

R. DECRETO-LEGGE 16 novembre 1939-XVIII,
n. 2229 (*Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale*,
n. 92 del 18 aprile 1940).

**Norme per l'esecuzione delle opere in con-
glomerato cementizio semplice od armato.**

VITTORIO EMANUELE III

PER GRAZIA DI DIO E VOLONTÀ DELLA NAZIONE

RE D'ITALIA E D'ALBANIA

IMPERATORE D'ETIOPIA

Veduto l'art. 18 del R. decreto-legge 25 giugno
1937-XV, n. 1114;

Veduto il R. decreto-legge 5 settembre 1938-XVI,
n. 1787;

Udito il Consiglio dei Ministri;

Sulla proposta del Duce del Fascismo, Capo del
Governo, di concerto coi Ministri per i lavori pubblici
e per le corporazioni;

Abbiamo decretato e decretiamo:

Sono approvate e rese obbligatorie le annesse norme,
compilate dal Consiglio nazionale delle ricerche, per la
esecuzione delle opere in conglomerato cementizio sem-
plice od armato, le quali saranno firmate, d'ordine
Nostro, dal Duce del Fascismo, Capo del Governo,
proponente.

Sono abrogate tutte le disposizioni contrarie o co-
munque incompatibili con quelle del presente decreto,
il quale entrerà in vigore nel 60° giorno dopo la sua
pubblicazione.

Ordiniamo che il presente decreto munito del sigillo
dello Stato sia inserito nella raccolta ufficiale delle Leggi
e dei decreti del Regno d'Italia, mandando a chiunque
spetti di osservarlo e farlo osservare.

Dato a Roma, addì 16 novembre 1939-XVIII.

VITTORIO EMANUELE

MUSSOLINI - SERENA - RICCI

Visto, il Guardasigilli: GRANDI

Registrato alla Corte dei conti, addì 29 febbraio
1940-XVIII

Atti del Governo, registro 418, foglio 111 - MANCINI

CAPO I.

PRESCRIZIONI GENERALI.

Art. 1.

Ogni opera di conglomerato cementizio semplice od armato, la cui stabilità possa comunque interessare la incolumità delle persone, deve essere costruita in base ad un progetto esecutivo firmato da un ingegnere, ovvero da un architetto iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive attribuzioni, ai sensi della legge 24 giugno 1923, n. 1395, e del R. decreto 23 ottobre 1925, n. 2537, sull'esercizio delle professioni di ingegnere e di architetto e delle successive modificazioni.

Dal progetto deve risultare tutto quanto occorre per definire l'opera, sia nei riguardi della esecuzione, sia nei riguardi della precisa conoscenza delle condizioni di sollecitazione.

Per queste opere è prescritto l'impiego esclusivo di cemento, rispondente ai requisiti di accettazione prescritti dalle Norme per i leganti idraulici in vigore all'inizio dei lavori.

Art. 2.

La qualità e le proprietà dei materiali impiegati nella esecuzione di ogni opera devono essere comprovate prima e durante il corso dei lavori, da certificati rilasciati da uno dei laboratori ufficiali, indicati nell'allegato A alle presenti norme.

Art. 3.

L'esecuzione delle opere deve essere diretta possibilmente dall'ingegnere progettista ed in ogni caso da un ingegnere od architetto iscritto nell'albo e deve essere affidata soltanto a costruttori iscritti nell'elenco delle ditte specializzate, che sarà tenuto presso il ministero dei lavori pubblici e presso il Sindacato nazionale fascista dei costruttori.

Art. 4.

Ai costruttori, prima di iniziare la costruzione delle opere, di cui all'art. 1, è fatto obbligo di presentarne

alla prefettura della provincia denuncia, corredata di una copia del progetto di massima.

Nei cantieri, dal giorno dell'inizio a quello di ultimazione dei lavori, deve essere conservata una copia dei particolari esecutivi di tutte le parti delle opere in costruzione, datati e firmati dal progettista, dal direttore dei lavori e dal costruttore. Il direttore dei lavori deve riportare nei disegni, con inchiostro di colore diverso, tutte le modifiche introdotte nelle opere all'atto esecutivo, datandole e firmandole.

I disegni di cui sopra debbono dal costruttore essere tenuti a disposizione dei tecnici incaricati dalla prefettura di eseguire eventuali visite di controllo.

Le visite predette possono essere affidate dalla prefettura a funzionari di uffici tecnici municipali o provinciali o a liberi professionisti di riconosciuta competenza.

In ogni caso tali visite di controllo non esonerano il progettista, il direttore dei lavori ed il costruttore dalle responsabilità a ciascuno di essi spettanti.

Qualora dalle ispezioni risultassero gravi manchevolezze nella esecuzione delle opere, la prefettura potrà ordinare la sospensione dei lavori e far eseguire una inchiesta da apposita commissione, per i provvedimenti del caso.

Agli ingegneri incaricati delle visite di controllo sono corrisposte, a carico dei costruttori, le competenze sancite dalla tariffa professionale del Sindacato nazionale fascista ingegneri.

Al termine dei lavori il committente, per ottenere la licenza di uso della costruzione, deve presentare alla prefettura il certificato di collaudo delle opere, rilasciato da un ingegnere di riconosciuta competenza, iscritto all'albo.

Per le opere eseguite per conto dello Stato e sotto la sorveglianza degli organi tecnici statali, non è necessaria la denuncia alla prefettura, nè l'iscrizione all'albo del progettista, del direttore dei lavori e del collaudatore, se appartengono agli organi tecnici stessi.

CAPO II.

QUALITÀ DEI MATERIALI

Art. 5.

Il cemento deve essere esclusivamente a lenta presa e rispondere ai requisiti di accettazione prescritti nelle norme per i leganti idraulici in vigore all'inizio della costruzione.

Per lavori speciali il cemento può essere assoggettato a prove supplementari.

Il costruttore ha l'obbligo della buona conservazione del cemento che non debba impiegarsi immediatamente nei lavori, curando tra l'altro che i locali, nei quali esso viene depositato, siano asciutti e ben ventilati. L'impiego di cemento giacente da lungo tempo in cantiere deve essere autorizzato dal direttore dei lavori sotto la sua responsabilità.

Art. 6.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa.

Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; dev'essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

Di regola si deve adoperare sabbia, la cui composizione granulometrica corrisponda ad una curva compresa fra le curve limiti della fig. 1.

Art. 7.

La ghiaia deve essere bene assortita, formata da elementi resistenti e non gelivi, scevra da sostanze estranee, da parti friabili o terrose, o comunque dannose.

La ghiaia deve essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario per eliminare le materie nocive.

Le dimensioni degli elementi della ghiaia per strutture di conglomerato armato non devono di regola superare cm. 3; per strutture a grande sezione, con ferri

convenientemente distanziati, può essere tollerata la presenza di elementi di dimensioni maggiori, ma non superiori a cm. 7.

Di regola si deve adoperare ghiaia, che mescolata alla

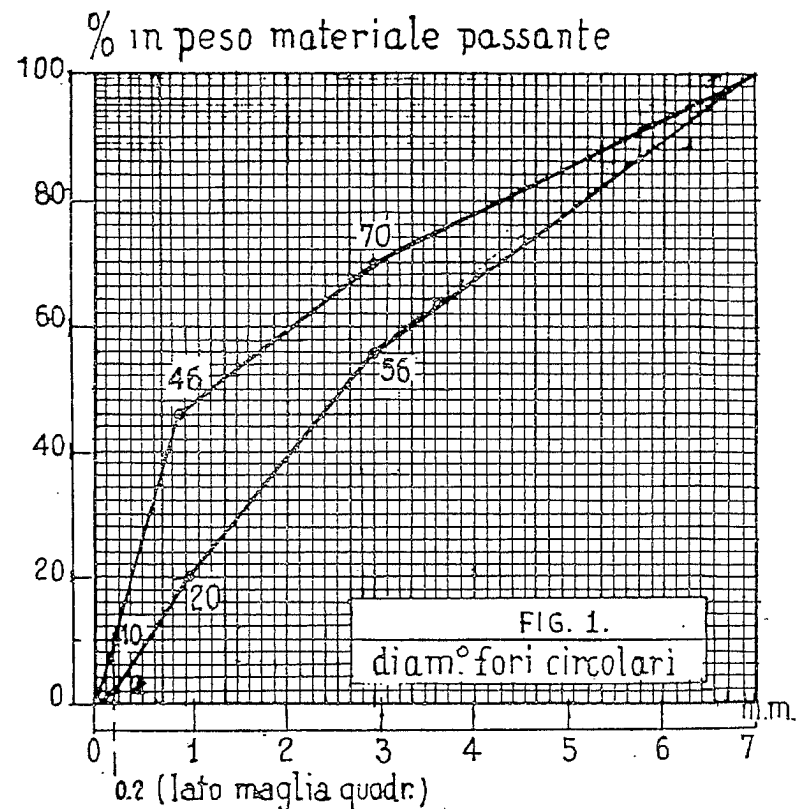


Fig. 1.

sabbia presenti composizione granulometrica corrispondente ad una curva compresa fra le curve limite della fig. 2.

Art. 8.

Qualora invece della ghiaia si adoperi pietrisco questo deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa nè geliva, non deve contenere impurità nè materie pulverulenti, deve essere costituito

da elementi, le cui dimensioni soddisfacciano alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

Se il cemento adoperato è alluminoso, è consentito anche l'uso di roccia gessosa, quando l'approvvigionamento d'altro tipo risulti particolarmente difficile e si

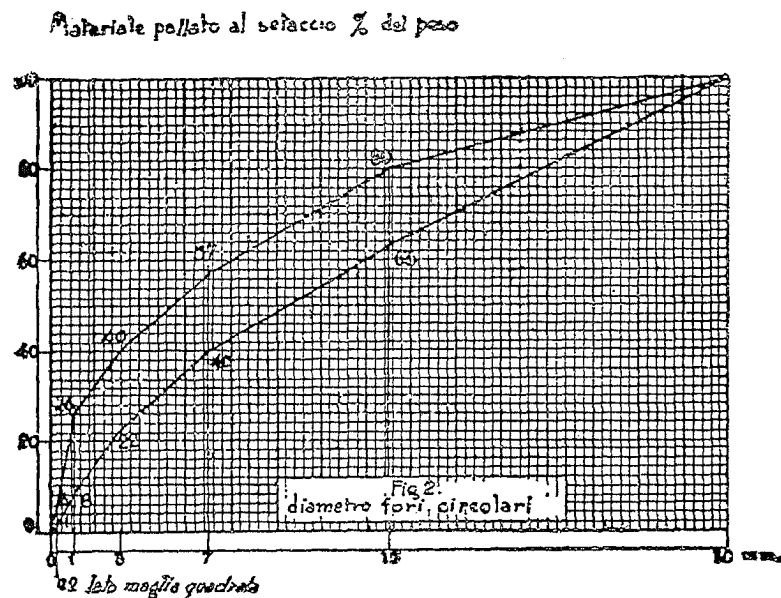


Fig. 2.

tratti di roccia compatta, non geliva e di resistenza accertata.

Il pietrisco dev'essere lavato con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive.

Art. 9.

La dosatura di cemento per getti armati dev'essere non inferiore a 300 kg. per m³. di miscuglio secco di materia inerte (sabbia e ghiaia o pietrisco); per il cemento alluminoso la dosatura minima può essere di 250 kg. per m³.

In ogni caso occorre proporzionare il miscuglio di cemento e materie inerti in modo da ottenere la massima compattezza.

Il preventivo controllo si deve di regola eseguire con

analisi granulometrica o con misura diretta dei vuoti mediante acqua o con prove preliminari su travetti o su cubi.

Art. 10.

L'acqua per gli impasti deve essere limpida e dolce e non deve contenere cloruri e solfati in percentuale dannosa.

Art. 11.

La quantità d'acqua d'impasto è determinata in base alla plasticità occorrente per la buona lavorazione dei getti. È necessario che la dosatura di cemento venga aumentata col crescere della fluidità dell'impasto. La determinazione preliminare della dosatura può eseguirsi mantenendo costante il rapporto acqua-cemento e può essere confermata mediante prove su travetti e su cubi.

Per i conglomerati confezionati con cemento alluminoso, dev'essere con maggior cura proteggere il getto da ogni intempestiva evaporazione dell'acqua d'impasto durante la presa e l'inizio dell'indurimento.

Art. 12.

Il direttore dei lavori, in contraddittorio col costruttore, deve prelevare in cantiere, dagli impasti impiegati nell'esecuzione delle opere, con la frequenza richiesta dalla natura e dall'importanza delle opere medesime, campioni di conglomerato, per sottoporli presso un laboratorio ufficiale a prove di resistenza secondo le modalità indicate negli articoli seguenti.

La frequenza dei prelevamenti dev'essere in ogni caso tale da ottenere non meno di una serie di quattro cubi per ogni 500 m³, di getto di conglomerato.

Il direttore dei lavori deve altresì prelevare per ogni partita di tondini di uguale diametro ed in ogni caso per ogni mille tondini due campioni di m. 1 di lunghezza per ricavarne le provette da sperimentarsi a trazione ed a piegamento.

Art. 13.

La resistenza cubica del conglomerato a pressione si determina sulla serie di 4 cubi di 16 cm. di spigolo.

Quando il conglomerato sia confezionato con ghiaia e pietrisco con elementi di dimensioni superiori a 3 cm., i cubi devono avere lo spigolo di cm. 20.

I detti cubi sono confezionati nel cantiere entro forme metalliche facilmente smontabili, prelevando il conglomerato necessario dallo stesso impasto, all'atto del getto nelle casseforme.

Il conglomerato viene messo nelle forme in tre strati, pressochè di uguale spessore, e costipato a mano con l'aiuto di un tondino di ferro di cm. 1 di diametro lungo cm. 30, finchè l'acqua affiori alla superficie.

Di regola dopo 48 ore (dopo 24 ore per i conglomerati di cemento alluminoso) i cubi vengono sformati con le cautele necessarie per evitare qualsiasi danno e lasciati stagionare sotto la sabbia umida al riparo dalle correnti d'aria e dai raggi del sole, a temperatura non inferiore a 10° centigradi.

Trascorsi almeno sette giorni (subito dopo la sformatura per i conglomerati di cemento alluminoso) i cubi accuratamente imballati con segatura di legno od altro e contrassegnati in modo indelebile, devono essere spediti ad un Laboratorio ufficiale, dove sono conservati in ambiente umido a temperatura non inferiore a 10 centigradi.

La prova a pressione ha luogo di norma dopo 28 o 60 giorni (salvo le eccezioni per i conglomerati di cemento alluminoso di cui all'ultimo comma dell'art. 16) contati dal momento della preparazione dell'impasto. La compressione deve esercitarsi perpendicolarmente a due faccie opposte, che siano state a contatto delle pareti laterali della forma.

La prova deve essere condotta in modo che lo sforzo di pressione sulla intera sezione cresca con continuità in ragione di 10 kg/cm² al secondo.

Si assume come resistenza cubica a pressione del conglomerato la media dei 3 risultati maggiori.

Art. 14.

Il direttore dei lavori, qualora lo ritenga necessario, può inoltre fare eseguire serie di tre travetti formati dal conglomerato degli impasti messi in opera e del tipo descritto nell'articolo seguente, da sperimentarsi in cantiere con l'eventuale controllo di un laboratorio ufficiale.

Art. 15.

I travetti di prova, indicati nella fig. 3, debbono avere la sezione di mm. 70 × 86 e la lunghezza di m. 2,20 ed essere armati mediante due tondini di mm. 12 di diametro posti con l'asse a mm. 6 dalla superficie inferiore del travetto ed a mm. 20 dalle superfici laterali.

I tondini vanno tenuti in posto durante il getto a

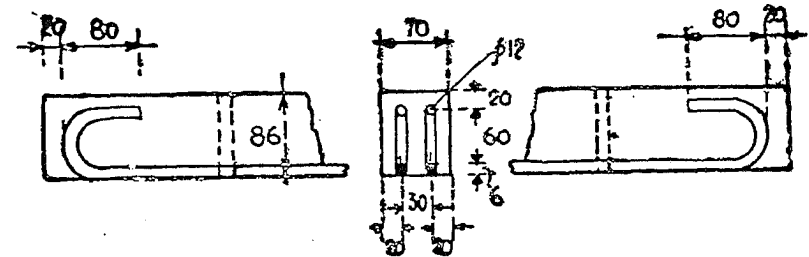


Fig. 3.

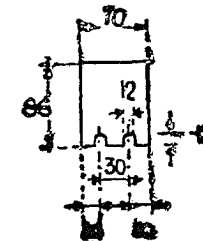


Fig. 4.

mezzo di sagome di legno o staffe. Eseguito il getto nelle forme si allontanano le sagome (o staffe) e si riempiono i vuoti.

Le casseforme di legno devono essere accuratamente pulite prima del getto.

Per l'impasto ed il getto del conglomerato e per la conservazione dei travetti devono seguirsi le norme indicate per i cubi regolamentari.

Art. 16.

Il conglomerato prelevato in cantiere dagli impasti impiegati nella esecuzione delle opere deve presentare, a 28 giorni di stagionatura, una resistenza cubica a pressione, $\sigma_{r,28}$ almeno tripla del carico di sicurezza σ_c adottato nei calcoli; tale resistenza non deve però risultare mai inferiore a 120 kg/cm² per conglomerati di cemento normale, ed a 160 kg/cm² per conglomerati di cemento ad alta resistenza od alluminoso.

Non raggiungendosi a 28 giorni di stagionatura la resistenza richiesta, la prova dev'essere ripetuta a 60 giorni su altri provini cubici prelevati contemporaneamente ai primi.

Per i conglomerati di cemento alluminoso la prova può anche essere eseguita a stagionature inferiori a 28 giorni fermo restando però il rapporto minimo suddetto fra la resistenza cubica ed il carico di sicurezza.

Qualora nella seconda prova la resistenza prescritta non sia raggiunta, il direttore dei lavori provvede, secondo i casi, alla sospensione dei lavori ed eventualmente al rafforzamento delle opere o alla loro demolizione.

Art. 17.

L'armatura del conglomerato è normalmente costituita con acciaio dolce (cosidetto ferro omogeneo) oppure con acciaio semiduro o acciaio duro, in barre tonde prive di difetti, di screpolature, di bruciature o di altre soluzioni di continuità.

La resistenza a trazione dell'armatura suddetta viene determinata, quando sia possibile, sui tondini stessi senza alcuna preparazione, o altrimenti su provette cilindriche preparate a freddo e in tutto conformi ai tipi normali stabiliti dalle norme vigenti all'inizio della costruzione, per le prove dei materiali ferrosi.

In entrambi i casi, la lunghezza utile per la misura dell'allungamento percentuale di rottura deve essere 10 volte il diametro del provino.

Devono ottenersi i seguenti risultati:

a) per l'acciaio dolce (ferro omogeneo): Carico di rottura per trazione compreso fra 42 a 50 kg/mm²,

limite di snervamento non inferiore a 23 kg/mm², allungamento di rottura non inferiore al 20%.

Per le legature o staffe di pilastri può impiegarsi acciaio dolce con carico di rottura compreso fra 37 e 45 Kg/mm², senza fissarne il limite inferiore di snervamento;

b) per l'acciaio semiduro: Carico di rottura per trazione compreso fra 50 e 60 kg/mm²; limite di snervamento non inferiore a 27 kg/mm², allungamento di rottura non inferiore al 16%;

c) per l'acciaio duro: Carico di rottura per trazione compreso fra 60 e 70 kg/mm², limite di snervamento non inferiore a 31 kg/mm², allungamento di rottura non inferiore al 14%.

Un tondino di acciaio dolce riscaldato al calore rosso chiaro ed immerso nell'acqua a temperatura da 10° a 20° C., deve potersi piegare su sè stesso in modo da formare un cappio, il cui occhio abbia un diametro uguale al diametro del tondino, senza che si producano fenditure.

Un tondino di acciaio deve potersi piegare a freddo ad U, senza che si producano fenditure, attorno ad un cilindro, il cui diametro sia uguale al suo diametro per l'acciaio dolce, al quintuplo del suo diametro per l'acciaio semiduro e duro.

Qualora una prova fallisca, si devono ripetere entrambe le prove su due campioni prelevati dallo stesso gruppo di 1000 pezzi, e, fallendo una qualunque di queste, il gruppo viene rifiutato.

Capo III.

NORME DI PROGETTAZIONE.

Art. 18.

Il carico di sicurezza del conglomerato, nella sollecitazione di pressione semplice, deve assumersi come segue:

Conglomerato	σ_c (kg/cm ²)	$\sigma_{r,28}$ minimo (kg/cm ²)
Conglomerato di cemento idraulico normale (Portland)	35	120
Conglomerato di cemento ad alta resistenza ed alluminoso	45	160
Quando sia eseguita la determinazione preventiva della resistenza cubica a 28 g., e questa venga costantemente controllata durante l'esecuzione del lavoro	$\frac{\sigma_{r,28}}{3}$	
ma non superiore a	60	180

Il carico di sicurezza nella sollecitazione di flessione e di flessione e pressione deve assumersi come segue:

Conglomerato	σ_c (kg/cm ²)	$\sigma_{r,28}$ minimo (kg/cm ²)
Conglomerato di cemento idraulico normale (Portland)	40	120
Conglomerato di cemento normale ad alta resistenza ed alluminoso...	50	160
Quando sia eseguita la determinazione preventiva della resistenza cubica a 28 g. e questa venga costantemente controllata durante l'esecuzione del lavoro	$\frac{\sigma_{r,28}}{3}$	
ma non superiore a	75	225

Per i conglomerati di resistenza cubica $\sigma_{r,28}$ maggiore di kg/cm² 225, quando il calcolo sia eseguito secondo i metodi rigorosi della scienza delle costruzioni e sia tenuto conto di tutte le cause di sollecitazione (forze applicate, variazioni termiche e ritiro del conglomerato), può assumersi un maggior valore del carico di sicurezza determinato dalla formula:

$$\sigma_c = 75 + \frac{\sigma_{r,28} - 225}{9} \text{ kg/cm}^2$$

Il carico di sicurezza per la sollecitazione di taglio non deve superare i 4 kg/cm² per conglomerati di cemento idraulico normale (Portland), d'alto forno o pozzolanico, 6 kg/cm² per conglomerati di cemento ad alta resistenza od alluminoso.

Quando la tensione tangenziale massima calcolata per il conglomerato supera i detti limiti, la resistenza al taglio deve essere integralmente affidata ad armature metalliche.

In ogni caso la tensione massima tangenziale, di cui sopra, non deve superare i 14 kg/cm² per i conglomerati di cemento idraulico normale (Portland), d'alto forno e pozzolanico, 16 kg/cm² per conglomerati di cemento ad alta resistenza ed alluminoso.

Di regola almeno la metà degli sforzi taglianti deve essere assorbita dalle staffe e la rimanente parte dai ferri piegati.

Art. 19.

Il carico di sicurezza delle armature metalliche sollecitate a trazione non deve superare 1400 kg/cm² per l'acciaio dolce, 2000 kg/cm² per l'acciaio semiduro e per l'acciaio duro.

Ai valori più elevati delle tensioni nell'armatura è necessario che corrispondano più elevati carichi di rottura cubici $\sigma_{r,28}$ del conglomerato. La tensione di kg/cm² 1400 richiede l'impiego di conglomerato con resistenza minima 160 kg/cm²; l'uso dell'acciaio semiduro e duro richiede l'impiego di conglomerato di cemento ad alta resistenza con carico di rottura cubico di 160 kg/cm² fino alla tensione di 1800 kg/cm² nelle sezioni rettangolari e 1600 kg/cm² nelle sezioni a T o speciali; 225 kg/cm² fino alla tensione 2000 kg/cm² nelle sezioni rettangolari e 1800 kg/cm² nelle sezioni a T o speciali di membrature soggette prevalentemente a carichi fissi. Il carico di sicurezza dell'acciaio non dovrà in ogni caso superare la metà del carico di snervamento.

L'uso dell'acciaio semiduro e duro è in ogni caso limitato a tondini di diametro non superiore a mm. 30.

La predisposizione dell'ancoraggio delle armature metalliche deve essere tanto maggiormente curata quanto maggiori sono le tensioni massime adottate.

Art. 20.

Se il peso proprio del conglomerato armato, cioè compreso il peso dei ferri, non risulti da diretta determinazione, esso si assume, di regola, uguale a 2500 kg/m³.

Art. 21.

I carichi accidentali devono essere stabiliti in relazione al tipo e all'importanza della costruzione, e all'uso a cui è destinata. Si tiene conto delle eventuali azioni dinamiche aumentando i carichi in relazione alla loro natura ed al tipo della struttura.

Art. 22.

Le caratteristiche di sollecitazione (momenti flettenti e torcenti, forze taglianti e forze normali) sono determinate con i metodi della scienza delle costruzioni in base alle condizioni più sfavorevoli di carico, tenendo conto, quando sia il caso, dei cedimenti dei vincoli, delle variazioni termiche e del ritiro del conglomerato.

Nel valutare gli enti geometrici delle sezioni trasversali delle strutture staticamente indeterminate per il calcolo delle incognite iperstatiche, le aree degli elementi superficiali metallici debbono essere affette da coefficiente: $n = E_f/E_c$, che, in mancanza di una diretta determinazione sperimentale, si assume di regola costante ed uguale a 10 per i conglomerati di cementi normali; 8 per quelli di cementi ad alta resistenza e 6 per quelli di cemento alluminoso, supponendo di regola che il conglomerato reagisca anche a trazione.

Se la sezione complessiva dell'armatura metallica è inferiore al 2% di quella del conglomerato si può prescindere dalla presenza dell'armatura.

Art. 23.

Di regola per portata di una campata di trave continua si assume la distanza fra gli assi dei sostegni; qualora i sostegni presentino superfici di appoggio alquanto estese, ferma restando la portata fra gli assi, il calcolo delle sezioni di estremità può eseguirsi per le

caratteristiche corrispondenti alle sezioni della trave sui lembi dei sostegni.

Art. 24.

Nel calcolo di nervature a sostegno di solette si può ammettere come partecipante all'inflexione della nervatura, una striscia di soletta di larghezza uguale alla larghezza della nervatura più 6 volte l'altezza delle eventuali mensole della soletta, più 10 volte lo spessore della soletta, purchè tale somma non superi l'interasse delle nervature.

Per nervature di estremità la larghezza di detta striscia di soletta può assumersi uguale alla larghezza della nervatura, più tre volte l'altezza dell'eventuale mensola, più cinque volte lo spessore della soletta.

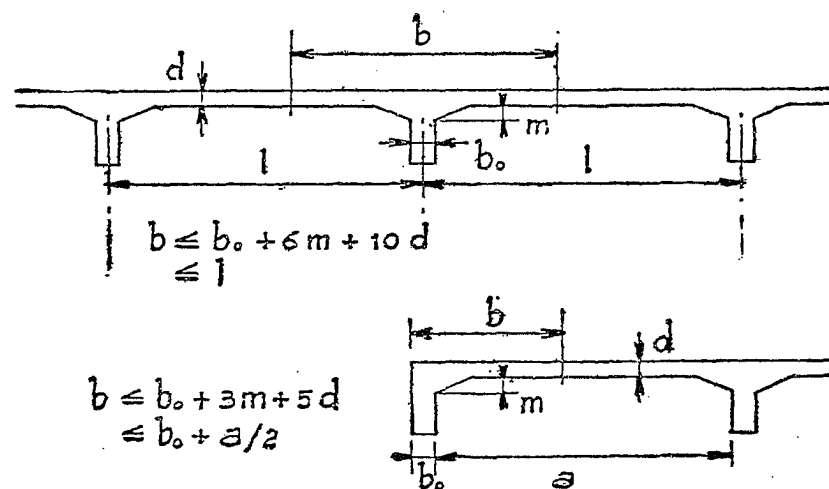


Fig. 5.

Art. 25.

Lo spessore di una soletta, che non sia di semplice copertura, non deve essere minore di 1/30 della portata ed in ogni caso non deve essere minore di cm. 8.

Nei solai speciali con laterizi lo spessore della soletta di conglomerato non deve essere minore di cm. 4. In tutti i solai con laterizi la larghezza delle nervaturine

non deve essere minore di cm. 7 ed il loro interasse non deve superare cm. 40 nei tipi a nervature parallele e cm. 80 in quelli a nervature incrociate.

Di regola devono essere previste nervature trasversali di ripartizione nei tipi a nervature parallele di campata maggiore di metri 5.

È consentito l'impiego di solai speciali con nervature di cemento armato e laterizi, senza soletta di conglomerato purchè i laterizi, di provata resistenza, presentino rinforzi di conveniente spessore atti a sostituire la soletta di conglomerato e rimangano incastrati fra le dette nervature.

Art. 26.

Le eventuali mensole triangolari di raccordo alle estremità delle solette e delle nervature devono essere profilate inferiormente con inclinazione non maggiore di tre di base per uno di altezza.

Art. 27.

Per le solette a pianta rettangolare, qualora non si eseguisca una precisa determinazione delle armature, oltre alla armatura principale portante, disposta parallelamente al lato minore, si deve adottare una armatura secondaria di ripartizione, disposta secondo il lato maggiore, di sezione uguale almeno al 25% di quella dell'armatura principale.

Quando il rapporto tra i lati del rettangolo è compreso fra $3/5$ e 1 , la soletta deve essere di regola calcolata come piastra.

Nelle solette dei solai con laterizi l'armatura di ripartizione dev'essere costituita almeno da tre tondini del diametro di 6 mm. per metro lineare.

Art. 28.

Un carico isolato agente sulla soletta indirettamente, attraverso una massicciata o pavimentazione, deve essere considerato come ripartito uniformemente su di un rettangolo di lati eguali a quelli della base effettiva di appoggio sulla sovrastruttura, aumentati ambedue del doppio dello spessore della massicciata (o pavimentazione).

Qualora non si eseguisca il calcolo della soletta come piastra elastica, per tener conto in modo approssimato della compartecipazione delle strisce adiacenti a quella sotto carico, la soletta può calcolarsi, per il carico nel mezzo della campata, come una trave di sezione rettangolare di larghezza eguale a quella della striscia, come sopra determinata, aumentata ancora di $1/3$ della portata, ma non maggiore della portata medesima; l'aumento del terzo della portata non deve essere praticato, quando il carico sia prossimo ad un appoggio.

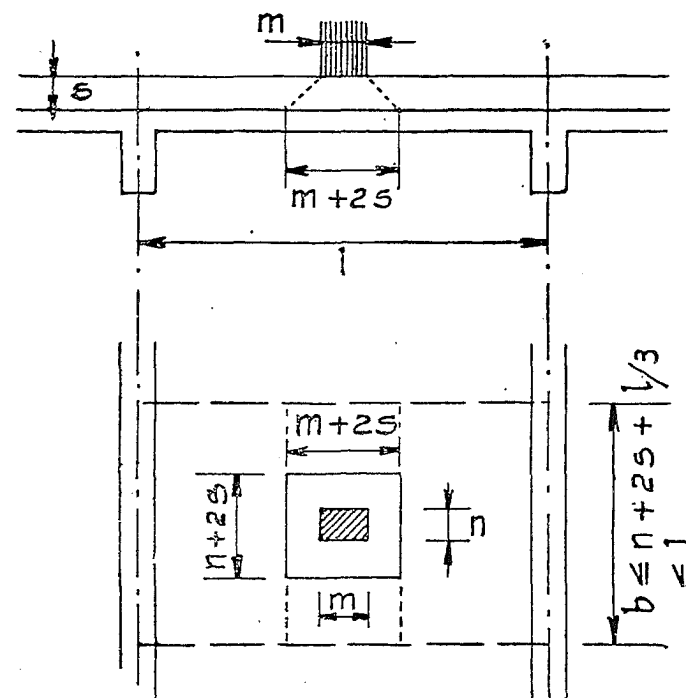


Fig. 6.

Art. 29.

Il calcolo delle tensioni massime del conglomerato e della armatura metallica ed il dimensionamento diretto delle sezioni sono eseguiti con i metodi della scienza delle costruzioni per i solidi omogenei, assumendo per sezione resistente quella costituita dall'area del conglom-

merato che risulta compressa e dalle aree metalliche affette dal coefficiente $n = E_f/E_c$ e prescindendo di regola dalla presenza del conglomerato eventualmente teso.

Art. 30.

Le membrature sollecitate a pressione assiale centrata od eccentrica di sezione quadrata o poligonale regolare debbono avere un'armatura longitudinale di sezione non inferiore al 0,8% di quella del conglomerato strettamente necessaria, quando questa sia minore di 2000 cm².; non inferiore al 0,5% della sezione di conglomerato strettamente necessaria, quando questa sia maggiore di 8.000 cm²., adottando per i casi intermedi la variazione lineare.

Per sezioni di forma qualunque la norma precedente relativa alla determinazione della percentuale minima di armatura metallica deve applicarsi alla sezione quadrata di lato uguale alla dimensione minima trasversale della sezione.

Le membrature di cui al primo comma debbono essere munite di conveniente staffatura continua o discontinua con passo o distanza non superiore alla metà della dimensione minima della sezione nè a 10 volte il diametro dei ferri dell'armatura longitudinale.

Quando la lunghezza libera di flessione di una membratura supera 15 volte la dimensione minima della sua sezione trasversale, occorre verificarne la stabilità al carico di punta.

Art. 31.

Nelle membrature di sezione poligonale regolare e circolare armate con ferri longitudinali racchiusi da una spirale di passo non superiore ad un quinto del diametro del nucleo di conglomerato cerchiato, sollecitate a pressione assiale, si può assumere come sezione resistente quella costituita dalla sezione del nucleo più 15 volte l'area dei ferri longitudinali, più 45 volte la sezione di un'armatura ideale longitudinale di peso uguale a quello della spirale.

Tale valore della sezione resistente non deve in nessun caso superare il doppio della sezione del nucleo.

La sezione dell'armatura longitudinale deve essere uguale almeno alla metà di quella dell'armatura ideale corrispondente alla spirale sopra calcolata.

Art. 32.

La cerchiatura non dev'essere adottata nelle comuni travi inflesse a parete piena.

Art. 33.

Nelle strutture iperstatiche in cui si deve tener conto degli effetti termici, deve adottarsi un coefficiente di dilatazione lineare uguale a 0,00001 od al valore più esatto che risultasse da una diretta determinazione sperimentale.

Nelle costruzioni di grandi dimensioni debbono adottarsi giunti di dilatazione a distanza non maggiore di m. 50.

Si tiene conto, ove del caso, dell'effetto prodotto dal ritiro del conglomerato, assimilandolo, in mancanza di più esatta valutazione sperimentale, ad una diminuzione di temperatura da 20° a 10° in relazione alla percentuale di armatura variabile dall'1% al 2%.

Art. 34.

Ove occorra eseguire un calcolo delle deformazioni di membrature di conglomerato armato, gli enti geometrici delle sezioni trasversali debbono essere valutati con lo stesso criterio indicato all'art. 22 per la determinazione delle incognite iperstatiche, determinando sperimentalmente il valore medio del modulo di elasticità del conglomerato. In mancanza della determinazione diretta, il valore medio del modulo deve assumersi praticamente dal confronto con quello di conglomerati di tipo analogo, tenendo conto dell'influenza della stagionatura.

CAPO IV

NORME DI ESECUZIONE.

Art. 35.

Nella formazione degli impasti i vari ingredienti devono riuscire intimamente mescolati ed uniformemente distribuiti nella massa. Gli impasti devono essere preparati nella sola quantità necessaria per l'impiego immediato, cioè prima dell'inizio della presa.

L'acqua d'impasto in ogni caso deve essere misurata tenendo conto dello stato igrometrico dei materiali.

I materiali componenti il conglomerato possono essere mescolati a mano od a macchina; quando l'importanza del lavoro lo permetta, quest'ultimo procedimento è preferibile.

Art. 36.

La preparazione degli impasti, quando non sia effettuata meccanicamente, si deve eseguire su di un'aia pavimentata, il più vicino che sia possibile al luogo d'impiego.

In tale caso si mescolano a secco ripetutamente prima il cemento con la sabbia finchè la miscela assuma colore uniforme, poi questa mescolanza con la ghiaia e col pietrisco, ed in seguito si aggiunge l'acqua con ripetute aspersioni, continuando a rimescolare l'impasto fino ad ottenere la consistenza necessaria.

Art. 37.

Costruiti i casseri per il getto del conglomerato, si dispongono con la massima cura le armature metalliche nella posizione progettata, legandole agli incroci con filo di ferro e tenendole in posto mediante puntelli e sostegni provvisori. I ferri sporchi, untì e notevolmente arrugginiti, devono essere accuratamente puliti prima della collocazione in opera.

Nei punti d'interruzione i ferri devono essere sovrapposti per una lunghezza di almeno 40 diametri, ripiegandoli ad uncino alle estremità, oppure riuniti con manicotto filettato o con saldatura elettrica.

Tali interruzioni devono essere sfalsate e trovarsi nelle regioni di minore sollecitazione: è necessario che

la maggior parte delle armature principali raggiunga la zona degli appoggi e sia convenientemente ancorata nella zona compressa.

Nelle membrature tese le giunzioni devono essere fatte soltanto col manicotto filettato.

Le barre devono essere piegate alle estremità ad uncino a semicerchio con una luce interna uguale a cinque volte il diametro del tondino.

I ferri piegati devono presentare nel punto di piegatura un raccordo curvo avente un raggio uguale a 10 volte il diametro della barra.

Qualsiasi superficie metallica deve distare dalle faccie esterne del conglomerato di almeno cm. 0,8 se si tratta di soletta, e di cm. 2 se trattasi di nervatura. Fra le superficie delle barre di ferro vi deve essere in ogni direzione una distanza uguale almeno al diametro delle medesime ed in ogni caso non inferiore a cm. 2.

Art. 38

In presenza di salsedine marina o di emanazioni gassose nocive alla costruzione, la distanza minima delle superfici metalliche dalle faccie esterne del conglomerato dev'essere almeno di cm. 3,5 e lo strato esterno del conglomerato rivestente i ferri dev'essere impermeabile.

Art. 39.

Per assicurare la compartecipazione della soletta alla inflessione delle nervature principali occorrono barre di ricoprimento disposte perpendicolarmente all'asse delle nervature stesse ed abbastanza vicine fra loro, qualora quelle già previste nel solaio non bastino.

Le staffe delle nervature devono essere ampiamente rivoltate nelle solette compartecipanti.

Art. 40.

Prima di procedere al getto del conglomerato, occorre verificare che l'armatura corrisponda esattamente alle indicazioni del progetto, e che si sia provveduto a fissarla stabilmente in modo di assicurare l'invariabilità della posizione dei ferri durante la battitura del conglomerato.

Il conglomerato deve avvolgere completamente i ferri e per raggiungere tale scopo essi devono essere spalmati con boiaccia di cemento immediatamente prima del getto.

Art. 41.

Il conglomerato viene messo in opera subito dopo eseguito l'impasto, a strati di spessore non maggiore di cm. 15; deve essere ben battuto con pestelli di appropriata forma e peso, od eventualmente vibrato.

Nelle riprese di lavoro, se il conglomerato gettato è ancora molle, se ne spalma la superficie con boiaccia di cemento; se è già indurito, prima della detta spalmatura si rimette al vivo la superficie rendendola scabra e lavandola con acqua, in modo da assicurare il collegamento con la ripresa del getto.

Nei casseri dei pilastri si lascerà uno sportello al piede, che permetta di pulire la base e di mettersi uno strato di malta ricca di cemento prima di iniziare il getto del pilastro, affinché questo non rimanga indebolito al piede.

Art. 42.

È vietato mettere in opera il conglomerato a temperatura inferiore a zero gradi centigradi. Soltanto il conglomerato di cemento alluminoso può essere messo in opera a temperatura minore di zero, ma non più bassa di -10° ; gli impasti però devono essere eseguiti con materiali aventi temperatura superiore a zero gradi.

Art. 13.

Nelle costruzioni esposte a notevoli variazioni di temperatura si devono prendere, durante l'esecuzione, le opportune disposizioni per evitare gli inconvenienti che ne possono derivare.

Art. 44.

Le opere di conglomerato armato, fino a sufficiente maturazione, cioè per un periodo di tempo da 8 a 14 giorni, devono essere periodicamente inaffiate e, ricoperte di sabbia o di tela, mantenute umide. Ove occorra, devono essere più efficacemente protette contro le vicende meteoriche, dai raggi solari specialmente nella stagione estiva e dal gelo durante l'inverno.

Le opere di conglomerato di cemento alluminoso devono essere confezionate a temperatura non superiore a 30° , sia nell'ambiente sia nei materiali componenti, e speciali precauzioni devono prendersi perchè non rimangano esposte a temperature troppo elevate.

Art. 45.

Nella confezione del conglomerato di cemento alluminoso si deve eliminare in modo assoluto qualsiasi inclusione di calce e di cemento di altra specie, provvedendo ad una rigorosa pulizia e lavatura preventiva di attrezzi, meccanismi, piani per impasti e mezzi di trasporto.

Art. 46.

Le armature in legname devono essere sufficientemente rigide per resistere, senza apprezzabili deformazioni, al peso proprio della costruzione ed alle vibrazioni prodotte dalla battitura del conglomerato. Esse devono essere costruite in modo che, al momento del primo disarmo, rimanendo in posto i necessari puntelli, possano essere rimosse, senza pericolo di danneggiare l'opera, le sponde dei casseri ed altre parti non essenziali alla stabilità.

Quando la portata delle membrature principali oltrepassi m. 6, devono disporsi sotto le casseforme, o sotto i puntelli, opportuni cunei di disarmo.

Art. 47.

Nessuna opera in conglomerato armato deve essere soggetta al passaggio diretto degli operai e mezzi di opera, prima che abbia raggiunto un sufficiente grado di maturazione.

È proibito caricare o mettere in esercizio comunque le strutture che non siano ancora sufficientemente stabilizzate.

Art. 48.

Non si procede ad alcun disarmo prima di aver accertato che il conglomerato abbia raggiunto un grado sufficiente di maturazione.

Nelle migliori condizioni atmosferiche e con conglomerato di cemento a lenta presa idraulico normale

(Portland), d'alto forno e pozzolanico non si devono rimuovere prima di 5 giorni le sponde dei casseri delle travi e quelle dei pilastri. Non si procede al disarmo prima di 10 giorni per le solette e non prima di un mese per i puntelli delle nervature.

Le opere di notevole portata e di grandi dimensioni, come pure quelle destinate per coperture, le quali dopo il disarmo possono trovarsi esposte subito al carico assunto nel calcolo, si devono lasciare armate per un tempo maggiore, da indicarsi fra le modalità del progetto.

Il disarmo delle strutture eseguite con conglomerato di cemento ad alta resistenza può essere fatto dopo trascorso almeno lo spazio di tempo appresso indicato:

1) sponde dei casseri delle travi e dei pilastri: 48 ore;

2) armature di solette: 4 giorni;

3) puntelli delle travi e delle solette di grande portata: 8 giorni.

Il disarmo delle strutture eseguite con conglomerato di cemento alluminoso può essere fatto dopo trascorso almeno lo spazio di tempo appresso indicato:

1) sponde dei casseri delle travi e dei pilastri: 36 ore;

2) armatura di solette: 3 giorni;

3) puntelli delle travi e delle solette di grande portata: 5 giorni.

Nelle stagioni eccezionalmente contrarie alla buona maturazione del conglomerato il tempo prescritto per il disarmo deve essere convenientemente aumentato. Ciò va detto in particolar modo per quelle opere che durante la costruzione fossero state colpite dal gelo, per le quali dopo accertato l'avvenuto disgelo senza deterioramento della massa del conglomerato, deve lasciarsi trascorrere prima del disarmo tutto intero il periodo di tempo sopra indicato.

In ogni caso, prima di procedere alla rimozione delle armature di legname, da effettuarsi in modo che la costruzione non riceva urti, scuotimenti o vibrazioni, occorre verificare accuratamente che il conglomerato abbia fatto buona presa.

Art. 49.

Nel cantiere dei lavori, a cura del direttore, deve tenersi un registro, nel quale siano indicate le date

dell'ultimazione del getto delle varie parti dell'opera, la quantità del cemento impiegato e tutte le eventualità degne di nota verificatesi durante la costruzione.

CAPO V.

NORME DI COLLAUDO.

Art. 50.

Il direttore dei lavori ha l'obbligo di allegare ai documenti di collaudo, dopo averne dato visione al costruttore, i certificati delle prove eseguite a norma delle disposizioni contenute nel Capo II.

Art. 51.

Le operazioni di collaudo consistono nel controllare la perfetta esecuzione del lavoro e la sua corrispondenza con i dati del progetto, nell'eseguire prove di carico e nel compiere ogni altra indagine che il collaudatore ritenga necessaria.

Le prove di carico hanno luogo di regola non prima di 50 giorni dall'ultimazione del getto per i conglomerati di cemento idraulico normale (Portland), di alto forno e pozzolanico, non prima di 30 giorni per i conglomerati di cemento alluminoso, e si effettuano a stagionatura più o meno avanzata secondo la portata delle diverse parti e la importanza dei carichi.

Nelle prove la costruzione deve essere possibilmente caricata nei modi previsti nella progettazione ed in generale in modo tale da determinare le massime tensioni o le massime deformazioni.

La lettura degli apparecchi di misura (flessimetri od estensimetri) sotto carico dev'essere ripetuta fino a che non si verifichino ulteriori aumenti nelle indicazioni.

La lettura delle deformazioni permanenti dopo la rimozione del carico, dev'essere ugualmente ripetuta fino a che non si verifichino ulteriori ritorni.

Qualora si riscontrino deformazioni permanenti notevoli, la prova di carico dev'essere ripetuta per constatare il comportamento elastico della struttura.

Il confronto tra le deformazioni elastiche (consistenti nelle differenze tra le deformazioni massime e le perma-

nenti) e le corrispondenti deformazioni calcolate in base all'art. 34, fornisce al collaudatore un criterio di giudizio sulla stabilità dell'opera.

Art. 52.

È vietato assoggettare a carico, sia pure transitorio, una costruzione di conglomerato prima che sia stata soggetta a prova.

Allegato A.

ELENCO DEI LABORATORI UFFICIALI.

Laboratori sperimentali annessi alle cattedre di Scienze delle costruzioni:

del R. Istituto Superiore d'ingegneria (Politecnico) di Torino;

del R. Istituto Superiore d'ingegneria (Politecnico) di Milano;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Padova;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Genova;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Bologna;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Pisa;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Roma;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Napoli;

della facoltà d'ingegneria della R. Università di Palermo;

laboratorio del R. Istituto Sperimentale delle Comunicazioni (Sezione Ferroviaria).

CIRCOLARE n. 1472 in data 23 maggio 1957 del Ministero dei Lavori Pubblici - Consiglio Superiore.

Armatura delle strutture in cemento armato.

Per conoscenza e norma si trascrive il testo dell'articolo delle « Norme sui leganti idraulici », riguardante le armature delle strutture in cemento armato, in corso di elaborazione da parte della apposita Commissione Tecnica del Consiglio Nazionale delle Ricerche:

« Per tutte le armature delle strutture in cemento armato possono essere impiegati soltanto acciai Aq. 42, Aq. 50, Aq. 60 (UNI T. 743) sia in tondo, sia di forma speciale.

« Per gli acciai in tondo, la tensione non deve superare il 50% del carico di snervamento e, in ogni caso, i valori indicati nella tabella III.

Tabella III

Aq. 42	1400 Kg/cm ²
Aq. 50	1600 Kg/cm ² ⁽¹⁾
Aq. 60	1800 Kg/cm ² ⁽¹⁾

« Per gli acciai di forma speciale ad aderenza migliorata (ritorti, sagomati, ecc.) la tensione ammissibile non deve superare il 50% del carico di snervamento nè il 40% del carico di rottura con la condizione che l'allungamento di rottura non sia inferiore al 12%.

« La tensione ammissibile per detti acciai non deve inoltre superare il valore di 2200 Kg/cm².

⁽¹⁾ Per diametri non superiori a 30 mm. Purchè si impieghi conglomerato almeno di classe R. 200 nel caso di sezione rettangolare, conglomerato almeno di classe R. 250 nel caso di sezione a T.

« Si potrà superare tale valore fino a un massimo di 2400 Kg/cm^2 soltanto se nei calcoli si debba anche tener conto degli effetti delle variazioni termiche e del ritiro e se la eventuale fessurazione del conglomerato non risulti di pregiudizio all'opera. In questo caso occorre sempre verificare che il valore di 2200 Kg/cm^2 non sia superato quando si prescinda da tali effetti.

« Per tensioni fino a 2200 Kg/cm^2 si dovrà impiegare conglomerato almeno di classe R. 250. Per tensioni fra $2200 \div 2400 \text{ Kg/cm}^2$ si dovrà impiegare conglomerato di classe R. 350.

« Nelle giunzioni dei ferri:

— se effettuate per saldature si dovrà considerare una riduzione della sezione resistente in conformità alle norme in vigore sulle saldature;

— se effettuate con manicotto filettato, la tensione nel nucleo non dovrà superare quella ammissibile nella barra fuori della filettatura ».

Tali prescrizioni dovranno essere considerate valide a tutti gli effetti fino a che non sarà emanato ufficialmente il testo definitivo delle « Norme sui leganti idraulici ».

Tutte le prescrizioni date con precedenti circolari su tale materia sono abrogate.

IL PRESIDENTE GENERALE

Prof. Dott. Ing. LUIGI GRECO

CIRCOLARE n. 1547 in data 17 maggio 1965 del Ministero dei Lavori Pubblici - Presidenza del Consiglio Superiore - Servizio Tecnico Centrale.

Caratteristiche e modalità d'impiego nel cemento armato degli acciai ad aderenza migliorata.

Con circolare in data 23-5-1957 n. 1472 vennero date fra l'altro disposizioni sull'impiego nel cemento armato dell'acciaio ad aderenza migliorata, non menzionato

nelle norme di legge tuttora vigenti - R.D. 16-11-1939, n. 2229.

Tenuto conto delle esperienze e degli studi più recenti ed in particolare di quelli effettuati dal Consiglio Nazionale delle ricerche, sentito il parere del Consiglio Superiore, espresso con voto n. 2440/149 nell'adunanza della I^a Sezione in data 15-2-1965, si impartiscono al riguardo le seguenti disposizioni aggiornate, da osservarsi da parte degli Uffici dipendenti nell'esecuzione dei lavori e da inserire nei capitolati speciali di appalto.

Gli acciai ad aderenza migliorata si differenziano dagli acciai tondi per cemento armato per particolarità di forma atte ad aumentarne l'aderenza col conglomerato cementizio e si classificano in due categorie:

A) acciai ad aderenza migliorata normali;

B) acciai ad aderenza migliorata speciali.

I requisiti di accettazione richiesti per l'impiego nel cemento armato degli acciai suddetti sono i seguenti:

1) Allungamento a rottura misurato su 10 diametri (diametro della barra tonda equipesante) non inferiore al 12% per la categoria A) ed al 10% per la categoria B).

2) Piegamento a freddo almeno per mezzo giro intorno ad un cilindro di diametro quadruplo di quello della barra in esame senza che si verifichino fenditure.

Per l'acciaio della categoria B) si richiede inoltre il piegamento a freddo almeno per un ottavo di giro intorno ad un tondo di raggio quadruplo di quello della barra provata e raddrizzamento a freddo fino a ridurre a metà la curvatura corrispondente al piegamento precedente. Dopo la prova il campione non deve presentare fenditure.

3) Esito positivo di prove di fessurazione nel conglomerato.

Tali prove consistono nel sottoporre a flessione travi uguali (nelle dimensioni e tipo del conglomerato, nelle armature di acciaio e nelle staffature) ma con armature longitudinali rispettivamente in acciaio ad aderenza migliorata e in acciaio liscio Aq 50, e nel confrontare le fenditure prodottesi nella zona media, priva di staffe, delle due travi.

Si suggeriscono per dette prove travi con sezione a T di 35 cm. di altezza e con spessore di 10 m. per la nervatura e la soletta.

La larghezza della soletta (da 35 a 55 centimetri) sarà adeguata all'area dell'armatura tesa.

Le travi di prova saranno preparate, conservate e provate in identiche condizioni su semplici appoggi e con due carichi concentrati simmetrici in modo da ripartire in tre parti uguali la luce.

Il conglomerato all'atto della prova deve presentare resistenza cubica di 350 Kg/cm².

L'esito delle prove di fessurazione si riterrà positivo quando le fenditure, nel tratto delle travi compreso fra i due carichi, alla tensione di 2200 Kg/cm² per l'acciaio della categoria A) e di 2600 Kg/cm² per l'acciaio della categoria B), non avranno ampiezza media maggiore di quella rilevata nella trave analoga armata con acciaio liscio Aq 50 per la tensione di 1600 Kg/cm² ed inoltre l'intervallo medio delle fessure sarà inferiore a quello riscontrato nelle travi armate con acciaio liscio Aq 50.

Le prove debbono essere eseguite almeno su tre campioni della partita sottoposta ad esame di diversi diametri, opportunamente distribuiti, ivi compreso il diametro massimo.

4) La tensione ammissibile non deve superare il 50% del carico di snervamento, il 40% del carico di rottura ed in nessun caso 2200 Kg/cm² per gli acciai della categoria A) e 2600 Kg/cm² per gli acciai della categoria B).

5) È vietato l'uso di acciai della categoria A) in barre di diametro superiore a 30 mm. È vietato l'uso degli acciai della categoria B) in barre di diametro superiore a 26 mm.

6) La resistenza cubica a 28 giorni del conglomerato cementizio non deve essere inferiore a 250 Kg/cm², se si impiegano acciai della categoria A), e non inferiore a 350 Kg/cm², se si impiegano acciai della categoria B).

IL PRESIDENTE
Dott. Ing. F. Biraghi

CIRCOLARE n. 5226 in data 15 ottobre 1968 del Ministero dei L.L. P.P. - Presidenza del Consiglio Superiore. Servizio Tecnico Centarle.

Acciai ad aderenza migliorata per calcestruzzo armato.

Con circolare in data 23-5-1957 n. 1472 vennero date tra l'altro disposizioni sull'impiego nel cemento armato dell'acciaio ad aderenza migliorata, non menzionate nelle norme di legge tuttora vigenti - R.D. 16-11-1939, n. 2229.

Con circolare in data 17-5-1965 n. 1547 vennero date istruzioni sulle caratteristiche e modalità d'impiego degli acciai ad aderenza migliorata ed in particolare sui limiti della tensione ammissibile σ_a rispetto a quella che si verifica sia allo snervamento σ_s sia alla rottura σ_r .

Essendo sorte alcune perplessità nella pratica determinazione dei citati limiti sia allo snervamento che alla rottura, con circolare in data 11-9-1967 n. 3525, vennero date nuove istruzioni a delucidazione e sviluppo di quelle contenute al punto 4) della circolare precedente dianzi citata.

Tenuto conto delle esperienze e degli studi più recenti ed in particolare di quelli effettuati dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, sentito il parere del Consiglio Superiore dei L.L.P.P. espresso con voto n. 1152 nella adunanza della I^a Sezione in data 16-9-1968, si impartiscono al riguardo le seguenti disposizioni aggiornate, da osservarsi da parte degli Uffici dipendenti nell'esecuzione dei lavori e da inserire nei capitolati speciali di appalto.

1) DEFINIZIONI E SCOPI.

Gli acciai ad aderenza migliorata si differenziano dagli acciai tondi per cemento armato per particolarità di forma atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio. Essi sono caratterizzati dal numero \varnothing della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che il peso specifico dell'acciaio sia pari a 7,85.

2) CONTROLLI DI DUTTILITÀ.

A seconda delle condizioni d'impiego definite in appresso, gli acciai ad aderenza migliorata devono rispondere alle caratteristiche di cui al seguente prospetto I.

PROSPETTO I

Categoria	C	D
Allungamento percentuale a rottura su 5ϕ , A_5 in % . . .	≥ 14	≥ 12
Per $\phi \leq 12$ mm, piegamento a 180° a freddo su $d =$. . .	3ϕ	4ϕ
Per $12 < \phi \leq 18$ piegamento e raddrizzamento su $d =$. . .	7ϕ	8ϕ
Per $18 < \phi \leq 26$ piegamento e raddrizzamento su $d =$. . .	9ϕ	10ϕ
Per $26 < \phi \leq 30$ piegamento e raddrizzamento su $d =$. . .	11ϕ	—

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue piegando la provetta a 90° , mantenendola poi per mezz'ora in acqua bollente, e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al raddrizzamento per almeno 20° . Le operazioni di piega e raddrizzamento si eseguono a temperatura ambiente. Dopo la prova il campione non deve presentare fenditure.

3) CONTROLLO DELL'ADERENZA AL CONGLOMERATO.

Le barre ad aderenza migliorata devono superare con esito positivo prove di aderenza effettuate secondo il metodo beam-test, progetto RILEM, da eseguirsi con le modalità specificate in allegato presso uno dei Laboratori Ufficiali dello Stato inclusi nell'elenco di cui al 2° cpv. dell'articolo unico della legge 7-2-1968, n. 95.

Nel Certificato di Prova devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature.

Le prove devono essere estese ad almeno tre diametri scelti come segue:

uno nell'intervallo $6 \leq \phi \leq 10$ mm

uno nell'intervallo $12 \leq \phi \leq 18$ mm

uno nell'intervallo $20 \leq \phi \leq \phi \text{ max.}$

Non sarà richiesta la ripetizione delle prove di aderenza per le singole partite, quando si possa dimostrare che caratteristiche del profilo e misure geometriche dei risalti siano equivalenti, ai fini dell'aderenza, a quelle della serie delle barre della stessa categoria di diametri che abbiano superato la prova stessa con esito positivo. Il valore della tensione di aderenza, desunto dalla prova, come media dei risultati ottenuti sperimentando quattro travi per ogni diametro, dovrà rispettare le condizioni:

$$\tau_m \geq 80 - 1,2 \phi$$

$$\tau_r \geq 130 - 1,9 \phi$$

(ϕ espresso in mm, τ_m e τ_r in kg/cm^2), ove per τ_m si intende la media delle tensioni di aderenza $\tau_{0,01}$, $\tau_{0,1}$ e τ_1 corrispondenti rispettivamente a scorrimenti di 0,01; 0,1 e 1 mm, e per τ_r si intende la tensione massima di aderenza.

4) RESISTENZA A TRAZIONE E TENSIONI AMMISSIBILI.

La resistenza a trazione è caratterizzata dai valori delle tensioni di snervamento e rottura σ_s , σ_r . Per gli acciai deformati a freddo la tensione σ_s viene sostituita dalla tensione $\sigma_{0,2}$, cui corrisponde una deformazione residua dello 0,2%, e le caratteristiche $\sigma_{0,2}$, σ_r , A_5 s'intendono determinate su provette mantenute per mezz'ora a 250° e successivamente raffreddate in aria.

4.1) CONTROLLI IN CANTIERE O DEPOSITO.

La determinazione della tensione di snervamento e della tensione di rottura viene effettuata di regola su cinque campioni prelevati a caso da ogni partita in cantiere o deposito. Su tutti i campioni si effettua anche

la determinazione dell'allungamento e la prova di piega (o piegamento e raddrizzamento).

Le operazioni suddette vengono peraltro ripetute su tre diametri diversi, scelti ciascuno in uno dei tre gruppi di diametri da 6 a 10 mm; da 12 a 18 mm; da 20 mm in su.

Indicando con:

$$(1) \quad \sigma_{m5s} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=5} \sigma_{is} \quad ; \quad \sigma_{m5r} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=5} \sigma_{ir}$$

le medie dei 5 valori delle tensioni di snervamento e rottura, e con:

$$(2) \quad \delta_{5s} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=5} (\sigma_{is} - \sigma_{m5s})^2}$$

$$\delta_{5r} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=5} (\sigma_{ir} - \sigma_{m5r})^2}$$

gli scarti quadratici medi corrispondenti, si procede al calcolo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura definite dalle espressioni:

$$(3) \quad \sigma_{k5s} = \sigma_{m5s} - 1,5 \delta_{5s}$$

$$\sigma_{k5r} = \sigma_{m5r} - 1,5 \delta_{5r}$$

Si stabilisce che nelle verifiche effettuate col metodo elastico classico la tensione ammissibile σ_a deve soddisfare le seguenti condizioni:

$$(4) \quad \sigma_a = 0,50 \sigma_{k5s}$$

$$\sigma_a = 0,40 \sigma_{k5r}$$

Qualora gli scarti quadratici medi calcolati in base alle formule (2) risultino inferiori al 4% del corrispondente valore medio, gli scarti presi in conto nelle for-

mule (3) non possono essere rispettivamente inferiori a $0,04 \sigma_{m5s}$, $0,04 \sigma_{m5r}$.

4.2) CONTROLLI IN STABILIMENTO.

Qualora i produttori richiedano di loro iniziativa di sottoporsi, presso i loro stabilimenti di produzione, a prove a carattere statistico, eseguite a cura di un Laboratorio Ufficiale, si applicano le seguenti modalità.

4.2.1) Controlli sistematici.

4.2.1.1) Prove di qualificazione.

Prelievo senza preavviso, presso lo Stabilimento di produzione, da parte del Laboratorio Ufficiale, di serie di 25 campioni, ricavati da cinque diverse colate, cinque per ogni colata. L'operazione viene ripetuta su tre diametri diversi, scelti nei tre gruppi dianzi definiti. Su tali campioni vengono determinati, a cura del Laboratorio Ufficiale, i valori delle tensioni di snervamento e rottura σ_s , σ_r , l'allungamento A_5 ed effettuate le prove di piega.

Indicando con:

$$(5) \quad \sigma_{m25s} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{i=25} \sigma_{is}$$

$$\sigma_{m25r} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{i=25} \sigma_{ir}$$

le medie dei valori delle tensioni di snervamento e rottura, e con:

$$(6) \quad \delta_{25s} = \sqrt{\frac{1}{24} \sum_{i=1}^{i=25} (\sigma_{is} - \sigma_{m25s})^2}$$

$$\delta_{25r} = \sqrt{\frac{1}{24} \sum_{i=1}^{i=25} (\sigma_{ir} - \sigma_{m25r})^2}$$

gli scarti quadratici medi corrispondenti, si procede al calcolo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura definite dalle espressioni:

$$(7) \quad \begin{aligned} \sigma_{k25s} &= \sigma_{m25s} - 2,5 \delta_{25s} \\ \sigma_{k25r} &= \sigma_{m25r} - 2,5 \delta_{25r} \end{aligned}$$

4.2.1.2) Prove di verifica della qualità.

Effettuazione di controlli saltuari, a cura del Laboratorio Ufficiale, ad intervalli non superiori ad un mese, su tre serie di 5 campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro scelto entro ciascuno dei gruppi di diametri suddetti, e provenienti da una stessa colata. Su tale serie il Laboratorio effettua le prove di trazione e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono introdotti nelle quattro precedenti espressioni (5), (6), le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque campioni facenti parte dello stesso gruppo di diametri da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi introdotti nelle espressioni (7) per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti.

4.2.2) Controlli su singole colate.

Qualora i produttori richiedano di loro iniziativa di sottoporsi, presso i loro stabilimenti di produzione, a prove su singole colate eseguite a cura di un Laboratorio Ufficiale su laminati da esse provenienti, contraddistinti in modo inequivocabile, si preleveranno, per ogni colata, e per ciascun gruppo di diametri da essa ricavati, n. 25 campioni e si determineranno le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura in base alle espressioni (7).

Le prove su singole colate di cui sopra potranno essere effettuate soltanto presso stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al punto 4.2.1.

4.2.3) TENSIONI AMMISSIBILI PER CONTROLLI SISTEMATICI IN STABILIMENTO.

Per acciai controllati in stabilimento secondo le modalità suddette, i valori delle tensioni ammissibili da introdursi nel calcolo elastico classico devono soddisfare le condizioni:

$$(8) \quad \begin{aligned} \sigma_a &= 0,60 \sigma_{k25s} \\ \sigma_a &= 0,48 \sigma_{k25r} \end{aligned}$$

4.2.4) VERIFICA IN CANTIERE DI ARMATURE GIÀ CONTROLLATE IN STABILIMENTO.

Qualora in cantiere si possa individuare in modo incontrovertibile l'origine del materiale, potranno essere effettuate a cura di un Laboratorio Ufficiale verifiche in cantiere su serie di n. 5 campioni ciascuna, prelevate da un diametro scelto entro i gruppi suddetti. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura saranno ritenuti soddisfacenti, ai fini dell'applicazione delle formule (8), se si avrà rispettivamente:

$$(9) \quad \begin{aligned} \sigma_{mns} - 1,50 \left(1 + \frac{n}{37,50}\right) \cdot \delta_{ns} &\geq \sigma_{k25s} \\ \sigma_{mnr} - 1,50 \left(1 + \frac{n}{37,50}\right) \cdot \delta_{nr} &\geq \sigma_{k25r} \end{aligned}$$

dove σ_{mns} , σ_{mnr} e δ_{ns} , δ_{nr} sono rispettivamente le medie e gli scarti quadratici medi, delle tensioni di snervamento e rottura, ricavate nelle 5 prove suddette.

Qualora la condizione (9) non risultasse soddisfatta, si potrà estendere l'indagine mediante ulteriori prelievi di serie di 5 campioni per gruppo di diametri, fino ad un massimo di 25 campioni.

Se le ineguaglianze (9) non fossero ancora soddisfatte, i corrispondenti primi termini sostituiranno i valori caratteristici σ_{k25s} e σ_{k25r} da introdursi nelle (8).

5) CONDIZIONI D'IMPIEGO.

Nel caso di controlli in cantiere o deposito, di cui al precedente paragrafo 4.1, la massima tensione ammis-

sibile non potrà comunque superare 2200 kg/cm².

Nel caso di controlli sistematici in stabilimento, di cui al precedente paragrafo 4.2, la massima tensione ammissibile non potrà comunque superare 2600 kg/cm², e ciascuna fornitura dovrà essere corredata da una copia di certificati corrispondenti, la cui data di prelevamento, nel caso di controlli sistematici, non dovrà essere anteriore a 3 mesi.

Per tensioni ammissibili comprese entro 2200 kg/cm², si deve impiegare conglomerato di classe R. 250 o superiore; non possono essere usate barre di diametro superiore a 30 mm.

PROSPETTO 2

1	2	3	4	5
Diametro nominale mm	Peso nominale kg/m	Sezione nominale mm ²	Tolle- ranze ammes. %	Peso minimo kg/m
6	0,221.95	28,274	± 10	0,199.76
8	0,394.59	50,266	± 8	0,363.02
10	0,616.54	78,540	± 8	0,567.22
12	0,887.81	113,097	± 8	0,816.79
14	1,208.41	153,938	± 6	1,135.91
16	1,578.34	201,062	± 6	1,483.64
18	1,997.58	254,469	± 6	1,877.73
20	2,466.15	314,159	± 6	2,318.18
22	2,904.04	380,133	± 5	2,834.84
24	3,551.25	452,389	± 5	3,373.69
26	4,167.79	530,929	± 5	3,959.40
28	4,833.65	615,752	± 5	4,591.97
30	5,548.84	706,858	± 5	5,271.40

Per tensioni ammissibili superiori a 2200 kg/cm², si deve impiegare calcestruzzo di classe R. 350 o superiore; non possono essere usate barre di diametro superiore a 26 mm.

Acciai che, in base alle prove risultino atti a venire impiegati per tensioni ammissibili comprese entro 2200 kg/cm², dovranno soddisfare le caratteristiche di duttilità di cui alla categoria C del Prospetto 1. Acciai

che risultino atti a venire impiegati per tensioni ammissibili superiori a 2200 kg/cm² dovranno soddisfare le caratteristiche di duttilità di cui alla categoria D del prospetto 1.

6) TOLLERANZE.

Nei calcoli statici dovranno essere di norma adottate le sezioni nominali e le sezioni effettive non potranno risultare inferiori al 98% di quelle nominali.

Qualora le sezioni effettive risultassero inferiori, nei calcoli statici non potranno essere adottate le sezioni nominali, ma bensì quelle effettive.

Non potranno comunque essere impiegate armature che non rispettino il peso minimo di cui alla 5^a colonna dell'unito prospetto 2, pesi che corrispondono alle tolleranze di cui alla 4^a colonna dello stesso prospetto.

Le tolleranze dovranno essere certificate dai Laboratori di cui al punto 4.2.1.1.

IL PRESIDENTE GENERALE

Dott. Ing. ANTONIO FRANCO

ALLEGATO

Prova di aderenza secondo il metodo « beam-test » progetto RILEM.

1) PRINCIPIO DELLA PROVA.

Una trave di prova, costituita da due blocchi parallelepipedi in calcestruzzo armato, collegati nella loro parte inferiore dalla barra di cui si studia l'aderenza, e nella parte superiore da una cerniera d'acciaio, è sollecitata a flessione semplice da due forze uguali e simmetriche, rispetto alla sezione mediana della trave (fig. 1 e 2).

Durante la messa in carico, che è proseguita fino alla totale rottura dell'aderenza in ciascuna delle due semitravi, si procede alla misurazione degli scorrimenti delle due estremità della barra.

Ciascun saggio fornisce così due risultati, cioè due curve di scorrimento della barra in funzione del carico applicato alla trave.

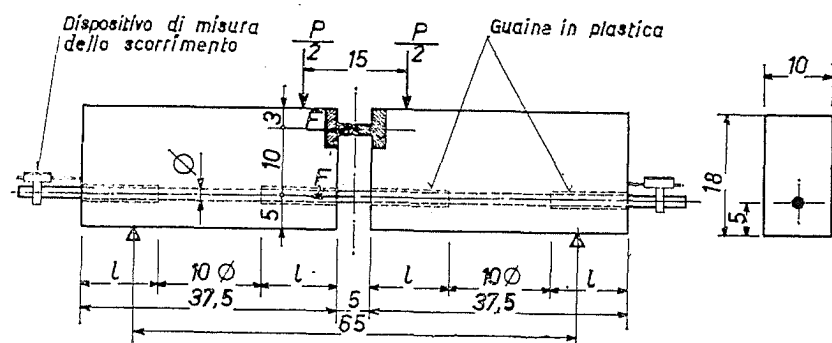


Fig. 1. - Provetta tipo A ($\phi < 16$ mm).

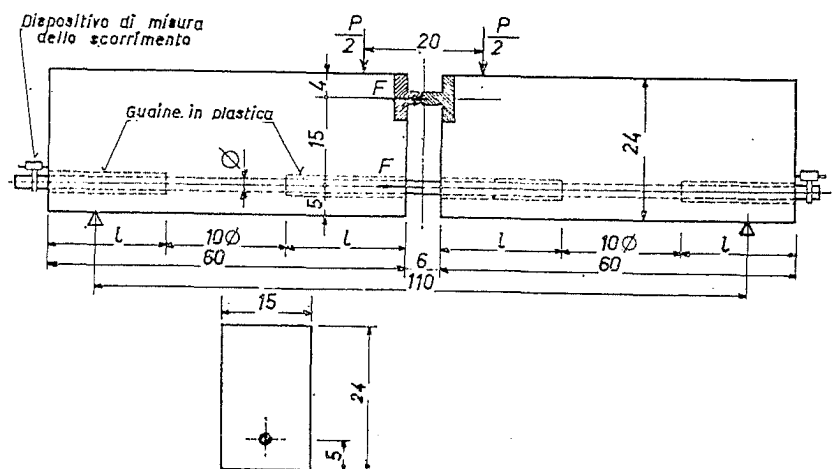


Fig. 2. - Provetta tipo B ($\phi \geq 16$ mm).

2) DIMENSIONI DELLE TRAVI DI PROVA (figure 1 e 2).

Le dimensioni delle travi di prova, o provette, variano con il diametro delle barre studiate.

Le provette del tipo A (fig. 1) sono utilizzate per le barre di diametro inferiore a 16 mm.

Le provette del tipo B (fig. 2) sono utilizzate per le barre di diametro uguale o superiore a 16 mm.

Le figg. 1 e 2, come pure la Tab. 1, mostrano le dimensioni dei due tipi di provette, e al tempo stesso la distanza tra i carichi e i sostegni.

Tab. 1 - DIMENSIONI DELLE PROVETTE.

	Tipo A	Tipo B
Diametro delle barre ϕ in mm	< 16	≥ 16
Lunghezza di aderenza (l_d)	10ϕ	10ϕ
Spessore dei blocchi di calcestruzzo cm	10	15
Altezza dei blocchi di calcestruzzo cm	18	24
Lunghezza dei blocchi di calcestruzzo cm	37,5	60
Distanza dei blocchi di calcestruzzo cm	5	6
Lunghezza totale delle travi cm	80	126
Lunghezza delle barre di prova cm	100	150
Distanza tra l'asse della barra e l'asse della cerniera . . cm	10	15
Distanza tra l'asse della barra e la faccia inferiore della trave cm	5	5
Distanza fra i carichi cm	15	20
Distanza fra i sostegni cm	65	100
Dimensione delle cerniere metalliche	vedi fig. 5 a	vedi fig. 6 b

3) ARMATURA AUSILIARE DELLE PROVETTE (figg. 3 e 4).

L'armatura ausiliare delle provette è realizzata per mezzo di barre lisce di acciaio dolce. Le figg. 3 e 4 mostrano il dettaglio dell'armatura per i due tipi di travi. Le estremità delle staffe verranno collegate mediante idonea saldatura atta ad impedirne l'apertura.

4) PREPARAZIONE DELLA BARRA DI PROVA.

La barra di prova deve trovarsi allo stato grezzo di laminazione, priva di calamina non aderente, senza traccia di ruggine e accuratamente sgrassata.

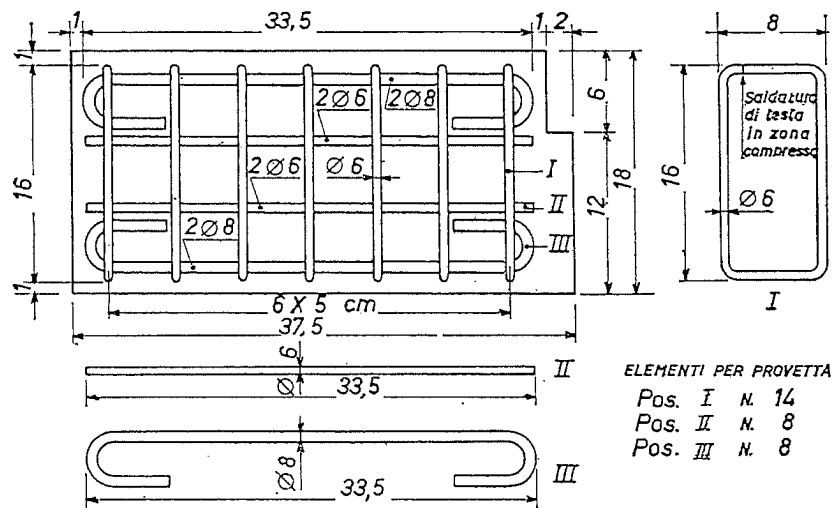


Fig. 3. - Armatura provetta tipo A.

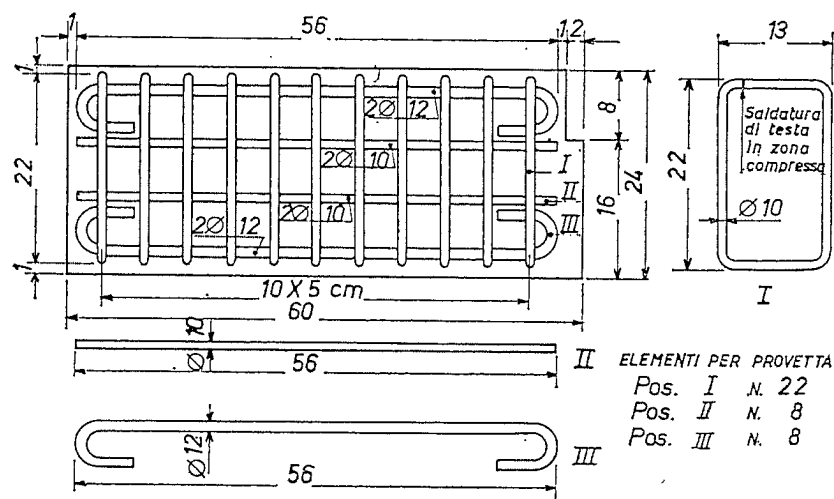


Fig. 4. - Armatura provetta tipo B.

La lunghezza di aderenza imposta per la prova è pari a 10 volte il diametro nominale della barra; tale lun-

hezza di aderenza è localizzata nella zona centrale dei due blocchi di calcestruzzo.

Al di fuori di queste due zone, la barra è ricoperta con manicotti lisci in materia plastica, destinati a sopprimere completamente l'aderenza della barra al calcestruzzo.

5) CONFEZIONE DELLE PROVETTE.

5.1) COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO.

Il calcestruzzo deve essere costituito di ghiaia non frantumata di diametro nominale di $5 \div 15$ o $4 \div 16$, di sabbia di diametro nominale $0 \div 2$, di cemento tipo Portland 730. Il rapporto acqua/cemento deve essere pari a 0,60.

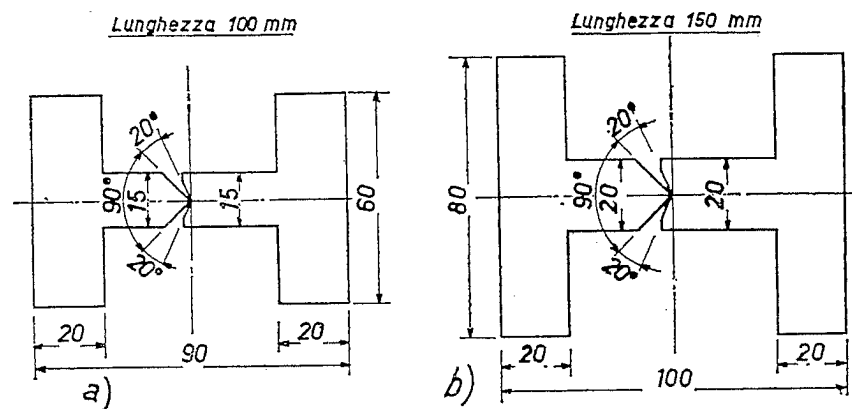


Fig. 5. - Cerniere per provetta: a) tipo A - b) tipo B.

Le curve granulometriche della ghiaia e della sabbia devono essere comprese entro i limiti indicati nella fig. 6.

La composizione del calcestruzzo deve essere la seguente:

— Ghiaia ($5 \div 15$ o $4 \div 16$)	= 1300 kg
— Sabbia ($0 \div 2$)	= 660 kg (*)
— Cemento tipo 730	= 250 kg
— Acqua ($A/C = 0,60$)	= 150 litri

(*) O volume corrispondente ottenuto ponendo uguale a 1,600 kg/l il peso specifico teorico della sabbia considerata (naturale del Reno).

5.2) IMPASTO DEL CALCESTRUZZO.

La mescolanza dei componenti del calcestruzzo deve essere fatta meccanicamente, e di preferenza in una impastatrice ad asse verticale.

La durata della miscelazione sarà di 3 minuti almeno per i componenti secchi e di altri 3 minuti dopo l'aggiunta dell'acqua.

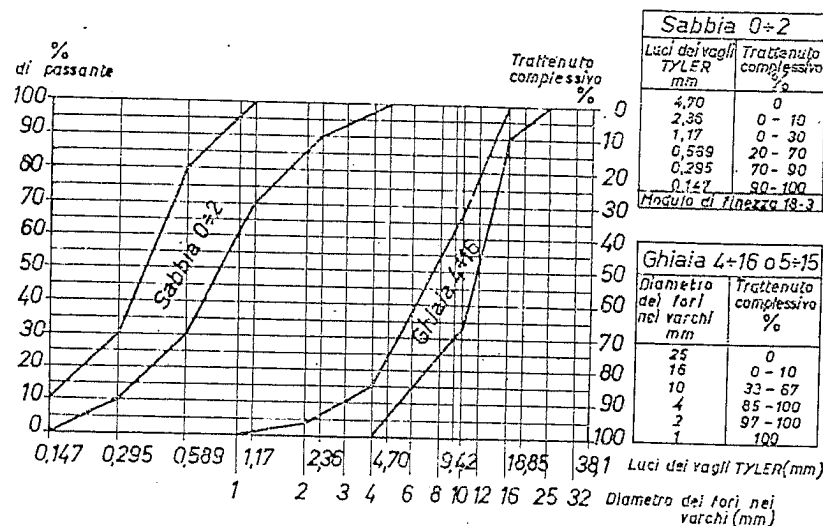


Fig. 6. - Curve granulometriche limiti.

5.3) CONFEZIONE DELLE PROVETTE.

Le provette vengono gettate coricate su un fianco entro forme metalliche, la cui altezza sia uguale allo spessore delle travi.

Il calcestruzzo deve essere gettato a strati e vibrato a mezzo di un ago vibrante con frequenza 6000 ÷ 12000 alt/min e poi liscio alla cazzuola.

5.4) SFORMATURA E CONSERVAZIONE DELLE PROVETTE.

Dopo la confezione le provette devono essere ricoperte con un foglio di materia plastica destinata ad impedire l'evaporazione dell'acqua, fino al momento della sfor-

matura, che viene effettuata dopo 3 giorni di indurimento.

Le provette sformate devono essere conservate per 25 giorni, in atmosfera controllata, ad una temperatura di 20 ± 2 °C e una umidità relativa del 75 ± 5 %.

Le operazioni di sformatura e di trasporto delle provette devono essere effettuate senza urti, evitando altresì ogni spostamento relativo dei due blocchi di calcestruzzo, che possa danneggiare l'aderenza della barra al calcestruzzo.

5.5) RESISTENZA AL CALCESTRUZZO.

La resistenza del calcestruzzo è determinata su cubi di 20 cm di lato, confezionati contemporaneamente alle provette e conservati nelle stesse condizioni.

Saranno confezionati almeno 3 cubi per ciascun impasto di calcestruzzo.

La resistenza media a 28 giorni deve essere compresa tra 250 e 300 kg/cm².

6) ESECUZIONE DELLA PROVA DI ADERENZA.

La trave di prova, appoggiata su due sostegni metallici a cerniera, è sollecitata da due carichi uguali e simmetrici, rispetto all'asse mediano della trave, applicati per mezzo di cerniere.

La messa in carico si effettua a stadi corrispondenti a tensioni σ_a nella barra pari a 400 kg/cm².

Il carico totale applicato alle provette è dato, per ciascun stadio intermedio, da una delle seguenti espressioni, in cui A è la sezione nominale della barra di prova:

$$P = \frac{A \cdot \sigma_a}{1,25} \text{ per le provette di tipo A } (\phi < 16 \text{ mm})$$

$$P = \frac{A \cdot \sigma_a}{1,50} \text{ per le provette di tipo B } (\phi \geq 16 \text{ mm})$$

L'aumento del carico da P_i a P_{i+1} si deve effettuare in mezzo minuto. Ad ogni stadio il carico verrà mante-

nuto costante fino a conseguire la stabilizzazione degli scorrimenti con un massimo di due minuti.

Gli scorrimenti sono misurati al principio e alla fine di ciascuno stadio di carico, per mezzo di comparatori ad 1/100 mm, fissati mediante staffe alle due estremità libere delle barre.

La prova viene proseguita fino alla rottura totale di aderenza della barra nelle due semi-travi, o fino alla rottura della barra stessa.

La rottura di aderenza generalmente non si produce simultaneamente nelle due semi-travi. Pertanto, quando lo scorrimento della semi-barra la cui aderenza è rotta, raggiunge 3 mm, questa semi-barra viene bloccata mediante un manicotto di serraggio, che contrasta sul calcestruzzo e impedisce ulteriori scorrimenti. La prova può allora essere continuata fino a raggiungimento di uno scorrimento di 3 mm nella seconda semi-trave.

7) RISULTATI DELLA PROVA.

7.1) CALCOLO DELLE TENSIONI DI ADERENZA.

Le curve « carico-scorrimento » relative alle due semi-travi, se non sono state registrate, possono essere tracciate per punti in base alle letture rilevate a mezzo di comparatori. Supponendo che l'aderenza sia uniformemente ripartita lungo la lunghezza di ancoraggio, se ne deduce la legge di variazione del tasso unitario d'aderenza ai vari stadi di carico. Se si indica con P il carico totale applicato alla trave di prova per un dato valore dello scorrimento, la corrispondente tensione nell'acciaio σ_a risulta da una delle due seguenti espressioni:

$$\sigma_a = \frac{1,25 P}{A}, \text{ per le provette di tipo A } (\phi < 16 \text{ mm})$$

oppure

$$\sigma_a = \frac{1,50 P}{A}, \text{ per le provette di tipo B } (\phi \geq 16 \text{ mm})$$

e la tensione di aderenza vale:

$$\tau_d = \frac{\sigma_a \cdot A}{\pi \cdot \phi \cdot l_d} = \frac{\sigma_a \cdot \pi \phi^2}{4 \cdot \pi \phi^2 \cdot 10} = \frac{\sigma_a}{40}$$

7.2) VALORI CARATTERISTICI DELLA TENSIONE DI ADERENZA.

Si considerano valori caratteristici della tensione di aderenza, desunta dalla prova, da un lato la tensione τ_m , determinata calcolando la media delle tensioni di aderenza $\tau_{0,01}$, $\tau_{0,1}$ e τ_1 corrispondenti rispettivamente a scorrimenti di 0,01; 0,1 e 1 mm, e dall'altro la tensione massima di aderenza τ_r .

Se la rottura di aderenza o la rottura della barra si verificano prima che lo scorrimento abbia raggiunto 1 mm, la tensione massima di aderenza τ_r costituisce il terzo valore da introdurre nel calcolo di τ_m .