

# PROGRAMMA

***“Diagnosi sperimentale delle strutture e dei terreni  
per progettare le costruzioni  
e monitorare la sicurezza statica”***

**Ore 8:30 - Registrazione partecipanti**

**Ore 9:00 - Saluti ed Introduzione del Presidente del Collegio**

**Ore 9:15 – Ing. Pasquale De Pasca – Inquadramento Normativo**

**Ore 9:45 – Ing. Massimo Poggi - Diagnosi sperimentale delle strutture - Parte I**

**Ore 11:30 – Ing. Massimo Poggi - Diagnosi sperimentale delle strutture - Parte II**

**Ore 12:00 – Ing. Marco Angeli – Studio dei quadri fessurativi**

**Moderatore: Geom. Vittorio Meddi**

**Roma, 30 Novembre 2015**

**Collegio Provinciale dei Geometri e Geometri Laureati di Roma**

**Piazzale Val Fiorita – Tel. 06 5422 5490**





## Seminario

---

*“Diagnosi sperimentale delle strutture e dei terreni  
per progettare le costruzioni e monitorare la sicurezza  
statica”*

---

*Roma, 30 Novembre 2015*

*Collegio Provinciale dei Geometri e Geometri Laureati di Roma*



MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICA**MP

*A cura di:*

*Ing. Massimo Poggi – Supervisore didattico del Seminario*

*Geom. Andrea Salvatori – Coordinamento ed organizzazione del Seminario*

*Relatori:*

*Ing. Massimo Poggi – Amministratore Unico Tecnica MP s.r.l.*

*Ing. Marco Angeli – Responsabile sede operativa Firenze Tecnica MP s.r.l.*

*Roma, 30 Novembre 2015*

*Collegio Provinciale dei Geometri e Geometri Laureati di Roma*



*Indice*

---

***ARGOMENTI TRATTATI***

# ARGOMENTI TRATTATI (1/3)

- **Premessa – Tecnica MP s.r.l.**
  - *Chi siamo*
  - *I nostri servizi*

# ARGOMENTI TRATTATI (2/3)

- **Prove sperimentali**

- *Azioni sulle costruzioni (Cap. 3)*
- *Costruzioni civili e industriali (Cap. 4)*
- *Progettazione Geotecnica (Cap. 6)*
- *Progettazione per azioni sismiche (Cap. 7)*
- *Costruzioni esistenti (Cap. 8) – Rilievi strutturali*
- *Allegato – Appendice al Cap. C8*
- *Collaudo statico (Cap. 9)*
- *Materiali e prodotti per uso strutturale (Cap. 11)*

# ARGOMENTI TRATTATI (3/3)

- **Approfondimenti**
  - *Tipologie di prove sperimentali*
  - *I nostri lavori*

*Premessa*

---

***TECNICA MP S.R.L.***



## *CHI SIAMO*

**Tecnica MP s.r.l.** è una società formata da uno staff di ingegneri, geologi, geometri, informatici e tecnici specializzati, che hanno maturato un'esperienza ultra-ventennale nel settore dei controlli sperimentali per l'edilizia e per l'industria.



## *CHI SIAMO*

L'obiettivo di **Tecnica MP** è quello di costituire un valido supporto a professionisti, imprese, enti pubblici e privati, fornendo un servizio completo e personalizzato mediante strumentazioni di ultima generazione, anche di propria produzione.

Ciò consente di garantire uno standard qualitativo elevato e costante e di fornire un'attività di consulenza in grado di soddisfare le esigenze di ogni cliente, attraverso la personalizzazione dei singoli interventi.

MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**

## *I NOSTRI SERVIZI*

1. Monitoraggi
2. Rilievi strutturali
3. Prove di carico
4. Prove non distruttive
5. Geotecnica – Geofisica
6. Dinamica e vibrazioni
7. Verifiche sismiche
8. Prove speciali

## Riferimenti Normativi

### ***NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC)***

**D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (s.m.i.)**

***“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” (NTC)***

Publicato su S.O. n. 30 della G.U. 4 febbraio 2008, n. 29

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP.**

***Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” (NTC)***

Publicata su S.O. n. 27 della G.U. 26 febbraio 2009, n. 47

# ***NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC)***

Raccolgono in forma unitaria le norme relative alla progettazione, all'esecuzione ed al collaudo delle costruzioni, al fine di garantire, per i diversi livelli di sicurezza stabiliti, la pubblica incolumità.

## ***Direttive principali:***

- mantenimento del **criterio prestazionale**;
- coerenza con gli **indirizzi normativi comunitari**;
- approfondimento degli aspetti connessi alle **azioni sismiche**;
- approfondimento degli **aspetti geotecnici**.

# **NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC)**

## **Argomenti trattati:**

### **Premessa**

- 1. Oggetto della norma**
- 2. Sicurezza e prestazioni attese**
- 3. Azioni sulle costruzioni**
- 4. Costruzioni civili ed industriali**
- 5. Ponti**
- 6. Progettazione geotecnica**
- 7. Progettazione in presenza di azioni sismiche**
- 8. Costruzioni esistenti**
- 9. Collaudo statico**
- 10. Norme per le redazioni dei progetti esecutivi e delle relazioni di calcolo**
- 11. Materiali e prodotti per uso strutturale**
- 12. Riferimenti tecnici**

# *PROVE SPERIMENTALI*

# PROVE SPERIMENTALI NELLE NUOVE NTC

L'utilizzo metodico delle indagini sperimentali sulle strutture e sui terreni costituisce una delle novità principali delle nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)**.

La nuova normativa, infatti, ha conferito alle prove sperimentali una rilevanza sostanziale ai fini del *passaggio da un sistema normativo di tipo prescrittivo ad uno prestazionale*.

Questo tipo di approccio è stato altresì avvalorato dallo studio degli effetti generati dai recenti eventi sismici nazionali.

# PROVE SPERIMENTALI NELLE NUOVE NTC

L'attenzione dei normatori, in particolare, è stata posta non solo sulle strutture civili ed industriali di nuova costruzione, ma soprattutto su quelle preesistenti e, come tali, potenzialmente bisognose di adeguamento o miglioramento ai fini sismici.

Ulteriore importanza, infine, è stata data all'interazione tra struttura e terreno ed allo studio delle proprietà/caratteristiche di quest'ultimo.

# PROVE SPERIMENTALI NELLE NUOVE NTC

## Presenza delle prove nella normativa:

### Premessa

1. Oggetto della norma
2. Sicurezza e prestazioni attese
3. Azioni sulle costruzioni
4. Costruzioni civili ed industriali
5. Ponti
6. Progettazione geotecnica
7. Progettazione in presenza di azioni sismiche
8. Costruzioni esistenti
9. Collaudo statico
10. Norme per le redazioni dei progetti esecutivi e delle relazioni di calcolo
11. Materiali e prodotti per uso strutturale
12. Riferimenti tecnici

## *Capitolo 3*

---

# *AZIONI SULLE COSTRUZIONI*

# AZIONI SULLE COSTRUZIONI (Cap. 3)

## Valutazione dell'azione sismica (3.2.3.)

Per aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere valutate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale.

Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare con specifiche indagini e prove.

## *Capitolo 4*

---

# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI***

# *COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)*

## *Controlli sulla struttura completa (C4.4.16.2)*

Le eventuali **prove di carico** da eseguire a struttura ultimata, così come quelle sui singoli elementi strutturali, verranno eseguite anche in fase di costruzione con riferimento a carichi di prova tali da indurre le sollecitazioni massime di esercizio per combinazioni rare.

# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)***

## **Controlli sulla struttura completa** **Prove di carico con martinetti a contrasto**



# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)***

**Controlli sulla struttura completa**

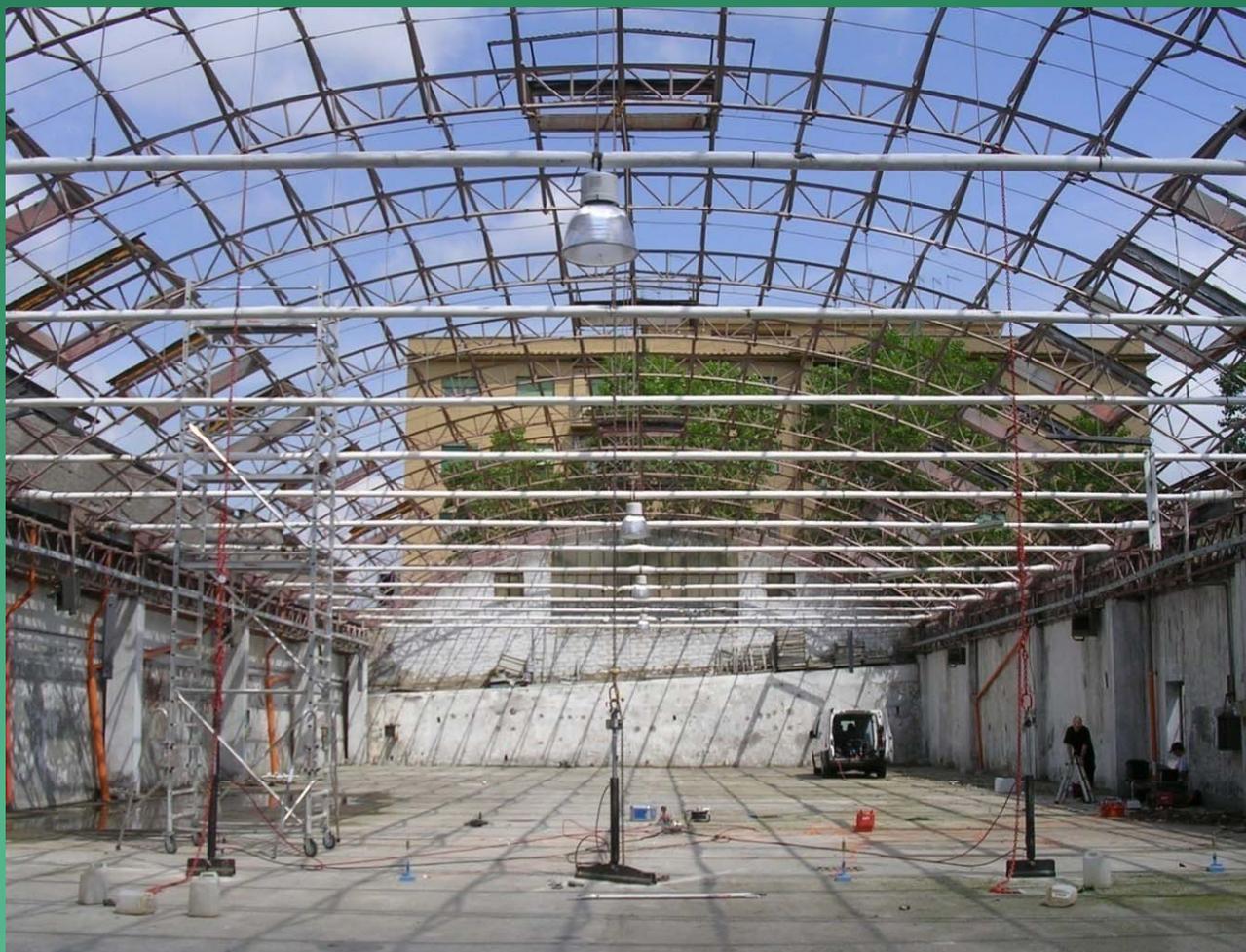
**Prove di carico "speciali" con martinetti a contrasto**



# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)***

## ***Controlli sulla struttura completa***

### ***Prove di carico con martinetti con il sistema "a tiro"***



# COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)

## Controlli sulla struttura completa – Prove di carico con serbatoi



# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)***

## ***Controlli sulla struttura completa*** ***Prove di carico con serbatoi pensili***



# ***COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4)***

## ***Controlli sulla struttura completa – Prove di carico con zavorre***



## *Capitolo 6*

---

# ***PROGETTAZIONE GEOTECNICA***

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

Per **progettazione geotecnica** si intende l'insieme delle attività progettuali che riguardano l'interazione delle costruzioni o delle parti di esse con il terreno, gli interventi di miglioramento e di rinforzo dello stesso, le opere in materiali sciolti, i fronti di scavo, nonché lo studio della stabilità del sito nel quale è ubicata l'opera.

Gli **obiettivi** della progettazione geotecnica sono la verifica delle condizioni di sicurezza globale e locale del sistema costruzione-terreno.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Articolazione del progetto (6.2):

1. caratterizzazione e modellazione geologica;
2. scelta del tipo di opera/intervento e programmazione delle **indagini geotecniche**;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni/rocce e definizione dei modelli geotecnici;
4. descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;
5. verifica della sicurezza e delle prestazioni;
6. piani di controllo e monitoraggio.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Caratterizzazione e modellazione geologica (6.2.1.)

Ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici del territorio.

In funzione del tipo di opera/intervento e del particolare contesto geologico in esame, saranno attuate specifiche indagini finalizzate alla definizione del modello geologico e propedeutiche alla successiva caratterizzazione geotecnica.

Metodi e risultati delle indagini devono essere esposti all'interno della Relazione Geologica.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica (6.2.2.)

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera/intervento, riguardare il volume significativo interessato, e consentire la definizione dei modelli geotecnici del sottosuolo necessari alla progettazione.

Per **modello geotecnico** si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni/rocce presenti, finalizzato all'analisi quantitativa di un determinato problema geotecnico.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica (6.2.2.)

I valori caratteristici delle grandezze fisiche/meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio e misure in sito.

Metodi e risultati delle prove devono essere esposti all'interno della Relazione Geotecnica.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Mezzi di indagine e prove geotecniche in sito (Tab. C6.2.1):

Proprietà fisiche e meccaniche	Terreni a grana fine	Prove penetrometriche Prove scissometriche Prove dilatometriche Prove pressiometriche Prove di carico su piastra Prove di laboratorio
	Terreni a grana grossa	Prove penetrometriche Prove di carico su piastra Prove di laboratorio
	Rocce	Prove speciali in sito (prove di taglio) Prove di carico su piastra Prove di laboratorio

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Mezzi di indagine e prove geotecniche in sito (Tab. C6.2.1):

Misure di pressione interstiziale	Terreni di qualsiasi tipo	Piezometri
Permeabilità	Terreni a grana fine	Misure piezometriche Prove di laboratorio
	Terreni a grana grossa	Prove idrauliche in fori di sondaggio Prove di emungimento da pozzi
Verifica di procedimenti tecnologici	Palificate	Prove di carico su pali singoli Prove di carico su gruppi di pali
	Impermeabilizzazioni	Prove di permeabilità in sito e misura di altezza piezometrica prima e dopo l'intervento
	Consolidamenti	Determinazione delle proprietà meccaniche in sito prima e dopo l'intervento Prove di laboratorio

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

Mezzi di indagine e prove geotecniche in sito (Tab. C6.2.1):

Indagini di tipo geofisico	In foro con strumentazione in profondità	Cross hole Down hole Con “suspension logger”
	Senza esecuzioni di fori, con strumentazione in profondità	Penetrometro sismico Dilatometro sismico
	Con strumentazione in superficie	Prove SASW Prove di rifrazione sismica Prove di riflessione sismica

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Opere di fondazione (6.4.)

Presuppongono indagini e prove sul terreno di fondazione, sulle strutture in progetto e sui fattori ambientali locali.

Devono inoltre essere valutati e monitorati gli effetti della costruzione dell'opera sui manufatti attigui e sull'ambiente circostante.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Opere di fondazione – Pali

La **resistenza caratteristica  $R_k$**  del singolo palo può essere dedotta da:

- a) *risultati di **prove di carico statico** di progetto su pali pilota;*
- b) *metodi di calcolo analitici riferiti a parametri geotecnici o a risultati delle **prove in sito** (prove penetrometriche, pressiometriche, etc.);*
- c) *risultati di **prove dinamiche** di progetto eseguite su pali pilota.*

A seconda dei casi, si applicano diversi **fattori di correlazione  $\xi$** .

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Opere di fondazione – Pali

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati **controlli d'integrità**.

Tale controllo, da effettuarsi con **prove dirette o indirette** di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione, con un minimo di 2 pali.

Nel caso di gruppi di pali di grande diametro ( $d \geq 80$  cm), il controllo deve essere eseguito su tutti i pali di ciascun gruppo se i pali dello stesso sono in numero inferiore o uguale a 4.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Opere di fondazione – Pali

L'applicazione del carico sul palo deve essere graduale e funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno.

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (**prove di progetto**), in particolare, devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi vicini.

Per pali di grande diametro si può ricorrere a **prove statiche** condotte su pali aventi la stessa lunghezza dei pali da realizzare, ma diametro inferiore.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Opere di fondazione – Pali

Relativamente alle **prove di carico statiche per verifiche in corso d'opera**, il loro numero non deve essere inferiore a:

- 1 se  $n.\text{pali} \leq 20$ ;
- 2 se  $21 \leq n.\text{pali} \leq 50$ ;
- 3 se  $51 \leq n.\text{pali} \leq 100$ ;
- 4 se  $101 \leq n.\text{pali} \leq 200$ ;
- 5 se  $201 \leq n.\text{pali} \leq 500$ ;
- num. int. più prox a  $5+n/500$  se  $n.\text{pali} > 500$ .

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove di carico su pali e micropali

Per applicare il carico tramite *martinetti oleodinamici* sono impiegate *zavorre* o *strutture metalliche di contrasto* ancorate ai pali/micropali adiacenti.

Gli **abbassamenti**, invece, possono essere valutati con:

- *sensori elettronici montati su aste telescopiche e collegati a PC;*
- *misure ottiche con livello elettronico di altissima precisione.*

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove di carico su pali e micropali Sistema “a trazione” con pali adiacenti



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove di carico su pali e micropali Sistema “a trazione” con pali adiacenti



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove di carico su pali e micropali Sistema mediante Zavorra



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove di carico su pali e micropali Sistema mediante Zavorra



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove ecometriche

Prevedono l'impiego di un'apparecchiatura per rilevare il comportamento dei pali/micropali a seguito di una sollecitazione impulsiva prodotta da un colpo meccanico.

Nel complesso, si basa sull'analisi della propagazione di un'onda elastica lungo il fusto dell'elemento, al fine di determinare la presenza di riflessioni anomale dovute a variazioni di geometria, inclusioni terrose o parti di calcestruzzo di qualità scadente.

La prova si esegue sollecitando la testa del palo con un **martello** (generazione di un'onda di compressione), previa applicazione sulla stessa di un **vibrometro**. L'onda, una volta giunta alla base, viene parzialmente riflessa verso l'alto e rilevata dal vibrometro, che le invia ad un PC portatile per la registrazione.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove ecometriche



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove Cross-hole

Sono indagini ultrasoniche che consentono di indagare sulla profondità effettiva delle strutture di fondazione, sulla loro integrità, sull'omogeneità del materiale che le costituisce e sull'eventuale presenza di difetti costruttivi (es.: vespai, riprese di getto, intrusioni di materiale estraneo, etc.).

L'emissione e la ricezione degli impulsi di vibrazione avviene mediante due o tre *sonde emittenti/riceventi*. Su comando dell'operatore, esse vengono calate nelle strutture in esame e spostate all'interno di *tubi* inseriti prima del getto ed opportunamente dimensionati.

# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove Cross-hole



# PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap. 6)

## Indagini su opere di fondazione – Prove Cross-hole



## *Capitolo 7*

---

# *PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE*

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Opere e sistemi geotecnici (7.11.) – Risposta sismica

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Opere e sistemi geotecnici (7.11.) – Risposta sismica

Le indagini geotecniche, in particolare, devono consentire la definizione di:

- *condizioni stratigrafiche e modello del sottosuolo;*
- *proprietà fisiche e meccaniche degli strati di terreno;*
- *regime delle pressioni interstiziali;*
- *profondità e morfologia del substrato rigido.*

A tal fine, devono essere eseguite **specifiche indagini in sito e prove in laboratorio.**

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Opere e sistemi geotecnici (7.11.) – Risposta sismica

Nel dettaglio, è fortemente raccomandata l'esecuzione di prove in sito per la determinazione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio, ai fini della valutazione della rigidità a bassi livelli di deformazione.

Ad esempio, le prove in sito possono includere:

- prove Cross-hole;
- prove Down-hole;
- Prove MASW

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Prove MASW (Multi-station/channel Analysis of Surface Waves)

le MASW permettono di determinare il profilo di smorzamento del terreno, grazie alla misura dell'ampiezza di spostamento in corrispondenza di una configurazione multipla di *ricevitori*.

In questo modo, è possibile evincere il tipo di suolo sismico, le azioni (sismiche) di progetto, nonché eventuali cedimenti/spostamenti delle opere interagenti con il terreno, completando così la caratterizzazione delle proprietà dinamiche del sito.

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Prove MASW (Multi-station/channel Analysis of Surface Waves)



# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Prove penetrometriche

Consentono una veloce ed economica valutazione della capacità portante di un terreno e, in prima approssimazione, anche dei cedimenti dovuti carichi applicati.

Solitamente vengono impiegate in sostituzione dei sondaggi (ove questi non siano eseguibili) o in combinazione con i suddetti per ottenere una fonte di dati esauriente sull'area indagata.

# PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap. 7)

## Prove penetrometriche



## *Capitolo 8*

---

# ***COSTRUZIONI ESISTENTI***

# ***COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap. 8)***

## ***- Rilievi strutturali -***

Delle costruzioni esistenti è necessario conoscere principalmente 2 aspetti:

- *la struttura (geometria e dettagli costruttivi);*
- *i materiali (calcestruzzo, acciaio, muratura, legno).*

Tali informazioni, desumibili sia dalla documentazione disponibile che dall'effettuazione di **nuove prove/indagini**, definiscono il cosiddetto "livello di conoscenza" del manufatto.

Sulla base del grado di completezza ed affidabilità del livello di conoscenza acquisito, vengono fissati specifici **"fattori di confidenza"**, da utilizzare come ulteriori coefficienti parziali nelle verifiche di sicurezza.

# COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap. 8)

## - Rilievi strutturali -

Ai fini delle verifiche di sicurezza, gli elementi strutturali vengono distinti in “duttili” e “fragili”. I **fattori di confidenza**, in tal senso, servono a un duplice scopo:

- *per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi (duttili/fragili); le resistenze medie, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono divise per i fattori di confidenza;*
- *per definire le sollecitazioni trasmesse dagli elementi duttili a quelli fragili; a tale scopo, le resistenze medie degli elementi duttili, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono moltiplicate per i fattori di confidenza.*

# **COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap. 8)**

## **- Rilievi strutturali -**

### **Classificazione degli interventi (8.4.)**

- ***Interventi di adeguamento, atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti;***
- ***interventi di miglioramento: atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza raggiungere i livelli di sicurezza richiesti;***
- ***riparazioni o interventi locali.***

# ***COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap. 8)***

## ***- Rilievi strutturali -***

### **Caratterizzazione meccanica dei materiali (8.5.3.)**

Per consentire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali.

Il piano delle indagini fa parte sia della fase diagnostica che progettuale. Nel caso in cui vengano effettuate prove sulla struttura, attendibili ed in numero statisticamente significativo, i valori delle resistenze meccaniche dei materiali vengono desunti da queste.

*Allegato*

---

***APPENDICE AL CAPITOLO C8***

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in muratura (C8A.1.A)

La conoscenza della costruzione in muratura oggetto della verifica è di fondamentale importanza ai fini di un'adeguata analisi e può essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in muratura – Geometria e dettagli costruttivi

Si distinguono:

- *verifiche in-situ limitate;*
- *verifiche in-situ estese ed esaustive.*

## Costruzioni in muratura – Proprietà dei materiali

Si distinguono:

- *indagini in-situ limitate;*
- *indagini in-situ estese;*
- *Indagini in-situ esaustive.*

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in muratura – Livelli di conoscenza e FC

Con riferimento al **livello di conoscenza** acquisito, si possono definire i valori medi dei parametri meccanici ed i **fattori di confidenza (FC)**:

- **Liv. di conoscenza LC3**: rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive (dett. costruttivi), indagini in situ esaustive (proprietà materiali) => **FC = 1,00**;
- **Liv. di conoscenza LC2**: rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive (dett. costruttivi), indagini in situ estese (proprietà dei materiali) => **FC = 1,20**;
- **Liv. di conoscenza LC1**: rilievo geometrico, verifiche in situ limitate (dett. costruttivi), indagini in situ limitate (proprietà materiali) => **FC = 1,35**.

# APPENDICE AL CAP. C8

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2		verifiche in situ estese	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00

**Livelli di conoscenza** in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei **fattori di confidenza** per edifici in muratura (Tab. C8A.1.1):

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in muratura – Livelli di conoscenza e FC

I valori di resistenza da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi sono ricavate dividendo le resistenze medie (ottenute dalle *prove in situ* e dalle informazioni aggiuntive) per i **fattori di confidenza** (Tab. C8A.2.1).

In presenza di caratteristiche migliori rispetto a quelle riportate nella suddetta tabella o in caso di muratura consolidata, i parametri meccanici saranno calcolati applicando i **coefficienti** indicati in Tab. C8A.2.2.

# APPENDICE AL CAP. C8

**Tabella C8A.2.1** - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_0$  = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w (kN/m <sup>3</sup> )
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	230	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	

## APPENDICE AL CAP. C8

Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$ )	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura $< 45\%$ )	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura $< 45\%$ )	300	10,0	2700	810	11
	400	13,0	3600	1080	
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura $< 45\%$ )	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

## APPENDICE AL CAP. C8

**Tabella C8A.2.2** - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscela leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su muratura – Martinetto piatto singolo

Scopo della prova è quello di misurare la tensione di compressione verticale a cui è sottoposta una porzione di parete.

E' effettuata eseguendo un taglio orizzontale sulla muratura, la quale provoca un rilascio delle tensioni ed una convergenza dei lembi dell'apertura. Dopo aver inserito un **martinetto piatto** al suo interno, si ripristina (misurandola) la tensione di esercizio della muratura mediante una **pompa oleodinamica provvista di manometro ad alta precisione.**

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive su muratura – Martinetto piatto singolo



## APPENDICE AL CAP. C8

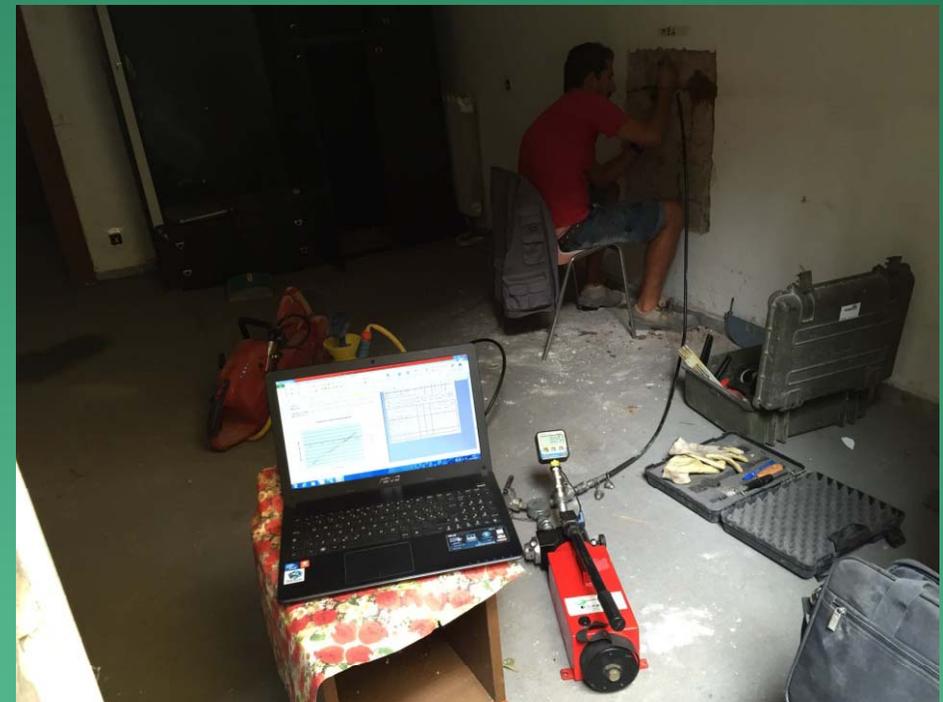
### Indagini non distruttive su muratura – Martinetto piatto doppio

Tale prova permette di definire i parametri meccanici (es.: resistenza a compressione) e le caratteristiche di deformabilità della muratura.

Si realizza delimitando un concio con un doppio taglio orizzontale, nel quale vengono inseriti **due martinetti piatti**, comandati da una **pompa oleodinamica provvista di manometro ad alta precisione**. Grazie a quest'ultima, è possibile applicare gradualmente il carico sulla muratura, misurando il conseguente livello di deformazione prodotto fino al raggiungimento del valore di rottura.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive su muratura – Martinetto piatto doppio



## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su muratura Determinazione tensione tangenziale

Per la determinazione della tensione tangenziale, si può isolare un mattone o un singolo elemento lapideo della muratura inserendo un piccolo *martinetto* al posto del blocco estratto. Tale martinetto spinge orizzontalmente il mattone od il blocco lapideo fino a provocare lo scivolamento del giunto.

Questo metodo consente di fornire una valutazione realistica della tensione tangenziale limite in presenza della tensione normale agente.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive su muratura Determinazione tensione tangenziale



# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in c.a. o in acciaio (C8A.1.B)

Le fonti da considerare per l'acquisizione dati sono:

- *documenti di progetto;*
- *eventuale documentazione post-costruzione;*
- *rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;*
- *prove in situ e in laboratorio.*

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in c.a. o in acciaio – Livelli di conoscenza e FC

Ai fini della scelta dei **fattori di confidenza**, si distinguono 3 **liv. di conoscenza**:

- **LC1: Conoscenza Limitata** => **FC = 1,35**;
- **LC2: Conoscenza Adeguata** => **FC = 1,20**;
- **LC3: Conoscenza Accurata** => **FC = 1,00**.

In particolare, gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- **geometria**: *caratteristiche geometriche elementi strutturali*;
- **dettagli strutturali**: *quantità e disposizione armature (c.a.), collegamenti (acciaio, misto), consistenza elementi collaboranti non strutturali*;
- **materiali**: *proprietà meccaniche materiali*.

# APPENDICE AL CAP. C8

**Livelli di conoscenza** in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei **fattori di confidenza** per **edifici in c.a. o in acciaio** (Tab. C8A.1.2):

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in c.a. o in acciaio – Livelli di conoscenza e FC

### **LC1: Conoscenza Limitata => FC = 1,35**

- **Geometria:** nota in base a un rilievo o ai disegni originali.
- **Dettagli strutturali:** non disponibili e ricavati sulla base di un progetto simulato; è richiesta una limitata verifica in-situ, nonché verifiche locali di resistenza.
- **Materiali:** informazioni non disponibili; si adottano valori usuali della pratica costruttiva convalidati da limitate prove in-situ.

La valutazione della sicurezza viene eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in c.a. o in acciaio – Livelli di conoscenza e FC

**LC2: Conoscenza Adeguata => FC = 1,20**

- **Geometria:** nota in base a un rilievo o ai disegni originali.
- **Dettagli strutturali:** noti tramite un'estesa verifica in-situ o parzialmente noti dai disegni costruttivi originali.
- **Materiali:** informazioni disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova o da estese verifiche in situ; nel primo caso sono eseguite anche limitate prove in-situ.

La valutazione della sicurezza viene eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

## APPENDICE AL CAP. C8

### Costruzioni in c.a. o in acciaio – Livelli di conoscenza e FC

**LC3: Conoscenza Accurata => FC = 1,00**

- **Geometria:** nota in base a un rilievo o ai disegni originali.
- **Dettagli strutturali:** noti tramite un'esaustiva verifica in-situ o dai disegni costruttivi originali; in quest'ultimo caso è effettuata una limitata verifica in-situ.
- **Materiali:** informazioni disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova o da esaustive verifiche in situ; nel primo caso sono eseguite anche estese prove in-situ.

*La valutazione della sicurezza viene eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.*

# APPENDICE AL CAP. C8

## Costruzioni in c.a. o in acciaio – Proprietà dei materiali

- **Calcestruzzo:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- **Acciaio:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e di quella a deformazione ultima.

Sono ammessi metodi di prova non distruttivi di carattere integrativo.

## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Pull out

Sono prove di estrazione semidistruttive (incluse tra quelle non distruttive per esigenze di trattazione) che permettono di ricavare in maniera indiretta la resistenza in sito del calcestruzzo.

Si eseguono misurando la pressione necessaria ad estrarre un tassello metallico precedentemente infisso nel calcestruzzo: noto tale valore, grazie alle curve di taratura, è possibile risalire prima alla forza di estrazione e poi al valore incognito della resistenza.

L'apparecchiatura di prova, oltre al tassello, comprende anche un martinetto a tiro collegato ad una pompa oleodinamica provvista di manometro.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive su calcestruzzo – Pull out



## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Prove sclerometriche

Hanno lo scopo di determinare la Resistenza Meccanica a Compressione (R.M.C.) del calcestruzzo, mediante l'utilizzo di uno strumento denominato “sclerometro”.

Esso è costituito da una massa battente in acciaio, attivata da una molla che contrasta con un'asta di percussione posta a contatto con il materiale.

L'entità del rimbalzo della massa contro il calcestruzzo consente di valutarne la durezza e, indirettamente, la resistenza, grazie a grafici comparativi forniti dalla ditta costruttrice.

## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Prove sclerometriche



## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Prove ultrasoniche

Sono effettuate per valutare la densità e le caratteristiche elastiche del calcestruzzo.

Tale prova prevede l'impiego di due *sonde*, una trasmittente e l'altra ricevente, poste sulle due facce opposte dell'elemento di calcestruzzo esaminato.

La misura del tempo di propagazione delle onde meccaniche ad alta frequenza (ultrasuoni) nel mezzo permette di ricavare informazioni sull'omogeneità del materiale.

## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Prove ultrasoniche



## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive su calcestruzzo – Metodo Sonreb

Si basa sulla combinazione delle indagini non distruttive precedenti (sclerometriche e ultrasoniche), le cui misure possono essere correlate sfruttando particolari grafici e algoritmi.

Grazie a questa sinergia, tale metodo consente di ottenere una stima (indiretta) maggiormente attendibile della resistenza a compressione del calcestruzzo.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive su calcestruzzo – Metodo Sonreb



## APPENDICE AL CAP. C8

### Indagini non distruttive sull'acciaio – Durometro

Il **durometro** è uno strumento dotato di punta (“penetratore”) che, fatta penetrare con forza nota contro una superficie metallica, produce su di essa un’impronta, detta “testimone”.

Esistono diverse tipologie di durometro, ognuna dotata di una propria scala di misura e destinata ad una specifica applicazione. Tuttavia, il principio di funzionamento è il medesimo: la profondità di penetrazione della punta e la dimensione dell'impronta consentono una stima della durezza del materiale, ottenuta correlando la velocità d’impatto del penetratore con quella di rimbalzo (procedimento dinamico “Leeb”).

A causa della modifica superficiale indotta dalla prova sull’elemento esaminato, essa non può essere ripetuta nello stesso punto.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Indagini non distruttive sull'acciaio – Durometro



# APPENDICE AL CAP. C8

Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per edifici in c.a. (Tab. C8A.1.3a):

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)(a)	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)</sup>
	Per ogni tipo di elemento “primario” (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 1 campione di armatura per piano dell’edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 2 campioni di armatura per piano dell’edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 3 campioni di armatura per piano dell’edificio

# APPENDICE AL CAP. C8

Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prove per **edifici in acciaio** (Tab. C8A.1.3b):

	Rilievo (dei collegamenti)(a)	Prove (sui materiali) (b)
	Per ogni tipo di elemento “primario” (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 15% degli elementi	1 provino di acciaio per piano dell’edificio, 1 campione di bullone o chiodo per piano dell’edificio
Verifiche estese	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 35% degli elementi	2 provini di acciaio per piano dell’edificio, 2 campioni di bullone o chiodo per piano dell’edificio
Verifiche esaustive	Le caratteristiche dei collegamenti sono verificate per almeno il 50% degli elementi	3 provini di acciaio per piano dell’edificio, 3 campioni di bullone o chiodo per piano dell’edificio

# APPENDICE AL CAP. C8

## Note esplicative alla tabella C8A.1.3 (a,b):

Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1.3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.

(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Rilievi strutturali – Saggi ispettivi

Vengono eseguiti per indagare le caratteristiche geometriche e strutturali degli elementi costruttivi (es.: solai, pilastri, travi, murature, etc.).

Prevedono la distruzione di piccole aree dell'elemento analizzato; quando possibile, pertanto, sono sostituiti da **indagini non distruttive**.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Rilievi strutturali – Saggi ispettivi



# APPENDICE AL CAP. C8

## Rilievi strutturali

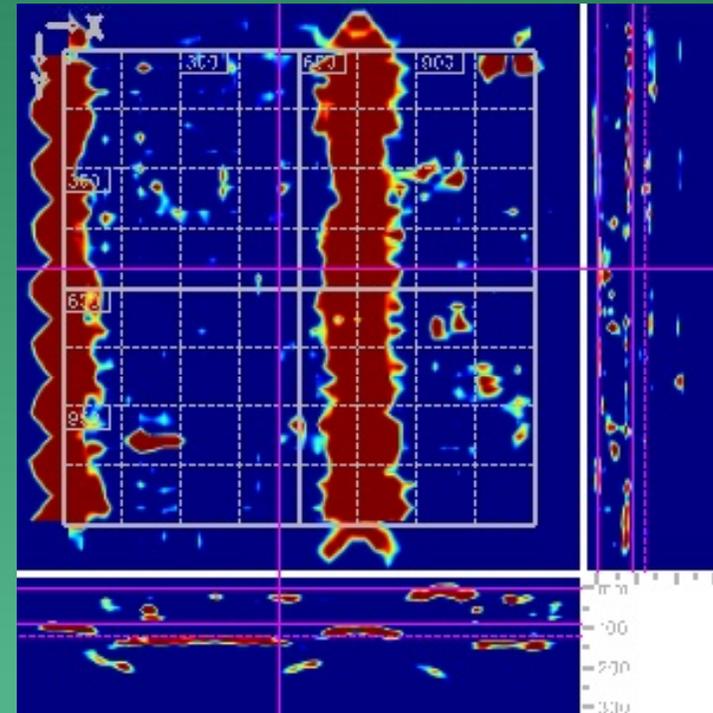
Sono impiegati per l'individuazione e la caratterizzazione spaziale/dimensionale delle armature contenute all'interno di elementi in c.a..

Gli strumenti utilizzati sono Xscan e il *pacometro*

sfruttando le proprietà magnetiche dell'acciaio, consente di determinare sia la posizione che le dimensioni dell'armatura, nonché lo spessore del copriferro.

# APPENDICE AL CAP. C8

## Rilievi strutturali – Indagini con Xscan



# APPENDICE AL CAP. C8

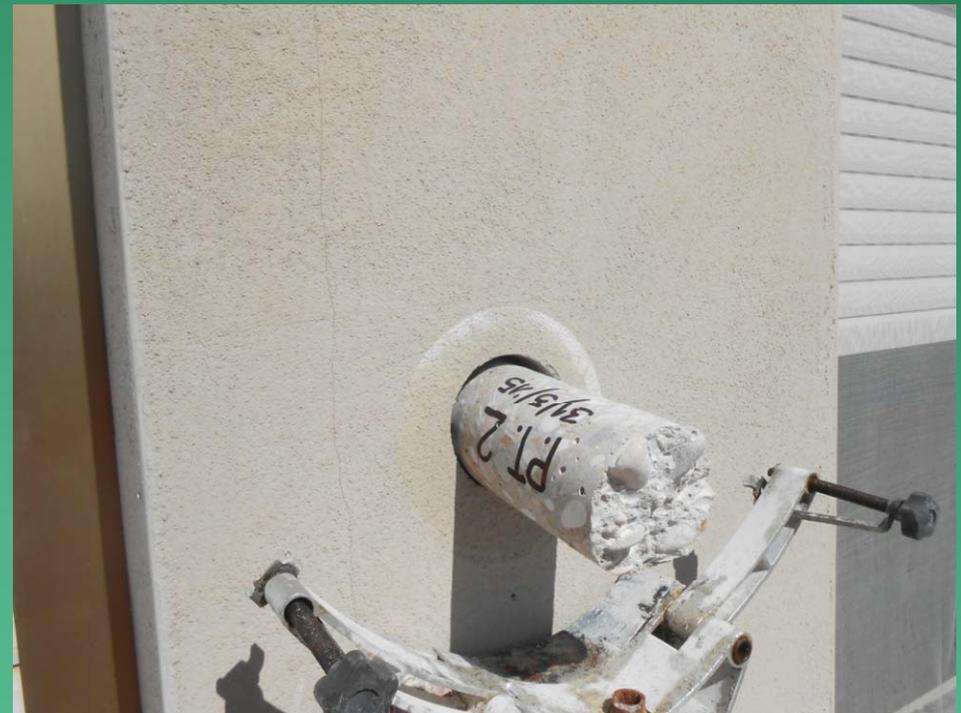
## Rilievi strutturali – Pacometrici (armature)



## APPENDICE AL CAP. C8

### Rilievi strutturali – Carotaggi degli elementi in clcs

Lo scopo dei carotaggi è di prelevare campioni cilindrici di materiale, da usare poi in laboratorio per definirne le caratteristiche meccaniche/costruttive.



## *Capitolo 9*

---

# *COLLAUDO STATICO*

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prescrizioni generali (9.1.)

Il collaudo statico, da eseguire in corso d'opera (o comunque prima della messa in esercizio), riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante.

Il Collaudatore statico è tenuto ad effettuare:

- a) *un'ispezione generale dell'opera;*
- b) *un esame dei certificati relativi alle **prove sui materiali;***
- c) *un esame dei certificati relativi ai **controlli sulle armature in acciaio** (per c.a.);*

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prescrizioni generali (9.1.)

- d) un esame dei verbali delle **prove di carico** eventualmente fatte eseguire (in particolare quelle sui pali di fondazione);
- e) un esame dell'impostazione generale della progettazione dell'opera, degli schemi di calcolo e delle azioni, nonché delle **indagini eseguite**;
- f) un esame della relazione a struttura ultimata;
- g) la convalida dei documenti di controllo qualità ed il registro delle non-conformità (in caso di procedura di garanzia di qualità);
- h) in presenza di dispositivi di isolamento sismico e/o di dissipazione, l'acquisizione dei documenti di origine del produttore e dei certificati.
- i) ulteriori **accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili**.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prescrizioni generali (9.1.)

In particolare, il Collaudatore statico potrà effettuare:

- *prove di carico;*
- *prove sui materiali messi in opera (anche mediante metodi non distruttivi);*
- *monitoraggio programmato di grandezze significative (riferite a lesioni, cedimenti, stati di corrosione, etc.).*

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico (9.2.)

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale (sotto le azioni di esercizio).

L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- *le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;*
- *non si siano prodotte fratture, fessurazioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza;*
- *la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota di quella totale;*
- *la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.*

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico (9.2.)

Le prove di carico, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, possono essere integrate da **prove dinamiche** e **prove a rottura** su elementi strutturali.

Con riferimento alle **prove di verifica su pali**, possono essere eseguite **prove di carico dinamiche** purché i relativi risultati siano tarati con quelli derivanti da **prove statiche** e siano effettuati **controlli non distruttivi** su almeno il 15% dei pali.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

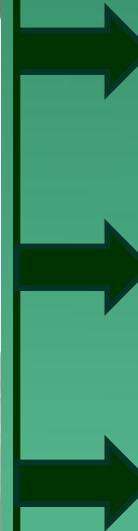
## Prove di carico su strutture

Per solai, travi e aggetti possono essere effettuate mediante:



# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico su strutture portanti orizzontali in condizioni ultime



# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico su pali e micropali



# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Ponti stradali (9.2.2)

Si dovrà controllare che le deformazioni sotto i carichi di prova, in termini di abbassamenti, rotazioni, etc., siano comparabili con quelle previste in progetto e che le eventuali deformazioni residue dopo il primo ciclo di carico non risultino superiori al 15% di quelle massime misurate, ovvero successive prove di carico dimostrino che le deformazioni residue tendano ad esaurirsi.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Ponti stradali (9.2.2)

Per i ponti a campata multipla, la prova di carico deve essere eseguita su almeno un quinto delle campate.

Per le opere di significativa rilevanza, le prove statiche andranno completate da prove dinamiche che misurino la rispondenza del ponte all'eccitazione dinamica, controllando che il periodo fondamentale sperimentale sia confrontabile con quello previsto in oggetto.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Ponti ferroviari (9.2.3)

Le **prove di carico** dovranno essere effettuate adottando carichi che inducano le sollecitazioni di progetto dovute ai carichi mobili verticali nello stato limite di esercizio, in considerazione della disponibilità di mezzi ferroviari ordinari/speciali.

Le deformazioni residue dopo il primo ciclo di carico non devono risultare superiori al 15% di quelle massime misurate, ovvero successive prove di carico devono dimostrare che le deformazioni residue tendano ad esaurirsi.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Ponti ferroviari (9.2.3)

Per i ponti a campata multipla, la prova di carico deve essere eseguita su almeno un quinto delle campate.

Per le opere di significativa rilevanza, le prove statiche andranno completate da prove dinamiche che misurino la rispondenza del ponte all'eccitazione dinamica, controllando che il periodo fondamentale sperimentale sia confrontabile con quello previsto in oggetto.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Ponti stradali e ferroviari con isolamento e/o dissipazione (C9.2.4)

Il collaudo statico deve essere effettuato in corso d'opera.

Il Collaudatore può disporre l'esecuzione di **speciali prove** per la caratterizzazione dinamica del sistema di isolamento.

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico su ponti stradali e ferroviari



# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Prove di carico su ponti stradali e ferroviari



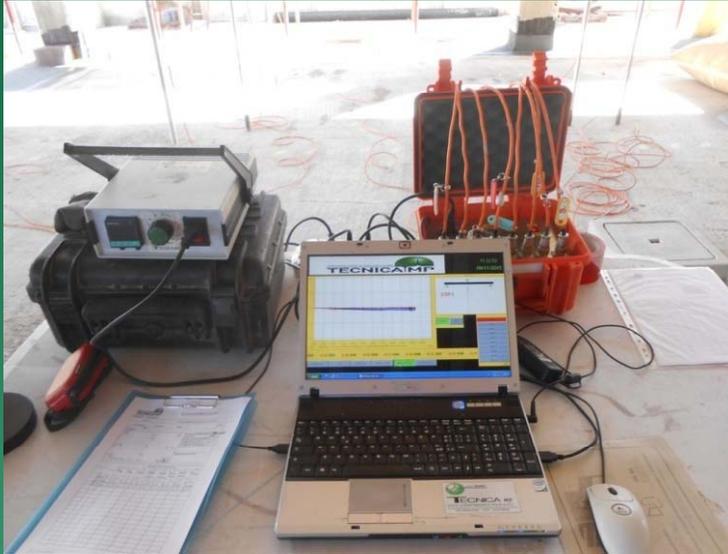
# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)

## Abbassamenti nelle prove di carico

Gli **abbassamenti** prodotti nelle strutture dai cicli di carico possono essere valutati con:

- *sensori elettronici montati su aste telescopiche e collegati a PC;*
- *sensori elettronici a filo collegati a PC;*
- *misure ottiche con livello elettronico di altissima precisione;*
- *misure inclinometriche.*

# COLLAUDO STATICO (Cap. 9)



## *Capitolo 11*

---

# *MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE*

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

Per “prodotto per uso strutturale”, si intende qualsiasi materiale o elemento che consenta ad un’opera ove questo è incorporato di soddisfare il requisito essenziale di “resistenza meccanica e stabilità”. La discriminante, dunque, è la “destinazione d’uso” (strutturale).

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati (a cura del produttore);*
- *qualificati (sotto la responsabilità del produttore);*
- *accettati (dal Direttore dei lavori).*

Le prove su di essi devono essere condotte da laboratori specializzati, i quali relazioneranno l’**Organismo di Certificazione** in merito ai risultati ottenuti (per il successivo **Certificato di conformità CE**) o, viceversa, ometteranno propri Rapporti di Prova sotto notifica.

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Calcestruzzo (11.2.)

Il controllo di qualità del calcestruzzo si articola nelle seguenti fasi:

- *valutazione preliminare della resistenza;*
- *controllo di produzione;*
- *controllo di accettazione;*
- *prove complementari.*

Il Direttore dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato.

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (11.2.6.)

Nel caso in cui:

- *le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione*
- *sorgano dubbi sulla qualità del materiale*
- *si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera*

si può procedere alla valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di **prove sia distruttive che non distruttive.**

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (11.2.6.)

Specificatamente, in caso di **carotaggio**:

- *il diametro ( $D$ ) delle carote deve essere almeno superiore a 3 volte il diametro massimo degli aggregati;*
- *le carote non dovrebbero contenere ferri di armatura;*
- *per ottenere stime attendibili devono essere provate almeno 3 carote;*
- *il rapporto  $L/D$  dei provini deve essere compreso tra 1 e 2;*
- *i campioni estratti devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e deposito;*

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (11.2.6.)

- *nell'estrazione si deve tener presente che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;*
- *prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, è necessario verificare la planarità/ortogonalità delle superfici d'appoggio.*

In seguito al prelievo e alle prove, si determina il **valore medio della resistenza strutturale cilindrica**, che dovrà risultare non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto.

# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera (11.2.6.)



# MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11)

## Acciaio (11.3.)

Sono previste 3 forme di controllo obbligatorie:

- *in stabilimento di produzione (sui lotti di produzione);*
- *nei centri di trasformazione (sulle forniture);*
- *di accettazione in cantiere (sui lotti di spedizione).*

Tutti gli acciai per impiego strutturale devono essere qualificati. La valutazione di conformità è effettuata o mediante la **marcatatura CE**, o attraverso la **qualificazione del Servizio Tecnico Centrale**.

Le verifiche periodiche della qualità devono essere effettuate da laboratori incaricati.

*Approfondimenti*

---

# ***TIPOLOGIE DI PROVE SPERIMENTALI***

## *PROVE SPERIMENTALI*

### 1. Monitoraggi (automatici e manuali)



*Misure e rilievo di:*

- *spostamenti orizzontali e verticali di opere civili e industriali;*
- *cedimenti differenziali;*
- *verticalità (clinometri/teodoliti);*
- *lesioni;*
- *distanze (alta precisione);*
- *polveri ed inquinanti aerodispersi;*
- *rumore acustico.*

**AMBIENTALI**

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio di spostamenti orizzontali e verticali

Si effettua per controllare nel tempo il valore delle coordinate spaziali di punti di riferimento appartenenti ad opere di ingegneria civile/industriale e a manufatti storici.

Viene realizzato mediante l'installazione di *target topografici (miniprismi)* sulla struttura da monitorare, traggurati periodicamente con *stazione totale digitale laser* di altissima precisione (0,3 mgon (1")), corrispondente a circa 0,2 mm su 30 m di distanza).

Laddove non sia possibile apporre target topografici, le misure possono essere condotte traggurando punti salienti della struttura (a discapito della precisione).

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio di spostamenti orizzontali e verticali



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

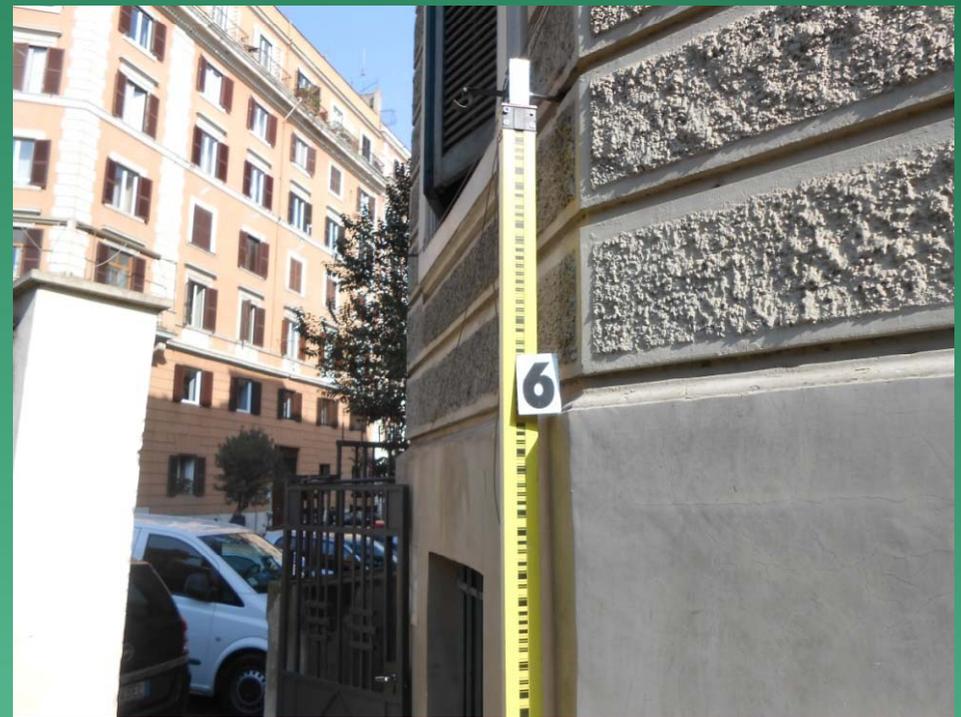
## Monitoraggio di cedimenti differenziali

Si effettua per controllare l'andamento nel tempo dei cedimenti fondazionali di opere di ingegneria civile/industriale e di manufatti storici.

Viene realizzato mediante l'installazione di **capisaldi topografici** ancorati alla struttura da monitorare, su cui porre una **stadia invar** con codice a barre traguadata periodicamente con **livello digitale laser** di altissima precisione (sensibilità = 1/100 di mm; precisione = 1/10 di mm).

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio di cedimenti differenziali



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio della verticalità con inclinometri

Si effettua per controllare nel tempo le variazioni di inclinazione di costruzioni di ingegneria civile/industriale e di manufatti storici.

Può essere realizzato con due metodologie: **periodica** e **automatica**. La prima prevede l'installazione di basi di misura fisse su cui apporre un **clinometro** amovibile monoassiale in grado di leggere l'inclinazione su due direzioni ortogonali fra loro.

L'altra prevede l'installazione di clinometri fissi monoassiali o biassiali, collegati ad una **centralina di memorizzazione dati** comunicante via cavo con un **modem GSM**, installato presso i nostri uffici. Tale sistema offre al cliente la possibilità di visualizzare via web, in tempo reale, i valori acquisiti.

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio della verticalità con inclinometri



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

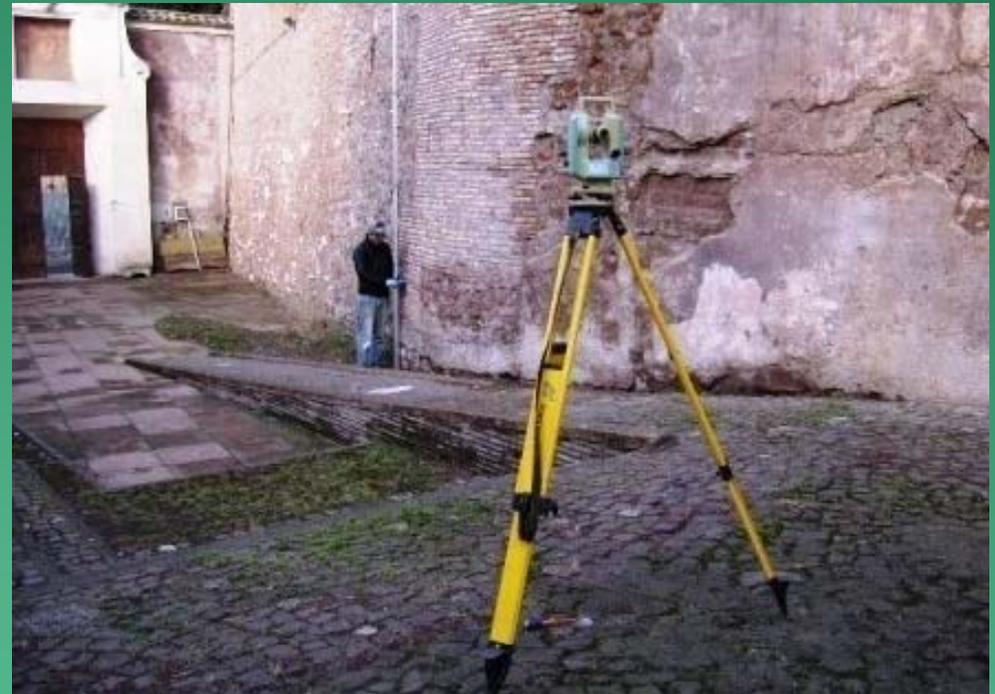
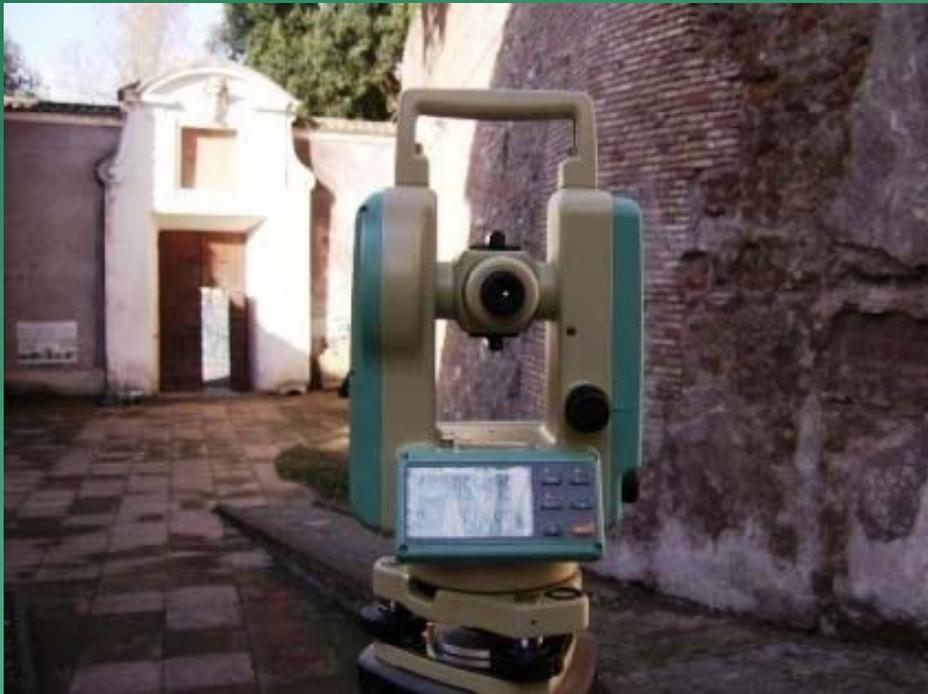
## Monitoraggio della verticalità con teodolite

Si effettua per rilevare le rotazioni nel tempo di punti di elementi strutturali appartenenti ad opere di ingegneria civile/industriale e a manufatti storici.

Viene eseguito tramite l'utilizzo di uno strumento topografico denominato "teodolite", in grado di misurare angoli con risoluzione di misura pari a 0,0005 gon.

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio della verticalità con teodolite



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio delle lesioni

Si effettua per controllare nel tempo la deformazione di lesioni presenti sulle strutture di edifici e manufatti storici.

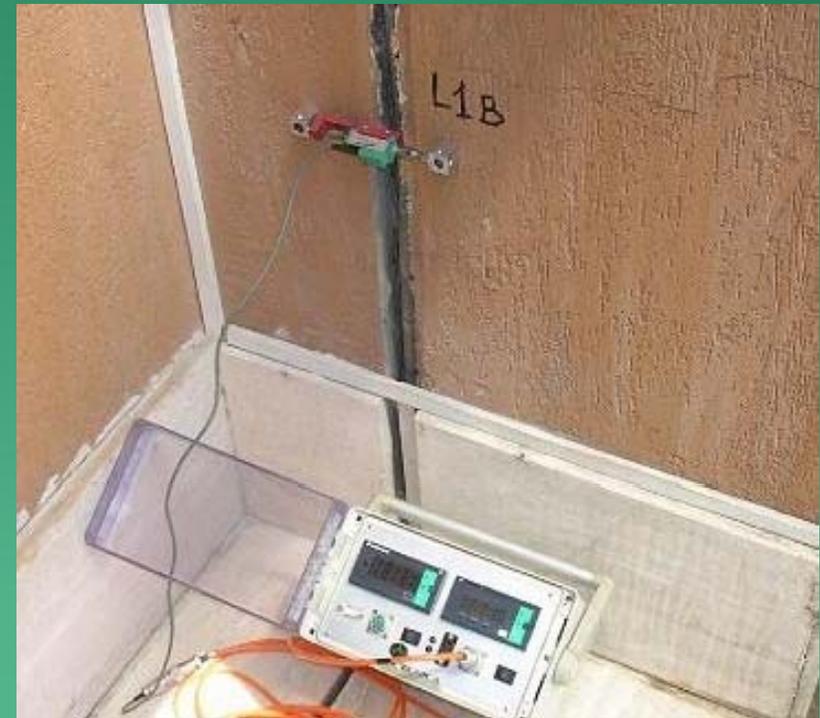
Può essere realizzato con tre metodologie: **periodica**, **automatica** e **da postazione remota**. La prima (più semplice) prevede l'installazione di basi di misura fisse, a cavallo delle lesioni, su cui apporre un  *sensore elettronico amovibile*.

La seconda implica l'installazione di *trasduttori fissi*, collegati ad una *centralina di lettura e memorizzazione dati*.

La terza, con le modalità precedenti, permette di comunicare in telemetria con una *postazione remota*, offrendo al cliente la possibilità di visualizzare via web, in tempo reale, i valori acquisiti.

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio delle lesioni



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggio delle lesioni



# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggi distanziometrici

Si effettua per controllare nel tempo la misura di una distanza (anche qualche decina di metri), per mezzo di un *distanziometro laser*, in grado di monitorare con elevata precisione lo spostamento orizzontale di punti di strutture (gallerie, muri di sostegno, paratie, etc.).

# 1. MONITORAGGI STRUTTURALI

## Monitoraggi distanziometrici



# 1. MONITORAGGI AMBIENTALI

## Monitoraggio polveri ed inquinanti aerodispersi

Ha lo scopo di misurare la quantità e la qualità di inquinanti aerodispersi eventualmente presenti all'interno degli ambienti a seguito delle lavorazioni.

Per la **verifica** e la misura delle polveri, delle sostanze organiche volatili, dei fumi di saldatura e delle fibre aerodisperse, sono utilizzate **pompe per aspirazione di aria** a flusso costante e calibrato.

Per il **campionamento** delle sostanze organiche volatili sono impiegate **fiale a carbone attivo**; per quello delle polveri, dei fumi e delle fibre, invece, **filtri in estere misto di cellulosa**.

# 1. MONITORAGGI AMBIENTALI

## Monitoraggio polveri ed inquinandi aerodispersi

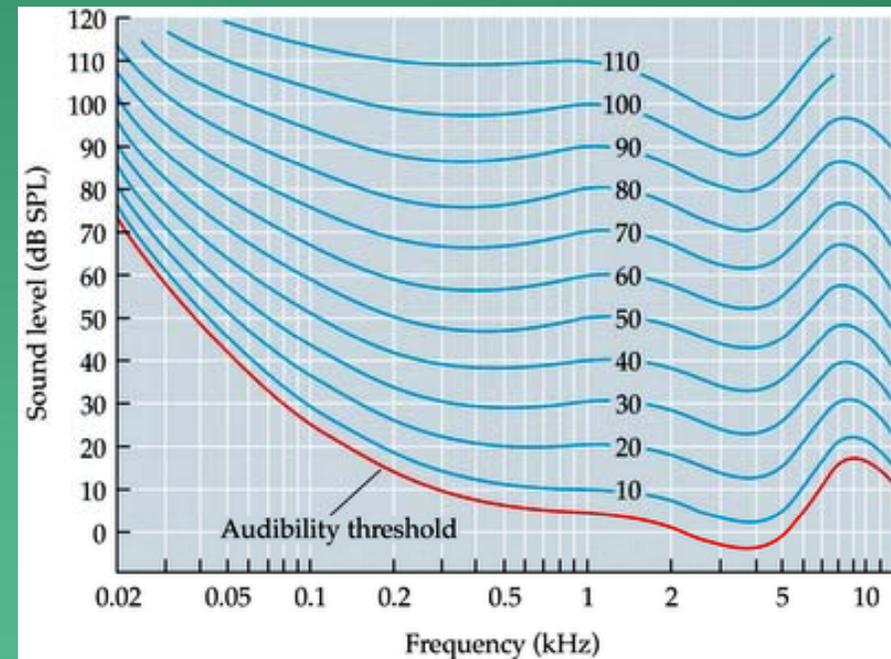


# 1. MONITORAGGI AMBIENTALI

## Monitoraggio rumore acustico

Ha lo scopo di misurare la pressione acustica per mezzo di un fonometro digitale.

*I valori rilevati sono confrontati con i limiti imposti dalla normativa vigente (D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.).*



### 2. Rilievi strutturali



- *Saggi ispettivi;*
- *rilievi pacometrici armature;*
- *carotaggi delle murature e degli elementi in calcestruzzo;*
- *rilievi delle strutture con laser scanner 3D.*

## *PROVE SPERIMENTALI*

### 3. Prove di carico



- *Su strutture in elevazione (solai, travi, aggetti e impalcati di ponti);*
- *su pali e micropali.*

### 4. Prove non distruttive



#### *a. Calcestruzzo:*

- *pull out;*
- *sclerometriche;*
- *ultrasoniche;*
- *combinare (Metodo Sonreb);*
- *profondità di carbonatazione;*
- *probabilità di corrosione;*
- *con strain gauges.*

MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**



## *PROVE SPERIMENTALI*

### 4. Prove non distruttive



#### *b. Acciaio:*

- *ultrasoniche;*
- *con strain gauges;*
- *durometro.*

### 4. Prove non distruttive



#### c. Legno:

- *resistografiche;*
- *endoscopiche;*
- *ultrasoniche.*

## 4.c. PROVE NON DISTRUTTIVE SU LEGNO

### Endoscopie

Sono effettuate per valutare lo stato di conservazione del legno attraverso l'osservazione diretta all'interno di un foro, precedentemente eseguito nel materiale per mezzo di trapano.

Lo strumento utilizzato è un **endoscopio** rigido/flessibile con visione frontale o periscopica, che può essere dotato di fotocamera digitale per verificare la stratigrafia del materiale.

Tale metodo consente di rilevare facilmente la presenza di eventuali zone di degrado biologico o fisico.

## 4.c. PROVE NON DISTRUTTIVE SU LEGNO

### Endoscopie



### 4. Prove non distruttive



#### *d. Muratura:*

- *martinetto piatto singolo/doppio;*
- *determinazione della tensione tangenziale;*
- *endoscopiche;*
- *soniche.*

### 4. Prove non distruttive



#### e. Fondazioni:

- *ecometriche;*
- *cross-hole.*

## 4. Prove non distruttive

### f. Termografia ad infrarossi



## 4.f. PROVE NON DISTRUTTIVE SPECIALI

### Termografia ad infrarossi

La termografia è un tipo di acquisizione immagini nel campo dell'infrarosso, che si basa sulla misura della distribuzione delle temperature superficiali di un qualsiasi oggetto sollecitato termicamente.

Nel dettaglio, essa consente l'individuazione di anomalie nell'emissione dell'energia e quindi, a parità di emissività, di anomalie termiche, rivestendo un ruolo essenziale nelle indagini non distruttive e non intrusive.

Lo strumento impiegato è una **termocamera FLIR B360**, in grado di rilevare le temperature dei corpi analizzati attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa.

## *PROVE SPERIMENTALI*

### 5. Geotecnica – Geofisica



- *Sondaggi geomeccanici;*
- *prove penetrometriche (statiche, dinamiche);*
- *carotaggi in fondazione;*
- *relazione geologica/geotecnica;*
- *prove di carico su piastra;*
- *indagini con georadar;*
- *tomografia elettrica;*
- *geosismica.*

## 5. GEOTECNICA – GEOFISICA

### Indagini con georadar

Hanno lo scopo di rilevare la presenza di “anomalie dielettriche” (corpi inseriti in altri mezzi) all’interno di terreni, rocce e strutture, consentendo così l’individuazione di cavità, reperti archeologici, sottoservizi, murature, armature, etc.

Sono consigliate nelle esplorazioni preliminari di terreni e strutture, nonché nella mappatura sia delle aree archeologiche che delle zone caratterizzate dalla presenza di cavità naturali/artificiali.

La strumentazione utilizza un’**antenna**, generalmente ricetrasmittente, che invia impulsi elettromagnetici (la cui frequenza è funzione della profondità e dell’accuratezza dell’indagine). Tali impulsi, incontrando discontinuità fisiche lungo il percorso, vengono in parte riflessi verso l’antenna stessa.

# 5. GEOTECNICA – GEOFISICA

## Indagini con georadar



## 5. GEOTECNICA – GEOFISICA

### Tomografia elettrica

E' un metodo di acquisizione ed elaborazione dati che, sfruttando le caratteristiche elettriche dei terreni, restituisce rappresentazioni bidimensionali e tridimensionali del sottosuolo mediante l'utilizzo di **elettrodi** e particolari **software**.

E' utilizzata principalmente nelle ricerche idrogeologiche, nel monitoraggio di manufatti interrati (es.: fognature) e di condotte idriche, nonché nella ricerca di reperti archeologici e cavità sotterranee naturali/artificiali. Inoltre, può essere impiegata per lo studio di dissesti idrogeologici (es.: delimitazione dei volumi di copertura potenzialmente mobilizzabili in caso di frane, etc.).

## 5. GEOTECNICA – GEOFISICA

### Tomografia elettrica



### 6. Dinamica e vibrazioni



- *Caratterizzazione dinamica di ponti ed edifici;*
- *monitoraggio delle vibrazioni.*

## 6. DINAMICA E VIBRAZIONI

### Caratterizzazione dinamica

Ha l'obiettivo di fornire i **parametri dinamici** di una struttura complessa o di un singolo elemento costruttivo attraverso l'eccitazione dinamica artificiale della/o stessa/o (input), accompagnata dalla misura e dalla registrazione degli effetti prodotti (mediante *accelerometro*).

I **parametri dinamici** (frequenze proprie, smorzamenti, deformate) ricavati sperimentalmente possono essere confrontati con quelli teorici e, dato il legame con le caratteristiche elastiche della struttura, controllati periodicamente per verificare eventuali decadimenti elastici del manufatto.

La caratterizzazione dinamica è utile anche per determinare alcune caratteristiche costruttive particolari: nei tiranti, ad esempio, consente di ricavare i punti in cui la forza di tiro è proporzionale ai modi di vibrazione.

# 6. DINAMICA E VIBRAZIONI

## Caratterizzazione dinamica



## 6. DINAMICA E VIBRAZIONI

### Monitoraggio delle vibrazioni

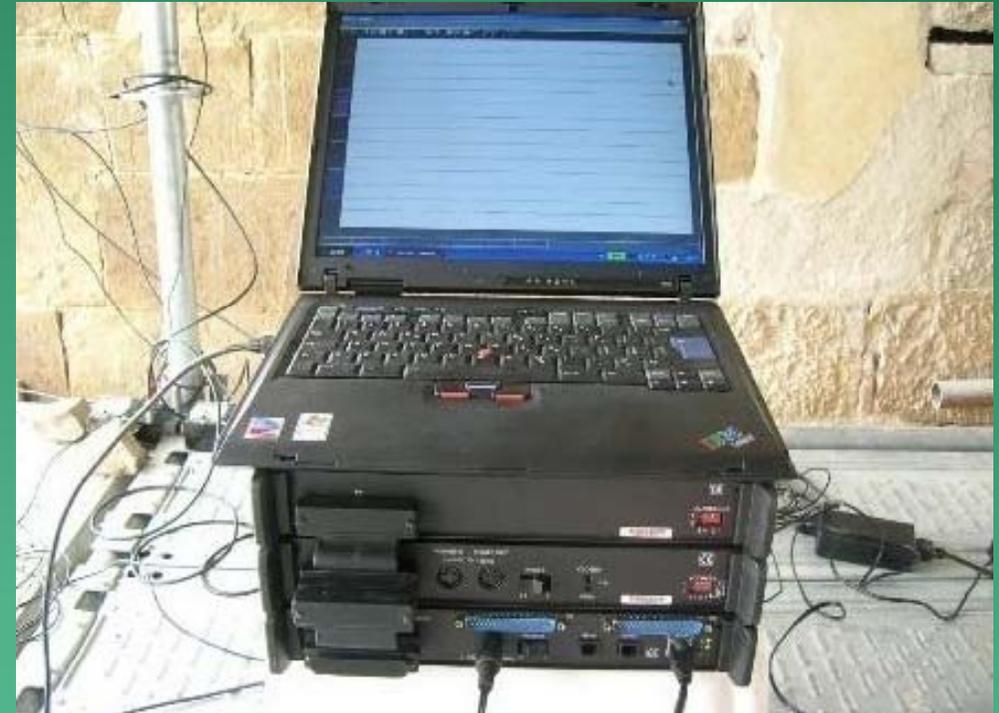
E' finalizzato al rilievo delle vibrazioni prodotte da una **sorgente dinamica** (traffico stradale, ferroviario, cantiere) su una **struttura sensibile** (edificio, monumento).

Scelti i punti d'indagine, si misurano i livelli e le frequenze delle vibrazioni emesse dalla sorgente, sfruttando una catena di **sensori accelerometrici**. Tali dati, una volta registrati, sono confrontati con i livelli consigliati dalle varie normative europee in materia.

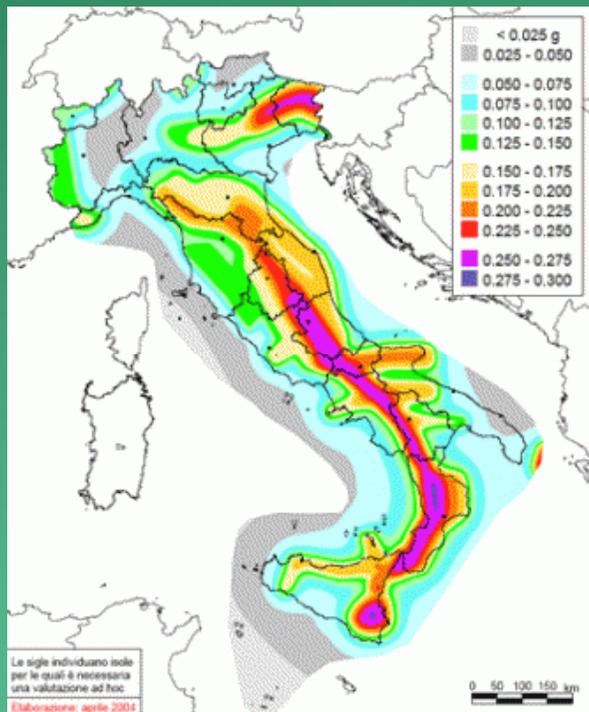
La struttura sensibile può essere rappresentata anche da un particolare macchinario, il quale non deve subire vibrazioni al di sopra di determinati/e livelli/frequenze.

## 6. DINAMICA E VIBRAZIONI

### Monitoraggio delle vibrazioni



### 7. Verifiche sismiche



- *Previsione, prevenzione, mitigazione e gestione del rischio sismico ed idrogeologico;*
- *studio della risposta sismica locale;*
- *valutazione della pericolosità sismica;*
- *studio delle fenomenologie indotte a seguito di forti terremoti;*
- *verifica sismica di strutture nuove/esistenti.*

## *PROVE SPERIMENTALI*

### 8. Prove speciali



- *Prove di carico su strutture portanti per la caratterizzazione del comportamento in condizioni ultime;*
- *rilievi batimetrici.*

*Approfondimenti*

---

***I NOSTRI LAVORI***

### Analisi dei materiali (1/3):

- **OSPEDALE S. ANDREA** –  
*Rilievi strutturali e analisi dei materiali (Roma);*
- **CASERMA DI POLIZIA FERDINANDO DI SAVOIA** –  
*Via del Castro Pretorio (Roma);*



### Analisi dei materiali (2/3):

- **AMBASCIATA NORVEGESE** – *Saggi ispettivi (Roma);*
- **SCUOLA CENTRALE DEI VIGILI DEL FUOCO** – *Capannelle (Roma);*



MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**

## *I NOSTRI LAVORI*

### Analisi dei materiali (3/3):

- *VILLA ADA SAVOIA – Ex Scuderie Reali (Roma);*
- *ISTITUTO SUPERIORE DELLA POLIZIA DI STATO – (Roma);*
- *CHIESA S. MARTINO – Sellano (Perugia).*

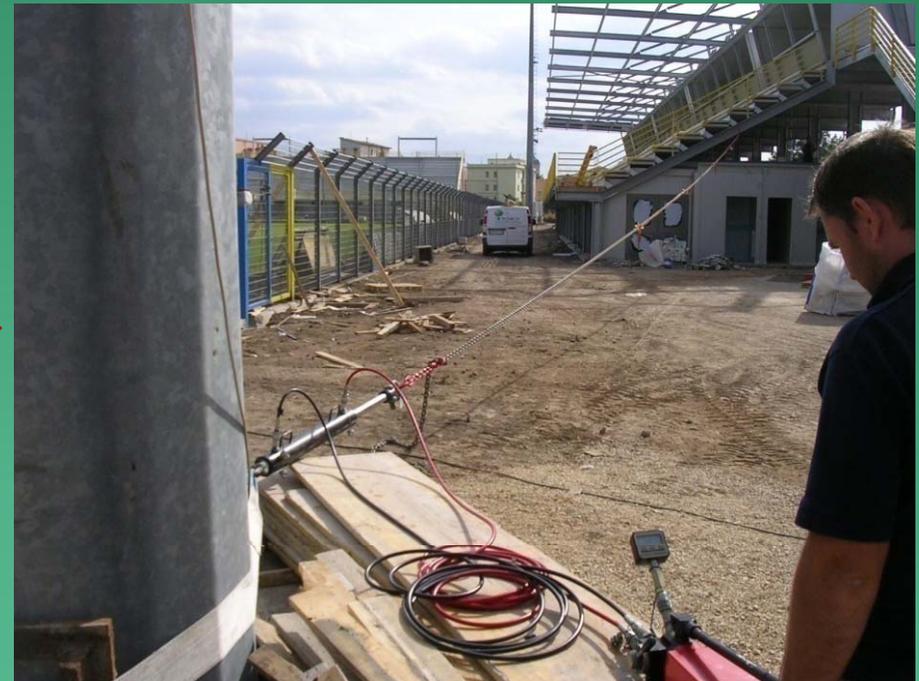
### Dinamica (1/2):

- **CAMPANILE S. SPIRITO – (Firenze);**
- **STAZIONE METROPOLITANA S. M. SOCCORSO – Analisi vibrazionale (Roma);**



### Dinamica (2/2):

- ***STADIO COMUNALE ROCCHI –  
Verifiche dinamiche (Viterbo).***



### Geotecnica (1/4):

- **MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI** – *Rilievo parcheggio interrato con sondaggi georadar, Porta Pia (Roma);*



### Geotecnica (2/4):

- **AEROPORTO MILITARE DI PRATICA DI MARE – Hangar XV Stormo (Roma);**
- **PALAZZO ROSPIGLIOSI DI ZAGAROLO – Indagini (Roma);**



### Geotecnica (3/4):

- **AMBASCIATA BRITANNICA** –  
*Indagini georadar (Roma);*
- **AEROPORTO DELL'URBE** –  
*Prove su piastra per  
piattaforma elicotteri (Roma);*



### Geotecnica (4/4):

- **CRIPTOPORTICO DELLE TERME DI TRAIANO** – Sondaggi archeologici (Roma);
- **OSPEDALE UMBERTO I** – Indagini geognostiche (Roma).



MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**

## *I NOSTRI LAVORI*

### Monitoraggi geotecnici (1/4):

- ***EDIFICI E PARCHEGGIO INTERRATO DI PIAZZA GENTILE DA FABRIANO – Monitoraggi con tubi inclinometrici (Roma);***
- ***NUOVO MERCATO DI VIA ANDREA DORIA – (Roma).***

Monitoraggi geotecnici (2/4):



*Edificio A*



*Edificio B*



## I NOSTRI LAVORI

### Monitoraggi geotecnici (3/4):

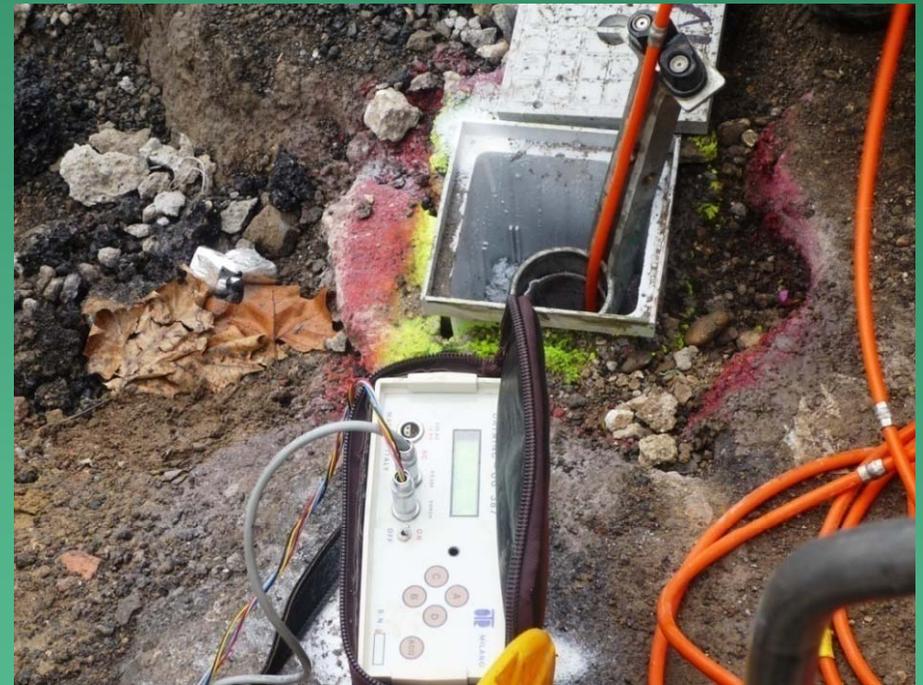


*Edificio C*



*Edificio D*

Monitoraggi geotecnici (4/4):





## *I NOSTRI LAVORI*

### Monitoraggi strutturali (1/3):

- *PALAZZO DI GIUSTIZIA – Edifici e monumenti di Piazza Cavour (Roma);*



Piazza Cavour Roma



Palazzo di Giustizia - Roma

### Monitoraggi strutturali (2/3):

- ***OSPEDALE SPALLANZANI*** – Padiglione Baglivi (Roma);
- ***VIDEOTIME*** – Centro Palatino (Roma);



MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**

## *I NOSTRI LAVORI*

### Monitoraggi strutturali (3/3):

- *EDIFICI DI VIA OSLAVIA – (Roma);*
- *SEDE TSF – Tele Sistemi Ferroviari di Via dello Scalo Prenestino (Roma);*
- *TRIBUNALE DI ROMA – Piazzale Clodio (Roma).*

### Prove di carico su solai (1/4):

- *PALAZZO CHIGI – Prove di carico con serbatoi piani (Roma);*



### Prove di carico su solai (2/4):

- *EUR S.P.A. – Prove di carico (Roma);*
- *MUSEI VATICANI E SALONE SISTINO – Verifica nuovi ingressi (Vaticano);*



### Prove di carico su solai (3/4):

- **FIERA DI ROMA – Padiglione 10;** →
- **UNIVERSITA' PONTIFICIA – (Roma);**



Fiera di Roma

### Prove di carico su solai (4/4):

- ***AMBASCIATA DEL BRASILE – (Roma);***
- ***COMANDO GENERALE DELLA GUARDIA DI FINANZA – Caserma Piave, Via XXI Aprile (Roma).***



### Prove di carico su coperture (1/1):

- **AEROPORTO DI CAGLIARI** – *Verifica delle strutture di copertura con serbatoi pensili;*
- **HANGAR MERIDIANA** – *Verifica copertura con martinetti oleodinamici (Olbia);*



### Prove di carico su tribune (1/2):

- *STADIO CENTRALE DEL TENNIS – Prove di c. con serbatoi piani (Roma);*





## *I NOSTRI LAVORI*

### Prove di carico su tribune (2/2):

- *STADIO COMUNALE ROCCHI – Verifiche statiche (Viterbo);*
- *STADIO EUGANEO – Verifica copertura est con serbatoi (Padova);*
- *STADIO S. ELIA – Controllo delle tribune (Cagliari).*

### Prove di carico su pali (1/1):

- **AIR TERMINAL OSTIENSE – (Roma);**
- **CASTELLI RE S.P.A. – Edificio Viale Bruno Buozzi (Roma);**



### Verifiche edifici (1/4):

- ***PALAZZO DUCALE DI CASTELNUOVO DI PORTO – (Roma);***
- ***SEDE DINERS CLUB INTERNATIONAL – (Roma);***
- ***HOTEL CAVALIERI HILTON – (Roma);***



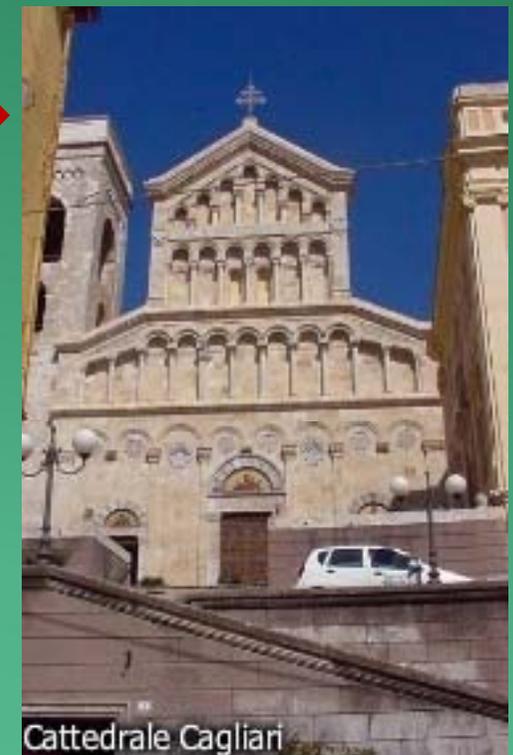
### Verifiche edifici (2/4):

- **SEDE DELLA PROTEZIONE CIVILE – (Roma);**
- **UFFICI E MAGAZZINI MANIFATTURA TABACCHI – Certificazione (Crotone);**
- **BIBLIOTECA AMBIENTALE ARPA LAZIO – Verifica solai (Rieti);**



### Verifiche edifici (3/4):

- **CATTEDRALE DI CAGLIARI;**
- **SCUOLA MATERNA S. AGAPITO – Fiamignano (Rieti);**
- **QUIRINALE - DEPOSITO LIVREE - GALLERIA FINIMENTI – (Roma);**
- **SEDE BNL – Porto S. Giorgio (Ascoli P.);**



MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI

**TECNICAMP**

## *I NOSTRI LAVORI*

### Verifiche edifici (4/4):

- *NUOVA CASERMA CORPO FORESTALE – Poggio Mirteto (Rieti);*
- *BANCA D'ITALIA – Via Milano (Roma);*
- *COMANDO GENERALE DELL'ARMA DEI CARABINIERI – Caserma Hazon (Roma);*
- *CORTE DEI CONTI – Edificio Montezemolo (Roma);*
- *I.N.P.S. - DIREZIONE CENTRALE SISTEMI INFORMATIVI – (Roma).*

### Altri lavori (1/4):



### Altri lavori (2/4):



Palazzetto dello Sport - Roma



Museo delle mura - Roma

### Altri lavori (3/4):



### Altri lavori (4/4):



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

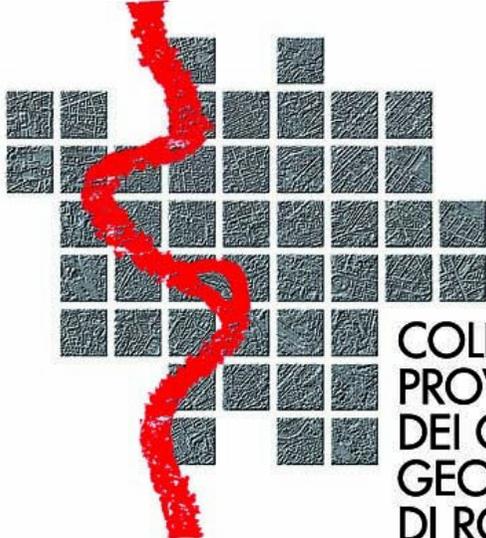
MONITORAGGI E PROVE SU STRUTTURE E TERRENI



**TECNICAAMP**

Numero Verde  
**800 170 999**

[www.tecnicamp.com](http://www.tecnicamp.com)



COLLEGIO  
PROVINCIALE  
DEI GEOMETRI E  
GEOMETRI LAUREATI  
DI ROMA

***La Presentazione si potrà scaricare sul sito  
<http://www.tecnicamp.com/experiences/download>***