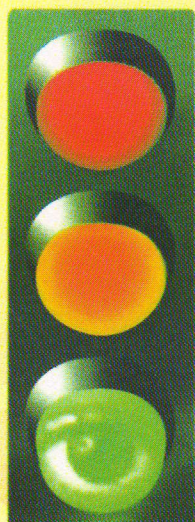


le Strade

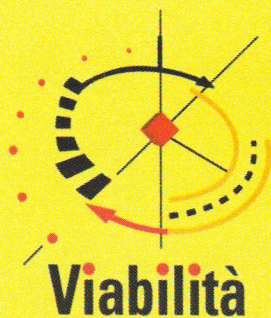
ANNO XXVIII - OTTORRE 1996



3M Opticom
L'occhio
del
semaforo

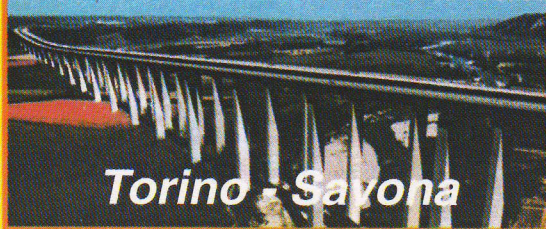


3M *Innovazione*



Mostra convegno
sulla viabilità e
sicurezza stradale
5-9/11 Torino

Il futuro dell'autostrada



Torino - Savona

**Viabilità
invernale**

SPOSTAMENTI SOTTO CONTROLLO

Ispezione e sorveglianza dei manufatti: operazioni indispensabili per una corretta manutenzione delle opere d'arte. Soprattutto di quelle più soggette a fenomeni di invecchiamento

Impiego del by-bridge in un intervento di diagnosi strutturale sulla s. s. 624 - "svincolo Gulfa"



Considerando che la rete stradale e autostradale italiana, realizzata per la gran parte negli ultimi 40 anni, comprende un gran numero di opere d'arte, dai ponticelli di luce modesta ai viadotti di diversi chilometri, il problema dell'ispezione, sorveglianza e manutenzione delle opere d'arte, così come prescritto nel D.M. 4 maggio 1990 e nella successiva circolare n. 34233 del 25 febbraio 1991, non può essere trascurato e costituisce argomento di pressante attualità.

La presente nota intende fornire gli elementi necessari per la corretta impostazione di un progetto di ispezione e sorveglianza, con particolare attenzione alla diagnostica strutturale, vengono infatti esaminate, sinteticamente, le finalità che si possono conseguire, i principi e i limiti dei metodi di indagine di più frequente impiego.

CONTROLLI SU STRUTTURE IN C.C.A. E C.C.A.P.

La diagnostica, applicata alle strutture in conglomerato cementizio armato, prende origine dalla necessità di determinare le condizioni residue di sicurezza di un manufatto in esercizio. E' ormai consolidato che le strutture in c.c.a. e c.c.a.p. sono soggette a invecchiamento, in conseguenza dell'impiego a cui sono destinate.

La concomitanza di tali fattori si presenta con maggiore frequenza nelle opere d'arte stradali per le quali si impone, in maniera sempre più urgente, di controllare che non siano insorti, nelle singole parti strutturali, fenomeni anomali che ne pregiudichino l'uso.

La diagnosi di un fenomeno di degrado, conseguente all'azione di agenti aggressivi ambientali, all'azione meccanica di eventi eccezionali (sisma, inondazioni, incidenti provocati dall'utente), si suddi-

vide sostanzialmente in due tipi di approcci metodologici, il primo prevede la determinazione *in-situ* delle proprietà meccaniche (parametri di resistenza e costanti elastiche) e la successiva esecuzione di un'analisi strutturale, con metodi numerici, della quale i parametri sperimentali, acquisiti *in-situ*, costituiscono il necessario *input*.

Il secondo consiste invece nella possibilità di eseguire la sperimentazione *in-situ* dell'intero organismo strutturale o di una sua parte, per via statica o dinamica. La risposta ottenuta contiene informazioni sul comportamento globale della struttura. Da queste, mediante un processo di identificazione basato sull'elaborazione di un modello numerico si possono ricavare le costanti elastiche del calcestruzzo.

Nel seguito vengono trattati argomenti relativi alla prima metodica, con particolare interesse per i seguenti campi di ap-

plicazione:

- strutture esistenti;
- analisi dei difetti.

Analisi delle variazioni delle proprietà meccaniche

Durante l'esecuzione delle opere è particolarmente utile l'acquisizione, mediante controlli non distruttivi, di dati relativi alle variazioni nel tempo delle proprietà meccaniche nei conglomerati cementizi; questa consente, al Direttore dei Lavori e all'Impresa Esecutrice, di controllare nel tempo la costanza di produzione dell'impianto di confezionamento.

Alla conclusione dei lavori, in fase di collaudo dell'opera, acquisire dati concernenti le caratteristiche meccaniche dei conglomerati cementizi permette di verificare i dati acquisiti durante i lavori e di valutare l'omogeneità dei getti.

L'impiego, negli impianti di prefabbricazione, dei controlli non distruttivi permette, in maniera agevole, di controllare nel tempo lo sviluppo della resistenza nel conglomerato cementizio e di verificare durante la produzione che l'applicazione di sollecitazioni, legata al processo di prefabbricazione (taglio trefoli, applicazione del tiro, rimozione casseformi, sollevamento e trasporto), non provochi danni al manufatto.

Stima della classe di resistenza

Valutare la classe di resistenza di un calcestruzzo, nel caso di strutture esistenti, può rendersi necessario nel caso di consolidamenti conseguenti a: ammaloramento, adeguamento sismico, installazione di macchinari di peso non previsto in progetto.

Nelle strutture di nuova costruzione il problema può insorgere in fase di collaudo, nell'eventualità di risultati, delle prove *standard*, non conformi o sui quali possono essere avanzati dubbi sulla reale rappresentatività dei campioni di prova.

Analisi dei difetti

Un settore nel quale i controlli non distruttivi *in-situ* risultano particolarmente utili è la determinazione dei difetti in strutture in conglomerato cementizio armato. La difettologia ricorrente nelle strutture in c.c.a. consiste in: fessurazione, microfessurazione, presenza di cavità, degrado.

La fessurazione p.e. è un fenomeno caratteristico delle strutture danneggiate da incendio; in questo caso, infatti, la fessurazione rappresenta il termometro

della "temperatura" raggiunta durante l'incendio. Da quanto si può ricavare dalla UNI 9502 si rileva che il modulo elastico e la resistenza a trazione vengono ridotti per temperature superiori ai 200 °C mentre la resistenza a compressione subisce notevoli riduzioni per temperature superiori a 400 °C.

Carotaggio e microcarotaggio

Il prelievo di calcestruzzo indurito costituisce sempre il miglior modo per conseguire una stima della resistenza del calcestruzzo posto in opera. Un limite è costituito soprattutto dal danneggiamento che si produce durante il prelievo, che fa classificare tale metodo come "localmente distruttivo", e dal costo, per tempo di esecuzione e usura dei materiali, superiore ad ogni altro metodo di prove non distruttivo.

È fondamentale nella fase di prelievo il rispetto delle specifiche fissate dalla UNI 6131 per ridurre al minimo il danneggiamento, "tormento", dovuto al prelievo. La prova di resistenza a compressione viene eseguita in conformità alla UNI 6132. Tali prove devono (legge n. 1086 del 5 novembre 1971, D.M. 9 gennaio 1996) essere eseguite presso i laboratori ufficiali o autorizzati, che garantiscono affidabilità, indipendenza e qualità.

L'interpretazione dei risultati di prova su campioni di calcestruzzo indurito, prelevato in opera, necessita di una breve premessa. Il D.M. 9 gennaio 1996 fissa i criteri di verifica della conformità di un conglomerato alla classe di resistenza fissata in progetto. Stabilisce le quantità minime, la frequenza, il metodo di calcolo. Le UNI 6131 e 6132 fissano rispettivamente la procedura per il prelievo, le condizioni di stagionatura, il metodo di prova. Il valore della "resistenza di prelievo" così fissato, "R_{ci}", costituisce il valore "potenziale" di un calcestruzzo confezionato in condizioni *standard*. In realtà la resistenza del calcestruzzo in opera, "attuale", differisce da questa, tale quantificazione



Prelievo di conglomerato cementizio mediante carotaggio (Uni 6131) sulla s.p. 103 nella provincia di Caltanissetta

non è purtroppo codificata dalla nostra legislazione tecnica, si può però fare riferimento alla bibliografia specialistica ed alle norme emanate dagli organismi normativi esteri (BS 6089).

La BS 1881 ed il Concrete Society Technical Report n. 11 forniscono le relazioni (1)_a e (1)_b, per la stima del valore della resistenza del calcestruzzo in opera "attuale" ottenuto da prove su carota:

$$R_{cc} = \frac{2,5}{\left(1,5 + \frac{D}{H}\right)} f_{cc} : \text{prelievo orizzontale}$$

$$R_{cc} = \frac{2,3}{\left(1,5 + \frac{D}{H}\right)} f_{cc} : \text{prelievo verticale}$$

tale valore può essere incrementato ulteriormente, per valori compresi fra 1.1 e 1.3, mediante l'impiego di idonei coefficienti che tengono conto delle condizioni di stagionatura, di compattazione, della qualità dell'inerte, del prelievo.

La rappresentatività e la numerosità dei risultati sperimentali, acquisiti anche con altri metodi, permette di interpretare i dati ipotizzando la distribuzione normale (Gaussiana) del campione individuandone il valore medio, la deviazione *standard*, il valore caratteristico.

Il microcarotaggio, attualmente in fase di studio dalla Unicemento, in considerazione del minor danneggiamento provocato sulle strutture, per le ridotte dimensioni dei campioni, permette di ricavare il profilo delle resistenze in opera più diffuso.



Intervento di diagnosi strutturale sulla s. s. 624 "svincolo di Gulfa". Esecuzione dei rilievi microsismici (Uni 9524)

Rilievi microsismici e sclerometrici

Il metodo a ultrasuoni è basato sul rilievo di onde microsismiche emesse da un trasmettitore ad alta frequenza (ultrasuoni) e ricevute da un'apposita sonda. Consente di determinare la velocità di trasmissione delle onde di pressione nel calcestruzzo.

La velocità è un parametro fisico utile per eseguire "l'analisi dei difetti" degli elementi strutturali e per comparare la qualità di getti omogenei. Il metodo è opportunamente descritto dalla Uni 9189.

La prova sclerometrica, basata sulla misura della durezza superficiale di un calcestruzzo è stata correlata da Schmidt alla resistenza a compressione dello stesso calcestruzzo. E' possibile, pertanto, avendo approntato un'opportuna curva di taratura procedere al controllo dei calcestruzzi. Tale metodica è applicabile soprattutto in stabilimento di prefabbricazione. Il metodo è descritto nella Uni 9189.

Un metodo che valorizza i due metodi sperimentali migliorandone l'interpretazione è quello "combinato" ultrasuoni-sclerometro, che consente di calcolare la resistenza convenzionale di un calcestruzzo mediante la relazione (2):

$$R_{cs} = a \cdot I_{br} \cdot v_c \quad (2)$$

dove il campo di variazione dei coefficienti a , b e c è variabile secondo i diversi autori (G. Pascale - V. Laquaniti - R. Giachetti - V. Alunno Rossetti - V. Venturi).

Esecuzione di prove di estrazione mediante tasselli post-inseriti (Uni 10157) sulla s.p. 38, in provincia di Caltanissetta

Prova di estrazione o pull-out test

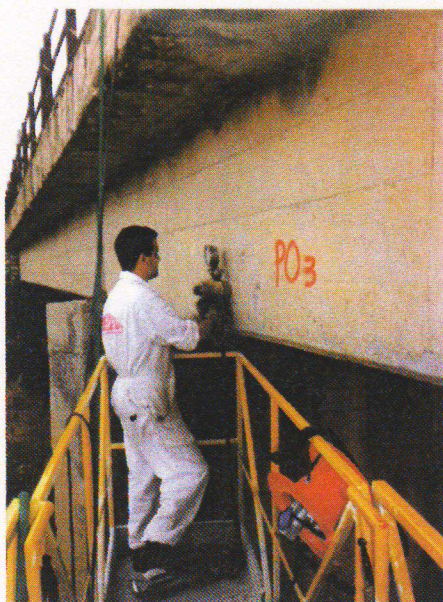
La prova di estrazione, per brevità indicata spesso come *pull-out test*, è una prova localmente distruttiva, classificata come semi-distruttiva. Può essere prevista con inserti preinglobati nel getto in fase di progetto per costruzioni di nuova realizzazione oppure con inserti post-inseriti per strutture degradate, non conformi o per le quali si voglia procedere a un aumento di capacità portante. Le prove correlano la forza di estrazione P alla resistenza del conglomerato R mediante la formula sperimentale (F. Meneghetti - T. Meneghetti).

$$R = 0.0427 P + 242.52$$

Tasselli pre-inglobati (3a)

$$R = 0.092 P + 94.1$$

Tasselli post-inseriti (3b)



dove "P" è espresso in kg e "R" in kg/cm².

La prova è normata dalla Uni 9536 per i tasselli preinglobati e dalla Uni 10157 per tasselli post-inseriti. Il numero minimo di tasselli è di tre per ogni punto di prova.

Prova penetrometrica o metodo Windsor

Consiste nell'infiggere nel calcestruzzo una sonda di dimensioni *standard*, "sparata" da una pistola mediante una carica calibrata. La correlazione fra la profondità di penetrazione e la resistenza è fornita dalla ASTM C 803.

Il numero di sonde che si impiegano per una determinazione è di tre, poste ai vertici di un triangolo, individuato mediante una dima di dimensioni *standard*.

Misura del potenziale di corrosione

Il principio del metodo è basato sulla determinazione del potenziale spontaneo di corrosione dei ferri di armatura del conglomerato cementizio armato e precompresso.

La prova si esegue misurando la tensione esistente in una pila, i cui elettrodi sono l'interfaccia armatura - calcestruzzo e l'elettrodo di riferimento appoggiato sulla superficie del calcestruzzo.

Si impiegano elettrodi di riferimento a rame/solfato di rame saturo ($Cu/CuSO_4$ saturo) o più di rado elettrodi a calomelano (ECS).

Le misure si possono eseguire, con uno o più elettrodi collegati ad un voltmetro ad alta impedenza ($>10 MW$) e di classe 3 (errore $<$ del 3% del F.S.), su barra singola o su una superficie di un elemento strutturale, avendo cura, in quest'ultimo caso, di accertare che le barre dell'armatura siano metallicamente connesse fra loro.

Le normative di riferimento per l'esecuzione di questa prova sono la Uni 9535 e la ASTM C 876.

Martinetti piatti

Non esiste alcun riferimento normativo per questa metodica che nasce per la determinazione in sito del modulo elastico e dello stato tensionale degli ammassi rocciosi in galleria, si sviluppa nell'ambito dei controlli sulle strutture in muratura e trova, più recentemente, impiego nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso ammalorate (G. Abdunur), per la determinazione dello stato tensionale residuo delle armature

di precompressione.

Quest'ultima applicazione consiste nel praticare un taglio nella struttura e ripristinare, mediante un martinetto di dimensioni ridotte, le condizioni iniziali precedenti al taglio. La misura della pressione corretta da opportuni coefficienti che tengono conto dell'area del taglio, delle dimensioni e della rigidità del martinetto, consente di risalire allo stato di precompressione.

Conclusioni

Una sintesi di quanto descritto nei paragrafi precedenti è rappresentata dalla tabella riportata più avanti, nella quale vengono riassunti i vari metodi di prova, le normative di riferimento, i parametri rilevabili, i possibili criteri di scelta secondo principi di efficienza ed economicità.

VINCENZO VENTURI

Amministratore e Direttore di
Laboratorio dei laboratori di ricerca
e sperimentazione **SIDERCEM** di
Caltanissetta e Catania

MARCO VENTURI

Amministratore e Responsabile della
Qualità dei laboratori di ricerca
e sperimentazione **SIDERCEM** di
Caltanissetta e Catania

BIBLIOGRAFIA

- (1) J.D. DEWAR, J.D. LLEWELIN, J. L. COLLINS, W.E. MURPHY, M. PLOWMAN, P.A. WARREN *Concrete core testing for strength*, Concrete Society Technical Report n. 11.
- (2) N. PETERSON, *Should standard cube test specimens be replaced by test specimens taken from structures*, RILEM 1/1985.
- (3) J. H. BUNGEY, *Determining concrete strengths by using small diameter cores*, University of Liverpool, Dept. of civil engineering.
- (4) J. H. BUNGEY, *The Testing of concrete in structures*, Surrey University press.
- (5) W. M. MALHOTRA, *Testing hardened concrete: non destructive methods*, The Iowa State University Press and American Concrete Institute.
- (6) A. DI LEO, G. PASCALE, *La stima della resistenza in-situ dei calcestruzzi con i metodi non distruttivi*, Università di Bologna.
- (7) P. BOCCA, J. FACAOARU, *Metodi di prova non distruttivi sulle strutture finite: prove sclerometriche*, Industria Italiana del Cemento 9/82.
- (8) F. MENEGHETTI, T. MENEGHETTI, *Pull-out*, La prefabbricazione, marzo 1986.
- (9) F. MENEGHETTI, T. MENEGHETTI, *Aspetti sperimentali ed applicativi sulla valutazione della qualità del calcestruzzo in-situ*, Università di Bologna.
- (10) F. CIANFRONE, J. FACAOARU, *Controlli non distruttivi mediante impulsi ultrasonici per una precoce rivelazione di uno stato di degradazione delle solette in calcestruzzo dei ponti sotto i manti bituminosi aderenti*, L'industria Italiana del Cemento 7-8/1978.
- (11) R. GIACCHETTI, V. LAQUANITI, *Controlli non distruttivi su impalcati da ponte*, Università di Bologna.
- (12) P. BOCCA, F. CIANFRONE, *Le prove non distruttive*

sulle costruzioni, una metodologia combinata, Università di Bologna.

(13) A. DI LEO, *La determinazione della proprietà elastica nei calcestruzzi con i metodi vibrazionali*, Università di Bologna.

(15) R. GIACCHETTI, G. MENDITTO, *Il controllo di strutture in c.a. sottoposte all'azione di incendio, con il metodo combinato dell'impulso ultrasonico e dello sclerometro di Schindt tipo N*, Congresso C.T.E. sull'industrializzazione edilizia - Ferrara, novembre 1980.

(16) V. ALUNNO ROSSETTI, V. VENTURI, *Umidità dell'ambiente di maturazione e resistenza a compressione del calcestruzzo - nota 1: Prescrizioni di norme ed effetti riscontrati*, in Industria Italiana del cemento, 2/91.

(17) V. ALUNNO ROSSETTI, *Umidità dell'ambiente di maturazione e resistenza a compressione del calcestruzzo - nota 2: Valutazione della resistenza in-situ*, in Industria Italiana del cemento, 9/92.

(18) G. PASCALE, A. DI LEO, *Prove non distruttive sulle costruzioni in cemento armato*, Convegno AIPnD, Bologna 1994.

(19) BRITISH STANDARD INSTITUTION, *Method for*



Mappatura del potenziale di corrosione (Uni 9535) sulla s. p. 38, in provincia di Caltanissetta

determination of the compressive strength of concrete cores, BS 1881 - part. 120

(20) BRITISH STANDARD INSTITUTION, *Assessment of concrete strength in existing structures*, BS 6089

(21) P. PEDEFERRI, *Corrosione e protezione dei materiali metallici*, Clup 1978

(22) C. ABDUNUR, *Mesure de contraintes sur ouvrages d'art par une méthode de libération miniaturisée*, Section d'intervention sur ouvrages d'art Laboratoire Central des Ponts et Chaussée Vincenzo.

COSTRUZIONI IN C.C.A. - C.C.A.P.								
INDAGINI NON DISTRUTTIVE				CAMPI DI APPLICAZIONE				
Metodo	Riferimento normativo	Principio	Parametro rilevato	Degrado	Classe del calcestruzzo	Analisi difetti	Collando	Modello di calcolo
MICROBIMICO	UNI 9524 ASTM C 597	Propagazione di onde elastiche di vibrazione ad alta frequenza	Velocità delle onde P e S Attenuazione	••	•• Δ	••	•• Δ	
SCLEROMETRICO	UNI 9189 ASTM C 803	Rimbalzo di una massa battente.	Indice sclerometrico		•• Δ		•• Δ	
ESTRAZIONE CON INERTI PRINGLOBATI	UNI 9536 ASTM C 900	Estrazione di inserti metallici pringlobati nel calcestruzzo fresco.	Forza di estrazione		•• Δ		•• Δ	
ESTRAZIONE CON INERTI PORT-INERTI	UNI 10137 ASTM C 900	Estrazione di inserti metallici inseriti nel calcestruzzo indurito, ad espansione geometrica o forata.	Forza di estrazione		•• Δ		•• Δ	
PENETRAZIONE	ASTM C 803	Penetrazione di sonde metalliche spinate con pistola a carica calibrata.	Indice di penetrazione		• Δ		• Δ	
CAROTAGGIO	UNI 6151 UNI 6152 BS 1881 BS 6089	Prelievo e compressione, su carote $\phi > 80$ mm	resistenza a compressione massa volumica	•	•		•	
MICROCAROTAGGIO	UNI in elaborazione	Prelievo e compressione su carote $\phi = 30$ mm	resistenza a compressione massa volumica	•	•		•	
MISURA DEL POTENZIALE	UNI 9535 ASTM C 876	Potenziale di corrosione	gradiente di potenziale	• Δ		• Δ		
MARTINETTI PIATTI		Ripristino delle condizioni precedenti il taglio.	stato tensionale			•		
PROVA DI CARICO STATICO	D.M. 09.01.96	Applicazione statica del carico	carico, freccia			•	•	•
PROVA DI CARICO DINAMICO	D.M. 09.01.96	Applicazione dinamica del carico	forzante, spostamento, velocità accelerazione			•	•	•

LEGENDA: • efficiente; * economico; Δ metodo combinato

SIDERCEM

s.r.l.

Laboratori di Ricerca e Sperimentazione

Autorizzazioni:

Min. LL.PP. 1086/71 - Min. della Sanità - ISPEL - R.I.NA

La qualità nel campo delle costruzioni è ormai un'esigenza inderogabile sia per l'Impresa che per i Progettisti, i Direttori dei Lavori e i Collaudatori.

La Sidercem opera da diversi anni proprio per soddisfare le esigenze di quanti, Amministrazioni Pubbliche, Enti, Imprese, Progettisti e di tutti coloro che hanno fatto della qualità del costruire una strategia globale, considerandola un investimento di sicuro ritorno che, senza sacrificare la redditività dell'impresa, consenta di garantire elevati livelli di sicurezza per il committente.

La Sidercem gestisce due laboratori qualificati nel campo della tecnologia, della scienza dei materiali, della sicurezza, dei collaudi nelle costruzioni, delle indagini geognostiche e geotecniche, del controllo qualità dei conglomerati bituminosi e delle pavimentazioni stradali con sistemi ad alto rendimento (SCRIM, FLD, APL, ARAN).

I settori tradizionali di intervento che la Sidercem ha sviluppato sono:

CONTROLLO QUALITÀ

- Conglomerati cementizi e fibrorinforzati
- Conglomerati bituminosi
- Cemento
- Bitumi
- Barre e trefoli per c.a. e c.a.p.
- Carpenteria e bulloneria metallica
- Resine e materie plastiche

GEOLOGIA E GEOTECNICA

- Rilevati, Costruzioni in terra, Fondazioni, Frane
- Ricerche georadar

COLLAUDI STATICI

- Prove di carico su ponti, viadotti e solai
- Prove di carico su pali micropali, tiranti

PAVIMENTAZIONI STRADALI

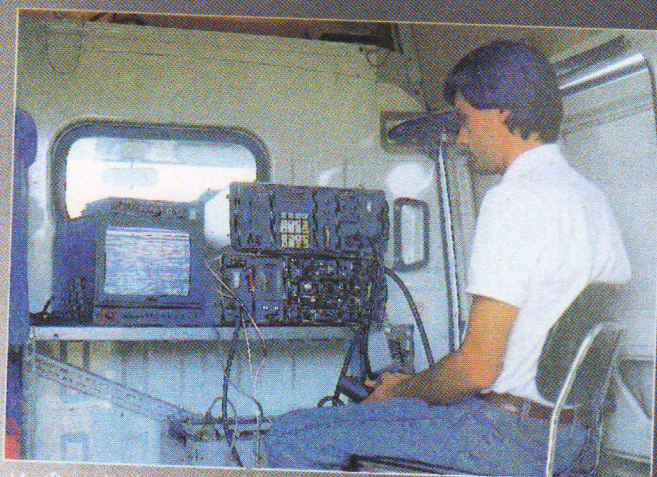
- Prove in Situ
- Sistemi ad alto rendimento (SCRIM, FLD, APL, ARAN)

PONTI E VIADOTTI

- Diagnosi
- Sorveglianza



Laboratorio di Caltanissetta



Verifica degli spessori delle pavimentazioni stradali: strumentazione georadar su furgone attrezzato IVECO 4x4

THAOS Comunicazione Integrata



Controlli in situ su pavimentazioni stradali: sistema ARAN



Controlli in situ su ponti: diagnosi e sorveglianza

Sede Legale e Laboratorio:

Via Zenia, 22 - Zona Industriale - 95045 MISTERBIANCO (CT) - Tel. 095/476942 - Fax 095/475003

Laboratorio:

C.da Calderaro - Zona Ind. - Casella Postale 287 - 93100 CAITANISSETTA - Tel. 0924/565010