

SCHEDA TECNICA

La UNI EN 1090-2 e le classi di esecuzione delle strutture

Ing. Benedetto Cordova

Rev. 01 – 15/09/2018

Cosa sono le classi di esecuzione?

Le classi di esecuzione, sono un criterio di classificazione delle strutture e/o dei vari elementi che le compongono. Le classi di esecuzione sono quattro: EXC1, EXC2, EXC3 ed EXC4, e sono sostanzialmente classi di qualità, cioè *ad esse sono associati livelli di qualità crescenti nella realizzazione*, passando dalla classe EXC1 alla EXC4. I requisiti associati ad ogni classe sono definiti nel corpo della norma e riassunti nella tabella A.3 dell'Allegato A.

Le classi di esecuzione sono definite nella UNI EN 1090-2:2011, che è stata però superata dall'ultima edizione: UNI EN 1090-2:2018. In questa ultima revisione il criterio di determinazione delle classi di esecuzione è stato eliminato, mentre è stato introdotto nell'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-1:2011/A1:2014. Allegato C), al quale si rimanda. Il criterio dell'Eurocodice 3 è leggermente diverso da quello della UNI EN 1090-2:2011: nel seguito vengono illustrati entrambi.

Le differenze nei requisiti richiesti dalle varie classi sono molte: molte di esse di interesse solo per chi deve eseguire le lavorazioni, cioè per le Carpenterie o Centri di trasformazione, ma alcune sono di interesse anche per il Progettista che stende un capitolato, o per il Direttore dei Lavori che deve eseguire dei controlli. Notiamo tra le altre differenze:

- la *rintracciabilità*, cioè la possibilità di legare qualsiasi pezzo semplice o composto saldato (in questo caso qualsiasi profilo o lamiera che lo compone) ai certificati d'origine del materiale, non è richiesta per la classe EXC1, è richiesta parzialmente per la EXC2 e totalmente per le EXC3 ed EXC4;
- l'*esecuzione dei fori* può avvenire per punzonatura per le classi EXC1 e 2, ma per le classi 3 e 4 la punzonatura può essere eseguita solo se seguita da asolatura;
- la *conoscenza tecnica del Coordinatore di saldatura* deve essere maggiore per le classi 2, 3 e 4 rispetto alla 1 (e definita nelle tabelle 14 e 15 della UNI EN 1090-2);
- i *criteri di accettabilità delle saldature* sono sempre definiti dalla EN ISO 5817, ma per la EXC1 si accetta il grado di qualità D, per la EXC2 il grado C, per la EXC3 il grado B e per la EXC4 il grado B+ (cioè meno difetti accettabili col crescere delle classi);
- i *controlli non distruttivi sulle saldature* sono crescenti con le classi e regolati dalla tabella 24 della UNI EN 1090-2; i controlli sul serraggio dei bulloni ad attrito, non richiesti per la EXC1, sono crescenti dalla EXC2 alla EXC3 ed EXC4.

Il concetto di classi di esecuzione non era contenuto nelle NTC2008 perché le norme erano state emesse prima della UNI EN 1090-2.

Nelle NTC2018, §4.2, vengono invece esplicitamente richiamate le 1090-2: *"I requisiti per l'esecuzione di strutture di acciaio, al fine di assicurare un adeguato livello di resistenza meccanica e stabilità, di efficienza e di durata, devono essere conformi alle UNI EN 1090-2:2011, "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio – Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio", per quanto non in contrasto con le presenti norme"*. Le classi di esecuzione non vengono mai esplicitamente richiamate, ma si devono ovviamente intendere applicabili.

Come si sceglie la classe di esecuzione?

La 1090-2:2011 dà delle indicazioni che guidano ad attribuire la classe corretta, in rapporto al *rischio di danno* che un malfunzionamento della struttura può provocare (cioè un superamento di uno stato limite ultimo o di esercizio), alle *categorie di servizio* (strutture soggette o meno a fatica, soggette o meno a sisma) e ai *criteri di produzione* (strutture prevalentemente bullonate oppure saldate). È chiaro che il Committente può richiedere una classe superiore a quella che verrebbe fuori dall'applicazione dei suggerimenti della EN 1090-2:2011, accettando ovviamente costi maggiori.

Vediamo più nel dettaglio come si suggerisce di scegliere le classi.

Nella tabella B.3 della UNI EN 1090-2:2011, che riproduciamo nella tabella 1, è contenuta la regola per attribuire le classi ai componenti strutturali.

Tabella 1 - Determinazione delle classi di esecuzione secondo UNI EN 1090-2:2011

| Classi di conseguenze | | CC1 | | CC2 | | CC3 | |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|---------|---------|
| Categorie di servizio | | SC1 | SC2 | SC1 | SC2 | SC1 | SC2 |
| Categorie e di produzione | PC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3(*) | EXC3(*) |
| | PC2 | EXC2 | EXC2 | EXC2 | EXC3 | EXC3(*) | EXC4 |

Le classi di esecuzione “EXC3(*)” potrebbero essere portate a EXC4 per strutture speciali o per le quali sono da prevedere conseguenze molto onerose in caso di collasso strutturale, se richiesto dalle normative nazionali. Come si vede, l'attribuzione delle classi di esecuzione dipende dalle *classi di conseguenze*, dalle *categorie di servizio* e dalle *categorie di produzione*. Esaminiamole tutte.

a) Classi di conseguenze

Danno una valutazione delle conseguenze di un eventuale crollo o dissesto strutturale in termini di perdite di vita umana e di danno economico. Si trovano definite, in forma leggermente diversa, in 2 Eurocodici: UNI EN 1990:2006, Appendice B – prospetto B.1, e UNI EN 1991-1-7:2006, Annex A – Table A.1.

Il primo identifica 3 classi, da CC1 a CC3, il secondo fa la stessa cosa ma scinde la classe CC2 in 2 sottoclassi. Abbiamo sintetizzato le due classificazioni nella tabella 2.

b) Categorie di servizio

Sono definite nella tabella B.1 della UNI EN 1990-1, che riportiamo in tabella 3.

Ricordiamo che la classe di duttilità bassa DCL dell'EC8 corrisponde al “comportamento strutturale non dissipativo” delle NTC2018, la classe di duttilità media DCM e quella di duttilità alta DCH dell'EC8 corrispondono rispettivamente alle classi di duttilità CD”B” e CD”A” delle norme italiane.

Le classi S di utilizzo dei carroponti sono definite nella norma UNI CEN/TS 13001-3-1, appendice B – prospetto B.1, che è la parte 3. della UNI EN 13001-1, e che riproduciamo nella tabella 4.

c) Categorie di produzione

Le categorie di produzione si riferiscono alla tipologia della struttura da realizzare, e sono definite nella tabella B.2 della UNI EN 1090-2:2011, che riportiamo nella tabella 5.

Come si vede nella tabella citata, le strutture bullonate sono ritenute di lavorazione meno critica di strutture saldate, essendo il procedimento di saldatura più esposto a rischi di quello di bullonatura. Anche l'impiego di acciai di qualità superiore è giudicato più critico.

Con l'insieme delle classificazioni esposte è perciò possibile determinare la classe di esecuzione di un'opera. Per esempio:

1) Sala macchine di centrale elettrica, realizzata con colonne composte saldate in acciaio S275 ed in sito non sismico, gru n. 3 dalla tabella 4 in classe S1-S3 :

- Classe di conseguenza CC2 (cfr. la sottoclasse 2a della tabella 2 tratta dalle EN 1991-1-7, dove si parla esplicitamente di “edifici industriali sino a 3 piani”);
 - Categoria di servizio SC1 (“Strutture e componenti con connessioni progettate per bassa duttilità (DCL) in zone sismiche a bassa sismicità”);
 - Categoria di produzione PC1 (“Elementi strutturali saldati realizzati con acciai di qualità inferiore all'S355”).
- d) Con CC2, SC1 e PC1 dalla tabella 1 deriva una classe di esecuzione EXC2.

2) Le vie di corsa della stessa sala macchine:

- Classe di conseguenza CC2, come prima;

- b) Categoria di servizio SC2, diversa dalla precedente (“Strutture e componenti progettati per la fatica secondo EN 1993, ad es.: ponti ferroviari, carroporti dalla classe S1 alla S9, ecc.”);
 - c) Categoria di produzione PC1, come prima.
 - d) Con CC2, SC2 e PC1 dalla tabella 1 deriva questa volta una classe di esecuzione EXC3.
- 3) Edificio per uffici di 5 piani in zona notevolmente sismica, bullonato e in acciaio S355.
- a) Classe di conseguenza CC2 (cfr. la sottoclasse 2b della tabella 11.2 tratta dalle EN 1991-1-7, dove si parla esplicitamente di “edifici residenziali, uffici e hotel da 5 a 15 piani”);
 - b) Categoria di servizio SC2 (“Strutture e componenti con connessioni progettate per media o alta duttilità (DCM e DCH) in zone sismiche a media o alta sismicità”);
 - c) Categoria di produzione PC1 (“Elementi strutturali non saldati realizzati con qualsiasi tipo di acciaio”);
 - d) Con CC2, SC2 e PC1 dalla tabella 1 deriva una classe di esecuzione EXC3.

In sostanza, per strutture usuali (edifici civili ed industriali non particolari), bullonate o saldate in S275, senza sisma e senza particolari fenomeni di fatica, la classe di esecuzione è generalmente la EXC2; per gli stessi edifici/strutture, se in zona sismica e/o soggetti a fatica, la classe è la EXC3. Ovviamente il Committente può richiedere una classe superiore alla minima individuata dalla norma.

Tabella 2 Definizione delle classi di conseguenze

| UNI EN 1990:2004, Appendice B (informativa) | | UNI EN 1991-1-7:2006, Annex A (informativa) | |
|---|--|---|--------------------|
| Classe | Descrizione | Esempi | Classe |
| CC1 | Conseguenze basse per perdita di vite umane, conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali | Costruzioni agricole, edifici non presidiati (es.: magazzini), serre | 1 |
| CC2 | Conseguenze medie per perdita di vite umane, conseguenze considerevoli in termini economici, sociali o ambientali | Edifici residenziali e per uffici, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono medie (es.: edificio per uffici) | 2a – basso rischio |
| | | | 2b – alto rischio |
| CC3 | Elevate conseguenze per perdita di vite umane, o conseguenze molto gravi in termini economici, sociali o ambientali | Gradinate di impianti sportivi, edifici pubblici nei quali le conseguenze del collasso sono alte (es.: sala da concerto) | 3 |
| | | Esempi | |
| | | Edifici agricoli – edifici raramente frequentati | |
| | | Edifici residenziali, uffici e hotel sino a 4 piani – edifici industriali sino a 3 piani – edifici scolastici monopiano – negozi sino a 3 piani o con meno di 1000 mq di area per piano - tutti gli edifici sino a 2 piani con max 2000 mq di area per piano, nei quali è ammesso il pubblico | |
| | | Edifici residenziali, uffici e hotel da 5 a 15 piani – Edifici scolastici da 3 a 15 piani – ospedali sino a 3 piani – negozi da 4 a 15 piani – tutti gli edifici da 2000 a 5000 mq di area per piano, nei quali è ammesso il pubblico - parcheggi sino a 6 piani | |
| | | Tutti gli edifici delle tipologie definite in classe 2° 2b ma con maggior numero di piani - Tutti gli edifici molto affollati – gli stadi con più di 5000 posti – edifici ospitanti sostanze pericolose o attività rischiose | |

Tabella 3 Determinazione delle categorie di servizio

| Categorie | Criteri |
|-----------|---|
| SC1 | Strutture e componenti progettati per carichi quasi statici (ad es.: edifici); Strutture e componenti con connessioni progettate per bassa duttilità (DCL) in zone sismiche a bassa sismicità; Strutture e componenti progettati per la fatica derivante dalle azioni di carroponti in classe S0. |
| SC2 | Strutture e componenti progettati per la fatica secondo EN 1993 (ad es.: ponti ferroviari, carroponti dalla classe S1 alla S9, strutture suscettibili di vibrazioni indotte dal vento, folla o macchinario rotante); Strutture e componenti con connessioni progettate per media o alta duttilità (DCM e DCH) in zone sismiche a media o alta sismicità. |

Note:

Classi di duttilità DCL, DCM e DCH definite in UNI EN 1998-1;

Classi di fatica dei carroponti S0-S9 definite in EN 1991-3 e EN 13001-1 (vedi tabella 4)

Tabella 4 Guida per la selezione delle classi S per le gru (da EN 13001-1)

| N. | Tipologia della gru | Modo operativo | Classe S |
|----|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Gru azionate a mano | | S0 – S2 |
| 2 | Gru di montaggio | | S0 – S2 |
| 3 | Gru in centrali elettriche | | S1 – S3 |
| 4 | Gru in depositi operazione intermittente | | S4 – S5 |
| 5 | Gru in depositi, gru con trave di sollevamento, gru in depositi di rottame | operazione continua | S6 – S8 |
| 6 | Gru in officine | | S3 – S5 |
| 7 | Gru a carroponte, gru da demolizione | servizio con polipo o magnete | S6 – S8 |
| 8 | Gru a ponte da colata | | S6 – S8 |
| 9 | Gru in miniere | | S7 – S9 |
| 10 | Gru a ponte strippaggio, gru da carico | | S8 – S9 |
| 11 | Gru a ponte da forgia | | S6 – S8 |
| 12 | Scaricatori, gru da immagazzinamento e recupero, gru a semi-portale, gru a portale con carrello o gru girevole | servizio con gancio | S4 – S6 |
| 13 | Scaricatori, gru da immagazzinamento e recupero, gru a semi-portale, gru a portale con carrello o gru girevole | servizio con polipo o magnete | S6 – S8 |
| 14 | Gru a cavalletto mobile con trasportatore fisso o mobile | | S3 – S5 |
| 15 | Gru in cantiere navale, gru con scivolo, gru d'armamento | servizio con gancio | S3 – S5 |
| 16 | Gru da banchina, gru girevoli, gru galleggianti, gru girevole a spostamento orizzontale del carico | servizio con gancio | S4 – S6 |
| 17 | Gru da banchina, gru girevoli, gru galleggianti, gru girevole a spostamento orizzontale del carico | servizio con polipo o magnete | S6 – S8 |
| 18 | Gru galleggianti di grande capacità, gru a cavalletto di grande capacità | | S1 – S3 |
| 19 | | servizio con gancio | |
| 20 | Gru per il carico di una nave | servizio con polipo o magnete | S4 – S6 |
| 21 | Gru a torre girevole per servizio di costruzione | | S1 – S3 |
| 22 | Gru di montaggio, derricks | servizio con gancio | S1 – S3 |
| 23 | | servizio con gancio | S3 – S5 |
| 24 | Gru girevoli montate su rotaia | servizio con polipo o magnete | S4 – S6 |
| 25 | Gru ferroviaria, da utilizzarsi per il recupero di rotaia | | S4 – S5 |
| 26 | | servizio con gancio | S2 – S5 |
| 27 | Gru cariatrici, gru mobili | servizio con polipo o magnete | S4 – S6 |
| 28 | Gru cariatrici e gru mobili di grande capacità | | S1 – S3 |

Tabella 5 Determinazione delle categorie di produzione

| Categoria | Criterio |
|-----------|--|
| PC1 | Elementi strutturali non saldati realizzati con qualsiasi tipo di acciaio; Elementi strutturali saldati realizzati con acciai di qualità inferiore all'S355. |
| PC2 | Elementi strutturali saldati realizzati con acciai di qualità uguale o superiore all'S355; Elementi essenziali per l'integrità strutturale che sono assemblati con saldature in opera; Componenti formati a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la lavorazione; Strutture tralicciate realizzate con profili tubolari circolari. |

Come già detto, il modo appena descritto di attribuire le classi di esecuzione è stato eliminato dalla UNI EN 1090-2:2018. L'attribuzione è stata posta nell'Eurocodice 3 (UNI EN 1993-1-1:2011/A1:2014) nell'appendice C, tabella C.1, che riproduciamo come tabella 6.

Si è deciso di spostare l'attribuzione delle classi di esecuzione nell'EC3 perché è un compito che spetta al progettista, al quale l'EC3 è rivolto, e non al costruttore, al quale principalmente la EN 1090-2 è rivolta.

Ci sono alcune novità nella nuova tabella, come si può vedere.

1) Alle Classi di Conseguenze (CC) sono associate altrettante Classi di Affidabilità (RC).

Cos'è l'affidabilità? Per una sua definizione bisogna andare sull'Eurocodice 0, cioè la UNI EN 1990 "Criteri generali di progettazione strutturale". Qui l'affidabilità viene definita come la "capacità di una struttura o di un elemento strutturale di soddisfare i requisiti specificati, inclusa la vita utile di progetto, per i quali è stata progettata.

L'affidabilità è generalmente espressa in termini probabilistici".

Si può dire che l'affidabilità è misurata dalla probabilità di una struttura di raggiungere (e superare), durante la sua vita utile, gli stati limite per i quali è progettata, sia di esercizio che ultimi. Tanto più bassa è questa probabilità, tanto più affidabile è una struttura. Insomma di una struttura non possiamo giurare che non andrà mai fuori servizio o peggio che non crollerà mai, possiamo però dire che la probabilità che ciò accada è molto bassa, e tenerla tanto più bassa quanto più pericolose sono le conseguenze di un suo eventuale malaugurato dissesto.

E come si fa a definire la pericolosità delle conseguenze di un dissesto strutturale? Con le Classi di Conseguenze, che come detto prima sono definite nella EN 1990. Pertanto alla classe di conseguenze 2, che è quella standard, si associa, secondo la EN 1990, la classe di affidabilità 2, con probabilità di collasso di 10^{-4} . Alla classe di conseguenze 1, meno gravi, si può associare la classe di affidabilità 1, dove la probabilità di collasso sale a circa 10^{-3} , mentre alla classe di conseguenze 3, più gravi, si associa la classe di affidabilità 3, con probabilità di collasso minore, 10^{-5} .

Ma come si può fare, secondo la EN 1990, a dare più o meno affidabilità alle strutture?

a) *Aumentando o diminuendo le azioni* che agiscono sulla struttura (la EN 1990 definisce un coefficiente moltiplicativo dei carichi K_{FF} che vale, rispettivamente, 0,9 per la RC1, 1,0 per la RC2 e 1,1 per la RC3);

b) *Graduando il grado di sorveglianza del progetto* (cioè in pratica una verifica indipendente dei calcoli): per la RC3 si precede una supervisione al progetto da parte di una organizzazione terza parte, esterna all'organizzazione che lo ha fatto, per la RC2 una supervisione da parte di persona diversa da chi lo ha fatto ma interna alla stessa struttura, per la RC1 basta una revisione da parte dello stesso progettista;

c) *Graduando il livello di ispezione sulle attività realizzative*: per la RC3 si fanno ispezioni di terza parte, per la RC2 ispezioni secondo le procedure interne dell'organizzazione, per la RC1 auto-ispezione.

Insomma la EN 1990 prefigura la possibilità di graduare l'affidabilità di una struttura, e quindi anche i costi, in funzione delle conseguenze di un fuori uso o collasso. C'è da dire che al momento le normative non differenziano i carichi in funzione dell'affidabilità, anche se il concetto è un po' nella pelle dei progettisti i quali, a seconda della pericolosità, istintivamente prendono precauzioni sui carichi. E la maggiore severità delle verifiche indipendenti e della sorveglianza sulla realizzazione è sempre stata applicata a progettazioni delicate, quali ad esempio quelle delle centrali nucleari.

Ora, tornando alla tabella 6, l'aver fatto dipendere le classi di esecuzione dalle classi di affidabilità è concettualmente interessante, ma da un punto di vista pratico conviene sempre pensare alle classi di conseguenza, che sono più facili da attribuire.

2) la seconda novità è che **sono state eliminate le Categorie di Produzione**, perché un Costruttore qualificato ai sensi della EN 1090 e che quindi segue le prescrizioni tecniche della EN 1090-2, deve essere in grado di produrre con lo stesso grado di affidabilità sia strutture bullonate che saldate, con qualsiasi dei materiali ammessi dalle norme.

Tabella 6 – Determinazione delle classi di esecuzione secondo EN 1993-1-1 (revisione non ancora emessa)

| Classi di Affidabilità (RC) o Classi di Conseguenze (CC) | Tipo di carico | |
|---|--|---|
| | Quasi-statico e/o classe di duttilità sismica DCL ⁽¹⁾ | Soggette a fatica ⁽²⁾ e/o classe di duttilità sismica DCM o DCH ⁽¹⁾ |
| RC3 o CC3 | EXC3 ⁽³⁾ | EXC3 ⁽³⁾ |
| RC2 o CC2 | EXC2 | EXC3 |
| RC1 o CC1 | EXC1 | EXC2 |

⁽¹⁾ Classi di duttilità definite in EN 1998-1; DCL=bassa, DCM=media, DCH=alta.
⁽²⁾ Vedi EN 1993-1-9.
⁽³⁾ Per strutture nelle quali il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose, può essere specificata la classe EXC4.

Notiamo infine nella tabella 6 che si parla delle classi di duttilità come definite dall'Eurocodice 8, cioè duttilità bassa, DCL, per la quale non si applicano le regole del *capacity design* e si adotta un fattore di struttura $q=1,5$, duttilità media, DCM, ed alta, DCH, per le quali invece si deve adottare il *capacity design* e in compenso si adotta $q > 1,5$. Nelle NTC2018 si definisce un comportamento non dissipativo, per il quale si può adottare $q \leq 1,5$ e per il quale non vale il *capacity design*, e poi due categorie di duttilità, bassa (DC"B") ed alta (DC"A") che corrispondono sostanzialmente alle DCM e DCH dell'EC8.

Quindi, passare da una progettazione per il sisma di tipo non duttile ad una che sfrutta la duttilità, produce senz'altro una diminuzione dei profili strutturali e quindi dei pesi, ma a patto non solo di una complicazione nella realizzazione delle connessioni ma anche di un passaggio dalla classe di esecuzione EXC2 alla EXC3, con conseguenti oneri nella realizzazione.

3) terza ed ultima osservazione: **alle strutture in CC3 e SC2 non è più assegnata la classe EXC4 ma la EXC3**: l'assegnazione eventuale della EXC4 va decisa dal progettista se giudica che "il superamento degli stati limite di servizio ed ultimi porti a conseguenze giudicate particolarmente onerose".