

Borsa dei Progetti di Ricerca

Titolo del Programma di Ricerca

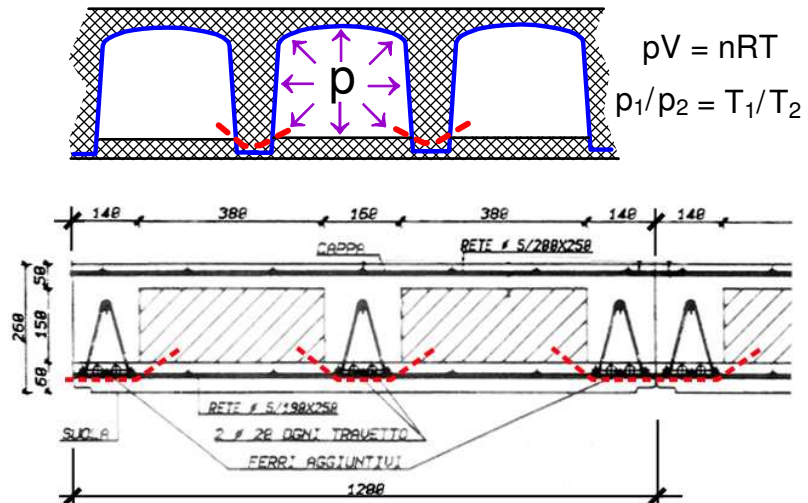
Prevenzione dello scoppio negli alleggerimenti di solai e pannelli cementizi soggetti ad incendio

Abstract del Programma di Ricerca

La progettazione della resistenza al fuoco delle strutture ha registrato negli ultimi anni un notevole progresso, grazie anche al recepimento a livello nazionale delle "parti fuoco" degli Eurocodici. Si sente quindi sempre più spesso parlare di approccio prestazionale, di definizione dello scenario di incendio, di robustezza strutturale, di effetto delle azioni indirette.

Un importante esempio di azione indiretta è rappresentato dagli effetti dell'espansione termica dei gas all'interno delle cavità di alleggerimento degli elementi piani in calcestruzzo armato, ottenute mediante una opportuna sagomatura del conglomerato (solai alveolari vibrocompressi) o mediante l'inserimento di blocchi di materiale espanso (predalles, pannelli) o elementi cavi di materiale plastico (cupolini a igloo, sfere). Considerando che un gas scaldato a volume costante aumenta la sua pressione di $0.34 \text{ kN/m}^2/^\circ\text{C}$, è facile rendersi conto che un riscaldamento anche di poche decine di gradi dell'aria nelle cavità porta a delle elevate sollecitazioni interne. Si può pertanto giungere alla rottura fragile per trazione di nervature, anime, connettori, che può portare al collasso dell'elemento o comunque ad un improvviso, forte calo delle sue prestazioni statiche, di tenuta e di isolamento.

Tra le possibili misure preventive esistono in commercio alcune soluzioni brevettate di sfiati in materiale plastico, il cui costo non è però sempre accettato in un mercato fortemente competitivo come quello della prefabbricazione. Più diffusa è la pratica di forare i manufatti dopo la sformatura, il che però contrasta con i necessari requisiti estetici.



Esempio di esplosione di lastre tralicciate "predalles", con distacco del copriferro nelle zone più densamente armate delle nervature.

Esistono tuttavia delle strade alternative, non ancora esplorate, che possono in sintesi essere così identificate:

- Integrazione degli sfiati nei dispositivi che già vengono normalmente installati durante il confezionamento del manufatto (inserti, connettori, cupolini, ecc), senza costi aggiuntivi di approvvigionamento e di installazione.
- Creazione di indebolimenti che inneschino rotture anticipate ma non critiche per effetto delle sovrappressioni (salvaguardando le zone più densamente armate, le anime, ecc).

Lo scopo del Programma di Ricerca qui presentato è quindi quello di ideare soluzioni razionali e di sicuro interesse pratico, partendo dalla modellazione del fenomeno che è all'origine del problema e interagendo direttamente coi produttori di componenti industrializzati per l'edilizia e con i prefabbricatori.

Parole chiave

solai alleggeriti, incendio, sfiati, spacco del calcestruzzo, prove all'incendio

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

GAMBAROVA PIETRO PROFESSORE ORDINARIO

ICAR/09 POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE

02-23994391 02-23994220 pietro.gambarova@polimi.it
(telefono) (fax)

Curriculum scientifico del Coordinatore scientifico

- Laurea in Ingegneria Aeronautica nel marzo 1966
- Assistente Incaricato/di Ruolo dal 1968 al 1974;
- Professore Associato ("Stabilizzato") dal 1975 al 1980
- Professore Straordinario/Ordinario di Tecnica delle Costruzioni dal 1981/1984
- Docente in visita presso la Northwestern University (Evanston, Chicago) nel 1978 e nel 1982
- Docente a contratto presso l'Università Nazionale Somala a Mogadiscio (2° semestre 1976)
- Docente in visita presso l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne-EPFL, Losanna, Svizzera (1° semestre 2006)
- Responsabile Nazionale del Progetto Coordinato CNR "Materiali Speciali per le Costruzioni" (1994-96)
- Responsabile Nazionale del Progetto MURST 40% "Tecniche innovative e modelli di calcolo per le costruzioni in c.a./c.a.p." (1994-96)
- Coordinatore Scientifico del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale "La sicurezza delle strutture in calcestruzzo ad alte prestazioni" (1997-98)
- Coordinatore Scientifico del Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale "Danneggiamento meccanico e durabilità dei calcestruzzi normali e ad alte prestazioni"
- Membro della Commissione Norme C.A. e C.A.P. del CNR (1995-98)
- Membro della Commissione 4 della Fédération Internationale du Béton-FIB, Gruppo di Lavoro TG-4.2 "Bond Models" (1995-2000), e Gruppo di Lavoro TG-4.3
- "Fire Design of Concrete Structures" (dal 2001)
- Organizzatore (con altri) del Convegno Internazionale "Fire Design of Concrete Structures: What now? What next?", *fib* TG-4.3, Milano, 4-6 Dicembre 2004
- Organizzatore (con altri) del Congresso Internazionale FraMCoS-6 (Fracture Mechanics of Concrete Structures), Catania, 17-22 Giugno 2007
- Autore o coautore di oltre 160 lavori in tema di analisi tensionale per via sperimentale; piastre e gusci; meccanica del calcestruzzo e delle strutture in c.a./c.a.p.; calcestruzzi speciali; meccanica dei calcestruzzi ad alta temperatura; progettazione all'incendio
- Co-autore di 2 libri (sul calcolo strutturale, 1998, e sulla progettazione delle piastre in c.a., 2007)
- Fellow dell'American Society of Civil Engineers dal Novembre 1999
- Membro dell'ACI (American Concrete Institute); dell'IABSE (Int. Ass. of Bridge and Structural Engineering); del FIB (Fédération Internationale du Béton); dell'AICAP (Ass. Italiana Calcestruzzo Armato e Precompresso)
- Coordinatore del Dottorato di Ingegneria Strutturale, Sismica e Geotecnica del Politecnico di Milano (2004-2010)

Publicazioni scientifiche più significative del Coordinatore scientifico

1. Gambarova P.G., Felicetti R. (a cura di) (2009): *Progetto delle Strutture Resistenti al Fuoco*, traduzione italiana di “*Structural Design for Fire Safety*” di A. Buchanan, Hoepli (Milano), 436 pp.
2. Bamonte P., Felicetti R. e Gambarova P.G. (2009): “Punching Shear in Fire-Damaged R/C Slabs”, *ACI Special Publication SP-265 “Shear and Torsion in Concrete Structures”*, pp. 345-366.
3. Bamonte P. and Gambarova P.G. (2009): “Thermal, Mechanical and Structural Properties of a High-Strength Durable Concrete at High temperature”, *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering* (in pubblicazione).
4. Bamonte P. e Gambarova P. (2008): “Comportamento Meccanico di una Famiglia di Calcestruzzi Autocompattanti Esposti all'Alta Temperatura”, *Atti del 14° Congresso C.T.E.*, Roma, 5-8 Novembre 2008, Vol. 1, pp. 347-356.
5. Bamonte P. e Gambarova P. (2008): “Thermo-Mechanical Characterization of a High-Strength Micro-Concrete Exposed to High Temperature and Application to an Airport Apron”, *Studies and Researches*, Vol. 28, pp. 103-132, Starrylink (Brescia).
6. Felicetti R. e Gambarova P. (2008): “Expertise and Assessment of Materials and Structures after Fire”, *Fire Design of Concrete Structures - Structural Behaviour and Assessment (fib Bulletin 46)*, pp. 63-114.
7. Bamonte P., Gambarova P. e Meda A. (2008): “Today's Concretes Exposed to Fire - Test Results and Sectional Analysis”, *Structural Concrete*, Vol. 9 (1), pp. 19-29.
8. Bamonte P., Cangiano S., Felicetti R., Gambarova P. et al. (2007): “Thermo-Mechanical Characterization of Concrete Mixes Suitable for the Rehabilitation of Fire-Damaged Tunnel Linings - Second Part : Tensile Strength, Mass per Unit Volume and Thermal Diffusivity”, *Studies and Researches*, Vol. 27, pp. 231-276, Starrylink (Brescia).
9. Bamonte P., Gambarova P., Bruni M. e Rossini L. (2007): “Ultimate Capacity of Undercut Fasteners Installed in Thermally-Damaged High-Performance Concrete”, *Proceedings of the International Conference “Fracture Mechanics of Concrete Structures – FraMCoS-6”*, Catania, 17-22 Giugno 2007, Vol. 3, pp. 1729-1736.
10. Carpinteri A., Gambarova P., Ferro G. e Plizzari G. (a cura di) (2007): *Proceedings of the International Conference “Fracture Mechanics of Concrete Structures – FraMCoS-6”* (3 volumi), Balkema - Taylor and Francis (Londra, Regno Unito).
11. Coronelli D. e Gambarova P. (2007): “Condition Rating of Corroded R/C Frame Structures”, *Proceedings of “Concrete under Severe Conditions: Environmental and Loading – CONSEC’07”*, Tours (Francia), 4-6 Giugno 2007, Vol. 1, pp. 213-222.
12. Bamonte P., Cangiano S., Felicetti R., Gambarova P. et al. (2006): “Thermo-Mechanical Characterization of Concrete Mixes Suitable for the Rehabilitation of Fire-Damaged Tunnel Linings - First Part: Compressive Strength and elastic Modulus”, *Studies and Researches*, Vol. 26, pp. 233-284, Starrylink (Brescia).
13. Gambarova P., Felicetti R., Meda A. e Riva P. (a cura di) (2005): *Proceedings of the Workshop “Fire Design of Concrete Structures: What now? What next?”*, 343 pp., Starrylink (Brescia).
14. Coronelli D. e Gambarova P. (2004): “Structural Assessment of Corroded Reinforced Concrete Beams: Modeling Guidelines”, *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 130 (8), pp. 1214-1224.

15. Felicetti R. e Gambarova P. (2004): “High-Performance Light-Weight Concrete: Material and Sectional Properties during and after a Fire”, *Proceedings of the International Conference on Advanced Concrete Structures (ICACS)*, Xuzhou (China), May 2004, pp. 89-99.
16. Felicetti R., Gambarova P., Silva M. e Vimercati M. (2002): “Thermal Diffusivity and Residual Strength of HPLWC Exposed to High Temperature”, *Proceedings of the 6th International Symposium on Utilization of HSC/HPC*, Leipzig (Germany), 17-19 Giugno 2002, Vol. 2, pp. 935-948.
17. Meda A., Gambarova P. e Bonomi M. (2002): “High-Performance Concrete in Fire-Exposed Reinforced Concrete Sections”, *ACI Structural Journal*, vol. 99 (3), pp. 277-287.
18. Felicetti R., Gambarova P., Natali-Sora M.P. e Khoury G.A. (2000): “Mechanical Behaviour of High-Performance and Ultra High-Performance Concrete in Direct Tension at High Temperature and After Cooling”, *Proceedings of “BEFIB’2000 - 5th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC)”*, Lyon (Francia), pp. 749-758.
19. Felicetti R., Gambarova P. e Semiglia M. (1999): “Residual Capacity of HSC Thermally-Damaged Deep Beams”, *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 125 (3), pp. 319-327.
20. Felicetti R. e Gambarova P. (1998): “Effects of High Temperature on the Residual Compressive Strength of High-Strength Siliceous Concretes”, *ACI Materials Journal*, Vol. 95 (4), pp. 395-406.

Elenco dei Componenti del Gruppo di Ricerca

1)	FELICETTI	ROBERTO	PROFESSORE ASSOCIATO
	ICAR/09	02-23994388	roberto.felicetti@polimi.it
2)	BAMONTE	PATRICK	RICERCATORE
	ICAR/09	02-23994288	patrick.bamonte@polimi.it

Obiettivi del Programma di Ricerca

Gli obiettivi del Programma di Ricerca possono essere articolati nei seguenti punti:

1. Modellazione del transitorio termico nelle cavità

Ci si propone di mettere a punto modelli e procedure di calcolo di tipo ingegneristico che permettano una stima attendibile della temperatura media dei gas all'interno delle cavità, in presenza o meno di materiali polimerici espansi. Mediante ricerche bibliografiche e prove di laboratorio si vuole anche chiarire il ruolo del degrado chimico-fisico delle materie plastiche eventualmente presenti nelle cavità. Lo scopo finale è quello di determinare, nelle diverse fasi dell'incendio di progetto, l'effettivo aumento della pressione dei gas, in modo da identificare eventuali condizioni critiche di sollecitazione del manufatto.

2. Decadimento termo-meccanico critici delle connessioni

Il raggiungimento di temperature dell'ordine del centinaio di gradi all'interno delle cavità corrisponde ad un ben maggiore riscaldamento della parete di calcestruzzo direttamente esposta all'incendio. Questo comporta un decadimento delle proprietà meccaniche del conglomerato e in particolare della resistenza a trazione, che spesso governa le rotture causate dalle sovrappressioni interne. Partendo dalla consolidata esperienza del Gruppo di Ricerca nel campo della frattura dei calcestruzzi in condizioni di incendio, ci si ripropone di caratterizzare la capacità meccanica di alcune zone critiche (nervature, connettori, anime), anche mediante prove di laboratorio che simulino i gradienti termici prodotti dall'esposizione al fuoco.

3. Soluzioni tecniche per la prevenzione dello scoppio

Seguendo le linee di sviluppo già delineate in precedenza (integrazione degli sfiati in altri componenti costruttivi e controllo dei meccanismi di collasso) ci si propone di progettare delle soluzioni tecniche che siano efficaci e competitive sul piano economico. Le direzioni che verranno intraprese verranno concordate coi partner industriali interessati a questo tipo di ricerca.

4. Verifica mediante prove su modelli al vero

Data la complessità dei fenomeni che governano il comportamento al fuoco dei manufatti in calcestruzzo armato, la verifica sperimentale mediante prove al vero rimane l'unica risposta attendibile circa l'efficacia delle soluzioni proposte. Il Gruppo di Ricerca è in grado di fornire il supporto necessario sia per l'esecuzione di prove preliminari di più basso costo che nell'allestimento delle prove ufficiali presso laboratori specificamente attrezzati.