un factor de reducción para contabilizar el daño localizado del concreto durante el ciclo de carga.

Referencias

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 519 pp.
2. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
3. Fennel, A.W.; Line, P.; Mochizuki, G.L.; Moore, K.S.; Van Dorpe, T.D.; and Voss, T.A., “Report on Laboratory Testing of Anchor Bolts Connecting Wood Sill Plates to Concrete with Minimum Edge Distances,” Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, ON, Canada, July 25-29, 2010, 9 pp.

Concreto Preguntas y Respuestas

Requisitos de ensayo para anclajes aéreos

P

¿Existen requisitos de ensayo o de frecuencia de ensayo para los anclajes aéreos mecánicos o adhesivos?

R

La Sección de Comentarios R17.5.3 de ACI 318-19,¹ se hace referencia a dos documentos para el ensayo de anclajes mecánicos y adhesivos después de su instalación: ACI 355.2² y ACI 355.4,³ respectivamente.

El comentario establece que: “Los ensayos ACI 355.2 para la sensibilidad de la instalación miden los efectos de la variabilidad en el torque del anclaje durante la instalación, la tolerancia en el tamaño del orificio perforado y el nivel de energía utilizado en la colocación de los anclajes; para los anclajes de expansión, atornillados y socavados para su uso en concreto agrietado, se consideran anchos de grieta mayores. Los ensayos ACI 355.4 para la sensibilidad de la instalación evalúan la influencia de la mezcla del adhesivo y la influencia de la limpieza del agujero en agujeros de perforación secos, saturados e inundados/subacuáticos.”

Mientras que el ACI 355.2 y ACI 355.4 establecen los criterios de prueba que los fabricantes deben utilizar para calificar sus anclajes, el ACI 355.4, Sección 13.3, también establece los requisitos para la inspección especial in situ y pruebas de carga de los anclajes adhesivos. El diseñador es responsable de establecer el programa de pruebas de carga, incluyendo la frecuencia de las pruebas de carga (basadas en el tipo de anclaje, el diámetro y empotrado), así como las pruebas de carga, los desplazamientos aceptables y las acciones correctivas en caso de que no se cumplan estos criterios. La Sección de Comentarios R13.3.4 establece: “Se da una gran libertad al ingeniero de registro para determinar

los parámetros del programa de prueba de carga, que dependerá en gran parte del tipo, tamaño y cantidad de anclajes que se instalen.”

El ACI 318-19 exige que los documentos de construcción identifiquen los anclajes adhesivos que requieren pruebas de carga (sección 26.7.1 (k)); especifica que se requiere la certificación de los instaladores de anclajes adhesivos (Sección 26.7.1 (l)); y especifica que los anclajes adhesivos aéreos deben ser instalados por instaladores certificados (Sección 26.7.2 (e)). La Sección 26.13.1.6 requiere la inspección de la instalación de todos los anclajes adhesivos por parte de un inspector certificado. Además, la Sección 26.13.3.2 requiere una inspección continua posterior a la instalación de los anclajes “si se requiere como condición para la evaluación de los anclajes o si los anclajes adhesivos se instalan en orientaciones horizontales o inclinadas hacia arriba para resistir cargas de tensión sostenidas”. La inspección continua y otros requisitos se definen en el ACI 311.7-18.⁴ Sin embargo, no conocemos ningún documento del ACI que cuantifique el porcentaje de anclajes que deben someterse a prueba, ya que esa determinación se deja en manos del diseñador.

Referencias

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.

2. ACI Committee 355, "Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-19) and Commentary," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 91 pp.

3. ACI Committee 355, "Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete (ACI 355.4-19) and Commentary (Reapproved 2021)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 56 pp.

4. ACI Committee 311, "Specification for Inspection of Concrete Construction (ACI 311.7-18)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 12 pp.



La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Noreste

Título: Concreto P y R



Traductor:
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez



Revisor Técnico:
M.C. José A. Valdéz Aguilar