

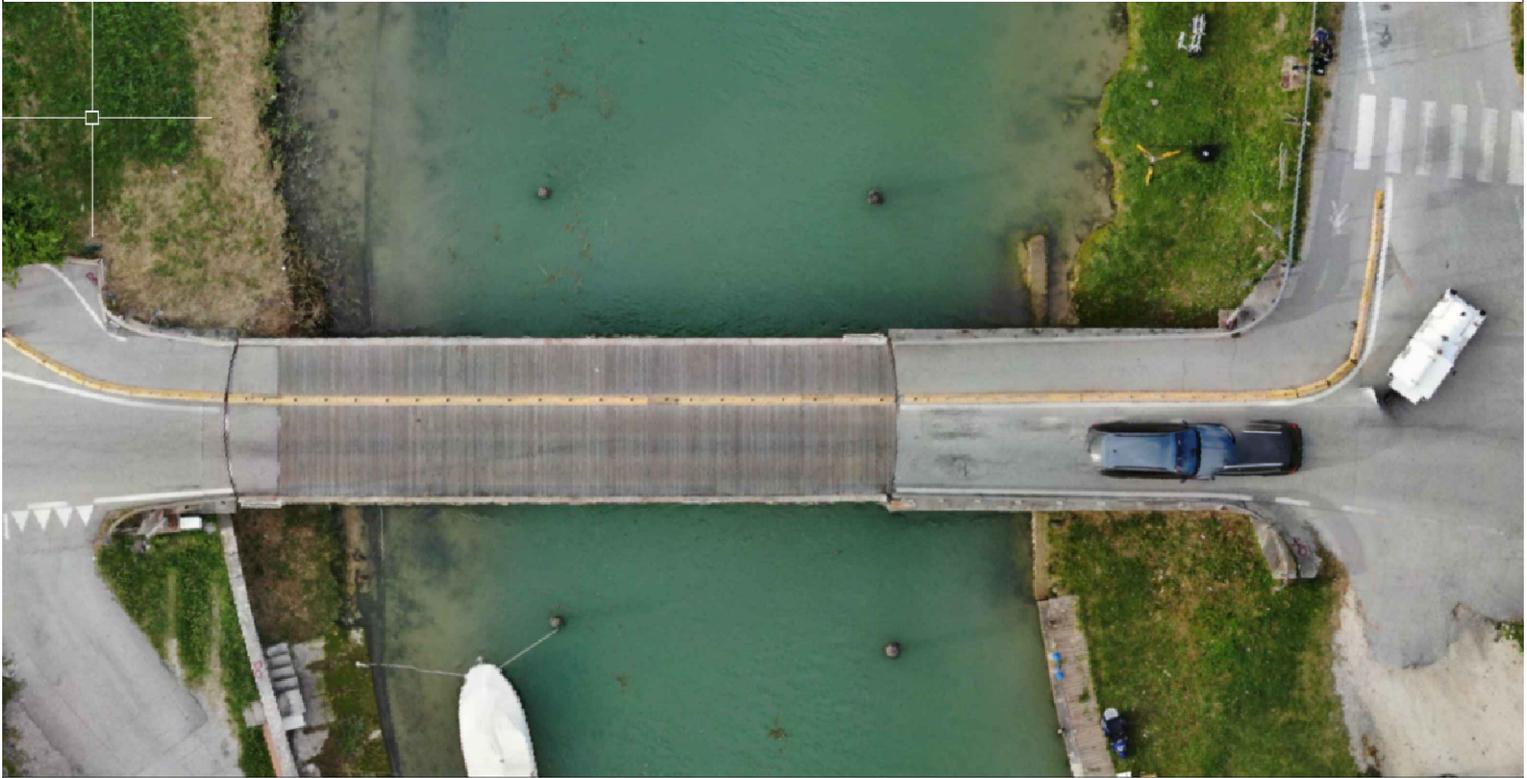


CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA

Area Mobilità

Servizio Trasporti Eccezionali, Ponti e Piste Ciclabili

Ca' Corner, San Marco 2662 - 30124 Venezia (VE)
Via Forte Marghera, 191 - 30173 Mestre (VE)



PROGETTO ESECUTIVO

**INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEI PONTI GIREVOLI DELLA CITTÀ
METROPOLITANA DI VENEZIA - I° STRALCIO**
SP62 - PONTE GIREVOLE SUL CANALE SAETTA A CAORLE
SP42 - PONTE GIREVOLE SUL CANALE CAVETTA A JESOLO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Arch. Alberta Parolin

Comune di Caorle (VE)

SUPPORTO AL RUP
Arch. Francesca Finco

SP62 "Ponte Tezze-Caorle"

PROGETTAZIONE

Mastergroup
Ing. Gianluca Susin
Ing. Mauro Tona

Studio di ingegneria RS

SP62 - PONTE GIREVOLE CANALE SAETTA

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA
DEI MATERIALI**

REV.	DESCRIZIONE	DATA
1	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	11/12/2024

PE-ST-CA-413

SCALA: -

Revisioni

N°	DATE	COMMENTS	R	V	A
C00	11/12/24	Emissione	DDF	SM	SS

SOMMARIO

1.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
2.	MATERIALI ESISTENTI.....	5
2.1	ANALISI STORICO-CRITICA.....	5
2.2	RILIEVO: C.A. E STRUTTURE METALLICHE.....	5
2.3	LIVELLO DI CONOSCENZA.....	6
2.4	ACCIAIO DA CARPENTERIA.....	7
2.5	LEGNO.....	8
3.	MATERIALI NUOVI.....	9
3.1	ACCIAIO PER IMPIANTO ROTANTE (UNI EN 10025).....	9
3.1.1	S275.....	9
3.1	ACCIAIO PER IMPIANTO ROTANTE (UNI EN 10025).....	10
3.1.1	S355J2.....	10
3.1.1	CLASSE DI ESECUZIONE DELLE SRUTTURE METALLICHE.....	11
3.2	PERNO.....	12
3.2.1	39NiCrMo3 BONIFICATO (EN 10083-3).....	12
3.3	CALCESTRUZZO.....	12
3.3.1	CALCESTRUZZO CLASSE C35/45.....	13
3.3.2	CLASSE DI ESPOSIZIONE.....	13
3.3.3	CONDIZIONI AMBIENTALI.....	15
3.3.4	COPRIFERRO NTC18.....	16
3.4	ACCIAIO PER ARMATURA LENTA.....	16
3.4.1	ACCIAIO B450C.....	16

1. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Calcolo e verifica delle strutture sono stati condotti nel rispetto della vigente normativa sulle costruzioni e sui carichi. In particolare, ci si è attenuti a quanto disposto da:

- [1] DM 17 GENNAIO 2018. AGGIORNAMENTO DELLE «NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI, MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI, GU 20 FEBBRAIO 2018.
- [2] CIRCOLARE N. 7/C.S.LL.PP. DEL 21 GENNAIO 2019 – “ISTRUZIONI PER L’APPLICAZIONE DELLE ‘NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI’ DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018”.
- [3] LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO, LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA ED IL MONITORAGGIO DEI PONTI ESISTENTI – MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI.
- [4] UNI EN 1993-1-1:2005 - EUROCODICE 3 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI ACCIAIO. PARTE 1-1: REGOLE GENERALI E REGOLE PER GLI EDIFICI
- [5] UNI EN 1993-1-8:2005 - EUROCODICE 3 - PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI ACCIAIO - PARTE 1-8: PROGETTAZIONE DEI COLLEGAMENTI
- [6] UNI EN 1090-1:2012 “ESECUZIONE DI STRUTTURE DI ACCIAIO E DI ALLUMINIO - PARTE 1: REQUISITI PER LA VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ DEI COMPONENTI STRUTTURALI”
- [7] UNI EN 1090-2:2011 “ESECUZIONE DI STRUTTURE DI ACCIAIO E DI ALLUMINIO - PARTE 2: REQUISITI TECNICI PER STRUTTURE DI ACCIAIO”
- [8] CNR UNI 10011/97 - COSTRUZIONI DI ACCIAIO. ISTRUZIONI PER IL CALCOLO, L’ESECUZIONE, IL COLLAUDO E LA MANUTENZIONE.
- [9] “STRUTTURE IN LEGNO. MATERIALE, CALCOLO E PROGETTO SECONDO LE NUOVE NORMATIVE EUROPEE” DI M. PIAZZA, R. TOMASI, R. MODENA (2009), IN CUI SONO CONTENUTE, OLTRE AD INDICAZIONI SULLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI DA UTILIZZARE, ANCHE LE PRESCRIZIONI MINIME PROGETTUALI DA RISPETTARE;
- [10] EN 1194:2000 “STRUTTURE DI LEGNO - LEGNO LAMELLARE INCOLLATO - CLASSI DI RESISTENZA E DETERMINAZIONE DEI VALORI CARATTERISTICI”;
- [11] EN 1995-1-1 “PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO. PARTE 1-1: REGOLE GENERALI E REGOLE PER GLI EDIFICI”;
- [12] CNR-DT 206/2006 “ISTRUZIONI PER IL PROGETTO, L’ESECUZIONE ED IL CONTROLLO DELLE STRUTTURE DI LEGNO”.

2. MATERIALI ESISTENTI

2.1 ANALISI STORICO-CRITICA

L'analisi storica eseguita sulla struttura è finalizzata a comprendere le vicende costruttive, i dissesti, i fenomeni di degrado, i cimenti subiti dalla struttura e, particolarmente frequenti nelle costruzioni in muratura, le trasformazioni operate dall'uomo che possono aver prodotto cambiamenti nell'assetto statico originario.

Sono stati reperiti tutti i documenti disponibili sulle origini del fabbricato quali, ad esempio, elaborati e relazioni progettuali della prima realizzazione della costruzione. La documentazione riguarda:

- l'epoca di costruzione;
- le tecniche, le regole costruttive e, se esistenti, le norme tecniche dell'epoca di costruzione;
- la forma originaria e le successive modifiche;
- i traumi subiti e le alterazioni delle condizioni al contorno;
- le deformazioni, i dissesti e i quadri fessurativi, con indicazioni, ove possibile, della loro evoluzione nel tempo;
- gli interventi di consolidamento pregressi;
- gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio è parte.

Risulta, in generale, utile anche la conoscenza delle patologie o delle carenze costruttive evidenziate da edifici simili per tipologia ed epoca di costruzione.

All'epoca della costruzione risultava carente la gestione, nel calcolo, delle sollecitazioni taglianti.

2.2 RILIEVO: C.A. E STRUTTURE METALLICHE

È stata definita la geometria esterna, i dettagli degli elementi costruttivi raggiungibili con funzione strutturale. La geometria esterna deve essere sempre per ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre la disposizione delle armature sono stati rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione.

Il rilievo di manufatti che non hanno funzione strutturale (pareti divisorie, controsoffitti, impianti) è stato effettuato con l'obiettivo principale di identificare eventuali rischi per la sicurezza connessi a problemi di stabilità dei manufatti stessi o delle strutture. Particolarmente pericolose si sono rivelate, in occasione di eventi sismici, le pareti di tamponamento formate da più paramenti accostati e privi di adeguati collegamenti tra loro o/e separati da intercapedini isolanti, ancor più quando non sono contenute in riquadri strutturali.

Il rilievo geometrico degli elementi ha permesso:

- l'identificazione dell'organizzazione strutturale;
- l'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;
- l'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- l'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

In particolare, per le costruzioni in acciaio, i dati raccolti includono:

- la forma originale dei profili e le loro dimensioni geometriche;
- la tipologia e morfologia delle unioni.

È stato eseguito il rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni di progetto. Le informazioni su di essi sono desunte dai disegni originali e da indagini in situ.

È stato analizzato il *progetto simulato*, eseguito sulla base delle norme tecniche in vigore all'epoca della costruzione e della corrispondente pratica costruttiva, è utile per fornire informazioni su quantità e disposizione dell'armatura negli elementi con funzione strutturale e sulle caratteristiche dei collegamenti.

Indagini limitate: consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra le caratteristiche dei collegamenti riportate negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il progetto simulato, e quelle effettivamente presenti.

Indagini estese: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali, o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti.

Indagini esaustive: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.

Le indagini in-situ basate su saggi sono effettuate su una congrua percentuale degli elementi strutturali, privilegiando, tra le tipologie di elementi strutturali (travi, pilastri, pareti...), quelle che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura.

Il quantitativo di indagini in-situ basate su saggi dipende dal livello di conoscenza desiderato in relazione al grado di sicurezza attuale e deve essere accuratamente valutato, anche in vista delle notevoli conseguenze che comporta sulla progettazione degli interventi.

Al fine di determinare, in maniera opportuna, il numero e la localizzazione delle indagini in-situ da effettuare, è utile eseguire, a seguito del rilievo geometrico:

- _ una campagna preliminare di indagini in-situ volta alla conoscenza dei dettagli costruttivi ritenuti più significativi;
- _ un'analisi preliminare della sicurezza statica e della vulnerabilità sismica dell'edificio, eseguita estendendo il risultato dei rilievi dei particolari costruttivi (sfruttando anche eventuali simmetrie o situazioni ripetitive della struttura) agli elementi simili per dimensioni e/o impegno statico, eventualmente utilizzando i risultati preliminari delle prove sui materiali come definite al § C8.5.3.2.

Dall'esito, in termini di impegno statico e ruolo delle diverse membrature nella sicurezza della struttura, fornito dall'analisi preliminare può scaturire la necessità di approfondimenti in termini di numero, tipologia e localizzazione delle indagini in-situ basate su saggi; il progetto delle indagini ne fornisce la misura, consentendo così di graduare quantitativamente il livello di approfondimento.

A titolo esemplificativo e quando realmente possibile, il rilievo dei dettagli costruttivi è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

2.3 LIVELLO DI CONOSCENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive è stato individuato il "livello di conoscenza" definendo, secondo quanto previsto NTC §8.5.4, i correlati fattori di confidenza da utilizzare nelle verifiche di sicurezza.

La circolare al §C8.5.4 consente, limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche, come nel caso in oggetto, di singoli componenti (ad esempio solai sui quali siano state condotte indagini particolarmente accurate) oppure di verifiche sismiche nei riguardi dei meccanismi locali, di adottare livelli di conoscenza differenziati rispetto a quelli impiegati nelle verifiche sismiche globali.

Di seguito, con riferimento alle specifiche contenute al § 8.5 delle NTC, si riporta la stima dei Fattori di Confidenza (FC), definiti con riferimento ai tre Livelli di Conoscenza (LC)crescenti, secondo quanto segue.

LC1: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e

indagini limitate sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, prove limitate sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,35$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC2 solo a causa di una non estesa conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

LC2: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e indagini estese sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, prove estese sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1,2$ (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC3 solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

LC3: si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e indagini esaustive sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, prove esaustive sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1$ (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di FC è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite). Per raggiungere il livello di conoscenza LC3, la disponibilità di un rilievo geometrico completo e l'acquisizione di una conoscenza esaustiva dei dettagli costruttivi sono da considerarsi equivalenti alla disponibilità di documenti progettuali originali, comunque da verificare opportunamente nella loro completezza e rispondenza alla situazione reale.

Ci si può riferire alla documentazione in atti, qualora per essa siano stati adempiuti gli obblighi della L. 1086/71 o 64/74 e s.m.i., ma solo dopo adeguata giustificazione eventualmente integrata da indagini in opera. Per la caratterizzazione meccanica dei materiali si possono adottare, motivatamente, i valori caratteristici assunti nel progetto originario o quelli ridotti risultanti dalla documentazione disponibile sui materiali in opera. In questo caso i fattori di confidenza si assumono unitari.

La quantità e il tipo di informazioni richieste per conseguire uno dei tre livelli di conoscenza previsti, sono, a titolo esclusivamente orientativo, ulteriormente precisati nel seguito.

2.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA

Le caratteristiche dei materiali dell'impalcato sono state determinate mediante prove di laboratorio eseguite nella fase progettuale di fattibilità tecnico-economica. A seguito delle prove eseguite, dell'analisi storico-critica e del rilievo del manufatto il livello di conoscenza raggiunto, ai sensi del §C8.5.4 della Circolare delle NTC18, è un Livello di Conoscenza 1 (LC1). Conseguentemente il Fattore di Confidenza adottato per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali è pari a 1.35.

Tensione di snervamento caratteristica (f_{yk}).....	303,50	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura (f_{tk}).....	389,00	N/mm ²
Fattore di Confidenza (FC).....	1,35	
Coefficiente parziale di sicurezza (γ_s).....	1,05	
Tensione di snervamento di progetto (f_{yd}).....	214,11	N/mm ²

2.5 LEGNO

Il legno che costituisce le travi e il tavolato dell'impalcato è classificabile come legno massiccio di classe C24.

Si riportano nel seguito le caratteristiche meccaniche del materiale fornite al prospetto 1 dell'EN 338.

Resistenza caratteristica a flessione ($f_{m,k}$)	24.00	MPa
Resistenza caratteristica a trazione parallela alle fibre ($f_{t0,k}$)	14.50	MPa
Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare alle fibre ($f_{t90,k}$)	0.40	MPa
Resistenza caratteristica a compressione parallela alle fibre ($f_{c0,k}$)	21.00	MPa
Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare alle fibre ($f_{t90,k}$)	2.50	MPa
Resistenza caratteristica a taglio ($f_{v,k}$)	4.00	MPa
Modulo elastico medio parallelo alle fibre ($E_{0,mean}$)	11000.00	MPa
Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre ($E_{0,05}$)	7400.00	MPa
Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre ($E_{0,mean}$)	370.00	MPa
Modulo di taglio (G_m)	690.00	MPa
Densità (ρ_{mean})	390	kg/m ³

3. MATERIALI NUOVI

3.1 ACCIAIO PER IMPIANTO ROTANTE (UNI EN 10025)

Per gli usi strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materia recuperata, ovvero riciclata, ovvero di sottoprodotti, inteso come somma delle tre frazioni, come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 75%.
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Per gli usi non strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materie riciclate ovvero recuperate ovvero di sottoprodotti come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 65%;
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Con il termine “acciaio da forno elettrico legato” si intendono gli “acciai inossidabili” e gli “altri acciai legati” ai sensi della norma tecnica UNI EN 10020, e gli “acciai alto legati da EAF” ai sensi del Regolamento delegato (UE) 2019/331 della Commissione. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Per l'impianto di rotazione si considera un acciaio S275.

3.1.1 S275

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale “t” dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]
<i>UNI EN 10025-2: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali</i>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

Modulo Elastico	E =	210000	MPa
Modulo di Taglio	G =	81000	MPa
Coefficiente di Poisson	ν =	0.3	
Coefficiente di dilatazione termica	α =	1.2·10 ⁻⁵	K ⁻¹
Massa specifica	ρ =	7860	kg/m ³
Tensione di snervamento per elementi con t ≤ 40mm	f _y (t ≤ 40mm) =	275	MPa
Tensione di snervamento per elementi con t > 40mm	f _y (t > 40mm) =	255	MPa
Tensione di rottura per elementi con t ≤ 40mm	f _u (t ≤ 40mm) =	430	MPa
Tensione di rottura per elementi con t > 40mm	f _u (t > 40mm) =	410	MPa
Coeff. di sic. materiale per resistenza (classe 1,2,3,4)	γ _{M0} =	1.05	
Coeff. di sic. materiale per instabilità	γ _{M1} =	1.05	
Coeff. di sic. all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	γ _{M1} =	1.10	

Coeff. di sic. per la verifica di resistenza nei riguardi della frattura delle sezioni tese (indebolite dai fori) $\gamma_{M2} = 1.25$

3.1 ACCIAIO PER IMPIANTO ROTANTE (UNI EN 10025)

Per gli usi strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materia recuperata, ovvero riciclata, ovvero di sottoprodotti, inteso come somma delle tre frazioni, come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 75%.
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Per gli usi non strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materie riciclate ovvero recuperate ovvero di sottoprodotti come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 65%;
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Con il termine “acciaio da forno elettrico legato” si intendono gli “acciai inossidabili” e gli “altri acciai legati” ai sensi della norma tecnica UNI EN 10020, e gli “acciai alto legati da EAF” ai sensi del Regolamento delegato (UE) 2019/331 della Commissione. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Per i rinforzi del ponte si considera un acciaio S355J2.

3.1.1 S355J2

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale “t” dell’elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]	f _{yk} [MPa]	f _{tk} [MPa]
<i>UNI EN 10025-2: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali</i>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550

Modulo Elastico	E =	210000	MPa
Modulo di Taglio	G =	81000	MPa
Coefficiente di Poisson	ν =	0.3	
Coefficiente di dilatazione termica	α =	1.2·10 ⁻⁵	K ⁻¹
Massa specifica	ρ =	7860	kg/m ³
Tensione di snervamento per elementi con t ≤ 40mm	f _y (t ≤ 40mm) =	355	MPa
Tensione di snervamento per elementi con t > 40mm	f _y (t > 40mm) =	335	MPa
Tensione di rottura per elementi con t ≤ 40mm	f _u (t ≤ 40mm) =	510	MPa
Tensione di rottura per elementi con t > 40mm	f _u (t > 40mm) =	470	MPa
Coeff. di sic. materiale per resistenza (classe 1,2,3,4)	γ _{M0} =	1.05	
Coeff. di sic. materiale per instabilità	γ _{M1} =	1.05	
Coeff. di sic. all’instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	γ _{M1} =	1.10	

Coeff. di sic. per la verifica di resistenza nei riguardi della frattura delle sezioni tese (indebolite dai fori)

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

3.1.1 CLASSE DI ESECUZIONE DELLE SRUTTURE METALLICHE

Secondo quanto previsto nella EN 1090 tutte le operazioni di saldatura saranno eseguite in accordo con i requisiti stabiliti dalla parte applicabile della serie ISO 3834, con controllo del processo di saldatura (requisiti per materiale base, materiale d'apporto, qualifica procedimenti, qualifica personale ed operatori, attrezzature, controlli non distruttivi, etc.).

Nel caso in esame si considera quanto segue.

CLASSE DI IMPORTANZA CC

È definita in base alle conseguenze di un collasso in termini di perdita di vite umane e danni economici:

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e di opere di ingegneria civile
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. sale da concerti). Ponti Ferroviari ecc...
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 di uffici). Edifici industriali
CC1	Conseguenze basse per perdite di vite umane, e conseguenze modeste o trascurabili in termini economici, sociali o ambientali	Costruzioni agricole, <i>nei quali generalmente nessuno entra</i> (es. serre) Magazzini per sostanze non pericolose e nei quali l'accesso del personale sia assolutamente limitato
CC1=BASSA CC2=STANDARD CC3=ALTA		

Il documento di applicazione nazionale degli Eurocodice, *Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici. Decreto 31 luglio 2012, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, G.U. 27 marzo 2013*, con riferimento all'Eurocodice 1: Azioni sulle strutture, Parti 1-7: Azioni in generale – Azioni eccezionali, nota 4, riporta quanto segue:

Classe di conseguenza	Esempi di classificazione delle strutture
CC1	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
CC2-rischio inferiore	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente, Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classi di conseguenza superiori.
CC2-rischio superiore	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe di conseguenza 3. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.
CC3	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione.

CLASSE DI SERVIZIO SC

Si considera la seguente classe di servizio: (SC: Service Categories).

Categoria	Parametri
SC1	Strutture e componenti progettati soltanto per azioni quasi statiche Strutture e componenti le cui connessioni sono progettate per l'azione sismica in regioni con bassa sismicità e classe di duttilità DCL Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da carroponti/gru meccanici (classe S0)
SC2	Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993 (es. ponti stradali e ferroviari, gru, carriponte classi da S1 a S9) Strutture suscettibili a vibrazione da vento, folla o macchinari in rotazione <i>Strutture e componenti progettati per l'azione sismica in regioni con media o alta sismicità ed in classe di duttilità DCM o DCH</i>
DCL,DCM, DCH: classi di duttilità in accordo alla EN 1998-1 (eurocodice-8) SC1= carico statico SC2=sollecitazione a fatica	

CATEGORIA DI PRODUZIONE (PC)

Categoria	Parametri
PC1	Componenti non saldati fabbricati con qualsiasi classe di acciaio componenti saldati fabbricati con classe di acciaio inferiore al S355 (=S275max)
PC2	Componenti saldati fabbricati con classe di acciaio uguale o superiore alla S355 Componenti essenziali per l'integrità strutturale che vengono assemblati in situ mediante saldatura componenti prodotti a caldo o che ricevono trattamenti termici durante la produzione.
PC1<S355(=S275) PC2≥S355	

CLASSE DI ESECUZIONE (EXC EXECUTION CLASSES).

La scelta della ISO 3834 dipende dalla classe di esecuzione dichiarata del componente ed i requisiti da rispettare si possono riassumere nella seguente tabella:

Consequence Classes		CC1		CC2		CC3	
Service Categories		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production Categories	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC3*
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3*	EXC4
* EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provision							

Si prescrive la classe di esecuzione EXC3.

3.2 PERNO

3.2.1 39NICRMO3 BONIFICATO (EN 10083-3)

Tensione di snervamento ($\emptyset = 90$ mm) $f_{yp} = 685$ MPa

Tensione di rottura ($\emptyset = 90$ mm)..... $f_{up} = 880$ MPa

3.3 CALCESTRUZZO

I calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti, di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Tale percentuale è calcolata come rapporto tra il peso secco delle materie riciclate, recuperate e dei sottoprodotti e il peso del calcestruzzo al netto dell'acqua (acqua efficace e acqua

di assorbimento). Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato, recuperato o sottoprodotto, va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Per le nuove costruzioni in calcestruzzo (zavorra, baggioli) si prescrive un calcestruzzo C35/45.

3.3.1 CALCESTRUZZO CLASSE C35/45

R_{ck}	45.00	MPa	
γ_c	1.50		Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo (§ 2.4.1.4)
f_{ck}	35.00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
α_{cc}	0.85		Carichi lunga durata (§ 3.1.6)
f_{cd}	19.83	MPa	Resistenza a compressione di progetto ($f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$)
f'_{cd}	9.92	MPa	Resistenza a compressione ridotta ($f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$)
f_{cm}	43.00	MPa	($f_{ck} + 8$)
f_{ctm}		MPa	($0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}$)
$f_{ctk,0.05}$	2.25	MPa	Resistenza a trazione fratt < 5%: $0.7 \cdot f_{ctm}$
α_{ct}	1.00		Carichi lunga durata (§ 3.1.6)
f_{ctd}	1.50	MPa	Resistenza a trazione di progetto ($f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.005} / \gamma_c$)
f_{cfm}	3.85	MPa	($1.2 \cdot f_{ctm}$)
E_{cm}	34.08	GPa	modulo elastico: $22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0.3}$

3.3.2 CLASSE DI ESPOSIZIONE

Le classi di esposizione sono le seguenti (prospetto 1 delle UNI 11104:2016):

1 Assenza di rischio di corrosione o attacco

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: ambiente molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.

2 Corrosione indotta da carbonatazione

Nel caso in cui il calcestruzzo che contiene armatura o altri inserti metallici sia esposto all'aria ed all'umidità, l'esposizione deve essere classificata come segue:

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
----------------------------	---------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

XC1	Permanente secca, acquosa o saturata d'acqua	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria bassa. Calcestruzzo permanentemente immerso in acqua o esposto a condensa.
XC2	Prevalentemente acquosa o saturata d'acqua, raramente secca	Calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Calcestruzzo di strutture di contenimento acqua. Calcestruzzo di molte fondazioni.
XC3	Moderata o alta umidità dell'aria	Calcestruzzo in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità dell'aria da moderata ad alta.
XC4	Ciclicamente secca e acquosa o saturata d'acqua	Calcestruzzo in esterni con superfici soggette a alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturato d'acqua. Calcestruzzo ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti

Nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto ad un significativo attacco da cicli di gelo/disgelo, purché bagnato, l'esposizione deve essere classificata come segue:

Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
XF1	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo, in assenza di agente disgelante	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo.
XF2	Condizioni che determinano una moderata saturazione del calcestruzzo in presenza di agente disgelante	Calcestruzzo di facciate, colonne o elementi strutturali verticali o inclinati esposti alla pioggia ed ai cicli di gelo/disgelo in presenza di sali disgelanti, per esempio opere stradali esposte al gelo in presenza di sali disgelanti trasportati dall'aria.
XF3	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo in assenza di agente disgelante	Calcestruzzo di elementi orizzontali in edifici dove possono aver luogo accumuli d'acqua.
XF4	Condizioni che determinano una elevata saturazione del calcestruzzo con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Calcestruzzo di elementi orizzontali, di strade o pavimentazioni, esposti al gelo ed ai sali disgelanti oppure esposti al gelo in zone costiere.

I valori limiti corrispondenti dalla classe di esposizione e le proprietà del calcestruzzo sono riportati nel prospetto che segue:

UNI 11104:2016	CLASSI DI ESPOSIZIONE										
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotta da cloruri					
		Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti						
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Massimo rapporto a/c	-	0.60		0.55	0.50	0.50	0.45		0.55	0.50	0.45
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30		C30/37	C32/40	C32/40	C35/45		C30/37	C32/40	C35/45
Minimo contenuto in cemento (Kg/m ³) (d)	-	300		320	340	340	360		320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)											
Altri requisiti						È richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare secondo UNI 9156					

UNI 11104:2016	CLASSI DI ESPOSIZIONE						
	Attacco da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico		
	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Massimo rapporto a/c	0.50	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45	
Minima classe di resistenza	C32/40	C25/30	C30/37	C30/37	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (Kg/m ³) (d)	320	340	360	320	340	360	
Contenuto minimo in aria (%)	(b)	4.0 (a)					
Altri requisiti	È richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati (c)		

- (a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390 -9, UNI CEN/TR 15177 o UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. Il valore minimo di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con $D_{upper} > 20\text{mm}$; per D_{upper} inferiori il limite minimo andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12mm e 16 mm).
- (b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.
- (c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.
- (d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

3.3.3 CONDIZIONI AMBIENTALI

Le classi di esposizione ambientale, corrispondenti alla classe di esposizione ambientale, sono le seguenti (Tab. 4.1.III delle NTC):

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Si assumono le seguenti condizioni ambientali.

	Classe di esposizione	Calcestruzzo	Condizione ambientale
Platea	XC2	C25/30	Ordinario
Elevazioni e solai nell'interrato	XC3	C30/37	Ordinario
Elevazioni esterne	XF1	C32/40	Ordinario
Rampa	XF4	C30/37	Molto ag.

3.3.4 COPRIFERRO NTC18

Il copriferro è inteso come la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (inclusi staffe, collegamenti e rinforzi superficiali, se presenti) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo.

Il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo, c_{min} , più un margine di progetto per gli scostamenti, ΔC_{dev} :

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta C_{dev}$$

Il copriferro minimo, c_{min} , assicura:

- la corretta trasmissione delle forze di aderenza;
- la protezione dell'acciaio contro la corrosione (durabilità);
- un'adeguata resistenza al fuoco.

Si utilizza il massimo valore di c_{min} che soddisfi sia i requisiti relativi all'aderenza, sia quelli relativi alle condizioni ambientali.

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \}$$

Si assume un copriferro di 50 mm.

3.4 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Per gli usi strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materia recuperata, ovvero riciclata, ovvero di sottoprodotti, inteso come somma delle tre frazioni, come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 75%.
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Per gli usi non strutturali è utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materie riciclate ovvero recuperate ovvero di sottoprodotti come di seguito specificato:

- acciaio da forno elettrico non legato, contenuto minimo pari al 65%;
- acciaio da forno elettrico legato, contenuto minimo pari al 60%;
- acciaio da ciclo integrale, contenuto minimo pari al 12%.

Con il termine "acciaio da forno elettrico legato" si intendono gli "acciai inossidabili" e gli "altri acciai legati" ai sensi della norma tecnica UNI EN 10020, e gli "acciai alto legati da EAF" ai sensi del Regolamento delegato (UE) 2019/331 della Commissione. Le percentuali indicate si intendono come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

Si utilizza acciaio tipo B450C con le seguenti caratteristiche:

3.4.1 ACCIAIO B450C

$$\gamma_s = 1.15$$

$f_{yk} = 450.00$ MPa
 $f_{yd} = 391.30$ MPa
 $f_{tk} = 540.00$ MPa
 $A_5 = 12\%$
 $(f_t/f_y) = 1.26$
 $0.7 \cdot f_{yk} = 301.00$ MPa