

**ITINERARIO RAGUSA-CATANIA**

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte"  
con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 1 - Dallo svincolo n. 1 sulla S.S. 115 (compreso) allo svincolo n. 3 sulla S.P. 5 (escluso)

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PA895**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE**

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri

Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Marco Leonardi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio n° 1541

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n° A35111

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott. Ing. N.Granieri  
Dott. Ing. F.Durastanti  
Dott. Ing. V.Truffini  
Dott. Arch. A.Bracchini  
Dott. Ing. L.Nani

Dott. Ing. M.Abram  
Dott. Ing. F.Pambianco  
Dott. Ing. M.Briganti Botta  
Dott. Ing. L.Gagliardini  
Dott. Geol. G.Cerquiglioni

MANDANTI:



Dott. Ing. G.Guiducci  
Dott. Ing. A.Signorelli  
Dott. Ing. E.Moscatelli  
Dott. Ing. A.Bela

Dott. Ing. G.Lucibello  
Dott. Arch. G.Guastella  
Dott. Geol. M.Leonardi  
Dott. Ing. G.Parente



Dott. Arch. E.A.E.Crimi  
Dott. Ing. M.Panfilì  
Dott. Arch. P.Ghirelli  
Dott. Ing. D.Pelle

Dott. Ing. L.Ragnacci  
Dott. Arch. A.Strati  
Archeol. M.G.Liseno



Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. C.Consorti

Dott. Ing. F.Aloe  
Dott. Ing. A.Salvemini



Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. G.Pulli  
Dott. Ing. F.Macchioni

Dott. Ing. G.Verini Supplizi  
Dott. Ing. V.Piunno  
Geom. C.Sugaroni



Dott. Ing. P.Agnello

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



**CAVALCAVIA**  
**CAVALCAVIA AL KM 0+000**  
Relazione al piano indagini cavalcavia

CODICE PROGETTO			NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T01CV01STRRE01A				
L O 4 0 8 Z	E	2 1 0 1	T 0 1 C V 0 1 S T R R E 0 1			A	-
D							
C							
B							
A	EMISSIONE		MARZO 2021	A. Oliveti	G. Guiducci	N. Granieri	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

<b>A</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>B</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
B.1	LIVELLI DI CONOSCENZA E INDAGINI NECESSARIE .....	3
<b>C</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI E DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI SULL'OPERA .....</b>	<b>7</b>
C.1	INTERVENTI PREVISTI .....	7
C.2	DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE .....	7
C.3	SINTESI DEGLI OBIETTIVI D'INDAGINE .....	7
<b>D</b>	<b>PIANO DI INDAGINI STRUTTURALI .....</b>	<b>8</b>
D.1	LIVELLO DI CONOSCENZA.....	8
D.2	INDAGINI PREVISTE SULLE STRUTTURE .....	10
D.2.1	Geometria.....	10
D.2.2	Dettagli strutturali.....	10
D.2.3	Prove sui materiali.....	11
D.3	SINTESI DELLE INDAGINI DA EFFETTUARE .....	12
<b>E</b>	<b>METODOLOGIE DI INDAGINE: SPECIFICHE TECNICHE.....</b>	<b>13</b>
E.1	PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO.....	13
E.2	PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ARMATURA D'ACCIAIO .....	16
E.3	PROVE SCLEROMETRICHE.....	17
E.4	PROVE ULTRASONICHE .....	18
E.5	METODO COMBINATO SONREB .....	20
E.6	VERIFICHE PACOMETRICHE .....	22
<b>F</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE .....</b>	<b>23</b>

## A PREMESSA

Il cavalcavia ubicato al km0+000 della S.S.194 "Ragusana" è un'opera realizzata presumibilmente negli anni '80; è costituito da una campata singola in c.a.p. con impalcato a cassone pluricellulare e da spalle e muri andatori in c.a. ordinario. Le indagini sono finalizzate alla valutazione di sicurezza dell'opera ed al progetto degli eventuali interventi di adeguamento sismico da realizzarsi nell'ambito dell'"Ammodernamento a N°4 corsie della S.S. 514 "Di Chiaramonte" e della S.S. 194 Ragusana dallo svincolo con la S.S. 115 allo svincolo con la S.S. 114".



Figura 1.1 Vista laterale e planimetrica dell'opera

## B NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il principale riferimento normativo da considerare per lo studio e l'analisi di strutture esistenti è il D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" che fornisce i criteri generali che regolano il processo di conoscenza e valutazione della sicurezza.

Per la definizione del numero di prove e rilievi, anche per scopi diversi dalla verifica sismica, si possono prendere in considerazione i criteri forniti da:

- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Ministero Infrastrutture e Trasporti, Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- EN1998-3, Eurocodice 8, Progettazione sismica delle strutture, Parte 3, Valutazione e rinforzo degli edifici.
- Linee Guida per il monitoraggio, la valutazione della sicurezza strutturale e la classificazione del rischio dei ponti esistenti – CSLP, 2020;
- Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti – Pinto P.E., Lupoi A., Franchin P. Iuss Press 2009;
- ANAS, Quaderni Tecnici – Quaderno tecnico 1 – Valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo;
- AASHTO, The Manual for Bridge Evaluation, 3<sup>rd</sup> Edition, 2018;
- ASCE, ASCE 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, 2017;
- FEMA, FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings;
- FHWA, Manual for Design, Construction and Maintenance of Orthotropic Steel Deck Bridges.

### B.1 LIVELLI DI CONOSCENZA E INDAGINI NECESSARIE

Il D.M. 17/01/18 specifica che "Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi" e che "Per conseguire 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".

Per le strutture in cemento armato, la Circolare n.7 del 2019 (in accordo con l'EC8 – P3) definisce tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata;
- LC2: Conoscenza Adeguata;

- LC3: Conoscenza Accurata.

Generalmente per opere di una certa importanza (ponti, edifici strategici, ecc.) è necessario raggiungere LC3 o, almeno, LC2.

Il numero e la tipologia di rilievi e indagini necessari è chiaramente funzione del livello di conoscenza "target" che si vuole raggiungere e della quantità e qualità della documentazione disponibile.

Nella tabella seguente sono riportati per ciascuna tipologia di informazioni (geometria, dettagli strutturali e caratteristiche dei materiali) i livelli minimi di approfondimento delle indagini necessari per il raggiungimento di ciascuno dei tre livelli di conoscenza definiti dalla norma.

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali
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
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
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

Il significato dei termini "limitate", "estese" ed "esaustive", riferito sia al rilievo dei dettagli strutturali che alle prove sui materiali, è esplicitato nella tabella seguente (tratta da: Progetto DPC-ReLUI S 2005-2008, "Linee Guida e Manuale applicativo per la Valutazione della Sicurezza Sismica e il Consolidamento dei Ponti Esistenti in c.a."):

	<b>Rilievo (dei dettagli costruttivi)</b>	<b>Prove (sui materiali)</b>
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 20% delle pile (ma non meno di 2 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 20% delle pile (ma non meno di 2 pile)
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 40% delle pile (ma non meno di 3 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 40% delle pile (ma non meno di 3 pile)
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 60% delle pile (ma non meno di 4 pile)	1 provino di cls. e 1 campione di armatura per almeno il 60% delle pile (ma non meno di 4 pile)

\*Nel caso le prove interessino parti strutturali differenti dalle pile/spalle si mantengono comunque le percentuali e i minimi indicati in tabella

L'aspetto certamente più delicato è quello delle prove sui materiali in quanto costituiscono, specie nel caso delle prove distruttive, le indagini più invasive per l'opera. A tal proposito, qui di seguito, si riassumono le indicazioni degli altri riferimenti normativi/bibliografici considerati in aggiunta alle L.G. Reluis.

I Quaderni Tecnici ANAS prevedono, per ciascuna area di prova (interpretabile come elemento strutturale) il prelievo di 3 campioni di calcestruzzo. In merito all'acciaio, nota l'epoca di costruzione e note le prescrizioni di progetto, è possibile non effettuare prelievi ma utilizzare i valori medi ottenuti dalle statistiche su acciai prelevati da opere realizzate negli stessi anni. Vanno comunque effettuati 3 saggi per confermare i quantitativi di armatura per ciascuna area di prova.

Le Normative FEMA 356 e ASCE 41-17, per il raggiungimento di un livello di conoscenza "Comprehensive" (equivalente di LC3), prevedono il prelievo di 3 campioni di calcestruzzo ogni 300m<sup>3</sup> di calcestruzzo in opera e comunque non meno di 3 campioni per ciascuna tipologia di elemento strutturale. Per quanto riguarda l'acciaio, sono previsti almeno 3 prelievi per tipologia di acciaio (lenta, precompressione, ecc.).

Secondo la Circolare n.7 del 21 gennaio 2019:

- "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";
- "Il numero di provini [...] 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 una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei”.

Va sottolineato che i criteri per la conoscenza, in particolare delle caratteristiche dei materiali, indicati dalle Linee Guida Reluis, se adottati come unico riferimento, in alcuni casi rischiano di portare a un piano indagini sotto-dimensionato.

I criteri dei quaderni tecnici ANAS sono più orientati verso la conoscenza finalizzata alla redazione di progetti per interventi locali e, quindi, per un'opera molto estesa il rischio è quello di un numero di indagini eccessive.

Un buon compromesso è quindi quello di mediare (in alcuni casi involuppare) le indicazioni delle Linee Guida Reluis, le indicazioni dei Quaderni Tecnici ANAS e i criteri delle normative FEMA 356 e ASCE 41-17.

## **C DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI E DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI SULL'OPERA**

### **C.1 INTERVENTI PREVISTI**

Gli interventi da effettuare sull'opera saranno certamente più chiari dopo aver condotto un'analisi di sicurezza delle strutture.

Con buona probabilità, si procederà alla sostituzione dell'impalcato e del relativo sistema di appoggi, realizzando un nuovo impalcato isolato sismicamente che trasmetterà alle sottostrutture limitate azioni orizzontali in condizioni sismiche.

Si procederà inoltre al rinforzo di muri e spalle mediante realizzazione di tiranti e paretine di placcaggio.

### **C.2 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE**

**Al momento si segnala la completa assenza di documentazione di archivio;** tuttavia il reperimento della documentazione originale di progetto/contabilità risulta uno step imprescindibile per un corretto processo conoscitivo dell'opera.

### **C.3 SINTESI DEGLI OBIETTIVI D'INDAGINE**

Gli obiettivi di indagine sono i seguenti:

- Ricostruire la geometria dell'opera;
- Conoscenza dei dettagli costruttivi: passo e diametro delle armature, spessori copriferro ecc.;
- Conoscenza delle caratteristiche meccaniche e del degrado dei materiali in opera.



## D PIANO DI INDAGINI STRUTTURALI

La progettazione della campagna di indagini, come già anticipato, è funzione del livello di conoscenza che si desidera acquisire.

### D.1 LIVELLO DI CONOSCENZA

Per le opere da ponte è opportuno tendere al raggiungimento di un livello di conoscenza accurata (LC3); tale esigenza è giustificata, in primo luogo, dall'importanza strategica che in genere caratterizza le opere da ponte e, in secondo luogo, dall'assenza di elementi non strutturali che (come solitamente accade per gli edifici) limitano l'accessibilità delle strutture. Solo per le fondazioni, al fine di limitare l'entità degli scavi, si fissa un target LC2.

Si riporta a seguire la tabella che indica per il livello di conoscenza LC3 i dati richiesti, i metodi di analisi ammessi e il valore del fattore di confidenza (FC).

	<b>Geometria (carpenterie)</b>	<b>Dettagli strutturali</b>	<b>Proprietà dei materiali</b>	<b>Metodi di analisi sismica</b>	<b>FC</b>
<b>LC3</b>	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1
<b>LC2</b>		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con prove limitate in situ; in alternativa da prove estese in situ	Tutti	1.2

Si ritiene pertanto necessario procedere, per i diversi aspetti della conoscenza dell'opera, alle seguenti attività:

- **Geometrie:** Rilievo delle dimensioni dei principali elementi strutturali: (luce campate, larghezza impalcato, altezza spalle, spessori muri, ecc.);

- Dettagli strutturali (sottostrutture): *Esaustive verifiche in situ* per le elevazioni (Muri, muro frontale e paraghiaia spalle);
- Dettagli strutturali (fondazioni): *Estese verifiche in situ* per le fondazioni che forniscano informazioni sulla presenza e sulla geometria di pali di fondazione;
- Proprietà dei materiali (sottostrutture): Per calcestruzzo e acciaio di armatura ordinaria sono necessarie *Esaustive prove in situ*; per una affidabile caratterizzazione dei materiali è infatti necessario un numero di prelievi cospicuo e coerente con le indicazioni dei documenti adottati come riferimento;
- Proprietà dei materiali (fondazioni): Per calcestruzzo e acciaio di armatura ordinaria sono necessarie *Estese prove in situ*.

Terreno di fondazione: Sono presenti limitati dati relativi al terreno di fondazione; ai fini della caratterizzazione geotecnica-geofisica sono previste indagini opportunamente "dimensionate".

N.B. Non viene effettuata alcuna indagine sulle strutture dell'impalcato in quanto si prevede la sostituzione completa.

## D.2 INDAGINI PREVISTE SULLE STRUTTURE

Prima di definire nello specifico la tipologia, l'ubicazione ed il numero di indagini da effettuare è opportuna una doverosa premessa in merito allo scopo delle indagini che si vanno a pianificare.

Lo scopo della campagna di indagini definita in questa sede è quello di garantire un adeguato livello di conoscenza al fine di effettuare una stima accurata della sicurezza strutturale dell'opera in condizioni sismiche e nelle condizioni di esercizio.

Un'adeguata conoscenza dell'opera risulta infine indispensabile per la progettazione di interventi di manutenzione straordinaria e miglioramento/adeguamento sismico.

### D.2.1 Geometria

Sono previste prove georadar e carotaggi ispettivi mirati a rilevare puntualmente lo spessore delle parti in calcestruzzo contro terra (muri e spalle).

Inoltre, nell'ambito della raccolta dei dati sulle fondazioni, è prevista l'esecuzione di scavi mediante i quali sarà possibile rilevare la geometria delle platee/plinti e la presenza di eventuali (probabili) pali.

Sui pali è prevista l'esecuzione di una prova ecometrica al fine di determinarne con buona approssimazione la lunghezza.

Le informazioni raccolte serviranno a confermare quanto riportato sugli elaborati di progetto/contabilità, il cui reperimento costituisce una necessità imprescindibile.

### D.2.2 Dettagli strutturali

In assenza di elaborati di progetto si prevede l'esecuzione di *Esaustive Verifiche in-situ* per conoscere i dettagli strutturali dei vari elementi che compongono le strutture (passo armature, diametri delle barre, copriferri ecc ...).

Sulla tavola del piano indagini è riportata puntualmente la tipologia dei saggi da effettuare D (diretto con rimozione copriferro) o M (magnetotermico/pacometrico).

Indipendentemente dalla metodologia, tutti i saggi devono restituire le seguenti informazioni:

- Spessore del copriferro;
- Passo delle barre di armatura;
- Diametro delle barre di armatura.

Le prove georadar (GR) oltre che al rilievo degli spessori di calcestruzzo sono finalizzate al rilievo della disposizione delle armature del paramento contro terra. Una volta individuata la posizione delle armature, la prova va completata con una perforazione di piccole dimensioni mirata a rilevare mediante endoscopio il diametro delle barre.

### D.2.3 Prove sui materiali

Poiché non si hanno a disposizione i certificati di prova originali o le specifiche originali di progetto, ne consegue che è necessario effettuare *Esauitive Prove in-situ* per conoscere i materiali dei vari elementi che compongono le strutture.

Ai fini del perfezionamento del livello di conoscenza vanno effettuati i seguenti prelievi di materiali e prove in situ:

- Valutazione della resistenza dell'armatura lenta (staffe e armature longitudinali) mediante prove di durezza superficiale (PD) di tipo Leeb o Brinell. La corretta ubicazione e l'elemento da indagare sono riportati nel piano di indagine con le lettere (P=precompressione, L=longitudinale, S=staffa);
- Prelievo di campioni di calcestruzzo da sottoporre a prova distruttiva in laboratorio. Prima dello schiacciamento del provino è necessario, ove prescritto, eseguire prova colorimetrica per conoscere lo spessore di calcestruzzo interessato dalla carbonatazione;
- Prelievo di campioni di armatura (almeno 40cm) da sottoporre a prova di trazione in laboratorio onde verificarne le caratteristiche meccaniche;

L'effettiva geometria delle spalle (spessore del muro frontale) sarà investigata, oltre che con georadar, mediante carotaggi ispettivi effettuati perpendicolarmente al muro frontale (trapassandolo). Mediante i carotaggi ispettivi verranno prelevati campioni di calcestruzzo da sottoporre a prova distruttiva in laboratorio

I carotaggi devono essere effettuati dopo una prova pacometrica mirata ad individuare la posizione delle armature affinché non vengano danneggiate.

In seguito al prelievo dei campioni di materiale le condizioni dell'opera vanno ripristinate mediante:

- Riempimento dei fori dei carotaggi con betoncino strutturale (Almeno Rck40) a ritiro compensato;
- Ripristino delle barre in acciaio rimosse con barre in acciaio B450C di equivalente diametro saldate alla restante armatura e successiva ricostruzione del copriferro mediante malta tixotropica a ritiro compensato.

### D.3 SINTESI DELLE INDAGINI DA EFFETTUARE

Nella tabella sottostante si riportano in sintesi le indagini da effettuare per le opere in esame:

LEGENDA			
Tipologia prova	Descrizione sintetica	Simbologia	Num. Tot.
Verifica/Rilievo dettagli di armatura mediante prove dirette e/o indirette	Saggi dettagli armatura: (D) con rimozione e ripristino copriferro, (M) magnetometrica/pacometrica	● SA n°	8
	Saggi armatura lenta a taglio e flessione travi in c.a.p. (D) con rimozione e ripristino copriferro, (M) magnetometrica/pacometrica	■ SA t n°	-
	Ispezione visiva puntuale dello stato di conservazione cavi di precompressione; se ubicato in corrispondenza dell'estremità della trave corrisponde al controllo delle testate (presenza malta protettiva, ossidazione, ecc.)	▲ SC n°	-
Prove distruttive su materiali prelevati in situ	Prove di trazione su barre di armatura • Per travi o pile: PA (L) = Armatura long.; PA (S) = Staffa • Per Setti/Muri: PA (H) = Arm. Orizzontale; PA (V) = Arm. Verticale • Per Solette: PA (L) = Arm. Longitudinale; PA (T) = Arm. Trasversale	● PA n°	3
	Prove di schiacciamento su carote di calcestruzzo Con l'indicazione (+C) sulla carota va effettuata prova di carbonatazione Con l'indicazione (+Cl) sulla carota va determinato il contenuto di cloruri	■ PS n°	7
	Carotaggi ispettivi Da ciascun carotaggio effettuato si rileva lo spessore dell'elemento strutturale e si ricava un campione di ds da sottoporre a prova distruttiva in laboratorio;	■ Cl n°	1
	Prove di trazione su fili acciaio armonico (oltre alla resistenza si evidenziano eventuali problemi di fragilimento da idrogeno) - Include prova pacometrica per individuazione cavo e controllo visivo stato di conservazione del cavo	▲ PF n°	-
	Prove di trazione su campioni di acciaio prelevato da elementi strutturali in carpenteria metallica: • Irrigidimenti longitudinali impalcato: PSw (R); • Irrigidimenti longitudinali anima o lamiera di fondo cassone: PSw (S).	● PSw n°	-
	Prove non distruttive	Ispezione endoscopica di elementi strutturali chiusi (cassoni, pile cellulari ecc.), cavi, dispositivi d'appoggio, ecc.	■ IC n°
Prova Georadar per rilievo dello spessore di calcestruzzo e degli strati interni di armatura		■ GR n°	4
Prove SonReb (Sclerometrica+Ultrasuoni) su calcestruzzo		● PSR n°	-
Prove di durezza superficiale su acciaio e barre: • Per travi o pile: PD (L) = Armatura long.; PD (S) = Staffa • Per Setti/Muri: PA (H) = Arm. Orizzontale; PA (V) = Arm. Verticale • Per Solette: PA (L) = Arm. Longitudinale; PA (T) = Arm. Trasversale • Per cavitrifoli da precompressione: PD (P) - include controllo visivo cavo		▲ PD n°	3
Valutazione dello stato di corrosione delle armature lente mediante misura e mappatura del potenziale (estensione singola prova: 1mq)		▲ PE n°	-
Prove colorimetriche di carbonatazione in situ (in aggiunta a quelle da effettuare sulle carote)		▲ PT n°	-
Prove ecometriche su pali di fondazione		■ PE n°	1

## **E METODOLOGIE DI INDAGINE: SPECIFICHE TECNICHE**

### **E.1 PROVE DI COMPRESSIONE SU CAROTE DI CALCESTRUZZO**

#### Principi

Le indagini, siano esse distruttive o non distruttive, necessitano di particolare cura affinché si pervenga ad una conoscenza delle caratteristiche reali dei materiali. Ciò vale in special modo per le prove distruttive effettuate su campioni di calcestruzzo ("carote") estratti dalla struttura mediante fresa con punta "a bicchiere" (carotatrice). In particolare, sia la fase di estrazione del campione, sia quella di manipolazione e preparazione per la prova devono minimizzare il disturbo ad esso arrecato, onde evitarne un eccessivo danneggiamento che renderebbe la carota non rappresentativa del calcestruzzo da cui è stata prelevata. In passato nella prova di compressione dei campioni cilindrici, affinché il valore misurato non fosse influenzato dall'effetto di confinamento delle piastre di carico della pressa, era necessario realizzare provini con un rapporto tra altezza e diametro della base pari a due. I valori di resistenza a compressione così ottenuti ( $f_c$ ) venivano poi ricondotti ai valori di resistenza dei campioni cubici ( $R_c$ ) dividendo per un coefficiente pari a 0,83. Studi recenti hanno mostrato che sottoponendo a prova campioni cilindrici con rapporto unitario tra altezza e diametro si ottiene direttamente la resistenza cubica ( $R_c$ ). Sottoponendo a prova due campioni per ciascun prelievo si avrà un valore medio per ogni punto indagato che consente di ridurre le incertezze inerenti la fase di prova e di preparazione dei campioni. Quindi, la lunghezza della carota dovrà, se possibile, essere sufficiente alla realizzazione dei due provini con rapporto altezza/diametro unitario.

#### Esecuzione

L'esecuzione dei carotaggi è regolata dalla norma UNI 12504-1 [UNI 2009]. La prova di compressione, invece, è regolata dalla norma UNI EN 12390 nelle parti da 1 a 4. Individuato il reticolo delle armature mediante il pacometro, il prelievo dovrà avvenire nei campi, privi di armatura. Nel caso in cui le prove distruttive sono integrate con prove non distruttive tipo SONREB, queste ultime in numero superiore al fine di ottenere un quadro più ampio dello stato del calcestruzzo della struttura, sarà opportuno eseguire i carotaggi in corrispondenza dei punti in cui sono state eseguite alcune delle prove sclerometriche ed ultrasoniche, al fine di ricavare le corrette correlazioni con i risultati delle indagini non distruttive.

Le operazioni di prelievo devono scongiurare l'inclusione di armature metalliche nelle carote per evitare:

- la significativa riduzione della capacità resistente dell'elemento strutturale su cui si effettua il prelievo
- l'aggravio del disturbo al campione nelle fasi di prelievo determinato dall'incremento delle vibrazioni
- l'alterazione dei valori della prova di compressione per la presenza della barra d'armatura.

Quando la maglia delle armature è tale da non consentire il prelievo di carote prive di inclusioni è preferibile prelevare carote con diametro minore. In ogni caso, qualora una o più barre d'armatura vengano tranciate, è necessario procedere al ripristino.

Nel corso delle operazioni di prelievo delle carote è opportuno misurare anche la profondità di carbonatazione del calcestruzzo, così da valutare il potenziale grado di protezione alla corrosione delle barre di armatura. La misura della profondità di carbonatazione è regolata dalla norma UNI 9944. Essa avviene osservando il comportamento della fenoftaleina, che, in ambiente basico, ovvero in assenza di carbonatazione, si colora di rosso – violetto. Pertanto, spruzzando sulla superficie cilindrica del campione, immediatamente dopo l'estrazione, una soluzione di fenoftaleina all'1% in alcol etilico, è osservabile il calcestruzzo carbonatato come quella parte che non mostra una colorazione rosso-violetto. La profondità di carbonatazione andrà misurata con la precisione del millimetro.

#### Avvertenze/Raccomandazioni

È di fondamentale importanza verificare, nel corso dei prelievi, che la macchina carotatrice non abbia significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia bassa, onde evitare un eccessivo danneggiamento del campione. Pertanto, occorre adottare gli accorgimenti necessari ad evitare la vibrazione del sistema di carotaggio (carotatrice e relativo supporto) e inoltre la velocità di avanzamento per il prelievo di campioni dovrà essere ben minore di quella abitualmente adottata per la realizzazione di fori nel calcestruzzo, preferibilmente inferiore a 600 giri/min. Il diametro delle carote, come indicato dalle norme UNI, deve essere almeno pari a tre volte il diametro massimo dell'inerte presente nel calcestruzzo. Il diametro più comunemente utilizzato nei prelievi è di circa 100 mm e, di conseguenza, l'altezza

della carota prelevata deve essere di circa 280 mm, affinché possa ottenersi un campione lungo 200 mm o, meglio, due campioni con rapporto altezza/diametro unitario. Le norme, e la letteratura del settore, evidenziano come la resistenza in situ, determinata mediante la compressione di carote prelevate dalla struttura, sia in generale minore di quella ricavata dalla prova di compressione di campioni maturati in condizioni di laboratorio. Tale difformità è legata a differenti motivazioni che possono essere suddivise in due grandi categorie: l'una relativa alle condizioni di posa in opera e di maturazione, l'altra ai disturbi arrecati ai campioni mediante il prelievo.

Per quanto attiene il primo aspetto, così come indicato dalle NTC 2008, che si riporta integralmente, "Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale)". Per tali motivi, sempre le NTC2008 citano che "È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto."

Per quanto attiene il secondo aspetto, come facilmente comprensibile, le operazioni di prelievo comportano un degrado locale delle caratteristiche meccaniche e, quindi, del campione che si preleva. Tali perdite, generalmente, risultano trascurabili per l'elemento strutturale oggetto di indagine, date le limitate dimensioni del foro in esso realizzato, ma molto influenti sulla resistenza del campione prelevato. L'entità sarà commisurata alle cure che si adottano nelle operazioni di prelievo, ma anche alle caratteristiche meccaniche del materiale di partenza ed al diametro della carota. Il disturbo arrecato dall'operazione di taglio (usura) provocata dalla corona diamantata si propaga radialmente nel materiale circostante individuando un volume avente in sezione la forma di una corona circolare con diametro medio pari a quello del carotiere, ed una lunghezza di poco maggiore a quella del campione prelevato. È evidente che lo spessore di corona circolare degradato crescerà al diminuire della resistenza propria del materiale. Tale aspetto, se generalmente poco significativo per l'elemento indagato, risulta invece determinante per il campione prelevato, soprattutto quando lo spessore degradato risulta percentualmente significativo rispetto al diametro della carota. Le linee guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", al punto 11.3, danno rilievo a tale aspetto sottolineando che "l'estrazione e la lavorazione delle superfici di calcestruzzi aventi resistenza  $\leq 20$  MPa, è molto critica" e quindi "il metodo non risulta idoneo ad indagare tali calcestruzzi."



Stante la necessità di valutare la resistenza in situ dei calcestruzzi, indipendentemente dal valore della capacità resistente, è necessario utilizzare formulazioni che ne consentano comunque una stima. La letteratura tecnico-scientifica e diverse normative danno una serie di indicazioni per i fattori sopra elencati.

## **E.2 PROVE DI TRAZIONE SU BARRE DI ARMATURA D'ACCIAIO**

### Principi

Si tratta della classica prova di trazione su barre d'armatura, così come regolata dalle NTC08 e dalla norma UNI EN 10002/1.

Contrariamente al calcestruzzo, l'acciaio, essendo un prodotto industrializzato, possiede un'elevata stabilità di comportamento e le sue caratteristiche, all'epoca della realizzazione della struttura, sono accertate già presso lo stabilimento di produzione. Pertanto, soprattutto per le strutture recenti, quando ne è nota la provenienza e si dispone delle certificazioni, potrebbe risultare superfluo eseguire prelievi di barre d'armatura. In ogni caso appare opportuno limitarne il numero, data la notevole invasività dell'operazione e, per quanto detto, l'usuale buona costanza di caratteristiche dell'acciaio.

### Esecuzione

Lo spezzone di barra da prelevare deve avere una lunghezza pari a circa 450 mm, per poter essere sottoposto alla prova di rottura per trazione in conformità alla norma UNI EN 10002/1.

### Avvertenze/Raccomandazioni

È importante che il prelievo venga effettuato su elementi poco sollecitati e ovviamente laddove si abbia certezza che il tipo di acciaio sia lo stesso in tutta la struttura. È inoltre preferibile che la barra, se prelevata da una pila, non sia una barra d'angolo, essendo la sua funzione strutturale sicuramente più importante di quella delle eventuali barre intermedie. Particolare cura dovrà essere posta nel ripristino della capacità resistente originaria dell'elemento strutturale, verificando la saldabilità delle barre in opera, adottando l'opportuno tipo di elettrodo ed effettuando la saldatura tra il nuovo spezzone e la barra esistente con cordoni d'angolo di adeguata lunghezza, in ogni caso non mediante saldatura di testa.

### **E.3 PROVE SCLEROMETRICHE**

#### Principi

Sono finalizzate alla determinazione della resistenza del calcestruzzo tramite misura della durezza superficiale, mediante valutazione del rimbalzo di una sfera metallica contenuta in apposito cilindro cavo. Sono le prove più comunemente utilizzate, sebbene i valori che restituiscono, se non abbinati alle prove ultrasoniche (metodo SonReb), risultano, spesso, essere poco significativi. Come indicato dalle norme UNI, l'indice di rimbalzo deve essere valutato come la media sul numero di battute eseguite nella stessa area di misura (è sbagliato ripeterle sullo stesso identico punto fisico) la cui superficie sia stata opportunamente preparata (non abbia asperità). Le aree su cui si eseguono le battute sclerometriche devono risultare interne alle zone di solo calcestruzzo circoscritte dal reticolo delle armature individuate mediante misure pacometriche. Si dovrà evitare di eseguire misurazioni in corrispondenza di calcestruzzo distaccato o palesemente deteriorato. La valutazione della resistenza di porzioni di calcestruzzo deteriorato è ottenibile, quando possibile, solo mediante prelievo e successiva prova di compressione dei campioni.

#### Esecuzione

L'utilizzo dello sclerometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504 -2 [UNI 2001]. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo indagate vanno eseguite almeno n°9 misurazioni (o battute) non sovrapposte (generalmente se ne eseguono 10) e distanti non meno di 25 mm tra loro o dal bordo di eventuali difetti superficiali presenti e da ferri d'armatura, preventivamente localizzati. Il risultato della prova è fornito in termini di indice di rimbalzo medio  $I_r$  ed è riportato per ogni punto di indagine. Se, per ciascun punto, oltre il 20% di tutte le misure si discosta dalla media per più di 6 unità, deve essere scartata l'intera serie di misure.

#### Avvertenze/Raccomandazioni

L'indice di rimbalzo dovrà essere valutato eseguendo la misura con lo sclerometro in posizione orizzontale. Qualora ciò non sia possibile, al fine di determinare l'equivalente indice di rimbalzo misurato in orizzontale, si deve far ricorso alle curve di ragguglio indicate dalla casa costruttrice dello strumento. Va peraltro sottolineato come tale operazione riduca ulteriormente l'attendibilità dei risultati dell'indagine.

Si evidenzia, inoltre, che in presenza di calcestruzzi molto carbonatati la durezza superficiale può risultare più alta di quella comunemente misurata e, pertanto, è opportuno ridurre il valore di riferimento medio dell'indice di rimbalzo  $I_r$ , tramite un opportuno coefficiente. Un' indicazione dei valori entro cui è compreso il coefficiente può essere: 0.95 (per profondità di carbonatazione comprese tra i 50 e 60mm) - 0.90 (per profondità maggiori o uguali ai 60 mm), salvo casi particolari in cui l'indice di rimbalzo perde addirittura di significatività.

Si ricorda, infine, che la funzionalità dello sclerometro va periodicamente verificata e calibrata (quando lo strumento non consente la calibrazione e risulta starato va sostituito) eseguendo le misure su un'apposita massa detta incudine di taratura o massa di riscontro.

Preliminarmente a qualsiasi lettura, è opportuno azionare almeno tre volte lo strumento per accertarne il corretto funzionamento.

## E.4 PROVE ULTRASONICHE

### Principi

Le prove ultrasoniche basano la loro capacità di stima della resistenza del calcestruzzo sulla velocità di propagazione delle onde ultrasoniche nel calcestruzzo stesso, essendo tale velocità strettamente correlata con il modulo elastico del calcestruzzo, a sua volta correlato con la resistenza a compressione. La prova ultrasonica ha, perciò, come scopo principale la determinazione del tempo di propagazione di un impulso di vibrazione meccanica nel calcestruzzo fra una o più coppie di punti di rilievo. Misurando il tempo di attraversamento dell'impulso e lo spessore del mezzo posto tra le due sonde dell'apparecchio si calcola la velocità virtuale o apparente di propagazione degli impulsi e da essa, preliminarmente, si ricavano informazioni sull'omogeneità del calcestruzzo. In genere le misure ultrasoniche possono essere svolte per trasparenza, per semitrasparenza e per superficie, come mostrato in Figura 1.

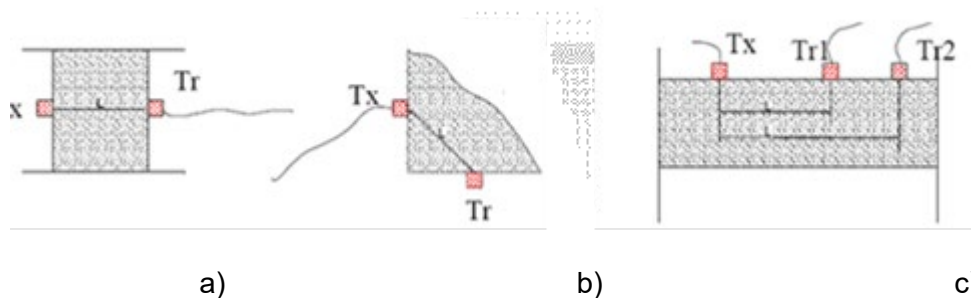


Figura 1. Letture ultrasoniche: a) per trasparenza T; b) per semi-trasparenza ST; c) per superficie S.

### Esecuzione

L'utilizzo degli ultrasuoni, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalla norma UNI EN 12504-4 [UNI 2005]. La frequenza del segnale trasmesso dai trasduttori dovrà essere compresa tra i 10 kHz ed i 200 kHz. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo indagate la lettura va eseguita in aree interne alle zone di solo calcestruzzo, prive dell'eventuale intonaco soprastante, circoscritte dal reticolo delle armature individuate mediante le misure pacometriche. Analogamente a quanto detto per le prove sclerometriche, si dovrà evitare di eseguire misurazioni in corrispondenza di calcestruzzo distaccato o palesemente deteriorato. E' preferibile utilizzare frequenze comprese tra i 60kHz ed i 200kHz per piccoli percorsi del segnale (distanze inferiori ai 50 mm) e frequenze più basse comprese tra i 10kHz ed i 40 kHz per dimensioni particolarmente grandi con un massimo di 15 m. Frequenze comprese tra i 40 kHz ed i 60 kHz sono quelle utilizzate per le più comuni applicazioni.

### Avvertenze/Raccomandazioni

L'attendibilità di questo metodo è fortemente influenzata dall'attendibilità della velocità delle onde ultrasoniche misurate che risentono fortemente delle modalità di esecuzione, oltre che della corretta calibrazione dello strumento. Prima di iniziare la campagna di misure si dovrà, innanzitutto, verificare il corretto funzionamento dello strumento mediante gli appositi cilindri calibrati. Nell'eseguire le misure per trasparenza, il disallineamento non "voluto", e quindi non considerato nella valutazione della distanza tra il trasmettitore ed il ricevente, modifica significativamente la reale lunghezza del percorso dell'onda, e di conseguenza la velocità, così come la stessa è fortemente influenzata dalla corretta disposizione sui sensori del materiale idoneo a ricreare la corretta "continuità" con il calcestruzzo. In particolare, la misura può essere falsata dalla presenza di:

- lesioni e/o microfessurazione nel calcestruzzo
- presenza di armature in acciaio
- livello di imbibizione del calcestruzzo.

Nel primo caso si ha un aumento della lunghezza del percorso e, quindi, una riduzione della velocità apparente. Questa situazione può manifestarsi più frequentemente là dove si eseguano letture per propagazione superficiale e per semitrasparenza, e/o in calcestruzzi la cui stagionatura ha indotto una diffusa microfessurazione da ritiro. Per quanto detto, quindi, molto spesso si adottano coefficienti maggiorativi della velocità per equiparare le letture superficiali e per semitrasparenza, generalmente più sensibili ai disturbi detti, a quelle per trasparenza. In letteratura i fattori correttivi assumono valori circa pari a 1.05 nel caso di semitrasparenza e compresi tra il 1,05 e 1,575 per le letture superficiali compiute, rispettivamente, su superfici prive di difetti superficiali o molto deteriorate. Per evitare l'uso di correlazioni empiriche, quindi, è sempre preferibile, ovviamente quando possibile, eseguire misure per trasparenza.

La presenza di armature lungo il percorso del suono, così come un elevato livello di imbibizione, possono determinare incrementi della velocità apparente. La velocità di trasmissione nell'acciaio è mediamente maggiore del 40% rispetto a quella del calcestruzzo; pertanto, specie se le armature sono disposte nella stessa direzione della trasmissione del segnale, si possono registrare velocità maggiori di quelle effettive.

Altro fattore che può falsare di circa il 5% la velocità di propagazione del segnale è il contenuto di umidità presente nell'elemento che sarà crescente, all'aumentare del contenuto d'acqua presente.

## **E.5 METODO COMBINATO SONREB**

### Principi

Il metodo (SONREB) si basa sulla combinazione dei risultati ottenuti, nelle stesse zone di prova, con prove sclerometriche ed ultrasoniche, correlando l'indice di rimbalzo (REBound) con la velocità delle onde ultrasoniche (SONic), con la resistenza a compressione del calcestruzzo, attraverso una opportuna calibrazione della relazione che lega queste tre grandezze, effettuata mediante regressione statistica dei valori sperimentali. La validità del metodo SONREB deriva dalla compensazione delle imprecisioni dei due metodi non distruttivi utilizzati. Infatti, si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce. La correlazione tra la resistenza e l'indice di rimbalzo e la velocità ultrasonica si esprime, generalmente, mediante la seguente formula:

$$R_c = a * I_r^b * V^c$$

- $R_c$  è la resistenza stimata associata al punto indagato
- $a$ ,  $b$ ,  $c$  sono i coefficienti che consentono correlare al meglio i dati sperimentali diretti
- $V$  è la velocità ultrasonica
- $I_r$  è l'indice di rimbalzo

### Esecuzione

Eseguendo delle prove di compressione su campioni prelevati negli stessi punti in cui sono state eseguite le prove non distruttive, si determinano i valori da assegnare ai tre coefficienti, così da poter utilizzare la formula sopra detta in tutti gli altri punti in cui non si eseguono indagini distruttive. Questa operazione è stata svolta da diversi autori che hanno determinato i coefficienti che meglio approssimano i risultati delle prove SONREB con quelli delle prove di compressione. Tali valori, però, dipendono fortemente dalle caratteristiche, principalmente di composizione, dei calcestruzzi indagati nel corso delle singole ricerche ed infatti essi cambiano anche sensibilmente da autore ad autore. È pertanto opportuno, se non necessario, eseguire la calibrazione dei coefficienti  $a$ ,  $b$ ,  $c$  sulla base di prove a compressione eseguite su un certo numero di carote, ovviamente inferiore al numero di punti indagati (ad esempio pari a  $\frac{1}{4}$ ), mediante regressione statistica che minimizzi gli scarti (ad esempio tramite l'ausilio di fogli elettronici preprogrammati). Qualora il numero di risultati di prove di compressione su carote sia limitato, si può ricorrere a formulazioni proposte in letteratura, individuando quella che meglio si adatta ai risultati delle prove a rottura o ritardando il solo coefficiente  $a$ .

### Avvertenze/Raccomandazioni

È importante utilizzare la massima cautela nel definire quali siano gli eventuali valori, e quindi punti di indagine, da non considerare nelle correlazioni. Un' eccessiva differenza tra il valore medio e quello considerato spesso è indice di anomalie imputabili ad una cattiva esecuzione della prova, sia essa di tipo di distruttivo che non distruttivo.

## **E.6 VERIFICHE PACOMETRICHE**

### Principi

Consistono nella misura del campo magnetico determinato dalla presenza di armature di acciaio in vicinanza della superficie del calcestruzzo degli elementi strutturali. Tali prove consentono di "leggere", in proiezione sulla superficie di calcestruzzo, la posizione delle armature, così da consentire una stima della misura dell'interfero e del copriferro delle armature longitudinali, presenti nel piano parallelo al piano d'indagine, e del passo delle staffe.

### Esecuzione

L'utilizzo del pacometro, come strumento di prova non distruttivo, è regolato dalle norme BS 1881:204. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo è individuabile la posizione delle barre di armatura. Ripetendo l'operazione su più sezioni dell'elemento, e disegnando sulla superficie dello stesso, mediante una matita o altro, una retta che passi per i punti individuati, sarà possibile tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata.

### Avvertenze/Raccomandazioni

La prova pacometrica consente anche di individuare le zone dell'elemento prive di armatura nelle quali eseguire le indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del calcestruzzo, quali, ad esempio, il prelievo di carote, le prove sclerometriche e quelle ultrasoniche. Ne consegue che l'indagine pacometrica deve essere preliminare a qualsiasi altro tipo di indagine, distruttiva e non, condotta su elementi in cemento armato.

In funzione del tipo di strumento, noto il copriferro, è anche determinabile il diametro delle barre di armatura. Si sottolinea che gli abachi standardizzati a corredo di alcuni pacometri, indicanti il diametro delle armature in funzione del copriferro (trasversale al piano su cui si sta lavorando), devono esser utilizzati con molta cautela, a causa dell'elevata incertezza sulla conoscenza del reale spessore del copriferro presente in corrispondenza di ciascuna barra posta in opera. È auspicabile che tale operazione venga eseguita abbinando dei saggi sul calcestruzzo atti ad accertare il reale valore del copriferro. Si ricorda che tali indagini dovranno essere eseguite previa rimozione dell'intonaco, salvo quando l'indagine pacometrica abbia solo la finalità di individuare la posizione delle armature.

## F INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Nell'attuale fase di progettazione sarà necessario un approfondimento e un dettaglio delle analisi e delle indagini al fine di definire alcuni aspetti stratigrafici, geotecnici e le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera. In particolare sono previste le seguenti attività:

- Sondaggio a carotaggio continuo con installazione di tubazione per Down Hole
- Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche (SPT)
- Prelievo di campioni indisturbati/litoidi per l'esecuzione di prove di laboratorio
- Esecuzione di prova sismica tipo Down Hole all'interno del foro opportunamente attrezzato

	Quantità	Lunghezza (m)
Sondaggio a carotaggio continuo	1	35
Prove SPT	3	-
Prelievo campioni	3	-
Prove Down Hole	1	35

L'ubicazione del sondaggio **Sdh n°1** è riportata nella tavola **T01CV01STRPU01A**



