

Closure: Industrial Floors with Fiber-Reinforced Concrete

by Johan L. Silfwerbrand

The author thanks Xavier Destrée and Barzin Mobasher for their comments and efforts to provide the readers of *CI* with more information regarding fiber-reinforced concrete industrial floors. Their efforts to develop new solutions, test methods, and design methods to make concrete floors with a “steel fiber only” reinforcement strategy more competitive are gratefully acknowledged. However, some of the comments need to be discussed further.

The origin of the author’s article is a redesign of a Swedish pile-supported steel fiber concrete (SFC) slab for Friends Arena in Stockholm, Sweden, where the two different design methods summarized in the article were compared. The design thickness of the slab was calculated to be 350 mm (14 in.) and 450 mm (18 in.), respectively. This comparison was presented at the *fib* Symposium in 2012 in Stockholm in a co-authored paper.¹ The real slab is 350 mm thick, and, as far as the author knows, it still works perfectly well. On the other hand, the author has recently taken part as

an invited expert in a couple of damage investigations where SFC floors have cracked severely due to insufficient thickness and/or too heavy loading.

In Sweden, the two design methods still compete. In the author’s opinion, contractors should compete by selecting and offering different technical solutions with corresponding bids, but not by calculating in different ways. The intent of the *CI* article was to try to find probable explanations that the design method leading to smaller thicknesses often works well but not always. The author fully agrees with Destrée and Mobasher that we must minimize the global waste of resources and not make the floors thicker and add more fibers than necessary.

The author also agrees with Destrée and Mobasher that the serviceability limit state (SLS) often is as important as the ultimate limit state (ULS) when designing industrial concrete floors. The client prefers a slab with strict crack and deflection limitations. However, when speaking about conservative design, the structural engineer considers load-carrying capacity—in other words, ULS. If pile spacing and all other surrounding factors are equal, the load-carrying capacity is solely dependent on thickness and material properties. Also, if the material properties are equal, the failure probability diminishes with increased thickness. Decreased failure probability means an increased degree of conservatism. The author regrets using the wording “more venturesome” as a synonym for “less conservative” because “venturesome” may give the reader the wrong impression. Destrée and Mobasher may have misunderstood the comparison between different design methods as a comparison between different design solutions because they mention a Swedish approach using combinations of fibers and conventional reinforcement, for example, reinforcing bars and wire meshes. The author’s *CI* article is, however, focused on the very same materials and execution methods. The sole difference is limited to the calculation of the load-carrying capacity.

Eurocode 2 does not cover SFC.² Swedish design of buildings and civil engineering structures is based on the

Read **CI** ONLINE COVER-TO-COVER

A full version of the current issue of *Concrete International* is available to ACI members by logging in at www.concreteinternational.com.

Click “download the issue” on the magazine’s home page.



Eurocodes, and that is why “steel fiber only” reinforcement strategies cannot be used for load-carrying structures. If industrial concrete floors were considered load-carrying structures in the conventional sense, SFC floors without conventional reinforcement would not exist in Friends Arena, nor elsewhere in Sweden. But they do, and most of them are doing very well.

The next version of Eurocode 2 will include a chapter or a section on SFC structures, and that will make it possible to design not only slabs-on-ground and pile-supported slabs but also elevated beams and slabs in fiber concrete. The research needs identified by the author were all selected to find explanations for the observed scatter in the performance results of industrial SFC floors in Scandinavia. The author does not compare the importance of ULS studies with the weight of SLS investigations. Contrary, further research concerning the SLS—for example, shrinkage crack control—is of great interest because shrinkage cracking is often the most annoying problem.

References

1. Destrée, X., and Silfwerbrand, J., “Steel Fibre Reinforced Concrete in Free Suspended Slabs: Case Study of the Swedbank Arena in

Stockholm,” *Proceedings of 11th fib Symposium on Concrete Structures for Sustainable Community*, Stockholm, Sweden, June 11-14, 2012, pp. 97-100.

2. EN 1992-1-1:2004, “Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings,” European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2004, 225 pp.

Selected for reader interest by the editors.



Johan L. Silfwerbrand, FACI, is a Professor in structural engineering and bridges at KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. His research interests include industrial floors, fiber concrete, concrete repair, concrete roads, self-consolidating concrete, and concrete and fire. He is a member of ACI Committees 123, Research and Current Developments; 342, Evaluation of Concrete Bridges and Bridge Elements; 345, Bridge Construction and Preservation; and 546, Repair of Concrete. He is also active in the Swedish Concrete Association and the Fédération Internationale du Béton (*fib*).

MASONRY BUILDING CODE REQUIREMENTS

ACI Offers All Recent Editions of Masonry Building Code Requirements

The American Concrete Institute offers the 2016, 2013, and 2011 editions of Building Code Requirements for Masonry Structures. Available in both print and digital formats.



Learn more at
www.concrete.org



American Concrete Institute
Always advancing

Cierre: Pisos industriales de concreto reforzado con fibras

por Johan L. Silfwerbrand

El autor agradece a Xavier Destrée y Barzin Mobasher por sus comentarios y esfuerzos para proveer a los lectores del CI (Concrete International) con mayor información respecto a los pisos industriales de concreto reforzado con fibras. Sus esfuerzos por desarrollar nuevas soluciones, métodos de ensayos y métodos de diseño para hacer los pisos de concreto con la estrategia de refuerzo con “sólo fibras de acero” más competitivos son reconocidos con gratitud. Sin embargo, algunos de los comentarios requieren ser discutidos más a fondo.

El origen del artículo del autor es un rediseño de una losa sueca de concreto con fibras de acero (SFC) apoyada sobre pilotes para Friends Arena en Estocolmo, Suecia, donde los dos diferentes métodos de diseño resumidos en el artículo fueron comparados. El espesor de diseño de la losa se calculó en 350 mm (14 pulgadas) y 450 mm (18 pulgadas), respectivamente. Esta comparación fue presentada en un artículo de coautoría en el Simposio fib de 2012 en Estocolmo.¹ La losa real posee 350 mm de espesor y hasta donde el autor conoce, sigue funcionando de manera correcta. Por otra parte, el autor recientemente ha formado parte como invitado experto en un par de investigaciones de daños en pisos donde el piso de concreto con fibras de acero se ha agrietado severamente por espesores insuficientes y/o por cargas muy pesadas.

En Suecia, los dos métodos de diseño continúan compitiendo. En opinión del autor, los contratistas deberían competir seleccionando y ofreciendo diferentes soluciones técnicas con las ofertas correspondientes, pero no calculando estas en modos diferentes. La intención del artículo de CI era tratar de encontrar posibles explicaciones sobre el método de diseño que tiende a obtener menores espesores y que a menudo funciona bien, pero no siempre. El autor coincide totalmente con Destrée y Mobasher en que debemos minimizar el desperdicio global de recursos y no hacer pisos más gruesos y añadir más fibras de lo necesario.

El autor también está de acuerdo con Destrée y Mobasher en que el estado límite de funcionamiento (SLS) suele ser tan importante como el estado límite último (ULS) cuando se diseñan pisos de concreto industrial. El cliente prefiere una losa con estrictas limitaciones de fisuras y deflexión. No obstante, cuando se habla de un diseño conservador, el ingeniero estructural considera la capacidad de carga – en otras palabras, ULS. Si el espaciamiento entre pilotes y todos los demás factores alrededor son constantes, la capacidad de carga depende únicamente del grosor y las propiedades del material. Además, si las propiedades del material son constantes, la probabilidad de falla disminuye con el aumento del grosor. La disminución de probabilidad de falla indica un incremento en el grado de conservadurismo. El autor lamenta el haber utilizado la expresión “más audaz” como sinónimo de “menos

conservador” puesto que “audaz” puede dar al lector una impresión errónea. Es posible que Destrée y Mobasher hayan malinterpretado la comparación entre diferentes métodos de diseño como una comparación entre diferentes soluciones de diseño ya que mencionan un enfoque sueco que utiliza combinaciones de fibras y refuerzo convencional, por ejemplo, varillas de refuerzo y mallas de alambre. Sin embargo, el artículo del autor de CI se centra en los mismos materiales y métodos de ejecución. La única diferencia está limitada al cálculo de capacidad de carga.

El Eurocódigo 2 no cubre el SFC.² El diseño sueco de edificios y estructuras de ingeniería civil se basa en el Eurocódigo y es por ello que “únicamente fibras de acero” como estrategia de refuerzo no puede ser utilizado en estructuras que soportan carga. Si los pisos industriales de concreto fuesen considerados como estructuras que soportan carga en el sentido convencional, pisos de SFC sin refuerzo convencional no existirían en Friends Arena, ni en ningún otro lugar de Suecia. Pero existen, y la mayoría lo están haciendo bien.

La próxima versión del Eurocódigo 2 incluirá un capítulo o una sección sobre las estructuras SFC y eso permitirá diseñar no sólo losas sobre el suelo y losas apoyadas en pilotes, sino también vigas elevadas y losas de concreto con fibras. Las necesidades de investigación identificadas por el autor fueron seleccionadas para encontrar explicaciones a la dispersión observada en los resultados de desempeño de

los pisos industriales SFC en Escandinavia. El autor no compara la importancia de los estudios de ULS con el peso de las investigaciones sobre SLS. Por el contrario, investigaciones adicionales al SLS –por ejemplo, el control de las grietas por retracción – son de gran interés porque el agrietamiento por retracción es usualmente el problema más molesto.

Referencias

1. Destrée, X., y Silfwerbrand, J., “Concreto Reforzado con Fibras de Acero en Losas Suspendidas: Estudio del Caso Swedbank Arena en Estocolmo,” Actas del 11vo Simposio fib sobre Estructuras de Concreto para la Comunidad Sostenible, Estocolmo, Suecia, Junio 11-14, 2012, pp. 97-100.
2. EN 1992-1-1:2004, “Eurocódigo 2: Diseño de Estructuras de Concreto – Parte 1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificios,” Comité Europeo para la Normalización, Bruselas, Bélgica, 2004, 225 pp.



Johan L. Silfwerbrand, FACI, es un profesor en ingeniería estructural y de puentes en el KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia. Sus intereses de investigación incluyen los pisos industriales, el concreto con fibras, la reparación del concreto, las carreteras de concreto, el concreto autocompactante y el concreto y fuego. Es miembro de los comités ACI 123, Investigación y Desarrollos Actuales; 342, Evaluación de Puentes de Concreto y Elementos de Puentes; 345, Construcción y Preservación de Puentes; y 546, Reparación del Concreto. Es también activo en la Asociación Sueca del Concreto y de la Federación Internacional del Concreto (fib)

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Estudiantil de Costa Rica

Título: *Cierre: Pisos industriales de concreto reforzado con fibras*



Traductor:
Fabricio Fallas-Madriral



Revisor Técnico:
Luis Carlos Meseguer Quesada