

POLITECNICO DI MILANO

SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE IN BENI ARCHITETTONICI E DEL PAESAGGIO

Corso: **Miglioramento sismico e monitoraggio strutturale**

Docenti: **Eva Coïsson** (Miglioramento sismico), **Federica Ottoni** (Monitoraggio strutturale)

**Durata:** 20 ore – 2 CFU

**Organizzazione e contenuti del corso:**

Il corso sarà suddiviso in due moduli, strettamente connessi tra loro:

#### **Monitoraggio strutturale (F. Ottoni)**

Il modulo di monitoraggio mira a dare una panoramica dei sistemi di monitoraggio strutturale – antichi e presenti – utili alla conoscenza degli edifici storici e alla piena comprensione del loro comportamento (anche sismico). Il monitoraggio infatti rappresenta uno strumento fondamentale per la conservazione, non solo per la comprensione delle cause del danno e del possibile crollo degli edifici storici ma anche per la definizione di eventuali interventi di miglioramento sismico e consolidamento. Di più, può costituire una vera e propria guida per l'intervento, registrando affidabilmente - e meglio di qualsiasi modello previsionale (che comunque contribuisce in maniera fondamentale a costruire e calibrare) – i primi risultati sull'edificio stesso, misurandone sperimentalmente l'efficacia, e addirittura correggendo possibili errori. Dentro ad una comune definizione - "monitoraggio" - in realtà rientrano diversi aspetti, e attività, tutte mirate al controllo della risposta reale del monumento ad eventi più o meno prevedibili, siano questi eventi traumatici o al contrario, interventi per migliorarne la stabilità.

All'interno del modulo, facendo riferimento a casi applicati ed esperienze sul campo, verranno mostrati i diversi tipi di monitoraggio possibili, per semplicità riassumibili nelle seguenti macro-categorie:

- il monitoraggio storico;
- il monitoraggio strumentale per la comprensione del comportamento fisiologico della struttura, essenzialmente utile al processo di calibrazione di modelli interpretativi;
- il monitoraggio strumentale per il controllo delle reazioni ad eventi singolari;
- il monitoraggio di "controllo" dell'intervento proposto (e realizzato).

#### **Miglioramento sismico (E. Coïsson)**

Il modulo di miglioramento sismico si pone l'obiettivo di inquadrare il tema del consolidamento e della riduzione del rischio sismico nell'ambito della più generale conservazione del costruito storico. Gli aspetti strutturali del restauro devono infatti trovare collocazione all'interno della disciplina stessa, di cui condivideranno metodi e principi.

Il modulo non ambisce pertanto a fornire indicazioni esaustive circa le modalità di calcolo ed esecuzione dei singoli interventi, quanto piuttosto a fornire criteri per la selezione delle tipologie di intervento, in stretta relazione con la fase conoscitiva e con gli esiti del monitoraggio strutturale, inteso in senso ampio. L'esposizione delle tecniche per la risoluzione delle differenti problematiche strutturali sarà pertanto integrata da considerazioni in merito alla necessaria ricerca di equilibrio tra aspetti tecnici, estetici, storici, conservativi e anche economici. L'esigenza di definire priorità di intervento, per ottimizzare l'uso delle risorse disponibili, si inserisce infatti con forza nel dibattito, in un periodo caratterizzato da ridotte disponibilità economiche per la conservazione, a fronte di danni di origine sismica sempre maggiori.

Consci che nell'ambito del restauro non esistono ricette universali, si esporranno – anche attraverso l'analisi di casi studio – le procedure per individuare caso per caso, tra le tante alternative possibili, le

soluzioni di miglioramento sismico più idonee per le caratteristiche dell'edificio e per i problemi che presenta, a partire da un'attenta lettura del manufatto su cui si interviene.

**Modalità di valutazione:** La verifica finale consisterà in un colloquio sui contenuti del corso.

**Calendario e argomenti:**

1° lezione) Docente: F. Ottoni (4 ore)

*Il monitoraggio storico e strumentale, ovvero: la lezione della storia agli strutturisti*

2° lezione) Docente: E. Coïsson (4 ore)

*Il restauro delle strutture storiche, tra teoria e tecnica*

3° lezione) Docenti: F. Ottoni – E. Coïsson ( 8 ore)

*Visita di alcuni monumenti* oggetto di monitoraggio strutturale e di interventi di consolidamento e miglioramento sismico a Parma.

4° lezione) Docenti: F. Ottoni (2 ore) – E. Coïsson (2 ore)

*Casi applicati: dall'analisi del dissesto al miglioramento sismico-strutturale.*

- *Il caso della Cittadella di Damasco, Siria: dall'analisi del danno al progetto (F. Ottoni)*
- *Il caso del Pantheon di Parigi: storia, monitoraggio e consolidamento (E. Coïsson)*

**Principale bibliografia di riferimento:**

L. Barbi, F.P. Di Teodoro (1983), *Le lesioni della cupola di Santa Maria del Fiore: una proposta di datazione*, in "Bollettino degli ingegneri", XXXI, 9, Firenze;

C. Blasi, V. Gusella (1991), *Evoluzione nel sistema fessurativo della Cupola di Santa Maria del Fiore*, in Bartoli, Blasi, De Robertis, Foraboschi, *Metodi di elaborazione dei dati provenienti da sistemi di monitoraggio: il caso della Cupola di Santa Maria del Fiore*, in "Bollettino degli Ingegneri", XXXVIII, Firenze;

G. Bartoli, C. Blasi, V. Gusella (1992), *Il sistema di monitoraggio della Cupola del Brunelleschi: analisi dei dati rilevati*, in atti del Convegno ASSI.R.C.CO, Prato;

C. Cestelli Guidi, A. Croce, A.W. Skempton, E. Schultze, G. Calabresi, C., Viggiani (1971), *Caratteristiche geotecniche del sottosuolo della Torre*, in *Ricerche e studi sulla Torre pendente di Pisa ed i fenomeni connessi alle condizioni d'ambiente*, IGM, Firenze, I, pp. 179-200.

A. Chiarugi, G. Bartoli, F. Bavetta (1996), *Elaborazione ed interpretazione dei dati provenienti dal sistema di monitoraggio installato sulla cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze*, in Proc. Evoluzione e Sperimentazione per le Costruzioni, Malta;

R. Di Stefano (1981), *Analisi strutturale: Tecniche e Tecnologie* (relazione generale), in "Atti del I Congresso Nazionale Consolidamento e Restauro architettonico", Verona, 30 settembre-3 ottobre 1981, ASSIRCO, II vol., Roma.

DPCM 09.02.2011 per la "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n. 47 del 26 febbraio 2011).

P. Giandebiaggi, C. Mambriani, F. Ottoni (2009). Santa Maria del Quartiere in Parma. Storia, rilievo e stabilità di una fabbrica farnesiana. Grafiche Step, Parma.

G. Macchi, S. Ghelfi. (2005), *Problemi di consolidamento strutturale*. In *La Torre Restituita*, Settis et Al., Poligrafico dello Stato.

F. Ottoni, C. Blasi, E. Coisson (2010), *The crack pattern in Brunelleschi's dome in Florence. Damage evolution from historical to modern monitoring analysis*, Advanced Materials Research, Trans-Tech Publications, Switzerland;

F. Ottoni (2008), *From geometrical and crack survey to static analysis method: the case study of Santa Maria del Quartiere dome in Parma (Italy)*", Proceeding of SAHC 2008, Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, UK. vol. I, pp.697-704.

P. Roca (2004). *Considerations on the significance of history for the structural analysis of ancient constructions*, Proceedings of IV Structural analysis of historical constructions, ed. Lourenço, P., Modena, C., Roca, P., 63-73, Balkema, Amsterdam.

L. Ximenes (1757), *Del vecchio e del nuovo Gnomone Fiorentino e delle osservazioni astronomiche fatte nel verificarne la costruzione*, Stamperia Imperiale, Firenze.

B. Belletti, E. Coisson (2009), *Structural jacketing of brick masonry columns: a comparison among different solutions*, Proceedings of Computational Modeling on Concrete, Masonry and Fiber-reinforced Composites (Delft, The Netherlands, 17/18 June 2009).

T. Campisi (1999), *L'intervento di prevenzione e consolidamento nel restauro fra sicurezza e conservazione*, Tesi di Dottorato „Conservazione die Beni Architettonici“, XII ciclo, Università Federico II, relatori: S. Boscarino, Prof. La Regina, 1999.

A. Centroni (a cura di) (2008), *Quale sicurezza per il patrimonio architettonico?*, Atti del VI Convegno Nazionale di ARCO, Nuova Argos, Roma 2008.

M. Corradi (1998), *Scienza e tecnica per il „progetto di consolidamento“*, in *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi – indagini e materiali* - Atti del Convegno di studi Scienza dei beni Culturali (Bressanone, 30 giugno- 3 luglio ) Padova 1998, pp. 139-148, p. 145.

R. Di Stefano (1990), *Consolidamento strutturale nel restauro architettonico*, EDI, Napoli 1990.

A. Giuffrè (1993), *Sicurezza e conservazione nei centri storici in area sismica. Sintesi metodologica*, in Id. (a cura di), *Sicurezza e conservazione nei centri storici, il caso di Ortigia*, Laterza, Roma-Bari 1993.

A. Giuffrè (a cura di) (1988), *Monumenti e terremoti: aspetti statici del restauro*, Multigrafica, Roma 1988.

F. Marmo (2007), *L'innovazione nel consolidamento. Indagini e verifiche per la conservazione del patrimonio architettonico*, Gangemi Editore, Roma 2007.

F. Galloni (1980), (a cura di), *Il restauro delle costruzioni in muratura - Problemi metodologici e tecniche di consolidamento*, Atti del II Corso di Informazione ASSIRCO, Venezia 21-23 maggio 1980.

C. Blasi, E. Coïsson (2005), *Sesti e Dissesti*. In P. Bertozzi, A. Ghini, L. Guardigli (a cura di), *Le forme della tradizione in architettura*. Milano, 2005.

E. Coïsson (2017), *Consolidamento strutturale, terra di confine: alcuni casi esemplificativi dei diversi approcci disciplinari*. In A. Aveta (a cura di), *Ricerca restauro Sezione 3B – Progetto e cantiere: problematiche strutturali*. Roma, 2017.

F. Doglioni, P. Mazzotti (a cura di) (2007), *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico. Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*, ed. Regione Marche, Ancona, 2007