

Determinazione sperimentale della velocità ultrasonica

Risultati altamente qualificati a conclusione delle prime esperienze effettuate presso il laboratorio della Provincia

a cura di S. Buonmestieri, G. Alessandro, G. Biondi, G. Scaglione

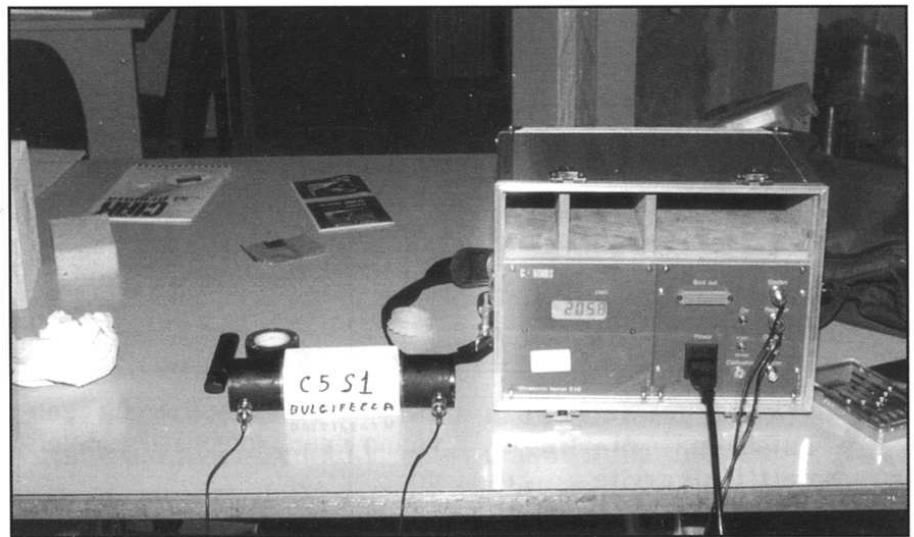
La Provincia Regionale di Ragusa ha già da qualche mese attivato nei locali di via G. Di Vittorio un attrezzato laboratorio geotecnico per prove su terre e rocce capace di far fronte ai numerosi interventi programmati da questa Amministrazione.

Il laboratorio si avvale di moderne attrezzature operanti nel campo geotecnico per la misurazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei campioni di terre e rocce. In questo contesto, si stanno verificando i campi di utilizzo di un nuovo strumento diagnostico quale lo "ultrasonic tester", di già confermato valore scientifico, capace di utilizzare la velocità ultrasonica come parametro diagnostico primario.

Strumento ad ultrasuoni

L'apparecchio ad ultrasuoni è un'attrezzatura progettata per misurare il tempo di propagazione di un'onda ultrasonica attraverso un materiale (roccia, calcestruzzo od altro), al fine di ricavare la velocità di trasmissione dell'impulso.

La conoscenza di questo dato si rivela estremamente importante in quanto ci permette di ricavarne, in modo non distruttivo, la velocità di propagazione delle



Ultrasonic tester

onde elastiche longitudinali all'interno dei campioni analizzati e molte notizie sulle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi.

Lo strumento genera impulsi ultrasonici inviati all'interno di un campione per mezzo di una sonda trasmittente tenuta premuta contro una sua superficie piana. Gli impulsi (le cui frequenze di trasmissione sono di 1 o 15 cicli al secondo) sono captati da una sonda ricevente mantenuta allo stesso modo a contatto di una superficie piana del campione, in posizione opposta e parallela alla precedente (vedi foto 1). Lo strumento visualizzerà il tempo impiegato dall'impulso per attraversare lo spazio intercorso fra le due

sonde; nota tale distanza sarà possibile risalire alla velocità di propagazione dell'impulso attraverso la relazione: $V (\Delta S/t) \cdot 10^6$ Dove V =velocità in metri/secondo; ΔS =distanza in metri; t =tempo in microsecondi.

Lo strumento è fornito di due sonde in grado di generare impulsi da 54 kHz. E' bene tuttavia tenere presente che la lunghezza d'onda dell'impulso, funzione della frequenza e della densità del materiale in esame, deve essere inferiore alla distanza tra le due sonde.

Un dato più preciso si ottiene in base alla formula: $\lambda = V/F$ Dove λ =lunghezza d'onda in mm; V =velocità dell'impulso sonoro in mm/sec.; F =frequenza espressa in Hz.

Sviluppando la formula risulta chiaramente che le sonde da 54 kHz, se sono impiegate sui calcestruzzi o rocce competenti (velocità medie circa $3-5 \cdot 10^6$ mm/sec), possono essere utilizzate per spessori da 100 fino a 1.500 mm. Per spessori inferiori occorreranno frequenze superiori e viceversa.

Oltre ai normali test da laboratorio lo strumento viene utilizzato per avere delle indicazioni sullo stato di fratturazione dei campioni. Talvolta, accoppiato con prospezioni sismiche, serve ad individuare l'indice di velocità (IV), definito dal quadrato di rapporto delle velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali determinate in situ (VS), tramite prospezione sismica, e in laboratorio (VL) tramite tester ultrasonico $IV=(VS/VL)^2$.

Tale indice da indicazioni sul grado di fratturazione di un ammasso roccioso in quanto è direttamente correlato all'indice RQD attraverso la relazione di Onera: $RQD(\%)=10IV$.

Indagini effettuate

Come già detto, la velocità ultrasonica dà informazioni circa le caratteristiche fisico-meccaniche del campione analizzando quali la densità la compattezza ecc.

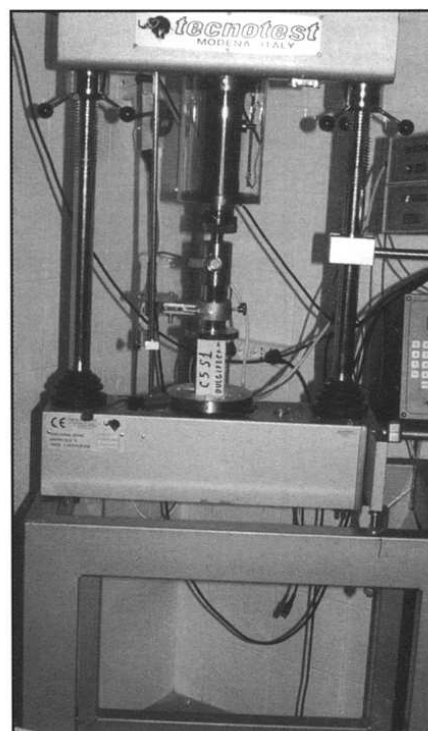
Le analisi effettuate su provini di calcare in occasione dei lavori di ammodernamento della S.P. San Giovanni al Prato Bugilfezza, qui di seguito in parte riportate, testimoniano una diretta proporzionalità tra la resistenza a compressione dei provini (vedi foto 2), la loro densità apparente (vedi massa volumica) e la velocità sonica degli stessi.

E' importante notare come sugli stessi provini fratturati si

sia osservato un improvviso aumento dei tempi di propagazione degli impulsi sonori che hanno causato una diminuzione della velocità ultrasonica di circa il 50%.

Campione Analizzati	Litologia	Massa Volumica (Kg/m ³)	Velocità sonica (m/sec)	Velocità sonica camp. Fratturato (m/sec)	Resistenza a compressione (N/mm ²)
C1	Calcare	2.424,9	4.439	3.019	60,21
C2	Calcare	2.342,11	3.924	2.616	48,58
C3	Calcare	1.510,08	2.323	1.528	10,42
C4	Calcare	1.700,06	2.417	1.590	12,11
C5	Calcare	1.760,93	2.594	1.717	15,98

Il fenomeno viene spiegato considerando che le fratture hanno causato degli spazi vuoti, gli impulsi sonici, viaggiando nell'aria ad una velocità (ottenuta sperimentalmente) di circa 344 m/sec, in presenza di tali vuoti rallentano e ciò causa la diminuzione di velocità nei provini. Altre prove sperimentali su particolari materiali, quali il legno, hanno dato le stesse evidenti indicazioni circa la diminuzione di velocità tra lo stato integro e quello fratturato con valori di oscillanti tra 1500 m/sec (stato integro) e 760 m/sec (stato frat-



Pressa a compressione

turato).

Chiaramente, tutte le misure effettuate sui campioni fratturati dipendono esclusivamente dallo stato fessurativo degli stessi: maggiore sarà il grado di fratturazione minore sarà il valore della velocità ultrasonica riscontrata.

Campi di utilizzazione

Oltre alle normali indagini da laboratorio, l'apparecchiatura, grazie alla sua grande capacità di individuare vuoti e fessure, è particolarmente indicata per effettuare analisi direttamente sui manufatti, riuscendo a localizzare la presenza di fratture interne alle strutture che per la loro genesi endogena sarebbero difficilmente individuabili all'osservazione diretta.

Inoltre, sfruttando le proprietà della propagazione degli ultrasuoni mediante opportune misurazioni a distanze variabili è possibile impostare un diagramma distanza-tempo capace di evidenziare strati di alterazione superficiale dei manufatti causati ad esempio dal gelo, dal fuoco ecc.

Il metodo sovraesposto si presta bene a valutazioni sulle condizioni strutturali di manufatti, altrimenti non direttamente osservabili, quindi capace di monitorare l'effettivo stato di conservazione dei beni architettonici. E' intenzione di questo Assessorato, in un immediato futuro, utilizzare tale metodologia per realizzare uno screening sull'effettivo stato di conservazione del patrimonio storico-architettonico.

Tutto ciò al fine di preservare i beni architettonico-monumentali da potenziali dissesti dato l'elevato rischio sismico a cui è sottoposto il nostro territorio.