

MATERIALI, TECNOLOGIA E TECNICHE COSTRUTTIVE

Relazione Generale



Roberto Realfonzo

Dipartimento di Ingegneria Civile
Università di Salerno
rrealfonzo@unisa.it

ITALIAN CONCRETE DAYS

Giornate AICAP 2016 - Congresso CTE

EVOLUZIONE E SOSTENIBILITA' DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO

Roma, 27-28 Ottobre 2016

INTRODUZIONE

SESSIONE

Materiali, Tecnologia e Tecniche Costruttive

80 memorie suddivise su molteplici temi, di cui:
38 presentate dagli Autori nei 2 giorni di Congresso
42 non presentate



INTRODUZIONE

□ TEMI TRATTATI

80 memorie suddivise su diversi temi:

□ Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo

22 memorie

□ Rinforzo strutturale/Riduzione rischio sismico

10 memorie

□ Prefabbricazione

11 memorie

□ Modellazione

9 memorie

□ Normative e Linee Guida: Approfondimenti e proposte

6 memorie

□ Ponti e Viadotti

12 memorie

□ Opere varie

10 memorie



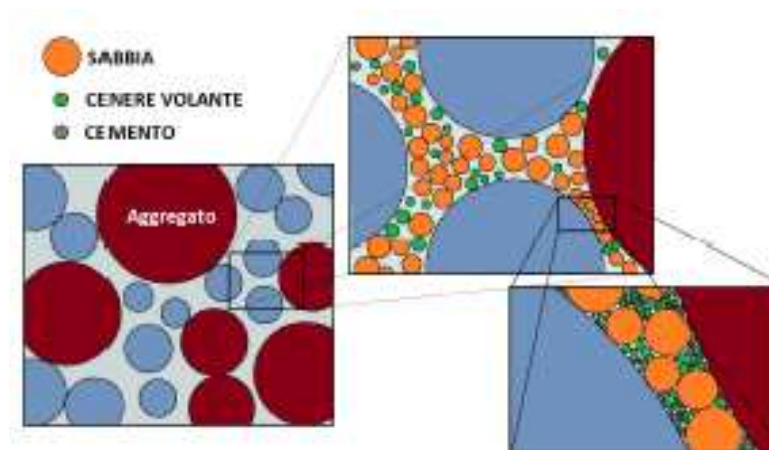
INTRODUZIONE

1. Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo

- Calcestruzzi con **Cemento Solfoalluminoso (3 paper)**
- **RAC** - Utilizzo di aggregati da riciclo (5)
- Uso di **cenere volanti (4)**
- Calcestruzzi **fibro-rinforzati - FRC (5)**

Nel medesimo sottogruppo:

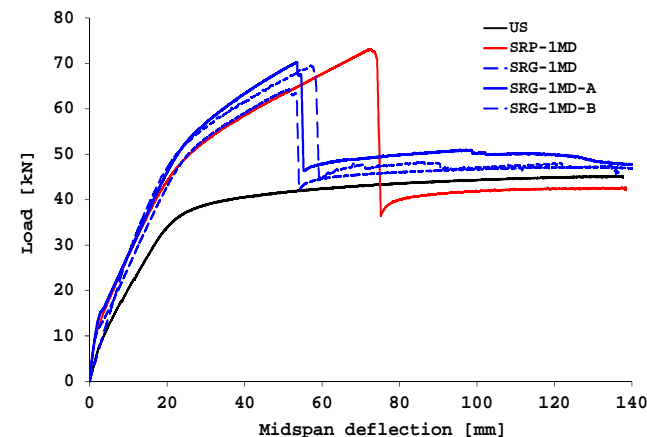
- **Additivi (2)**
- **Test in situ** per la determinazione della resistenza del calcestruzzo (3)



INTRODUZIONE

2. Rinforzo Strutturale e Riduzione Rischio Sismico

- Materiali compositi a matrice cementizia - **FRCM (5 paper)**
 - *Rinforzo strutture in c.a.*
strutture in muratura
- Materiali compositi a matrice polimerica – **SRP (1*)**
- Rinforzo con **barre esterne non aderenti (1)**
- **Controventi tipo BRAD (1)**
- **Ruolo delle Tamponature** nella risposta di telaio in c.a. **(1)**
- Emergenza post-sisma: **interventi di messa in sicurezza VVFF (1)**
- **Miglioramento sismico di un Viadotto (1)**



INTRODUZIONE

3. Prefabbricazione

- La Prefabbricazione nell'Edilizia residenziale (1 paper)
- Dispositivi di Connessione (6)
 - Collegamento trave-tegolo (2*)
 - Connessioni tra pannelli di tamponamento (1+1*)
 - Connessioni bullonate pilastro-fondazione (1*)
 - Ancoranti chimici per connessioni piastra-fondazione (1)
- Rinforzo di conci prefabbricati per tunnel (1)
 - Armatura con barre in GFRP (1*)
- Elementi prefabbricati innovativi (3)
 - Pareti prefabbricate alleggerite (1)
 - Un tegolo di grande luce (1)
 - Un solaio alleggerito con elementi prefabbricati in composito fibrorinforzato (1)



* Memorie presentate dagli autori



INTRODUZIONE

** Memorie presentate dagli autori*

4. Modellazione

➤ Travi (2 paper)

- *Influenza della precompressione nell'interazione taglio longitudinale-flessione trasversale nelle sezioni a cassone (1)*
- *Resistenza a taglio di travi in c.a. in presenza di armature trasversali disposte lungo due giaciture (1*)*

➤ Solette/piastre (3)

- *Resistenza a punzonamento di piastre in c.a. (2)*
- *Analisi di piastre in FRC su suolo elastico (1)*

➤ Pareti (1)

- *Comportamento di pareti in c.a con differente sezione trasversale e soggetti a carichi bidirezionali (1*)*

➤ Conci prefabbricati (1)

- *Analisi dello stato tensionale per rivestimenti in anelli di conci prefabbricati (1)*

➤ Materiali cementizi (1)

- *Approccio generale per la modellazione del calcestruzzo (1*)*

➤ Isolatori (1)

- *Modellazione degli isolatori del tipo a pendolo inverso (1)*



INTRODUZIONE

5. Normative e Linee Guida: approfondimenti e proposte

- **Elementi in c.a.p. pretesi (1 paper)**
 - *Determinazione della corretta lunghezza di trasmissione*
- **Tirante in c.a. (1)**
 - *Valutazione dell'effetto delle fessure secondarie*
- **Piastre in c.a. (2)**
 - *Stima della resistenza a punzonamento di piastre prive di armature trasversali (1*)*
 - *Progettazione di piastre appoggiate su pilastri realizzate in FRC (1*)*
- **Ponti e Viadotti (1)**
 - *Progetto costruttivo al di fuori della zona EU utilizzando gli Eurocodici*
- **Opere di Ingegneria geotecnica (1)**
 - *Progetto allo SLU delle opere governate dall'interazione terreno-struttura*



* *Memorie presentate dagli autori*



INTRODUZIONE

6. Ponti e Viadotti

** Memorie presentate dagli autori*

- **Impiego di calcestruzzi leggeri (1 paper)**
- **Procedimenti costruttivi innovativi (4)**
 - *Metodo del sollevamento bilanciato (che non prevede cassature) (1*)*
 - *Metodo “top-down” (1)*
 - *Metodo a casseri scivolanti e a casseri rampanti per esecuzioni di torri ad “A” (1*)*
 - *Realizzazione di casseformi “speciali” per la costruzione in acqua di basamenti in c.a. (1*)*
- **Descrizione di progetti (6)**
 - *Ponti in curva a guscio (1)*
 - *Ponti strallati (1)*
 - *Viadotti a conci prefabbricati (2*)*
 - *Viadotti con impalcato continuo o in semplice appoggio (2)*
- **Tecnologia del c.a.p. nella costruzione dei ponti (1)**



INTRODUZIONE

7. Opere varie

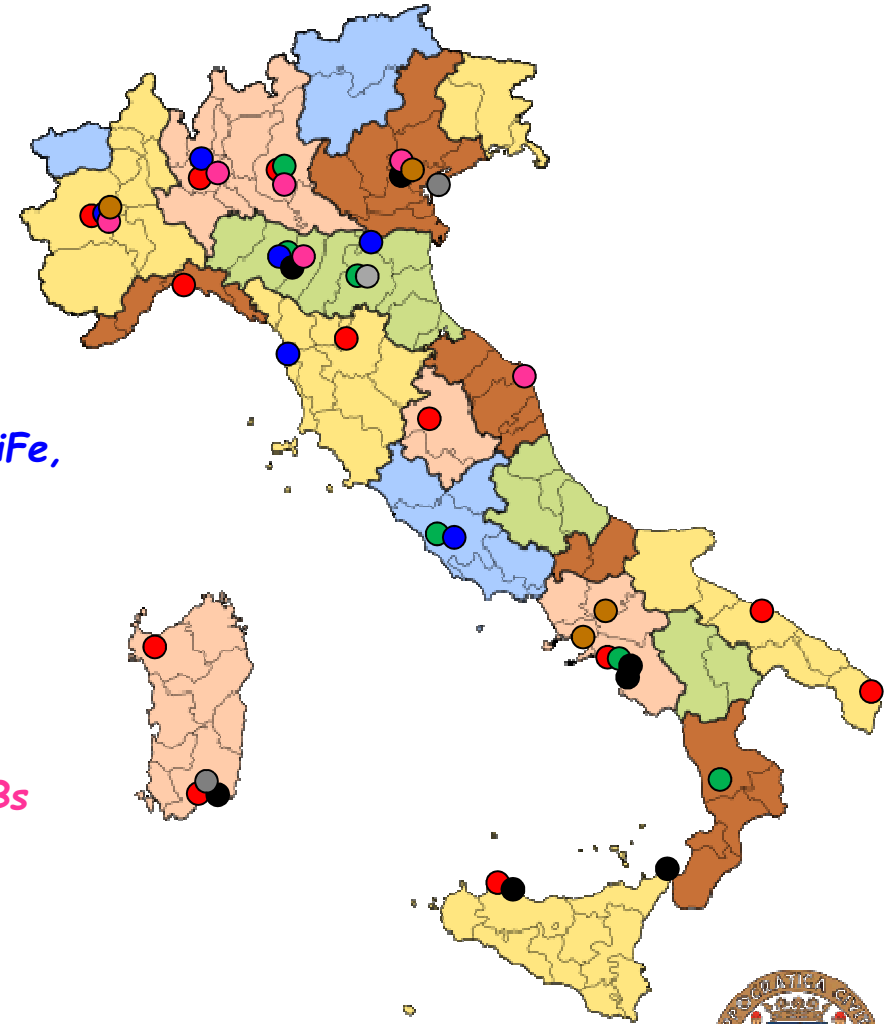
- Progettazione di edifici di rilevanza architettonica/strutturale (2+1* paper)
- Progettazione di impianti (3*)
- Progettazione di elementi in c.a. mediante stampa 3D (1)
- Proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici (2*)
 - Soluzioni progettuali
 - Metodi di analisi "multi-criteria"
- Applicazione di calcestruzzi ad altissime prestazioni nell'arredo urbano (1*)

* *Memorie presentate dagli autori*



Distribuzione Geografica

- **Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo**
 - ✓ n.4: PoliMi; n.2: UniGe, UniSalento, UniSa, PoliTo; n.1: UniBs, UniFi, PoliBa, UniPerugia, UniCa, UniPa, UniSs
- **Rinforzo strutturale/Riduzione rischio sismico**
 - ✓ n.1: UniCal, UniSa, UniBs, UniPr, UniRoma3, UniBo, UniSalento
- **Prefabbricazione**
 - ✓ n.7: PoliMi; n.1: PoliTo, UniBo, UniRoma2, UniFe, UniPi
- **Modellazione**
 - ✓ n.2: UniMe, UniPa, UniPr; n.1: UniRoma1, UniRoma2, UniCa, UniPd
- **Normative e Linee Guida: Approf. e Proposte**
 - ✓ n.1: PoliMi, UniPd, PoliTo, UnivPm, UniFi, UniBs
- **Ponti e Viadotti**
 - ✓ n.1: IUAV, UniBo, UniCa
- **Opere varie**
 - ✓ n.1: UniSannio, PoliTo, UniNa, UniPv



Distribuzione per «settori»



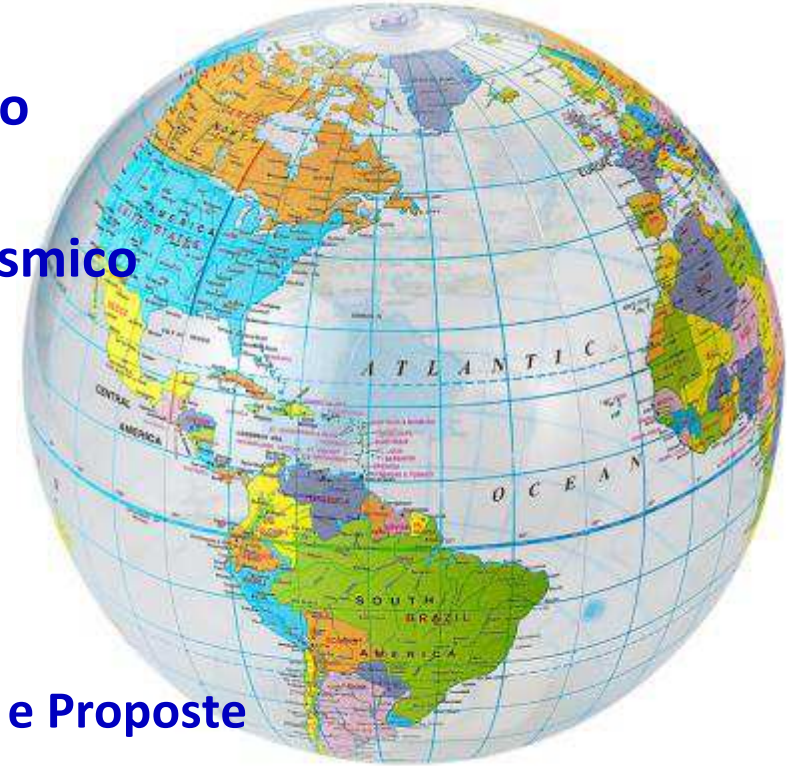
Ricerche «sostenute» dall'Industria

- **Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo: n.8**
- **Rinforzo strutturale/Riduzione rischio sismico: n.2**
- **Prefabbricazione: n.2**
- **Modellazione: ∅**
- **Normative e Linee Guida: Approfondimenti e Proposte: ∅**
- **Ponti e Viadotti: n.2**
- **Opere varie: n.2**



Collaborazioni internazionali

- **Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo**
 - ✓ *n.4: Argentina, Irlanda, Brasile, Spagna*
- **Rinforzo strutturale/Riduzione rischio sismico**
 - ✓ *n. 1: Inghilterra*
- **Prefabbricazione**
 - ✓ *n.2: Finlandia, Repubblica del kosovo*
- **Modellazione**
 - ✓ *n.3: Svizzera, Polonia, Francia*
- **Normative e Linee Guida: Approfondimenti e Proposte**
 - ✓ \emptyset
- **Ponti e Viadotti**
 - ✓ *n.3: Germania, Austria, Repubblica Ceca*
- **Opere varie**
 - ✓ *n.2: Spagna*



Sottogruppo 1

Sostenibilità e Durabilità del Calcestruzzo

(22 memorie di cui 11 non presentate)



Sostenibilità

- **Migliorare l'efficienza della produzione di cemento**
- **Ridurre l'uso di Cemento Portland**
- Includere materiale da riciclo e materie prime alternative nella produzione di cemento e calcestruzzo
- Migliorare la durabilità delle strutture in calcestruzzo (life-cycle design, riparazioni 'robuste')
- Promuovere la progettazione di edifici in 'calcestruzzo verde' (green concrete)



CEMENTI SOLFO-ALLUMINOSI

3 paper: confronto tra le prestazioni di calcestruzzi con OPC – CSA – OPC+CSA

	Portland Clinker	Sulphoaluminate clinker
CO ₂ emitted per ton of clinker	535 Kg/t	305 Kg/t
Specific heat consumption	3.845 GJ/t	3.305 GJ/t
Energetic cost for milling	45 to 50 kWh	20 to 30 kWh

Data from Bibliography

Low Carbon footprint

Low CaCO₃ content: 45 - 50 % (80% in Portland clinker)

Energy for C₄A₃ \bar{S} : ~ 800KJ/Kg (~1848 KJ/Kg for C₃S)

High porosity of CSA



CEMENTI SOLFO-ALLUMINOSI

Prestazioni tecniche ed ambientali di calcestruzzi a base di cemento solfoalluminoso in confronto al sistema classico a base di cemento portland

Bianchi et al. (BUZZI UNICEM)

Interessante **confronto tra le prestazioni** di calcestruzzi realizzati con **OPC** e calcestruzzi realizzati con **CSA** (impatto tecnico ed ambientale)

Il CSA conferisce:

minor ritiro igrometrico

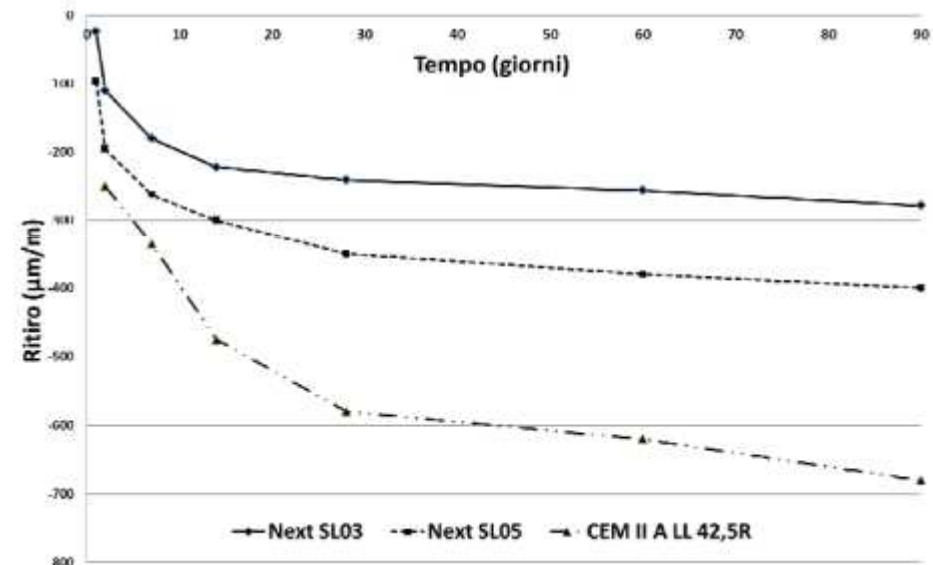
maggior resistenza a breve termine

elevate resistenze meccaniche

lavorabilità analoga (additivo fluidificante)

Ridotta emissione di CO₂

Minor consumo energetico



CEMENTI SOLFO-ALLUMINOSI

Prestazioni del cemento solfo alluminoso nelle pavimentazioni in calcestruzzo
Tortelli et al. (ITALCEMENTI + Univ. di BRESCIA)

Altro confronto

Prestazioni di pavimentazioni in calcestruzzo realizzato con **100% OPC** ovvero con una miscela **OPC/CSA (60%+40%)** (*parziale sostituzione di Cemento Portland*)

Lastre esposte a condizioni ambientali esterne per 4 settimane

Monitoraggio della fessurazione e del profilo di incurvamento



a)



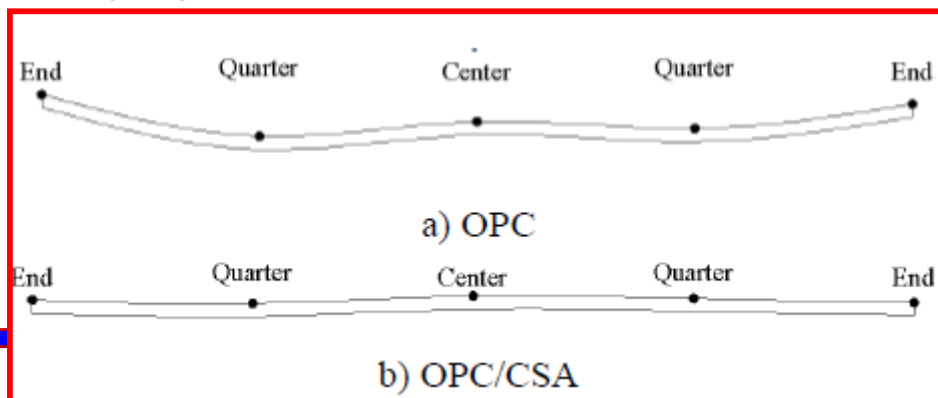
b)



c)



d)



Deformata della pavimentazione a 28 gg
(ritiro non lineare + gradienti di ritiro
nello spessore)



CEMENTI SOLFO-ALLUMINOSI

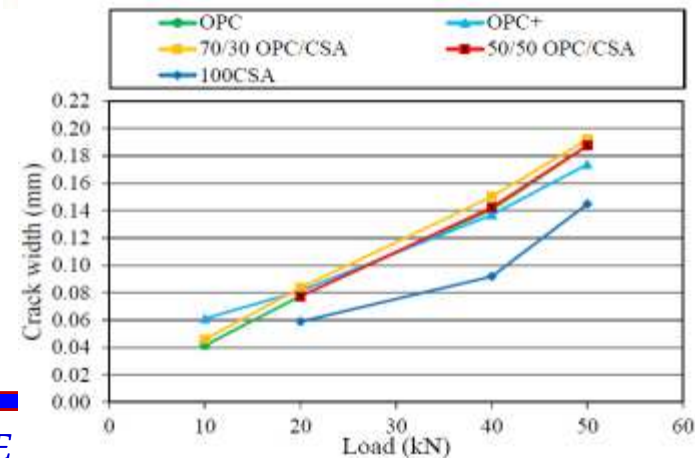
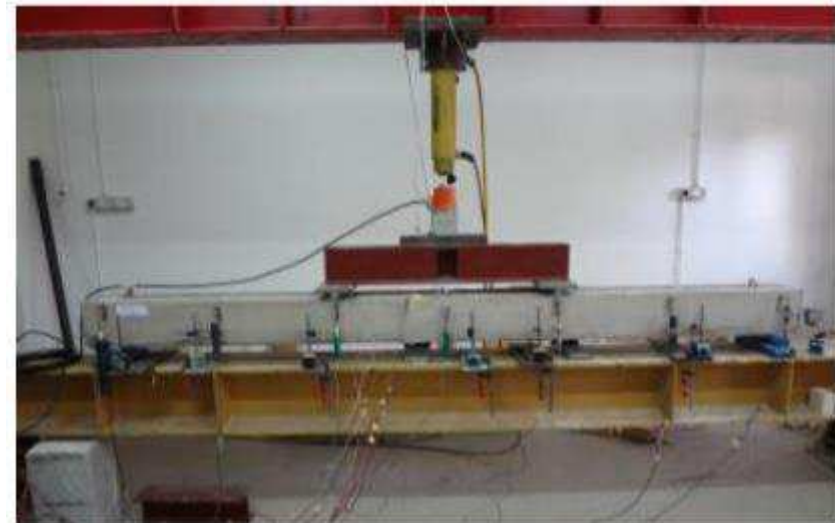
Studio del comportamento meccanico di elementi strutturali in calcestruzzo armato al variare del rapporto tra cemento Portland e Solfoalluminoso adottato
Colonna et al. (ITALCEMENTI + Univ. del SALENTO)

Confronto tra le prestazioni di **travi in c.a.** realizzate utilizzando come legante l'**OPC**, il **CSA** ovvero miscele **OPC+CSA** (impatto tecnico ed ambientale)

Il CSA conferisce:
maggior resistenza a breve termine

La trave 100CSA ha manifestato la maggiore resistenza a flessione e un quadro fessurativo minore

Sono in corso prove di durabilità

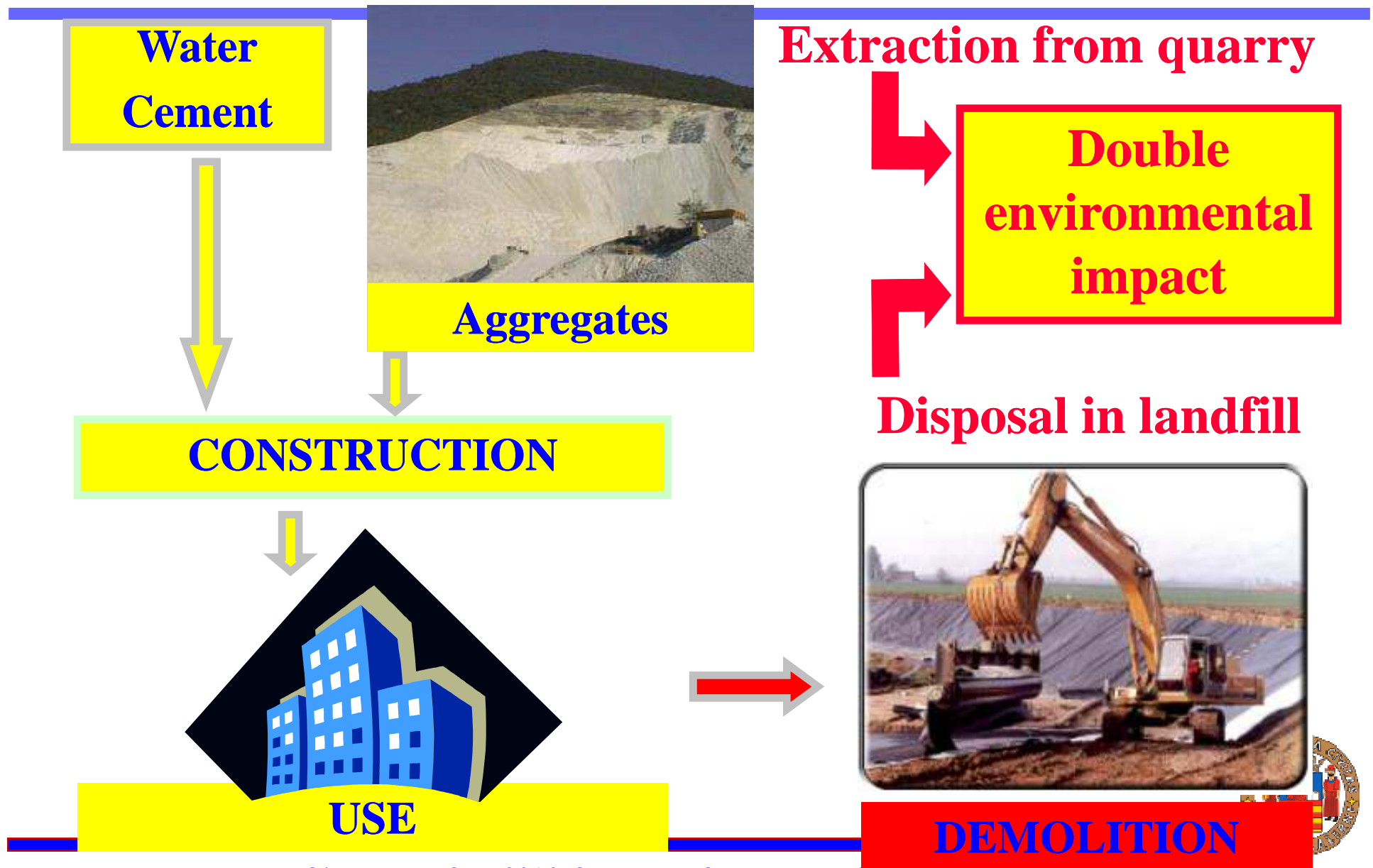


Sostenibilità

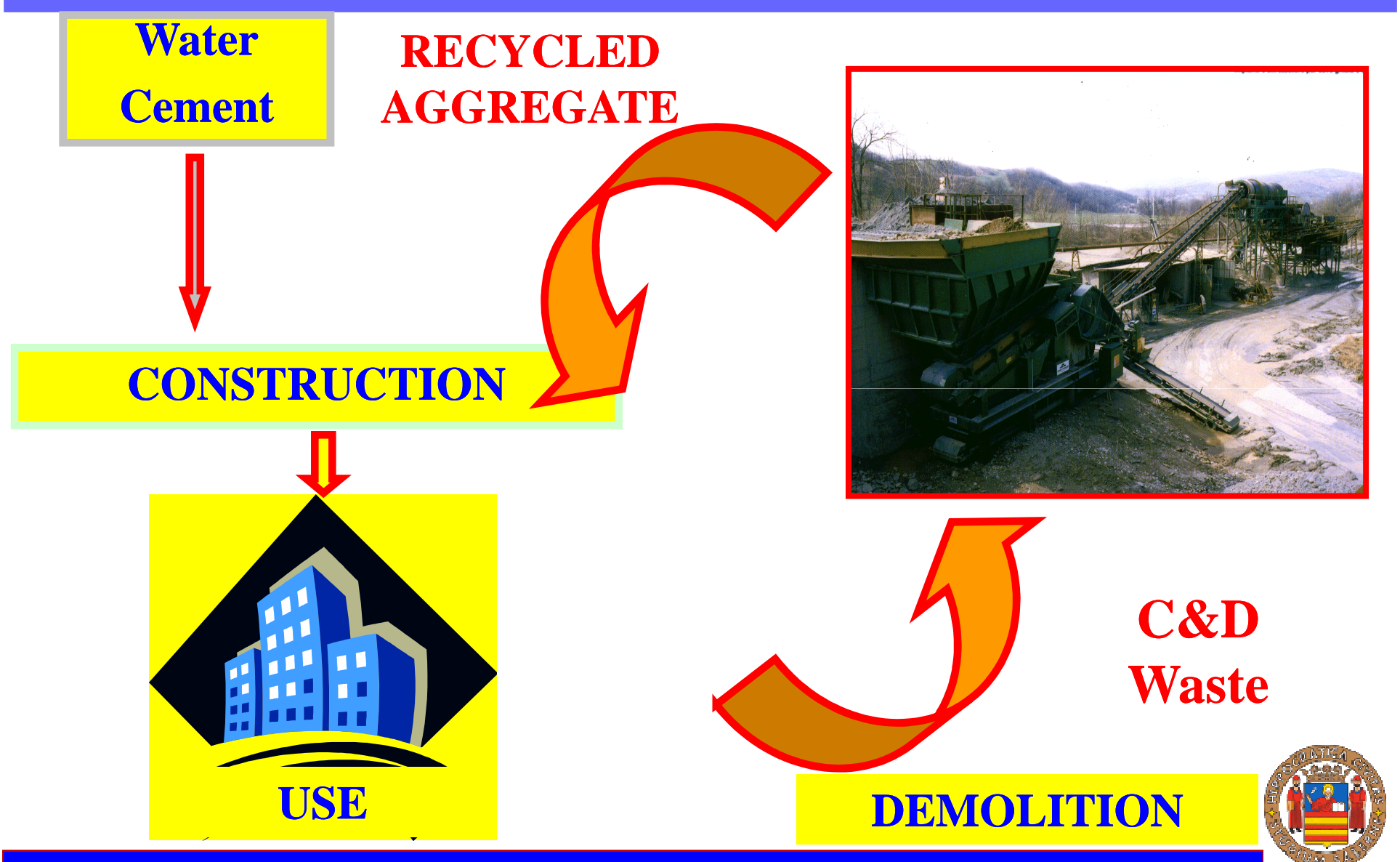
- Migliorare l'efficienza della produzione di cemento
- Ridurre l'uso di Cemento Portland
- **Includere materiale da riciclo e materie prime alternative nella produzione di cemento e calcestruzzo**
- Migliorare la durabilità delle strutture in calcestruzzo (life-cycle design, riparazioni 'robuste')
- Promuovere la progettazione di edifici in 'calcestruzzo verde' (green concrete)



Recycled Concrete Aggregate (RCA)



Recycled Concrete Aggregate (RCA)



Recycled Concrete Aggregate (RCA)

RCA

According to the Italian “NTC-2008”, coarse aggregates obtained only from demolished concrete can be used for manufacturing structural concrete ($\leq C 30/37$) if added at a percentage $\leq 30\%$ of the total aggregate amount.



Recycled Concrete Aggregate (RCA)

Studio sperimentale sulla fessurazione di piastre armate in calcestruzzo riciclato
Pani et al. (UniCa+Italcementi Group)

- **La memoria esamina il comportamento a fessurazione di 15 solette in RAC in condizione di semplice appoggio**
- **Uso di RCA**
- 5 miscele: **0%, 30%, 50%, 80% and 100%** di percentuale di sostituzione di aggregati grossi riciclati in sostituzione agli aggregati grossi naturali
- Le piastre sono state testate applicando un carico concentrato centrale allo scopo di determinare la curva carico-freccia
- **Le piastre di calcestruzzo riciclato hanno mostrato un comportamento simile a quelle realizzate in calcestruzzo ordinario**

Table 4. Deflection and Load of cracking / Carico di fessurazione F_{cr} e relativa freccia δ_{cr} .

Piastre	F_{cr} (kN)	$F_{cr,medio}$ (kN)	δ_{cr} (mm)	$\delta_{cr,max}$ (mm)
NC0-1	17.00		2.27	
NC0-2 0%	21.53	18.80	1.76	2.27
NC0-3	17.87		0.58	
RC1-1	17.87		1.29	
RC1-2 30%	23.50	19.74	2.30	2.35
RC1-3	17.87		2.35	
RC2-1	17.87		1.54	
RC2-2 50%	21.53	20.31	2.49	2.49
RC2-3	21.53		1.82	
RC3-1	14.23		2.09	
RC3-2 80%	17.87	16.66	2.77	2.77
RC3-3	17.87		2.33	
RC4-1	17.87		3.16	
RC4-2 100%	21.53	19.09	2.83	3.16
RC4-3	17.87		0.14	

RICICLO Di RIFIUTI



Riutilizzo sostenibile dei rifiuti per produzione di inerti (**RAC**)

Gusci di Nocciola pirolizzati e macinati

Progetto “ECOFOOD” (Polito & Ferrero SpA)

Dal Vetro al “Foam Glass”, inerte leggero per la produzione di blocchi in calcestruzzo vibrocompresso
Progetto “Calcestruzzo Etico” (UNIBLOC & Assobeton + PoliMI, UniFI e)



Recycled Concrete Aggregate (RCA)

Riutilizzo sostenibile dei rifiuti per produzione di inerti (RAC)

Aggregati in Plastica riciclata + Fly Ash per la produzione di elementi prefabbricati e calcestruzzo premiscelato

Progetto “SUS-CON” (Gruppo Int.le con CETMA, Magnetti Building)

SUS-CON concrete	Aggregate	Binder	Density (kg/m ³)
GEO block_P-16	Polyurethane	PFA	942
GEO block_P-21	Polyurethane	PFA/GGBS	1184
GEO block_R-27	Mixed plastic	PFA/GGBS	1475
GEO panel_R-34	Mixed plastic	PFA	1440
GEO panel_P-17	Polyurethane	PFA/GGBS	1040
GEO screed_P-18	Polyurethane	PFA/GGBS	1146



CENERI

Riutilizzo sostenibile dei materiali per produzione di leganti

4 memorie

Filler da scorie di inceneritori di RSU

Filler leggero impiegato per la produzione di calcestruzzo strutturale in sostituzione del 10% di OPC

(Solena & Magnetti Buildings)

Fly Ash (3 memorie)

- ruolo delle FA per la riduzione della permeabilità del cls
 - effetto fillerizzante della cenere volante
 - FA per la produzione di misti cementati per sottofondi
- ... con contributi della “General Admixtures SpA” su:



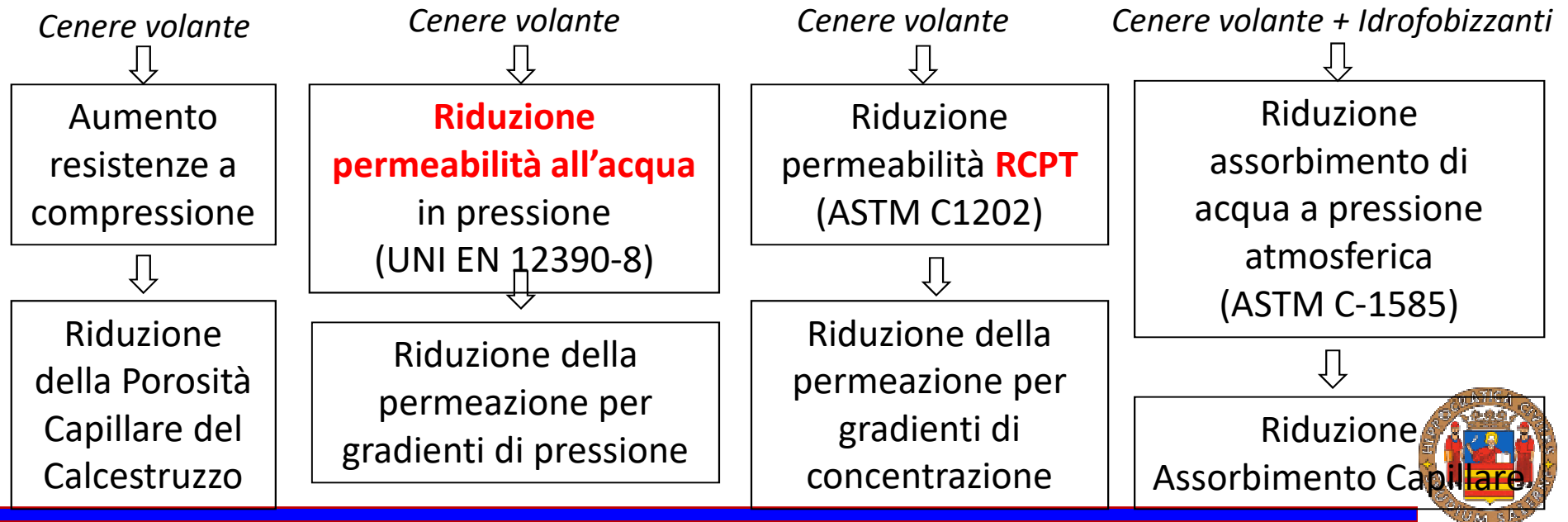
Ceneri Volanti

1. Permeabilità del calcestruzzo: Ruolo di cenere volante e idrofobizzanti
Pasqualini A., Bressan M., Liberatore F.M.

LAVORO SPERIMENTALE

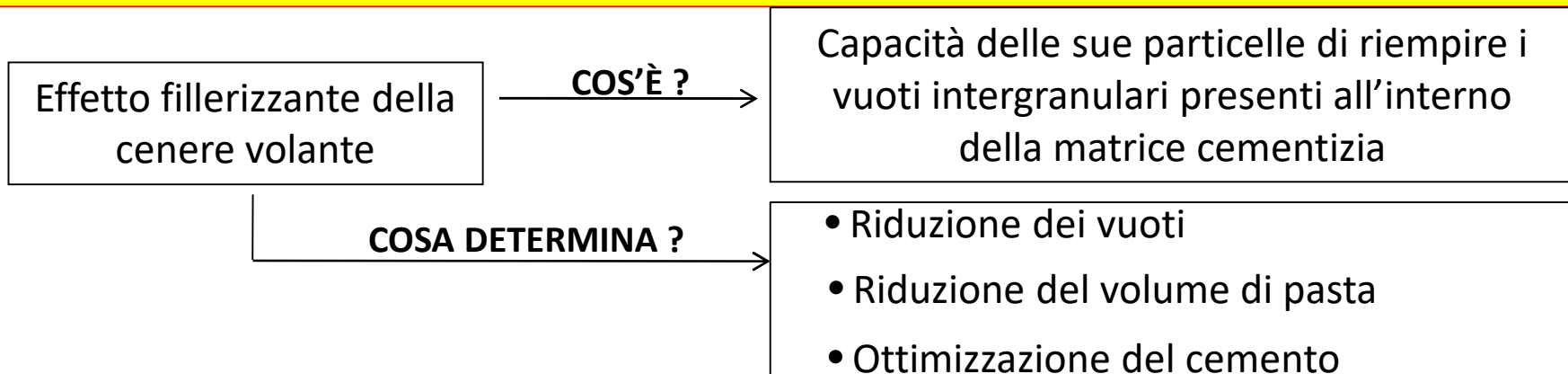
Confronto di miscele di cls in classe di esposizione XC4, XD3, XA3 ed XF1 realizzate in conformità alle prescrizioni di UNI EN 206-1 e UNI 11104, allo scopo di valutare l'influenza della cenere volante (in parziale sostituzione del cemento) e dei prodotti idrofobizzanti sulla **porosità capillare** e sui principali meccanismi di trasporto delle sostanze all'interno del cls

RISULTATI



Ceneri Volanti

2. Effetto fillerizzante della cenere volante: Teoria del Particle Packing Pasqualini A., Bressan M., Liberatore F.M.



LAVORO SPERIMENTALE su Malte

Sostituzione parziale di **Sabbia** con **cenere volante** (pari acqua di impasto)

Sostituzione parziale di **Cemento** con **cenere volante** (pari acqua di impasto)

RISULTATI

- Aumento densità particellare
- **Aumento lavorabilità** miscela
(Riduzione di acqua a pari lavorabilità)
- Aumento Resistenza a compressione
(A parità di rapporto a/c)

- Aumento densità particellare
- Aumento lavorabilità miscela
(Riduzione di acqua a pari lavorabilità)



Ceneri Volanti

Utilizzo di ceneri volanti di carbone in misti cementati per sottofondi
Mancini et al. (PoliTo & General Admixtures)

Sono state studiate le prestazioni di 4 miscele con diversa % di FA per la produzione di misti cementati:

- la sostituzione del cemento con una stessa quantità in volume di FA (MIX2) comporta valori di resistenza meccanica inferiori rispetto alla miscela di riferimento (MIX1)
- l'aggiunta di una quantità ulteriore di ceneri volanti (MIX3) permette di ottenere valori di resistenza meccanica comparabili o addirittura superiori a quelli della miscela di riferimento

Mixture	Core samples [MPa]		CBR moulds [MPa]	
	7 days	90 days	7 days	90 days
MIX1	3.40	7.03	5.03	6.65
MIX2	4.19	6.95	3.86	6.20
MIX3	6.62	11.31	4.72	8.61



Sostenibilità

- Migliorare l'efficienza della produzione di cemento
- Ridurre l'uso di Cemento Portland
- Includere materiale da riciclo e materie prime alternative nella produzione di cemento e calcestruzzo
- **Migliorare la durabilità delle strutture in calcestruzzo (life-cycle design, riparazioni 'robuste')**
- Promuovere la progettazione di edifici in 'calcestruzzo verde' (green concrete)



DURABILITA'

Durabilità 2 memorie

Autoriparazione del Calcestruzzo

Capacità autogena

Azione di “additivi cristallizzanti”

L. Ferrara (PoliMi)



Pre-cracked CMOD 0.6 mm



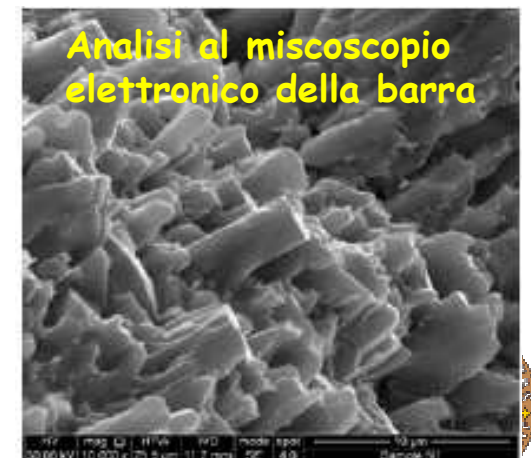
Healed crack after 90 days conditioning (a)

Durabilità delle barre in acciaio zincate a caldo

Santamaria et al. (UniPa)

Confronto tra barre con vario spessore di zincatura immerse in soluzione elettrolitica per 1000h. **Il diverso spessore non condiziona la durabilità**

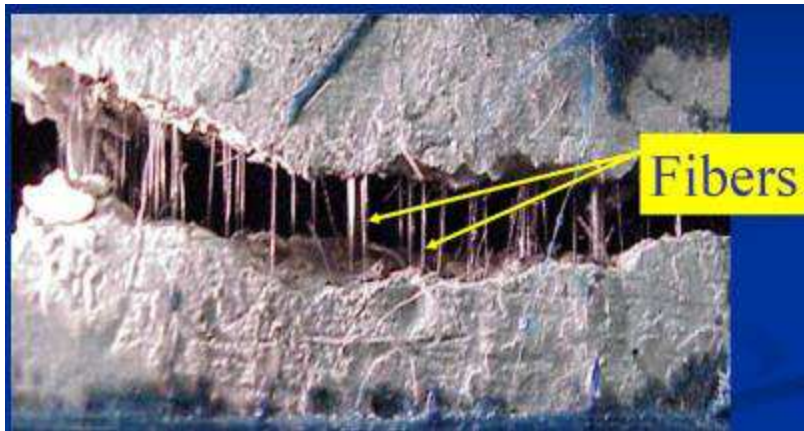
Effetto dello spessore di zincatura sul bond. L'aderenza non è modificata se non si modifica in modo significativo l'altezza della nervatura



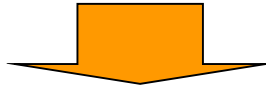
Analisi al microscopio elettronico della barra

Il calcestruzzo fibro-rinforzato (FRC)

Effetto delle fibre nel calcestruzzo (**crack bridging effect**)



Le fibre “cuciono” le fessure e trasferiscono il carico ritardando la coalescenza delle micro e delle macro-fessure



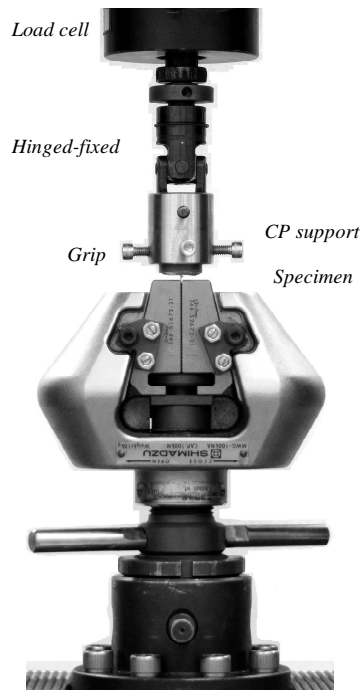
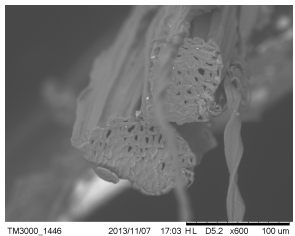
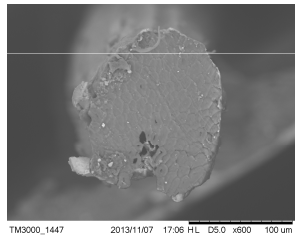
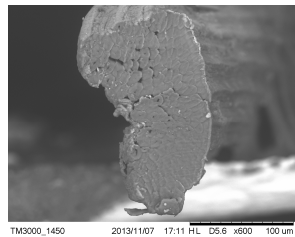
Principali vantaggi dell'**SFRC** rispetto al calcestruzzo tradizionale

- Migliore resistenza a trazione/flessione e migliore **tenacità** nel regime post-fessura;
- riduzione dei quadri fessurativi con conseguente migliore durabilità;
- migliore resistenza a fatica, agli impatti e agli urti.

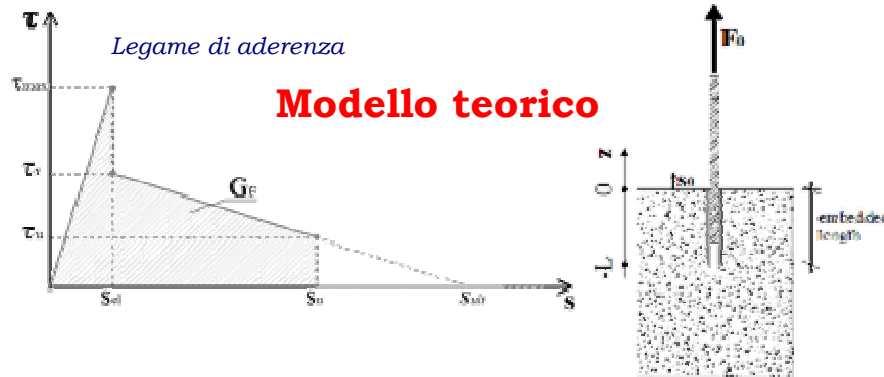
Il calcestruzzo fibro-rinforzato (FRC)

Inverse identification of the bond-slip law for Sisal fibers in High Performance Cementitious Matrices - Ferreira et al. (UniSa+ 2 Univ. di Rio de Janeiro)

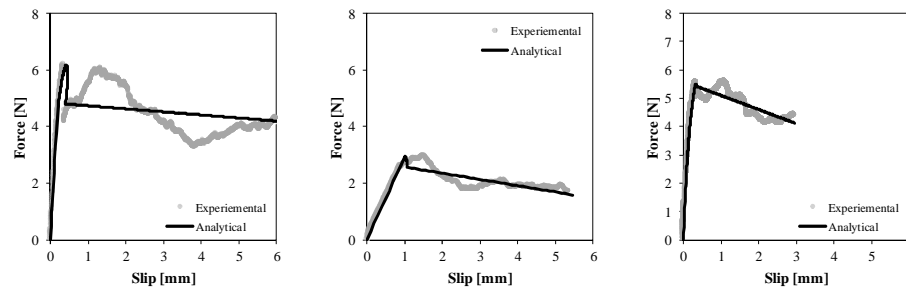
Programma sperimentale



Pull-out test



Modellazione vs Risultati sperimentali



Fibre naturali (Sisal)



www.superconcrete-h2020.unisa.it

Vi è una seconda memoria sui
«Calcestruzzi ibridi fibro-rinforzati»



Il calcestruzzo fibro-rinforzato (FRC)

Durabilità di travi FRC esposte a lungo termine sotto carico di esercizio- Candido et al. (UniSalento+UniBs+CNR-IBAM, Lecce)

- **Lo studio è incentrato sugli effetti di lungo termine nella performance di travi in RC/FRC esposte all'ambiente esterno sotto carico sostenuto (13 test)**
- **Parametri: tipo di fibra corta (acciaio e poliestere), durata dell'esposizione (0, 17 and 72 mesi)**
- **La rigidità flessionale di tutte le travi FRC è leggermente superiore a quella delle travi RC, mentre le travi con fibre di acciaio mostrano le migliori performance in termini di capacità flessionale e rigidità**
- **Le travi FRC con fibre di poliestere hanno mostrato i valori minori di apertura delle fessure, per livelli di carico fino a 60 kN. Per livelli superiori le fibre di acciaio si sono dimostrate più efficaci, sebbene presenti in quantità minore rispetto a quelle di poliestere (0.6%)**



Experimental set-up



Telai di carico in sito

Piastra di solaio in SFRC per un edificio residenziale a Erba

di Prisco et al. (PoliMi, DSC-ERBA S.r.l. Eng. Society)

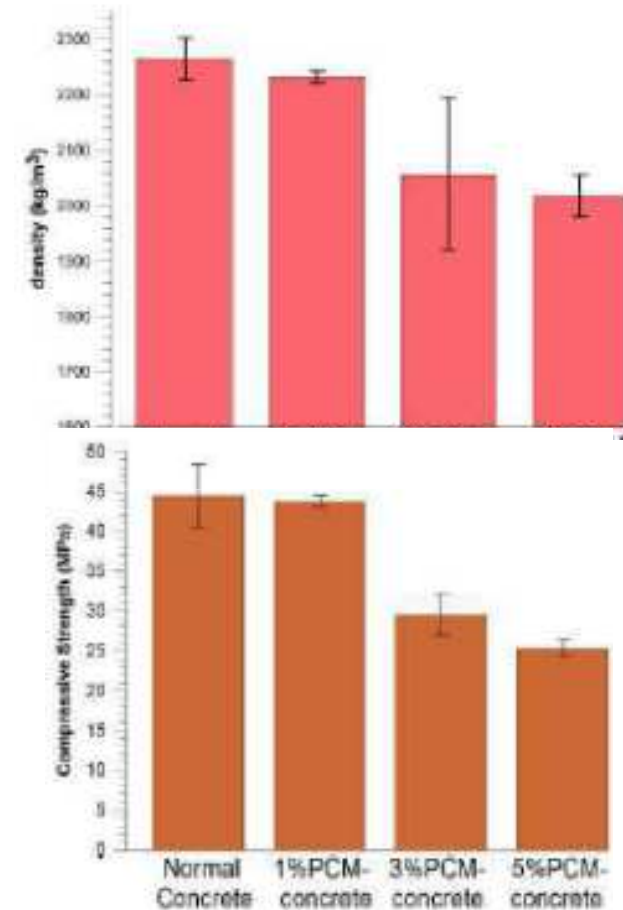
- **Un solaio a piastra in Steel-FRC è stato progettato secondo il Mode Code 2010 e recentemente realizzata a Erba. Rappresenta il primo esempio in Italia.**



ADDITIVI

Calcestruzzi additivati con “materiali a cambiamento di fase” (PCM)

Microcapsule di paraffina a temperatura di fusione di 18°C per la realizzazione di calcestruzzi strutturali alleggeriti
D’Alessandro et al. (UniPG + Univ. de Lleida)



Superfluidificanti per applicazioni in prefabbricazione

Additivi che assicurano il mantenimento della lavorabilità nel tempo senza penalizzare le prestazioni meccaniche del cls
(Ruredil)



Test in situ

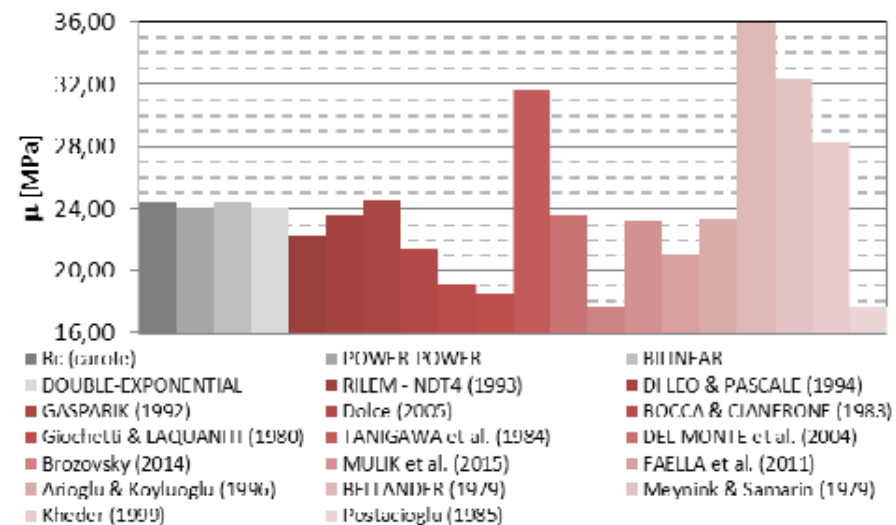
Il metodo SonReb: revisione critica e aspetti applicativi Uva et al. (PoliBa)

Principali formulazioni SonReb di letteratura.

Expression	Author/s
$R_C = 9.27 \cdot 10^{-11} V_{us}^{2.6} I_r^{1.4}$	RILEM - NDT4 (1993)
$R_C = 1.2 \cdot 10^{-9} V_{us}^{2.446} I_r^{1.058}$	Di Leo & Pascale (1994)
$R_C = 8.06 \cdot 10^{-8} V_{us}^{1.85} I_r^{1.246}$	Gasparik (1992)
$R_C = 8.925 \cdot 10^{-11} V_{us}^{2.6} I_r^{1.4}$	Dolce (2005)
$R_C = 2.756 \cdot 10^{-10} V_{us}^{2.487} I_r^{1.311}$	Bocca & Cianfrone (1983)
$R_C = 7.695 \cdot 10^{-11} V_{us}^{2.6} I_r^{1.4}$	Giochetti & Laquaniti (1980)
$R_C = -0.544 + 0.745 I_r + 0.951 V_{us}$	Tanigawa et al. (1984)
$R_C = 4.40 \cdot 10^{-7} (I_r^2 V_{us}^3)^{0.5634}$	Del Monte & Lavacchini (2004)
$R_C = 1.453 \cdot 10^{-9} V_{us}^{2.6237} I_r^{0.5282}$	Brozovsky (2014)
$R_C = 1.6411 \cdot 10^{-9} V_{us}^{2.29366} I_r^{1.30768}$	Mulik et al. (2015)
$R_C = -34.51583 + 0.26511 I_r + 0.01385 V_{us}$	Faella et al. (2011)
$R_C = 0.00153 (I_r^3 V_{us}^4)^{0.611}$	Arioglu & Koyluoglu (1996) richiamata da Erdal (2009)
$R_C = -25.568 + 0.000635 I_r^3 + 8.397 V_{us}$	Bellander (1979)
$R_C = -24.668 + 1.427 I_r + 0.0294 V_{us}^4$	Meynink & Samarin (1979)
$R_C = 0.0158 V_{us}^{0.4254} I_r^{1.1171}$	Kheder (1999)
$R_C = \frac{I_r}{(18.6 + 0.019 I_r + 0.515 V_{us})}$	Postacioglu (1985)

La memoria affronta il problema dell'affidabilità del metodo SonReb

Gli Autori propongono una **revisione critica** del SonReb attraverso un approccio prettamente statistico

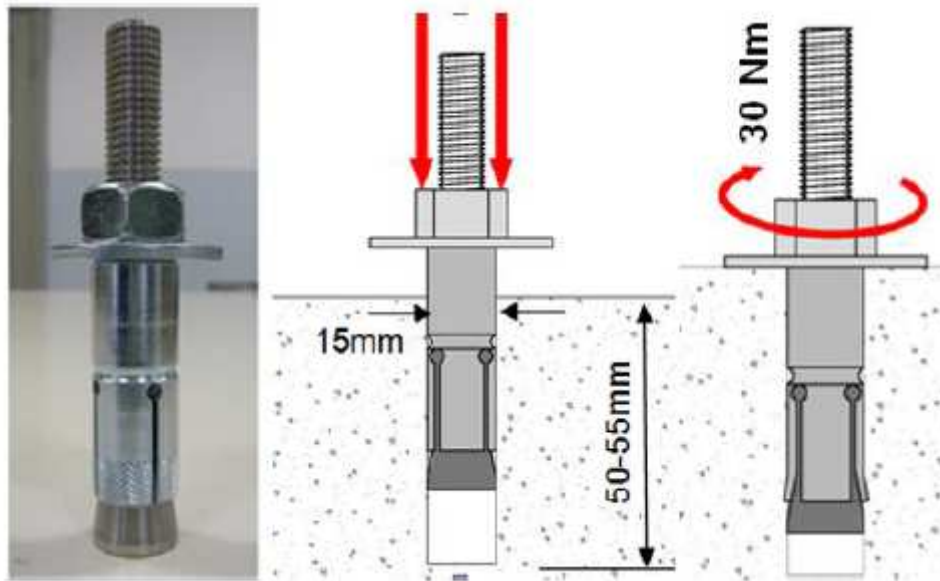


Test in situ

Agli Atti sono 2 memorie dell'Università di Genova (1 verrà presentata) che presentano tecniche per la **stima della resistenza del calcestruzzo**

Effetto dello stato tensionale sulla prova di pull out
Brencich et al. (UniGe + Boviar Srl)

La prova di pull out unisce un danno limitato ad una buona precisione nella stima della resistenza del calcestruzzo in sito



Con il nuovo **tassello B15G** è possibile eseguire il test su calcestruzzi ad alta resistenza e su elementi in trazione. Con questa tecnologia è stato verificato **quanto l'effetto dello stato tensionale degli elementi influenzi la forza di estrazione**, e di conseguenza la stima della resistenza del cls



Sottogruppo 2

Rinforzo strutturale
Riduzione rischio sismico
(10 memorie di cui 5 non presentate)



Riduzione Rischio Sismico

Pericolosità Sismica

40 anni di Terremoti (7 sismi violenti – 1 ogni 6/7 anni)

1976 Friuli → *Protezione Civile (dal “soccorso” ... 1992)*

1980 Irpinia → *3000 morti – Ingegneria Anti-Sismica*

1997 Umbria-Marche → *Monumenti/Chiese (Assisi - Foligno)*

2002 Molise → *Scuole (ReLUIS, 2003)*

2009 L'Aquila → *Città capoluogo/Isolamento*

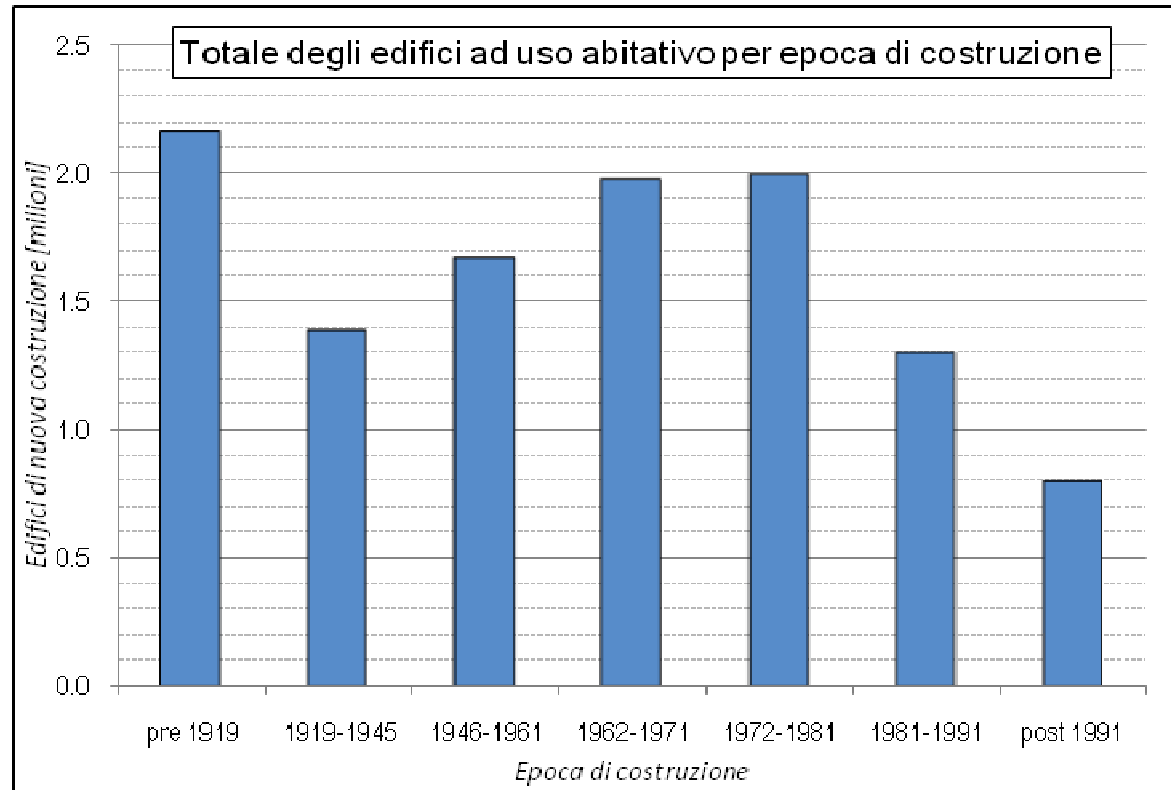
2012 Emilia → *Prefabbricati*

2016 Rieti → *Amatrice distrutta dopo 377 anni (1639)*

1982 Dip.to Protezione Civile – 1992 Servizio Nazionale



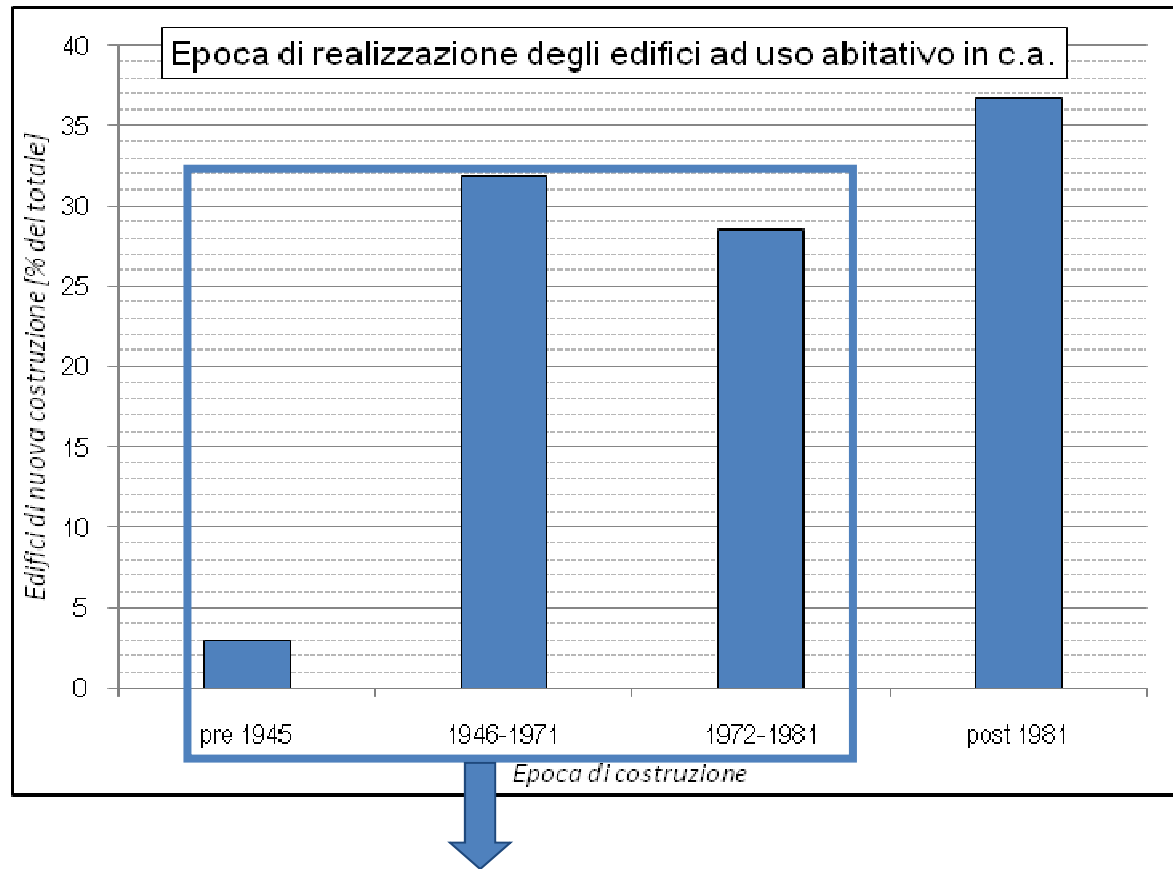
Vulnerabilità dell'edilizia esistente



**Il patrimonio edilizio è vecchio e solo in
piccola parte “antisismico”**



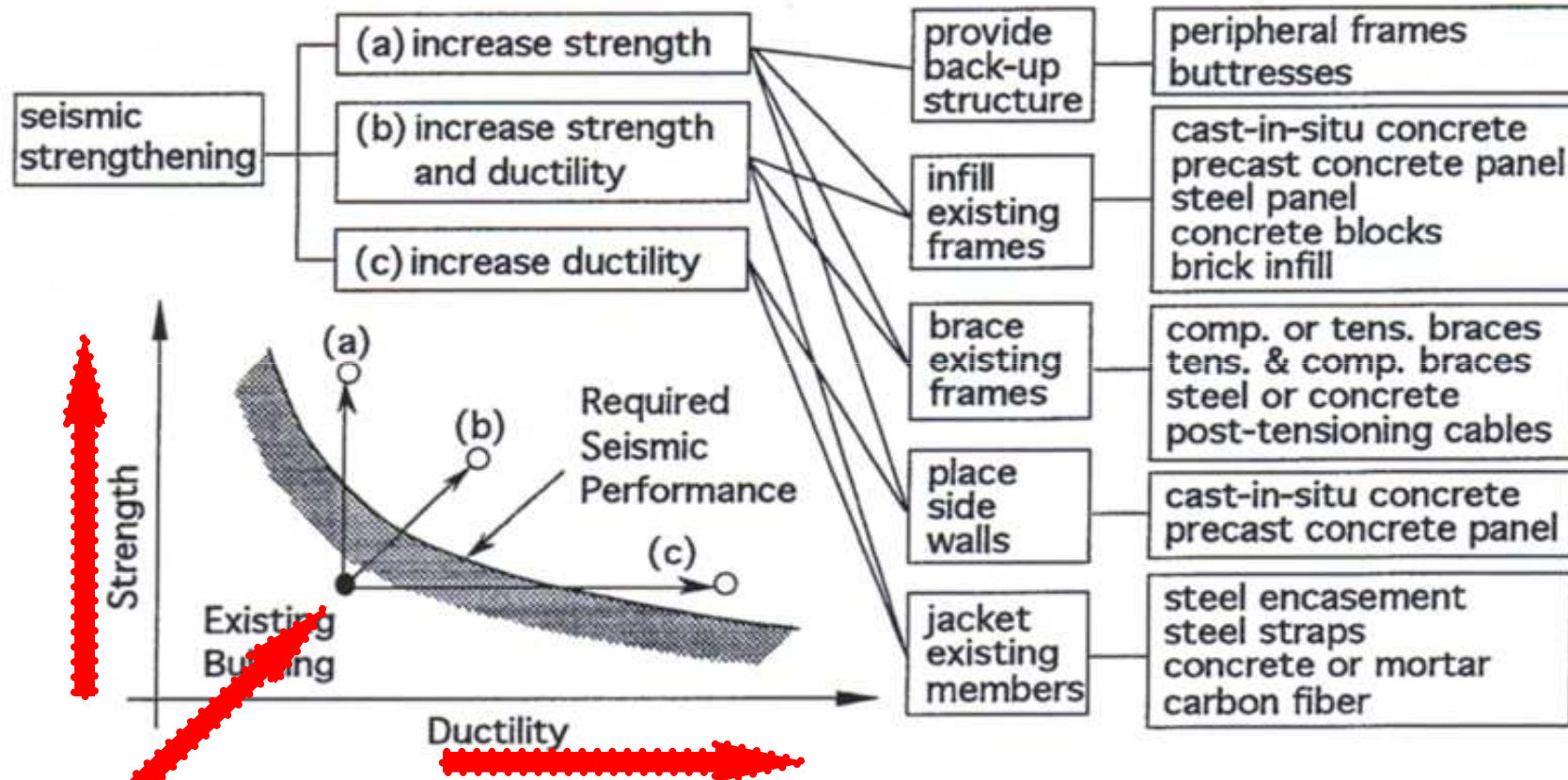
Vulnerabilità dell'edilizia esistente



Poco meno del 65% degli **edifici esistenti in cemento armato** è stato progettato per soli carichi verticali



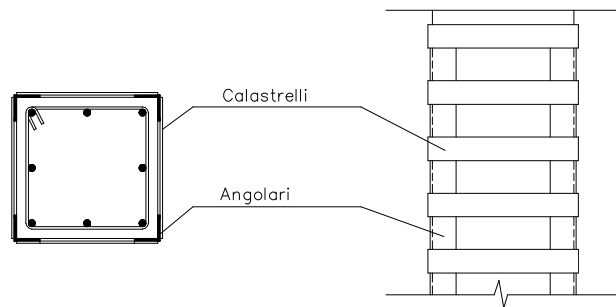
Interventi di miglioramento ed adeguamento



Riduzione della Vulnerabilità

Tecniche di intervento locale

- Incremento di sezioni ed armature
- Confinamento con profilati metallici



Tecniche di intervento globale

- Inserimento di controventi metallici



- Confinamento con FRP

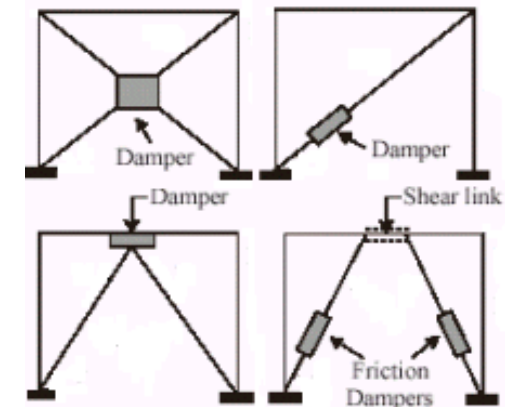


- Tecniche di protezione sismica:

a. Isolamento alla base



b. Dissipazione dell'energia

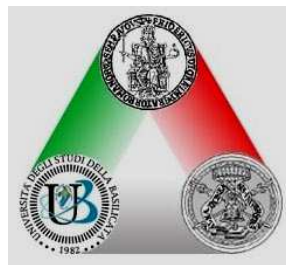


Riparazione/Rinforzo Strutturale FRP/FRCM



**LINEE GUIDA PER
RIPARAZIONE E RAFFORZAMENTO
DI ELEMENTI STRUTTURALI,
TAMPONATURE E PARTIZIONI**

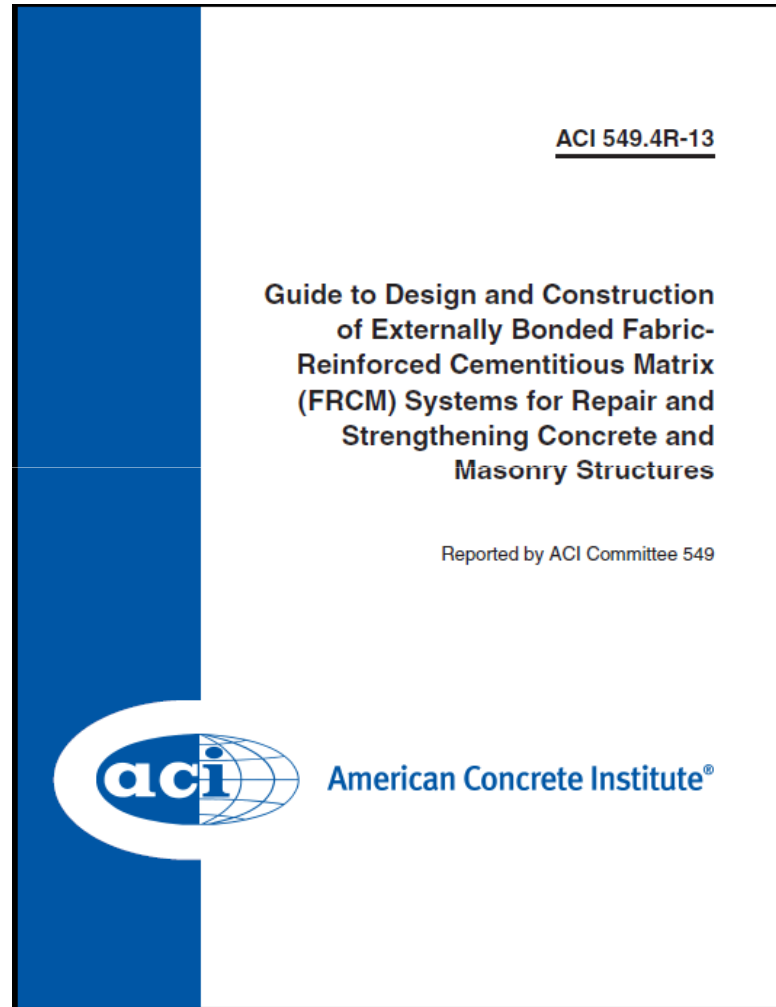
**Dopo il Terremoto
dell'Aquila 2009**



Riparazione/Rinforzo Strutturale con FRCM

*Interventi con FRCM
(Fiber Reinforced
Cementitious Matrix)*

ACI Committee 549



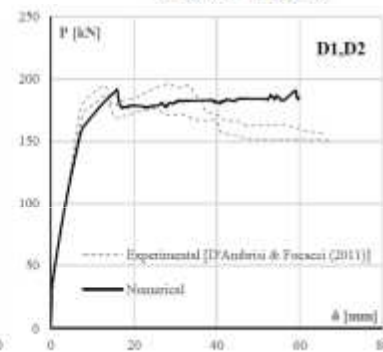
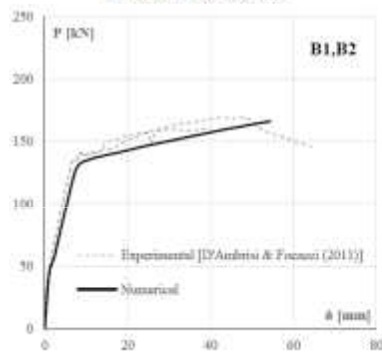
Compositi FRCM (#5)



Trave TRA2



Trave TRB4



Rinforzo a taglio di travi in c.a. con sistemi in FRCM (PBO)
(UniCal)

Modellazione FEM di travi rinforzate a flessione con FRCM (PBO e Carbonio)
(UniParma)

Utilizzo di SRG per il rinforzo di volte in muratura
(Roma Tre)



Miglioramento sismico di un fabbricato con PBO-FRCM
(Ruredil)



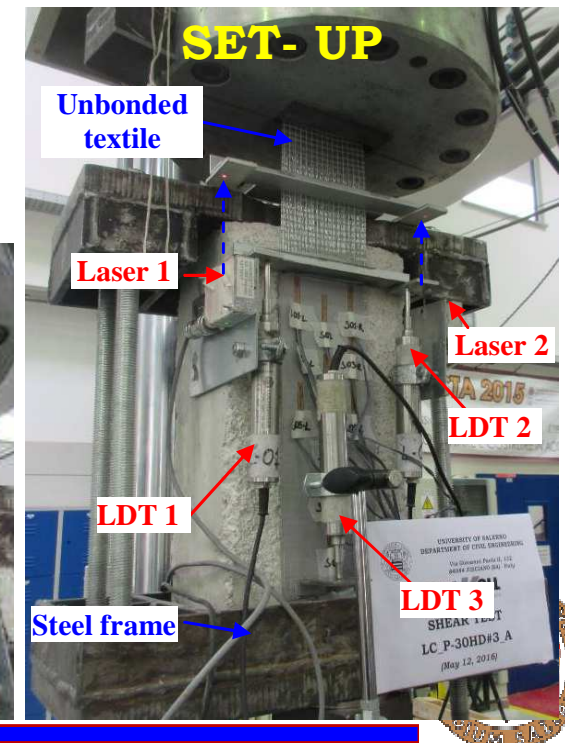
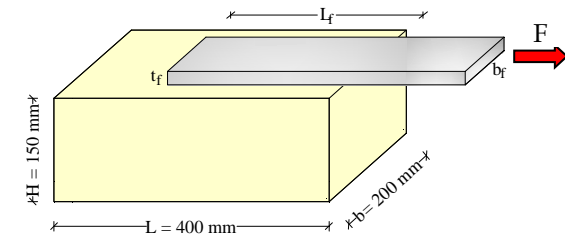
Compositi FRCM

Rinforzo di strutture in c.a. con sistemi SRP/SRG: test di delaminazione
Ascione F. et al. (UniSa)

- **154 test di delaminazione del tipo “single lap”**
(88 test su rinforzi SRP; 66 test su rinforzi SRG)
- **Principali parametri investigati:**

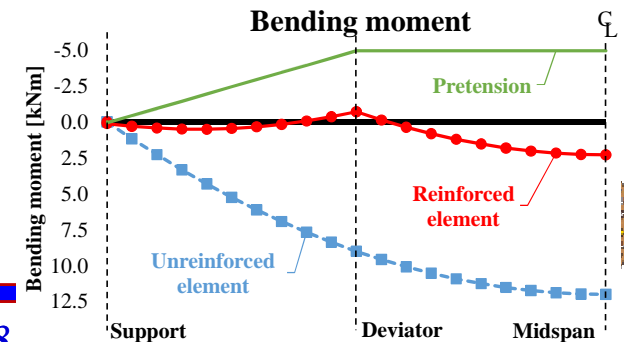
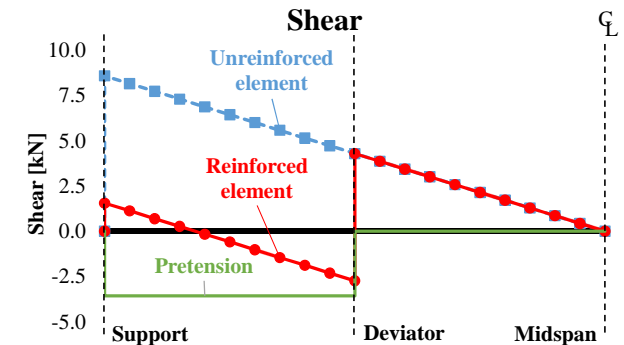
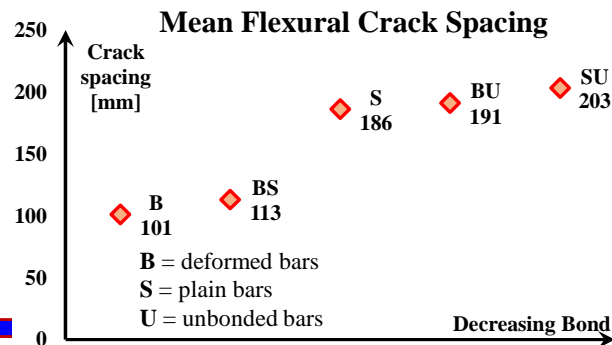
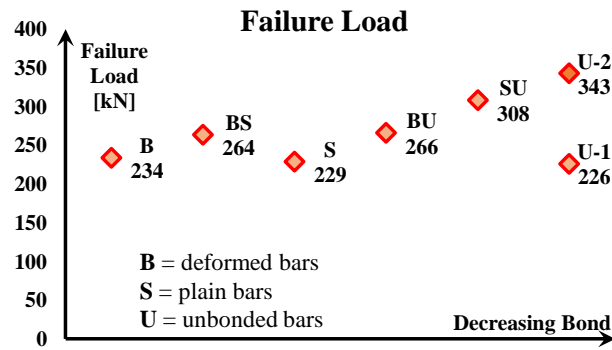
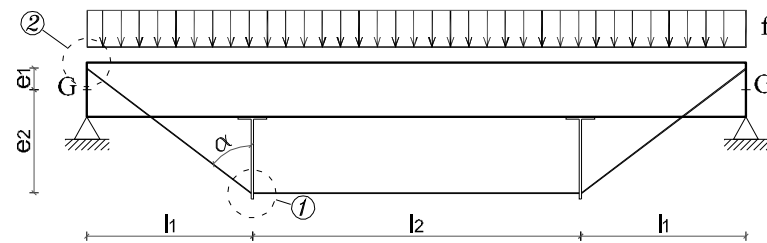
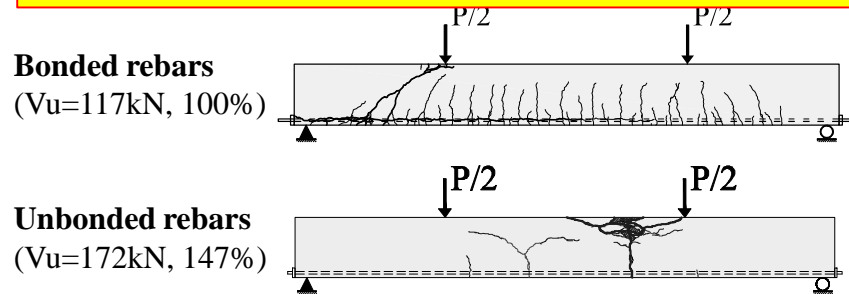
Classe di resistenza del cls; Trattamento superficiale del cls
maturazione della malta; lunghezza di ancoraggio del
rinforzo; densità del tessuto in acciaio

Modalità di collasso



Rinforzo con Barre Esterne

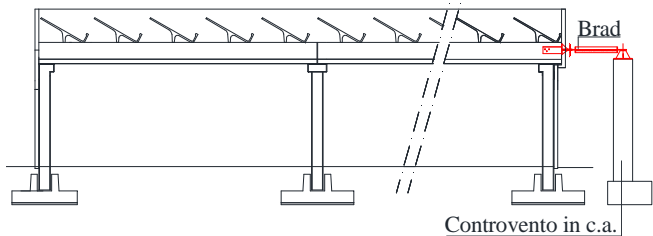
Rinforzo con barre esterne non aderenti di travi in calcestruzzo armato
Tinini et al. (UniBS)



Controventi

Analisi parametrica della risposta di dissipatori isteretici ad instabilità impedita (BRAD) per il miglioramento sismico di strutture prefabbricate
 Ongaretto e Savoia (UniBo)

ELEMENTI BRAD POSIZIONATI ESTERNAMENTE ALLA STRUTTURA ESISTENTE E CONNESSI AD UN ELEMENTO DI CONTROVENTO IN C.A.



- vincoli di tipo architettonico;
- Esigenze committenza, es. capannoni industriali sedi di attività produttive ad alto livello tecnologico.

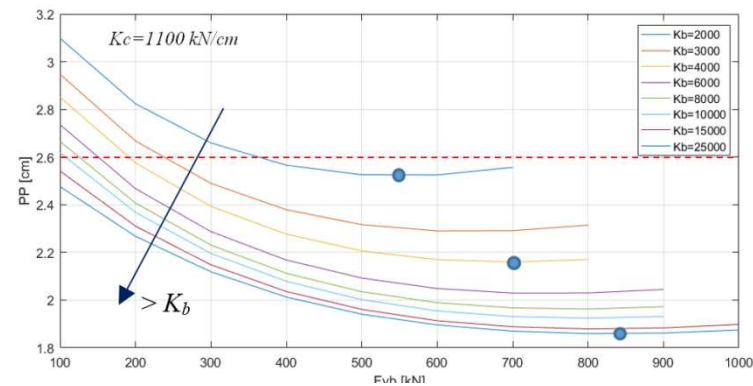
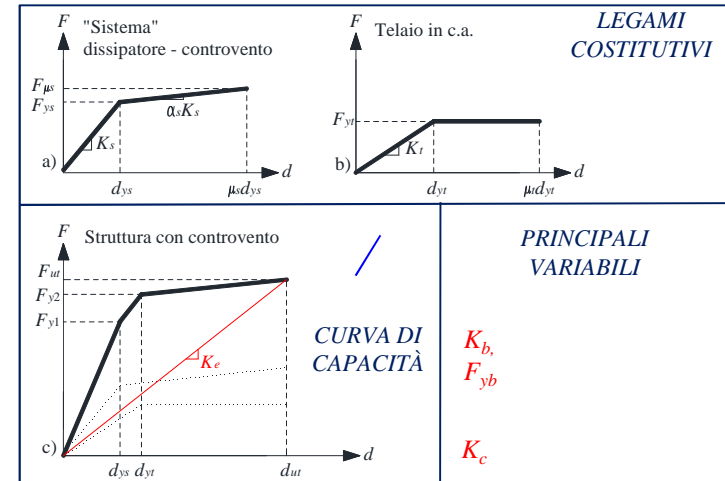
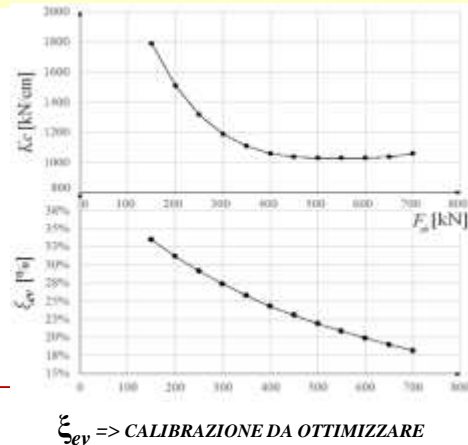
PERFORMANCE BASED DESIGN:

Dimensionamento del sistema dissipativo Brad + controvento per limitare lo spostamento di picco ad un valore target prefissato

ANALISI PARAMETRICA APPLICATA AD UN CASO STUDIO
 procedura basata sul metodo dello spettro di capacità
 «metodo CSM» e stima dello smorzamento viscoso equivalente ξ_{ev}

confronto con
TIME HISTORY ANALYSIS

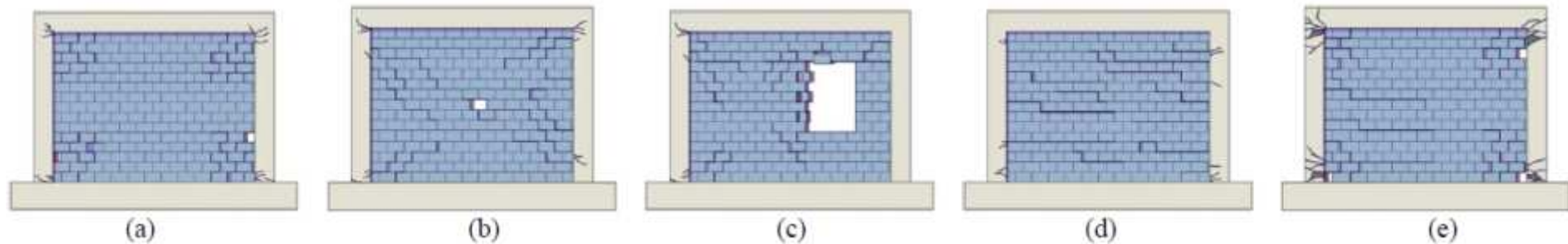
- Infinite combinazioni di parametri di progetto consentono di ottenere un valore del Performance Point pari allo spostamento ultimo prescelto => Determinare la soluzione ottimale minimizzando i costi dell'intervento = **PROBLEMA DI OTTIMIZZAZIONE**;
- L'inserimento di un dissipatore isteretico consente di ridurre, anche di un ordine di grandezza, la forza che deve assicurare il controvento, rispetto al caso di collegamento "rigido", non dissipativo tra controvento e telaio;



- A BRAD con forza di snervamento inferiori deve corrispondere un sistema di controvento più rigido, ed in questa configurazione sarà maggiore l'energia dissipata per isteresi dal dispositivo.

Ruolo delle Tamponature

MID1.0: Database Sperimentale di telai tamponati in c.a.
De Luca F. et al. (Univ. Bristol + UniSalento)



E' presentato un database di prove sperimentali su telai tamponati in c.a. (MID1.0) che include **101 prove**

Nel database è introdotta una **classificazione del danno** valida sia per il caso di pannelli privi di aperture che con aperture

ID	Failure Mode	Component Involved	Solid Infill	Partial Infilled
A	Corner Crushing	Masonry Panel	√	√
B	Diagonal Cracking	Masonry Panel	√	
C	Sub-Panel Diagonal Cracking	Masonry Panel		√
D	Bed Joints Sliding	Masonry Panel	√	√
E	RC Frame Failure	RC Frame	√	√



Miglioramento Sismico: un Caso Studio

Verifica Strutturale e miglioramento sismico del viadotto Generale Franco Romano
Lafranconi et al. (Sineco SpA + Autostrada Torino-Savona SpA)

L'articolo descrive il progetto di rinforzo redatto per ottimizzare i problemi riscontrati in fase di analisi strutturale (l'opera è di **Zorzi, 1968**)

Viene definito «il miglior metodo di intervento di miglioramento sismico» atteso il budget a disposizione e considerando i tempi di chiusura dell'autostrada per lo svolgimento dei lavori



I principali interventi interessano:

- nodo pila impalcato;
- gli elementi strutturali di impalcato;
- il varco di giunto;
- gli apparecchi di appoggio



Sottogruppo 3

Prefabbricazione

(11 memorie di cui 6 non presentate)



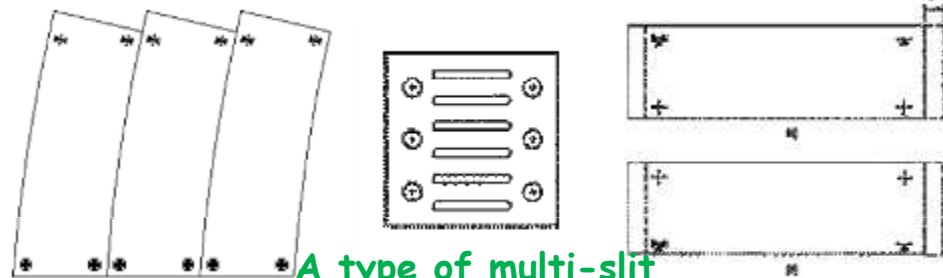
Dispositivi di connessione

Linee Guida per il Progetto delle strutture prefabbricate con pannelli di tamponamento in zona sismica - Colombo & Toniolo (PoliTo+Assobeton)

- L'oggetto della memoria sono i sistemi di collegamento dei pannelli di tamponamento alla struttura portante, spesso messi "sotto accusa" negli ultimi terremoti
- Il lavoro presenta i risultati sperimentali sviluppati in ambito del progetto europeo **Safeccladding** (EU Programme FP7-SME-2012-2 – Grant Agreement n. 314122)
- Vengono analizzati tre diversi tipi di collegamento tra pannelli prefabbricati (collegamenti tra pannelli orizzontali e verticali)
- Si tratta di sistemi di collegamento isostatici, integrati e dissipativi

Integrated connection system of vertical panels

isostatic connection systems of horizontal panels



A type of multi-slit dissipative device



Dispositivi di connessione

Prove cicliche di trazione su ancoranti chimici inghisati in una fondazione in c.a.
Minghini et al. (UniFe+UniPi)

- **La memoria riporta I risultati di prove di pull-out effettuate su connessioni chimiche atte a collegare MAV (Magazzini automatizzati verticali) a piastre di fondazione**
- Sono state effettuate **11 prove di trazione non confinate** su ancoranti (barre filettate $\varnothing 20$) inghisati in una fondazione in c.a. adoperando resine epossidiche
 - **8 test su ancoranti singoli.** Profondità d'infissione: 500 mm in 4 test e of 550 mm negli altri 4.
 - **3 test sul collegamento di una piastra in acciaio ad un plinto in c.a.** ottenuto mediante 10 ancoranti



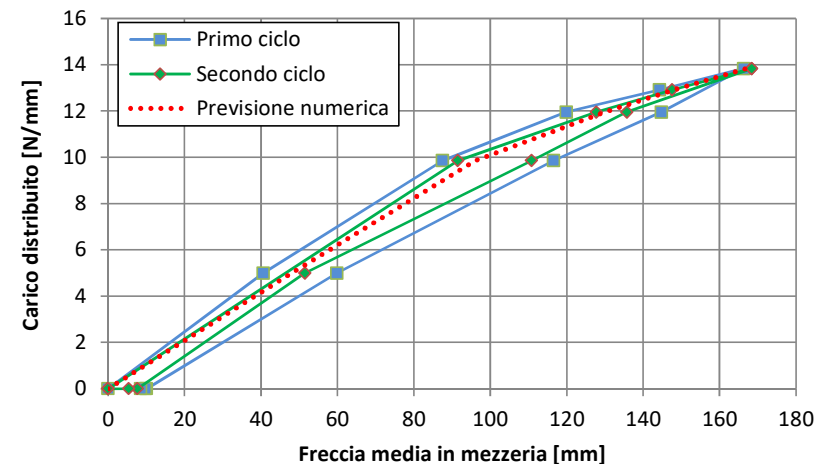
Elementi prefabbricati innovativi

Studio sperimentale e numerico di un tegolo alare prefabbricato innovativo di luce eccezionale
Dal Lago et al. (PoliMI+DLC Consulting, Milano+Prefabbricati di Treviso)

Concezione e realizzazione di un innovativo sistema di copertura ONDAL con luce fino a 42 m



Prova di carico su prototipo e analisi non lineare

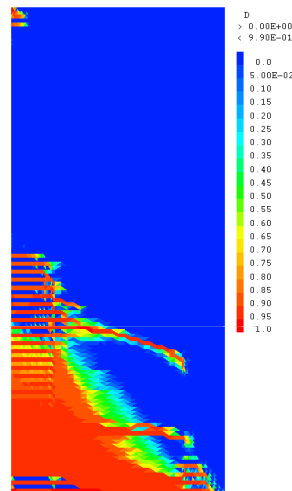


Elementi prefabbricati innovativi

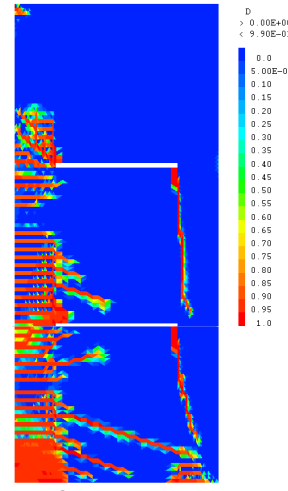
Comportamento strutturale di un sistema innovativo per pareti prefabbricate alleggerite
Dal Lago et al. (PoliMI+University of Prishtina, Kosovo)

Campagna di analisi non lineari per la simulazione del comportamento di un sistema a pannelli prefabbricati alleggeriti da canne verticali (Brevetto DLC Consulting di Milano)

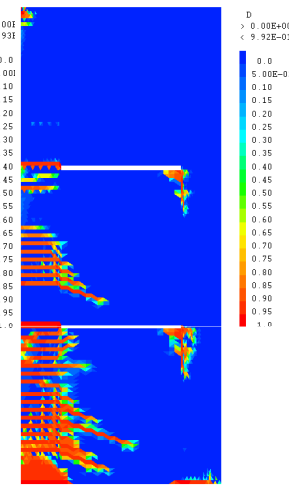
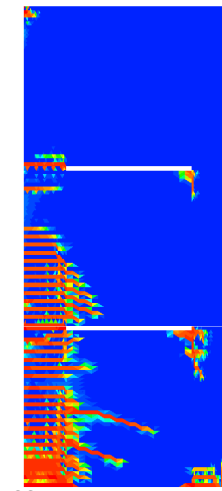
Stima del comportamento sismico – Presentato confronto numerico-sperimentale (Progetto SAFecast)



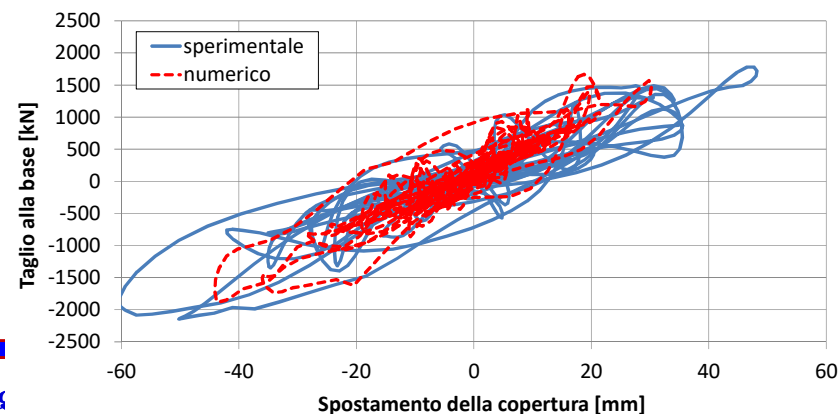
Tradizionale



Prefabbricato con differente armatura



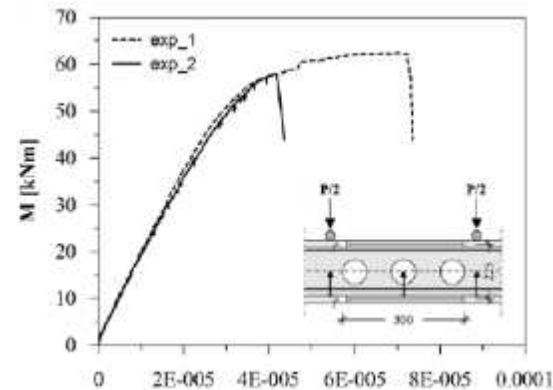
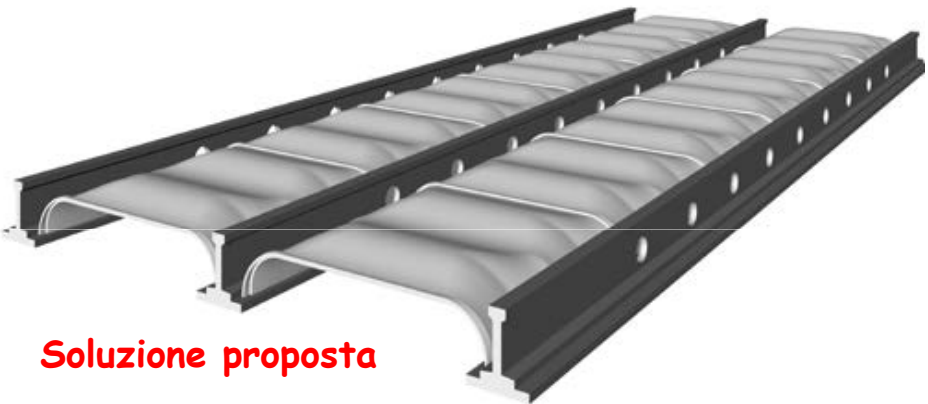
Prova pseudo-dinamica su prototipo (ELSA/JRC) e analisi dinamica



Elementi prefabbricati innovativi

Una proposta di solaio alleggerito con elementi prefabbricati in composito fibrorinforzato
Rampini et al. (PoliMI+Joint Research Centre, Ispra)

- **Lo studio presenta una soluzione tecnologica finalizzata alla riduzione delle masse sismiche**
- La soluzione prevede un solaio composto da travetti in calcestruzzo fibrorinforzato ad alte prestazioni accoppiati ad elementi di alleggerimento a guscio in calcestruzzo tessile (TRC, materiale composito composto da una matrice cementizia e da una rete di materiale non ossidabile in grado di offrire una buona resistenza a trazione diretta) con spessore inferiore al cm e un getto di completamento superiore in calcestruzzo autocompattante fibro-rinforzato (Steel-FRC)
- L'efficacia di tale soluzione è verificata dai risultati numerici e sperimentali disponibili per i singoli componenti



Test di flessione su 4 punti sul travetto



Prefabbricazione nell'edilizia residenziale

Prefabbricazione e edilizia sociale a Torino tra il 1960 e il 1980
Garda e Mangosio (Polito)

- Sono illustrate le caratteristiche tecnologiche di alcuni dei **brevetti di prefabbricazione** maggiormente impiegati nei cantieri torinesi tra gli anni '60 e '80

Il sistema Barets



Quartiere Mirafiori Sud, I nucleo

- Procedimento costruttivo ad elementi piani, che prevede la produzione a piè d'opera di pannelli-parete con funzione portante, di controventamento e di partizione, di elementi di involucro, di lastre di solaio e di rampe e pianerottoli delle scale

Il sistema Co.IM.Pre - Skarne



Quartiere Mirafiori Sud, II nucleo

- Procedimento costruttivo ad elementi piani, costituito da pannelli-parete interni e elementi orizzontali di solaio con funzione portante - resi tra loro solidali a formare un telaio - e da pannelli di involucro generalmente non portanti.

Il coffrage-tunnel



Quartiere PEEP E14

- Basato sull'impiego di cassetture meccanizzate reimpiegabili che permettono il getto simultaneo di setti verticali e solette



Sottogruppo 4

Modellazione

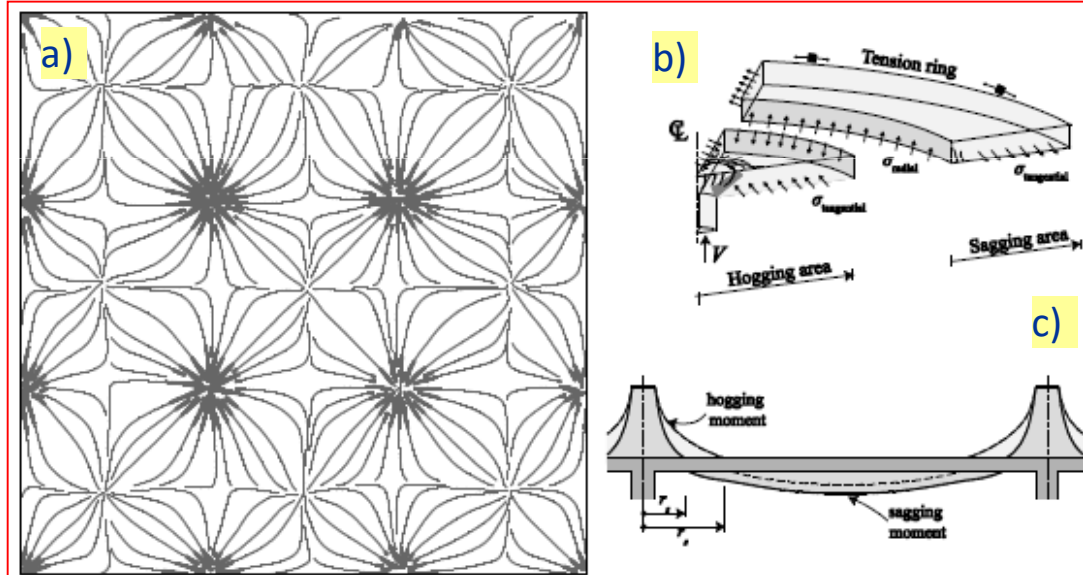
(9 memorie di cui 6 non presentate)



Piastre

Strategie di modellazione ad elementi piani per la resistenza a punzonamento di piastre continue – (Belletti et al.) UniPr+École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

- Una piastra continua, appoggiata su 16 colonne, testata da Ladner (1977), è stata analizzata con il **modello di fessura PARC_CL** e il **criterio di rottura secondo la Teoria della Fessura Critica**
- Lo studio esamina l'affidabilità della procedura numerica adottata e il contributo degli sforzi membranali sulla risposta strutturale e sulla resistenza ultima a punzonamento
- È stato svolto anche uno studio parametrico al fine di analizzare l'influenza del rapporto d'armatura, le ridistribuzione degli sforzi interni e il contributo degli sforzi membranali sulla risposta ultima di elementi di piastra



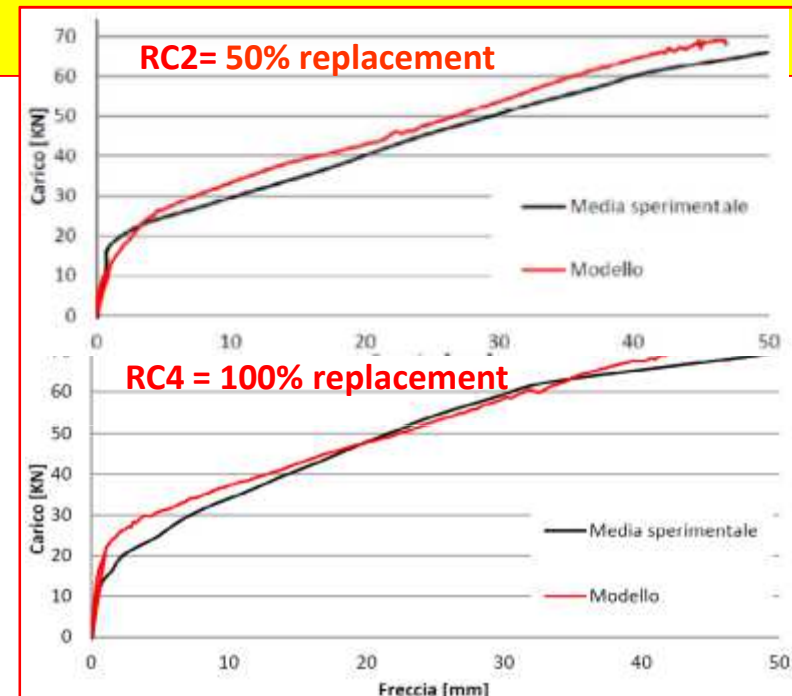
(a) Campi di taglio per una piastra continua appoggiata su 16 colonne, Ladner (1977)
(b) Effetto dell'anello di confinamento nell'area a momento negativo
(c) Ridistribuzione del momento tra momento in colonna e momento in campata

Piastre

Taglio-punzonamento di piastre in CRcA armato: modellazione FEM

De Nicolo et al. (UniCa)

- **Modellazione numerica non lineare mediante Abaqus del taglio-punzonamento in piastre non armate a taglio confezionate con RAC e testate sperimentalmente**
- Sono state modellate le caratteristiche non lineari dei materiali, lo schema di carico e le condizioni al contorno
- Sono state eseguite analisi di sensitività sui parametri meccanici e sulle variabili del modello, evidenziando il ruolo decisivo dell'energia specifica di frattura del calcestruzzo e del modulo elastico per le modalità di collasso e il carico ultimo

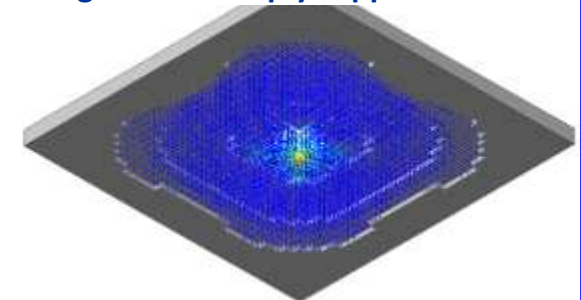


Metodo delle Yield Lines per l'analisi delle piastre in FRC su suolo elastico

Coccia et al. (UniRoma2)

- **Lo studio estende l'applicazione del metodo delle Yield Lines proposto da Bauman & Weisgerber per le piastre su suolo elastico al caso delle pavimentazioni in cls fibrorinforzato**

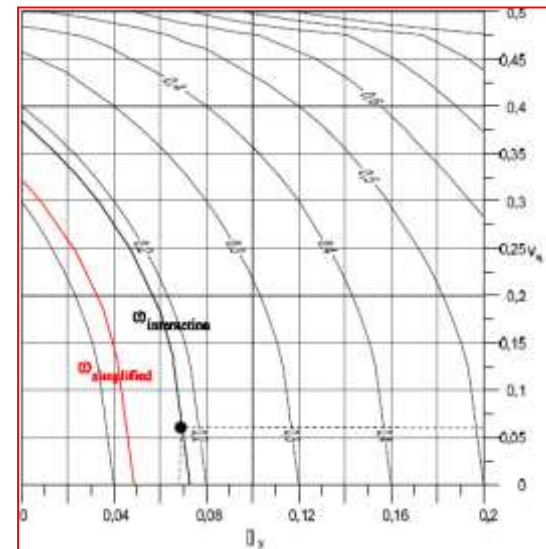
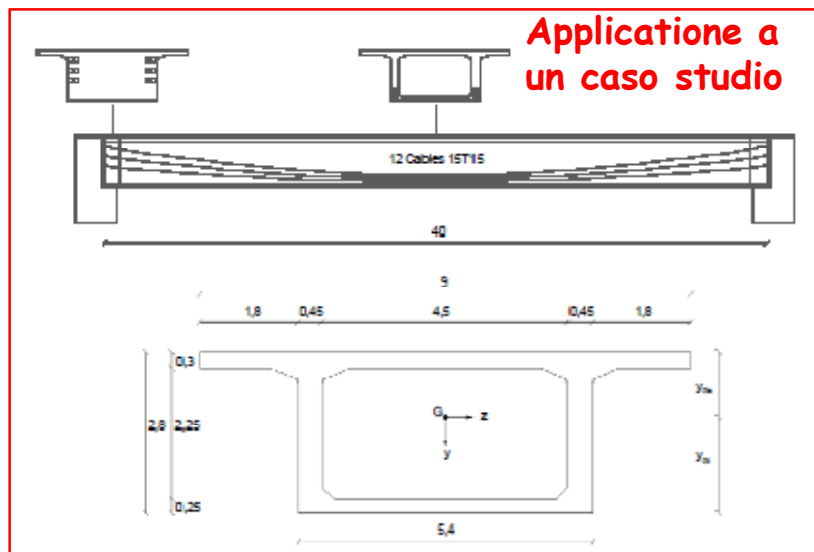
F-Δ diagram for simply supported slab



Travi

Influenza della precompressione nell'interazione taglio longitudinale – flessione trasversale delle sezioni a cassone - **Recupero et al. (UniMe+UniPa)**

- **Lo studio propone un modello di interazione taglio longitudinale-flessione trasversale ed i relativi domini di interazione per la determinazione delle armature longitudinali e trasversali delle anime dei cassoni**
- Un modello già esistente in letteratura viene modificato per tenere conto della precompressione e delle limitazioni all'inclinazione dei campi di tensione
- Si presenta anche un **caso studio** su un impalcato precompresso e confronti tra metodi semplificati di valutazione delle armature nelle anime ed il modello di interazione



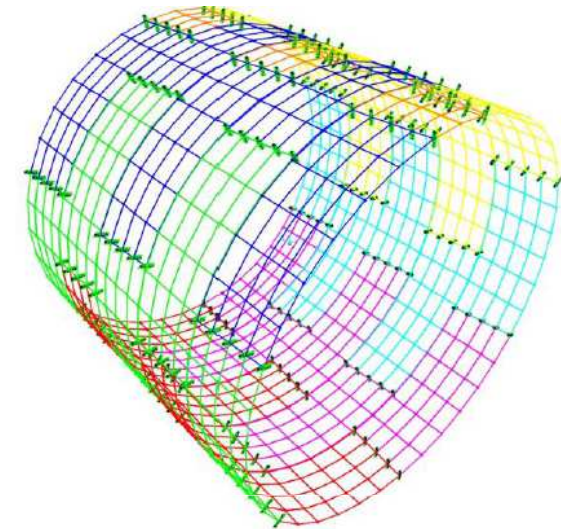
Confronto tra i domini per armatura valutata con il metodo semplificato di sovrapposizione degli effetti ed il modello di interazione



ALTRE

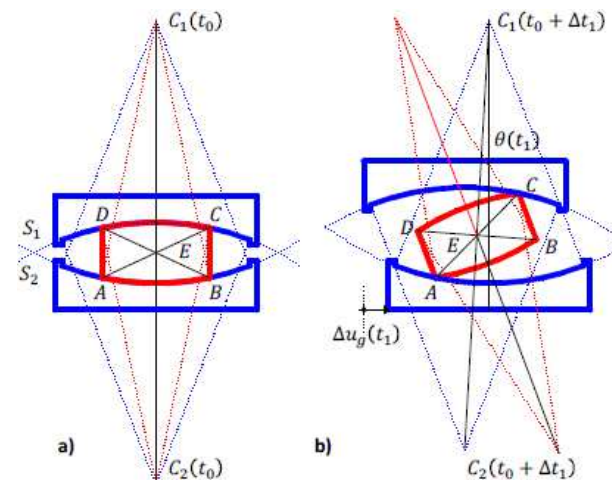
Scavo di gallerie con TBM scudate – Rivestimenti in anelli di conchi prefabbricati in c.a.
Moja e Pizzarotti (Pro Iter Srl)

Vengono illustrati i risultati delle analisi condotte su un modello tridimensionale costituito da elementi tipo “Shell”



Modellazione meccanica degli isolatori del tipo a pendolo inverso
Bianco et al. (Sapienza)

Viene effettuata una modellazione degli isolatori FPD per comprendere alcuni aspetti del comportamento meccanico ancora non ben chiari



Sottogruppo 5

**Normative e Linee Guida:
Approfondimenti e Proposte**
(6 memorie di cui 4 non presentate)



Elementi in c.a. pretesi

Lunghezza di trasmissione in elementi in calcestruzzo armato precompresso
Pellegrino et al. (UniPd)

- Un database di risultati sperimentali raccolti in letteratura è stato utilizzato per il confronto di alcune formulazioni normative per il calcolo della lunghezza di trasferimento (**Eurocode 2, fib Model Code**), ottenendo in alcuni casi delle stime inesatte
- E' stata effettuata un'analisi statistica dei dati al fine di identificare l'**effetto delle principali variabili in gioco**
- È stata quindi **proposta una nuova formulazione**, nella versione **completa e semplificata** basata sull'analisi statistica dei dati raccolti

Formula proposta

The new formulation obtained from the statistical analysis is shown in Equation 6:

$$L_t = \exp(\alpha + \beta d + \gamma \cdot \sigma_{pi} + \delta \cdot f_c) \quad (6)$$

where α depends on the class of the specimens and is 1.12 for Class A and C, 0.88 for Class B and 1.01 for Class D; β is 0.0028417, γ is 0.003938 and δ is -0.003871.

Formula semplificata

posed. The new simplified formulation has the same functional form of the new model proposed in Equation 6, but the coefficients are the same for all the classes: α is 1.34; β is 0.003967, γ is 0.00358 and δ is -0.00815.

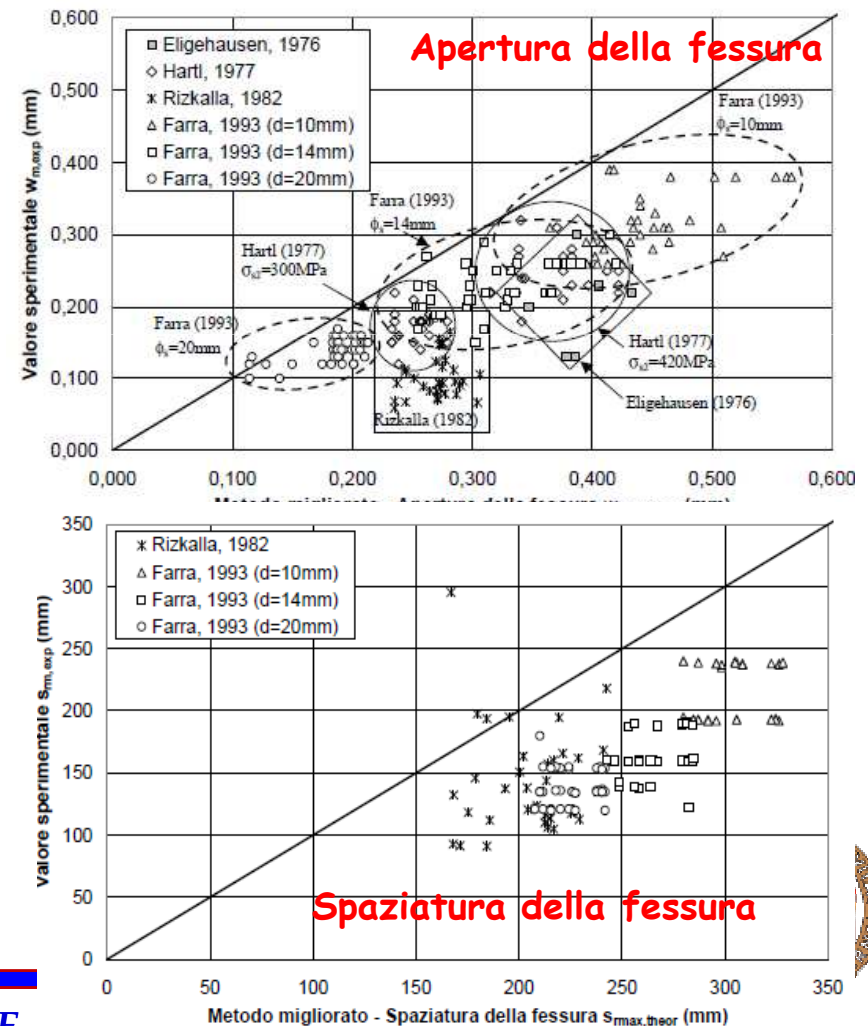
Table 3. Relative error / Errore relativo.

Formulation	Relative error (mean)	Relative error (st. deviation)
Eurocode 2 (2004)	-0.013	0.309
fib Model Code (2010)	0.176	0.264
New model (complete)	0.015	0.175
New model (simplified)	0.018	0.195

Tirante in c.a.

Effetto delle fessure secondarie sul comportamento di un tirante in c.a.
Taliano (PoliTo)

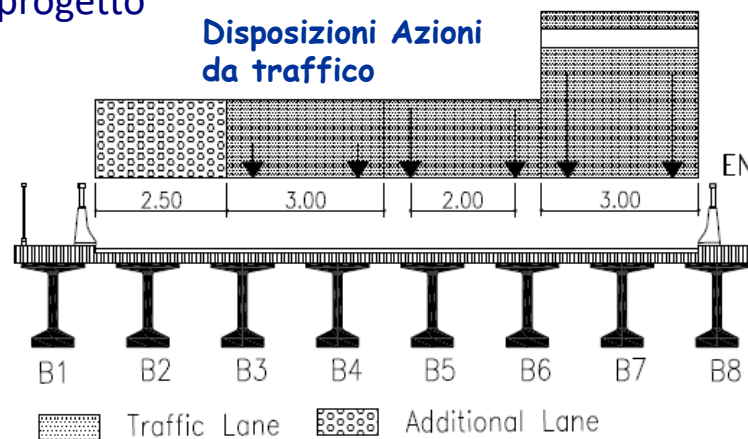
- L'autore ha messo a punto un **modello di calcolo** della apertura e spaziatura delle fessure in un tirante in condizioni di fessurazione stabilizzata che **modifica, migliorandolo**, il metodo proposto dal **fib Model Code 2010**
- **I risultati teorici** di spaziatura e apertura della fessura ottenuti con il modello proposto **sono stati confrontati con dati sperimentali disponibili in letteratura** ed hanno mostrato con il **“metodo migliorato”** conduce a **valutazioni conservative** sia della distanza che della apertura delle fessure



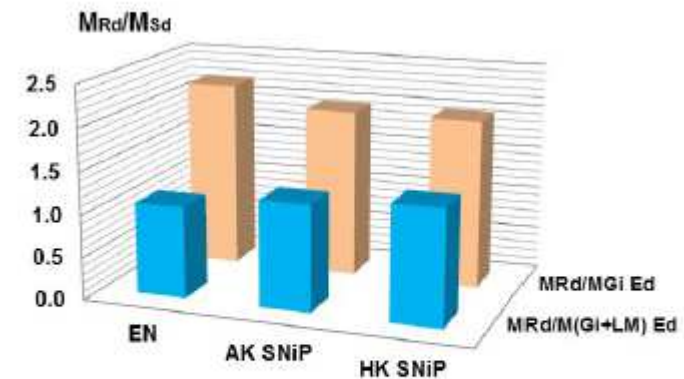
Ponti e Viadotti

Progetto Costruttivo di Ponti e Viadotti autostradali al di fuori della zona EU utilizzando gli Eurocodici - Rendace et al. (Spea Engineering S.p.A., Milano)

- La memoria presenta un caso di **progetto costruttivo di ponti e viadotti autostradali per un progetto in Georgia applicando gli Eurocodici, in luogo degli standards Russi e Ucraini**
- Il tema principale è il confronto delle azioni variabili da traffico, in riferimento alla sicurezza strutturale.
- Sono discussi sia il progetto sismico delle pile svolto in duttilità sia i controlli sui materiali strutturali stabiliti in progetto



Safety factor



	EN	AK SNiP	HK SNiP
MRd/M(Gi+LM) Ed	1.08	1.25	1.36
MRd/MGi Ed	2.20	1.98	1.98

Opere di Ingegneria Geotecnica

Opere governate dall'interazione terreno-struttura: il progetto allo SLU
Scarpelli et al. (UnivPm)

- La memoria pone l'attenzione sugli approcci progettuali presenti nell'Eurocodice 7 e nelle NTC 2008 per la verifica delle opere di ingegneria geotecnica e nella generale tendenza riscontrata nei processi di revisione di privilegiare l'Approccio 2 («+ semplice») e riducendo al minimo la possibilità d'uso dell'Approccio 1
- La memoria intende mettere in luce l'impoverimento tecnico che tale indirizzo comporta, specialmente nei casi in cui il dimensionamento dell'opera è governato dall'interazione terreno-struttura

Table 2. Partial factors for design approaches allowed by Italian National Building Code (NTC2008) / Coefficienti parziali distinti secondo gli approcci progettuali consentiti dalle NTC 2008

		Approccio progettuale 1				Approccio progettuale 2				
		DA1-1		DA1-2		DA2				
		(A1+M1+R1)		(A2+M2 ¹⁾ +R2)		(A1+M1+R3)				
		A1	M1	R1	A2	M2 ¹⁾	R2	A1	M1	R3
AZIONI (A)	Permanente fav.	1			1			1		
	Permanente sfav.	1,3			1			1,3		
	Variabile fav.	0			0			0		
	Variabile sfav.	1,5			1,3			1,5		
PARAMETRI GEOTECNICI (M)	tan ϕ'		1			1,25			1	
	c'		1			1,25			1	
	c_u		1			1,4			1	
RESISTENZE (R)										
Fondaz. dirette	Stab. globale			-			1,1			-
	Cap. portante			1			1,8			2,3
	Scorrimento			1			2,3			1,1
Fondaz. profonde	Stab. globale			-			1,1			-
	Carichi trasversali			1			1,6			1,3
Pali infissi	Resist base			1			1,45			1,15
	Resist lat in compr			1			1,45			1,15
	Resist tot			1			1,45			1,15
	Resist lat in traz.			1			1,6			1,15
	Resist base			1			1,7			1,35
Pali trivellati	Resist lat in compr			1			1,45			1,15
	Resist tot			1,15			1,6			1,3
	Resist lat in traz.			1,25			1,6			1,25
	Resist base			1,1			1,6			1,3
Pali elica continua	Resist lat in compr			1			1,45			1,15
	Resist tot			1,1			1,55			1,25
	Resist lat in traz.			1,25			1,6			1,25
	Stab. globale			-			1,1			-
Op. di sostegno	Muri di sostegno	Capacità portante		1			1			1,4
		Scorrimento			1			1		1,1
		Res. a valle			1			1		1,4
	Paratie	Altre verifiche			1			1		-
Tiranti	Temporanei			-			-			1,1
	Permanenti			-			-			1,2
Opere malsciolti	Resist. terreno			-			1,1			-

A1-A2 coefficienti parziali sulle azioni, M1-M2 coefficienti parziali sui parametri geotecnici, R1-R2-R3 coefficienti parziali sulle resistenze (x) per pali ed ancoraggi si applicano i coefficienti parziali M1

Sottogruppo 6

Ponti e Viadotti

(12 memorie di cui 7 non presentate)



Impiego di cls leggeri

Progetto di ponti precompressi a piastra ad altezza variabile con campata in calcestruzzo leggero - Beltrami (Lombardi Ingegneria S.r.l., Milano)

- Sono illustrate le **caratteristiche progettuali e costruttive di ponti in c.a.p. di tipologia a piastra con altezza variabile, caratterizzati da snellezze molto elevate**
- La “leggerezza” della campata (a spessore ridotto) è stata ottenuta grazie all’impiego, nelle sezioni di mezzeria, di **calcestruzzi leggeri strutturali (classe di densità 1.8; $R_{ck} = 50$ MPa)**, mentre nelle sezioni in prossimità dei vincoli di appoggio sono stati impiegati cls ordinari
- Sono illustrate due recenti applicazioni: **Ponte Torrente Mallero** (Sondrio) e **Ponte Fiume Adda** (Bormio)
- Le fasi esecutive sono state influenzate dalla necessità di eseguire getti di grandi volumi con miscele miste (normale e leggero) dei cls (**da sottolineare l’importanza della precisa gestione organizzativa e logistica del cantiere**)

Ponte Torrente Mallero

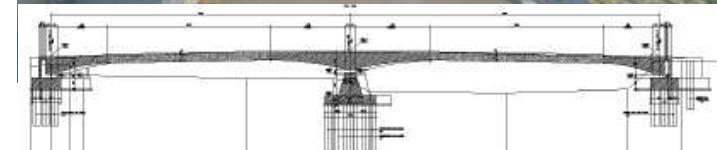


Figura 2. Sezione longitudinale del ponte / Bridge longitudinal section.

Impalcato a cassoni cellulari

Ferrovia Saida – Moulay Slissen: Impalcato a cassoni cellulari per viadotti continui a spinta - Ghezzi et al. (Astaldi S.p.A., Algeria)

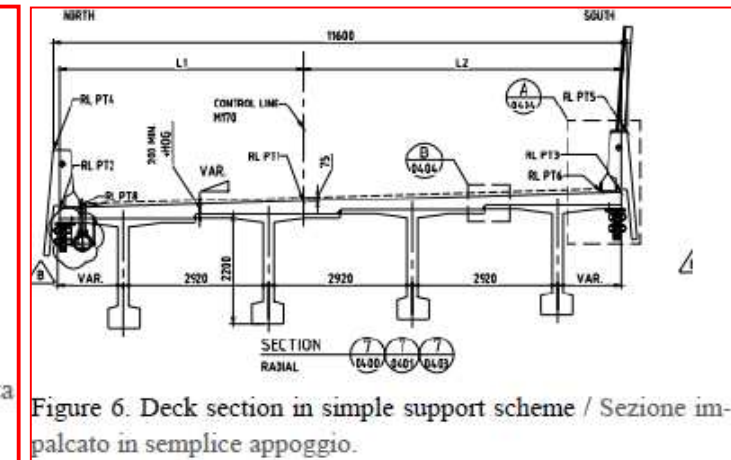
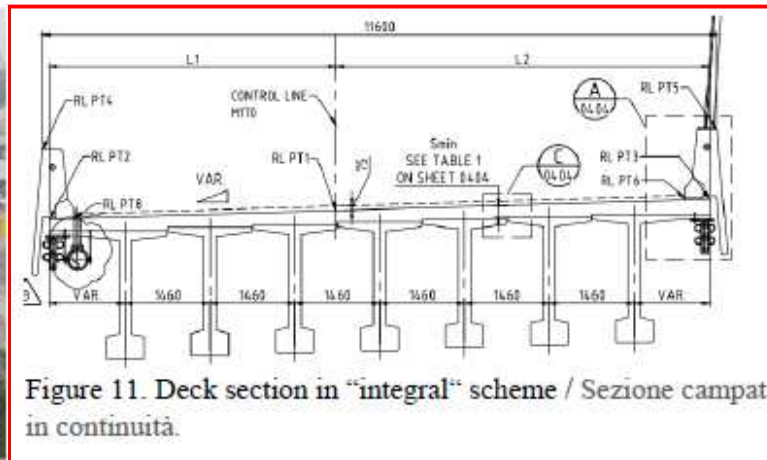
- L'oggetto della memoria è il più importante dei viadotti realizzati con **impalcato continuo a cassone monocellulare** in c.a.p., **mediante spinta e solidarizzazione di elementi prefabbricati** in opera, nella tratta ferroviaria Saida - Moulay Slissen lunga 133 km
- Il viadotto è composto da 8 campate, 6 centrali da 45 metri e due laterali da 36 metri, per complessivi 342 metri, l'altezza delle pile raggiunge i 36 metri.
- La memoria illustra **l'approccio progettuale e la metodologia realizzativa**, mettendo tutti gli aspetti singolari che caratterizzano queste importanti opere, quali ad esempio l'analisi strutturale nelle fasi definitive e temporanee, l'interazione binario-struttura, lo studio del loro comportamento sismico, le caratteristiche geometriche del tracciato e di come queste interagiscano con le tecniche di spinta.



Ponti con travi prefabbricate

Viadotti in c.a.p realizzati a Sidney
Poluzzi (UniBo)

- La memoria descrive un **viadotto di c.a. realizzato a Sydney (Australia)** con particolare attenzione agli impalcati in c.a.p sia di tipologia in semplice appoggio su pile e spalle, sia di tipologia con solidarizzazione in continuità di travi prefabbricate a formare un complesso solidale anche con pile e fondazioni (“integral”)



Tecnologia costruttiva “top-down”

Viadotto di Gran Manglar – Colombia
Dreas (DEAL S.r.l., Udine)

- Il progetto descritto nella memoria prevede la realizzazione del viadotto di Gran Manglar di Cartagena (lunghezza complessiva = 4,8 km; 129 campate) sulla laguna di Cienaga de Tesca, mediante l'utilizzo di una **tecnologia di costruzione top-down (costruzione «dall'alto»)**
- Tutti gli elementi costitutivi principali del viadotto: pali, pile e travi di impalcato sono prefabbricati in c.a.p. e sono messi in opera con l'ausilio di una speciale attrezzatura di varo che consente la presa degli elementi da dietro, l'infissione dei pali e la posa degli altri elementi senza necessità di accesso dal basso



Tecnologia del c.a.p. nella costruzione dei ponti

Ponti in c.a.p.: una tipologia costruttiva che guarda al futuro grazie a sistemi di precompressione in continuo miglioramento - Frumento e Glaeser (DYWID SpA, Cusago (MI); DYWIDAG-Systems International GmbH, Munich, Germany)

- La memoria si sofferma sulla **tecnologia del cemento armato precompresso nella costruzione dei ponti**, evidenziando come l'esperienza e lo sviluppo continuo hanno fatto sì che oggi sia possibile costruire opere in c.a.p. durevoli e, contemporaneamente riqualificare e rinforzare quelle esistenti



Figura 2. Rottura nella zona di ancoraggio per insufficiente compattazione del cls.



Figura 8. Rinforzo longitudinale con cavi esterni

Descrizione di progetti

Ponte Strallato Avenida Ayrton Senna / Rio de Janeiro 2016 de Miranda (Studio De Miranda Associati, Italy +IUAV)

- L'oggetto della memoria è il Ponte Strallato di recente inaugurazione che attraversa la laguna di Jacarépagua a Rio de Janeiro. L'opera fa parte del nuovo collegamento stradale tra l'Aeroporto Internazionale e il quartiere Barra da Tijuca, a sud-ovest della città.
- Il ponte ha una lunghezza complessiva di 213.60 m, con un impalcato in c.a.p di 24.6m di larghezza, **quattro antenne con sezione trasversale triangolare, e due piani di stralli.**
- Il **metodo costruttivo** adottato per l'impalcato è il **getto in opera a sbalzo simmetrico dei conci in c.a.p. (scelta progettuale per venire incontro alle problematiche di carattere ambientale)** La costruzione è stata completata in un periodo complessivo di 20 mesi.



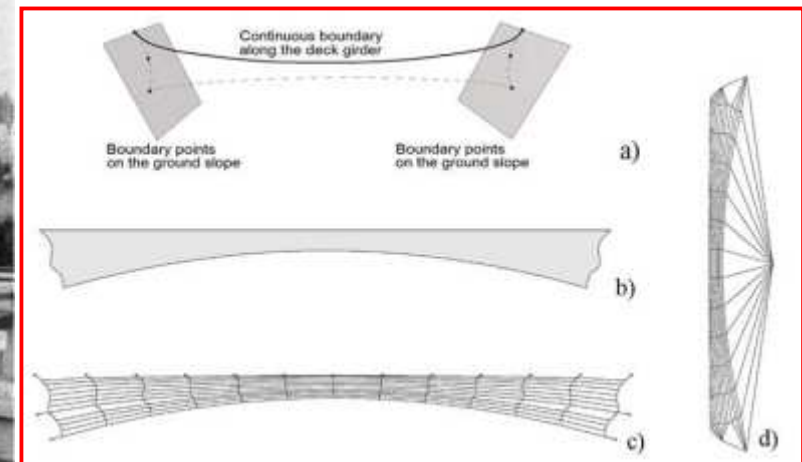
Descrizione di progetti

L'analisi TNA (Thrust Network Analysis) nel progetto di ponti in curva a guscio
Fenu et al. (Università di Cagliari, University of Fuzhou, Fuzhou PRC)

- La memoria mostra come **progettare un ponte in curva a guscio**, trovando la forma del guscio attraverso la **Thrust Network Analysis**
- Un ponte a guscio è stato modellato a partire da due archi, uno che supporta l'impalcato e con asse coincidente a quello della strada, e l'altro che corrisponde al bordo inferiore del guscio, quest'ultimo trovato come una linea di spinte nello spazio
- È stata indagata l'influenza delle condizioni al contorno sulla forma del guscio ottenuta come involuppo di linee di spinta



Applicazione del metodo TNA



Sottogruppo 7

Opere Varie

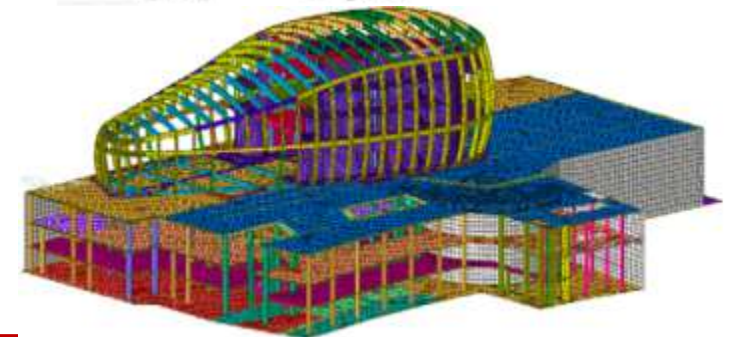
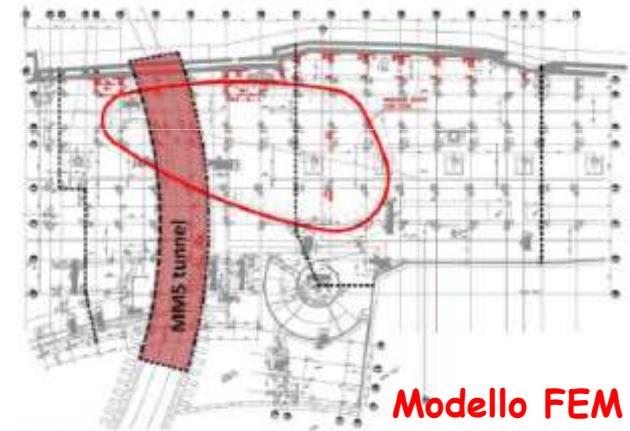
(10 memorie di cui 3 non presentate)



Edifici

L'edificio "UniCredit Pavilion" in Milano Campagna e Aronica (MSC Associati S.r.l., Milano)

- La memoria descrive le **principali problematiche e soluzioni tecniche** adottate nella progettazione e costruzione del nuovo edificio "UniCredit Pavilion", sito nel nuovo district center di Porta Nuova Garibaldi in piazza Gae Aulenti a Milano e realizzato mediante l'impiego di **differenti materiali strutturali (c.a., acciaio e legno lamellare)**
- Progettato dall'arch. **Michele De Lucchi**, presenta una configurazione modulabile degli ambienti interni, ha un'estensione di oltre 3500 m² e si articola su 6 livelli
- E' stato costruito sull'esistente edificio "Podio", dotato di tre piani interrati. Poco sotto il piano fondazionale del Podio era poi presente la galleria a doppio binario della linea MM4
- Il nuovo edificio è risultato a cavallo del giunto strutturale presente tra i due corpi di fabbrica sottostanti



Edifici

L'edificio "UniCredit Pavilion" in Milano Campagna e Aronica (MSC Associati S.r.l., Milano)

- L'edificio è stato progettato come un nuovo fabbricato monolitico, del tutto slegato dal layout dell'esistente Podio e costruito "a ponte" sul sottostante giunto strutturale. Tale soluzione è stata realizzata impiegando **isolatori sismici di tipo elastomerico**, creando di fatto un edificio fuori terra "sliding" rispetto a quello sottostante
- La particolare geometria del fabbricato, profondamente diversa dalla regolare maglia strutturale del sottostante Podio, ha richiesto la realizzazione di una nuova fondazione posta al di sopra del livello della piazza e poggiata puntualmente sui pilastri sottostanti



Edifici

Un complesso alberghiero e centro congressi in Africa Equatoriale Marcaccioli e Menegotto (Piccini Group S.p.A., Perugia)

- La memoria intende evidenziare come la **prefabbricazione**, in ambienti assolutamente «impreparati» può rivelarsi più funzionale rispetto alla costruzione con sistemi tradizionali
- Si riporta il caso di un intervento in **Guinea Equatoriale**, per un grande complesso, situato in mezzo alla foresta pluviale e comprendente un albergo di lusso con 450 camere, una sala congressi da 1200 posti, impianti sportivi e una cinquantina di ville da 700mq
- Il sito era completamente coperto dalla giungla, la regione era raggiungibile solo attraverso strette piste sterrate, con andamento altimetrico molto mosso, e nel Paese non era presente alcuna industria significativa

Condizioni iniziali del sito



Edifici

Un complesso alberghiero e centro congressi in Africa Equatoriale Marcaccioli e Menegotto (Piccini Group S.p.A., Perugia)

- Visto l'elevato costo che poteva avere sul posto la carpenteria metallica è stata ritenuta vantaggiosa la scelta del calcestruzzo
- Si è reperito un giacimento di granito per gli aggregati e installato uno stabilimento, auto-prefabbricato producendo i propri pezzi, per poi produrre tutti gli elementi per l'opera, così realizzata in tempi rapidi e in qualità
- La progettazione è stata eseguita secondo gli Eurocodici (non esistendo una normativa nazionale).

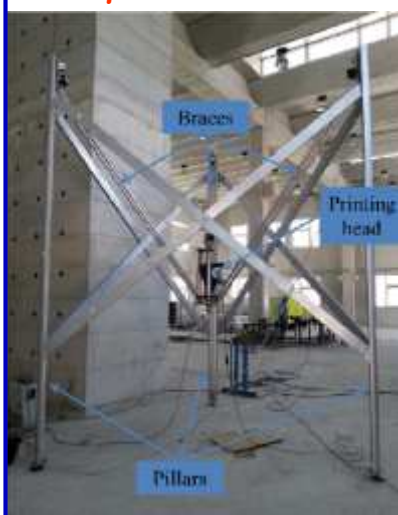


Stampa 3D

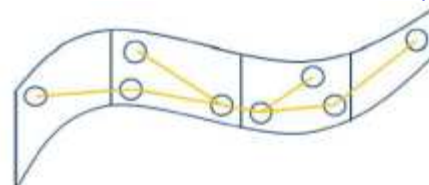
Progettazione innovativa di elementi in c.a. mediante stampa 3D
Menna et al. (UniNa + UniPv)

- Nuovo approccio per la fabbricazione di elementi in c.a. basato sulla **tecnologia di stampa 3D**
- L'approccio è basato sulla partizione di un elemento strutturale in conci di calcestruzzo da stampare separatamente per poi essere assemblati in un unico elemento monolitico insieme con l'armatura metallica
- 2 esempi di applicazione: a) trave in c.a. ad asse rettilineo; b) trave in c.a. ad asse curvo

Stampante 3D utilizzata



Config. della trave realizzata mediante stampa di conci di cls e assemb. con barre in acciaio (in giallo)

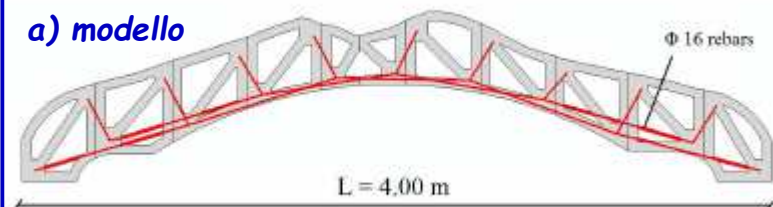


Es. di concho di trave durante la fase di stampa



Configurazione geometrica della trave a sezione variabile

a) modello



b) stampa



L'Eccellenza Italiana



MATERIALI, TECNOLOGIA E TECNICHE COSTRUTTIVE

Relazione Generale

Grazie

Roberto Realfonzo

Dipartimento di Ingegneria Civile
Università di Salerno
rrealfonzo@unisa.it

