

Per a tu, Núria.
Suport i paciència
immensos, incondicionals, imprescindibles.
Gràcies.

A l'Albert,

de qui rebo
lliçó diària,
magistral,
doctoral.

Als meus pares,

ànima i ales
de
tot
el
que
sóc
i
faig,
senzillament.

A la família sencera,

sòl,
fonament,
estructura,
sostre
... col·laborant.

**Estudio Numérico y Experimental de la Interacción
entre la Chapa de Acero y el Hormigón**
para la Mejora Resistente de las Losas Mixtas frente al Deslizamiento Longitudinal

Miquel Ferrer Ballester

Estudio Numérico y Experimental de la Interacción entre la Chapa de Acero y el Hormigón

para la Mejora Resistente de las Losas Mixtas frente al Deslizamiento Longitudinal

Tesi llegida per

Miquel Ferrer Ballester
enginyer industrial

el dia de de 2006
a la Universitat Politècnica de Catalunya
per a l'obtenció del grau de Doctor,

essent-ne els directors

Dr. Frederic Marimon Carvajal

Dr. Francesc Roure Fernández

i els membres del tribunal

President:	Dr. Josep Maria Fornons Garcia	UPC
Secretari:	Dr. Xavier Ayneto Gubert	UPC - IDOM
Vocal:	Dr. Pere Alavedra Ribot	UPC
Vocal:	Dr. Josep de C. Torrella Cascante	Ingeniería Torrella
Vocal:	Dr. Miguel Gómez Navarro	MC2 Estudio de Ingeniería

PRÒLEG I AGRAÏMENTS

El setembre de 2001, l'autor d'aquesta tesi abandonà la seva activitat professional, dins el camp de la investigació i innovació tecnològica al sector de l'automòbil, per incrementar la seva dedicació universitària com a professor associat a l'*Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB)* de la *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)*, concretament al *Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (DRMEE)*. Allà va continuar amb la seva activitat docent, iniciada el 1995, i s'incorporà a la línia de treball liderada pel professor Dr. Frederic Marimon Carvajal, codirector de la tesi, dedicada al disseny i assaig de lloses mixtes.

Això suposà també el canvi del camp previst per al desenvolupament de la seva tesi doctoral, inicialment dedicada als sistemes de protecció contra impacte al sector de l'automoció i de l'emalatge, i, malgrat manté oberta certa activitat en aquest camp, l'orientació predoctoral donà un gir radical en iniciar un nou camí de recerca dins l'enginyeria d'estructures d'edificació: **la simulació numèrica de la mecànica de fallida per rasant longitudinal a les lloses mixtes.**

L'autor vol agrair molt intensament al professor F. Marimon, la proposta d'incorporació a aquesta línia de treball, car significà un avanç decisiu per a aquest doctorand, en tractar-se d'una línia de recerca de la que es disposava ja de gran quantitat d'informació; els objectius es definiren amb molta concreció; eren ja coneguts alguns antecedents i estaven ja establerts certs contactes internacionals del més alt nivell científic, amb els que se certificava l'originalitat dels treballs a desenvolupar. El principal objectiu: cobrir la gran mancança de recerca en relació a la micromecànica d'interacció entre la xapa i el formigó, fonament resistent de les lloses mixtes.

Aquest doctorand aportà a aquesta línia de treball la seva llarga experiència en simulació numèrica mitjançant el mètode dels elements finits (MEF), experiència adquirida des de 1991 com estudiant becari del mateix departament i intensificada enormement durant els tres anys d'activitat professional a l'empresa *ST Mecànica Aplicada*, enginyeria pionera en l'aplicació i difusió d'aquest mètode a la indústria catalana, fundada l'any 1987 pel també professor del DRMEE Dr. Xavier Ayneto, a qui l'autor desitja agrair explícitament els seus nombrosos i valuosos ensenyaments, tant teòrics com pràctics i metòdics.

Aquesta experiència sobre el MEF és la que fonamenta el desenvolupament d'aquesta tesi, emmarcada en la intersecció entre l'enginyeria de producte i l'enginyeria d'estructures d'edificació, camp ben representatiu de la formació de l'enginyer industrial especialitzat en mecànica d'estructures, col·lectiu al qual aquest doctorand se sent honorat de pertànyer.

El MEF és l'eina amb la què s'han simulat els fenòmens físics determinants del comportament de les lloses mixtes i la seva mecànica resistent. De l'anàlisi dels seus resultats i d'alguns assaigs sobre models reals, s'han obtingut descripcions, raonaments, verificacions, noves hipòtesis, idees i conclusions que constitueixen, amb el propi procediment de simulació, l'aportació original de la tesi.

Identificada la transmissió d'esforç rasant longitudinal com el principal problema en el disseny de xapes d'acer per a lloses mixtes, la tesi està dedicada a la descripció, anàlisi paramètrica comparativa i, en menor mesura, assaig dels mecanismes resistents i de fallida dels sistemes habitualment usats a l'actualitat i estableix un procediment de simulació que facilita la tasca de disseny d'aquest producte industrial.

D'aquesta investigació es desprèn també un nou disseny convencional optimitzat de xapa, que valida el procediment seguit tot materialitzant-lo en aquest nou producte.

L'autor desitja expressar els següents agraïments:

En primer lloc, a tots els companys del DRMEE de l'ETSEIB, en especial als directors de la tesi, Dr. Frederic Marimon i Dr. Francesc Roure també com a cap del Laboratori d'Elasticitat i Resistència de Materials (LERMA), on s'han dut a terme tots els assaigs, per l'ajuda i suport rebuts en el dia a dia d'aquesta investigació i també al professor Dr. Josep Maria Fornons, per l'exemple de passió per la professió i l'ensenyament de l'enginyeria d'estructures.

Als companys J. Espada i F. J. Garcia, tècnics del Laboratori d'Elasticitat i Resistència de Materials (LERMA), pel rigor professional en la realització d'assaigs sobre models reals de lloses. Els seus suggeriments i la seva valuosa experiència en la tècnica de l'extensometria elèctrica agilitaren enormement la discussió i establiment de procediments d'assaig i la seva execució.

Per altra banda, desitja agrair especialment al professor Dr. F. Marimon la tasca que permeté a aquest doctorand la seva inclusió al grup de treball "Mixed Building Technologies" pertanyent a l'acció europea COST C12 "Improving Buildings' Structural Quality by New Technologies", en representació del nostre país. L'experiència que aquesta participació va comportar, d'intercanvi científic, cultural i personal amb investigadors de tots els països europeus, fou extraordinària.

A l'Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya i a l'Agrupació Sòcio-Cultural dels Enginyers Industrials de Catalunya, pel suport econòmic rebut amb la concessió, l'any 2003, de la *Beca per al desenvolupament de tesis doctorals d'enginyeria industrial*; i també per la concessió, a tot el grup de treball, del *Premi Internacional a la Creativitat*, convocatòria 2005, pel disseny d'una nova xapa d'acer per a lloses mixtes.

Finalment, a l'empresa *Metalperfil, S.A.* per la confiança dipositada en aquest grup de recerca liderat pel professor Dr. F. Marimon, per al disseny del perfil *Acercol80 (T80* al text d'aquesta tesi), finalment materialitzat i posat en obra al nou edifici de gran alçada Torre Repsol-YPF a la ciutat de Madrid i a d'altres edificis singulars.

Miquel Ferrer Ballester
Barcelona, 29 d'agost de 2005