

Capítulo 2. ANTECEDENTES

Índice

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1. | Universitat Politècnica de Catalunya..... | 11 |
| 2.2. | Luleå Tekniska Universitet..... | 13 |
| 2.3. | Technische Universiteit Delft..... | 13 |
| 2.4. | École Polytechnique Fédéral de Lausanne..... | 13 |
| 2.5. | Virginia Technology Institute and State University..... | 14 |
| 2.6. | Resumen..... | 14 |
| 2.6.1. | Nivel General..... | 14 |
| 2.6.2. | Nivel Local..... | 15 |
| 2.6.3. | Nivel Total..... | 15 |

Capítulo 2

ANTECEDENTES

A continuación referenciamos las investigaciones realizadas en el pasado en diversos centros universitarios, relativas única y exclusivamente al tema tratado en esta tesis: la simulación numérica de la transmisión de cortante longitudinal entre el acero y el hormigón en las losas mixtas.

El hecho de ser la presente tesis el resultado de la incorporación de su autor a una línea de investigación ya iniciada, estando en contacto con otros investigadores europeos de larga experiencia en el mismo campo, ha facilitado enormemente el establecimiento del estado actual de las investigaciones relativas a simulación numérica en losas mixtas.

Dada la vertiginosa evolución de la capacidad computacional de los sistemas informáticos, los antecedentes en este campo son muy escasos y de gran simplicidad. Las simulaciones presentadas en esta tesis no fueron consideradas viables al inicio de la misma (septiembre 2001) sino al cabo de unos meses, después de la adquisición de los equipos informáticos de última generación correspondientes a esas fechas.

En el momento de finalización de las tareas de simulación, a finales de 2004, continuó considerándose inviable la extensión de los modelos de elementos finitos más allá de los límites considerados, pero, como suele ocurrir cuando se usan herramientas computacionales, quizás en la fecha de depósito de esta tesis o en el día de su lectura pública hayan sido ya superadas dichas limitaciones.

2.1. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

En el *Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria* de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona*, el profesor **Frederic Marimon**, co-director de la presente tesis, está al frente de una línea de investigación cuyo objetivo es la mejora resistente de las losas mixtas.

La solicitud de colaboración en el diseño de un nuevo modelo de chapa por parte de un fabricante de chapa galvanizada y la realización de los correspondientes ensayos normativos, inició esta línea de trabajo en 1992. Desde entonces, los campos de actuación se han ido diversificando a medida que se incorporan nuevas personas, medios técnicos, e interacción con otros centros investigadores europeos, como el *ICOM* de la *EPF Lausanne* en Suiza, de larga trayectoria investigadora al respecto.

La Tabla 2-1 muestra en detalle los distintos campos de actuación, e indica el contexto del presente trabajo.

Antecedentes

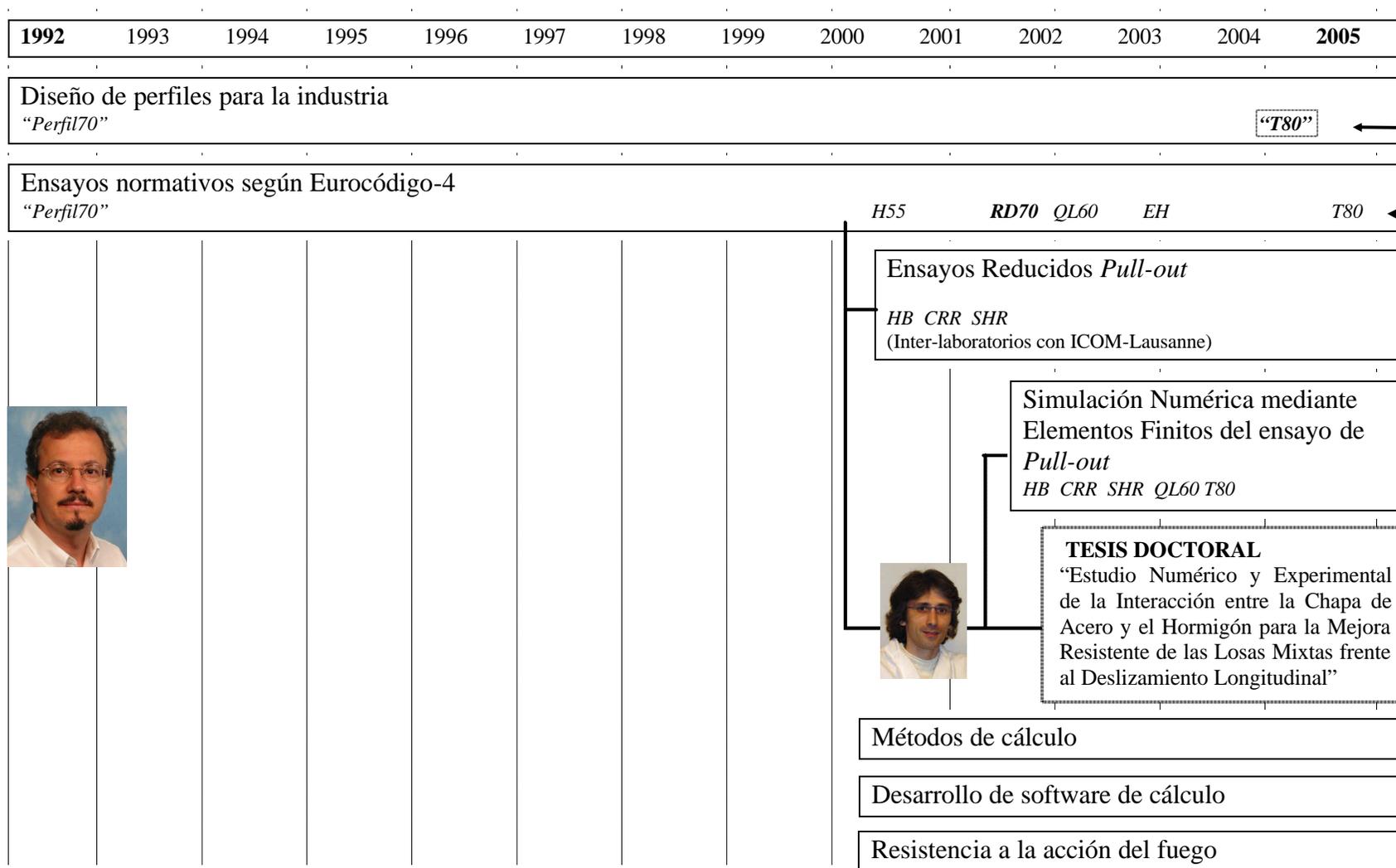


Tabla 2-1

2.2. LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

La División de Estructuras de Acero del Departamento de Ingeniería Civil de la universidad sueca Luleå Tekniska Universitet, encabezada por el profesor Bernt Johansson, desarrolló durante el período comprendido entre el año 1991 y 2001 el proyecto de investigación liderado por **Milan Veljkovic** “*Partial interaction in composite slabs*”.

Las dos primeras fases del proyecto se resumen en la tesis doctoral presentada por M. Veljkovic en 1996 “*Behaviour and Resistance of Composite Slabs*”, cuyo objetivo es el análisis de los fallos resistentes de las losas mixtas por deslizamiento longitudinal y flexión. Se usa un método analítico basado en ensayos de escala reducida y simulaciones MEF realizadas en colaboración con la Technische Universiteit Delft (Países Bajos).

La tesis está enfocada al estudio del comportamiento global de la losa y métodos de cálculo. Así, las simulaciones numéricas realizadas pretenden reproducir el comportamiento general de la losa y no modelizan localmente la interacción de las embuticiones, sino que incorporan su comportamiento, obtenido a partir de ensayos, al modelo global.

La tercera fase del proyecto (1997-2001) pretende promocionar el método de diseño propuesto en la tesis, preparación de propuestas para su inclusión en EUR-4 parte 1 y la cooperación internacional en el área de las losas mixtas.

La validación de los modelos propuestos se inició en colaboración con la División de Estructuras de Acero del ICOM en Lausanne (Suiza)

2.3. TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

En el año 2001, en esta universidad neerlandesa, **R. G. Shuurman** presenta la tesis doctoral “*The Physical Behaviour of Shear Connections in Composite Slabs*” donde se estudia localmente la interacción entre acero y hormigón y se desarrollan los métodos de análisis “*Visual Solution Method*” para conexiones simples, “*Simplified Frame Models*” para conexiones más complicadas y “*Finite Elements Models*” para incluir fenómenos no lineales.

Las simulaciones de elementos finitos desarrolladas abordan localmente las embuticiones con el fin de validar los modelos SF (*Simplified frame models*). Por limitaciones de tamaño de los modelos MEF, sólo se realizan simulaciones de sección transversal 2D o semi-3D.

En el texto de la tesis no se exponen los detalles de los modelos MEF realizados (geometría, condiciones de contorno, mallas, etc.). Tan solo se comenta, a título de ejemplo, el uso de elementos sólidos para el hormigón, elementos placa para el acero y la modelización local del hormigón como un cilindro sólido frente a una embutición circular. El objetivo de la simulación es la determinación de la evolución local de las fuerzas de contacto, y no la caracterización general del deslizamiento de la losa.

2.4. ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRAL DE LAUSANNE

Michel Crisinel, jefe de sección del ICOM- *Laboratoire de la Construction Métallique* de la *Faculté de l’Environnement Naturel, Architectural et Construit* (ENAC) en dicha universidad suiza, está al frente de la línea de investigación *Eléments de bâtiment*.

El ensayo de *Pull-out* fue diseñado en el ICOM por Byron J. Daniels (1988). Las actividades principales realizadas son de carácter teórico-experimental con algunas

simulaciones numéricas globales de las losas, donde la interacción local es introducida idealmente a partir de resultados experimentales.

En el último artículo publicado en el *J. Construct Steel Research* 28 (2003) “A New Simplified Method for the Design of Composite Slabs”, los autores M. Crisinel y F. Marimon proponen un nuevo método simplificado de cálculo de interacción parcial en losas mixtas, basado en los resultados del ensayo de *Pull-out*.

2.5. VIRGINIA TECHNOLOGY INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY

W. Samuel Easterling es el director del *Structures and Materials Laboratory* del departamento *Civil and Environmental Engineering*, en la universidad norteamericana *Virginia Technology Institute*. Uno de sus principales campos de investigación es el de la estructura mixta y, concretamente, las losas mixtas de chapa conformada. A este respecto ha dirigido las tesis doctorales: 1997, Widjaja, B. R. “Analysis and Design of Steel Deck-Concrete Composite Slabs”; 2001, Guirola, M. R. “Strength and Performance of Fiber-Reinforced Concrete Composite Slabs”; 2002, Traver, T. M. “Behavior and Strength of Simple and Continuous Span Re-Entrant Composite Slabs”; 2004, Abdullah, Redzuan “Experimental Evaluation and Analytical Modeling of Shear Bond in Composite Slabs”.

Todas ellas analizan de alguna forma el comportamiento de las losas mixtas, y, en algunos casos, se incorporan simulaciones con elementos finitos. Sin embargo, estos estudios enfocan el problema desde una perspectiva de análisis estructural global. La interacción micromecánica entre las embuticiones de la chapa y el hormigón se determina a partir de ensayos y se introduce la respuesta en modelos numéricos globales de la losa a través de elementos de interacción nodo-nodo no lineales.

La más elaborada de las simulaciones por elementos finitos, corresponde a la última tesis mencionada, leída en el año 2004 por R. Abdullah, donde se modeliza un nervio de la losa en toda su longitud, con elementos placa para el acero y elementos sólidos 3D para el hormigón. La interacción que ejercen las embuticiones se introduce en forma de elemento nodo-nodo de rigidez no lineal.

2.6. RESUMEN

Existen tres niveles de aproximación a la simulación de la transferencia de cortante en las losas mixtas: **nivel general**, donde se simula la losa completa introduciendo elementos de interacción que contienen la respuesta experimental del deslizamiento; **nivel local**, donde se simula únicamente el entorno de la zona de contacto entre acero y hormigón y se prescinde de la geometría general de la chapa; **nivel total**, una de las aportaciones de esta tesis, donde idealmente se pretenden modelizar “tal y como son” tanto el hormigón como el acero, definiendo adecuadamente la condición de contacto deslizante entre ambos componentes.

2.6.1. Nivel General

Se han definido numerosos procedimientos para la simulación de losas mixtas a nivel general. En este tipo de modelizaciones no se pretende obtener cuál es la respuesta frente al deslizamiento longitudinal, sino que ésta se introduce a través de elementos simples de interacción nodo-nodo, como dato conocido obtenido experimentalmente.

Su objetivo es descubrir el comportamiento general de la losa y su funcionamiento dentro de la estructura principal de la construcción. En definitiva, se trata de una típica simulación destinada a la evaluación de esfuerzos y deformaciones necesaria en cualquier proceso de diseño y cálculo estructural.

2.6.2. Nivel Local

Algunas simulaciones realizadas previamente, para intentar determinar cómo se transmite localmente el cortante longitudinal a través de las embuticiones, abordan el estudio numérico mediante modelos que reproducen una embutición aislada. Se han analizado únicamente embuticiones del tipo “botón”, simulando exclusivamente el hormigón ubicado justo en la embutición, con el fin de reproducir la evolución cinemática del contacto, independientemente de la mecánica general de la losa, de la flexión transversal de la chapa e independiente también de la interacción entre embuticiones consecutivas.

Por otro lado, debido a las limitaciones computacionales del momento, se han modelado únicamente geometrías muy simples de embutición (esférica, piramidal) y los materiales han sido tratados como elásticos y lineales. Las limitaciones de dicho enfoque son evidentes.

2.6.3. Nivel Total

Hemos utilizado el término *nivel total* para designar la tipología (escala, dominio y simplificaciones) de las simulaciones aportadas en la presente tesis. En ellas se pretende simular la interacción entre la chapa y el hormigón de la forma más fidedigna posible, utilizando los recursos computacionales de tipo PC disponibles. La interacción se modeliza con las mínimas simplificaciones e idealizaciones posibles para aproximarse lo más posible a la realidad.

