

Designing for Construction Productivity and Safety— In Practice

New applications for PS=Ø couplers

by Gordon H. Reigstad, Jason G. Reigstad, and Jared M. Reigstad

Since our first *Concrete International* article on gapless pour strips,¹ engineers and contractors have become more creative with the PS=Ø[®] Mechanical Reinforcement Splice System. In addition to using the patent-pending technology to eliminate traditional pour strips, many are using it when temporary post-tensioned (PT) stressing access is required. Engineers have also found the slotted PS=Ø coupler (Fig. 1) to be very effective at mitigating restraint to shortening (RTS) at walls, where the restraint is highest. The slotted coupler allows for restraint relief in two horizontal directions, perpendicular and parallel to the wall. All applications of the PS=Ø system allow more time for RTS relief without interrupting construction schedules as would be needed with traditional delay strips or costly temporary slab-to-wall slip details.



Fig. 1: Slotted PS=Ø Mechanical Reinforcement Splice System

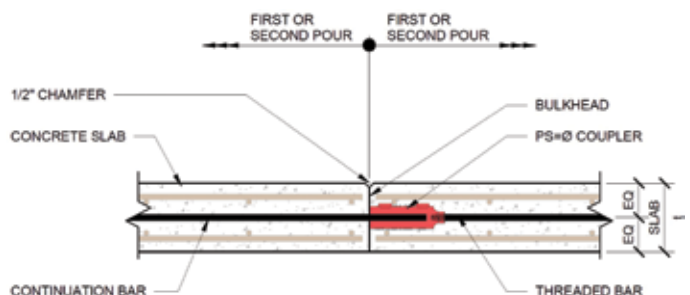


Fig. 2: Typical PS=Ø slab-to-slab restraint relief joint

Slab-to-Slab Restraint Relief

PTI DC20.2-22, Section 4.1.1,² states that a self-supporting PT slab with a traditional pour strip can be achieved at midspan with added PT reinforcement or by enlarging the gap (that is, reducing the cantilever lengths). Self-supporting slabs are important to contractors, as they need less costly reshoring. Further, non-self-supporting slabs require more expensive backshoring.

With a typical slab-to-slab PS=Ø Relief Joint as shown in Fig. 2, slab cracking can be minimized. PS=Ø couplers have been used at both midspan and the inflection point locations. However, for best economy, the PS=Ø Relief Joint should be placed near the inflection point (1/5 span), separating stiff lateral elements in the building. At this location, the PT and mild reinforcement are optimized, and the slabs are



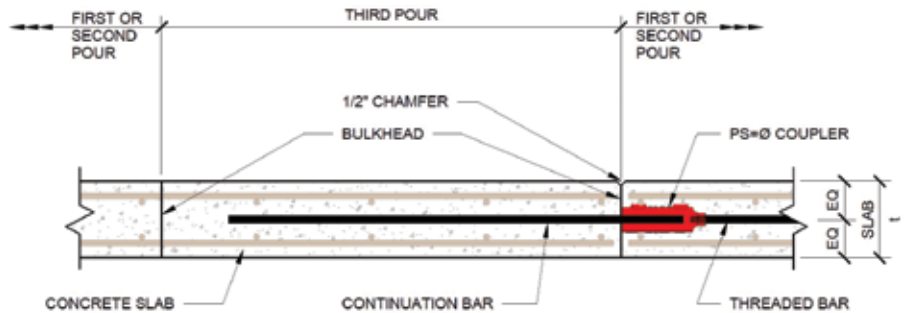


Fig. 3: Typical PS=Ø slab-to-slab restraint relief joint with a temporary stressing strip

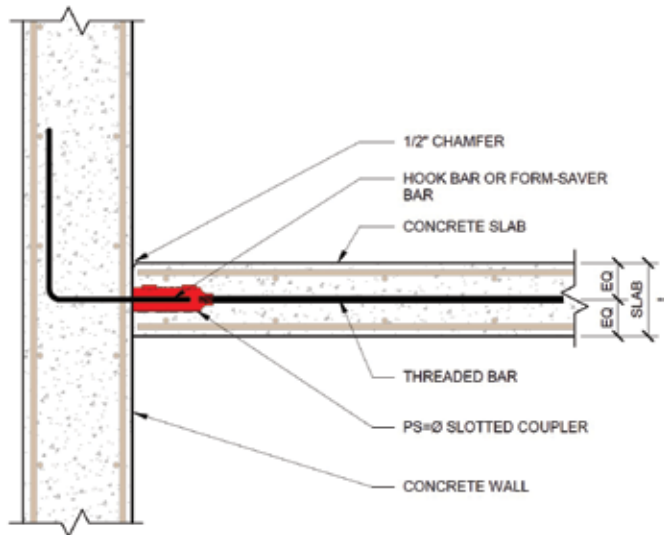


Fig. 4: PS=Ø slab-to-wall restraint relief joint

self-supporting using the shear capacity of the ungrouted PS=Ø couplers. The result: no added PT or mild reinforcement is required, no formwork or shoring is left in place, and no leave-outs remain in the floor to impede other construction trades.

Some contractors and engineers are choosing to delay the grouting of the PS=Ø couplers and joint longer, for 180 days or more, as locking the system later significantly minimizes concrete cracking and improves overall concrete quality. Delaying the grouting of the system doesn't interfere with construction schedules because the pour strip and backshoring have been eliminated.

In cases where internal PT slab stressing is needed (Fig. 3), a PS=Ø slab-to-slab joint with a temporary stressing strip can be used. The temporary stressing strip can be placed back immediately after stressing to create a typical PS=Ø slab-to-slab restraint relief joint. This allows for all slabs to be stressed, even those that can't be accessed for exterior slab edge stressing. This detail is commonly used in subterranean conditions or when stressing the exterior slab edge is difficult on elevated slabs.

Because of normal post-tensioning procedures, many engineers design subterranean elevated slabs as reinforced concrete (RC). With the PS=Ø system, many RC slabs are being converted to more economical PT systems.

Slab-to-Wall Restraint Relief

For subterranean conditions (and shear wall releases), many engineers are using a combination of PS=Ø slab-to-wall joints (Fig. 4) at exterior walls and PS=Ø slab-to-slab joints (Fig. 2) near the middle of the building. An elevated, subterranean PT slab can easily be stressed using a PS=Ø slab-to-slab joint with a temporary stressing strip (Fig. 3). The detail shown in Fig. 5 allows for both stressing and restraint relief at an exterior wall using a slotted PS=Ø coupler, with restraint relief in two horizontal directions,

perpendicular and parallel to the wall. Figure 6 also allows for restraint relief in two horizontal directions and is commonly used on podiums where the slab is placed over the top of the wall.

We have also observed value engineering (VE) solutions where the original design included perimeter columns and a delayed connection to the exterior walls: two separate structural systems. These solutions have involved a slotted PS=Ø coupler to eliminate the columns as well as the costly delayed connection. This works because PS=Ø couplers can support the slab vertically while temporarily ungrouted. After grouting, the couplers can transfer gravity and lateral forces to the wall using shear friction.

Beam-to-Beam Restraint Relief

PS=Ø couplers have been used in several concrete beam (PT and RC) restraint-release applications where the pour strip passed through beams. Figure 7 photo shows concrete beams in a RC pan system supporting a large convention center exhibition floor, where PS=Ø couplers were placed at the 1/5 span. Other beam applications have included beam restraint releases in RC pan system hospitals and one-way PT systems. Contractors regularly save 2 to 4 months of construction time because mechanical, plumbing, and electrical contractors are not delayed.

Case Study

A hospital parking garage with PS=Ø couplers was completed in Texas (Fig. 8). The structure was a one-way PT system with subterranean levels. The engineers chose to have a PS=Ø gapless pour strip near the middle of the building, splitting it in the long direction. They also chose to have slotted PS=Ø couplers at all slab-to-wall connections in the subterranean levels where the maximum RTS occurs. With this being a hospital parking garage, the owner, engineer, and contractor wanted high-quality concrete slabs with minimal cracks for the best long-term performance, but they also wanted it to open on time. By using the PS=Ø system, they were able to extend the original grouting delay time from 28 days to 75 days without negatively impacting the construction schedule.

The parking garage was finished 2 months ahead of schedule with

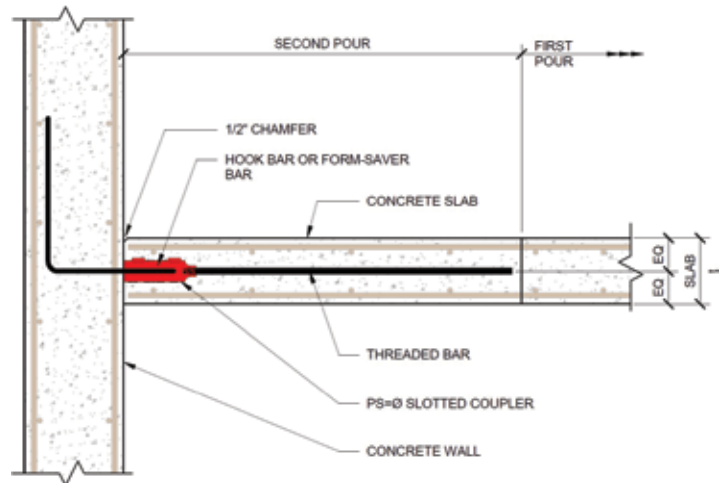


Fig. 5: PS=Ø slab-to-wall restraint relief joint with temporary stressing strip

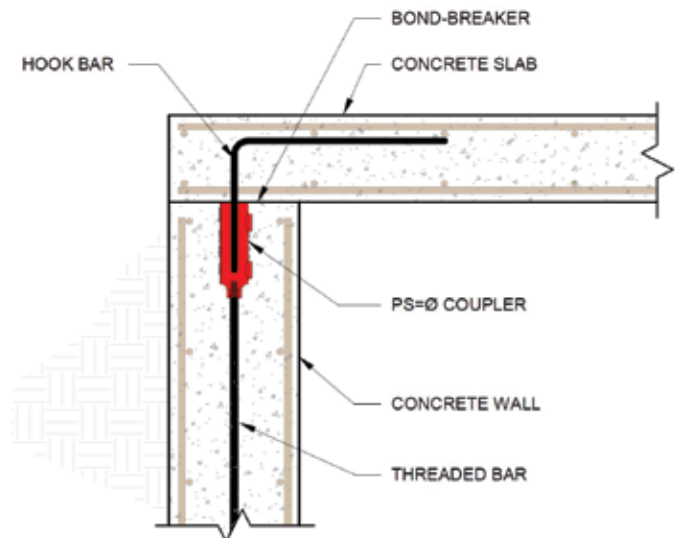


Fig. 6: PS=Ø slab-to-wall restraint relief joint over wall



Fig. 7: PS=Ø beam-to-beam restraint relief joint

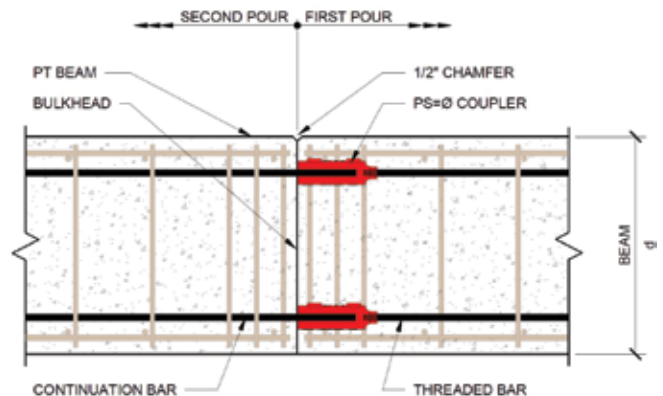




Fig. 8: Hospital parking garage in Texas with PS=Ø technology

high-quality concrete slabs. Based on visual observations, the slabs and walls, especially in the subterranean levels, are crack-free. No observable cracking has been reported since the completion of the project, even after one winter season with thermal contractions.

Summary

The PS=Ø system allows engineers to design PT and RC members with more restraint releases without the construction schedule delays of traditional pour strips. With or without temporary PT stressing strips, PS=Ø couplers can be used as restraint relief details in:

- Slab-to-slab joints;
- Slab-to-wall joints; and
- Beam-to-beam joints.

The slab-to-slab and slab-to-wall joints with temporary stressing strip details have allowed for cost-saving VE, replacing RC slabs with PT slabs for subterranean elevated slabs.

PS=Ø couplers are easy to implement and cost-effective, which allows for more use of the PTI DC20.2-22² temporary restraint-release details. Such detailing, with PS=Ø, results in higher-quality, more durable, and longer-lasting concrete structures, ensures code-required structural integrity reinforcement, and enables faster construction—truly a win-win for the concrete industry.

For more information, visit www.pourstrip0.com.

References

1. Reigstad, G.H.; Reigstad, J.G.; and Reigstad, J.M., “Designing for Construction Productivity and Safety,” *Concrete International*, V. 43, No. 6, June 2021, pp. 51-55.
2. PTI DC20.2-22, “Restraint Cracks and Their Mitigation in Unbonded Post-Tensioned Building Structures,” Post-Tensioning Institute, Farmington Hills, MI, 2022, 64 pp.

Selected for reader interest by the editors.



Gordon H. Reigstad is President of Reigstad Engineers, Inc., and PS=Ø. He has over 50 years of experience in structural engineering and design. Reigstad holds several patents focused on reinforced and post-tensioned concrete construction, and he served on the ACI Board Task Group on Productivity in Concrete Construction.

He received his PhD in structural engineering from the University of Minnesota Twin Cities, Minneapolis and St. Paul, MN, USA, and he serves on the Planning Committee for the annual University of Minnesota Structural Engineering Seminar Series.



Jason G. Reigstad is a Vice President at Reigstad Engineers, Inc., and PS=Ø. He has been involved with evaluating and restoring parking structures for over 34 years while also performing on-site construction administration on large-scale structures nationwide. *Engineering News-Record* named him one of the “Top 25 Newsmakers” of 2017

for his work investigating carbon-grid-reinforced double-tee parking structures. He serves on ACI Committee 347, Formwork for Concrete. He received his BS in civil engineering from the University of North Dakota, Grand Forks, ND, USA.



Jared M. Reigstad is a Vice President at Reigstad Engineers, Inc., and PS=Ø. He has over 21 years of experience in structural engineering design and construction. He serves on Joint ACI-PCI Committee 319, Precast Structural Concrete Code; Joint ACI-ASCE Subcommittee 408-A, Mechanical Reinforcing Bar Anchorages and Splices;

and PTI Committees DC-20, Building Design Committee, and DC-25, Parking Structure Committee. He received his BS in civil engineering from Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, USA, and his MCE from Norwich University, Northfield, VT, USA, where he was an adjunct faculty member in the Master of Civil Engineering program for over 15 years.

Diseñando para la Productividad y Seguridad Práctica en la Construcción

Nuevas aplicaciones para los Empalmes PS=Ø

Por Gordon H. Reigstad, Jason G. Reigstad y Jared M. Reigstad

Desde nuestro primer artículo publicado en la revista Concrete International sobre juntas sin ranurar en colados en franjas¹, ingenieros y contratistas se han vuelto más creativos al utilizar los Sistemas de Acoplamiento Mecánico PS=Ø[®]. Esta tecnología de patente aún pendiente de trámite se está usando para eliminar las franjas pendientes de colado tradicionales que muchos usan para permitir acceso temporal y eliminar las restricciones a la contracción del concreto post-esfuerzo (PT).

Ahora los ingenieros han encontrado que este acoplamiento PS=Ø ranurado (Fig. 1) es muy efectivo para mitigar la restricción a las contracciones por secado (RTS por sus siglas en inglés) en muros donde la restricción es aún mayor.

El acoplamiento ranurado permite liberar las restricciones en dos direcciones horizontales, perpendicular y paralela al muro. Todas las aplicaciones del sistema PS=Ø permiten más tiempo para liberar las restricciones a la contracción sin interrumpir o alargar con ello los programas o calendarios de trabajo, lo que sería necesario si se utiliza el método de trabajo tradicional que deja pendientes de colado franjas para permitir la contracción de las losas previamente coladas.



Fig. 1: Sistema de acoplamiento de refuerzo mecánico PS=Ø ranurado.

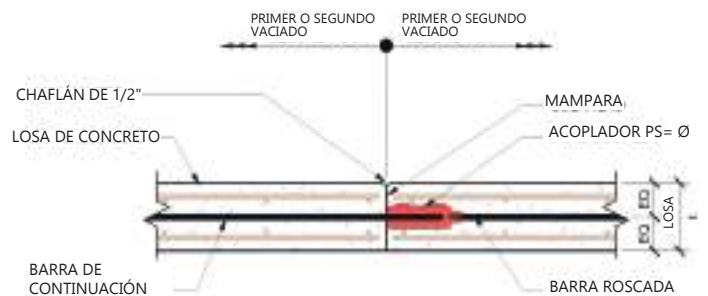


Fig. 2: Junta de alivio típica PS=Ø de losa a losa.

Alivio de Restricción de Losa a Losa

La norma del Instituto de Post-tensado: PTI DC20.2-2², (*Restraint Cracks and Their Mitigation in Unbonded Post-Tensioned Building Structures*), establece que una losa pos-tensada autoportante con una tira pendiente de colado en franjas tradicional, puede lograrse colocando en el punto medio refuerzo adicional de pos-tensado (PT) o ampliando el espacio, (es decir, reduciendo las longitudes de los voladizos).

Las losas autoportantes son importantes para los contratistas, ya que requieren un re-apuntalamiento más económico. Más aún, las losas no autoportantes suponen un re-apuntalamiento más caro.

Utilizando una franja típica de alivio a la restricción de contracción de losa a losa PS=Ø como se muestra en la Figura 2, se puede minimizar el agrietamiento en la losa colada inicialmente. Los acoplamientos PS=Ø se han usado tanto en el punto medio de las losas como en las ubicaciones del punto de inflexión. Sin embargo, para optimizar los costos, la Junta de Alivio PS=Ø debería colocarse cercana al punto de inflexión (es decir, a 1/5 del claro), separando elementos laterales rígidos en el edificio.

En esta ubicación, tanto el refuerzo PT como el refuerzo más ligero están optimizados, y las losas son autoportantes puesto que usan la

capacidad de tomar cortante de los empalmes de los acopladores PS=Ø aún no inyectados. Como resultado se obtiene que no se requiere refuerzo de ningún tipo adicional para soportar la contracción (PT), ni quedan encofrados o apuntalamientos ni se dejan huecos en los pisos que impidan otros trabajos en la construcción.

Algunos contratistas e ingenieros están eligiendo retrasar el inyectado del "grout" en los empalmes PS=Ø para dar más tiempo a la junta y permitir la contracción, cerrando el sistema posteriormente, lo que minimiza el agrietamiento y mejora la calidad del concreto en general. Este retraso en la colocación del "grout" no interfiere con los programas de construcción porque se han eliminado las franjas pendientes de colar y su apuntalamiento.

En casos en que el pos-tensado (PT) interno de la losa es necesario, (Fig. 3) se puede utilizar un acoplamiento PS=Ø de losa a losa con una tira de esfuerzo temporal. La tira temporal de esfuerzo se puede reinstalar inmediatamente después del pos-tensado para crear una junta típica PS=Ø losa a losa. Esto permite que todas las losas sean pos-tensadas incluso aquellas que no sean accesibles desde la parte exterior o la orilla externa de la misma losa. Esto sucede frecuentemente en losas subterráneas, o donde el pos-tensado de la losa es difícil por estar elevadas las losas.

Debido a los procedimientos normales de pos-tensado, muchos ingenieros diseñan las losas elevadas subterráneas en concreto reforzado (RC). Con el sistema PS=Ø, muchas losas originalmente diseñadas como RC se han convertido a sistemas pos-tensados PT más económicos.



Fig. 3: Junta típica de alivio de tensión entre losas PS=Ø con una banda de tensión temporal.

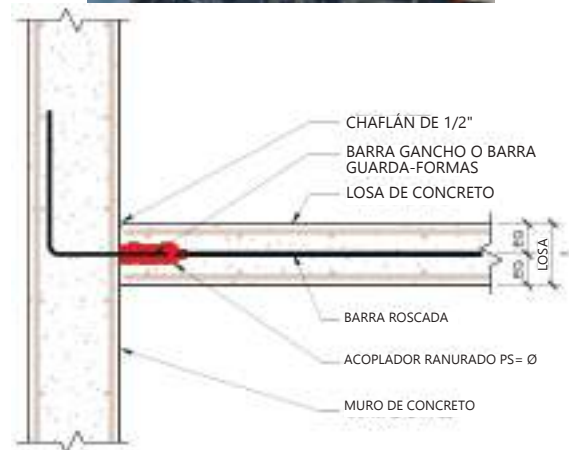


Fig. 4: Junta de alivio PS=Ø entre losa y muro.

Alivio de Restricción Losa a Muro

Para condiciones subterráneas (y muros de cortante) muchos ingenieros están utilizando una combinación de PS=Ø losa a muro (Fig. 4) en los muros externos y PS=Ø losa a losa cerca del centro del edificio (Fig 2). Una losa elevada subterránea PT puede fácilmente pos-tensarse usando una junta PS=Ø losa a losa con una extensión temporal (Fig. 3). Los detalles que se muestran en la Figura 5 permiten tanto el pos-tensado como la liberación de contracción en muros exteriores, utilizando un acoplador ranurado que libera la tensión en dos direcciones horizontales, perpendicular y paralelo al muro. La Figura 6 también permite liberar las restricciones en dos direcciones horizontales, y es usualmente utilizada en los soportes sobre los muros, donde se asientan las traveses o losas. También se han observado soluciones valiosas en ingeniería (VE) donde el diseño original incluía columnas perimetrales y se usaba una conexión retardada en las paredes exteriores: dos sistemas estructurales separados. Estas soluciones han involucrado un empalme PS=Ø ranurado para eliminar las columnas, así como la costosa conexión retardada

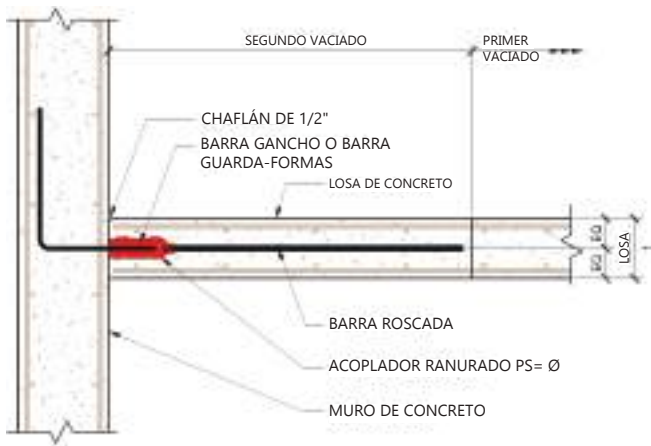


Fig 5. Junta de seguridad PS=Ø losa-pared con banda de tensión temporal.

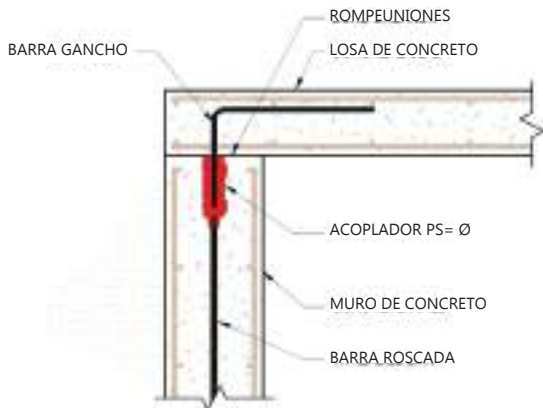


Fig. 6: Junta de seguridad PS=Ø losa-pared sobre muro.

de colado. Esto sucede porque los acopladores PS=Ø pueden soportar verticalmente la losa mientras están temporalmente sin la inyección del "grout". Después de la inyección del "grout", los acopladores pueden ya transferir las fuerzas gravitacionales y laterales a la pared utilizando la fricción y el cortante.

Alivio de Restricción de Viga a Viga

Los acopladores PS=Ø se han utilizado en varias vigas de concreto (PT y RC) para liberar las restricciones a la contracción donde el colado de la franja pendiente atraviesa la zona de las vigas. La fotografía de la Figura 7 muestra vigas de concreto reforzado en un sistema de losa alveolar que soporta un gran piso de un edificio de exposiciones, donde los acopladores PS=Ø se ubicaron a 1/5 del claro. Otras aplicaciones para vigas o trabes se han hecho para liberar la restricción a la contracción en losas de concreto reforzado en hospitales y sistemas pos-tensados en un sentido. Los contratistas usualmente ahorran entre 2 y 4 semanas de tiempo de construcción dado que no se ven retrasos en los trabajos de plomería, mecánica y eléctrica.

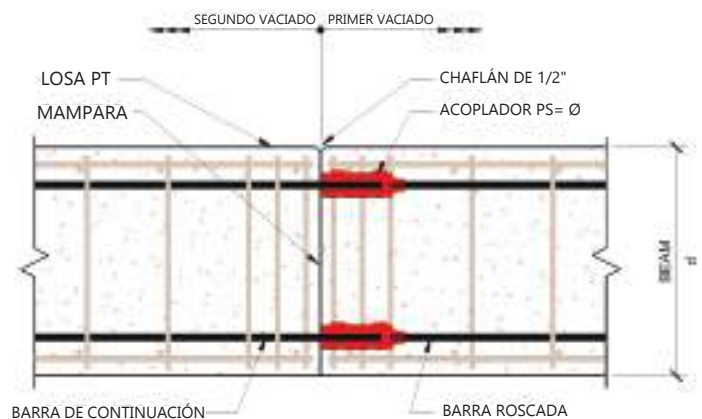


Fig 7. Junta de alivio PS=Ø de sujeción viga a viga.

Caso de Estudio

En Texas se terminó un estacionamiento de un hospital utilizando los acopladores PS=Ø (FIG 8). La estructura fue pos-tensada en un sentido en los niveles subterráneos. Los ingenieros eligieron usar los acopladores PS=Ø cerca del centro del edificio, considerado en la dirección larga, sin dejar franjas pendientes de colado en los extremos. También eligieron usar acopladores PS=Ø ranurados en las conexiones losa a muro en los niveles subterráneos donde ocurre la máxima restricción a la contracción (RTS). Al tratarse del estacionamiento de un hospital, el propietario, el ingeniero y el contratista deseaban obtener losas de concreto de alta calidad con mínimo agrietamiento para un comportamiento eficiente en el largo plazo, pero también requerían ponerlo en operación a tiempo. Mediante el uso del sistema de acopladores PS=Ø lograron extender el período original de inyección de "grout" de 28 a 75 días, sin impactar negativamente el calendario de trabajo original.

El estacionamiento se abrió 2 meses antes de lo programado y se obtuvieron losas de concreto de alta calidad. Basados en observaciones visuales, las losas y muros, especialmente en los niveles subterráneos, no presentan agrietamiento alguno.



Fig 8. Estacionamiento de hospital en Texas con tecnología PS=Ø.

No se ha observado ni reportado agrietamiento desde la terminación del proyecto, aún después de un invierno con sus contracciones térmicas correspondientes.

Resumen

El sistema de acopladores PS=Ø permite a los ingenieros diseñar elementos de concreto pos-tensado y reforzado con mayor libertad de contracción sin demerito de los programas de obra que ocasiona el colado de franjas pendientes. Con o sin tiras de pos-tensado temporal, los acopladores PS=Ø pueden usarse para liberar restricciones de contracción en:

- Juntas losa a losa
- Juntas losa a muro
- Juntas viga a viga

Las juntas losa a losa y losa a muro, utilizando o no tiras temporales de tensado, han permitido ahorro de costos utilizando ingeniería de valor, se han reemplazado losas de concreto reforzado (RC) con losas postensadas (PT) en losas subterráneas elevadas. Los acopladores o empalmes PS=Ø son fáciles de utilizar y rentables, lo que permite cumplir con los detalles de liberación de restricción a la contracción de la norma PTI DC20.2-22². Este tipo de detalles utilizando los acopladores PS=Ø consiguen estructuras de concreto de mayor calidad, más durables y de mayor vida útil, asegurando el cumplimiento de las normas y códigos para el acero de refuerzo, y permite un proceso constructivo más rápido, lo que significa un ganar-ganar en la industria del concreto.

Para más información sobre los sistemas PS=Ø visita la página: www.pourstrip0.com

Referencias

1. Reigstad, G.H.; Reigstad, J.G.; y Reigstad, J.M., "Diseñar para la Productividad y Seguridad en la Construcción", Concrete International, V. 43, Núm. 6, junio de 2021, pp. 51-55. Revista Concreto Latinoamérica Junio 2021, Vol. 2 No. 6 pp. 4-10.
2. PTI DC20.2-22, "Grietas de Restricción y su Mitigación en Estructuras de Edificación Postensadas No Adheridas", Post-Tensioning Institute, Farmington Hills, MI, 2022, 64 pp.

Gordon H. Reigstad es presidente de Reigstad Engineers, Inc., y PS=Ø. Tiene más de 50 años de experiencia en ingeniería estructural y diseño. Reigstad posee varias patentes centradas en la construcción de concreto armado y postensado, y ha sido miembro del Grupo de Trabajo de la Junta ACI sobre Productividad en la Construcción con Concreto. Obtuvo su doctorado en ingeniería estructural de la Universidad de Minnesota, Twin Cities, Minneapolis y St. Paul, MN, EE. UU., y forma parte del Comité de Planificación del Seminario Anual de Ingeniería Estructural de la Universidad de Minnesota.



Jason G. Reigstad es vicepresidente de Reigstad Engineers, Inc., y PS=Ø. Ha estado involucrado en la evaluación y restauración de estructuras de estacionamiento durante más de 34 años, además de realizar administración de construcción en el sitio en estructuras de gran escala a nivel nacional. El Engineering News-Record lo nombró uno de los "Top 25 Newsmakers" de 2017 por su trabajo en la investigación de estructuras de estacionamiento de doble T reforzadas con fibra de carbono. Es miembro del Comité ACI 347, Encofrados para Concreto. Obtuvo su licenciatura en ingeniería civil de la Universidad de Dakota del Norte, Grand Forks, ND, EE. UU.



Jared M. Reigstad es vicepresidente de Reigstad Engineers, Inc., y PS=Ø. Tiene más de 21 años de experiencia en diseño y construcción de ingeniería estructural. Forma parte del Comité Conjunto ACI-PCI 319, Código de Concreto estructural Prefabricado; del Subcomité Conjunto ACI-ASCE 408-A, Anclajes y Empalmes Mecánicos de Barras de Refuerzo; y de los Comités PTI DC-20, Comité de Diseño de Edificios, y DC-25, Comité de Estructuras de Estacionamiento. Obtuvo su licenciatura en ingeniería civil en Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, EE. UU., y su MCE en Norwich University, Northfield, VT, EE. UU., donde fue miembro adjunto del cuerpo docente en el programa de Maestría en Ingeniería Civil por más de 15 años.



Título original en inglés:
Tech Spotlight.
Designing for Construction
Productivity and Safety– In
Practice. New applications for
PS=Ø couplers

La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
Guatemala



Traductora y
Revisora Técnica:
Ing. Xiomara Sapón
Roldan