

Organizzato da



Associazione
Italiana
Donne
Ingegneri ed
Architetti
Sezione di Bari



ORDINE DEGLI ARCHITETTI, PIANIFICATORI, PAESAGGISTI
E CONSERVATORI PROVINCIA DI BARI



ordine degli ingegneri
della provincia di Bari

In collaborazione con



LABORTEST
PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
E SULLE STRUTTURE

SEMINARIO

LA SICUREZZA DELLE STRUTTURE:

DAL PROGETTO AL CANTIERE - D.M. 14 GENNAIO 2008

26 giugno 2015 | Astoria Palace Hotel | via Castel del Monte, 172 | Corato

PROVE DI LABORATORIO

Macchine per compressione

Macchine universali

Macchine speciali

GUIDA AL CONTROLLO DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

Il D.M. 14/1/2008 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - e la Circolare Ministeriale applicativa nr. 617 del 2/02/2009 sono le basi di una "rivoluzione culturale" nel campo della progettazione e dei controlli.

Le Norme Tecniche fissano i parametri inderogabili del "buon costruire" e rimangono obblighi e responsabilità di tutti gli attori che intervengono in un cantiere, anche solo attraverso semplici forniture. Il collaudo statuto, infatti, comprende i seguenti adempimenti:

- tecnici: volti alla formazione del giudizio del Collaudatore sulla sicurezza e stabilità dell'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo del terreno, le strutture di fondazione e gli elementi strutturali in elevazione;
- amministrativi: volti ad accertare l'avvenuto rispetto delle prescrizioni tecniche necessarie ad assicurare la pubblica incolumità e delle procedure previste dalle normative vigenti in materia di strutture.

Per far fronte agli impegni richiesti dalla normativa a professionisti, imprese, centri di trasformazione e produttori, la nostra Associazione ha deciso di pubblicare questa breve "Guida" quale utile supporto alle attività che presiedono alla certificazione dei materiali utilizzati e alla agibilità di una struttura.

L'ALP è costituita da un gruppo di Laboratori di Prova che opera su concessione del Ministero delle Infrastrutture

- Servizio Tecnico Centrale - per essendo parte integrante di un ristretto numero di istituti scolastici. Proprio questa appartenenza ha permesso alle nuove generazioni di studenti di usufruire di esperienze e know-how difficilmente accessibili anche in ambiente universitario, nonché a professionisti, imprese, studi tecnici, enti pubblici, centri di trasformazione e produttori di accedere ad un "pubblico servizio" che non si limita alla semplice certificazione, ma che fa della formazione e della consulenza, anche pratica, il punto di partenza per dare il proprio contributo al mondo del lavoro.

Gli argomenti trattati fanno espressamente riferimento al Capitolo 11 delle Norme Tecniche; tale Guida comunque non vuole essere esaustiva, fermo restando la sua utilità nell'essere svelta e facilmente consultabile anche in cantiere, per cui consigliamo vivamente tutti i lettori di rivolgersi ai nostri tecnici di laboratorio, soprattutto per quanto riguarda la "lettura" di un certificato di prova e collegarsi ai siti web dedicati, sia degli istituti che dello stesso Ministero delle Infrastrutture, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici www.alp.it oppure www.infrastrutture.gov.it. In questi siti sono fra l'altro disponibili gli elenchi dei Centri di Trasformazione con attestato di attività, le schede degli acciai qualificati e i testi integrali delle Nuove Norme Tecniche DM 14/1/2008, nonché della CM 617/2009. Alla fine della Guida i lettori potranno trovare qualche esempio di modello da utilizzare per le pratiche inerenti le prove sui materiali da costruzione.

Ripartiamo innanzi tutto l'elenco delle prove previste dalla Circolare Ministeriale nr. 346 del 14/12/1999. Tutti i materiali e prodotti per uso strutturale devono essere identificati, qualificati ed accettati. Si possono avere diverse procedure e metodi di controllo della conformità:

il "Certificato di conformità (CE)", la "Dichiarazione di conformità (CE)", il "Certificato di idoneità tecnica all'impiego", l'Attestato di qualificazione, il "Controllo del processo di fabbrica".

Il Direttore dei lavori dovrà acquisire la documentazione di accompagnamento nonché la documentazione che attesti la qualificazione del prodotto, dovrà inoltre verificare l'idoneità di tale documentazione controllando, ad esempio, la titolarità di chi ha emesso le certificazioni o le attestazioni, la validità ed il campo di applicazione di queste ultime, la conformità delle caratteristiche dichiarate alle prescrizioni progettuali o capitolari. Obiettivo della presente Guida è quello di supportare l'attività dei professionisti del settore nella verifica e accettazione dei due materiali fondamentali: il calcestruzzo e l'acciaio, per i quali vengono descritte modalità di prelievo e controllo.

CALCESTRUZZO

Una delle prove più significative e nel contempo più delicate è costituita dalla compressione di provini di calcestruzzo di dimensioni specificate dalle norme. Il Direttore dei Lavori o persona di sua fiducia, delegata al prelievo dei campioni di calcestruzzo dovrà osservare scrupolosamente le regole sotto indicate, tenendo conto che per questa attività di cantiere occorre predisporre uno specifico "Verbale di prelievo" - un modello in tal senso viene proposto nella presente guida - . Il capitolo "Controlli di accettazione" è dedicato proprio ai compiti del Direttore dei Lavori in cantiere.

Effettuare i calcoli separatamente per ogni miscela omogenea di calcestruzzo (quindi separatamente per i calcestruzzi con Rck 25, con Rck 30, con Rck 35 ecc.)

PRELIEVO DEI PROVINI

I cubetti di calcestruzzo vanno prelevati sempre a coppie (una coppia di cubetti, prelevata dallo stesso getto, è un prelievo).

PREPARAZIONE DEI PROVINI: CONSIGLI E PRESCRIZIONI NORMATIVE

La UNI EN 12390 stabilisce i criteri e le modalità per la preparazione e la stagionatura dei provini di calcestruzzo prelevati in cantiere.

La preparazione dei provini consiste nel sistemare il calcestruzzo in apposite casseforme calibrate, con caratteristiche quindi che rientrano nelle tolleranze prescritte dalla UNI EN 12390-1:2002 assestandolo con opportuni mezzi di costipamento, in modo da ottenere la massima densità realizzabile per l'impasto dato e curando che i provini di uno stesso impasto risultino omogenei in se stessi e tra di loro. Le casseforme calibrate devono essere costruite con acciaio o ghisa che devono essere materiali di riferimento. Se le casseforme sono costruite con altri materiali devono essere disponibili risultati di prove prestazionali che dimostrino l'equivalenza a lungo termine con casseforme calibrate costruite di acciaio o di ghisa.

La forma e le dimensioni dei provini devono corrispondere

a quanto prescritto dalla UNI EN 12390-1:2002.

È opportuno, prima di iniziare le operazioni di confezionamento dei provini, che le superfici interne delle casseforme siano pulite e ricoperte, quando la natura del materiale con cui le stesse sono formate lo richieda, con un sottile strato di agente disarmante. I provini devono essere compattati almeno in due strati, ma nessuno strato deve avere spessore maggiore di 100 mm.

L'assestamento del calcestruzzo nelle casseforme deve essere eseguito preferibilmente mediante vibrazione; è opportuno l'impiego di una tavola vibrante; ricaricandolo durante l'operazione per compensare il calo.

I vibratori ad immersione di cantiere sono sproporzionati come potenza e come diametro del pestello rispetto alle dimensioni dei provini e pertanto possono essere eventualmente utilizzati esclusivamente come mezzo di vibrazione esterna.

Scopo fondamentale di un costipamento corretto è realizzare la massima densità possibile per l'impasto dato. Ottenuto il costipamento del calcestruzzo si provvede a rasare con un rigello metallico la superficie superiore ed a lisciarla con cazzuola o fratazzo.

Concludendo, si ribadisce che è opportuno confezionare i provini in casseforme metalliche o in resina, in grado di assicurare le tolleranze dimensionali prescritte; le casseforme a perdere in polistirolo si deformano facilmente in fase di getto e presentano una finitura superficiale che non assicura sempre il rispetto della planarità delle facce.

STAGIONATURA DEI PROVINI

Occorre lasciare i provini nelle casseforme per almeno 16 h, ma non oltre 3 giorni alla temperatura di $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ e $(25 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ nei climi caldi, proteggendoli da urti, vibrazioni e disidratazione. Una volta rimossi dalle casseforme, i provini devono essere conservati, fino al momento della prova, in acqua a temperatura di $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ oppure in ambiente a $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ ed umidità relativa $>95\%$.

TOLLERANZE DIMENSIONALI (UNI EN 12390/2002)

Le dimensioni nominali dei provini, con inerte massimo impiegato di 30 mm di diametro, sono: $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$, con tolleranza dell'1% ($\pm 1,5 \text{ mm}$) rispetto alla faccia rasata e dello 0,5% ($\pm 0,75 \text{ mm}$) rispetto alle facce cassetate.

Qualora il provino non rientri nelle suddette tolleranze, il laboratorio non indicherà le dimensioni nominali, ma le effettive misure dei lati espressi in millimetri.

Se però tali dimensioni sono maggiori o minori del 2% rispetto alle dimensioni nominali (147-153 mm), il provino è da rettificare o da scartare. Se superiori a 153 mm va rettificato, se inferiori a 147 mm va cappato (con cemento alluminoso, malta di zolfo o scatola di sabbia), con spessore

non superiore a 5 mm. Pertanto i provini con lati inferiori a 142 mm vanno scartati.

Le superfici di prova non devono avere errori di planarità superiori a 0,09 mm e gli spigoli errori di perpendicolarità superiori a 0,5 mm.

Riassumiamo in uno schema tutte le situazioni (vedi schema e tabella al piede pagina).

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE RIF. DM 14/01/2008 PUNTO 11.2.5 E CM 617

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli in corso d'opera, per verificare se la resistenza caratteristica verificata con le prove di laboratorio è conforme a quella prevista in fase progettuale.

Il prelievo va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori

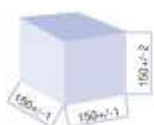
che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo. Il Laboratorio, nel certificato di prova, farà riferimento agli estremi di tale verbale, come riportati nella richiesta di prova. Se tali estremi non venissero dichiarati nella suddetta richiesta, nel certificato ne sarà evidenziata l'assenza.

I provini dovranno essere contrassegnati dal Direttore dei Lavori mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. in modo tale che si abbia certezza che quelli trasmessi al Laboratorio di prova siano effettivamente quelli prelevati in cantiere.

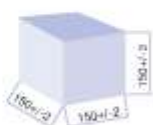
La domanda di prove va redatta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, le date dei prelievi e gli estremi dei relativi verbali di prelievo. Delle predette operazioni il Direttore dei Lavori può incaricare un tecnico di sua fiducia, ferma restando tuttavia la personale responsabilità ad esso attribuita dalla legge.

Verifica dimensionali sui cubetti di calcestruzzo

Dimensioni "A1"



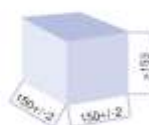
Dimensioni "A2"



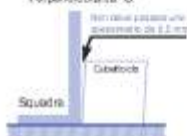
Dimensioni "A3"



Dimensioni "A4"



Perpendicolarità "B"



Planarità "C"



VERIFICA RISPETTO A				
Classific.	Dimensioni Fig. A1 A2 A3	Perpendicolarità fig. B	Planarità fig. C	Note
A	fig. A1	OK	OK	Il cubetto può essere sottoposto a prova direttamente
B	fig. A2	OK	OK	Le dimensioni devono essere verificate come da appendice B della UNI EN 12380-3:2003 (media di 6 misure per ogni faccia del cubetto)
C1	fig. A2	OK	non rispetta	Il cubetto deve essere rettificato sulle facce sottoposte a carico
C2	fig. A2	non rispetta	OK	Il cubetto deve essere rettificato sulle facce sottoposte a carico
C3	fig. A4	OK	OK	Il cubetto deve essere rettificato sulla faccia rasata per portare la dimensione in tolleranza
D	fig. A3	OK	OK	Realizzazione di una cappa per portare la dimensione in tolleranza
E	non rispetta	-----	-----	Il cubetto non può essere accettato e viene scartato

Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono far parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale. In tal caso il Laboratorio non rilascerà il "Certificato" bensì un semplice "Rapporto di prova".

Qualora il numero dei provini di calcestruzzo consegnati al Laboratorio sia inferiore a sei il Laboratorio effettua le prove, ma vi appone una nota con la quale segnala al Direttore dei Lavori che il numero dei campioni provati non è sufficiente per eseguire il controllo di tipo A previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

A seconda del quantitativo di calcestruzzo omogeneo impiegato si configurano due tipi di controlli di accettazione:

- controllo di tipo A** (riferito ad un quantitativo di miscela omogenea fino a 300 m³)
controllo di tipo B (riferito ad un quantitativo di miscela superiore a 1500 m³)

CONTROLLO DI TIPO A

- **Edifici con miscela omogenea compresa tra 100 e 300 m³:** 3 prelievi (6 cubetti di calcestruzzo), ogni 100 m³ (per 300 m³: 2 cubetti x 3 = 6 cubetti). Per ogni giorno di getto va comunque effettuato un prelievo; quindi il numero totale dei prelievi sarà almeno pari al numero di giorni in cui sono stati effettuati i getti.
- **Edifici con meno di 100 m³ di miscela omogenea:** bastano solo n. 3 prelievi (6 cubetti di calcestruzzo) e non è obbligatorio il prelievo giornaliero.
- **Per edifici con miscela omogenea compresa tra 300 e 1500 m³:** un controllo ogni 300 m³ massimo di miscela (ad esempio per 900 m³ di getto vanno effettuati 3 controlli, ovvero 3x6 = 18 cubetti). Anche in questo caso è obbligatorio il prelievo giornaliero.

CONTROLLO DI TIPO B (controllo di tipo statistico)

- **Edifici con più di 1500 m³ di miscela omogenea.** Un controllo obbligatorio di tipo statistico ogni 1500 m³ di getto, 15 prelievi (30 cubetti) sui 1500 m³, con almeno un prelievo (2 cubetti) per ogni giorno di getto.

Il controllo di accettazione è positivo quando risultano verificate, a seconda del quantitativo di calcestruzzo impiegato, le disuguaglianze della tabella. (Vedi tabella al piede pagina)

Riassumendo: la Circolare 617 ribadisce che ai fini di un efficace controllo di accettazione di Tipo A è necessario che il numero dei campioni da prelevare e provare sia NON INFERIORE A SEI (TRE PRELIEVI), ANCHE PER GETTI DI QUANTITÀ INFERIORE A 100 METRI CUBI DI MISCELA OMOGENEA.

LE PROVE DOVRANNO ESSERE SVOLTE INTORNO AL VENTOTTESIMO GIORNO O AL LIMITE CON QUALCHE SETTIMANA DI RITARDO.

La CM 617 - capitolo 11.2.5 - impone ai Laboratori di Prova che qualora il numero dei campioni di calcestruzzo consegnati sia inferiore a 6, sul certificato di prova venga apposta la seguente nota: "SI SEGNALE AL DIRETTORE DEI LAVORI CHE IL NUMERO DEI CAMPIONI PROVATI NON È SUFFICIENTE PER ESEGUIRE IL CONTROLLO DI TIPO A PREVISTO DALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI". Imprese e Direttori dei Lavori dovranno quindi porre la massima attenzione al numero dei campioni da prelevare e sottoporre a prova per evitare che il relativo certificato sia di fatto inefficace per il controllo di accettazione.

CALCESTRUZZO CONFEZIONATO CON PROCESSO INDUSTRIALIZZATO

Un impianto, che confeziona calcestruzzo con processo industrializzato, deve essere dotato di un sistema di controllo del processo produttivo che deve essere certificato da organismi che operano con autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi di detta certificazione.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le forniture provenienti da impianti che non abbiano il certificato relativo al controllo del processo produttivo.

La certificazione deve contenere i necessari riferimenti agli aspetti inerenti il processo produttivo, con particolare attenzione a quelli tecnici che concorrono alla qualità del prodotto.

Controllo di tipo A		Controllo di tipo B
	$R_k \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_k + 3,5$		$R_k \geq R_{ks} + 1,48s$
(N° prelievi > 3)		(N° prelievi > 15)
Dove: R_m = resistenza media dei prelievi (N/mm ²) R_k = il più piccolo valore di resistenza dei prelievi (N/mm ²) s = scarto quadratico medio		

Quando in cantiere non si fa uso di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si hanno due ipotesi:

1) la quantità di calcestruzzo da impiegare è minore di 1500 mc.

2) la quantità di calcestruzzo da impiegare è superiore di 1500 mc.

Nel primo caso la miscela omogenea verrà confezionata sotto la diretta responsabilità del Costruttore ed il Direttore dei Lavori, prima del suo impiego, dovrà provvedere allo studio della miscela per l'ottenimento della resistenza caratteristica di progetto, verificandola con prove di laboratorio.

Nel secondo caso l'Imprenditore, per quel cantiere, deve essere dotato di un certificato, come gli impianti di calcestruzzo, relativo al sistema di controllo del processo produttivo.

RICHIEDA DI PROVE SUI MATERIALI DA PRESENTARE AL LABORATORIO AUTORIZZATO

La richiesta di prova deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori che dovrà fornire precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, la data di prelievo e gli estremi relativi ai verbali di prelievo.

Sarebbe auspicabile, come suggerisce la Circolare 617 emanata dal Ministero delle Infrastrutture sulle Nuove Norme Tecniche, che la consegna dei provini avvenga intorno al 28° giorno di maturazione.

Qualora la consegna avvenga prima del 28 giorni, il Laboratorio provvede alla corretta maturazione dei campioni in

acqua a temperatura di (20±2)°C. È preferibile poi, continua la Circolare, che la prova di compressione venga eseguita non oltre qualche settimana il 28° giorno di maturazione anche se la Resistenza R_{ck} è convenzionalmente definita come la resistenza a 28 giorni di maturazione. È risaputo però che qualche settimana di ritardo non influenza in modo significativo i risultati dei controlli di accettazione. In allegato alla presente Guida si propone un modello di "Richiesta di prove sui materiali da costruzione".

CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA

Tale controllo viene effettuato mediante carotaggi e successiva prova di compressione. Si consiglia, ove possibile di prelevare carote con diametri tra 100 e 150 mm; per ottenere una stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote. Il rapporto fra altezza e diametro deve essere compreso tra 1 e 2. I campioni devono essere conservati e provati umidi, in modo da impedire l'essiccazione in aria.

Il valor medio della resistenza cilindrica in opera dovrà risultare non inferiore all'85% del valor medio cilindrico, definito in fase di progetto, secondo quanto ben specificato al cap. 11.2.6 della CM 617. Quando il numero dei campioni prelevati è pari ad almeno 15 si può stimare il "valore caratteristico". Per una chiara lettura dei certificati e per ogni chiarimento, consigliamo comunque di rivolgersi al personale del Laboratorio.

Nelle foto:
Prova di compressione su calcestruzzo



Prove di resistenza meccanica

Calcestruzzo: resistenza alla compressione

La prova per la determinazione della resistenza alla compressione dei provini di calcestruzzo indurito è quella più comunemente conosciuta nell'ambito del panorama delle verifiche delle caratteristiche meccaniche del cls contemplate nella L. 1086/71 e s.m.i. (D.M. 06/01/1996 - D.M. 14/09/2005 - D.M. 14/01/2008).



Pressa per prova di compressione - Prova di compressione su cubi e carote di cls - UNI EN 12390-3

La determinazione può essere eseguita su provini cubici (cubetti) o cilindrici (carote) e realizzata attraverso un'apposita macchina di prova comunemente detta <<pressa>>.

La macchina per prova di compressione dev'essere conforme alla **EN 12390-4**.

Sinteticamente la prova consiste nel registrare il carico massimo sopportato dal provino calcolandone poi la resistenza alla compressione del calcestruzzo.

Il risultato numerico della prova e cioè la resistenza alla compressione è espresso in MPa (N/mm²).

La prova viene realizzata secondo la norma **UNI EN 12390-3**.

LA RESISTENZA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO: PROVINI CUBICI E CILINDRICI

La determinazione della resistenza a compressione consiste nell'effettuare prove di schiacciamento su provini di calcestruzzo cubici o cilindrici. Il confezionamento dei provini ("cubetti" o "cilindri") viene effettuato impiegando casseri di acciaio, di plastica rigida o di polistirolo (questa tipologia di cassetto è quella più impiegata in cantiere per ovvi motivi legati alla leggerezza del materiale). La prova di schiacciamento consiste nel posizionare il provino tra i piattelli di acciaio di una pressa aumentando il carico applicato (Norma UNI-EN 12390-3) in modo che l'incremento della tensione di compressione risulti di 0,2 e 1,0 N/(mm² · s)¹⁰.



Provini in cili

In Italia le Norme Tecniche impongono di effettuare la determinazione della resistenza a compressione su provini cubici. A rigore, per la differenza esistente tra i moduli elastici e di Poisson dell'acciaio (di cui sono costituiti i piattelli della pressa) e il calcestruzzo, i valori della resistenza a compressione desunti su provini cubici beneficiano di un effetto di confinamento che aumenta la tensione di rottura del conglomerato rispetto a quella che il materiale evidenzerebbe in una prova di schiacciamento in regime uniaassiale. Al fine di ridurre l'influenza del confinamento sui valori di R_c , in molti Paesi, ad esempio negli Stati Uniti, ma anche in alcune Nazioni europee, vengono utilizzati provini cilindrici con rapporto altezza/diametro (h/d) pari a 2. Per questi provini, infatti, la maggiore snellezza determina un minor grado di confinamento rispetto ai provini cubici, pertanto, quelli cilindrici forniscono per un dato calcestruzzo valori della resistenza meccanica a compressione più bassi. In linea di massima, si ammette che la resistenza a compressione su cilindri (f_c) risulta all'incirca l'80% (l'83% in accordo alle Norme Tecniche sulle Costruzioni) di quella determinata impiegando provini cubici (R_c):

$$f_c = 0,80 R_c$$

Particolare attenzione deve essere posta nella scelta delle caratteristiche del calcestruzzo in funzione dell'esposizione del manufatto,

Le norme UNI 11104 e UNI EN 206 individuano le Classi di Esposizione del calcestruzzo ed in base a queste prevedono determinate caratteristiche che possano garantire la necessaria durabilità.

NOTA: Con il termine durabilità del calcestruzzo si intende la capacità di durare nel tempo, resistendo alle azioni aggressive dell'ambiente, agli attacchi chimici, all'abrasione

o ad ogni altro processo di degrado che coinvolga oltre alla pasta cementizia anche le eventuali armature metalliche.

La scelta del calcestruzzo dovrà essere quindi fatta non solo in funzione delle caratteristiche meccaniche ma anche in base alla collocazione della struttura.

La norma opera in questo senso suddividendo l'esposizione in 5 CLASSI

Definizione classi di esposizione del calcestruzzo (norme UNI 11104 e UNI EN 206)

CLASSE	Tipo di ambiente relativo alla struttura
X0	Nessun rischio di corrosione (interni di edifici con U.R. molto bassa)
XC	Corrosione delle armature promossa dalla carbonatazione
XD	Corrosione delle armature promossa dai cloruri esclusi quelli presenti in acqua di mare
XS	Corrosione delle armature promossa dai cloruri dell'acqua di mare
XF	Degrado del calcestruzzo per cicli di gelo-disgelo

Inoltre le prescrizioni della UNI 11104 e UNI EN 206 inerenti la durabilità vengono determinate in funzione del rapporto acqua/cemento e delle prestazioni del calcestruzzo.

Classe	Ambiente	massimo rapporto A/C	caratteristiche minime
XC1	asciutto o permanentemente bagnato	0,60	C 25/30
XC2	bagnato raramente asciutto	0,60	C 25/30
XC3	umidità moderata	0,55	C 28/35
XC4	ciclicamente asciutto e bagnato	0,50	C 32/40
XD1	umidità moderata	0,55	C 28/35
XD2	bagnato raramente asciutto	0,50	C 32/40
XD3	ciclicamente asciutto e bagnato	0,45	C 35/45
XS1	esposto alla salssedine marina ma non direttamente a contatto con l'acqua di mare	0,50	C 32/40
XS2	permanentemente sommerso	0,45	C 35/45
XS3	zone esposte agli spruzzi o alle maree	0,45	C 35/45
XF1	moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	0,50	C 32/40
XF2	moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante	0,50	C 25/30
XF3	elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	0,50	C 25/30
XF4	elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	0,45	C 28/35
XA1	ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	0,55	C 28/35
XA2	ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	0,50	C 32/40
XA3	ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	0,45	C 35/45

Nella scelta della composizione del calcestruzzo sarà quindi necessario individuare prima la classe di esposizione e, di conseguenza, le relative caratteristiche meccaniche minime da utilizzare nel calcolo strutturalmente.

ACCIAI DA CEMENTO ARMATO

Barre di acciaio ad aderenza migliorata
(DM 14/01/2008 p.to 11.3.2.10.4 e CM 617 2/2/2009 p.to 11.3)

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati:

- quelli laminati a caldo denominati B450C (ad alto grado di duttilità)
- quelli trafilati a freddo denominati B450A (a basso grado di duttilità)

Entrambi sono caratterizzati dai seguenti valori nominali delle tensioni di **snervamento** e **rottura**:

f_{yk}	450 N/mm ²
f_{tk}	540 N/mm ²

Gli acciai laminati a caldo B450C devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 1:

Gli acciai trafilati a freddo B450A devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 2.

tabella 1

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	≥ 450 (N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	≥ 540 (N/mm ²)
$(f_t/f_y)_k$ rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
$(f_t/f_y)_{nom,k}$ snervamento unitario/450 N/mm ²	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_g)_k$	$\geq 7,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4e per $\phi < 12$ mm 5e per $12 \leq \phi < 16$ mm 8e per $16 \leq \phi < 25$ mm 10e per $25 \leq \phi \leq 50$ mm

tabella 2

CARATTERISTICHE	
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	≥ 450 (N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	≥ 540 (N/mm ²)
$(f_t/f_y)_k$ rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,05$
$(f_t/f_y)_{nom,k}$ snervamento unitario/450 N/mm ²	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_g)_k$	$\geq 2,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4e per $\phi \leq 10$ mm

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue a temperatura ambiente di 20 ± 5 °C, piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti in forno a 100 °C, procedendo successivamente al suo raffreddamento in aria ed al parziale raddrizzamento per almeno 20°.

Dopo la prova il campione non deve presentare rotture, cricche od altre alterazioni.

Gli acciai B450C, se prodotti in barre, hanno diametro compreso tra 6 e 40 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 16 mm.

Gli acciai B450A se prodotti in barre hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 10 mm.

Per gli acciai trafilati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute prima per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

Il trattamento ha lo scopo di rilassare rapidamente il materiale, le cui fibre rimangono in tensione dopo la lavorazione.

PRODOTTI QUALIFICATI

Gli acciai per essere impiegati devono essere qualificati. Per esserlo devono provenire da acciaierie che hanno ricevuto da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP. l'attestato di qualificazione.

In detto certificato è riportato il nome dell'acciaieria, lo stabilimento di produzione, il marchio, la saldabilità, il diametro,

se si tratta di barre o di rotoli, etc. (catalogo schede sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti).

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori. È opportuno che gli stessi siano effettuati prima della messa in opera del lotto di spedizione e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

Il campionamento, si legge nella sopracitata Circolare, viene generalmente effettuato su tre diversi diametri opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di 3 spezzoni (di 1,30 mt., come solitamente richiesto), marchiati, per ciascuno dei diametri selezionati, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato che esso abbia i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008, si potrà recare presso il medesimo centro dove, il Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, preleverà i campioni da inviare presso un laboratorio autorizzato secondo le disposizioni dello stesso Direttore dei Lavori, munendoli di sigle, etichettature indelebili, ecc che assicurino che essi sono effettivamente quelli prelevati.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati secondo la norma UNIEN ISO 15630-1:2004, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto, riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi tra i valori minimi e massimi riportati nella tabella. (Vedi tabella al piede pagina)

Se i tre risultati della prova soddisfano i valori indicati nella suddetta tabella, il lotto consegnato è da considerarsi conforme.

Se ciò non accadesse, il lotto va considerato conforme solo se la media di 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori saranno compresi tra il valore minimo ed il valore massimo sopra riportati.

Il prelievo di questi ulteriori 10 provini va fatto alla presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove in Laboratorio.

Se anche in questo caso il lotto non risultasse conforme, il

lotto deve essere respinto ed il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.

RETI E TRALICCI ELETTRICISALDATI

Vanno effettuate le prove di trazione, piegamento e distacco al nodo su entrambi i fili delle reti - se di diametro o di acciaieria diverse - e sui correnti dei tralicci, verificando che la rottura avvenga al di fuori dei punti di saldatura.

Le reti ed i tralicci realizzati con acciaio B450 C hanno un diametro compreso tra 6 e 16 mm, mentre quelli realizzati con acciaio B450 A hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm.

Per effettuare le prove sono necessari 3 campioni di 120 x 120 cm per le reti e tre campioni di 150 cm di lunghezza per i tralicci (dimensioni richieste da gran parte dei Laboratori ALP).

Riassumendo: la CM 617 - capitolo 11.3.2.10.4 - puntualizza che i controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere svolti entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Il campionamento deve essere effettuato su TRE DIVERSI DIAMETRI, opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, IN NUMERO DI TRE SPEZZONI, MARCHIATI PER CIASCUNO DEI DIAMETRI SELEZIONATI, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti. (lunghezza spezzone richiesta = 130 cm). Inoltre al capitolo 11.3.1.5 si ribadisce che gli stabilimenti di produzione di acciai qualificati non sono tenuti ad allegare alle forniture copia dei certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato che effettua i controlli periodici di qualità. Si precisa al riguardo, che i predetti certificati NON SONO SIGNIFICATIVI AI FINI DELLA FORNITURA, TRATTANDOSI DI DOCUMENTI RISERVATI AL SERVIZIO TECNICO CENTRALE PER I CONTROLLI SEMESTRALI NELL'AMBITO DEL MANTENIMENTO E RINNOVO DELLA QUALIFICAZIONE. TALI CERTIFICATI, PERALTRO, NON POSSONO SOSTITUIRE I CERTIFICATI RELATIVI ALLE PROVE EFFETTUATE DAL DIRETTORE DEI LAVORI, CHE DEVONO ESSERE RILASCIATI DAI LABORATORI NELL'AMBITO DEI CONTROLLI OBBLIGATORI DI CANTIERE. PROFILATI D'ACCIAIO

Caratteristica	Valore limite	note
tensione di snervamento f_y minima	425 (N/mm ²)	(450-25) N/mm ²
tensione di snervamento f_y massima	572 (N/mm ²)	(450 x (1,25+0,02)) N/mm ²
Agt minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
Agt minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
rottura unitaria/snervamento unitario	1,13 ≤ (t/f _y) ≤ 1,37	per acciai B450C
rottura unitaria/snervamento unitario	t/f _y ≥ 1,03	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Senza cricche	per tutti

ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE

Per ogni fornitura di 30 t occorre un controllo su di un minimo di tre saggi (almeno uno sullo spessore minimo ed uno sullo spessore massimo). Per i profilati IPE, HE le provette per la prova vanno ricavate solamente dalle ali.

Sulle provette ricavate dal profilato, oltre alla prova di trazione, verrà eseguita la prova di resilienza. Il valore della resilienza non deve essere inferiore a 27J.

FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il riferimento dell'Attestato deve essere riportato sul documento di Trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera del prodotto, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare eventuali forniture non conformi.

CENTRI DI TRASFORMAZIONE

Si definisce Centro di Trasformazione, nell'ambito degli acciai, un impianto esterno al cantiere che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili, quali ad esempio elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc) o preassemblati (gabbie di armatura) pronti per la messa in opera.

Il Centro di Trasformazione deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità, certificato da un organismo di adeguata competenza che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

I Centri di Trasformazione sono tenuti ad eseguire presso un laboratorio autorizzato una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche sia meccaniche che geometriche del materiale originario anche sul prodotto la-

vorato.

I Centri di Trasformazione sono tenuti a dichiarare, depositando prescritta documentazione, la loro attività al Servizio Tecnico Centrale il quale dichiara poi l'avvenuta presentazione della suddetta dichiarazione. Essa deve essere confermata annualmente al suddetto Servizio Tecnico Centrale previa dichiarazione che nulla è variato rispetto al precedente deposito ovvero siano descritte le variazioni avvenute. In sostanza una sorta di carta di identità del Centro stesso che risulti inequivocabilmente "identificabile". Scopo principale dell'operazione di qualifica del Centro di Trasformazione è quello di bloccare tutti i materiali di provenienza sconosciuta.

I requisiti minimi del Centro sono: 1. Avere al proprio interno un direttore tecnico in grado di leggere i progetti oltre che di controllare la produzione, 2. Avere un Sistema di Qualità per la gestione di procedure e documentazione.

Sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Servizio Tecnico Centrale della Presidenza Del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sono elencati i Centri di Trasformazione con "Dichiarazione di attività", nonché tutte le schede degli acciai qualificati.

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da:

- a) Dichiarazione sul documento di trasporto degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del Centro di Trasformazione.
- b) Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Il Direttore dei Lavori inoltre può richiedere copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare eventuali forniture non conformi.

La documentazione suddetta deve essere prodotta dal Direttore dei Lavori al Collaudatore che riporterà nel certificato di collaudo gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

N.B. Se il professionista non ha redatto i calcoli in c.a.

riferendosi D.M. del 14/1/2008, ma al D.M. 14/09/2005 oppure al D.M. 09/01/1996 il numero dei prelievi e le caratteristiche meccaniche ricavate in laboratorio andranno confrontati con quanto previsto in questi ultimi due decreti.

Nel successivi Allegati si propongono modelli di "verbale di prelievo" per calcestruzzo e acciaio e di "richiesta di prove" sui materiali da costruzione. Nel caso di prove su acciaio allegare inoltre l'attestato di qualificazione per il controllo del marchio.

DATA: ____/____/____

SPETT.LE LABORTEST S.R.L. - CORATO

RICHIESTA DI ESECUZIONE PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE - D.M. 14/01/08 E S.M.I.

Il sottoscritto _____ in qualità di _____
INVIA i seguenti campioni e **CHIEDE** di sottoporli alle prove previste dal D.M. 14/01/2008 e S.M.I. provenienti dal cantiere (civ.abit, capannone, ecc.)..... sito in
via/località proprietario:
DIRETTORE DEI LAVORI iscritto all'albo/ordine di
al n. via/città tel:
IMPRESA: con sede in (.....)
CAP Via/ Loc. TEL
Persona incaricata alla consegna dei campioni al laboratorio:

PROVE DI COMPRESSIONE SU CUBI DI CALCESTRUZZO				
Sigla	Numero provini	Classe di resistenza	Verbale di prelievo N° e data	Posizione in opera

PROVE DI TRAZIONE E PIEGAMENTO SU BARRE DI ACCIAIO								
Sigla	N. provini	Tipo acciaio	Φ Nom.	Passo maglia (per rete)	Data prelievo	Verbale prelievo	marchio dichiarato	pos. in opera

INTESTARE LA FATTURA A:

P.IVA C.F. INDIRIZZO
..... N° CAP CITTA' PROV.

MODALITA' DI PAGAMENTO: ☐ al ritiro ☐ bonifico bancario ☐ contrassegno

IL RICHIEDENTE

IL DIRETTORE DEI LAVORI

INTESTATARIO DELLA FATTURA

(TIMBRO E FIRMA)

DATA: ____/____/____

SPETT.LE LABORTEST S.R.L. - CORATO

RICHIESTA DI ESECUZIONE PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE - D.M. 14/01/08 E S.M.I.

Il sottoscritto _____ in qualità di _____

INVIA i seguenti campioni e CHIEDE di sottoporli alle prove previste dal D.M. 14/01/2008 e S.M.I. provenienti dal cantiere(civ.abit, capannone, ecc.)..... sito in

via/località' proprietario:

DIRETTORE DEI LAVORI iscritto all'albo/ordine di

al n. via/città' tel:

IMPRESA: con sede in (.....)

CAP Via/ Loc. TEL.

Persona incaricata alla consegna dei campioni al laboratorio:

PROVE SU PROFILATI METALLICI (TRAZIONE E RESILIENZA)						
Sigla	Numero provini	Descrizione provini	Verbale di prelievo N° e data	QUALITA' ACCIAIO	Resilienza T °C se diversa da quella prevista	EVENTUALI PROVE CHIMICHE DA ESEGUIRE

INTESTARE LA FATTURA A:

P.IVA C.F. INDIRIZZO:

N° CAP CITTA' PROV.

MODALITA' DI PAGAMENTO: ☐ al ritiro ☐ bonifico bancario ☐ contrassegno

IL RICHIEDENTE

IL DIRETTORE DEI LAVORI

INTESTATARIO DELLA FATTURA

(TIMBRO E FIRMA)

Luogo _____ Data _____

SPETT.LE LABORTEST S.R.L. - CORATO

RICHIESTA DI ESECUZIONE PROVE

Il sottoscritto _____ in qualità di _____
chiede di eseguire le seguenti prove presso il cantiere _____
sito in _____
via/località _____ proprietà _____
Direttore dei Lavori _____ Via _____ Città _____
iscritto all'albo/ordine _____ al n. _____
Impresa _____
con sede in _____ Via _____
Persona incaricata dell'eventuale consegna del materiale _____

ELENCO PROVE DA ESEGUIRE IN CANTIERE

N.	DESCRIZIONE

PROVE DA ESEGUIRE IN LABORATORIO

N.	IDENTIFICAZIONE MATERIALE	DESCRIZIONE PROVE

Intestazione fattura: _____

Via _____ Città _____

Partita IVA/Cod. Fisc. _____

Note: _____

Modalità di pagamento prescelta: ☐ al ritiro della documentazione ☐ bonifico bancario ☐ contrassegno

La firma del presente documento vale come dichiarazione di presa visione dell'informazione sulla privacy (per tutti i destinatari) e la espressa accettazione delle norme generali e del listino prezzi. Per ogni controversia relativa al presente contratto il foro competente sarà quello della sede legale di LABORTEST S.r.l.

IL RICHIEDENTE

IL DIRETTORE DEI LAVORI

L'INTESTATARIO DELLA FATTURA

Pendolo di Charpy

Il **pendolo di Charpy** è un pendolo utilizzato per prove di [tenacità](#) (tipicamente per materiali plastici e metalli), per definire la tenacità a frattura ed a flessione. Il suo nome deriva da quello dell'ideatore [Georges Augustin Albert Charpy](#). La prova con esso svolta viene anche definita **prova di resilienza**, questa dizione per quanto molto usata può essere fuorviante, in quanto **con la prova si misura non la resilienza ma la tenacità**.

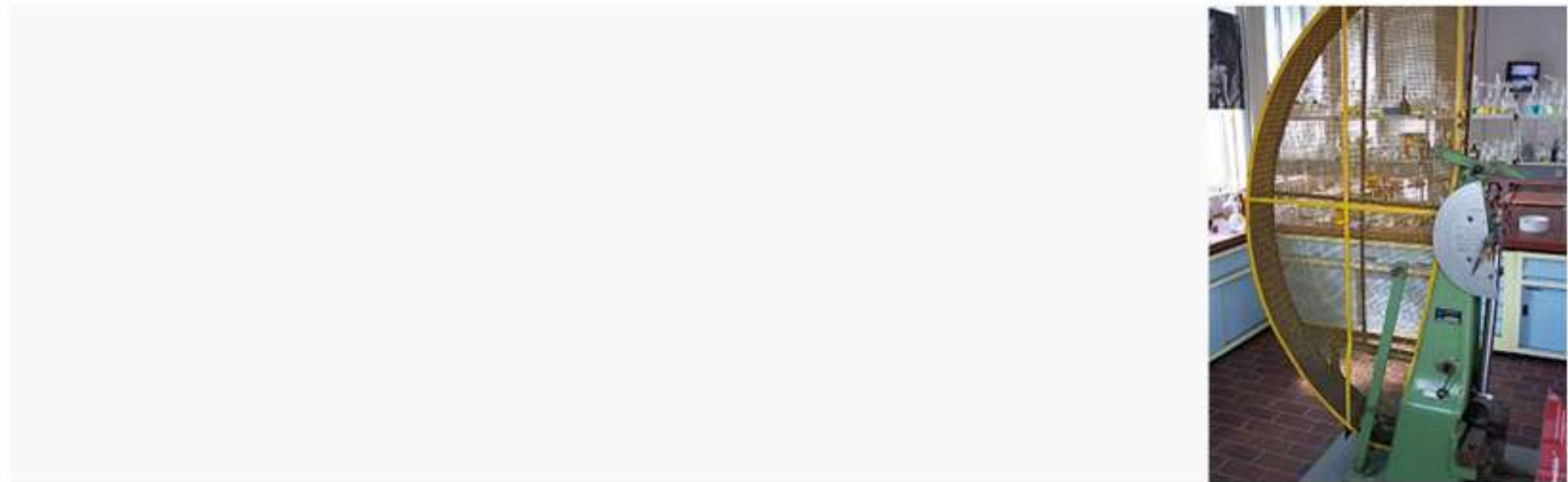
*La **resilienza** è la capacità di un sistema di adattarsi al cambiamento*

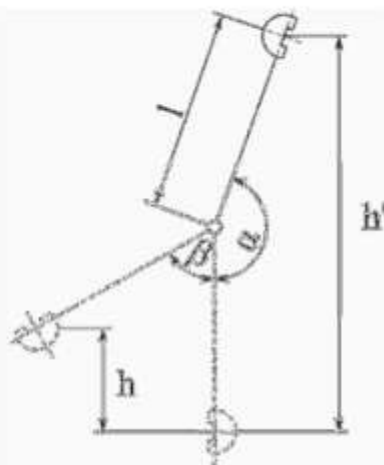
*In **ingegneria**, la **resilienza** è la capacità di un **materiale** di assorbire energia di deformazione elastica.*

Scopo

Il grado di tenacità di un materiale fornisce indicazioni sulle sue caratteristiche. Gli scopi dell'esecuzione di questa prova meccanica sono molteplici:

- **Orientamento** sulla scelta dei materiali destinati a subire urti (incudine, mazza...) o dove la [frattura fragile](#) possa essere pericolosa;
- **Precisazioni dello stato** di un materiale sottoposto a lavorazione plastica;
- **Quantificazione** della temperatura sotto la quale il materiale è soggetto a [frattura fragile](#).





Schema di funzionamento del pendolo

Descrizione del pendolo di Charpy

Lo strumento è composto da un'asta che prevede da un lato una cerniera fissata alla base e dall'altro una mazza. Affinché la misurazione non venga falsata dall'attrito dell'aria e della cerniera, quest'ultima presenta dimensioni sensibilmente contenute, mentre la mazza ha una forma aerodinamica ed è munita di una lama intercambiabile dal profilo standardizzato.

Una tale soluzione comporta però un ulteriore problema: la piccola cerniera non sorregge l'urto sviluppato dalla mazza nel colpire il provino se il centro d'urto è al di sopra del baricentro di questa, per tale ragione la mazza del pendolo, oltre ad avere forma aerodinamica, è progettata in modo da avere il centro d'urto al di sotto del baricentro, in modo da garantire la funzionalità della cerniera.

Modalità di prova

Viene ora riportato un semplice bilancio di energia potenziale riferito al sistema mostrato in figura; la grandezza K si misura comunemente in joule (J): essa indica il valore di energia meccanica impattante che provoca la rottura del materiale, calcolata sperimentalmente mediante la differenza fra l'energia associata al pendolo prima di essere lanciato in corsa e l'energia associata ad esso in corrispondenza del percorso massimo effettuato (*energia cinetica* del maglio pari a zero) immediatamente dopo la rottura del provino.

$$K = m \cdot g \cdot h' - m \cdot g \cdot h$$

- m : [massa](#) del peso del pendolo

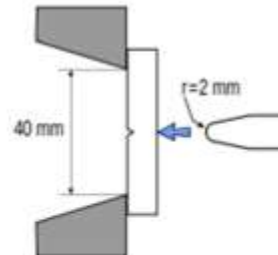
- g : accelerazione (generalmente 9.81 m/s^2)
- h' : Posizione di partenza (altezza iniziale)
- h : Posizione d'arrivo (altezza finale)

da cui si ottiene

$$K = m \cdot g \cdot l \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$$

dove α e β sono gli angoli evidenziati nello schema di funzionamento.

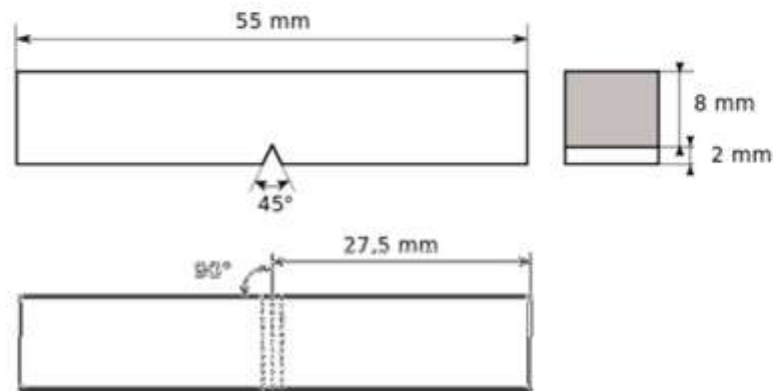
Provetta



Posizione della provetta al momento dell'impatto

Le provette hanno sezione quadrata con lato di 10 mm e lunghezza di 55 mm; esse presentano al centro un intaglio (che non è un invito alla rottura ma che serve a garantire la multiassialità degli sforzi, tanto è vero che il pendolo colpisce la provetta dal lato opposto all'intaglio) perpendicolare all'asse longitudinale della provetta, ad U o a V, in base alla prova che deve essere eseguita.

(Dimensioni in mm)	Provetta con taglio a V	Provetta con taglio a U
lunghezza	55	55
altezza	10	10
larghezza	10	10
Profondità tacca	2	5
raggio di fondo/ larghezza tacca	0,25	1
Angolo intaglio	45°	bordi paralleli



Dimensioni e forma della provetta con intaglio a V

l'intaglio delle provette può essere:

V profondo 2mm come da UNI EN 10045/1;

- U profondo 5mm come da UNI EN 10045/1;
- "Key hole"(buco di chiave), profondo 2 mm come da UNI EN 10045/1;
- U o "Mesnager" profondo 5 mm come da UNI EN 10045/1;

I vari intagli sono simbolicamente chiamati rispettivamente Kv, Ku, Kk, Km.

Conclusione

Il valore numerico della tenacità ha scarsa importanza come grandezza quantitativa, in quanto variando la forma dell'intaglio e/o le dimensioni della provetta si ottengono, a parità di materiale prove non compatibili tra loro. Questa prova è però molto eseguita perché i valori ottenuti consentono di classificare (in particolare gli acciai) in base al diverso grado di fragilità, condizione importantissima ai fini della scelta dei materiali destinati alla costruzione di strutture, di parti meccaniche, di contenitori di liquidi a bassa temperatura, ecc. per i quali sono prevedibili sollecitazioni ad un urto.

Normativa

- UNI EN 10045-1:1992 - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova
- UNI EN ISO 148-1:2011 Materiali metallici - Prova di resilienza su provetta Charpy - Parte 1: Metodo di prova

Simbologia

La tenacità all'intaglio viene generalmente indicata nelle schede tecniche dei materiali con diciture riconducibili ai seguenti modelli:

- **KV300=121J**: tenacità stabilita con prova del pendolo di Charpy su provino normalizzato con intaglio a V. Energia massima disponibile per la prova: 300 joule, energia assorbita: 121 joule;
- **KV=121J**: come sopra (se l'energia massima disponibile è 300 joule, essa può essere omessa dalla sigla, a meno che il provino sia non normalizzato, vedi ultimo esempio);
- **KV100=65J**: come sopra, ma con energia massima disponibile per la prova pari a 100 joule, energia assorbita 65 joule;
- **KV300/7,5=85J**: tenacità stabilita con pendolo di Charpy su provino non unificato, di dimensioni 8×7,5×55 mm, dove 7,5 è la larghezza della sezione resistente all'impatto. Energia massima disponibile 300 joule, energia assorbita pari a 85 joule.

Per indicare che il provino utilizzato ha un intaglio ad U si utilizzano sigle simili alle precedenti ma al posto di "KV" si utilizza la sigla "KU".