

Borsa dei Progetti di Ricerca

Titolo del Programma di Ricerca

Durabilità e comportamento in esercizio dei calcestruzzi ad alte prestazioni

Abstract del Programma di Ricerca

Nel mondo delle costruzioni italiano, già da diversi anni sono stati introdotti, accanto ai calcestruzzi convenzionali, anche i cosiddetti “calcestruzzi ad alte prestazioni o innovativi”. La particolare scelta del mix-design o l'introduzione di componenti aggiuntive, infatti, consente oggi l'impiego del calcestruzzo in applicazioni molto specifiche dal punto di vista delle prestazioni meccaniche, della durabilità, della finitura e della messa in opera. La diffusione di tali materiali, tuttavia, solo in anni recenti ha trovato nuovo impulso grazie alla pubblicazione di linee guida e documenti tecnici redatti a valle di intense attività di ricerca nazionali e internazionali, che hanno coinvolto anche l'Unità di Ricerca di Bologna.

In tale ambito, l'UR di Bologna ha condotto attività di ricerca sui calcestruzzi autocompattanti e sui calcestruzzi rinforzati con fibre corte, sia attraverso progetti di ricerca ministeriali sia mediante convenzioni di ricerca con aziende private. Lo sviluppo di queste attività di ricerca ha consentito di far acquisire al Gruppo di Ricerca una serie di competenze che saranno sinteticamente descritte nel seguito.

Comportamento differito dei calcestruzzi

L'UR ha acquisito una notevole esperienza relativamente allo studio del comportamento differito e allo sviluppo delle proprietà meccaniche dei calcestruzzi nel tempo; sono disponibili, in particolare attrezzature all'avanguardia per la misura della viscosità in compressione e del ritiro sia in presenza (essiccamento) che in assenza (fenomeno autogeno) di scambio di umidità con l'aria. La numerosità delle attrezzature e la dimensione della cella climatica (50 mq) al cui interno vengono condotte le prove, consentono lo svolgimento di prove su più tipi di calcestruzzo contemporaneamente. Ciò consente una più rapida definizione della miscela in grado di soddisfare le prestazioni richieste. Lo studio del comportamento differito può essere effettuato anche nei confronti della sollecitazione di trazione grazie ad appositi sistemi speciali realizzati dall'UR e disponibili all'interno della cella climatica.

Comportamento differito di elementi strutturali

Lo studio del comportamento differito nel tempo può essere affrontato a livello del solo materiale ma è possibile affrontarlo anche a livello strutturale su elementi sia in scala ridotta che reale; sono state realizzate, infatti, attrezzature specifiche in grado di sollecitare una vasta gamma di elementi strutturali in flessione secondo lo schema di carico a 4 punti mantenendo il carico costante nel tempo. Questa possibilità consente una verifica della reale influenza che viscosità e ritiro potrebbero avere sui manufatti finiti (solitamente armati con armatura in acciaio) e non solo a livello del materiale calcestruzzo.

Sviluppo e calibrazione di modelli di viscosità

Il pluriennale coinvolgimento dell'UR in programmi di ricerca orientati allo studio delle problematiche connesse al comportamento differito dei materiali e delle strutture, garantiscono oggi la possibilità non solo di svolgere le attività sperimentali descritte ma anche ed in particolare la messa a punto di criteri di progetto di elementi strutturali e lo sviluppo di modelli di calcolo in grado di tenere in conto di tali aspetti; parimenti, i dati sperimentali possono essere proficuamente utilizzati per la calibrazione di modelli previsionali a livello del comportamento del solo materiale.

Comportamento fessurato e durabilità dei calcestruzzi

Nel corso dell'attività di ricerca sui calcestruzzi fibrorinforzati, l'UR ha realizzato sia sistemi per la valutazione del comportamento istantaneo fessurato dei calcestruzzi (in particolare con aggiunta di fibre) sia sistemi innovativi in grado di monitorare il comportamento fessurato ma sotto carichi di lunga durata. Queste ultime prove possono essere condotte (ancora una volta grazie alle dimensioni della cella climatica) in condizioni di temperatura e umidità controllate. E' possibile inoltre, esporre provini in calcestruzzo fessurato al contatto prolungato con agenti aggressivi, quali soluzioni saline ad esempio, o a temperature variabili fino a 45° mantenendo lo stato fessurativo attivo (fessure aperte). Grazie a questo insieme di attrezzature ed all'esperienza maturata, l'UR è in grado di svolgere un'ampia gamma di ricerche relativamente al comportamento fessurato ed alla durabilità dei calcestruzzi, in particolare quelli innovativi.

Modellazione del comportamento meccanico di calcestruzzi fibrorinforzati

Parallelamente agli aspetti sperimentali, l'UR è molto esperta nella messa a punto di modelli di calcolo in grado di valutare l'effetto della presenza di fibre all'interno del calcestruzzo, con particolare riferimento al comportamento fessurato. Questa opportunità si rende spesso necessaria per mettere in evidenza i reali vantaggi legati all'impiego di questo tipo di rinforzo nei confronti dell'armatura convenzionale o per ottemperare alle verifiche richieste dalla Normativa strutturale vigente.

Parole chiave

calcestruzzi ad alte prestazioni, viscosità, durabilità, fessurazione, modelli numerici, SCC, FRC

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

Mazzotti Claudio, Professore Associato

ICAR/09 Tecnica delle Costruzioni
(Settore scientifico-disciplinare)

Università di Bologna
(Università)

DISTART
(Dipartimento)

051-2093251
(Prefisso e telefono)

051-2093236
(Numero fax)

claudio.mazzotti@unibo.it
(Indirizzo posta elettronica)

Curriculum scientifico del Coordinatore scientifico (Max. 2000 caratteri)

- 2000: è vincitore del concorso da *Ricercatore* nel raggruppamento ICAR09 (Tecnica delle costruzioni) presso l'Università degli Studi di Bologna; conferma in ruolo nel 2004.
- 2005: è risultato idoneo, con giudizio unanime, nel Concorso per posti di *Professore Associato* per il raggruppamento ICAR09 (Tecnica delle costruzioni).
- 2006: Prende servizio in qualità di *Professore Associato* presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna nel Ottobre 2006.

E' titolare dei Corsi di **Costruzioni in c.a. e muratura L** per il corso di laurea in Ingegneria civile e del **Corso di Tecnica delle Costruzioni LS** per il corso di laurea specialistica in Ingegneria civile della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna.

Fa parte del Consiglio di Dottorato in Meccanica delle Strutture della Scuola di Dottorato di Ingegneria Civile ed Architettura dell'Università di Bologna.

E' membro dei Comitati RILEM TC-MPS "Mechanical properties of SCC" e TC DUC "Design Procedures for the Use of Composites in Strengthening of Reinforced Concrete Structures".

E' membro della Comitato Scientifico del MADEexpo per l'organizzazione del Forum della Tecnica.

Dal 2006 è revisore di riviste internazionali, tra le quali si ricordano: ACI Materials Journal, Advances in Structural Engineering, Journal of Composites for Constructions, Construction and Building Materials, International Polymer Processing.

E' autore di oltre 70 pubblicazioni scientifiche, di cui 14 pubblicate su riviste internazionali con referee. I principali risultati della ricerca sono stati, inoltre, presentati a convegni in Italia ed all'estero.

Ha sviluppato e partecipato alla realizzazione di numerosi programmi di ricerca nazionali (MIUR, FIRB, CNR) o finanziati da Aziende private.

Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore scientifico

- [1] Bottoni M., Mazzotti C., Savoia M., "A finite element model for linear viscoelastic behaviour of pultruded thin-walled beams under general loadings", *International Journal of Solids and Structures*, 45(3-4), 770-793, 2008.
- [2] Mazzotti C., Savoia M., "Long-term deflection of reinforced Self Compacting Concrete beams", *ACI Structural J.*, 106(6), 772-781, 2009.
- [3] Mazzotti C., Savoia M., Ceccoli C. "A comparison between long term properties of self compacting concrete of different strength", *5th International RILEM Symposium on SCC*, Settembre 2007, Gent, Belgio, 599-604.
- [4] Mazzotti C. "Long term deflection of reinforced SCC beams, Atti *Concreep 8, 8th International Conference on Creep, Shrinkage and Durability of Concrete and Concrete Structures*, settembre 2008, Ise-Shima, Giappone, 681-687.
- [5] Mazzotti C., Ceccoli C. "Creep and shrinkage of self compacting concrete: Experimental behavior and numerical model, Atti *Concreep 8, 8th International Conference on Creep, Shrinkage and Durability of Concrete and Concrete Structures*, settembre 2008, Ise-Shima, Giappone, 667-673.
- [6] Mazzotti C., Savoia M. "A fiber model for the long-term behavior of reinforced concrete sections", Atti *Concreep 8, 8th International Conference on Creep, Shrinkage and Durability of Concrete and Concrete Structures*, settembre 2008, Ise-Shima, Giappone, 615-621.
- [7] Mazzotti C., Ceccoli C. "Comparison between long term properties of self compacting concretes with different strength", *SCC 2008: Challenges and Barriers to Application*, ottobre 2008, Chicago, USA, 1-6 (su CD).
- [8] Buratti N., Mazzotti C. "Long term behaviour of self compacting fibre-reinforced concrete beams", *2nd International Symposium on Design, Performance and Use of Self-Consolidating Concrete (SCC'2009-China)*, Beijing, China, giugno 2009, 1-10 (su CD).
- [9] Buratti N., Mazzotti C., Savoia M., Thooft H. "Effetto del tipo di fibre sul comportamento fessurato di prismi in calcestruzzo inflessi", XX Convegno IGF del Gruppo Italiano Frattura, Torino, giugno 2009, 1-10 (su CD).

Elenco dei Componenti del Gruppo di Ricerca

Il Gruppo di ricerca è attualmente costituito da 1 Professore ordinario, 1 Professore associato, 1 Ricercatore, due assegnisti di ricerca, 1 Dottorando e Tecnici altamente qualificati. Il Gruppo di Ricerca afferisce al Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Trasporti, delle Acque, del Rilevamento del Territorio – DISTART dell'Alma Mater Studiorum di Bologna.

- 1) Dr. Ing. Marco Savoia, Professore Ordinario, ICAR09, marco.savoia@unibo.it
- 2) Dr. Ing. Claudio Mazzotti, Professore Associato, ICAR09, claudio.mazzotti@unibo.it
- 3) Dr. Ing. Loris Vincenzi, Ricercatore, ICAR09, loris.vincenzi@unibo.it
- 4) Dr. Ing. Barbara Ferracuti, Assegnista di ricerca
- 5) Dr. Ing. Nicola Buratti, Assegnista di ricerca
- 6) Ing. Marco Bovo, Dottorando

Obiettivi del Programma di Ricerca

Sulla base delle competenze sinteticamente descritte all'inizio della scheda, è possibile sviluppare programmi di ricerca di grande interesse e attualità che, in generale, possono affrontare le seguenti problematiche:

1. Studio del comportamento differito di nuovi materiali a base cementizia: sviluppo nel tempo delle proprietà meccaniche, misura della viscosità, del ritiro in varie condizioni termogrometriche.
2. Messa a punto di nuove miscele autocompattanti ottimizzate per sviluppare prestabilite prestazioni, in particolare quelle differite (viscosità e ritiro).
3. Sviluppo di modelli ad hoc o calibrazione di modelli esistenti sulla base di specifici risultati sperimentali per interpretare il comportamento in servizio di materiali a base cementizia.
4. Studio del comportamento fessurato di calcestruzzi ad alte prestazioni: analisi del comportamento istantaneo ma anche del comportamento differito.
5. Studio dell'efficacia dell'introduzione di fibre metalliche o polimeriche all'interno di manufatti in calcestruzzo.
6. Sviluppo di modelli di calcolo per la valutazione del comportamento in esercizio e allo stato limite ultimo di sezioni o elementi strutturali in calcestruzzo fibrorinforzato.

Le competenze sviluppate consentono, inoltre, di sviluppare ulteriori temi di ricerca da definire specificatamente con il Committente interessato relativamente alle tematiche generali delineate.