

Development and Splice Length for Contact and Noncontact Splices

Q. We are completing an annual QA/QC review of our standard design notes, and a question was raised regarding lap splice length as a function of contact versus noncontact splices. Section 25.4.2.1 in ACI 318-14¹ and ACI 318-19² allows for the development length to be calculated per Section 25.4.2.2 or 25.4.2.3 in ACI 318-14 (25.4.2.3 or 25.4.2.4 in ACI 318-19), or to be 12 in. minimum. Section and Table 25.4.2.2 in ACI 318-14 (25.4.2.3 in ACI 318-19) appear to be the preferred method of calculation where transverse/confinement reinforcement is not present. My questions relate to the applicability of Table 25.4.2.2 (25.4.2.3 in ACI 318-19):

1. Does this table apply to contact lap splices?
2. Under the spacing and cover column of this table, the second option states: "Clear spacing of bars or wires being developed or lap spliced at least $2d_b$ and clear cover at least d_b ." Is the "clear spacing of...at least $2d_b$," the dimension between the longitudinal reinforcement within a member or the dimension between the two bars being spliced? The latter would imply a noncontact splice.
3. It is my understanding that noncontact splices, provided they do not exceed the maximum spacing defined in Section 25.5.1.3 (ACI 318-14 and ACI 318-19), will perform as well or slightly better than contact splices (as noted in Reference 3)? Is this a correct understanding?

A1. Table 25.4.2.2 (25.4.2.3 in ACI 318-19) defines development length ℓ_d of deformed bars or wires in tension. This table is referenced in Table 25.5.2.1 (ACI 318-14 and ACI 318-19), which defines lap splice length ℓ_{st} of deformed bars or wires in tension. For instance, the Class B lap splice ℓ_{st} is the greater of 12 in. or $1.3\ell_d$, where ℓ_d is per Table 25.4.2.2 (or 25.4.2.3 in ACI 318-19). Both contact and noncontact lap splices that satisfy Section 25.5.1.3 (ACI 318-14 and ACI 318-19) are included.

A2. As the first column in Table 25.4.2.2 (25.4.2.3 in ACI 318-19) indicates, ℓ_d values are affected by cover and spacing of bars. Per Commentary Section R25.4.2.3 in ACI 318-14 (R25.4.2.4 in ACI 318-19), "the spacing or cover dimension c_b is defined as the smaller of: (1) the distance from the center of the bar or wire being developed to the nearest

concrete surface; and (2) one-half the center-to-center spacing of the bars or wires being developed." Thus, "small cover or small clear spacing between bars increases the likelihood that concrete splitting failure can occur. Therefore, an increase in the development length is warranted in such cases" (p. 251 in Reference 4). The clear spacing requirement of at least $2d_b$ concerns tension development length of side-by-side bars terminating into a critical section and loaded in the same longitudinal direction. As noted in A1, this development length is then used to determine the tension lap splice length ℓ_{st} using Table 25.5.2.1. An additional explanation of clear spacing between contact and noncontact splices is provided in the August 2020 Q&A.⁵

A3. As the name indicates, the bars that are spliced are spaced apart. However, according to Section 25.5.1.3 (ACI 318-14 and ACI 318-19), "the bars must be spaced no further than the smaller of 6 in. or one-fifth the required lap splice length. A spacing exceeding the limiting value can result in an essentially unreinforced section of concrete between the spliced bars. Contact lap splices are usually specified because the likelihood that the bars will displace during concrete placement is much smaller than that for noncontact splices" (p. 268 in Reference 4). Noncontact splices will perform as required provided Section 25.5.1.3 is met.

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. Hamad, B.S., and Mansour, M.Y., "Bond Strength of Noncontact Tension Lap Splices," *ACI Structural Journal*, V. 93, No. 3, May-June 1996, pp. 316-326.
4. Fanella, D.A., *Reinforced Concrete Structures: Analysis and Design*, Second edition, McGraw-Hill Education, 2016, 976 pp.
5. "Concrete Q&A: Formwork Removal Times and Clear Spacing for Parallel Reinforcement," *Concrete International*, V. 42, No. 8, Aug. 2020, pp. 63-64.

Longitudes de desarrollo y de traslape para traslapes con y sin contacto.

Concreto P&R

Estamos realizando una revisión anual de control de calidad de nuestras notas estándar de diseño y surgió una pregunta relacionada con la longitud de traslape para traslapes con y sin contacto. La Sección 25.4.2.1 del ACI 318-141 y del ACI 318-192 permiten calcular la longitud de desarrollo de acuerdo con la Sección 25.4.2.2 o 25.4.2.3 en ACI 318-14¹ (25.4.2.3 o 25.4.2.4 en ACI 318-19)², o bien 12 pulgadas como mínimo. La Sección y Tabla 25.4.2.2 en ACI 318-14 (25.4.3.2 en ACI 318-19) parecen ser la metodología preferida de cálculo cuando no hay refuerzo transversal o de confinamiento. Mi pregunta se relaciona con la aplicabilidad de la Tabla 25.4.2.2 (25.4.2.3 en ACI 318-19):

P1

¿Esta tabla aplica para traslapes con contacto?

R1

La Tabla 25.4.2.2 (25.4.2.3 en ACI 318-19) define la longitud de desarrollo l_d de barras deformadas o alambres en tensión. Esta tabla se referencia en la Tabla 25.5.2.1 (ACI 318-14 y ACI 318-19), la cual define la longitud de traslape l_{st} de barras deformadas y alambres en tensión. Por ejemplo, un traslape l_{st} Clase B es mayor que 12 pulgadas o $1.3 l_d$, donde l_d se calcula de acuerdo con la Tabla 25.4.2.2 (o 25.4.2.3 en ACI 318-19). Tanto los traslapes con y sin contacto que satisfacen la Sección 25.5.1.3 (ACI 318-14 y ACI 318-9) están incluidos.

P2

Para la columna de espaciamiento y recubrimiento de la tabla, la segunda opción indica: “El espaciamiento libre entre las barras o alambres que se desarrollan o traslapan debe ser al menos $2d_b$ y el recubrimiento libre de al menos d_b .” El “espaciamiento libre de ... al menos $2d_b$ ” es la distancia entre el refuerzo longitudinal en el miembro o la distancia entre dos barras que se traslapan? Esto último implicaría que el traslape es sin contacto.

R2

Como indica la primera columna de la Tabla 25.4.2.2 (25.4.2.3 en ACI 318-19), los valores de l_d son afectados por el recubrimiento y el espaciamiento de las barras. De acuerdo con la Sección R25.4.2.3 de los Comentarios del ACI 318-14 (R25.4.2.4 en ACI 318-19), “el valor del espaciamiento o del recubrimiento c_b se define como el menor de: (1) la distancia entre el centro de la barra o alambre que se desarrolla a la superficie de concreto más cercana; y (2) la mitad del espacio medido centro a centro entre las barras o alambres que se desarrollan.” “Un recubrimiento pequeño o un espacio libre pequeño entre barras incrementa la posibilidad de que suceda una falla por fisuramiento. Por lo tanto, un incremento en la longitud de desarrollo se garantiza en estos casos (p. 251 en la Referencia 4). El requisito de espaciamiento libre de al menos $2d_b$ está relacionado con la longitud de desarrollo en tensión de barras colocadas lado a lado finalizando en una

sección crítica y cargadas en la misma dirección longitudinal. Como se indica en R1, esta longitud de desarrollo se usa entonces para determinar la longitud de traslape en tensión l_{st} usando la Tabla 25.5.2.1. Una explicación adicional de espacio libre entre traslapes con y sin contacto se provee en el P&R de Agosto 2020.⁵

P3

¿Interpreto que los traslapes sin contacto, bajo el entendido de que no se excede el espaciamiento máximo definido en la Sección 25.5.1.3 (ACI 318-14 y ACI 318-19), se comportarán tan bien o ligeramente mejor que un traslape con contacto (como se indica en la Referencia 3)? ¿Es esta la interpretación correcta?

R3

Como su nombre lo indica, las barras que se traslapan están separadas. Sin embargo, de acuerdo con la Sección 25.5.1.3 (ACI 318-14 y ACI 318-19), “las barras deben estar separadas no más que el menor de 6 pulgadas o un-quinto de la longitud de traslape requerida. Un espaciamiento que exceda el valor límite puede resultar en esencia en una sección de concreto sin refuerzo entre las barras empalmadas. Los traslapes con contacto se especifican usualmente porque la posibilidad de que las barras se desplacen durante la colocación del concreto es mucho menor que aquella para los traslapes sin contacto” (p. 268 en la Referencia 4). Los traslapes sin contacto se comportarán como se requiere en el tanto se cumpla lo indicado en la Sección 25.5.1.3.

Referencias.

1. Comité ACI 318 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14) y Comentarios (ACI 318R-14)”. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 519 pp.
2. Comité ACI 318 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19) y Comentarios (ACI 318R-19)”. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
3. Hamad, B.S., y Mansour, M.Y., “Bond Strength of Noncontact Tension Lap Splices”, ACI Structural Journal, V.93, No. 3, May-June 1996, pp. 316-326.
4. Fanella, D.A., Estructuras de Concreto Reforzado: Análisis y Diseño, Segunda Edición, McGraw-Hill Education, 2016, 976 pp.
5. “Concrete Q&A: Tiempos de remoción de formaletas y espaciamiento libre para refuerzo paralelo”, Concrete International, V.42, No. 8, Aug. 2020, pp 63-64.

La traducción de este artículo correspondió a la Sección Costa Rica

Preguntas y respuestas
Concretas



Traductor: Ing. Marianela Picado Maykall, MSc., MAP.



Revisor Técnico: Ing. Minor Murillo Chacón