

STIL v1.0

Gerardo Mario Verderame¹, Paolo Ricci², Marilena Esposito³

Dipartimento di Ingegneria strutturale, Università Federico II di Napoli, Italia

Appendice 1

Classificazione degli acciai da cemento armato- Evoluzione Normativa

Versione del __/__/2012

¹ verderam@unina.it

² Paolo.ricci@unina.it

³ Marilena.esposito@unina.it

Indice

Premessa	3
Regio Decreto del 10 gennaio 1907	3
Regio decreto legislativo del 16 novembre 1939 n° 2228 – 2235	4
Circolare del Ministero dei LL. PP. del 23 maggio 1957	5
Il Decreto Ministeriale del 30 Maggio 1972	7
Il Decreto Ministeriale del 30 Maggio 1974	8
Il Decreto Ministeriale del 16 Gennaio 1996	9

Premessa

I certificati di prove, costituenti il database, non riportavano sempre la specifica della classe commerciale di appartenenza dell'acciaio provato. Pertanto, la caratterizzazione di classe adottata nel programma è stata eseguita in funzione dei risultati ottenuti in ciascuna pratica secondo la procedura indicata dalla rispettiva normativa dell'epoca.

Pertanto l'analisi del database ed il suo utilizzo attraverso STIL non può in alcun modo prescindere dallo studio dell'evoluzione normativa che ha regolato l'impiego dei materiali in generale, e degli acciai in particolare, dal dopoguerra ad oggi.

Regio Decreto del 10 gennaio 1907

La prima normativa riguardante la sicurezza delle costruzioni fu emanata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel 1907 con Regio Decreto del 10 gennaio 1907- Norme e condizioni per i materiali agglomerati idraulici e per le opere in cemento armato il quale affronta, per la prima volta in Italia, il problema della definizione delle proprietà meccaniche da assicurare agli acciai impiegati come ferri di armatura nelle strutture realizzate in cemento armato.

Secondo tale normativa è previsto l'utilizzo di ferro omogeneo, liscio in superficie, con resistenza a trazione compresa tra 3600 e 4500 kg/cm², valutata su provini di lunghezza utile pari a 20 volte il diametro, ed allungamenti a rottura tra il 25 e il 29% . Inoltre si fa riferimento anche alle limitazioni relative al coefficiente di qualità, inteso come prodotto tra il carico unitario di rottura a trazione per mm² e l'allungamento percentuale, il cui limite superiore è pari a 900. Inoltre vengono esplicitate le modalità di prova a trazione e a piegamento da effettuarsi.

Nel testo inoltre vengono esplicitamente indicate le modalità di prova a cui sottoporre i provini di armatura e i relativi criteri di accettazione; le prove, essenzialmente di rottura a trazione e di piegamento, devono essere eseguite su tre provini per ogni cento tondini utilizzati. Se uno dei saggi non rispetta i valori normativi imposti, si dovranno sottoporre ai test due provini aggiuntivi e qualora uno di essi desse esito negativo, il materiale, verrà rifiutato, ritenuto non conforme a quanto prescritto dalla normativa vigente e quindi non utilizzabile ai fini strutturali.

Il R.D./1907 è seguito da una serie di prescrizioni inerenti le caratteristiche dei materiali strutturali impiegati nella realizzazione delle opere strutturali, si ricordano il Decreto del Consiglio superiore per i LL .PP . del 14 novembre 1924 n ° 3227 ed il D. L. del 15 maggio 1925 – Norme e condizioni per le prove e l'accettazione dei materiali ferrosi. Tali decreti non apportano significative modifiche rispetto al D. L. del 1907 in relazione alla caratterizzazione dei materiali da costruzione ma sanciscono l'obbligo per le amministrazioni dello Stato, di attenersi a quanto stabilito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e in particolare specifica i criteri di accettazione degli acciai da armatura. Si sottolinea che per quanto attiene le modalità di esecuzione delle prove a trazione condotte su provini a sezione circolare la lunghezza utile per la determinazione dell'allungamento a rottura deve essere pari a 10 volte il diametro della barra.

Regio decreto legislativo del 16 novembre 1939 n° 2228 – 2235

Nel periodo turbolento della Grande Guerra e del Dopoguerra furono emanate numerose Circolari molte volte con prescrizioni contraddittorie, questi anni di confusione terminarono quando, dopo l'approvazione da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, il re Vittorio Emanuele III approvò con *Regio Decreto Legislativo (R. D. L.) del 16 novembre 1939 n ° 2228 – 2235 e in particolare con il R.D.L. n°2229 le Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice o armato.*

Da un punto di vista burocratico le novità introdotte da questo Decreto riguardano l'introduzione del processo di controllo e approvazione dei calcoli statici e del progetto da parte del Genio Civile e della Prefettura; vengono inoltre indicati in maniera puntuale i Laboratori Ufficiali per le prove sui materiali. Da un punto di vista tecnico invece, il Decreto effettua per la prima volta, una classificazione degli acciai di armatura realizzata utilizzando come criterio di differenziazione le caratteristiche meccaniche possedute da tali acciai e il carico di sicurezza corrispondente da utilizzare in fase di progettazione. Molto importante è la comparsa per la prima volta del parametro "limite di snervamento". Le prove dovranno essere eseguite su un minimo di due campioni di lunghezza pari ad 1 metro su 1000 tondini di ferro mentre la misura dell'allungamento percentuale di rottura rimane pari a 10 volte il diametro del provino.

Le tre categorie in cui viene suddiviso l'acciaio da cemento armato sono : Acciaio Dolce, Acciaio Semiduro ed Acciaio Duro.

Tipologia di acciaio	Carico rottura a trazione [kg/mm ²]	Limite di snervamento [mg/mm ²]	Allungamento a rottura [%]	Carico di sicurezza [kg/mm ²]
DOLCE	42 - 50	≥ 23	≥ 20	14
SEMIDURO	50 - 60	≥ 27	≥ 16	20
DURO	60 - 70	≥ 31	≥ 14	20

Nell'arco temporale lungo un trentennio di validità del R. D. L. n ° 2229 del 1939 furono emanati diversi Decreti attuativi e Circolari del Ministero dei LL. PP. Tra questi si ricorda la *Circolare del Ministero dei LL. PP. del 22 novembre 1946 n ° 1735 – Impiego di acciaio ad alto limite elastico* (successivamente ripresa nella *Circolare del 13 marzo 1950 n ° 942 – Acciai speciali ad alto limite elastico*), la quale consente l'utilizzo di acciai ad alto limite elastico per le armature delle strutture in cemento armato, è in particolare consentito l'utilizzo degli acciai di tipo Thorstall, Thor, Isteg e altre tipologie di acciai presenti in commercio.⁴

Successivamente viene pubblicata la *Circolare del Ministero dei LL. PP. del 25 settembre 1948 n ° 2088 – L'acciaio da impiegare nei cementi armati* in cui si ribadisce la necessità di adempiere alle prescrizioni previste dai Decreti del 1939 e si pone fine alle consuetudine, tollerata nei primi anni del dopoguerra per favorire una rapida ricostruzione delle città distrutte, di utilizzare acciai non controllati per le strutture in cemento armato e caratterizzati pertanto da una notevole disuniformità di caratteristiche meccaniche e tecnologiche.⁵

Circolare del Ministero dei LL. PP. del 23 maggio 1957

La *Circolare del Ministero dei LL. PP. del 23 maggio 1957 n° 1472 – Armature delle strutture in cemento armato* costituisce un' importante novità in quanto specifica una nuova classificazione delle barre tonde di acciaio liscio che possono essere utilizzare nella realizzazione delle strutture in cemento armato ed abroga tutte le prescrizioni presenti nelle normative precedenti. La nuova classificazione delle barre lisce sostituisce quella del *Decreto n°2229 del 1939* ma ha con essa una certa corrispondenza infatti gli acciai vengono divisi in tre categorie :

- Aq 42 , che richiama l'acciaio dolce della precedente normativa
- Aq 50 , che richiama l'acciaio semiduro della precedente normativa
- Aq 60 , che richiama l'acciaio duro della precedente normativa

⁴ Da tale circolare si deduce la categori ALE

⁵ Da tale circolare si deduce la categoria “Comune”

La denominazione riporta un numero che rappresenta il limite inferiore della resistenza a rottura espressa in kg/mm², la Circolare però conserva invariati i limiti inerenti le proprietà meccaniche.

Tipologia di acciaio	Carico rottura a trazione [kg/mm ²]	Limite di snervamento [kg/mm ²]	Allungamento a rottura [%]	Carico di sicurezza [kg/mm ²]
Aq 42	42 - 50	≥ 23	≥ 20	14
Aq 50	50 - 60	≥ 27	≥ 16	20
Aq 60	60 - 70	≥ 31	≥ 14	20

La Circolare inoltre specifica che le prescrizioni relative agli acciai Aq50 e Aq60 risultano valide per diametri non superiori a 30mm e a condizione che venga utilizzato un conglomerato cementizio di classe non inferiore a R200 per sezioni rettangolari e R250 per sezioni a T.

Inoltre in questa Circolare vengono fornite le prime prescrizioni relative agli acciai ad aderenza migliorata infatti viene specificato che la tensione ammissibile non debba superare il 50% del carico di snervamento e il 40% del carico di rottura, inoltre viene sottolineato anche che l'allungamento percentuale a rottura deve essere inferiore al 12%. Nella Circolare è previsto che:

“La tensione ammissibile per detti acciai non deve inoltre superare il valore di 2200 Kg/cm². Si potrà superare tale valore fino ad un massimo di 2400 Kg/cm² soltanto se nei calcoli si debba anche tener conto degli effetti delle variazioni termiche e da ritiro e se l'eventuale fessurazione del conglomerato non risulti di pregiudizio all'opera, in questo caso occorre sempre verificare che il valore di 2200 Kg/cm² non sia superato quando si prescinda da tali effetti. Per tensioni fino a 2200 Kg/cm² si dovrà impiegare conglomerato almeno di classe R250, per tensioni fra 2200 e 2400 Kg/cm² si dovrà impiegare conglomerato almeno di classe R350.”

Ulteriori riferimenti agli acciai ad aderenza migliorata si riscontrano nelle successive circolari quali:

- *La Circolare nel Ministero dei LL. PP. n ° 1547 del 17 maggio 1965 – Caratteristiche e modalità di impiego nel cemento armato degli acciai ad aderenza migliorata*

In essa si fa riferimento alle proprietà meccaniche che li contraddistinguono e in particolare viene effettuata una distinzione tra acciai ad aderenza migliorata normali o speciali la cui differenza è legata sostanzialmente alla loro duttilità.

- *La Circolare del Ministero dei LL. PP. n ° 3525 dell'11 settembre 1967 – Caratteristiche e modalità di impiego nel cemento armato degli acciai ad aderenza migliorata. Carichi di snervamento e di rottura.*

Nel testo sono contenute specifiche prescrizioni riguardanti le modalità per la determinazione dei limiti di snervamento e di rottura delle barre di acciaio introdotti nella *Circolare n ° 1547 del 1965*, e viene introdotto per la prima volta il concetto di “resistenza caratteristica”. Si stabilisce anche che le prove necessarie per la determinazione della tensione di snervamento σ_s e della tensione di rottura σ_r , devono essere eseguite su 5 campioni per partita di acciaio e ripetute per tre diametri diversi scelti ciascuno negli intervalli (6-10)mm, (12-18)mm e (>20)mm

- la *Circolare del Ministero dei LL. PP. n ° 5226 del 15 ottobre 1968 – Caratteristiche e modalità di impiego del conglomerato cementizio degli acciai ad aderenza migliorata*

In essa sono contenute le informazioni riguardanti i valori di allungamento a rottura (da valutare su una lunghezza pari a 5 volte il diametro) e le caratteristiche di piegamento degli acciai ad aderenza migliorata. Inoltre su ogni diametro scelto negli intervalli (6-10)mm, (12-18)mm e (>20)mm, occorre eseguire quattro prove per ciascun diametro.

Un'importante Circolare di interesse per gli acciai in generale è la *Circolare del Ministero dei LL.PP. n ° 6400 del 10 ottobre 1969* che viene emanata per integrare la Circolare precedente del 1968 che fornisce indicazioni più precise riguardanti i controlli di laboratorio da effettuare sulle barre di acciaio da parte dei produttori e sui metodi di calcolo dei limiti di snervamento e di rottura da utilizzare nella progettazione per le singole tipologie di acciaio disponibili.

Infine La *Circolare del Ministero dei LL. PP. n ° 8096 del 12 maggio 1971*, che riprende per punti le precedenti circolari, chiude il periodo trentennale di validità dei Decreti del 1939 e si preannuncia un nuovo importante passaggio normativo atto a rispondere alle nuove aspettative del mondo del lavoro, all'evoluzione tecnica –scientifica e tecnologica e porre fine all'incertezza normativa.

Il Decreto Ministeriale del 30 Maggio 1972

Il *D.M. del 30 Maggio 1972* contiene le nuove norme tecniche per la realizzazione delle strutture in cemento armato, cemento armato precompresso e acciaio.

L'aspetto innovativo della normativa è senza alcun dubbio l'introduzione ad un approccio di tipo probabilistico in generale, ed in particolare le caratteristiche meccaniche devono derivare

da un insieme statistico di misure fisiche. Viene quindi introdotto il concetto di “valore caratteristico”.

La classificazione degli acciai lisci si riconduce a due tipologie : FeB22k ed FeB32k

Tipologia di acciaio	Tensione caratteristica di rottura a trazione [kg/mm ²]	Tensione caratteristica di snervamento [kg/mm ²]	Allungamento a rottura [%]	Carico di sicurezza [kg/mm ²]
FeB22k	≥34	≥ 22	≥ 24	12
FeB38k	≥50	≥ 32	≥ 22	16

Per gli acciai ad aderenza migliorata, il diametro è valutato come diametro equivalente e quello della *barra tonda equipesante*⁶ calcolato nell' ipotesi che il peso specifico dell'acciaio sia pari a 7, 85 kg/dm³. Il Decreto, inoltre, fornisce la prima classificazione anche per gli acciai ad aderenza migliorata distinguendo tre categorie di acciai : A38k , A41k, e FeB44k

Tipologia di acciaio	Tensione caratteristica di rottura a trazione [kg/mm ²]	Tensione caratteristica di snervamento [kg/mm ²]	Allungamento a rottura [%]	Carico di sicurezza [kg/mm ²]
A38k	≥46	≥ 38	≥ 14	19
A41k	≥50	≥ 41	≥ 14	20
FeB44k	≥55	≥ 44	≥ 12	22

Inoltre per tale tipologia di armatura necessita un conglomerato cementizio di classe maggiore o uguale a 250 mentre i diametri utilizzabili variano in funzione della tensione ammissibile assunta a base dei calcoli.

In aggiunta alle prescrizioni introdotte, le barre ad aderenza migliorata devono superare le prove di aderenza eseguite secondo il metodo del *beam-test* in accordo con le modalità previste dalla *Circolare n ° 5226 del 1968*. Per tutte le armature e in particolare per le barre ad aderenza migliorata e per le reti elettrosaldate, sono previsti controlli statistici in stabilimento da eseguire presso i laboratori ufficiali. Il controllo in cantiere risulta facoltativo e diviene obbligatorio solamente in caso di omissione dei previsti controlli di stabilimento.

Il Decreto Ministeriale del 30 Maggio 1974

Il *D.M. del 30 maggio 1974* lascia invariate le prescrizioni fornite dal precedente D.M. per quanto riguarda le barre di armatura lisce ma introduce delle variazioni nella classificazione

⁶ *Barra tonda equipesante*: barra di acciaio con la stessa massa e lunghezza di una barra di acciaio liscia, ma con un diametro maggiore, tale da compensare la differenza di massa dovuta alla differenza di densità tra l'acciaio e il conglomerato.

delle barre ad aderenza migliorata, in particolare la classe A38k viene sostituita dalla classe FeB38k la quale conserva immutate le proprietà meccaniche già specificate nel *D.M. del '72*; la classe A41 invece, viene eliminata. Gli acciai ad aderenza migliorata vengono quindi classificati in due sole categorie: FeB38k e FeB44k conservando le caratteristiche meccaniche previste dal precedente decreto attuativo.

Tipologia di acciaio	Tensione caratteristica di rottura a trazione [kg/mm ²]	Tensione caratteristica di snervamento [kg/mm ²]	Allungamento a rottura [%]	Carico di sicurezza [kg/mm ²]
FeB38k	≥46	≥ 38	≥ 14	19
FeB44k	≥55	≥ 44	≥ 12	22

In relazione alla tipologia di acciaio utilizzato i diametri delle barre devono variare entro range ben definiti :

- per l'acciaio FeB38k, il diametro d deve essere $5 \leq d \leq 30$ mm.
- per l'acciaio FeB44k, il diametro d, deve essere $5 \leq d \leq 26$ mm.

Seguono una serie di circolari e decreti che, con riferimento ai materiali, non apportano significative modifiche. Si richiama la sola *Circolare del Ministero dei LL.PP. del 25 Gennaio 1975*, la quale contiene indicazioni per gli Enti Pubblici invitati a prevedere l'utilizzo dell'acciaio di tipo FeB44k nelle gare d'appalto poiché possiede proprietà meccaniche più vantaggiose e viene sottoposto a controlli più attenti in stabilimento, da ciò segue un'ottimizzazione nello sfruttamento delle materie prime e un notevole risparmio economico, motivo quest'ultimo di notevole interesse a causa della crisi economica mondiale che caratterizza il periodo in cui la Circolare è stata emanata.

Il Decreto Ministeriale del 16 Gennaio 1996

Il *D.M. del 16 Gennaio 1996* è senza alcun dubbio di notevole rilevanza, in quanto segna un traguardo importante per la progettazione soprattutto in zona sismica, viene consentito il calcolo agli stati limite, e la possibilità di far riferimento agli Eurocodici. Per quanto attiene i materiali, invece, fa riferimento alle indicazioni già fornite nei precedenti decreti, con particolare riferimento ad *D.M. 30 maggio 1974*. Pertanto la classificazione rimane immutata.