



RACCOMANDAZIONI PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE DI TRAVI PREFABBRICATE RETICOLARI MISTE

26/11/2009



CONSORZIO PER LE
COSTRUZIONI DELL'INGEGNERIA STRUTTURALE in EUROPA



Indice

1	Introduzione	1
	Elenco dei simboli	4
2	Definizioni e morfologie strutturali	5
2.1	Generalità	5
2.2	Definizioni	5
2.2.1	Trave Prefabbricata Reticolare Mista	5
2.2.2	Traliccio.....	5
2.2.3	Fasi operative.....	6
2.2.4	Autoportanza	6
2.3	Classificazione del traliccio	6
2.3.1	In base al corrente inferiore.....	6
2.3.1.1	Fondello in acciaio con eventuali ferri longitudinali.....	6
2.3.1.2	Fondello in calcestruzzo con ferri longitudinali	6
2.3.2	In base alla sezione	6
2.4	Classificazione della trave in base alla posizione del solaio	7
2.4.1	Rispetto alla quota del solaio	7
2.4.2	Rispetto alla pianta	7
2.5	Classificazione dei componenti del traliccio.....	7
2.5.1	Corrente inferiore.....	7
2.5.1.1	Armatura longitudinale	7
2.5.1.2	Calastrelli longitudinali.....	7
2.5.1.3	Armatura trasversale nel fondello in calcestruzzo.....	7
2.5.2	Corrente superiore	7
2.5.2.1	Calastrelli longitudinali e trasversali	8
2.5.3	Anima.....	8
2.5.3.1	Morfologia elementi d'anima	8
2.5.3.2	Controventi d'anima	8
2.5.4	Apparecchi di appoggio delle travi sui pilastri.....	8
2.5.5	Apparecchi di appoggio dei solai prefabbricati sulle travi	9
2.6	Classificazione dei dispositivi di continuità all'appoggio	9
2.7	Classificazione di particolari presidi per zona sismica	9
2.7.1	Staffe di contenimento in testata	9
3	Principi di progettazione	10
3.1	Criteri generali.....	10
3.1.1	Fase 0	10
3.1.2	Fase 1	10



3.1.3	Fase 2	11
3.2	Azioni.....	12
3.2.1	Generalità.....	12
3.2.2	Carichi.....	12
3.2.2.1	Azioni relative alla Fase 1	13
3.2.2.2	Azioni relative alla Fase 2	13
3.3	Indicazioni riguardanti il progetto del traliccio e delle armature	14
3.3.1	Indicazioni relative al traliccio	14
3.3.2	Indicazioni relative ai monconi di estremità e agli elementi terminali.....	15
3.3.3	Indicazioni relative ai traversi di estremità	16
3.3.4	Indicazioni relative agli apparecchi di appoggio dei solai.....	17
3.4	Durabilità	17
3.5	Proporzionamento dei componenti delle Travi PREM	18
4	Materiali	19
4.1	Generalità.....	19
4.2	Calcestruzzo.....	19
4.3	Acciai.....	19
4.3.1	Armatura integrativa (non saldata).....	20
5	Analisi strutturale.....	21
5.1	Generalità.....	21
5.1.1	Requisiti generali	21
5.1.2	Casi di carico e combinazioni	22
5.2	Prima fase (Fase 1).....	22
5.2.1	Modellazione strutturale per l'analisi	22
5.2.1.1	Modellazione strutturale e ipotesi di base	22
5.2.1.2	Modellazione dei nodi del traliccio	22
5.2.2	Imperfezioni	22
5.3	Seconda fase (Fase 2).....	22
5.3.1	Rigidezza flessionale della Trave PREM.....	23
5.3.2	Analisi elastica lineare	23
5.3.3	Analisi elastica lineare con ridistribuzione limitata	23
5.3.4	Analisi plastica	23
5.3.4.1	Generalità	24
5.3.4.2	Analisi strutturale	24
5.3.4.3	Analisi con modelli tirante-puntone	24
5.3.5	Analisi non lineare	24



5.3.6	Effetti del secondo ordine in presenza di carico assiale	24
5.3.7	Instabilità laterale di travi snelle	24
6	Stati Limite Ultimi (SLU)	25
6.1	Classificazione degli elementi metallici costituenti il traliccio	25
6.2	Verifiche in prima fase	25
6.2.1	Resistenza e stabilità del traliccio.....	25
6.3	Verifiche in seconda fase	25
6.3.1	Flessione semplice	26
6.3.2	Taglio	26
6.3.3	Verifica delle connessioni acciaio-calcestruzzo	28
7	Stati Limite di Esercizio (SLE)	30
7.1	Metodi di analisi globale.....	30
7.1.1	Analisi lineare elastica	30
7.2	Controllo delle deformazioni.....	31
7.2.1	Considerazioni generali	31
7.2.2	Effetto delle fasi costruttive sulla determinazione delle deformazioni.....	32
7.2.3	Metodi di calcolo in fase fessurata e non fessurata.....	33
7.2.4	Deformazioni differite.....	35
7.3	Controllo della fessurazione	35
7.3.1	Definizione degli stati limite di fessurazione.....	36
7.4	Verifica delle tensioni in esercizio.....	36
7.4.1	Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio	36
7.4.2	Tensione massima dell'acciaio da c.a. in condizioni di esercizio...36	
7.5	Verifica delle vibrazioni	37
8	Principi fondamentali di progettazione al fuoco	38
8.1	Procedura di analisi della resistenza R al fuoco.....	38
8.2	Progettazione integrata da prove.....	39
9	Dettagli costruttivi e prescrizioni specifiche	40
9.1	Generalità	40
9.1.1	Armatura nelle travi	40
9.1.2	Copriferro e interferro	40
9.1.3	Corrente inferiore	41
9.1.4	Armature di pelle	42
9.1.5	Corrente superiore.....	42
9.1.6	Anime e calastrelli longitudinali	42
9.1.7	Controventi d'anima	43



9.1.8	Angolari e supporti angolari.....	43
9.1.9	Traversi e spezzoni saldati.....	43
9.1.10	Fondello in calcestruzzo.....	44
9.2	Dettagli costruttivi.....	45
9.2.1	Trave con sbalzo.....	45
9.2.2	Appoggio delle Travi PREM.....	45
10	Prescrizioni particolari nei nodi strutturali	46
10.1	Generalità.....	46
10.2	Verifica in Fase 1.....	46
10.2.1	Verifica locale all'appoggio.....	46
10.2.2	Verifica ad instabilità locale.....	47
10.3	Verifica in Fase 2.....	49
10.3.1	Verifica a flessione.....	50
11	Prescrizioni particolari in presenza di sollecitazioni sismiche	51
11.1	Generalità.....	51
11.1.1	Premessa.....	51
11.1.2	Principi di progettazione.....	51
11.1.3	Classi di duttilità.....	53
11.2	Tipologie strutturali e fattore di struttura.....	54
11.2.1	Tipologie strutturali.....	54
11.2.2	Fattore di struttura.....	54
11.3	Analisi strutturale.....	55
11.3.1	Generalità.....	55
11.4	Criteri di progetto.....	55
11.4.1	Generalità.....	55
11.4.2	Criteri di progetto per strutture dissipative.....	56
11.4.3	Regole di progetto per sezioni duttili.....	57
11.4.4	Resistenza delle zone dissipative.....	57
11.5	Regole di verifica per strutture dissipative in classe CD "B".....	58
11.5.1	Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza.....	58
11.5.2	Sollecitazioni di calcolo.....	59
11.5.2.1	Travi.....	59
11.5.2.2	Colonne.....	59
11.5.3	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo (SLU) e determinazione del limite superiore del momento resistente delle travi.....	60
11.5.3.1	Travi.....	60
11.5.3.2	Nodi trave-colonna.....	61



11.6	Dettagli costruttivi.....	61
11.6.1	Travi.....	62
11.6.2	Nodi trave-colonna.....	63
12	Lavorazioni dell'acciaio.....	64
12.1	Generalità.....	64
12.2	Sagomatura.....	64
12.3	Saldatura.....	64
12.3.1	Riferimenti normativi.....	64
12.3.2	Materiali d'apporto.....	65
12.3.3	Dimensionamento e controllo delle saldature.....	65
12.3.4	Qualificazione del Centro di Trasformazione e/o dello Stabilimento di Produzione.....	71
12.3.5	Qualificazione dei procedimenti di saldatura.....	71
12.3.6	Qualificazione del personale.....	71
13	Produzione, montaggio ed esecuzione getti.....	72
13.1	Generalità.....	72
13.1.1	Definizioni.....	72
13.1.2	Sequenza di produzione, montaggio ed esecuzione getti.....	74
13.1.3	Tipologie di produzione delle Travi PREM.....	75
13.1.4	Requisiti per lo stabilimento di produzione delle Travi PREM.....	76
13.1.5	Qualificazione dei procedimenti di piegatura e di saldatura, dell'azienda e del personale addetto.....	76
13.1.6	Qualificazione dello stabilimento di produzione delle Travi PREM non soggette a Marcatura CE.....	76
13.2	Produzione.....	77
13.2.1	Generalità.....	77
13.2.2	Progetto delle Travi PREM.....	78
13.2.3	Prescrizioni e tolleranze.....	78
13.2.4	Controlli in stabilimento durante la produzione.....	78
13.2.4.1	Controlli in accettazione sui materiali.....	78
13.2.4.2	Controlli di processo e sui prodotti.....	79
13.2.4.3	Documenti di accompagnamento.....	79
13.3	Montaggio.....	81
13.3.1	Generalità.....	81
13.3.2	Controlli di accettazione delle travi in cantiere.....	81
13.3.3	Controlli in fase di montaggio.....	82
13.4	Esecuzione getti.....	82
13.4.1	Generalità.....	82



13.4.2	Controlli di accettazione del calcestruzzo per i getti di completamento	83
13.4.3	Controlli in fase di getto di completamento	83
13.4.4	Controlli sulle strutture completate	83
13.4.5	Relazione a Struttura Ultimata.....	84
13.5	Collaudo statico.....	84
14	Appendice A: Definizioni e morfologie strutturali.....	85
14.1	Generalità	85
14.2	Definizioni	85
14.3	Classificazione del traliccio	85
14.3.1	In base al corrente inferiore.....	85
14.3.1.1	Fondello in acciaio con eventuali ferri longitudinali.....	85
14.3.1.2	Fondello in calcestruzzo con ferri longitudinali	86
14.3.1.3	Fondello misto in lamiera e cotto	87
14.3.1.4	Travi senza fondello.....	87
14.3.2	In base alla sezione.....	88
14.3.2.1	Trave con traliccio spaziale	88
14.3.2.2	Trave con traliccio piano singolo o multiplo	88
14.3.2.3	Anima o traliccio piano preformato saldati al fondello in acciaio.....	89
14.3.2.4	Correnti composti da angolari	90
14.3.3	In base alla vista laterale	90
14.3.3.1	Anima di passo concorde o sfalsato	90
14.3.3.2	Travi con corrente superiore normale o arretrato rispetto all'appoggio	91
14.3.3.3	Travi con asse curvilineo	91
14.3.3.4	Travi con asse spezzato	92
14.3.3.5	Travi ad altezza variabile.....	92
14.3.4	In base ai due appoggi	93
14.3.4.1	Traliccio da pilastro a pilastro.....	93
14.3.4.2	Traliccio passante sul pilastro con uno sbalzo.....	93
14.3.4.3	Traliccio passante sul pilastro senza sbalzo.....	94
14.4	Classificazione della trave in base alla posizione del solaio	95
14.4.1	Rispetto alla quota del solaio.....	95
14.4.1.1	Trave in spessore	95
14.4.1.2	Trave fuori spessore (ribassata)	96
14.4.1.3	Trave fuori spessore rialzata.....	96
14.4.1.4	Trave fuori spessore ribassata e rialzata	97



14.4.1.5	Trave senza solaio portato	97
14.4.2	Rispetto alla pianta	98
14.4.2.1	Trave centrale (o di spina)	98
14.4.2.2	Trave laterale (o di bordo)	99
14.4.2.3	Trave di compluvio	100
14.4.2.4	Trave di displuvio (o cantonale)	100
14.5	Classificazione dei componenti del traliccio	101
14.5.1	Corrente inferiore	101
14.5.1.1	Armatura longitudinale	101
14.5.1.2	Calastrelli longitudinali	102
14.5.1.3	Armatura trasversale nel fondello in calcestruzzo	103
14.5.2	Corrente superiore	104
14.5.2.1	Calastrelli longitudinali e trasversali	105
14.5.3	Anima	106
14.5.3.1	Morfologia elementi d'anima	107
14.5.3.2	Controventi d'anima	110
14.5.4	Apparecchi di appoggio delle travi sui pilastri	110
14.5.5	Apparecchi di appoggio dei solai prefabbricati sulle travi	111
14.6	Classificazione dei dispositivi di continuità all'appoggio	112
14.7	Classificazione di particolari presidi per zona sismica	113
14.7.1	Staffe di contenimento in testata	113
15	Appendice B: Prescrizioni relative alla progettazione dei solai in appoggio sulle Travi PREM	115
15.1	Profondità di appoggio	115
15.2	Solai prefabbricati con appoggio in asse alle Travi PREM in Fase 2	115
15.3	Solai prefabbricati con appoggio non in asse alle Travi PREM in Fase 2	115



CONSORZIO PER LE
COSTRUZIONI DELL'INGEGNERIA STRUTTURALE in EUROPA

1 Introduzione

Il percorso verso una regolamentazione delle Travi Prefabbricate Reticolari Miste (PREM), iniziato dal Gruppo di Lavoro Assoprem (Associazione Nazionale Produttori Travi PREM) – CIS-E (Consorzio per le Costruzioni dell'Ingegneria Strutturale in Europa) nel 2006, si è concretizzato con la stesura della prima versione delle presenti Raccomandazioni.

In questi anni di attività Assoprem è entrata anche in vigore la nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni (NTC; D.M. 14/01/08) che, al Paragrafo 4.6, fa riferimento alla possibilità di utilizzo delle “travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante”, subordinata all'autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLLPP).

A tal fine il CSLLPP ha nominato un Gruppo di Lavoro per la stesura delle specifiche procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'impiego di tali manufatti, approvate dal CSLLPP stesso nel 2009.

Le Procedure Ministeriali prevedono tre principali categorie che possono rappresentare il comportamento delle Travi PREM. In particolare, rifacendosi a tipologie già consolidate nella normativa e nella letteratura tecnica internazionale, le tre **categorie** sono le seguenti:

- a) strutture composte acciaio-calcestruzzo;
- b) strutture in calcestruzzo armato;
- c) strutture ibride.

In particolare, le Travi PREM possono rientrare nella **categoria a)** quando il sistema resistente le assimila ad una trave in acciaio collaborante con una soletta di calcestruzzo. L'appartenenza a tale categoria è condizionata all'impiego di solo acciaio da carpenteria (piatti, profilati, tondi ecc.) per la parte che assicura la portanza in prima fase (di regola prefabbricata) e per i connettori. Il modello di calcolo adottato, in particolare per le verifiche a taglio, deve essere coerente con i modelli previsti nelle NTC e nei relativi Eurocodici. Di conseguenza, poiché si fa riferimento alle strutture miste, la resistenza a taglio dovrà essere garantita dalla sola parte in carpenteria.

L'appartenenza alle strutture in calcestruzzo armato e/o precompresso [**categoria b)**] implica che la capacità portante di seconda fase venga garantita esclusivamente dal calcestruzzo e dall'acciaio da c.a. o c.a.p., secondo gli specifici modelli previsti dalla Normativa Tecnica per le Costruzioni. Sulle base delle stesse considerazioni già avanzate per la **categoria a)**, non è consentito in questo caso prendere in conto nella fase finale di funzionamento il con-

tributo dell'acciaio da carpenteria, che dovrà essere adeguatamente protetto contro la corrosione.

La terza **categoria c)** comprende quelle tipologie che per principi, modelli di calcolo e materiali non possono essere comprese nelle prime due.

In accordo con le Procedure, delle tre categorie sopra indicate, le prime due non rientrano nell'ambito di applicazione del punto 4.6 del D.M. 14/01/08 in quanto espressamente disciplinate rispettivamente dai Paragrafi 4.3 e 4.1 delle stesse norme.

Le travi della **categoria c)** sono da considerarsi come strutture ibride che rappresentano una innovazione nel campo dell'ingegneria strutturale, per le quali la NTC e gli Eurocodici non hanno ancora previsto specifiche regole di progettazione.

Per la **categoria c)** le Procedure Ministeriali richiedono che venga documentata l'esistenza di margini di sicurezza, funzionalità, durabilità e robustezza non inferiori a quelli previsti dalla NTC.

A tal fine è necessario effettuare una adeguata sperimentazione su campioni e su modelli, sia relativamente alla prima fase sia alla seconda fase, riguardante le condizioni di esercizio ed ultime, con riferimento anche ai principi della progettazione assistita da prove (EN1990 Appendice D). La sperimentazione deve costituire un utile supporto alla definizione di modelli di calcolo attendibili.

In questo contesto normativo, il Gruppo di Lavoro Assoprem – CIS-E ha prodotto le presenti Raccomandazioni, finalizzate alla definizione delle regole di progettazione, realizzazione, montaggio e collaudo delle Travi PREM. Le Raccomandazioni sono state prodotte al fine di fornire un documento tecnico attuativo dei principi riportati nelle Procedure Ministeriali, nel pieno rispetto delle normative tecniche vigenti, alle quali fanno ampio riferimento.

Uno degli obiettivi principali delle Raccomandazioni riguarda la definizione di regole di progettazione che garantiscano i livelli di sicurezza previsti dalle NTC, nelle diverse fasi di vita delle Travi PREM.

Le Raccomandazioni contemplano tutte le **categorie** di Travi PREM **a), b), c)**; in particolare, per le **categorie a) e b)** forniscono delle regole di esecuzione e di controllo mentre per la **categoria c)** forniscono anche le regole di progettazione che attualmente non sono incluse nella normativa tecnica vigente, nazionale o internazionale.

Nelle Raccomandazioni sono presenti diverse regole per i particolari costruttivi che riguardano, per esempio, le saldature dei nodi del traliccio, gli ancoraggi delle armature, l'instabilità degli elementi compressi del traliccio, etc.

Le Raccomandazioni hanno una struttura simile a quella degli Eurocodici e sono basate su tredici Capitoli e due Annessi Informativi. Le problematiche affrontate dalle Raccomandazioni riguardano:

- la classificazione delle diverse morfologie di Travi Reticolari Miste;
- la definizione dei principi di progettazione per la prima e la seconda fase, inclusa la verifica a instabilità del corrente compresso del traliccio in prima fase e la durabilità;
- le caratteristiche che devono avere i materiali, che dovranno appartenere a quelli previsti dalle NTC;
- i metodi di analisi strutturale, per la prima e la seconda fase;
- i criteri di verifica agli stati limite ultimi e di esercizio;
- le verifiche di resistenza al fuoco;
- i numerosi dettagli costruttivi;
- le prescrizioni relative ai nodi strutturali;
- le prescrizioni particolari in presenza di sollecitazioni sismiche, incluse le tipologie strutturali, i fattori di struttura ed i criteri di progetto;
- le saldature e la loro qualificazione;
- i criteri di fabbricazione, esecuzione, montaggio e collaudo.

Le Raccomandazioni sono il risultato del lavoro di circa quattro anni del Gruppo di Lavoro coordinato dal Consorzio CIS-E. Nel Gruppo di Lavoro hanno partecipato attivamente diverse associazioni culturali e di categoria, istituti di certificazione, rappresentanti dei soci Assoprem e docenti provenienti dalle Università elencate nel seguito: Università di Bergamo, Università di Bologna, Università di Brescia, Università della Calabria, Università di Ferrara, Università di Firenze, Università di Messina, Politecnico di Milano, Università di Palermo, Università di Reggio Calabria, Università del Salento, Politecnico di Torino, Università di Trieste. L'elenco completo dei componenti del Gruppo di Lavoro, distinto tra chi ha partecipato attivamente alle riunioni e alla stesura del documento e chi ha partecipato indirettamente con idee o comunicazioni, è riportato alla fine del documento.

Il Gruppo di Lavoro ha operato a partire dallo Stato dell'Arte sulle Travi PREM, dai risultati di studi sperimentali e/o numerici disponibili nella letteratura tecnica del settore e dai risultati di una ricerca finanziata da Assoprem alle Università presenti nel Gruppo di Lavoro e al laboratorio prove del Gruppo Pittini presso le Ferriere Nord.

Elenco dei simboli

δ_c	monta iniziale;
δ_{max}	freccia complessiva;
δ_I	freccia di prima Fase dovuta ai carichi permanenti;
δ_{II}	freccia di seconda Fase dovuta a carichi permanenti e variabili;
$\delta_{II,1}$	freccia dovuta ai carichi permanenti presenti nella prima Fase in seguito alla rimozione dei puntelli, e dei carichi permanenti applicati successivamente;
$\delta_{II,2}$	freccia dovuta ai carichi variabili;
γ_C	coefficiente parziale per il calcestruzzo;
γ_S	coefficiente parziale per l'acciaio d'armatura;
ρ_{min}	valore minimo di rapporto geometrico di armatura tesa;
A_c	area delle porzioni in calcestruzzo;
d	diametro del mandrino;
D	diametro del tondo da piegare;
E_c^*	modulo di elasticità del calcestruzzo per effetti a lungo termine;
E_{cm}	valore medio istantaneo del modulo di elasticità del calcestruzzo;
EJ_{eq}	rigidezza equivalente dello stato parzialmente fessurato;
EJ_I	rigidezza della sezione interamente reagente;
EJ_{II}	rigidezza della sezione completamente fessurata;
f_{ck}	resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo;
f_{ctm}	valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo;
f_{yk}	valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinario;
$M_{b,Rd}$	momento resistente della Trave PREM;
M_{fess}	momento di prima fessurazione;
n	coefficiente di omogeneizzazione;
n_{sw}	numero di anime di un traliccio;
P_p	primo passo d'anima;
P_{sp}	passo spurio;
P_{st}	passo standard;
p_{sw}	passo d'anima;
q	fattore di struttura;
V_{Rd}	resistenza a taglio.

2 Definizioni e morfologie strutturali

2.1 Generalità

In questo capitolo sono riportate le definizioni e le classificazioni delle principali tipologie di Travi Prefabbricate Reticolari Miste presenti in Italia.

Per le rappresentazioni grafiche a corredo delle definizioni di seguito riportate e per ulteriori indicazioni non richiamate nel testo del documento principale si rimanda all'Appendice "A" (Capitolo 14), in cui la numerazione dei paragrafi segue quella del presente capitolo.

2.2 Definizioni

2.2.1 Trave Prefabbricata Reticolare Mista

Una Trave Prefabbricata Reticolare Mista è un elemento prevalentemente inflesso costituito da una trave metallica reticolare, con o senza un fondello prefabbricato in calcestruzzo, inglobata in tutto o in parte in un getto di calcestruzzo in opera. Le Travi Prefabbricate Reticolari Miste saranno chiamate nel documento con l'abbreviativo "PREM" (Prefabbricate Reticolari Miste) o semplicemente con la parola trave. La parte prefabbricata di una Trave PREM, prima del getto integrativo, è identificata anche come "traliccio"; per questo motivo queste travi si identificano anche come Travi Tralicciate Miste o anche Travi Tralicciate in Acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante. È possibile usare questa abbreviazione liberamente, perché non è compresa fra gli innumerevoli marchi registrati da singoli produttori ed è, quindi, di uso libero e trasversale. Essa ha la valenza di un nome di genere e si affianca ai singoli marchi commerciali. Quando sono affiancate più di una Trave PREM nello stesso fondello prefabbricato in calcestruzzo, si parla di solai Prefabbricati Reticolari Misti o solai PREM.

2.2.2 Traliccio

Le parti principali che costituiscono il traliccio sono:

- corrente inferiore;
- corrente superiore;
- anima.

Inoltre sono presenti altri elementi accessori definiti nel seguito.

2.2.3 Fasi operative

La Trave PREM è soggetta tipicamente a tre differenti fasi operative:

- La Fase 0 ha inizio con la realizzazione in stabilimento e termina con la posa in opera (fase transitoria di sollevamento, trasporto e montaggio);
- la Fase 1 (o prima Fase) ha inizio con la trave posata in opera e comprende il getto, sulla porzione di impalcato ad essa afferente, del calcestruzzo di completamento, fino al momento in cui questo raggiunga la resistenza di progetto prefissata per l'inizio della Fase 2. La Fase 1 è transitoria;
- la Fase 2 (o seconda Fase), successiva alla Fase 1, comprende tutta la vita operativa dell'organismo strutturale nel quale la Trave PREM è inserita (fase di esercizio).

2.2.4 Autoportanza

Si definisce trave autoportante quella in grado di resistere, in sicurezza, ai carichi di progetto di prima Fase, senza puntellazione (ad eccezione di eventuali puntelli in prossimità dell'appoggio).

Si definisce trave non autoportante quella che richiede una adeguata puntellazione, anche se discontinua, per resistere ai carichi di prima Fase.

2.3 Classificazione del traliccio

La morfologia del traliccio si può classificare in base a diversi parametri, elencati nei paragrafi seguenti.

2.3.1 In base al corrente inferiore

2.3.1.1 *Fondello in acciaio con eventuali ferri longitudinali*

Il corrente inferiore è composto da un largo piatto d'acciaio (fondello) e da eventuali barre longitudinali saldate allo stesso.

2.3.1.2 *Fondello in calcestruzzo con ferri longitudinali*

Il corrente inferiore è costituito da barre longitudinali inglobate in un fondello in calcestruzzo, prefabbricato o non.

2.3.2 In base alla sezione

Il traliccio può presentarsi con una conformazione spaziale, piana o pluri-piana.

2.4 Classificazione della trave in base alla posizione del solaio

2.4.1 Rispetto alla quota del solaio

La Trave PREM può risultare in spessore, a ribasso o a rialzo rispetto al solaio in cui è inserita.

2.4.2 Rispetto alla pianta

La posizione della Trave PREM può risultare centrale o laterale a seconda che porti il solaio da entrambi i lati o da uno solo.

2.5 Classificazione dei componenti del traliccio

2.5.1 Corrente inferiore

2.5.1.1 Armatura longitudinale

L'armatura longitudinale del corrente inferiore può essere costituita da:

- piatto d'acciaio;
- ferri aggiunti tondi o quadri, su uno o più strati;
- angolari.

2.5.1.2 Calastrelli longitudinali

All'occorrenza i correnti inferiori possono essere collegati fra loro da calastrelli longitudinali, costituiti tipicamente da ferri tondi corti, che hanno la funzione di distanziatori.

2.5.1.3 Armatura trasversale nel fondello in calcestruzzo

Nel caso di Travi PREM con fondello prefabbricato in calcestruzzo, in aggiunta all'armatura longitudinale, è necessario prevedere un'armatura trasversale (staffe) ove fossero presenti specifiche sollecitazioni.

2.5.2 Corrente superiore

Il corrente superiore può essere costituito da:

- ferri tondi;
- ferri quadri;
- angolari.

Il numero dei ferri correnti superiori e quello dei piani d'anima possono determinare un'ampia casistica di combinazioni.

2.5.2.1 Calastrelli longitudinali e trasversali

All'occorrenza i correnti superiori possono essere collegati fra loro dai seguenti elementi complementari:

- calastrelli longitudinali, costituiti tipicamente da ferri tondi corti, che hanno la funzione di distanziatori;
- calastrelli trasversali, che hanno la funzione di mantenere invariata la distanza reciproca dei correnti superiori.

2.5.3 Anima

L'anima (o staffatura) è costituita da un traliccio semplice o multiplo di ferri tondi, generalmente di uguale diametro.

I tralicci d'anima possono essere realizzati con passo concorde o sfalsato (vedi § 14.3.3.1).

2.5.3.1 Morfologia elementi d'anima

L'elemento d'anima può essere intero (realizzato con una barra singola sagomata a V), composto (realizzato con due elementi saldati ai correnti) oppure costituito da una serpentina continua.

2.5.3.2 Controventi d'anima

I controventi d'anima sono costituiti da ferri tondi saldati alle anime, su uno o più strati, e composti da elementi longitudinali collegati da uno o più elementi trasversali per ogni gruppo di aste dell'anima.

Sulle testate del traliccio, per ogni ordine di controventi, vengono inserite coppie di ferri conformate a croce di Sant'Andrea o, in alternativa, con altra tipologia di controvento con funzione di diaframma di irrigidimento di efficacia comparabile.

2.5.4 Apparecchi di appoggio delle travi sui pilastri

Gli apparecchi di appoggio delle travi sono costituiti generalmente da un piatto o tondo traverso, saldato a due o più ferri tondi affiancati (spezzoni saldati o terminali), con lo scopo di stabilizzare la trave in fase di posa e di ancorare i terminali in seconda Fase.

2.5.5 Apparecchi di appoggio dei solai prefabbricati sulle travi

Gli apparecchi di appoggio dei solai prefabbricati, utilizzati nel caso di travi ribassate rispetto all'intradosso del solaio, sono costituiti generalmente da angolari collegati alle anime (generalmente tramite ferri di supporto).

2.6 Classificazione dei dispositivi di continuità all'appoggio

La continuità strutturale delle Travi PREM in seconda Fase può essere realizzata mediante:

- barre integrative, superiori ed inferiori (monconi);
- tralicci metallici posizionati a cavallo del nodo;
- collegamenti saldati o bullonati;
- manicotti.

2.7 Classificazione di particolari presidi per zona sismica

2.7.1 Staffe di contenimento in testata

Si veda il § 11.6.1 delle presenti Raccomandazioni sui dettagli costruttivi delle Travi PREM per strutture in zona sismica.

3 Principi di progettazione

3.1 Criteri generali

(1) La progettazione deve garantire la sicurezza, la robustezza e un buon comportamento strutturale delle Travi PREM durante tutte le fasi della loro realizzazione, in esercizio ed in corrispondenza delle condizioni ultime.

In generale devono essere valutate e verificate le sollecitazioni e le deformazioni, ove necessario, relative alle tre fasi di vita definite nel § 2.2.3.

(2) Il calcolo agli stati limite ultimi deve essere effettuato in conformità a quanto è indicato al Capitolo 6 delle presenti Raccomandazioni.

(3) Il calcolo agli stati limite di esercizio deve essere effettuato in conformità a quanto è indicato al Capitolo 7 delle presenti Raccomandazioni.

(4) Negli edifici con telaio sismo-resistente le Travi PREM ed i nodi strutturali a cui convergono devono essere tali da garantire il rispetto del principio della gerarchia delle resistenze (si veda il Capitolo 11).

(5) Nella procedura di calcolo occorre tener presenti le tolleranze di produzione e di montaggio delle Travi PREM (si veda il Capitolo 13) in aggiunta alle imperfezioni previste dalla normativa vigente.

3.1.1 Fase 0

La Fase 0 è definita al § 2.2.3.

Durante le fasi di movimentazione e trasporto, devono essere presi in considerazione gli effetti dinamici e devono essere date opportune prescrizioni sulle modalità di sollevamento e sui sistemi di appoggio e di aggancio.

Nel caso in cui il fondello di calcestruzzo partecipi alla resistenza in Fase 0, è necessario tener conto della sua resistenza effettiva durante la movimentazione.

3.1.2 Fase 1

La Fase 1 è definita al § 2.2.3.

(1) Durante la Fase 1 reagisce unicamente il traliccio in acciaio con il fondello inferiore, quando presente, sia esso metallico o in calcestruzzo.

La Fase 1 non è significativa ai fini delle verifiche strutturali quando la Trave PREM è sostenuta da puntelli distribuiti lungo tutta la sua lunghezza.

(2) I carichi da prendere in conto nella Fase 1 sono indicati al § 3.2.3.

(3) Nel caso in cui la Trave PREM, in Fase 1, venga sostenuta da puntelli intermedi, questi dovranno essere adeguatamente verificati tenendo conto dell'interazione trave-puntello.

(4) Al fine di garantire idonee condizioni di stabilità e sicurezza, i calcoli relativi alla Fase 1 devono essere eseguiti con riferimento allo schema di vincolo reale tenendo conto di tutti i carichi agenti sulla Trave PREM. In tale fase, considerando che l'applicazione degli stessi può evolversi anche in modo non simmetrico, è necessario prevedere l'utilizzo di eventuali dispositivi provvisori antiribaltamento.

Verifiche appropriate vanno eseguite per accertare:

- la compatibilità geometrica dei dispositivi di appoggio delle Travi PREM con le armature delle strutture eseguite in opera su cui le stesse appoggiano;
- la compatibilità delle sollecitazioni di compressione e di trazione con quelle ammesse per il calcestruzzo degli appoggi stessi al momento della loro messa in carico.

(5) Con riferimento al punto 3.1 (5), occorre tener presenti le tolleranze di produzione della Trave PREM e le tolleranze di montaggio al fine di garantire comunque le condizioni di stabilità e sicurezza indicate al precedente punto (4).

(6) Nel caso di Travi PREM con fondello di calcestruzzo, devono essere effettuate le verifiche a fessurazione anche in Fase 1, tenendo conto dei possibili effetti del ritiro del calcestruzzo.

(7) In presenza di elementi di solaio prefabbricati che appoggiano sul fondello della Trave PREM, quest'ultimo deve essere progettato e verificato per il carico trasmesso dal solaio con tutti i getti di completamento in opera.

3.1.3 Fase 2

La Fase 2 è definita al § 2.2.3.

(1) Nella Fase 2 la resistenza della Trave PREM è garantita dal traliccio in acciaio, dal fondello e dal calcestruzzo gettato in opera. In tale fase la Trave PREM è parte integrante del complesso strutturale in cui è inserita.

(2) I carichi da prendere in conto nella Fase 2 sono indicati al § 3.2.4.

(3) I calcoli relativi alla Fase 2 devono essere eseguiti con riferimento allo schema di vincolo reale e, nel caso di fondello di calcestruzzo, le verifiche a fessurazione devono tenere conto degli effetti della Fase 1.

(4) Per le prescrizioni relative alla progettazione dei solai in appoggio su Travi PREM si veda l'Appendice B – Capitolo 15.

3.2 AZIONI

3.2.1 Generalità

(1) Le azioni comprendono quelle agenti durante la costruzione e quelle presenti durante la vita utile delle strutture. Le azioni sono definite nella normativa tecnica vigente.

(2) Nel progetto di una Trave PREM occorre considerare le azioni relative alla Fase 0, alla Fase 1 ed alla Fase 2.

(3) Le azioni di cui alla Fase 0 devono essere valutate caso per caso; esse dipendono, fra l'altro, dalla tipologia della Trave PREM, dalle tecnologie di produzione, dalle movimentazioni, dalle condizioni di stoccaggio, etc.

(4) Nei punti successivi vengono riportate le indicazioni per individuare le azioni da considerare nella Fase 1 e nella Fase 2. Resta inteso che le azioni da considerare nella Fase 2 devono tener conto del complesso strutturale di cui la Trave PREM fa parte; per lo stesso motivo devono essere considerate all'interno delle condizioni e delle combinazioni di carico relative al modello strutturale adottato.

3.2.2 Carichi

(1) Conformemente a quanto stabilito nella normativa tecnica vigente, durante la costruzione dell'edificio devono essere considerati, se pertinenti con le fasi costruttive delle Travi PREM, i carichi sotto elencati, in via esemplificativa e non esaustiva. Resta inteso che il peso proprio dei manufatti prefabbricati (solai e travi) va considerato come richiamato nel § 3.2.3:

- Q_{ca} rappresenta il carico corrispondente al personale di lavoro eventualmente munito di piccola attrezzatura di cantiere;
- Q_{cb} rappresenta il carico corrispondente al deposito transitorio di materiale, come ad esempio materiali da costruzione, elementi prefabbricati, attrezzature di cantiere;
- Q_{cc} rappresenta il carico corrispondente ad attrezzature temporanee utili alla costruzione, come ad esempio casseforme, strutture di sostegno, impalcature;
- Q_{cd} rappresenta il carico corrispondente ad attrezzature e veicoli da cantiere pesanti, come ad esempio gru, elevatori, centraline elettriche;
- Q_{ce} rappresenta il carico corrispondente al deposito di materiale di risulta, come ad esempio il materiale demolito o la terra asportata;

- Q_{cf} rappresenta il carico prodotto dal calcestruzzo fresco dei getti integrativi;
- le azioni sismiche previste dalla normativa vigente;
- eventuali altri carichi che, per la particolarità della costruzione, possono essere presenti durante la fase di costruzione dell'edificio e non compresi nell'elenco precedente (ad esempio vento, neve, etc.).

(2) I carichi presenti durante la costruzione (Q_c) sono da considerare come azioni variabili.

(3) Devono essere considerati gli eventuali effetti dinamici dovuti ai carichi presenti durante la costruzione.

(4) Deve essere valutata l'entità delle eventuali azioni orizzontali presenti durante le singole fasi della costruzione.

3.2.2.1 Azioni relative alla Fase 1

(1) Le azioni relative alla Fase 1, considerate come azioni permanenti, comprendono:

- a) il peso proprio della trave prefabbricata;
- b) il ritiro del calcestruzzo.

(2) Le azioni relative alla Fase 1, da considerare come azioni variabili, comprendono:

- a) il peso proprio dei solai prefabbricati, limitatamente alla quota parte non gravante sui puntelli;
- b) le altre azioni elencate al § 3.2.2, ove presenti.

3.2.2.2 Azioni relative alla Fase 2

(1) Le azioni relative alla Fase 2, considerate come azioni permanenti, comprendono:

- a) il peso proprio della trave prefabbricata;
- b) il ritiro del calcestruzzo;
- c) il peso proprio dei solai prefabbricati, compresa la quota parte gravante sui puntelli in Fase 1;
- d) il peso di tutti i getti integrativi strutturali;
- e) i carichi permanenti portati.

(2) Le azioni relative alla Fase 2, considerate come azioni variabili, comprendono:

- a) gli effetti di tutte le altre azioni descritte al § 3.2.2, ove presenti;
- b) i carichi variabili;
- c) le azioni sismiche, ove previste;
- d) le variazioni termiche;
- e) i cedimenti vincolari.

(3) Nell'ambito delle verifiche della Trave PREM in Fase 2, gli effetti dei carichi della Fase 1 vanno riferiti alle condizioni di vincolo della Fase 1 e alla sezione resistente della trave nella medesima fase.

3.3 Indicazioni riguardanti il progetto del traliccio e delle armature

(1) Il traliccio e le armature devono essere progettate tenendo conto delle fasi 0, 1 e 2.

3.3.1 Indicazioni relative al traliccio

(1) Le Travi PREM vengono costruite generalmente con due o più trallicci d'anima. Con particolare riferimento alla Fase 1 ed alla Fase 0, il traliccio deve essere verificato sia per quanto riguarda la stabilità globale (stabilità flessione torsionale) sia per quanto riguarda la stabilità locale delle singole aste compresse che compongono il traliccio. In particolare, devono essere verificate nei confronti dei fenomeni di instabilità anche quelle aste che possono risultare compresse solo in particolari condizioni di carico.

È ammessa la costruzione di Travi PREM con un solo traliccio d'anima, adottando particolari precauzioni nella verifica dei fenomeni torsionali in Fase 1.

(2) Il corrente superiore del traliccio può essere irrigidito da controventi provvisori esterni al traliccio stesso. Esso può essere provvisto di calastrelli longitudinali e/o trasversali (vedi § 2.5.2.1) al fine di aumentarne la rigidità nei riguardi dei fenomeni di instabilità.

(3) Il traliccio con anima di passo concorde può essere verificato come un traliccio isostatico.

(4) Il traliccio con anima di passo sfalsato deve essere verificato come un traliccio iperstatico.

(5) È opportuno che, in ogni caso, siano rispettate le seguenti indicazioni:

- la base del primo elemento del traliccio compreso all'interno della luce netta della trave deve trovarsi ad una distanza d dal filo dell'appoggio non inferiore a 50 mm e non superiore a 250 mm; in ogni caso d non deve essere superiore a 0,8 volte l'altezza totale del manufatto prefabbricato;
- il passo del traliccio d'anima deve essere esplicitamente dichiarato, conforme alla normativa vigente o basato su giustificazioni teoriche validate da prove sperimentali.

(6) Eventuali staffe di confinamento presenti in prossimità dei nodi trave – pilastro sono da considerarsi efficaci solo in Fase 2.

(7) Nel caso di Travi PREM dotate di armature di continuità, i dispositivi utilizzati (monconi o tralicci) in corrispondenza dei pilastri devono essere considerati nel calcolo con l'effettiva geometria e l'effettiva posizione che essi assumono rispetto alle travi.

(8) L'eventuale eccentricità fra i piani verticali baricentrici delle aste di parete e del corrente superiore deve essere considerata nel calcolo delle sollecitazioni in Fase 1.

(9) In Fase 1, in una qualunque sezione trasversale di una Trave PREM, la differenza degli spostamenti verticali fra le due estremità del fondello, per effetto dei carichi relativi a tale fase, non può superare il valore:

$$\Delta V = B/100$$

avendo indicato con B la larghezza del fondello.

3.3.2 Indicazioni relative ai monconi di estremità e agli elementi terminali

(1) Le armature inferiori presenti nelle Travi PREM in corrispondenza dei pilastri, costituite dai monconi di estremità e dagli elementi terminali, devono essere dimensionate considerando gli effetti della combinazione di flessione e taglio. Nelle verifiche agli SLU delle armature inferiori presenti alle estremità delle Travi PREM occorre in ogni caso prevedere sollecitazioni di trazione S_{sd} non inferiori ai valori elencati nel seguito:

- $S_{sd} = V_{sd}$ nel caso di travi ad una campata o nel caso degli appoggi estremi delle travi continue;
- $S_{sd} = 1/3 V_{sd}$ nelle zone in corrispondenza degli appoggi intermedi di travi continue;

ove V_{sd} è il valore del taglio allo SLU nella combinazione di carico più sfavorevole.

Le sollecitazioni di trazione possono essere affidate ai monconi di estremità e agli elementi terminali, se debitamente ancorati ad un traverso adeguatamente dimensionato, mettendo in conto la congruenza delle deformazioni.

(2) Gli elementi terminali, se opportunamente ancorati, possono essere considerati come sezione resistente nella Fase 2 per sollecitazioni dovute al taglio [si veda il precedente punto (1)] ed al momento flettente che dovesse comprimere gli elementi terminali stessi.

(3) Nei calcoli deve essere considerata l'effettiva giacitura dei monconi inferiori e degli elementi terminali.

(4) Gli elementi terminali ed i corrispondenti traversi di ancoraggio devono essere verificati tenendo conto delle effettive geometrie.

(5) In corrispondenza delle zone d'appoggio deve essere disposta un'armatura longitudinale in zona tesa in percentuale non inferiore ai valori minimi previsti dalla normativa vigente per il calcestruzzo armato.

(6) Nelle verifiche del primo elemento verticale del traliccio, in Fase 1, occorre considerare un errore di verticalità pari al maggiore dei seguenti valori:

- 15 mm;
- 1/100 dell'altezza totale del manufatto prefabbricato;
- valore della tolleranza di costruzione dichiarata dal produttore.

3.3.3 Indicazioni relative ai traversi di estremità

(1) In corrispondenza di ciascuna delle due estremità del traliccio può essere presente un traverso di estremità che:

- nella Fase 1 deve garantire la stabilità, sull'appoggio, della Trave PREM soggetta a carichi eventualmente asimmetrici;
- nella Fase 2 deve garantire l'ancoraggio degli elementi terminali sollecitati dagli sforzi normali previsti in fase di progetto (si veda il § 3.3.2). L'efficacia di tale ancoraggio deve essere verificata con modelli resistenti validati da specifiche prove sperimentali.

Ove non fosse presente il traverso, i due requisiti precedenti devono essere garantiti facendo riferimento ad altri comprovati meccanismi resistenti.

(2) Con riferimento anche a quanto indicato al § 3.1.2.4, in Fase 1 occorre eseguire le verifiche di resistenza del traverso e le verifiche di resistenza dell'ap-

poggio; in particolare occorre controllare le tensioni di contatto fra il traverso e l'elemento strutturale su cui appoggia la Trave PREM.

(3) Nel caso in cui la Trave PREM in Fase 1 appoggi su un elemento strutturale di calcestruzzo (pilastro, mensola, setto, ecc.), è necessario verificarne le caratteristiche di resistenza al tempo in cui la trave stessa viene appoggiata. Si prescrive di prevedere all'appoggio staffe ravvicinate atte a confinare il calcestruzzo ed assorbirne le forze di trazione che si generano nella zona interessata dell'appoggio stesso.

3.3.4 Indicazioni relative agli apparecchi di appoggio dei solai

(1) Gli apparecchi di appoggio dei solai devono garantire il corretto appoggio degli stessi e devono trasferire le sollecitazioni indotte agli elementi resistenti della Trave PREM.

(2) Per la determinazione delle dimensioni degli apparecchi di appoggio dei solai e per le loro verifiche si devono considerare le tolleranze di produzione e di montaggio sia delle Travi PREM [si veda il punto 3.1 (5)], sia degli elementi di solaio.

3.4 Durabilità

(1) Le Travi PREM devono essere progettate per mantenere, durante tutta la loro vita nominale, i previsti requisiti di resistenza, stabilità e funzionalità in esercizio.

(2) La durabilità delle Travi PREM è ottenuta attraverso opportune scelte riguardanti la concezione strutturale, i dettagli ed i particolari costruttivi, le caratteristiche dei materiali impiegati, in particolare del calcestruzzo, le dimensioni degli elementi strutturali, ecc.

(3) Nella progettazione delle Travi PREM occorre considerare la classe di esposizione di progetto e adottare valori di copriferro idonei, così come indicato dalla normativa tecnica vigente.

(4) Ai fini della durabilità delle Travi PREM con fondello in calcestruzzo, si devono eseguire le verifiche allo Stato Limite di fessurazione, così come previsto dalla normativa tecnica vigente, tenendo in debito conto gli effetti della Fase 1.

(5) Durante la vita nominale dell'insieme strutturale in cui sono inserite, le Travi PREM dovranno essere sottoposte agli interventi di manutenzione ordinaria esplicitamente prescritti dal produttore.

3.5 Proporzionamento dei componenti delle Travi PREM

(1) Al fine di eseguire una progettazione “ottimale” è, di regola, opportuno mantenere prefissati rapporti dimensionali fra alcune grandezze geometriche che intervengono nella progettazione delle Travi PREM.

(2) Il produttore deve redigere un documento che indichi i rapporti dimensionali adottati tra:

- a) i diametri dell'anima e dei correnti;
- b) il diametro dell'anima e lo spessore del fondello d'acciaio;
- c) lo spessore e la larghezza del fondello d'acciaio;
- d) la larghezza del fondello, d'acciaio o di calcestruzzo, e la larghezza del traliccio soprastante.

Tali rapporti dimensionali, se non previsti per morfologia e per geometria da normative vigenti, devono essere giustificati con argomentazioni teoriche validate da specifiche prove sperimentali.

(3) Il produttore deve redigere un documento nel quale sono indicate le dimensioni massime e minime dei ferri che compongono i singoli elementi del traliccio. Le prove di qualifica dei procedimenti di saldatura, di cui al Capitolo 12, dovranno dimostrarne la compatibilità.

4 MATERIALI

4.1 Generalità

(1) Sia per le caratteristiche meccaniche e chimiche degli acciai e dei calcestruzzi, sia per le procedure di accettazione, per quanto non espressamente dichiarato nei successivi paragrafi, valgono le regole generali riportate dalle norme tecniche vigenti relative alle costruzioni in calcestruzzo e a quelle in acciaio.

4.2 Calcestruzzo

(1) Il calcestruzzo utilizzato per il fondello delle Travi PREM deve essere caratterizzato dalla classe di resistenza, dalla classe di consistenza e dal diametro massimo dell'aggregato.

- I fondelli di calcestruzzo dovranno essere realizzati con conglomerati cementizi di classe non inferiore a C 25/30, fatte salve le prescrizioni relative alla classe di esposizione in relazione alle condizioni ambientali.
- La classe di resistenza deve essere compatibile con le fasi transitorie. Se presenta una classe diversa da quella del getto integrativo, il calcolo della trave dovrà essere condotto considerando tale diversità sia per la fase transitoria (Fase 1) sia per quella finale (Fase 2).
- Se non diversamente specificato, il diametro massimo dell'aggregato deve comunque permettere il passaggio del calcestruzzo nel copriferro e tra i ferri di armatura.

4.3 Acciai

(1) Gli acciai utilizzati per la realizzazione delle Travi PREM sono quelli previsti dalle normative vigenti per le costruzioni in acciaio e per quelle in c.a. e devono avere composizione chimica tale da fornire un valore del carbonio equivalente (C_{eq}) conforme a quanto richiesto dalla normativa per la saldabilità delle diverse classi di acciaio.

(2) Per travi realizzate con tondi nervati da c.a. o con barre lisce, angolari, quadri e piatti che presentano un valore di resilienza pari a JR, è obbligatorio dettare opportune prescrizioni per evitare urti, colpi o applicazioni brusche dei carichi durante le fasi transitorie in presenza di temperature inferiori a 20 °C.



4.3.1 Armatura integrativa (non saldata)

(1) L'armatura integrativa deve essere realizzata con acciaio conforme alla normativa vigente per le costruzioni in c.a..

5 Analisi strutturale

5.1 Generalità

5.1.1 Requisiti generali

(1) Lo scopo dell'analisi strutturale è stabilire la distribuzione delle forze interne, delle tensioni, delle deformazioni e degli spostamenti, nell'intera struttura o in una parte di essa. Devono essere svolte analisi locali aggiuntive, ove necessario.

(2) L'analisi strutturale deve essere svolta idealizzando la geometria e il comportamento della struttura. Le schematizzazioni scelte devono essere appropriate per il problema in questione.

(3) Le idealizzazioni che possono essere utilizzate nell'analisi sono:

- comportamento elastico lineare (vedere § 5.3.1);
- comportamento elastico lineare con redistribuzione limitata per la Fase 2 (vedere § 5.3.2);
- comportamento plastico (vedere § 5.3.3), comprendente la modellazione tirante-puntone per la Fase 2 (vedere § 5.3.3.3);
- comportamento non lineare per la Fase 2 (vedere § 5.3.4).

(4) Le deformazioni delle travi e delle solette dovute al taglio e alle forze normali possono essere trascurate se si prevede che esse siano minori del 10% di quelle dovute alla flessione.

(5) Analisi locali possono rendersi opportune in quei casi in cui non è valida l'ipotesi di distribuzione lineare delle deformazioni nelle sezioni come, per esempio:

- in prossimità degli appoggi delle travi;
- in corrispondenza di carichi concentrati;
- in corrispondenza di particolari discontinuità dell'armatura;
- alle intersezioni travi-colonne;
- nelle zone di ancoraggio delle armature;
- in corrispondenza di variazioni della sezione trasversale.

(6) Nella progettazione si deve tener conto degli effetti della geometria, dei vincoli e delle caratteristiche reali della struttura sul suo comportamento in ogni fase della costruzione.

5.1.2 Casi di carico e combinazioni

(1) Le combinazioni di carico considerate devono tener conto dei casi di carico pertinenti (si veda il § 3.2), in modo da permettere la determinazione delle condizioni critiche di progetto per tutte le sezioni della struttura o della parte di struttura considerata.

5.2 Prima fase (Fase 1)

5.2.1 Modellazione strutturale per l'analisi

(1) Gli effetti del secondo ordine devono essere presi in conto ove possano influenzare in modo significativo la stabilità complessiva di una struttura, o di una parte di essa, o il raggiungimento dello stato limite ultimo nelle sezioni critiche.

5.2.1.1 Modellazione strutturale e ipotesi di base

(1) Per l'analisi delle strutture in Fase 1 è prevista l'analisi elastica lineare considerando le non linearità geometriche, ove necessario.

(2) L'analisi deve essere basata su modelli di calcolo della struttura che risultino appropriati per lo Stato Limite considerato.

5.2.1.2 Modellazione dei nodi del traliccio

(1) In generale, la modellazione che considera le travi semplicemente appoggiate alle estremità è sufficiente per l'analisi strutturale della trave in Fase 1.

(2) L'effetto delle zone nodali sulla distribuzione delle forze interne e delle deformazioni in una trave può essere in generale trascurato, eccetto ove tali effetti possono essere significativi.

5.2.2 Imperfezioni

Si adottano le disposizioni previste dal § 3.1 e, in generale, dalla normativa tecnica vigente.

5.3 Seconda fase (Fase 2)

L'analisi strutturale in Fase 2 può essere effettuata utilizzando i criteri e i modelli adottati per le strutture in c.a..

5.3.1 Rigidezza flessionale della Trave PREM

(1) In presenza di elevate percentuali geometriche di armatura longitudinale, il calcolo della rigidezza flessionale delle sezioni della Trave PREM può essere condotto tenendo conto dei contributi forniti dal calcestruzzo e dall'acciaio, ivi compresa la parte di soletta efficacemente collaborante e gli elementi metallici della trave reticolare che, per la sezione considerata, possano considerarsi efficacemente ancorati.

(2) In alternativa, è possibile assumere un momento di inerzia equivalente costante lungo l'intera trave, valutando la rigidezza flessionale della Trave PREM in base al principio dell'omogeneizzazione fra acciaio e calcestruzzo, assumendo che il calcestruzzo in zona tesa sia fessurato. In questo caso la rigidezza elastica della sezione, da impiegare nei metodi che si basano sull'analisi lineare, può essere valutata utilizzando un coefficiente di omogeneizzazione $n = E_s / E_{cm}$, essendo E_{cm} il valore medio del modulo di elasticità secante del calcestruzzo.

5.3.2 Analisi elastica lineare

(1) L'analisi lineare degli elementi basata sulla teoria dell'elasticità può essere impiegata sia per gli stati limite di esercizio (SLE), sia per gli stati limite ultimi (SLU).

(2) Per la determinazione degli effetti delle azioni, l'analisi lineare può essere sviluppata assumendo:

- sezioni trasversali non fessurate;
- relazioni tensioni-deformazioni lineari;
- il valore medio del modulo di elasticità.

(3) Per gli effetti delle deformazioni termiche, dei cedimenti e del ritiro allo stato limite ultimo (SLU), può essere assunta una rigidezza ridotta corrispondente alle sezioni fessurate, trascurando l'effetto irrigidente del calcestruzzo (tension stiffening) ma includendo gli effetti della viscosità.

5.3.3 Analisi elastica lineare con redistribuzione limitata

È possibile fare riferimento ai modelli consolidati previsti dalle normative vigenti.

5.3.4 Analisi plastica

È possibile fare riferimento ai modelli consolidati previsti dalle normative vigenti.

5.3.4.1 Generalità

(1) I metodi basati sull'analisi plastica possono essere utilizzati soltanto per la verifica allo SLU.

(2) La duttilità delle sezioni critiche deve essere sufficiente perché si possa formare il meccanismo previsto.

(3) Si raccomanda che l'analisi plastica sia basata sul metodo del limite inferiore (statico) o sul metodo del limite superiore (cinematico).

5.3.4.2 Analisi strutturale

Si applicano le regole previste dalla normativa vigente.

5.3.4.3 Analisi con modelli tirante-puntone

I modelli tirante-puntone possono essere utilizzati, secondo le disposizioni delle norme vigenti:

- per il calcolo (allo SLU) di regioni in continuità (vedere § 6.1 - 6.4);
- per il calcolo (allo SLU) e per la disposizione delle armature nelle regioni di discontinuità.

5.3.5 Analisi non lineare

Si applicano le regole previste dalla normativa vigente.

5.3.6 Effetti del secondo ordine in presenza di carico assiale

Si applicano le regole previste dalla normativa vigente.

5.3.7 Instabilità laterale di travi snelle

Si applicano le regole previste dalla normativa vigente.

6 Stati Limite Ultimi (SLU)

6.1 Classificazione degli elementi metallici costituenti il traliccio

(1) I profili laminati a caldo sono classificati in conformità con la normativa nazionale vigente.

(2) In assenza di valutazioni più accurate e/o di accorgimenti specifici, suffragati da adeguate sperimentazioni, il fondello inferiore in acciaio non si considera efficace ai fini della resistenza a compressione.

6.2 Verifiche in prima fase

6.2.1 Resistenza e stabilità del traliccio

(1) Prima dell'indurimento del calcestruzzo integrativo, il traliccio delle Travi PREM autoportanti deve essere verificato in conformità con la normativa nazionale vigente in materia di costruzioni di acciaio o, se non applicabile, sulla base di giustificazioni teoriche validate da sperimentazione. Se il fondello è in calcestruzzo occorre integrare le prescrizioni con le corrispondenti indicazioni riguardanti le costruzioni in c.a. o, se non applicabili, sulla base di giustificazioni teoriche validate da sperimentazione.

(2) Per le Travi PREM, le modalità di collasso per instabilità possono essere distinte in tre tipologie principali: a) instabilità di singole aste, b) instabilità di insieme del corrente compresso, c) instabilità flesso-torsionale della trave. I criteri classici dell'instabilità possono essere utilizzati solamente nel primo caso, definendo opportunamente la lunghezza libera di inflessione dell'asta. Nel secondo caso, il corrente superiore, trattenuto dagli elementi diagonali, può instabilizzarsi con una lunghezza libera che coinvolge più campi, in funzione della rigidità flessionale trasversale dei diagonali stessi. L'instabilità flesso-torsionale, infine, coinvolge l'intera trave, con una lunghezza d'onda che può estendersi fino alla lunghezza della trave stessa.

6.3 Verifiche in seconda fase

(1) Dopo l'indurimento del calcestruzzo, le Travi PREM devono essere verificate, in funzione della tipologia, in conformità con la normativa nazionale vigente in materia di costruzioni di c.a. o di travi composte in acciaio-calce-

struzzo, ove applicabili, oppure con modelli di calcolo supportati da adeguata sperimentazione.

6.3.1 Flessione semplice

(1) Il presente paragrafo riguarda porzioni di travi prive di discontinuità e corredate di un adeguato sistema di connessione acciaio-calcestruzzo.

(2) Nella determinazione del momento resistente ultimo di una sezione trasversale di una Trave PREM, si possono introdurre le seguenti ipotesi:

- conservazione delle sezioni piane;
- perfetta aderenza tra armatura e calcestruzzo;
- resistenza a trazione del calcestruzzo nulla.

Le tensioni e le deformazioni ultime nel calcestruzzo compresso e le tensioni nell'armatura da c.a. e nell'acciaio da carpenteria si ricavano dai diagrammi tensioni-deformazioni di progetto riportati nella normativa tecnica vigente.

(3) Le deformazioni dei piatti di acciaio da carpenteria sono correlate alla rigidità del sistema di connessione acciaio-calcestruzzo (si veda il § 6.3.3).

6.3.2 Taglio

(1) La resistenza a taglio V_{Rd} di una Trave PREM deve essere valutata adottando un adeguato modello a traliccio. Gli elementi resistenti del traliccio sono: il corrente compresso di calcestruzzo, il fondello e/o le barre longitudinali, la struttura d'anima. In particolare, la struttura d'anima è per sua natura iperstatica, essendo costituita dagli elementi (tesi e compressi o ambedue tesi) di parete che formano il traliccio della Trave PREM e dai puntoni d'anima di calcestruzzo inclinati di un angolo θ (Figura 6.1). Tuttavia, si possono adottare modelli semplificati isostatici del tipo:

- struttura d'anima *isostatica interamente metallica* costituita dagli elementi di parete che formano il traliccio della Trave PREM (Figura 6.2);
- struttura d'anima *isostatica non interamente metallica*, costituita dagli elementi di parete tesi che formano il traliccio metallico e dai puntoni d'anima di calcestruzzo inclinati di un angolo θ (Figura 6.3).

In presenza di armatura aggiuntiva a taglio, costituita da staffe verticali, è possibile considerare un ulteriore modello semplificato costituito da tali staffe e puntoni d'anima di calcestruzzo inclinati di un angolo θ (Figura 6.4).

(2) La valutazione delle sollecitazioni negli elementi taglio-resistenti deve essere effettuata utilizzando formule di comprovata affidabilità in funzione del modello strutturale adottato.

(3) Nel caso di modello d'anima isostatica interamente metallica, le verifiche devono essere svolte in conformità con la normativa tecnica vigente in materia di costruzioni di acciaio oppure, ove non applicabile, con modelli di calcolo supportati da adeguata sperimentazione. Le aste metalliche compresse, efficacemente rivestite di calcestruzzo, non richiedono verifiche di stabilità.

(4) In tutti gli altri casi, le verifiche devono essere svolte in conformità con la normativa vigente in materia di verifiche a taglio per le travi in c.a..

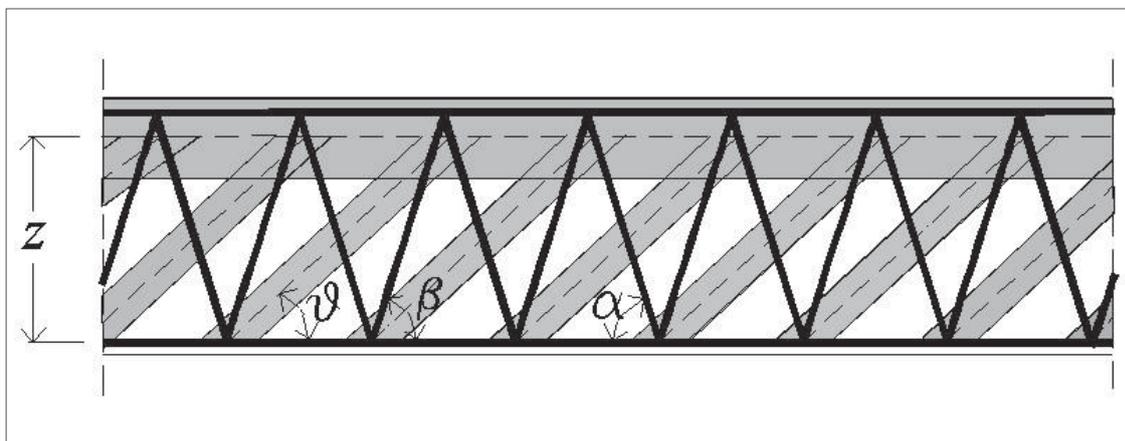


Figura 6.1 – Modello a traliccio iperstatico.

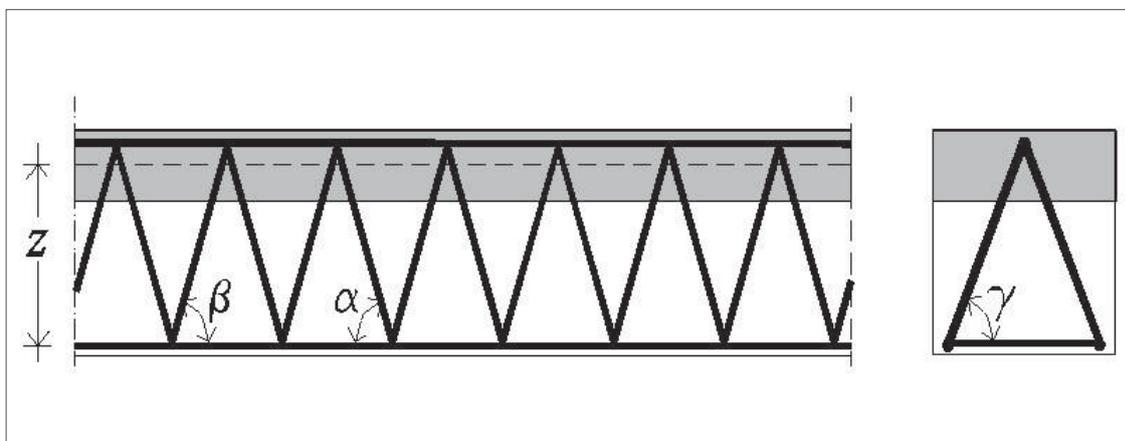


Figura 6.2 – Modello a traliccio con struttura d'anima isostatica interamente metallica.

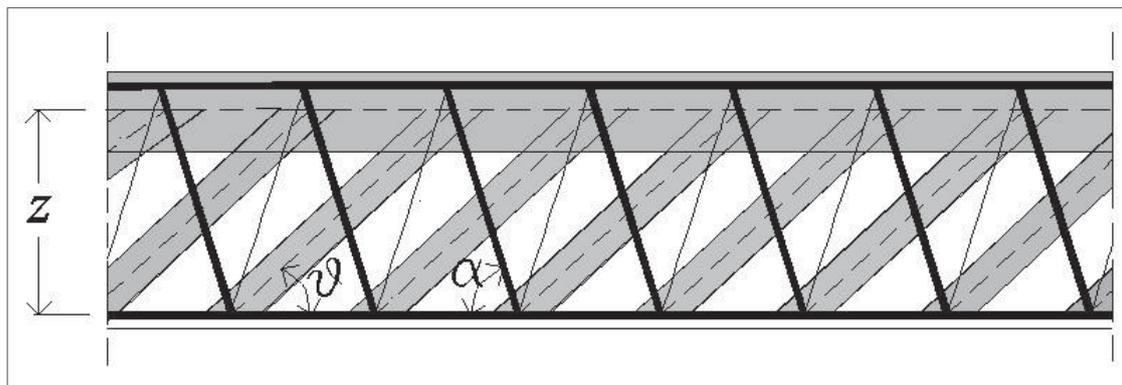


Figura 6.3 – Modello a traliccio con struttura d'anima isostatica non interamente metallica.

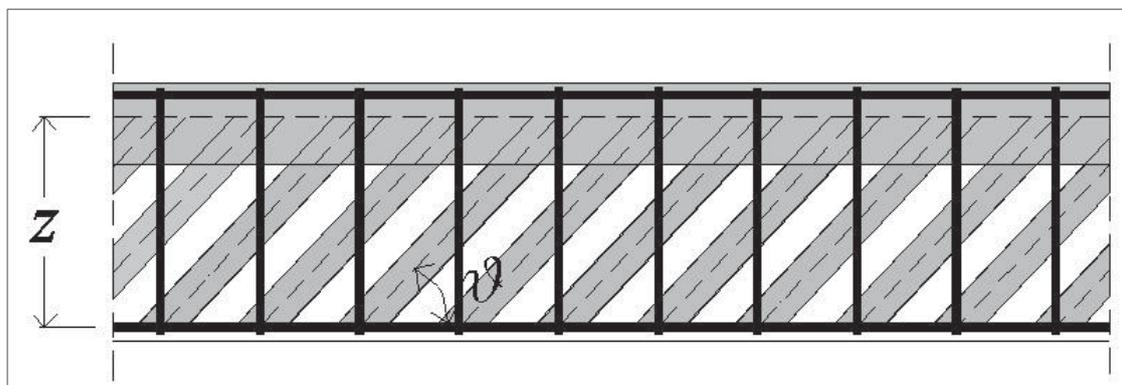


Figura 6.4 – Modello a traliccio con struttura d'anima tradizionale.

6.3.3 Verifica delle connessioni acciaio-calcestruzzo

(1) Qualora l'effetto dell'aderenza delle barre non sia sufficiente, il sistema di connessione deve assicurare la trasmissione delle forze di scorrimento tra acciaio e calcestruzzo, trascurando l'effetto dell'aderenza tra le due parti. In tali casi la sicurezza strutturale deve essere controllata per lo stato limite di resistenza della connessione acciaio-calcestruzzo, al fine di evitare la crisi del collegamento tra elementi in acciaio ed elementi in calcestruzzo con la conseguente perdita del funzionamento della sezione composta.

(2) In assenza di indicazioni di comprovata validità, al fine di caratterizzare il sistema di connessione in termini di resistenza, rigidità e duttilità, è utile eseguire una prova di scorrimento (push-out).



(3) Un sistema di connessione può essere classificato come “duttile” se è caratterizzato da una capacità deformativa sufficiente da consentire, allo stato limite ultimo e per tutta la lunghezza della trave, una distribuzione uniforme delle forze di scorrimento tra acciaio e calcestruzzo.

(4) Ai fini della progettazione del sistema di connessione, la forza di scorrimento per unità di lunghezza può essere calcolata impiegando la teoria elastica o, nel caso di sistema duttile, la teoria plastica, come indicato nella normativa nazionale vigente relativa alle strutture composte in acciaio e calcestruzzo. Per sistemi di connessione non duttili, si può applicare il metodo elasto-plastico con controllo delle deformazioni e degli scorrimenti suggerito dalla normativa nazionale vigente.

7 Stati Limite di Esercizio (SLE)

(1) Le strutture realizzate mediante l'impiego di Travi PREM dovranno in generale essere verificate nei confronti dei seguenti stati limite di esercizio:

- a) fenomeni di danneggiamento locali quali la fessurazione del calcestruzzo o la perdita di aderenza fra elementi metallici e conglomerato che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza e/o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e/o il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità della struttura;
- f) corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;
- g) eccessive tensioni sui materiali che ne possono limitare la durabilità e l'efficienza.

7.1 Metodi di analisi globale

(1) Gli effetti delle azioni, per le verifiche in esercizio, devono essere valutati mediante l'analisi globale elastica, introducendo opportune correzioni per tenere conto degli effetti non-lineari, quali la fessurazione del calcestruzzo.

(2) Nelle verifiche si debbono considerare esplicitamente gli effetti della sequenza di costruzione e gli effetti della viscosità e del ritiro.

7.1.1 Analisi lineare elastica

In questo tipo di analisi si devono tenere in conto, per quanto possibile, fenomeni quali la viscosità, la fessurazione, gli effetti della temperatura e le fasi costruttive, come descritto nel Capitolo 3.

Per costruzioni poco sensibili ai fenomeni del secondo ordine, e quindi non suscettibili di problemi di stabilità globali, è possibile considerare la viscosità nelle travi di impalcato sostituendo l'area delle porzioni in calcestruzzo, A_c , con aree equivalenti, ridotte in ragione del coefficiente di omogeneizzazione "n" calcolato per breve e lungo termine. Salvo più precise valutazioni, il modulo di elasticità del calcestruzzo per effetti a lungo termine, E_c^* , può essere considerato pari al 50% del suo valore medio istantaneo, E_{cm} .

Ai fini del calcolo della freccia, per tenere in conto la fessurazione delle Travi PREM, è possibile utilizzare due metodi. Il primo consiste nell'effettuare una prima analisi "non-fessurata" in cui l'inerzia omogeneizzata di tutte le travi è pari a quella della sezione interamente reagente, EJ_I . Individuate, alla conclusione dell'analisi, le sezioni soggette a momento flettente negativo, nelle quali si hanno fenomeni di fessurazione, si deve eseguire una seconda analisi "fessurata". In tale analisi la rigidezza EJ_I è assegnata alle porzioni di trave soggette a momento flettente positivo, mentre la rigidezza fessurata ottenuta trascurando il calcestruzzo teso, EJ_{II} , è assegnata alle porzioni di trave soggette a momento flettente negativo. La nuova distribuzione delle rigidezze e delle sollecitazioni interne è utilizzata per le verifiche agli stati limite.

Il secondo metodo, applicabile alle travi continue in telai controventati, in cui le luci delle campate non differiscono tra loro di più del 60%, considera una estensione della zona fessurata all'estremità di ogni campata, caratterizzata dalla rigidezza EJ_{II} , pari al 15% della luce della campata; la rigidezza EJ_I è assegnata a tutte le altre zone.

La rigidezza delle colonne deve essere assunta pari al valore indicato nella normativa vigente per la tipologia corrispondente. Gli effetti della temperatura devono essere considerati nel calcolo, quando influenti.

7.2 Controllo delle deformazioni

7.2.1 Considerazioni generali

(1) Per travi con luci non superiori a 10 m è possibile omettere la verifica delle inflessioni nei casi previsti dalla normativa tecnica vigente per le costruzioni in calcestruzzo.

(2) Le deformazioni devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura, anche in relazione alla destinazione d'uso, con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche.

(3) Le combinazioni di carico di riferimento per il calcolo delle deformazioni sono la combinazione rara (deformazioni a breve termine) e quella quasi permanente (deformazioni a lungo termine).

(4) I valori limite delle frecce a breve e a lungo termine dovranno essere commisurati a specifiche esigenze e potranno essere dedotti da documentazione tecnica di comprovata validità.

(5) In assenza di indicazioni più precise potranno assumersi i valori di rapporto massimo fra la freccia e la luce di calcolo riportate in Tabella 7.1, distinguendo fra frecce complessive δ_{max} e frecce di seconda Fase δ_{II} .

7.2.2 Effetto delle fasi costruttive sulla determinazione delle deformazioni

(1) La freccia totale di una trave tipo PREM viene definita come somma delle frecce di prima e seconda Fase:

$$\delta_{tot} = \delta_I + \delta_{II}$$

dove δ_I è la freccia di prima Fase (Fase 1) dovuta ai carichi permanenti e δ_{II} è la freccia di seconda Fase (Fase 2) dovuta a carichi permanenti e variabili.

(2) La freccia di prima Fase deve essere valutata prendendo in considerazione le proprietà meccaniche dell'elemento strutturale prima del getto (rigidezza del traliccio metallico, presenza di parti prefabbricate in calcestruzzo, ecc.) ed assumendo uno schema statico adeguato alle effettive condizioni di vincolo (generalmente in semplice appoggio).

(3) La previsione della deformazione di prima fase in presenza di puntelli o di altri dispositivi provvisori dovrà essere effettuata assumendo un appropriato schema statico.

Tabella 7.1 – Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_{II}}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne – solai con muri e/o pilastri in falso	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti possono essere opportunamente ridotti.

(4) La freccia di seconda Fase δ_{II} viene definita a sua volta come somma di due contributi:

$$\delta_{II} = \delta_{II,1} + \delta_{II,2}$$

dove:

$\delta_{II,1}$ è la freccia dovuta ai carichi permanenti presenti nella prima Fase in seguito alla rimozione dei puntelli, ove presenti, e dei carichi permanenti applicati successivamente;

$\delta_{II,2}$ è la freccia dovuta ai carichi variabili.

Lo spostamento nello stato finale δ_{max} è dato dalla differenza tra la freccia totale e la monta iniziale:

$$\delta_{max} = \delta_{tot} - \delta_c$$

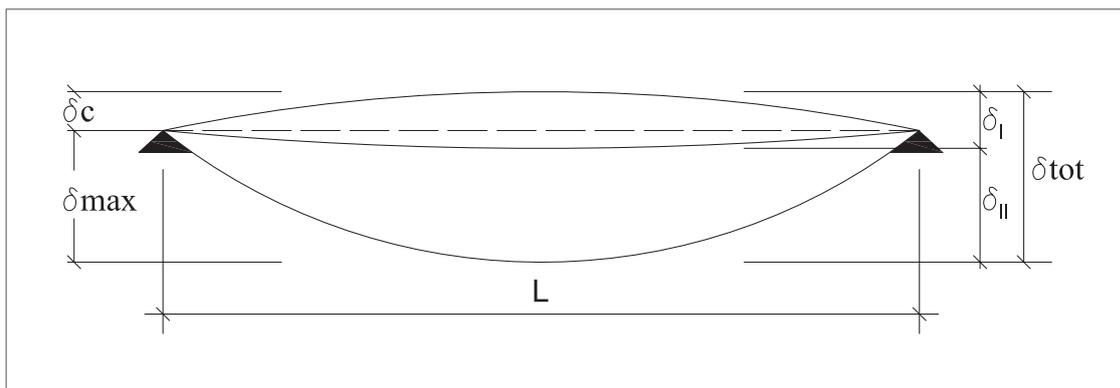


Figura 7.1 – Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio.

7.2.3 Metodi di calcolo in fase fessurata e non fessurata

(1) In situazioni di carico tali per cui ci si attenda che la resistenza a trazione del calcestruzzo non sia superata all'interno della struttura, il calcolo della freccia può essere svolto con una analisi elastica, assumendo la sezione completamente reagente e tenendo eventualmente in considerazione il contributo dato dall'armatura alla rigidità complessiva.

(2) In situazioni di carico per cui è previsto un determinato grado di fessurazione della struttura, una adeguata previsione delle frecce potrà essere ottenuta sulla base di una rigidità equivalente. Si assume che esistano due condizioni limite per la deformazione delle sezioni delle Travi PREM:

- la condizione non fessurata: in tale stato l'acciaio ed il calcestruzzo agiscono insieme in campo elastico sia in trazione che in compressione;
- la condizione completamente fessurata: in tal caso l'influenza del calcestruzzo teso viene ignorata.

A queste condizioni corrispondono valori di rigidezza EJ_I , determinati in assenza della fessurazione; e valori di rigidezza EJ_{II} , determinati in presenza della fessurazione.

La valutazione delle rigidezze EJ_I e EJ_{II} permette di individuare gli estremi dell'intervallo in cui si situa la rigidezza equivalente EJ_{eq} dello stato parzialmente fessurato attraverso la seguente relazione che descrive, per una sezione generica di una Trave PREM, la variazione della rigidezza con l'aumentare del momento flettente:

$$EJ_{eq} = EJ_I \quad \text{per } M < M_{fess}$$

$$EJ_{eq} = \zeta \cdot EJ_{II} + (1 - \zeta) \cdot EJ_I = \left(1 - \left(\frac{M_{fess}}{M}\right)^2\right) \cdot EJ_{II} + \left(\frac{M_{fess}}{M}\right)^2 \cdot EJ_I$$

dove:

EJ_I è la rigidezza della sezione interamente reagente;

EJ_{II} è la rigidezza della sezione completamente fessurata;

ζ è un coefficiente di distribuzione dato dall'espressione:

$$\zeta = 1 - \left(\frac{M_{fess}}{M}\right)^2$$

M_{fess} è il momento di prima fessurazione;

M è il momento di calcolo per la combinazione di carico considerata.

I valori delle rigidezze in condizione interamente reagente e completamente fessurata dovrebbero essere calcolati sulla base delle seguenti ipotesi:

- calcestruzzo teso non reagente (per il calcolo di EJ_{II});
- mantenimento delle sezioni piane;
- omogeneizzazione delle sezioni piane;
- coeff. di omogeneizzazione pari a "n";
- area del calcestruzzo calcolata senza detrarre l'area di acciaio.

Nelle verifiche a lungo termine la rigidezza può essere calcolata omogeneizzando fra loro i due materiali attraverso un coefficiente $n = E_s / E_c^*$.

Nel caso di travi in semplice appoggio, la rigidezza potrà essere assunta costante in tutta la trave e pari a EJ_{eq} , calcolata sulla base del momento flettente presente nella sezione più sollecitata.

Nel caso di travi continue, la rigidezza equivalente dovrà essere considerata variabile a tratti lungo l'asse della trave, le frecce saranno determinate mediante analisi lineare.

(3) Una stima più accurata delle frecce in condizione fessurata potrà essere condotta mediante l'integrazione numerica della curvatura della trave, valutata in un adeguato numero di punti di discretizzazione. La curvatura potrà essere determinata sulla base della combinazione di carico considerata, assumendo il comportamento non lineare di progetto dei materiali e considerando la resistenza a trazione del calcestruzzo. Le aree di acciaio e di calcestruzzo dovranno essere valutate esplicitamente, così come i rispettivi livelli di deformazione.

7.2.4 Deformazioni differite

(1) Le deformazioni differite, dovute a ritiro e viscosità, devono essere stimate a partire da modelli di viscosità e ritiro del calcestruzzo comprovati.

(2) Nella valutazione delle deformazioni differite potrà essere considerato l'effetto irrigidente delle armature in funzione della loro percentuale geometrica.

(3) Per la valutazione delle deformazioni differite si assume, come condizione di carico, la combinazione quasi permanente.

7.3 Controllo della fessurazione

(1) La formazione e l'ampiezza delle fessurazioni nel calcestruzzo deve essere controllata al fine di garantire:

- un'adeguata protezione delle armature contro i fenomeni di corrosione;
- il rispetto delle esigenze di tipo estetico.

(2) Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture è necessario realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità. A questo proposito valgono le regole previste dalla normativa vigente per le costruzioni in calcestruzzo armato.

7.3.1 Definizione degli stati limite di fessurazione

(1) Per le strutture realizzate con Travi PREM devono essere considerati i seguenti stati limite di fessurazione, in ordine di severità decrescente:

- a) stato limite di formazione delle fessure: si considera raggiunto lo stato limite quando inizia la formazione di fessure nella struttura;
- b) stato limite di apertura delle fessure: si considera raggiunto lo stato limite quando l'ampiezza delle fessure raggiunge un valore prefissato.

(2) Lo stato limite di fessurazione da assumere nella verifica deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nella normativa tecnica vigente relativamente alle strutture in calcestruzzo armato.

7.4 Verifica delle tensioni in esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie porzioni della struttura, dovute alla combinazione rara e quasi permanente delle azioni in tutte le fasi, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature, verificando che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti.

7.4.1 Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\begin{aligned}\sigma_c &< 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione rara;} \\ \sigma_c &< 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}\end{aligned}$$

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, etc.) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm, i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.

7.4.2 Tensione massima dell'acciaio da c.a. in condizioni di esercizio

Per l'acciaio da c.a. la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione rara deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk}$$

7.5 Verifica delle vibrazioni

Si dovrà procedere alla verifica delle vibrazioni presenti nella struttura:

- a) al fine di assicurare accettabili livelli di benessere (dal punto di vista delle sensazioni percepite dagli utenti);
- b) al fine di prevenire possibili danni negli elementi secondari e nei componenti non strutturali;
- c) in tutti i casi per i quali le vibrazioni possono danneggiare il funzionamento di macchine e apparecchiature.

Gli effetti dinamici da considerare allo stato limite di servizio sono le vibrazioni causate dai macchinari e le oscillazioni prodotte dalla risonanza armonica. Le verifiche devono essere condotte adottando le combinazioni frequenti di carico. Nel caso di solai caricati regolarmente da persone, la frequenza naturale più bassa della struttura del solaio non deve in generale essere minore di 3 Hz. Nel caso di solai soggetti a eccitazioni cicliche, la frequenza naturale più bassa non deve in generale essere inferiore a 5 Hz. In alternativa a tali limitazioni, potrà condursi un controllo di accettabilità della percezione delle vibrazioni seguendo metodologie e limitazioni suggerite da normative di comprovata validità.

8 Principi fondamentali di progettazione al fuoco

8.1 Procedura di analisi della resistenza R al fuoco

I livelli di prestazione comportano classi di resistenza al fuoco, stabilite per i diversi tipi di costruzioni.

In particolare, per le costruzioni nelle quali si svolgono attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, ovvero disciplinate da specifiche regole tecniche di prevenzione incendi, i livelli di prestazione e le connesse classi di resistenza al fuoco sono stabiliti dalle disposizioni emanate dal Ministero dell'Interno.

L'analisi della resistenza al fuoco deve essere così articolata:

1. individuazione dell'incendio di progetto appropriato alla costruzione in esame;
2. analisi della evoluzione della temperatura all'interno degli elementi strutturali;
3. analisi del comportamento meccanico dei materiali e delle strutture esposte al fuoco;
4. verifiche di sicurezza.

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi anche con riferimento alla normativa tecnica vigente, utilizzando i coefficienti γ_M , relativi alle combinazioni eccezionali.

In particolare, le verifiche di resistenza al fuoco di strutture di **categoria a)** potranno eseguirsi con riferimento alla UNI EN 1993-1-2 e alla UNI EN 1994-1-2, utilizzando i coefficienti γ_M relativi alle combinazioni eccezionali ($\gamma_S = 1,0$).

Le verifiche di resistenza al fuoco, di strutture di **categoria b)** potranno eseguirsi con riferimento alla UNI EN 1992-1-2, utilizzando i coefficienti γ_M , relativi alle combinazioni eccezionali ed assumendo i coefficienti $\alpha_{cc} = 1,0$, $\gamma_C = 1,0$ e $\gamma_S = 1,0$.

Le verifiche di resistenza al fuoco per la **categoria c)**, attualmente non prevista nelle NTC, in relazione all'incendio di progetto, qualora gli approcci sopra riportati dovessero rivelarsi non adeguati, dovranno considerare:

- un'analisi dell'evoluzione delle temperature interne all'elemento strutturale, sia in termini sezionali che in termini spaziali;

- un'analisi del comportamento meccanico dei materiali e delle strutture esposte al fuoco con riferimento a modelli di calcolo giustificati da adeguata sperimentazione.

In analogia con le strutture di **categoria a)** e **b)**, le verifiche di resistenza al fuoco, potranno eseguirsi utilizzando i coefficienti γ_M , relativi alle combinazioni eccezionali ed assumendo i coefficienti $\alpha_{cc} = 1,0$, $\gamma_C = 1,0$ e $\gamma_S = 1,0$.

8.2 Progettazione integrata da prove

La resistenza e la funzionalità di strutture ed elementi strutturali esposti al fuoco può essere misurata attraverso prove su campioni di adeguata numerosità. Indicazioni più dettagliate al riguardo e metodi operativi completi per la progettazione integrata da prove possono essere reperiti nella UNI EN 1990.

9 Dettagli costruttivi e prescrizioni specifiche

9.1 Generalità

Nella costruzione delle Travi PREM occorre preparare ed assemblare i singoli componenti nel rispetto dei dettagli costruttivi e delle prescrizioni specificate riportate nel seguito, con riferimento alle morfologie descritte nel Capitolo 2.

9.1.1 Armatura nelle travi

L'area dell'armatura longitudinale delle Travi PREM in zona tesa non deve essere inferiore a $A_{s,min} = 0,26 (f_{ctm}/f_{yk}) b_t d$ e comunque non minore di $0,0013 b_t d$, dove:

- b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa; per una trave a T con fondello compresso, nel calcolare il valore di b_t si considera solo la larghezza dell'anima;
- d è l'altezza utile della sezione;
- f_{ctm} , il valore medio della resistenza a trazione del calcestruzzo;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

Tale armatura longitudinale è composta dal corrente longitudinale teso compressivo dell'eventuale piatto in acciaio.

9.1.2 Copriferro e interferro

Nelle Travi PREM con fondello in calcestruzzo l'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento. Gli elementi strutturali devono essere verificati allo stato limite di fessurazione secondo quanto previsto al § 7.3.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli aggregati impiegati (o viceversa), in accordo alle prescrizioni della Normativa Tecnica vigente.

9.1.3 Corrente inferiore

Nel caso di appoggio di elementi prefabbricati di solaio poggianti direttamente sul fondello della Trave PREM, il bordo laterale effettivo deve essere tale da consentire l'appoggio del solaio nel rispetto delle prescrizioni del produttore del solaio stesso, con un minimo di 4 cm per il fondello in calcestruzzo e di 6 cm per il fondello in acciaio; per contro è preferibile che il fondello non sporga eccessivamente rispetto al traliccio metallico della trave onde limitare l'entità delle sollecitazioni nel fondello stesso indotte dai carichi gravanti su di esso in prima fase (Figura 9.1).

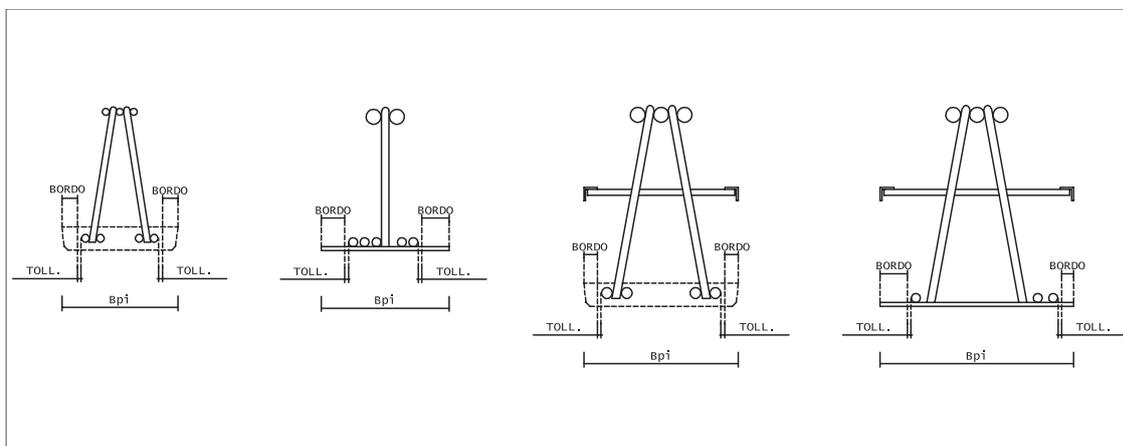


Figura 9.1 – Copriferro laterale corrente inferiore.

Per prevenire errori di montaggio, è opportuno che le eventuali armature longitudinali aggiunte vengano disposte simmetricamente rispetto alla mezzera delle travi, a ridosso delle anime a cui devono essere saldate all'estremità delle travi; esse devono arrivare all'incrocio fra i piedi d'anima del traliccio e superarlo per una lunghezza pari ad almeno 2.5 volte il loro diametro.

Le armature aggiunte possono essere posizionate a contatto fra loro fino ad un massimo di due sia in orizzontale sia in verticale; oltre tale limite occorre posizionare opportuni calastrelli longitudinali adeguatamente dimensionati per il trasferimento degli sforzi di scorrimento al traliccio d'anima.

Le armature aggiunte possono ottenersi per giunzione di più barre saldate e copri giuntate. Il fondello in acciaio può ottenersi per giunzione di più elementi saldati e copri giuntati, con l'accorgimento che i copri giunti siano sempre rivolti verso l'interno della trave.

Le saldature devono rispettare tutte le disposizioni della normativa tecnica vigente.

9.1.4 Armature di pelle

In presenza di fondello di calcestruzzo (prefabbricato o non), con barre di grande diametro e/o elevati valori di copriferro, dovrà essere disposta un'opportuna armatura di pelle in accordo alle disposizioni della normativa tecnica vigente.

9.1.5 Corrente superiore

Le barre dei correnti superiori devono essere distanziate mediante le anime e/o i calastrelli longitudinali. Se necessario, le barre di armatura possono essere giuntate; i coprigiunti devono essere posti al di sotto dei correnti superiori o, nel caso dei correnti laterali, di fianco.

Nel caso di giunti di testa, in qualunque zona della trave con lunghezza pari al 20% della lunghezza totale, non devono essere presenti più del 50% di barre giuntate.

9.1.6 Anime e calastrelli longitudinali

Ogni piano d'anima può essere costituito da elementi singoli o da elementi sagomati a "V" (rovescia o diritta) o da elementi sagomati a serpentina. Le basi convergenti di elementi d'anima distinti devono essere posizionati in maniera contigua. La sporgenza dell'anima al di sopra dei correnti superiori non può superare la misura di 1 cm (1,5 cm nel caso di elementi non piegati superiormente).

Nel caso di travi in cui le anime sono in numero minore degli interspazi necessari, i correnti superiori sono distanziati da opportuni calastrelli con diametro "d" non inferiore a quello delle anime e comunque compatibile con la dimensione massima dell'aggregato.

Nel posizionare le anime fra le barre di armatura del corrente superiore, è opportuno che il numero di barre correnti di competenza di ogni piano d'anima sia simile sui due lati dello stesso, tenendo adeguatamente in considerazione la necessità di trasferire gli sforzi di scorrimento dai correnti al traliccio d'anima; il numero di barre esterne alle anime non dovrebbe superare il doppio del numero delle barre comprese tra due piani d'anima contigui (Figura 14.51).

Il rapporto tra i diametri delle barre di anime e correnti delle Travi PREM di categoria b) deve soddisfare le seguenti limitazioni:

- $D_{\min}/D_{\max} \geq 0,6$ nel caso di nodi elettrosaldati (senza metallo di apporto);
- $D_{\min}/D_{\max} \geq 0,4$ nel caso di nodi saldati con apporto di materiale.

9.1.7 Controventi d'anima

Se previsti, i controventi saranno di regola disposti simmetricamente rispetto al corrente superiore e inferiore della trave e dovranno essere opportunamente controventati in corrispondenza delle testate (si vedano anche il § 2.5.3.2 e le Figure 14.66 e 14.67).

Nel caso fossero presenti più di due tralicci d'anima, anche quelli interni devono essere opportunamente controventati.

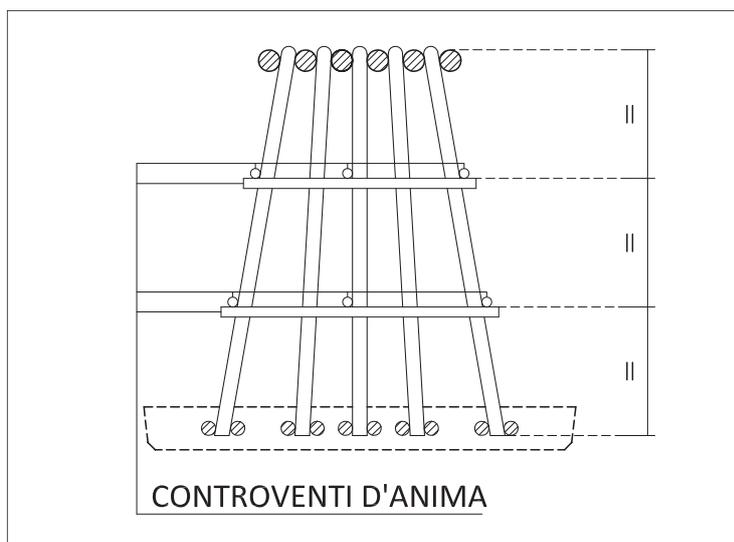


Figura 9.2 – Posizionamento dei controventi d'anima.

9.1.8 Angolari e supporti angolari

Laddove si utilizzino profili angolari per il sostegno di solai, è necessario utilizzare un sistema di supporto opportunamente dimensionato al fine di consentire il trasferimento della reazione vincolare del solaio (in Fase 1) al traliccio d'anima (Figura 14.70).

9.1.9 Traversi e spezzoni saldati

Nel caso di utilizzo di traverso piatto, esso andrà posizionato di coltello facendo da battuta agli spezzoni saldati ed ai primi elementi delle anime; il filo inferiore del traverso piatto deve essere posizionato alla stessa quota del filo intradosso del piatto o degli spezzoni saldati.

Nel caso in cui gli spezzoni siano passanti da trave a sbalzo, il traverso sarà posto in orizzontale per travi col fondello in acciaio (vedi Figura 14.22 del

§ 14.3.4.2) e sarà posto di coltello per travi con fondello in calcestruzzo (vedi Figura 14.23 del § 14.3.4.2).

Nel caso di utilizzo di traverso tondo, esso andrà posizionato alla testa degli spezzoni saldati al di sotto di essi e dei primi elementi delle anime, e dovrà avere un diametro pari al copriferro inferiore della trave.

Per la migliore efficacia dell'appoggio, è opportuno che gli spezzoni saldati siano posizionati a ridosso di ciascun piano di anime, al loro interno od al loro esterno, in funzione della eventuale sovrapposizione con le barre aggiunte al piatto. Solo nel caso di trave con una sola anima, essi devono essere disposti ad una distanza minima dall'anima di 5 cm per lato e con interasse massimo pari ad $1/3$ della larghezza della trave.

9.1.10 Fondello in calcestruzzo

Nel fondello in calcestruzzo potrà essere disposta una rete metallica per migliorare il comportamento fessurativo del calcestruzzo. La rete, da disporre al lembo inferiore del fondello, diventa obbligatoria se lo spessore del copriferro delle barre longitudinali è maggiore di 4 cm; per spessori inferiori non è necessaria ma può essere comunque prevista. Con larghezze superiori a 40 cm dovranno utilizzarsi due maglie della rete. L'estradosso del getto di calcestruzzo dal bordo della rete dovrà essere frattazzato per garantire una superficie d'appoggio uniforme per i solai.

In alternativa alla rete, il comportamento fessurativo potrà essere migliorato con l'utilizzo di specifici additivi e/o fibre.

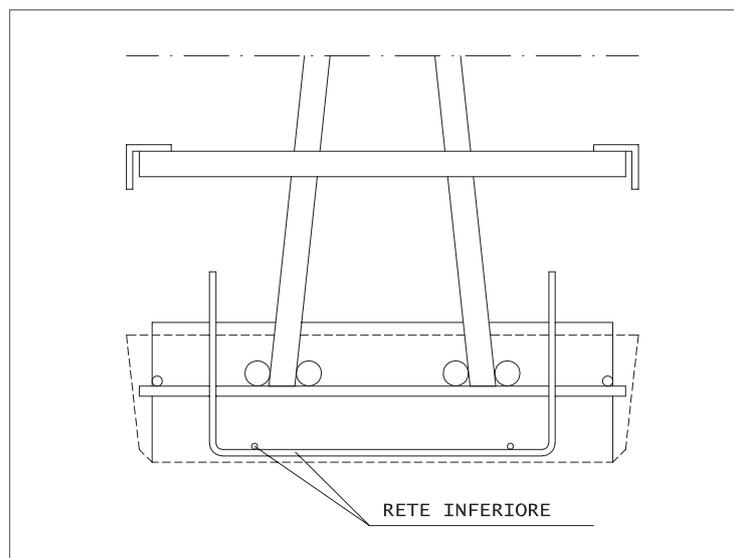


Figura 9.3 – Rete inferiore nei fondelli in calcestruzzo.

9.2 Dettagli costruttivi

9.2.1 Trave con sbalzo

Nel caso di sbalzi con altezze diverse rispetto alla trave, occorre che gli spezzoni saldati siano continui tra trave e sbalzo. Ciò si otterrà sagomando opportunamente gli spezzoni con un tratto in pendenza compreso tra il primo elemento verticale delle anime della trave ed il primo di quelle dello sbalzo.

Le “spinte a vuoto” causate dalle armature longitudinali devono essere contrastate dalla resistenza e dalla rigidità assiale di opportuni elementi d'anima.

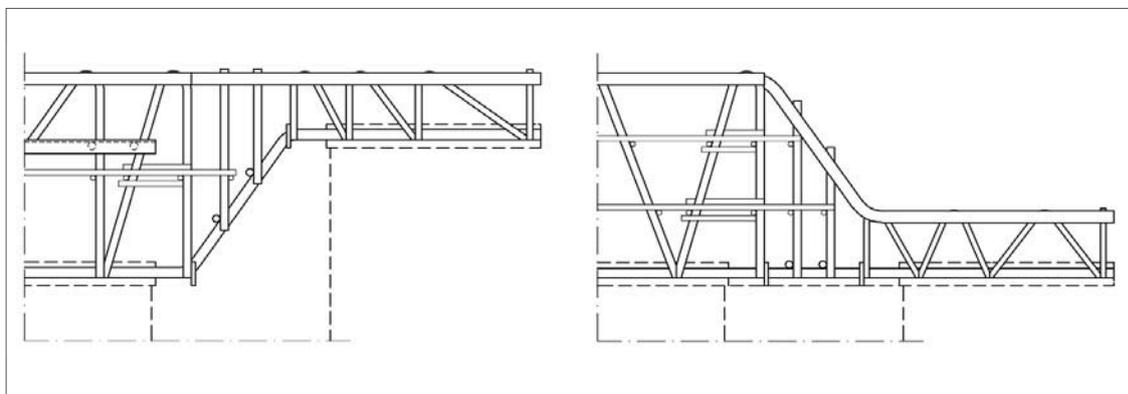


Figura 9.4 – Travi PREM con sbalzo.

9.2.2 Appoggio delle Travi PREM

L'apparecchio di appoggio delle Travi PREM autoportanti dovrà avere adeguate profondità e superficie di contatto su entrambi i lati.

10 Prescrizioni particolari nei nodi strutturali

10.1 Generalità

Particolare attenzione e cura deve essere riservata al progetto e alla verifica dei componenti strutturali in corrispondenza dei nodi.

10.2 Verifica in Fase 1

10.2.1 Verifica locale all'appoggio

In accordo alla Figura 10.1, gli spezzoni saldati all'appoggio devono avere una sezione in grado di resistere ad uno sforzo di trazione derivante dall'inclinazione degli elementi d'anima adottata in sede di dimensionamento e verifica a taglio (si veda il Capitolo 6).

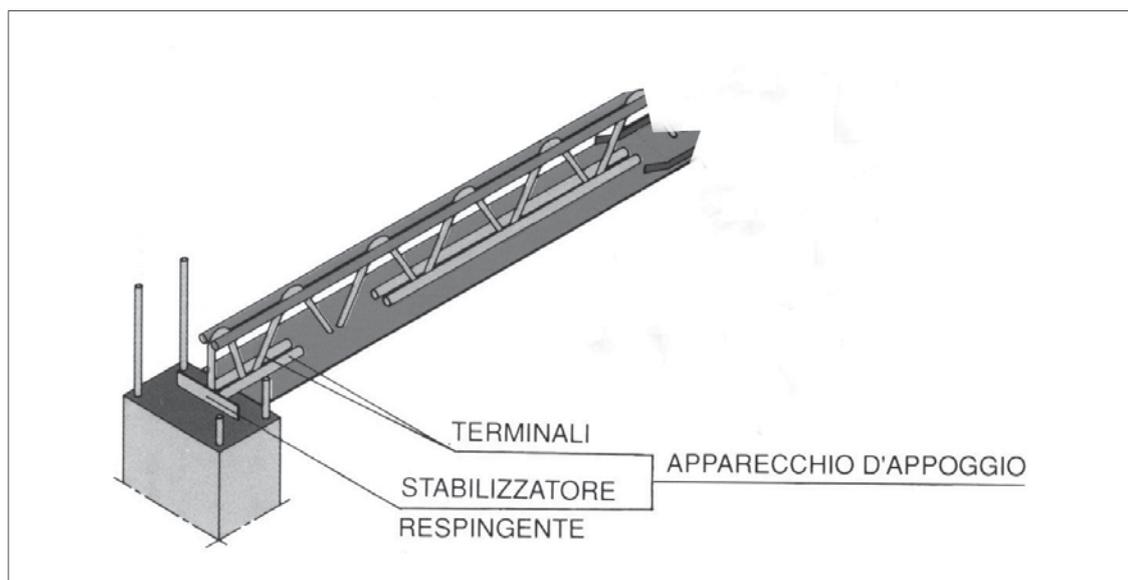


Figura 10.1 – Particolare apparecchio d'appoggio.

In presenza di apparecchio di appoggio devono essere verificati:

- il traverso (tondo o piatto) a flessione e a taglio;
- la massima sollecitazione locale sull'elemento su cui poggia il traverso (pilastro in calcestruzzo armato o in acciaio, muratura, mensole in c.a. etc.);
- l'ancoraggio del corrente inferiore.

Inoltre gli spezzoni saldati (o terminali) e le barre del corrente superiore devono essere in grado di assorbire un momento locale dovuto all'eccentricità delle aste convergenti in ciascun nodo, in funzione delle modalità realizzative.

10.2.2 Verifica ad instabilità locale

(1) In accordo alle prescrizioni contenute nel Capitolo 6, devono essere soddisfatte le verifiche di instabilità locale dei puntoni d'anima, tenendo presenti il numero di controventi delle anime e la tipologia di puntone (obliquo o verticale).

(2) Per quanto riguarda i controventi delle anime, ciascun ordine è schematizzabile come un traliccio reticolare orizzontale vincolato a tiranti con passo p_{sw} , a sua volta controventato in corrispondenza delle testate e sottoposto alla spinta massima S_{max} (Figura 10.3), calcolata in funzione dell'azione assiale sul puntone e della snellezza secondo le normative vigenti per le costruzioni in acciaio.

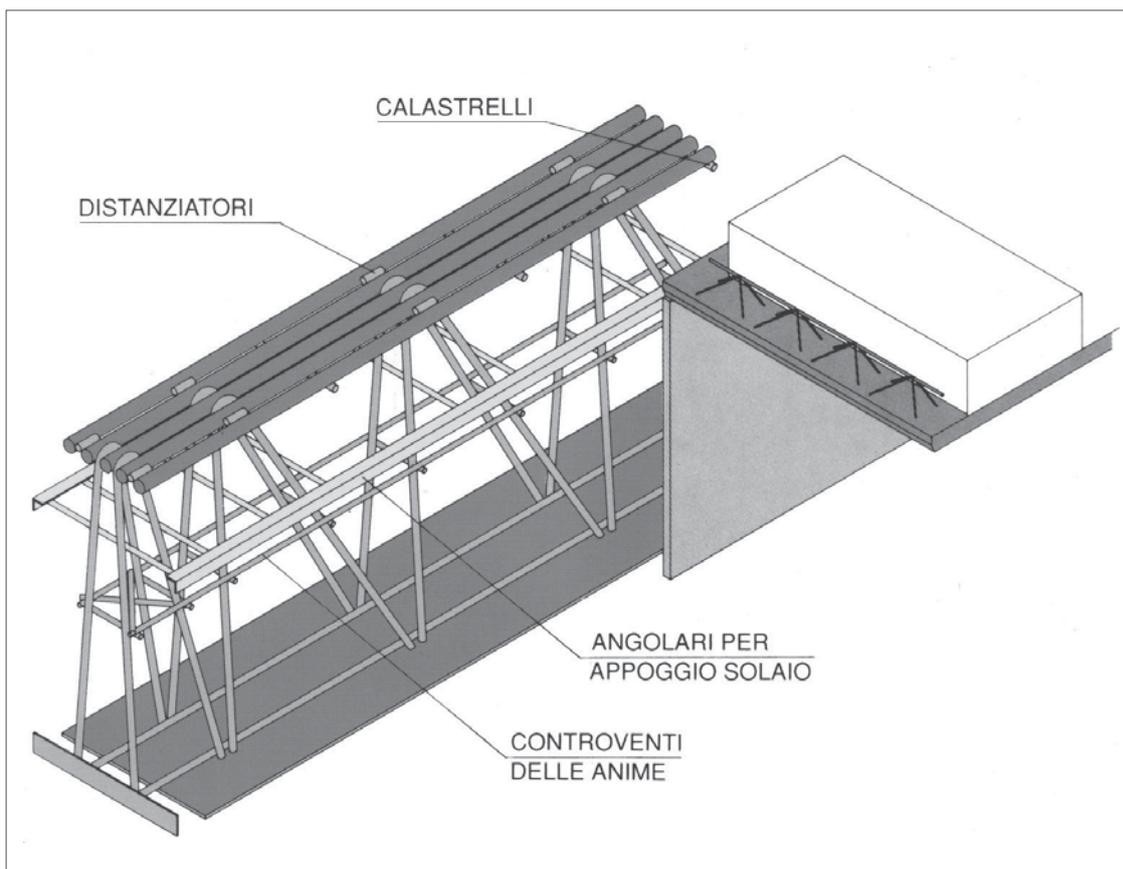


Figura 10.2 – Elementi costituenti il traliccio, controventi d'anima e croci di S. Andrea.

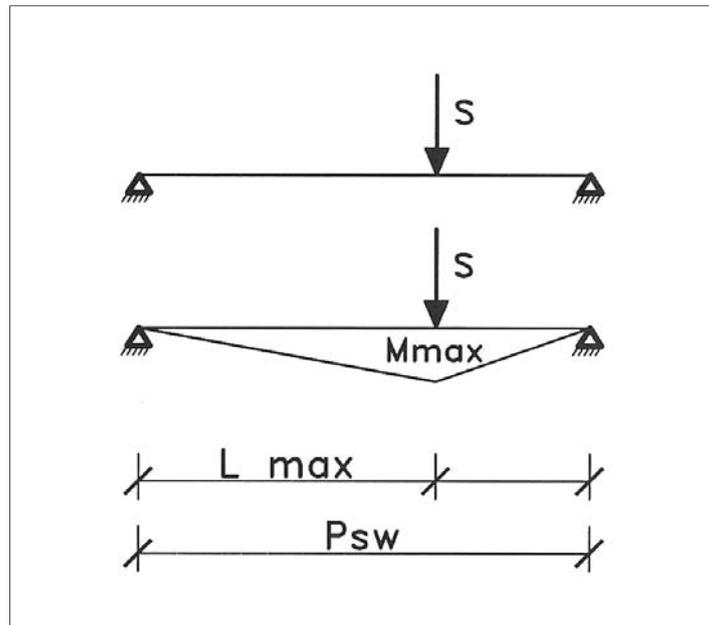


Figura 10.3 – Schematizzazione dei controventi delle anime.

La spinta produce un momento sulla lunghezza L_{max} e un corrispondente sforzo massimo di compressione pari a:

$$M_{max} = S_{max} \cdot \frac{(p_{sw} - L_{max})}{p_{sw}} \cdot L_{max}$$

$$N = \frac{M_{max}}{z}$$

dove:

- p_{sw} è il passo d'anima;
- S_{max} è la spinta di progetto sul controvento, che dovrà essere assunta non inferiore ad 1/100 dello sforzo assiale agente sul puntone;
- z è il braccio della coppia interna del traliccio orizzontale (interasse dei controventi longitudinali);
- L_{max} è la distanza massima tra uno dei vincoli (costituiti dai tiranti con passo p_{sw}) e il puntone d'anima compresso (Figura 10.3).

In presenza del fondello in acciaio, la lunghezza del piatto L_p deve tener presente la necessità di un sormonto agli appoggi che ha il solo scopo di contenere il getto di calcestruzzo.

10.3 Verifica in Fase 2

In accordo alla Figura 10.4, l'armatura all'appoggio è costituita da:

- monconi superiori;
- monconi inferiori;
- spezzoni saldati.

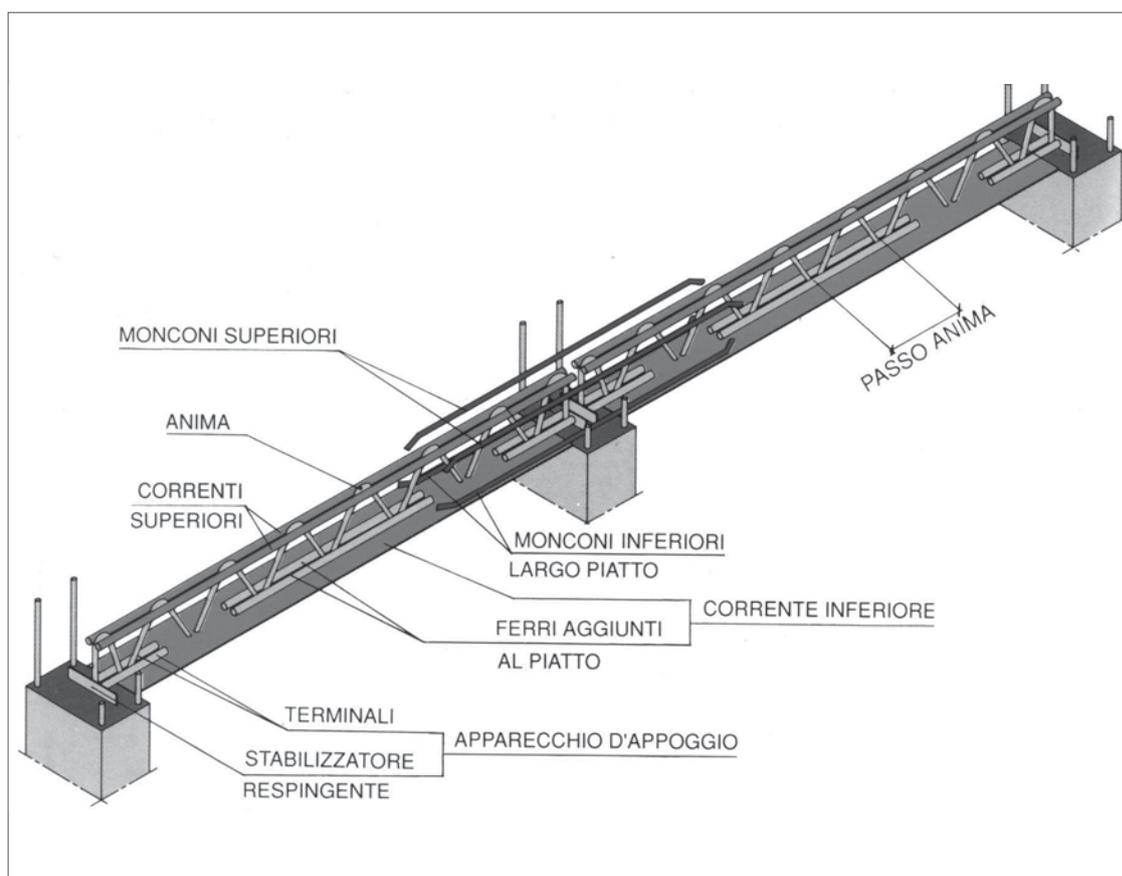


Figura 10.4 – Schema della trave reticolare mista con particolare dei monconi.

Il numero di tali spezzoni è posto pari a:

$$n_{ss} = \max(2, n_{sw})$$

dove n_{sw} è il numero di anime.

Gli spezzoni saldati devono essere in grado di assorbire uno sforzo di trazione pari alla componente di taglio di prima e di seconda Fase; quest'ultimo sulla base del valore dell'angolo del traliccio (traliccio ad inclinazione variabile, si veda il § 6.3.2) scelto per le verifiche.



Qualora gli spezzoni saldati non fossero sufficienti ad assorbire lo sforzo di trazione di cui sopra, essi verranno integrati con monconi aggiunti in opera. Il contributo degli spezzoni saldati potrà essere preso in conto nei seguenti casi:

- a) se gli stessi sono efficacemente ancorati nel nodo in c.a.;
- b) nel caso di appoggio su mensola, se adeguatamente dimensionata (anche per i carichi di seconda Fase) e protetta nei confronti dell'incendio (ove previsto).

In prossimità delle zone d'appoggio o di eventuali carichi concentrati, nella Trave PREM dovrà essere disposta un'armatura (per esempio la porzione inferiore del primo elemento d'anima) atta a contrastare il distacco del fondello inferiore dal calcestruzzo gettato in opera.

10.3.1 Verifica a flessione

Il calcolo della trave iperstatica su più appoggi semplici può essere eseguito direttamente sull'interasse degli appoggi. Le verifiche su di essi possono essere effettuate su momenti in asse all'appoggio eventualmente spuntati.

11 Prescrizioni particolari in presenza di sollecitazioni sismiche

11.1 Generalità

11.1.1 Premessa

(1) Le indicazioni contenute nel presente capitolo si riferiscono a Travi PREM inserite in edifici con struttura sismo-resistente e si pongono l'obiettivo di garantire un adeguato livello di protezione sismica in seconda Fase. Per l'impiego di Travi PREM in altre applicazioni si dovranno considerare le normative specifiche del settore.

(2) Le regole contenute nel presente capitolo integrano le prescrizioni presenti negli altri capitoli del documento e accolgono i principi e i metodi di progettazione in zona sismica contenuti nella normativa tecnica vigente, a cui si rimanda per una esaustiva descrizione delle prescrizioni riguardanti i requisiti prestazionali e i criteri generali di progettazione e di verifica, per i quali sono richiamati nel presente capitolo solo gli aspetti fondamentali.

(3) Per la caratterizzazione dell'azione sismica si farà riferimento ai criteri e alle regole contenute nella normativa tecnica vigente.

(4) Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

(5) Le verifiche agli stati limite ultimi e di esercizio devono essere effettuate per le combinazioni delle azioni sismiche con le altre azioni, come previsto nella normativa tecnica vigente.

(6) In aggiunta a tali combinazioni, le strutture devono soddisfare le prescrizioni relative alle combinazioni di carico non sismiche.

11.1.2 Principi di progettazione

(1) La progettazione degli edifici con Travi PREM dovrà garantire un adeguato comportamento allo Stato Limite di Esercizio (SLE) e allo Stato Limite Ultimo (SLU) sotto l'effetto delle azioni sismiche relative allo stato limite considerato.

(2) Ai fini di un buon comportamento dissipativo d'insieme, le deformazioni inelastiche devono essere distribuite nel maggior numero possibile di elementi duttili, in particolare nelle travi, evitando al contempo che si manifestino plasticizzazioni negli elementi meno duttili (ad es. colonne) e crisi

associate a meccanismi resistenti fragili (ad es. crisi per taglio, crisi nei nodi trave-colonna). Il procedimento adottato nelle presenti Raccomandazioni per conseguire questo risultato è il “criterio della gerarchia delle resistenze”.

(3) Gli edifici con struttura contenente Travi PREM devono essere progettati assumendo uno dei seguenti comportamenti strutturali:

- a) comportamento strutturale non dissipativo;
- b1) comportamento strutturale dissipativo con meccanismi di dissipazione anche in Travi PREM;
- b2) comportamento strutturale dissipativo con meccanismi di dissipazione in componenti e membrature diverse dalle Travi PREM.

(4) Nel tipo *a*), nel calcolare gli effetti delle azioni sulla base di un'analisi elastica senza tenere conto del comportamento non lineare del materiale, è opportuno considerare la riduzione del momento di inerzia dovuta alla fessurazione del calcestruzzo in parte delle campate della trave, in conformità alle regole generali di analisi strutturale definite nel successivo § 11.3.

(5) Nei tipi *b1*) e *b2*) deve essere presa in considerazione la capacità di parti della struttura (zone dissipative o zone critiche) di far fronte alle azioni sismiche attraverso un comportamento dissipativo. Nella determinazione dell'azione sismica di progetto attraverso l'impiego dello spettro di progetto, il fattore di struttura q è da valutarsi in relazione alla tipologia strutturale e ai criteri di progettazione adottati.

(6) Le regole di progettazione per le strutture con zone dissipative anche in Travi PREM (tipo *b1*) sono orientate a garantire lo sviluppo di meccanismi di deformazione plastica locale di adeguata duttilità e una risposta globale della struttura capace di dissipare la maggiore quantità di energia; tale scopo si ritiene conseguito se sono soddisfatti i criteri generali e specifici di progettazione di seguito riportati.

(7) Nel tipo *b2*) il valore del fattore di struttura deve essere assunto, indipendentemente dalla presenza delle Travi PREM, in relazione alle caratteristiche dell'edificio. In questi casi, il progetto delle Travi PREM va condotto con riferimento ai metodi di cui ai capitoli precedenti per le combinazioni di carico non sismiche, e con riferimento al successivo § 11.4 per il caso di combinazioni di carico comprendenti gli effetti sismici.

(8) Tutte le membrature strutturali facenti parte del sistema che resiste alle forze sismiche orizzontali sono indicate come membrature primarie. Esse devono essere incluse nel modello di analisi strutturale e devono essere progettate e dotate di dettagli costruttivi atti a garantire il soddisfacimento dei requisiti richiesti nel presente capitolo.

(9) Le Travi PREM possono essere progettate come membrature sismiche “secondarie”, cioè non facenti parte del sistema resistente all’azione sismica dell’edificio. La resistenza e la rigidità di questi elementi alle azioni sismiche deve essere trascurata. Per tali elementi non è necessario che vengano rispettati i requisiti richiesti nel presente capitolo, purché le membrature e i loro collegamenti vengano progettati e dotati di dettagli costruttivi che assicurano il mantenimento della capacità portante nei confronti dei carichi gravitazionali quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto. A tale scopo, si raccomanda di valutare gli spostamenti da considerare nella progettazione di queste membrature tenendo conto anche degli effetti del secondo ordine (effetti $P-\Delta$). Tuttavia, è possibile ritenere soddisfatti i requisiti richiesti se sono seguite le prescrizioni sui particolari costruttivi di cui al successivo § 11.6.

11.1.3 Classi di duttilità

(1) Per le strutture con comportamento dissipativo, in relazione ai criteri di dimensionamento adottati, si distinguono due classi di duttilità:

- classe di duttilità alta CD “A”;
- classe di duttilità bassa CD “B”.

(2) Per entrambe le classi, gli edifici devono essere progettati e dotati di dettagli costruttivi in accordo con le specifiche disposizioni antisismiche, che permettono alla struttura di sviluppare un meccanismo stabile associato a una grande dissipazione di energia di tipo isteretico sotto cicli di carico ripetuti, senza che si verificano rotture di tipo fragile. In funzione della classe di duttilità che si intende conseguire, varia l’entità dell’azione sismica di progetto, regolata dal valore del fattore di struttura q .

(3) Le strutture con meccanismi di dissipazione anche in Travi PREM (tipo *b1*) devono di regola essere progettate con classe di duttilità CD “B”, secondo le indicazioni contenute nel presente documento.

(4) Possono altresì essere progettati edifici con meccanismi di dissipazione anche in Travi PREM (tipo *b1*) in classe di duttilità CD “A”, previa verifica attraverso adeguate prove sperimentali del conseguimento della duttilità disponibile locale al fine di soddisfare, attraverso modelli di calcolo, la duttilità globale che confermi i valori dei fattori di struttura impiegati nella progettazione. A tale scopo dovranno essere garantiti i valori del coefficiente di duttilità in termini di curvatura μ_ϕ indicati nella normativa vigente.

11.2 Tipologie strutturali e fattore di struttura

11.2.1 Tipologie strutturali

(1) Gli edifici con struttura contenente Travi PREM possono essere classificati secondo le seguenti tipologie strutturali, previste dalla normativa tecnica per gli edifici in calcestruzzo e composti in acciaio-calcestruzzo:

- edifici a telaio;
- edifici misti telaio-parete (equivalenti a parete o a telaio);
- edifici a pareti (accoppiate o non accoppiate);
- edifici con controventi reticolari concentrici;
- edifici con controventi eccentrici in acciaio;
- edifici a pendolo inverso o a mensola;
- edifici deformabili torsionalmente.

(2) Gli edifici possono essere classificati come appartenenti a una tipologia in una direzione orizzontale e a un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente.

(3) Gli edifici con telai contenenti Travi PREM considerati secondari possono essere progettati con riferimento ai valori delle azioni sismiche di progetto e del fattore di struttura propri della tipologia pertinente, indipendentemente dalla presenza di Travi PREM, purché nella progettazione delle stesse, siano rispettate le indicazioni fornite ai successivi § 11.4, 11.5 e 11.6.

(4) Le Travi PREM, collegate a colonne in cemento armato ordinario attraverso nodi in c.a. gettati in opera, facenti parte di telai contenuti nelle tipologie strutturali sopra elencate, devono essere progettate con riferimento anche alle condizioni di carico non sismiche, conformemente alle indicazioni contenute nei precedenti capitoli delle presenti Raccomandazioni.

(5) Le strutture contenenti telai con Travi PREM con colonne o nodi trave colonna diversi da quelli descritti al precedente punto (4), devono essere progettate con riferimento alla normativa vigente di pertinenza.

11.2.2 Fattore di struttura

(1) In mancanza di informazioni più precise, per gli edifici contenenti Travi PREM collegate a colonne in c.a. ordinario attraverso nodi gettati in opera, si possono utilizzare i medesimi valori del fattore di struttura previsti per gli edifici in c.a..

(2) Per edifici con organismo strutturale costituito da differenti tipologie strutturali e per ciascuna direzione, in mancanza di esplicite indicazioni della normativa vigente, è possibile assumere il valore del fattore di struttura minore fra quelli pertinenti alle differenti tipologie.

11.3 Analisi strutturale

11.3.1 Generalità

(1) L'analisi può essere condotta con uno dei quattro metodi previsti dalla normativa tecnica vigente (statica lineare, dinamica lineare, statica non lineare, dinamica non lineare) secondo le limitazioni in essa contenute.

(2) Il modello della struttura su cui verrà effettuata l'analisi dovrà rappresentare in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidità effettiva, affinché tutti i modi deformativi significativi e le forze di inerzia siano correttamente tenuti in conto sotto l'effetto dell'azione sismica. Il contributo degli elementi non strutturali deve essere tenuto in conto, qualora possa influenzare la risposta della struttura sismica primaria.

(3) La rigidità degli elementi resistenti primari e delle connessioni dovrà essere accuratamente valutata, considerando l'entità dell'azione assiale e gli effetti della fessurazione; il modello dovrà tenere in conto l'effettivo comportamento non lineare o, in alternativa, la rigidità secante a snervamento.

(4) Nel caso in cui non siano effettuate analisi specifiche, la rigidità flessionale e a taglio degli elementi in cemento armato ordinario può essere ridotta fino alla metà della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati. Per le Travi PREM, in mancanza di analisi più accurate, possono essere assunte le indicazioni fornite al § 5.3.1.

11.4 Criteri di progetto

11.4.1 Generalità

(1) Per il progetto e la verifica di elementi strutturali diversi dalle Travi PREM si farà riferimento alle prescrizioni contenute nella normativa tecnica vigente, tenendo conto di quanto contenuto nei § 11.5.2.2 e 11.5.3.2.

(2) I successivi criteri di progetto e regole di verifica per le Travi PREM sono differenziati in base alla classificazione al § 11.1.2 delle presenti Raccomandazioni.

(3) Per Travi PREM inserite in strutture non dissipative [tipo *a*)], si applicano i criteri di progetto e le regole di verifica contenuti nei precedenti capitoli.

(4) I criteri di progetto e le regole di verifica riportati in seguito si applicano a Travi PREM inserite in edifici nei quali si attribuisce ad elementi o parti di struttura una risposta sismica dissipativa [tipi *b1*) e *b2*)].

11.4.2 Criteri di progetto per strutture dissipative

(1) L'organismo strutturale deve essere progettato in modo da favorire, sotto l'azione sismica, la formazione di un meccanismo globale plastico, che identifica le membrature nelle quali sono collocate le possibili zone dissipative e indirettamente le zone della struttura non dissipative.

(2) Le strutture con zone dissipative devono essere progettate in modo tale che lo snervamento e l'instabilità locale o altri fenomeni dovuti al comportamento isteretico in quelle zone non influenzino l'instabilità globale della struttura. Il valore del fattore di struttura da utilizzare deve essere conforme a tale prescrizione.

(3) Al fine di conseguire un comportamento duttile, i telai devono essere progettati in maniera tale che le cerniere plastiche si formino nelle travi piuttosto che nelle colonne, definendo gli effetti delle azioni di progetto mediante condizioni di equilibrio che tengano conto della formazione e della possibile sovraresistenza delle cerniere plastiche. Questo requisito non è richiesto per le sezioni di sommità delle colonne dell'ultimo piano degli edifici multipiano, mentre per le sezioni di base dei pilastri del piano terreno si adotta come momento di calcolo il maggiore tra il momento risultante dall'analisi e il momento resistente della sezione di sommità del pilastro.

(4) La capacità dissipativa deve essere attribuita solamente alle membrature; pertanto, i collegamenti e tutte le componenti della struttura non dissipative devono essere dotate di adeguata sovraresistenza affinché sia consentito il completo sviluppo di plasticizzazioni sotto le azioni cicliche nelle parti dissipative.

(5) Tutte le Travi PREM presenti nell'organismo strutturale con comportamento di tipo *b1*) o *b2*), ivi comprese quelle facenti parte di telai e sistemi strutturali considerati non resistenti all'azione sismica (elementi sismici secondari), devono possedere un adeguato livello di resistenza e capacità di rotazione, in modo da garantire che, per effetto degli spostamenti e rotazioni esibiti sotto l'azione sismica relativa allo SLU, mantengano una adeguata capacità portante nei confronti delle azioni non sismiche. Tali requisiti si considerano garantiti se vengono soddisfatte le prescrizioni sui dettagli costruttivi contenute al § 11.6.1 delle presenti Raccomandazioni.

(6) Per strutture con comportamento di tipo *b1*), nelle zone delle Travi PREM sedi di possibili deformazioni plastiche, deve essere inoltre garantita una risposta locale stabile, senza significativa riduzione di resistenza per effetto delle deformazioni plastiche cicliche; a tale scopo devono essere evitati possibili meccanismi di rottura fragile per effetto delle azioni taglianti, fenomeni di instabilità delle armature resistenti, riduzione degli effetti di confinamento nel calcestruzzo, rotture fragili delle saldature e perdite di aderenza delle armature longitudinali.

(7) I criteri di progetto citati al punto (6) si considerano soddisfatti se si seguono le regole previste ai § 11.4.3, 11.5.2.1, 11.5.3.1 e le prescrizioni sui dettagli costruttivi contenute al § 11.6.1.

11.4.3 Regole di progetto per sezioni duttili

(1) Per le zone critiche delle Travi PREM, considerate elementi sismici primari, al fine di soddisfare i requisiti contenuti al punto (6) del precedente § 11.4.2, devono essere verificate le seguenti condizioni:

- i) si garantisce una sufficiente duttilità in termini di curvatura;
- ii) si prevengono fenomeni di instabilità locale delle armature resistenti compresse al nodo trave-pilastro;
- iii) si adottano calcestruzzi e acciai adeguati a garantire la duttilità locale, requisito che si ritiene soddisfatto se vengono impiegati i materiali indicati al Capitolo 4 e i procedimenti di saldatura contenuti nel Capitolo 12.

(2) Per ottemperare alle prescrizioni riguardanti la duttilità locale nelle zone critiche di travi sismiche primarie, vanno soddisfatti i requisiti richiesti dalla normativa vigente.

11.4.4 Resistenza delle zone dissipative

(1) Nelle zone dissipative deve essere soddisfatta la seguente verifica:

$$E_{Sd} \leq E_{Rd}$$

dove:

- E_{Sd} è il valore di progetto dell'effetto dell'azione in presenza di sisma inclusi, se necessario, gli effetti del secondo ordine;
- E_{Rd} è la corrispondente resistenza di progetto dell'elemento, calcolata in accordo al punto (2) del § 11.5.3 del presente documento e alle successive indicazioni contenute nei punti (2), (3) e (4).

(2) La resistenza delle sezioni di estremità delle Travi PREM va valutata tenendo debitamente in conto il contributo resistente fornito dal calcestruzzo (ivi compresa la parte di soletta efficacemente collaborante) dalle armature aggiuntive e da tutti gli elementi metallici della trave reticolare, in relazione alle modalità di collegamento della trave al nodo e dei meccanismi di trasmissione degli sforzi nelle armature.

(3) In mancanza di modelli di comprovata precisione e affidabilità, la progettazione sismica delle Travi PREM è basata sulla valutazione di due valori della resistenza di progetto delle sezioni trasversali: il limite inferiore e il limite superiore, da impiegarsi secondo le indicazioni fornite al successivo punto (4) e da calcolare come indicato al § 11.5.3.1.

Sulla base delle considerazioni riportate al punto (1) del presente paragrafo, per il limite inferiore della resistenza di progetto E_{Rd} , valutata in sezioni miste con il metodo plastico, si ometterà il pedice “pl” riportato nella Normativa tecnica vigente, mentre se ne indicherà il limite superiore sempre e solo con $E_{U,Rd}$ anche per sezioni in c.a..

(4) Il limite inferiore della resistenza delle zone dissipative, E_{Rd} , va impiegato nell’ambito delle verifiche del tipo $E_{Sd} \leq E_{Rd}$. Il limite superiore della resistenza delle zone dissipative della trave, $E_{b,U,Rd}$, va impiegato per le verifiche di gerarchia delle resistenze necessarie ad assicurare lo sviluppo dei meccanismi di collasso di progetto. Tali valori possono essere valutati concordemente a quanto previsto nel successivo § 11.5.3.1.

(5) Se gli effetti delle azioni di progetto E_{Sd} sono ottenuti mediante un metodo di analisi non lineare, l’espressione di cui al punto (1) del presente paragrafo deve essere soddisfatta in termini di forze solo per meccanismi fragili (es: taglio e perdita di aderenza), e in termini di deformazione per i meccanismi duttili (es. cerniera plastica), tenendo conto, in quest’ultimo caso, dei coefficienti parziali applicati alle capacità di deformazione.

11.5 Regole di verifica per strutture dissipative in classe CD “B”

11.5.1 Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza

(1) Per le verifiche allo stato limite ultimo i coefficienti parziali relativi alle proprietà dei materiali γ_c , γ_s e γ_a devono tenere conto del possibile degrado della resistenza dovuto alle deformazioni cicliche.

(2) Se non sono disponibili informazioni più precise, si raccomanda di applicare i valori dei coefficienti parziali γ_c , γ_s e γ_a adottati per le situazioni di

progetto persistenti e transitorie, ipotizzando che a causa delle disposizioni in materia di duttilità locale, il rapporto fra la resistenza residua dopo il degrado e quella iniziale sia approssimativamente uguale al rapporto tra i valori di γ_M relativi alle combinazioni di carico eccezionali e fondamentali.

(3) Se il degrado della resistenza è tenuto in conto in maniera appropriata nella valutazione delle proprietà dei materiali si possono utilizzare i valori γ_M corrispondenti alla situazione di progetto eccezionale.

11.5.2 Sollecitazioni di calcolo

I valori delle sollecitazioni di calcolo devono essere ottenuti sulla base dell'analisi della struttura per la situazione sismica di progetto in accordo alle indicazioni contenute nella normativa vigente, tenendo conto dei requisiti di progetto definiti ai § 11.4.2, 11.5.2.1 e 11.5.2.2. e degli effetti del secondo ordine ove necessario.

11.5.2.1 Travi

(1) I momenti flettenti di calcolo, da utilizzare per il dimensionamento o verifica delle travi, sono quelli ottenuti dall'analisi globale della struttura per le combinazioni di carico previste dalla normativa tecnica vigente.

(2) Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo per le situazioni sismiche, V_{Sd} , si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio nella trave prodotte dai momenti resistenti, $M_{b,U,Rd}$, delle due sezioni di plasticizzazione, (generalmente quelle di estremità) corrispondenti alla formazione delle cerniere plastiche, determinati come indicato al § 11.5.3.1, amplificati del fattore di sovrarresistenza γ_{Rd} , che, per le strutture in CD "B", si assume pari ad 1.

(3) Per ciascuna direzione e ciascun verso di applicazione delle azioni sismiche, si considerano due valori di sollecitazioni di taglio, massimo e minimo, ipotizzando rispettivamente la presenza e l'assenza di carichi variabili, e momenti resistenti $M_{b,U,Rd}$ da assumere in ogni caso di verso concorde sulla trave.

(4) Nei casi in cui le cerniere plastiche non si formino nella trave ma negli elementi che la sostengono, le sollecitazioni di taglio sono calcolate sulla base della resistenza di questi ultimi.

11.5.2.2 Colonne

(1) Le sollecitazioni di calcolo devono essere assunte in base alla gerarchia delle resistenze secondo quanto indicato nella normativa tecnica vigente, in

modo da garantire che la resistenza complessiva dei pilastri sia maggiore della resistenza ultima complessiva delle travi, amplificata del coefficiente γ_{Rd} in accordo con la formula:

$$\sum M_{C,Rd} \geq \gamma_{Rd} \sum M_{b,U,Rd}$$

dove:

- $\gamma_{Rd}=1.1$ per le strutture in CD “B”;
- $M_{C,Rd}$ è il momento resistente del generico pilastro convergente al nodo, calcolato per i livelli di sollecitazione assiale presenti nelle combinazioni sismiche delle azioni;
- $M_{b,U,Rd}$ è il limite superiore del momento resistente della generica trave convergente al nodo, determinato come indicato al § 11.5.3.

11.5.3 Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo (SLU) e determinazione del limite superiore del momento resistente delle travi

(1) Nel caso di sezioni miste va esclusa la possibilità di determinare il momento resistente con il metodo elastico, perché incompatibile con la gerarchia delle resistenze.

(2) Nel seguito, M_{Rd} si intende valutato con il metodo plastico, non escludendo la possibilità di valutarlo col metodo elasto-plastico coerentemente con le indicazioni contenute nella normativa tecnica vigente sia per le sezioni in c.a. che per le sezioni composte “encased” o “partially encased” (rivestite o parzialmente rivestite) e tenendo conto di quanto indicato al § 6.3 del presente documento.

11.5.3.1 Travi

(1) Si raccomanda che le resistenze a flessione e a taglio siano calcolate in accordo con il § 6.3 delle presenti Raccomandazioni.

(2) In ogni sezione il limite inferiore del momento resistente, $M_{b,Rd}$ deve risultare superiore o uguale al momento flettente di calcolo.

(3) I momenti resistenti sono da calcolare sulla base delle armature flessionali presenti, compreso il contributo di quelle poste all’interno della larghezza collaborante di eventuali solette piene, se ancorate al di fuori della campata in esame. La larghezza collaborante è da assumersi concordemente a quanto suggerito per le travi in c.a. della normativa tecnica vigente.

(4) Il calcolo del limite inferiore del momento resistente plastico della Trave PREM, $M_{b,Rd}$ nelle sezioni di estremità, da impiegare nelle verifiche di resistenza di cui al punto (2) del presente paragrafo, va condotto facendo affidamento soltanto sulle armature longitudinali per le quali è assicurato un efficace e completo ancoraggio.

(5) Il calcolo del limite superiore del momento resistente plastico della Trave PREM, $M_{b,U,Rd}$ nelle sezioni di estremità, da impiegare nelle verifiche di gerarchia di resistenze, va effettuato tenendo conto di tutte le armature effettivamente presenti, comprese quelle necessarie ad assicurare la continuità al nodo e quelle del traliccio metallico e dell'eventuale piatto metallico. Per queste ultime il contributo resistente deve essere valutato in relazione alla capacità di assorbire sforzi in ragione dell'ancoraggio e dei meccanismi di interazione acciaio-calcestruzzo, e tenendo conto dei fenomeni di instabilità in compressione del piatto.

(6) Il valore di $M_{b,U,Rd}$ per tener conto degli effetti della sovraresistenza nella determinazione delle diverse sollecitazioni di calcolo, deve essere calcolato in conformità a quanto riportato al precedente punto (5). In alternativa, il limite superiore del momento resistente plastico della Trave PREM $M_{b,U,Rd}$ può essere assunto forfaitariamente pari a $1.3 M_{b,Rd}$.

(7) Per le strutture in CD "B" la resistenza a taglio nei confronti delle sollecitazioni, determinate come indicato al precedente § 11.5.2.1., è calcolata come indicato al § 6.3.2 delle presenti Raccomandazioni.

11.5.3.2 Nodi trave-colonna

(1) La verifica di resistenza del nodo deve essere effettuata solo per le strutture in CD "A" in accordo con le indicazioni fornite dalla normativa tecnica vigente.

11.6 Dettagli costruttivi

(1) Si deve limitare l'eccentricità della linea d'asse della trave rispetto a quella della colonna a cui è collegata per permettere un efficiente trasferimento dei momenti variabili fra una trave primaria e la colonna sismoresistente.

(2) Per soddisfare il requisito specificato al punto (1) si raccomanda di limitare la distanza tra l'asse geometrico delle due membrature a meno di $b_c/4$, dove b_c è la dimensione trasversale della colonna, normale all'asse longitudinale della trave. Nel caso in cui l'eccentricità superi tale valore, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

11.6.1 Travi

(1) Le dimensioni geometriche delle Travi PREM devono soddisfare i requisiti per le travi in c.a. indicati dalla normativa tecnica vigente, considerando che la larghezza b della trave non sempre coincide con quella del fondello.

(2) In ogni sezione della trave, per far fronte ad una eventuale inversione dei momenti non evidenziata dall'analisi, deve essere disposta un'armatura minima di 300 mm^2 , debitamente ancorata, sia al lembo inferiore, che a quello superiore.

(3) Le limitazioni contenute al precedente punto (3) devono essere soddisfatte solo dall'armatura considerata resistente presente nella sezione.

(4) In ogni sezione della trave, per evitare una rottura fragile al verificarsi della fessurazione, si deve assicurare il seguente valore minimo di rapporto geometrico di armatura tesa:

$$\rho_{min} = 0.5 \left(\frac{f_{cm}}{f_{yk}} \right)$$

(5) Eventuali tralicci metallici che concorrono a formare il momento resistente al nodo, $M_{b,Rd}$ devono di regola attraversare il nodo ed essere efficacemente ancorati al di là della zona critica della trave, in modo da garantire lo svilupparsi di una tensione pari a $1,25 f_{yk}$ nelle armature resistenti all'interno della zona critica.

(6) Per nodi esterni, nei quali si voglia fare affidamento sul traliccio nel concorrere a definire la resistenza a flessione della sezione di estremità, se non è possibile ancorare efficacemente il traliccio all'interno del nodo si può prolungare la trave oltre il pilastro o usare piastre saldate all'estremità del traliccio per assicurare l'ancoraggio.

(7) Le armature longitudinali che effettivamente concorrono ad assicurare l'adeguata resistenza flessionale al nodo, in relazione a quanto specificato al precedente § 11.5.3.1, comprese quelle aggiuntive a quelle del traliccio reticolare, devono essere disposte in modo da soddisfare i requisiti per le armature longitudinali delle travi in c.a. richiesti dalla normativa tecnica vigente.

(8) In presenza di piatto metallico inferiore o di altro dispositivo in grado di fornire, lungo alcuni lati della sezione, adeguato confinamento al calcestruzzo, le staffe di contenimento possono essere aperte, purché sia garantito un loro adeguato collegamento (es. saldatura) al dispositivo di confinamento esistente.



11.6.2 Nodi trave-colonna

(1) Per le prescrizioni sui particolari costruttivi per i nodi trave-colonna, in aggiunta a quanto previsto al Capitolo 10, dovrà farsi riferimento alle indicazioni fornite dalla normativa tecnica vigente.

12 Lavorazioni dell'acciaio

12.1 Generalità

(1) Le fasi di lavorazione dell'acciaio, per c.a. e/o carpenteria metallica, devono svolgersi nell'ambito di un sistema di controllo sui processi, come richiamato al Capitolo 13 delle presenti Raccomandazioni, allo scopo di assicurare il mantenimento delle caratteristiche meccaniche e geometriche dei materiali originari.

12.2 Sagomatura

(1) I valori dei diametri dei mandrini da utilizzare per la piegatura delle barre tonde di armatura dovranno rispettare le seguenti limitazioni:

Per acciaio da c.a.

$d = 4D$ per barre con $D \leq 16$

$d = 7D$ per barre con $D > 16$

Per acciaio da carpenteria (fino a S355)

$d = 2D$ per barre con $D \leq 12$

$d = 2.5D$ per barre con $12 < D \leq 26$

$d = 3D$ per barre con $26 < D \leq 30$

dove:

d è il diametro del mandrino

D è il diametro del tondo da piegare

Valori inferiori dei mandrini di piegatura si potranno adottare, nell'ambito di uno specifico utilizzo, in presenza di risultati sperimentali che ne dimostrino la validità.

12.3 Saldatura

12.3.1 Riferimenti normativi

(1) Tutte le unioni saldate presenti nelle Travi PREM di **categoria a)** e **b)** sono normate dalla normativa tecnica vigente.

(2) Relativamente agli acciai da carpenteria, la progettazione e l'esecuzione delle unioni saldate devono rispettare anche le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 ed UNI EN ISO 9692-1, mentre per gli acciai da c.a. devono rispettare anche le norme UNI EN ISO 17660-1:2007.

(3) Le saldature presenti nei nodi delle Travi PREM, ove non esplicitamente contemplate da norme, devono essere definite con opportune specifiche e validate da prove sperimentali.

12.3.2 Materiali d'apporto

(1) In generale, le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) devono, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate.

12.3.3 Dimensionamento e controllo delle saldature

(1) Il dimensionamento delle saldature si condurrà con le usuali regole tenendo conto della sezione di gola realizzata nelle varie tipologie di unione e delle sollecitazioni massime previste per il singolo giunto della trave. I nodi delle Travi PREM di **categoria b**), tenute al rispetto del rapporto limite tra diametri delle barre correnti e degli elementi d'anima di cui al paragrafo 9.1.6, devono comunque essere dimensionati, come requisito minimo, per resistere ad una forza di distacco, con trazione nella direzione del tondo di diametro maggiore, pari al 25% della forza di snervamento di quest'ultimo.

(2) Il metodo di prova delle saldature consiste di regola nel sottoporre a trazione lungo il proprio asse l'elemento collegato e verificare che la resistenza caratteristica ottenuta non sia inferiore a quella teorica prevista. Quando l'unione deve garantire il 100% della resistenza dell'elemento collegato, la rottura deve in ogni caso avvenire al di fuori del nodo.

(3) In assenza di verifiche specifiche, teoriche e/o sperimentali, per alcune tipologie di nodo, illustrate negli schemi del seguente paragrafo, si può far riferimento ai dimensionamenti ivi riportati, che garantiscono una resistenza della saldatura non inferiore a quella del singolo elemento convergente nel nodo.

(4) Nel caso di collegamento al corrente inferiore o superiore di elementi d'anima costituiti da tondi sagomati a V mediante saldatura a cordoni d'angolo in corrispondenza delle piegature dei tondi stessi (Figure 12.1, 12.4 e 12.5), si è assunto che:

- ogni elemento d'anima sia collegato al corrente mediante due cordoni di saldatura;
- tali cordoni si estendano su tutta la superficie di contatto disponibile tra le parti da collegare;
- l'altezza di gola efficace "a" risulti non minore di $0,4 D$, dove D è il diametro dell'elemento d'anima.

Saldatura delle anime al piatto (cordone d'angolo)

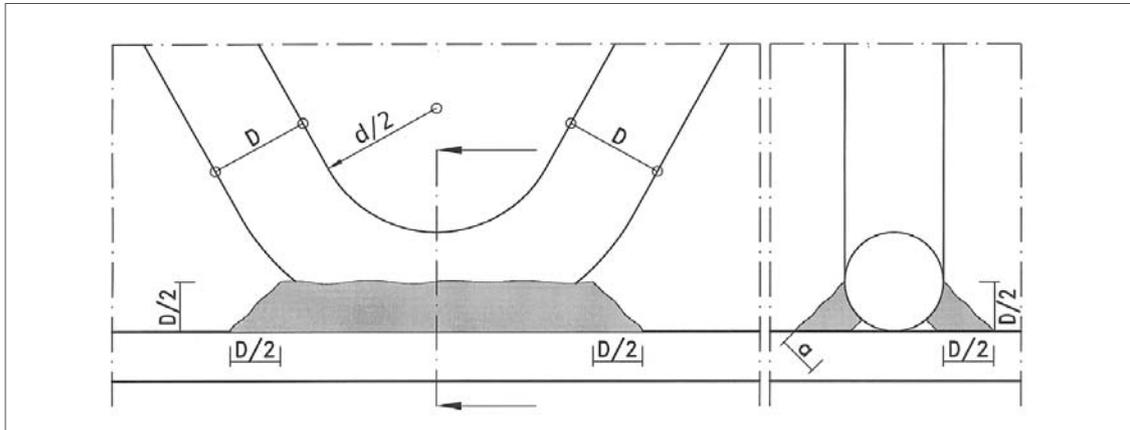


Figura 12.1 - Anime a puntoni obliqui a V diritta: vista laterale e sezione trasversale.

N.B.: Per anime con puntoni verticali la tipologia a V diritta non è ammessa.

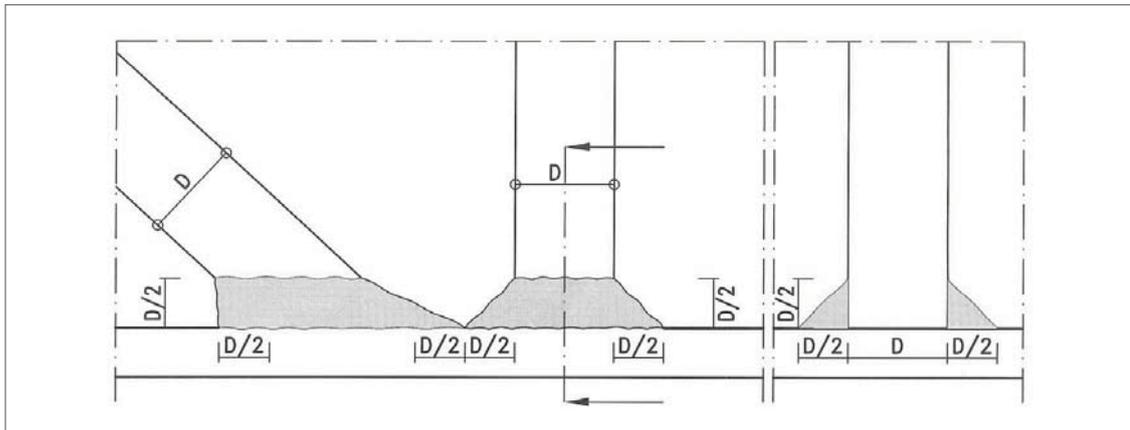


Figura 12.2 - Anime a puntoni verticali a V rovescia: vista laterale e sezione trasversale.

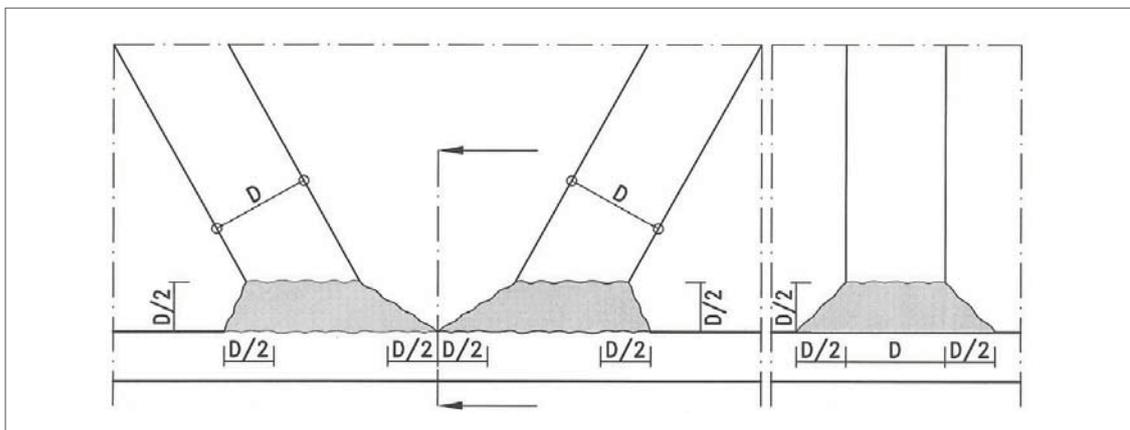


Figura 12.3 - Anime a puntoni obliqui a V rovescia: vista laterale e sezione trasversale.

Saldatura delle anime al corrente superiore (cordone d'angolo)

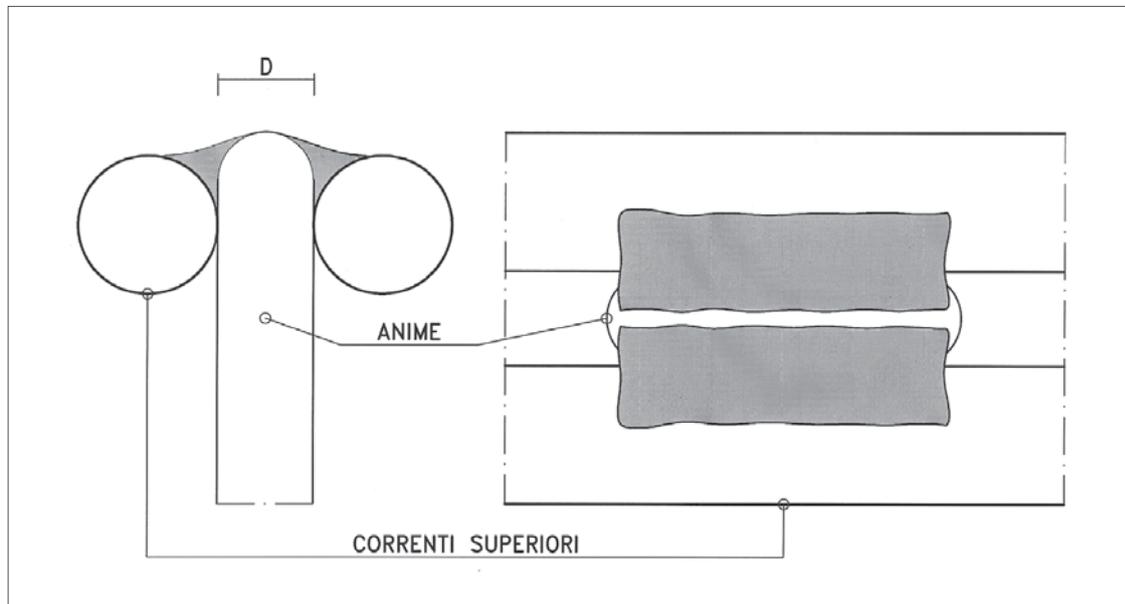


Figura 12.4 – Anime a V rovescia ad elementi interi: sezione e vista dall'alto della saldatura al corrente superiore.

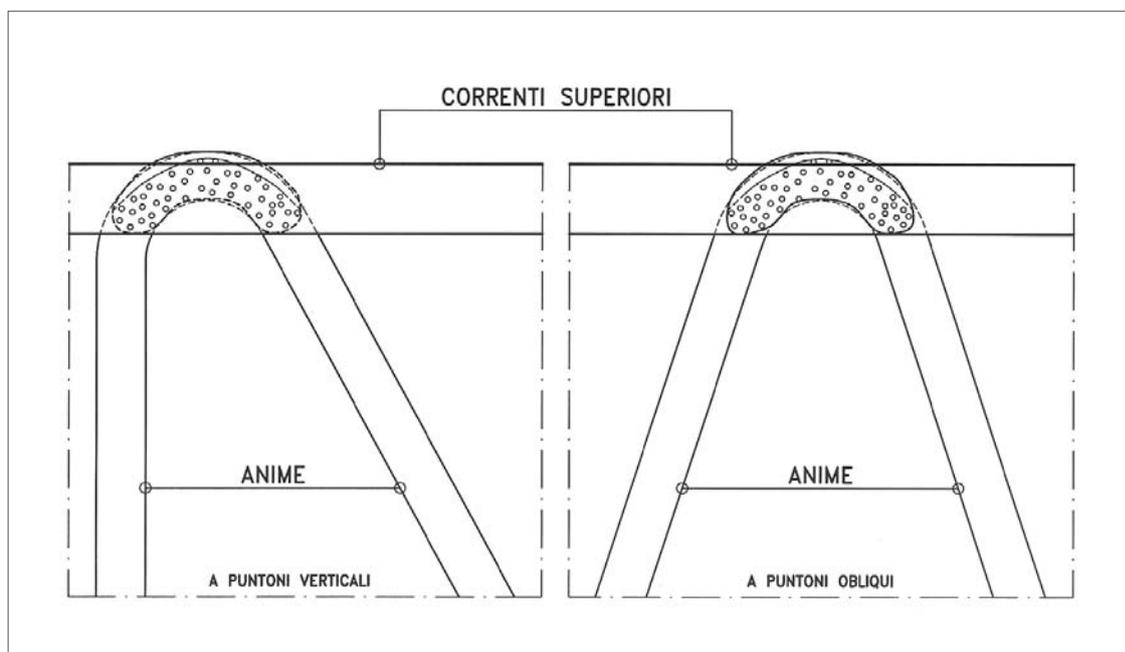


Figura 12.5 – Anime a V rovescia ad elementi interi: sezione longitudinale della saldatura al corrente superiore.

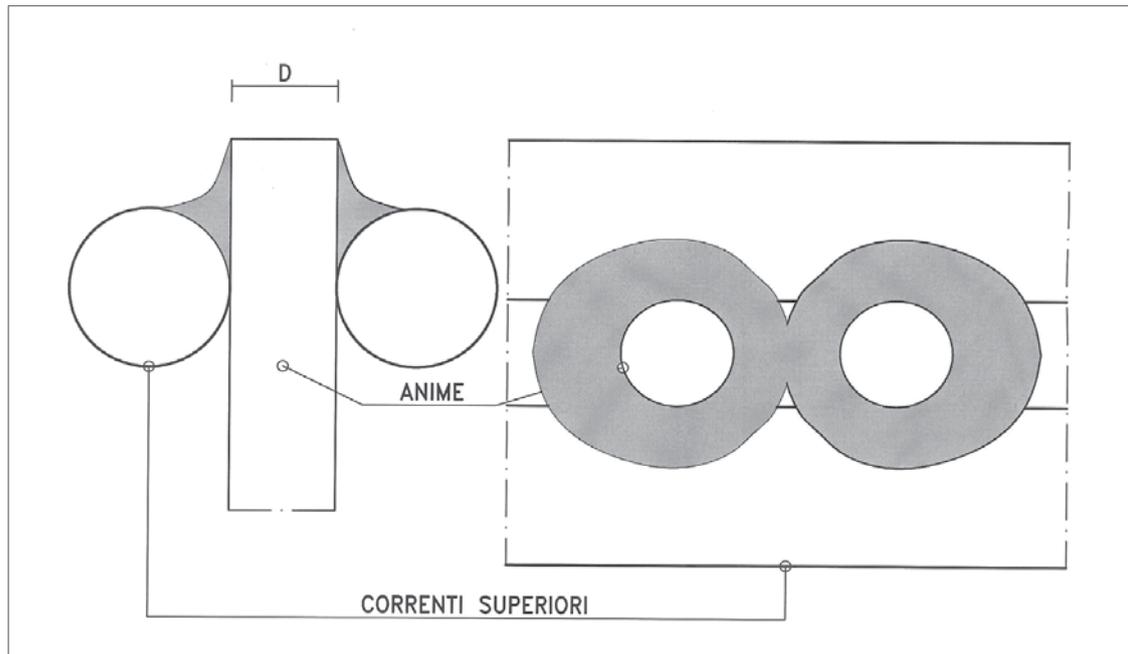


Figura 12.6 – Anime a V rovescia ad elementi composti: sezione e vista dall'alto della saldatura al corrente superiore.

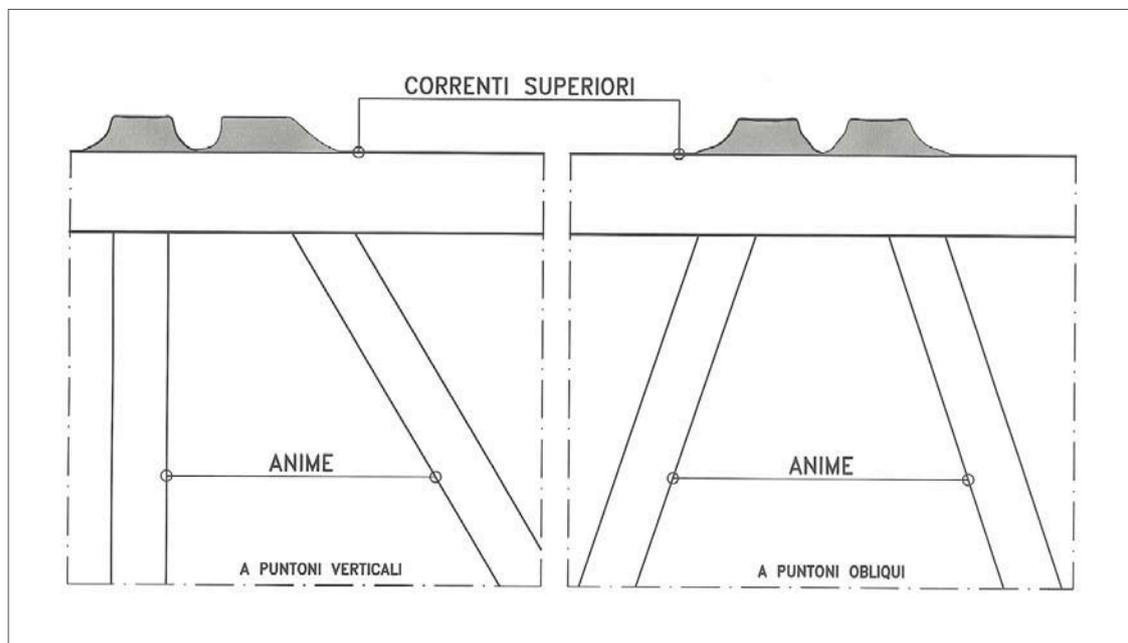


Figura 12.7 – Anime a V rovescia ad elementi composti: vista laterale della saldatura al corrente superiore.

Saldatura delle anime al corrente inferiore (cordone d'angolo)

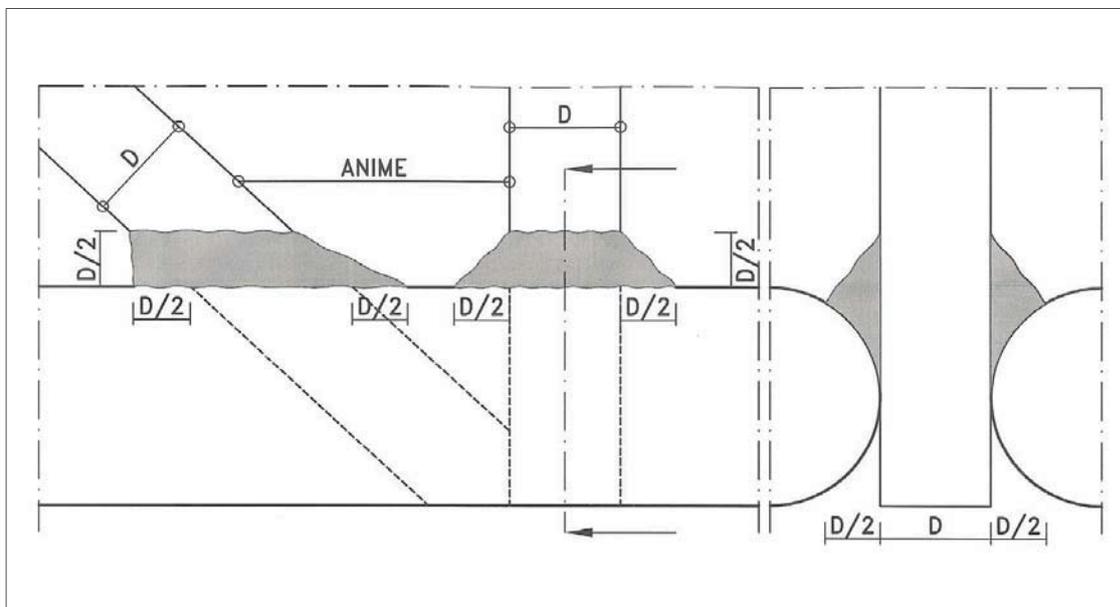


Figura 12.8 – Anime a V rovescia a puntoni verticali: vista laterale e sezione trasversale della saldatura al corrente inferiore.

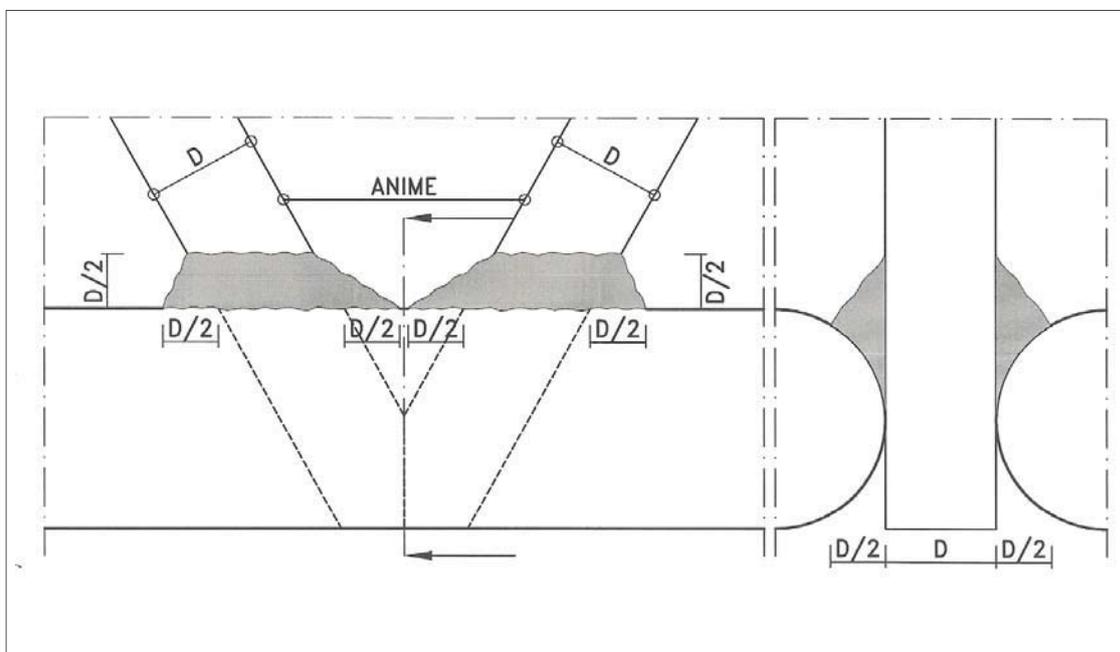


Figura 12.9 – Anime a V rovescia a puntoni obliqui: vista laterale e sezione trasversale della saldatura al corrente inferiore.

Saldatura barra – piatto per apparecchio d'appoggio

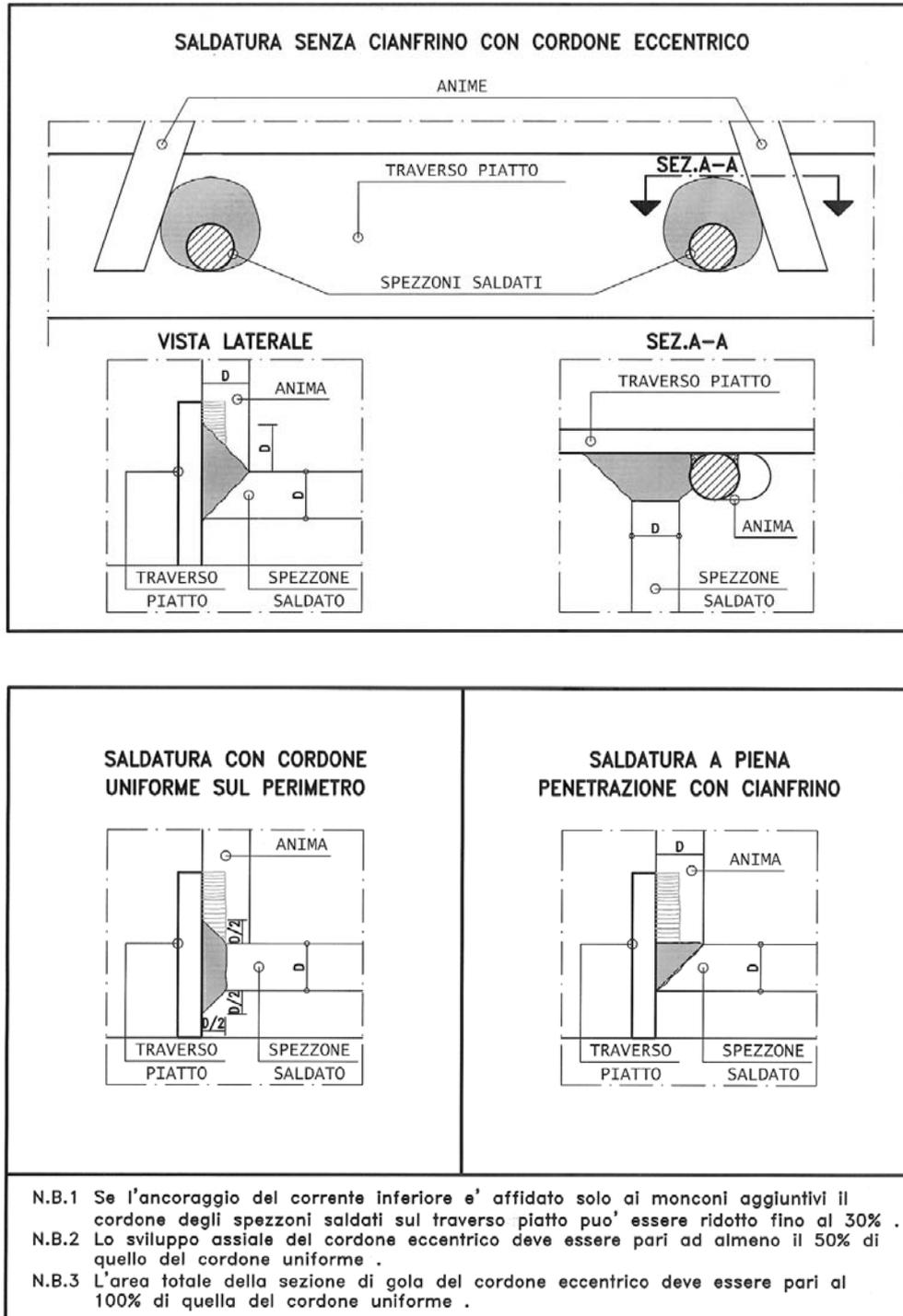


Figura 12.10 – Modalità alternative di unione degli spezzoni saldati al traverso piatto.

12.3.4 Qualificazione del Centro di Trasformazione e/o dello Stabilimento di Produzione

(1) I Centri di Trasformazione delle Travi PREM o gli stabilimenti di produzione, nel caso in cui producano direttamente le stesse, oltre a quanto prescritto dalla normativa tecnica vigente, devono operare in conformità alla norma UNI EN ISO 17660 e alla norma UNI EN ISO 3834, e devono essere certificati da un organismo terzo indipendente che operi in conformità con la norma UNI EN 45011.

12.3.5 Qualificazione dei procedimenti di saldatura

(1) La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063 nel caso in cui venga utilizzato acciaio da carpenteria o UNI EN ISO 17660-1 nel caso in cui vengano utilizzate barre da c.a.

(2) Tutte le tipologie di unioni saldate dovranno essere eseguite sulla base di specifiche di procedura di saldatura (Welding Procedure Specifications).

(3) La qualifica dei procedimenti di saldatura deve accertare l'attitudine ad eseguire i principali tipi di giunto previsti nelle travi reticolari, ottenendo giunti conformi sia dal punto di vista delle caratteristiche meccaniche sia dal punto di vista difettologico.

(4) Per quanto riguarda gli acciai da carpenteria, i procedimenti devono essere qualificati in accordo alle norme UNI EN ISO 15613 o UNI EN ISO 15614-1:2005. Per gli acciai da c.a., i procedimenti devono essere qualificati in accordo alla norma UNI EN ISO 17660-1.

(5) Le prove di qualificazione dei procedimenti devono riguardare tutte le tipologie di nodi previsti con una gamma di prove che comprenda i diversi acciai ed i casi limite di abbinamenti dimensionali, e devono essere effettuate da organismo terzo indipendente ed accreditato.

12.3.6 Qualificazione del personale

(1) I saldatori, gli operatori, il personale di coordinamento e gli operatori che eseguiranno i controlli nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati in conformità alle disposizioni previste dalla normativa tecnica vigente, la UNI EN 287-1 per gli acciai da carpenteria metallica e dalla UNI EN ISO 17660-1 per gli acciai da c.a.

13 Produzione, montaggio ed esecuzione getti

13.1 Generalità

Questo capitolo tratta la fase di produzione in stabilimento, montaggio in cantiere, getto di completamento del calcestruzzo e successivo collaudo statico delle Travi PREM, così come definite al Capitolo 2 delle presenti Raccomandazioni.

Si tratta di un manufatto prefabbricato realizzato in stabilimento, trasportato e messo in opera in un complesso edilizio, reso attivo, solidale e collaborante, attraverso un getto di completamento in opera, con le altre strutture dell'organismo edilizio che è oggetto di collaudo statico ai sensi delle normative vigenti.

13.1.1 Definizioni

(1) Le figure che rivestono un ruolo di responsabilità e i luoghi per la produzione, il montaggio e l'esecuzione delle Travi PREM sono i seguenti:

- *Committente dell'opera di destinazione*: il soggetto che commissiona l'opera da costruire per uso proprio o per conto di terzi.
- *Impresa affidataria*: l'impresa titolare del contratto di appalto con il committente che, nell'esecuzione dell'opera appaltata, può avvalersi di imprese subappaltatrici o di lavoratori autonomi.
- *Opera da costruire*: l'organismo edilizio, oggetto del contratto di appalto, in cui è prevista la presenza di Travi PREM.
- *Progettista del complesso strutturale*: la figura professionale, nominata dal Committente dell'opera di destinazione o dall'impresa affidataria, responsabile del coordinamento degli altri progettisti specifici e dell'organico inserimento in opera delle Travi PREM come disposto all'art.58 del DPR n. 380/2001; in genere ha anche l'incarico specifico del progetto delle strutture in opera.
- *Impresa esecutrice*: il soggetto che esegue materialmente tutta l'opera od una parte di essa, inserendo le Travi PREM nella struttura; è responsabile della Denuncia delle Opere Strutturali di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001 e della loro esecuzione.
- *Committente delle Travi PREM*: il soggetto che commissiona le Travi PREM da inserire nel complesso strutturale.

- *Progettista delle Travi PREM*: la figura professionale responsabile della progettazione, strutturale e costruttiva, e delle prescrizioni per la produzione, la movimentazione, il montaggio, l'esecuzione dei getti in opera e la manutenzione delle Travi PREM.
- *Produttore delle Travi PREM*: il soggetto che produce in stabilimento la Trave PREM, avvalendosi eventualmente di semi-lavorati prodotti in Centri di Trasformazione (come previsto dalla normativa vigente) e completando eventualmente le stesse nel cantiere di destinazione; ha la responsabilità della loro identificazione (tramite idonea marchiatura) in aggiunta alla qualificazione dello stabilimento di produzione, e delle stesse Travi PREM, secondo le procedure previste come previsto dalla normativa vigente.
- *Stabilimento di produzione delle Travi PREM*: il luogo dove viene prefabbricata la Trave PREM; per la parte di lavorazione degli acciai deve possedere i requisiti specificati nelle NTC come previsto nella normativa vigente per i Centri di Trasformazione.
- *Direttore Tecnico dello stabilimento di prefabbricazione delle Travi PREM*: la figura professionale, nominata dal produttore delle Travi PREM, che assume la responsabilità della loro realizzazione nello stabilimento di prefabbricazione, della corrispondenza tra quanto dimensionato dal progettista delle Travi PREM e quanto viene consegnato in cantiere, dell'accettazione dei materiali e dei controlli di produzione del calcestruzzo secondo quanto prescritto dalla normativa vigente.
- *Cantiere dell'opera da costruire*: il luogo dove si eseguono i lavori edili finalizzati alla realizzazione dell'opera da costruire, comprendenti la posa ed i getti di completamento delle Travi PREM.
- *Direttore dei Lavori per il montaggio delle Travi PREM*: la figura professionale, nominata dal produttore delle Travi PREM o dalla impresa esecutrice del montaggio, responsabile della posa in opera a secco in cantiere delle Travi PREM.
- *Direttore dei Lavori dell'opera di destinazione*: la figura professionale, nominata dal Committente dell'opera di destinazione o dall'impresa affidataria, responsabile della corretta realizzazione e della corrispondenza con il progetto delle strutture in opera e dell'accettazione dei materiali e dei prodotti, ivi comprese le Travi PREM; deve redigere la Relazione a Struttura Ultimata di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001.
- *Collaudatore*: la figura professionale, nominata dal Committente, responsabile di collaudare, dal punto di vista statico, l'insieme organico

dell'opera realizzata, composta sia da strutture in opera che da strutture prefabbricate o semi-prefabbricate completate in opera; deve redigere il Certificato di Collaudo di cui all'art.67 del DPR n. 380/2001.

(2) Le figure professionali sopra menzionate, ad eccezione del collaudatore, possono essere raggruppate in pochi soggetti fino a coincidere in un'unica persona. Esse devono collaborare ed interfacciarsi, nello spirito di una corretta deontologia professionale, mediante una mutua informazione sui punti salienti della progettazione e sulle prescrizioni di produzione, montaggio e completamento in opera delle Travi PREM, in modo che la struttura risulti conforme ai requisiti progettuali.

13.1.2 Sequenza di produzione, montaggio ed esecuzione getti

(1) Prima della produzione, ogni Trave PREM deve essere progettata e corredata di elaborati esecutivi, integrati dalle prescrizioni operative generali.

(2) Le Travi PREM devono essere realizzate attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate. Lo stabilimento deve essere dotato di un sistema di controllo della produzione (FPC = Factory Production Control). Il sistema di gestione della qualità del prodotto deve essere predisposto in coerenza con le norme vigenti e certificato da parte di un organismo terzo indipendente accreditato.

(3) Per Travi PREM non soggette a Marcatura CE lo stabilimento di produzione deve essere qualificato secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

(4) La realizzazione e la posa in opera delle Travi PREM rispettano di massima il seguente schema :

- recepimento da parte del Direttore Tecnico dello stabilimento del progetto costruttivo e delle prescrizioni operative generali fra cui quelle relative alle saldature;
- controlli di accettazione di materiali e di semi-lavorati in ingresso;
- prelievi per la verifica della qualità dei materiali accettati non marcati CE, con modalità e frequenza stabiliti dalle norme vigenti;
- produzione delle travi con attrezzature idonee ed efficienti, personale competente ed addestrato e mediante procedure documentate e periodicamente verificate;
- esecuzione dei controlli sui processi (ivi compresi quelli sulla produzione del calcestruzzo) e sui prodotti nell'ambito di un sistema permanente documentato e strutturato in coerenza con le norme UNI EN ISO 9000;

- preparazione del documento di trasporto corredato:
 - dalle prescrizioni per la movimentazione, il montaggio e l'esecuzione in opera, oggetto del § 13.2.4.3;
 - in assenza di Marcatura CE, dal Certificato di Origine e dall'Attestato di Qualificazione o dal Certificato di Idoneità Tecnica;
 - in presenza di Marcatura CE, dalla Dichiarazione di Conformità e dal Certificato dell'FPC (se richiesti dal Direttore dei Lavori dell'opera di destinazione);
- trasporto delle travi nel cantiere di destinazione corredate dai documenti di accompagnamento;
- preparazione delle eventuali attrezzature provvisorie di sostegno delle travi (puntelli, banchinature, ecc.) secondo gli schemi predisposti dal Produttore;
- posa in opera delle travi e delle armature integrative secondo le apposite istruzioni e nel rispetto delle prescrizioni fornite a corredo, nei limiti delle tolleranze dichiarate dal Produttore;
- controlli in cantiere sulla corretta posa delle travi e delle armature integrative nell'ambito di un sistema permanente documentato e strutturato in coerenza con le norme UNI EN ISO 9000, ove previsto;
- esecuzione del getto integrativo secondo le specifiche indicate nel progetto esecutivo delle Travi PREM e nelle prescrizioni a corredo;
- disarmo, rimozione delle eventuali attrezzature provvisorie di sostegno delle travi e conseguente messa in esercizio delle Travi PREM;
- controlli in cantiere sulla corretta esecuzione dei getti integrativi, nell'ambito di un sistema permanente documentato e strutturato in coerenza con le norme UNI EN ISO 9000, ove previsto.

13.1.3 Tipologie di produzione delle Travi PREM

(1) Le tipologie di produzione delle Travi PREM, non soggette a Marcatura CE, si distinguono in:

- Occasionale;
- Serie Dichiarata tipologica (su commessa);
- Serie Dichiarata ripetitiva (a magazzino);
- Serie Controllata tipologica (su commessa);

- Serie Controllata ripetitiva (a magazzino).

13.1.4 Requisiti per lo stabilimento di produzione delle Travi PREM

(1) Uno stabilimento di produzione di Travi PREM deve possedere, in aggiunta ai requisiti previsti dalla normativa tecnica vigente, i seguenti requisiti:

- una gestione del magazzino ove siano tracciati ed identificati univocamente sia i singoli materiali costituenti le parti metalliche delle Travi PREM sia i prodotti finiti;
- un sistema di accettazione, controllo e documentazione degli eventuali prodotti semi-lavorati e/o finiti provenienti da Centri di Trasformazione esterni e/o da altri Stabilimenti di Produzione.

13.1.5 Qualificazione dei procedimenti di piegatura e di saldatura, dell'azienda e del personale addetto

(1) Prima di dare inizio alla produzione corrente di Travi PREM, dovranno essere eseguite le prove preliminari di qualificazione dei procedimenti di piegatura e di saldatura atte a dimostrare che gli stessi non alterino le caratteristiche meccaniche originarie dei materiali utilizzati. Le modalità di esecuzione di tali prove e la qualificazione dell'azienda e del personale addetto, relativamente ai procedimenti di saldatura, sono quelli previsti dalla normativa tecnica vigente.

13.1.6 Qualificazione dello stabilimento di produzione delle Travi PREM non soggette a Marcatura CE

(1) Prima di dare inizio alla produzione corrente, il Produttore di Travi PREM non soggette a Marcatura CE ha l'obbligo di qualificare il suo stabilimento secondo le modalità previste dalla normativa tecnica vigente, ossia deve descrivere al Servizio Tecnico Centrale (STC) del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti le proprie procedure esecutive, di controllo e di assoggettamento a certificazione; l'STC ne verificherà la congruenza, la completezza e la adeguatezza.

(2) Se intende produrre "in serie", il Produttore deve qualificare anche gli elementi costruttivi: se si tratta di Travi PREM ricadenti nel **caso B)** del § 11.1 delle NTC, l'STC ne verificherà la congruenza progettuale alle NTC.

Alla fine delle verifiche, l'STC rilascerà un Attestato di Qualificazione di validità triennale.

(3) Per rientrare nel **caso B)** il Produttore deve applicare per intero e solamente le regole delle NTC limitatamente ai paragrafi pertinenti alla specifica categoria. Il Progettista delle Travi PREM, quindi, deve redigere una relazione descrittiva e di calcolo che ne dimostri l'appartenenza a tale categoria. L'STC eseguirà un controllo sia formale che di merito della suddetta relazione.

(4) Per le Travi PREM che rientrano nella **categoria c)**, non previste dalla normativa tecnica vigente, la procedura di Qualificazione, sia per la produzione in serie che occasionale, deve essere corredata dalla enunciazione delle basi teoriche e degli algoritmi di calcolo utilizzati in fase di progettazione, a loro volta assistiti da prove di laboratorio e/o da dimostrazioni teoriche e/o da sperimentazioni numeriche in quantità e qualità adeguata, secondo quanto previsto dalle Procedure Ministeriali.

Per questa ragione il § 4.6 delle NTC prevede l'autorizzazione dell'STC che si estrinseca, secondo il § C11.1 delle Istruzioni alle NTC, con il Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego di cui al § 11.1 delle NTC che, di fatto, comprende sia la Qualificazione dello Stabilimento che del Prodotto nei casi non coperti dalle NTC.

Al fine dell'ottenimento di tale Certificato il Produttore potrà fare utile riferimento alle regole contenute nelle presenti Raccomandazioni supportandole con adeguate prove di laboratorio, secondo quanto previsto dalle Procedure Ministeriali.

(5) È da notare che, poiché la certificazione ISO 9000 comprende al suo interno un sistema FPC, il Produttore che ne fosse in possesso avrebbe già assolto i requisiti previsti dalle NTC per il sistema di controllo della produzione.

13.2 Produzione

13.2.1 Generalità

(1) La produzione delle Travi PREM deve avvenire in uno stabilimento ove operi un sistema permanente di controllo della produzione certificato da un ente accreditato.

Tutte le Travi PREM prodotte dovranno essere contrassegnate da idonea marchiatura come prescritto dalla normativa tecnica vigente. Nel caso di prodotto soggetto a Marcatura CE, la marchiatura dovrà riportare quanto pre-

scritto dalla relativa norma armonizzata. In entrambi i casi dovrà essere riportata anche la data di getto dell'eventuale fondello in calcestruzzo.

(2) La documentazione relativa ai controlli in fase di accettazione e produzione deve essere resa disponibile al Direttore dei lavori dell'opera di destinazione, al Collaudatore statico e, ove previsto, anche al Committente.

13.2.2 Progetto delle Travi PREM

(1) Le Travi PREM devono essere realizzate sulla base di un progetto redatto da un tecnico dotato di adeguata abilitazione professionale. Esso può fare riferimento alle presenti raccomandazioni, tenendo conto delle richieste ed esigenze prestazionali fornite dal Committente e/o dal progettista del complesso strutturale.

(2) Il progetto esecutivo deve essere approvato prima della produzione dei manufatti dal Progettista del complesso strutturale, riportare la sigla identificativa univoca di ogni trave prodotta per lo specifico cantiere che deve ovviamente corrispondere con quella riportata nella marchiatura applicata al manufatto.

(3) Il progetto costruttivo deve essere congruente con le tecnologie dello stabilimento incaricato della produzione.

13.2.3 Prescrizioni e tolleranze

(1) Il progetto delle Travi PREM dovrà sempre indicare i valori delle tolleranze di produzione previste dalle presenti Raccomandazioni.

(2) Negli elaborati dovrà essere sempre indicata la controfrecchia di progetto (anche se pari a zero) e la relativa tolleranza.

13.2.4 Controlli in stabilimento durante la produzione

13.2.4.1 Controlli in accettazione sui materiali

(1) I controlli sui materiali non soggetti a Marcatura CE dovranno essere eseguiti in conformità alla normativa tecnica vigente.

(2) Per le Travi PREM soggette a Marcatura CE i controlli faranno riferimento alle norme armonizzate ove applicabili.

(3) La normativa tecnica vigente richiede che:

- tutte le forniture di prodotti semi-lavorati devono provenire da Centri di Trasformazione che abbiano dichiarato la loro attività all'STC e ne esibiscano il relativo Attestato;

- tutte le forniture di prodotti finiti non soggetti a Marcatura CE devono provenire da Stabilimenti di Produzione qualificati dall'STC;
- tutte le forniture di prodotti finiti soggetti a Marcatura CE devono essere contrassegnati da marchiatura che, secondo le norme armonizzate, può essere relativa o allo Stabilimento di accettazione o allo Stabilimento di provenienza;
- tutte le forniture di calcestruzzo preconfezionato devono provenire da impianti di betonaggio dotati di certificazione FPC i cui estremi devono risultare sui documenti di accompagnamento.

(4) Eventuali non conformità sui materiali, rilevate in fase di accettazione, dovranno essere risolte con adeguate misure correttive, prima del loro utilizzo, sotto la responsabilità del Direttore Tecnico dello stabilimento di prefabbricazione.

13.2.4.2 Controlli di processo e sui prodotti

(1) Per ogni singola Trave PREM prodotta occorre tenere traccia dei materiali utilizzati per la costruzione e del giorno di getto del fondello in calcestruzzo.

(2) Per i controlli sulle lavorazioni degli acciai, incluse piegature e saldature, e sulla produzione di calcestruzzo, si fa riferimento alle normative tecniche vigenti.

(3) Eventuali non conformità, rilevate nell'ambito del sistema di controllo FPC, dovranno essere risolte con adeguate misure correttive, prima della consegna nel cantiere di destinazione, sotto la responsabilità del Direttore Tecnico dello stabilimento di prefabbricazione.

13.2.4.3 Documenti di accompagnamento

(1) Oltre ai documenti elencati al § 13.1.2, il Produttore dovrà predisporre, per ogni consegna in cantiere di Travi PREM, apposite istruzioni nelle quali dovrà indicare le procedure relative alle operazioni di movimentazione e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del DPR n. 380/2001.

Tali istruzioni, da consegnare al Direttore dei Lavori dell'opera di destinazione, riguardano:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, contenenti l'elenco degli elementi forniti con i relativi contrassegni, oltre alle condizioni di autoportanza previste o della eventuale puntellazione;

- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le opere di completamento;
- c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti, comprensive delle rispettive tolleranze;
- d) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e, nel caso di manufatti non soggetti a Marcatura CE, copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti stessi.

(2) Il Produttore, inoltre, predisporrà e consegnerà al Direttore dei Lavori, e questi al Committente (a conclusione dell'opera), gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista delle Travi PREM e dal Direttore Tecnico dello stabilimento di prefabbricazione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- a) destinazione del prodotto;
- b) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- c) prestazioni statiche dei manufatti;
- d) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati, ivi compresi eventuali trattamenti protettivi nei confronti dell'incendio;
- e) tolleranze dimensionali.

(3) Nella documentazione di cui sopra, il Progettista delle Travi PREM deve indicare espressamente:

- a) le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per eventuali parti metalliche in vista, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, ove previsti, e indicazioni per il loro corretto impiego;
- b) la resistenza richiesta per il getto integrativo di completamento in opera;
- c) la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

13.3 Montaggio

13.3.1 Generalità

(1) Il montaggio delle Travi PREM deve avvenire sotto la responsabilità del Direttore dei lavori dell'opera di destinazione (DL).

(2) Quando il Produttore è contrattualmente responsabile del montaggio, la funzione di Direzione lavori per il montaggio (DLM) delle Travi PREM può essere scorporata da quella di Direttore dei lavori dell'opera di destinazione. Nel seguito si farà riferimento alle due competenze specifiche anche, in alcune occasioni, potranno coincidere in un'unica Figura professionale.

13.3.2 Controlli di accettazione delle travi in cantiere

(1) Il DL è responsabile della corretta esecuzione dell'opera di destinazione, nonché della corretta posa in opera e dei getti integrativi delle Travi PREM.

(2) Il DL è anche responsabile dell'accettazione in cantiere delle Travi PREM, il cui presupposto è la completezza e correttezza dei documenti di accompagnamento previsti dalle Norme.

(3) Nel caso di Travi PREM di produzione occasionale, il DL dovrà vigilare direttamente sulla produzione dei manufatti e sulla applicazione delle relative procedure di controllo da parte del Direttore Tecnico dello stabilimento.

(4) Nel caso di Travi PREM prodotte in serie, non soggette a Marcatura CE, per poter procedere all'accettazione dei manufatti il DL dovrà ricevere:

- 1) per Travi PREM di **categoria a)** o **b)**: l'Attestato di Qualificazione ed il Certificato d'Origine;
- 2) per Travi PREM di **categoria c)**: il Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego ed il Certificato d'Origine. Rientrano in questo caso anche le Travi PREM di **categoria c)** di produzione occasionale, secondo quanto riportato al § 4.1.10.2 delle NTC, che dispone di considerare Prodotti Prefabbricati in serie "i componenti per i quali è stata rilasciata la certificazione d'idoneità".

(5) Nel caso di Travi PREM di **categoria a)** o **b)** di produzione occasionale il DL, nell'ambito dei compiti di vigilanza di cui al precedente punto (3), è tenuto ad accertare preventivamente l'esistenza e la validità della certificazione del sistema di controllo della produzione, predisposto in coerenza con la Norma UNI EN ISO 9001:2000.

(6) Unitamente all'Impresa esecutrice, il DL è tenuto a verificare la presenza e completezza della documentazione di cui sopra, nonché quella ulterio-

re di accompagnamento elencata nel § 13.2.4.3, all'atto della ricezione in cantiere dei manufatti e prima della posa degli stessi; inoltre dovrà verificare che tutte le travi siano effettivamente contrassegnate, come prescritto al § 13.2.1. In mancanza dei requisiti di cui sopra, i manufatti non potranno essere accettati in cantiere.

13.3.3 Controlli in fase di montaggio

(1) Il DLM deve verificare che le Travi PREM siano corrispondenti al progetto, anche nei riguardi delle geometrie, e siano stabili in fase di montaggio, anche in previsione della realizzazione del getto di completamento. A tal fine deve controllare, nei limiti delle tolleranze ammesse, l'osservanza delle prescrizioni contenute nei documenti di accompagnamento, ivi compresa la presenza di ogni presidio (appoggi, puntelli, banchine, ecc...) prescritto nelle istruzioni di montaggio fornite a corredo.

Occorre tener presente la particolare criticità delle Travi PREM autoportanti, la cui resistenza in fase di getto viene assicurata interamente dal traliccio metallico.

(2) Eventuali non conformità di produzione, non rilevate in fase di accettazione, saranno segnalate al Produttore e dovranno essere risolte con adeguate misure correttive concordate tra il Progettista delle Travi PREM ed il DLM, che ne verificherà la corretta esecuzione.

(3) Eventuali non conformità di montaggio, saranno segnalate dal DL al DLM e dovranno essere risolte con adeguate misure correttive concordate tra il Progettista delle Travi PREM ed il DLM che ne verificherà la corretta esecuzione.

(4) In mancanza dell'esito positivo dei controlli di cui sopra e/o della soluzione di eventuali non conformità, non si potranno effettuare i getti di completamento.

13.4 Esecuzione getti

13.4.1 Generalità

(1) L'impresa esecutrice deve essere dotata di strumenti idonei a costipare i getti in modo che il calcestruzzo fluido possa compenetrare agevolmente ed avvolgere completamente ogni elemento in acciaio della Trave PREM ed aderire alle facce esposte di calcestruzzo prefabbricato.

(2) Coerentemente con quanto previsto dalla normativa tecnica vigente, il calcestruzzo deve essere prodotto secondo le indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborate dall'STC:

- 1) in uno stabilimento esterno al cantiere, in regime di controllo di qualità predisposto in coerenza con la Norma UNI EN ISO 9001:2000 certificato da organismo terzo indipendente, che opera in coerenza alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006, autorizzato dall'STC;
- 2) in cantiere, in regime di controllo di qualità predisposto in coerenza con la Norma UNI EN ISO 9001:2000 certificato da organismo terzo indipendente accreditato.

(3) Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m³ di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore.

13.4.2 Controlli di accettazione del calcestruzzo per i getti di completamento

(1) Per i controlli di accettazione del calcestruzzo utilizzato per i getti di completamento in opera si farà riferimento alle prescrizioni della normativa tecnica vigente. In particolare il DL deve controllare e verificare le caratteristiche del calcestruzzo (classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo dell'aggregato) a fronte delle prescrizioni del Progettista.

13.4.3 Controlli in fase di getto di completamento

(1) Il getto del calcestruzzo di completamento di una Trave PREM segue tutte le regole relative ai getti in opera. Rispetto alle strutture interamente gettate in opera il DL deve preliminarmente verificare le prescrizioni del Progettista, con particolare riguardo all'accumulo di calcestruzzo fresco, soprattutto nel caso di travi autoportanti.

13.4.4 Controlli sulle strutture completate

(1) Dopo la maturazione del getto di calcestruzzo e la rimozione di eventuali presidi provvisori, ma in ogni caso prima della realizzazione delle sovrastrutture, il DL deve verificare che le Travi PREM non presentino non conformità, al netto delle tolleranze, quali ad esempio:

- spessori dei getti di completamento difformi dalle specifiche progettuali;

- deformazioni e/o fessurazioni maggiori di quelle previste dal progetto per quella determinata fase costruttiva.

13.4.5 Relazione a Struttura Ultimata

(1) Oltre a quanto previsto dall'art. 65 del DPR n. 380/2001 per la Relazione a Struttura Ultimata, il DL, per manufatti non soggetti a Marcatura CE, dovrà allegare alla stessa, oltre ai certificati sui materiali impiegati nel processo di prefabbricazione, anche copia dei Certificati di Origine delle Travi PREM completi dell'Attestato di Qualificazione, ovvero del Certificato di Idoneità tecnica all'Impiego, rilasciati dall'STC.

13.5 Collaudo statico

Il collaudo statico di strutture contenenti Travi PREM, previsto dall'art. 67 del DPR n. 380/2001, sarà eseguito con le modalità descritte dalla normativa tecnica vigente.

14 Appendice A: Definizioni e morfologie strutturali

14.1 Generalità

(1) All'interno della presente appendice sono contenute alcune rappresentazioni grafiche e ulteriori indicazioni a corredo del Capitolo 2, non richiamate altrove nel testo del documento principale.

La numerazione dei paragrafi segue quella del Capitolo 2; la numerazione attribuita ad eventuali paragrafi aggiuntivi prosegue quella utilizzata nel testo del documento principale.

14.2 Definizioni

14.3 Classificazione del traliccio

14.3.1 In base al corrente inferiore

14.3.1.1 Fondello in acciaio con eventuali ferri longitudinali

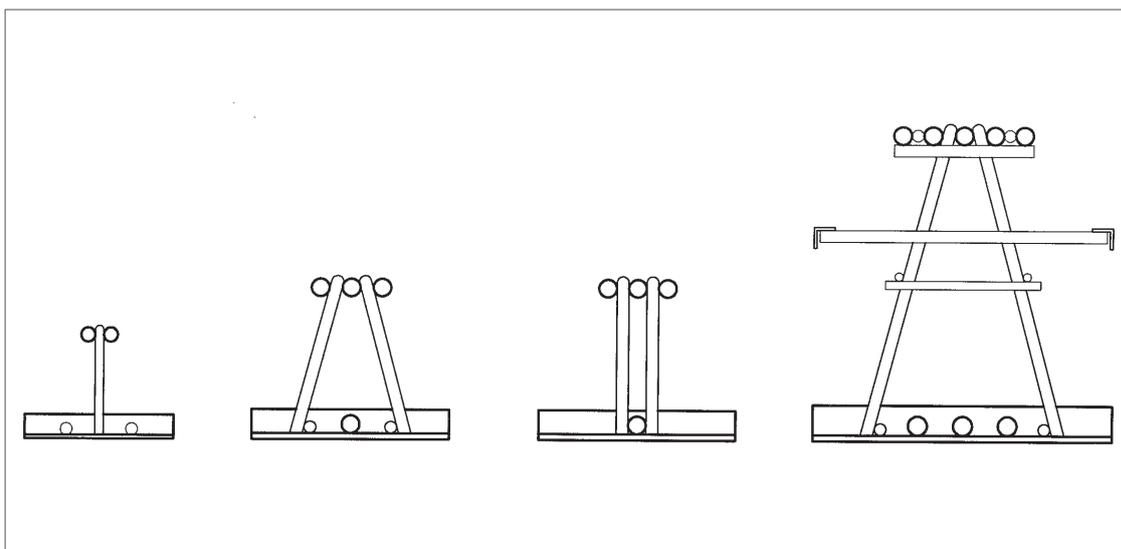


Figura 14.1 – Travi con fondello in acciaio.

14.3.1.2 Fondello in calcestruzzo con ferri longitudinali

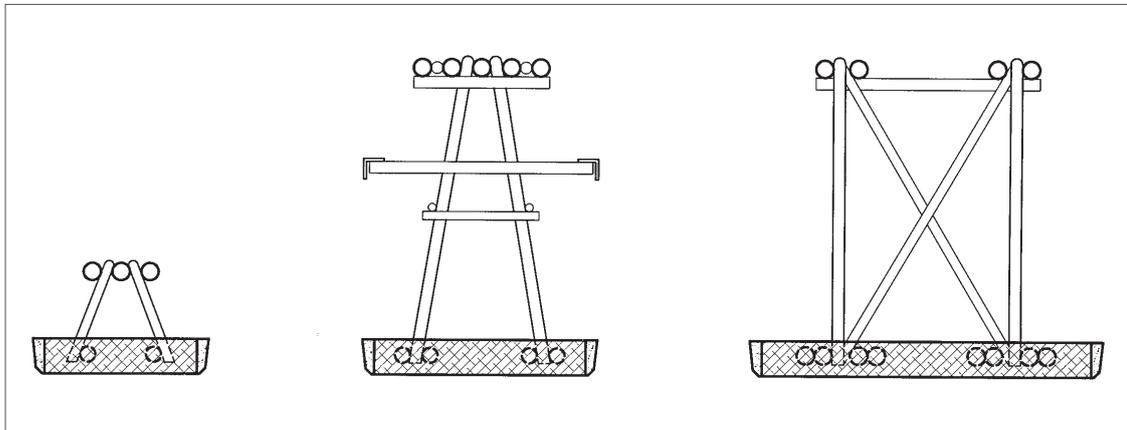


Figura 14.2 – Travi con fondello in calcestruzzo.

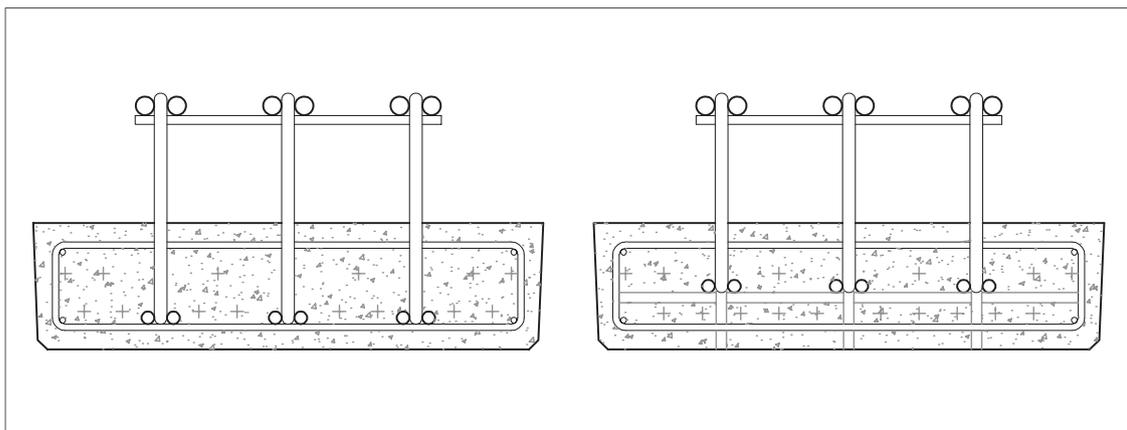


Figura 14.3 – Travi con fondello in calcestruzzo precompresso a cavi aderenti.

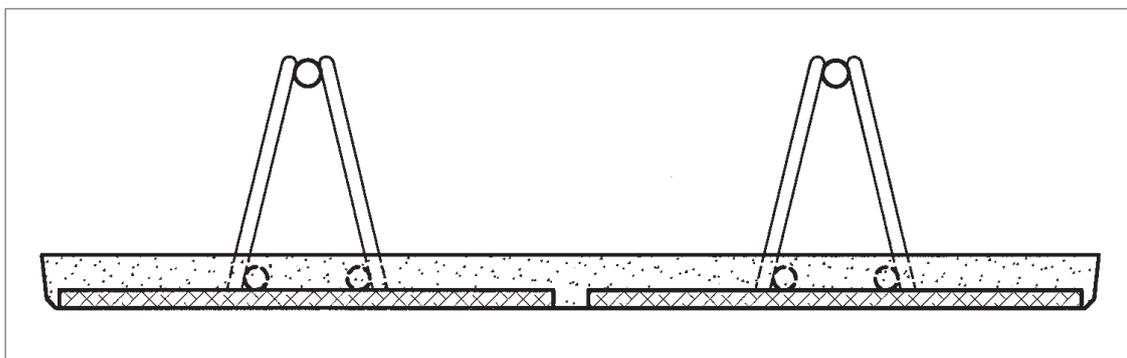


Figura 14.4 – Solai PREM.

14.3.1.3 Fondello misto in lamiera e cotto

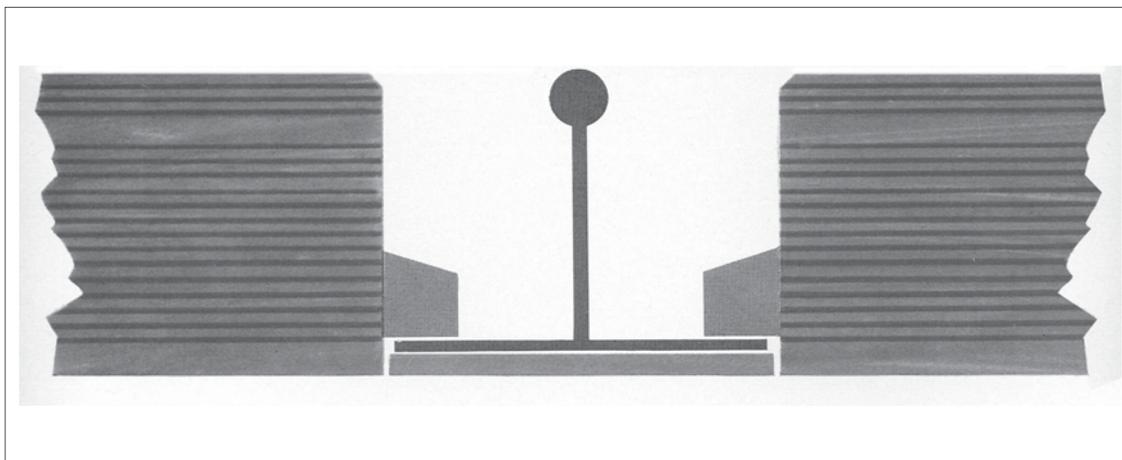


Figura 14.5 – Travi con fondello misto.

14.3.1.4 Travi senza fondello

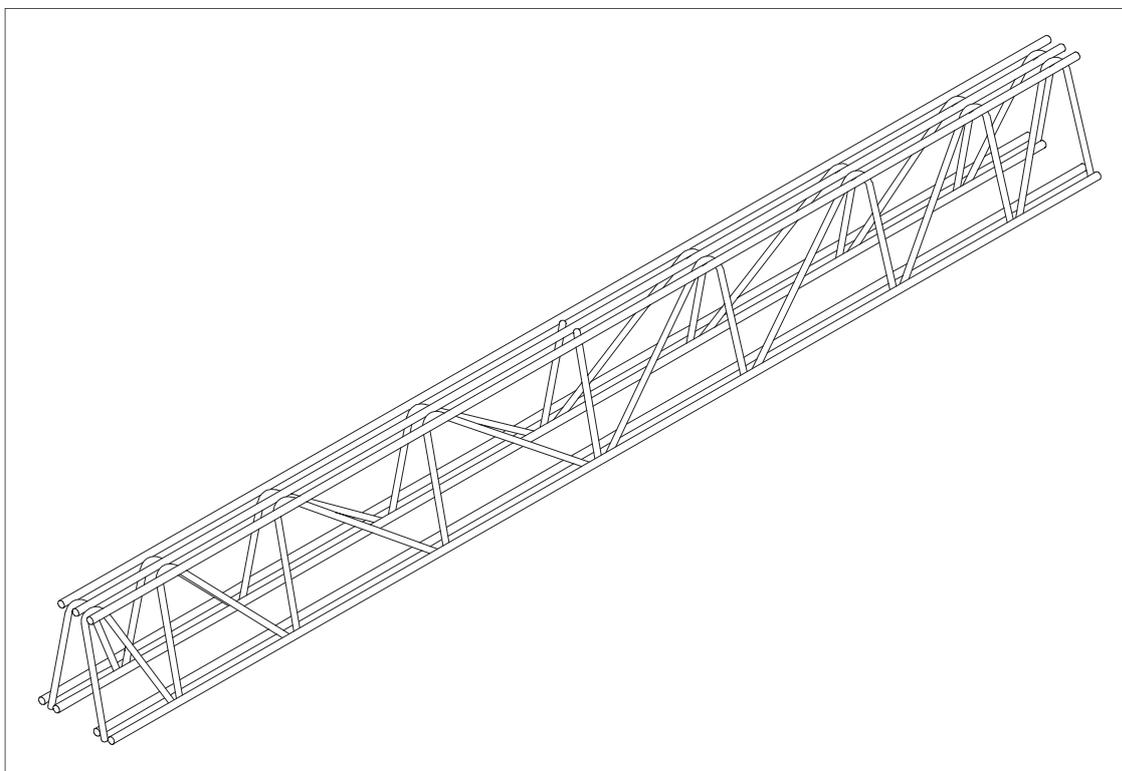


Figura 14.6 – Travi senza fondello.

14.3.2 In base alla sezione

14.3.2.1 Trave con traliccio spaziale

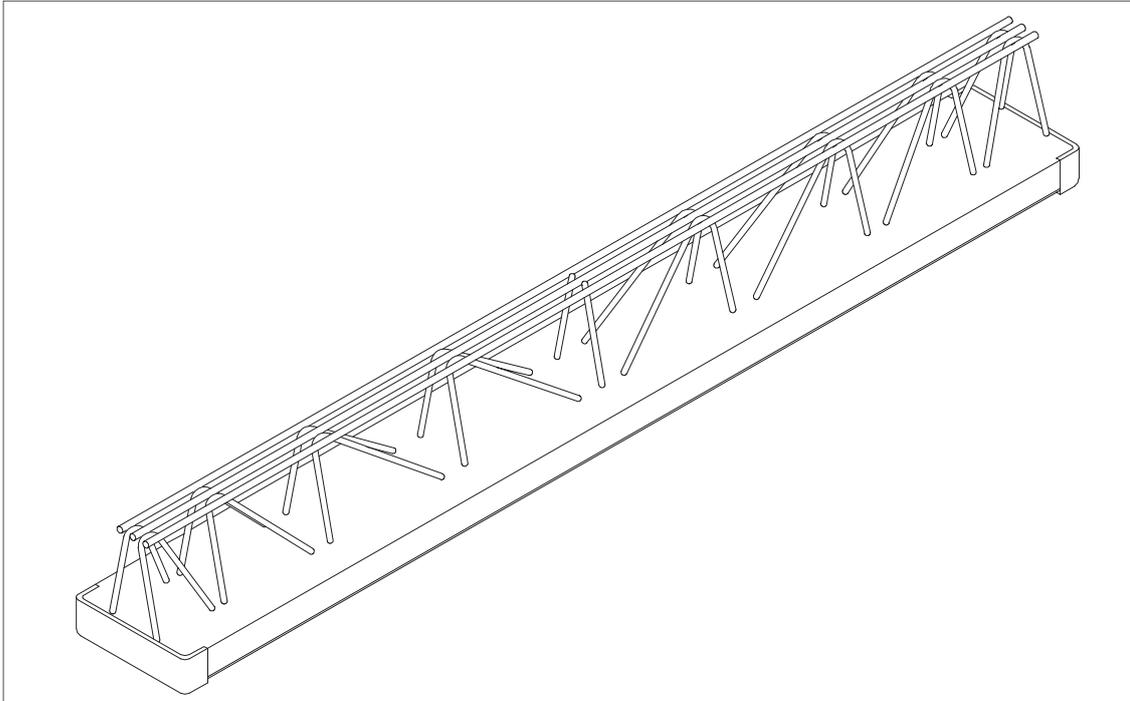


Figura 14.7 – Trave con traliccio spaziale.

14.3.2.2 Trave con traliccio piano singolo o multiplo

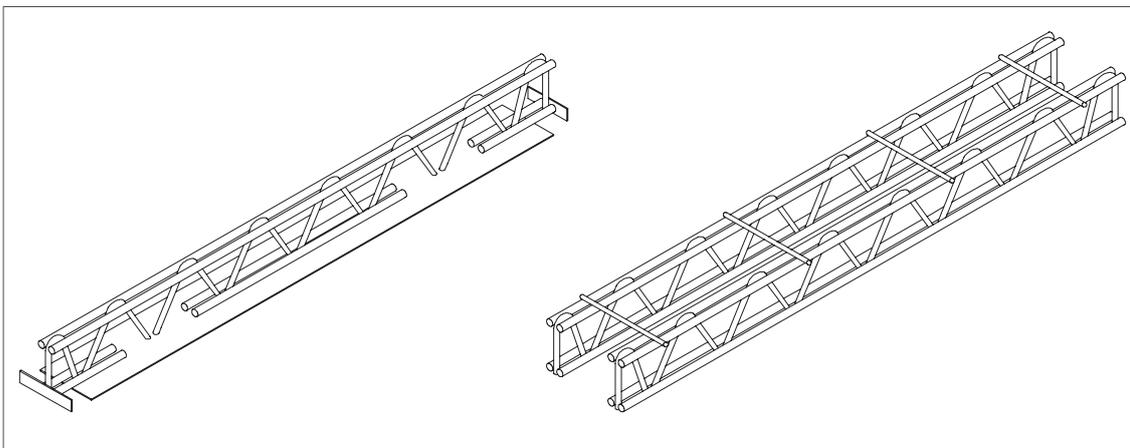


Figura 14.8 – Travi a sezione piana e pluripiana.

14.3.2.3 Anima o traliccio piano preformato saldati al fondello in acciaio

(1) Le Travi PREM possono presentare un traliccio disposto in modo simmetrico rispetto all'asse della trave, oppure disassato, che prosegue oltre la sezione terminale della trave prolungandosi nelle campate adiacenti.

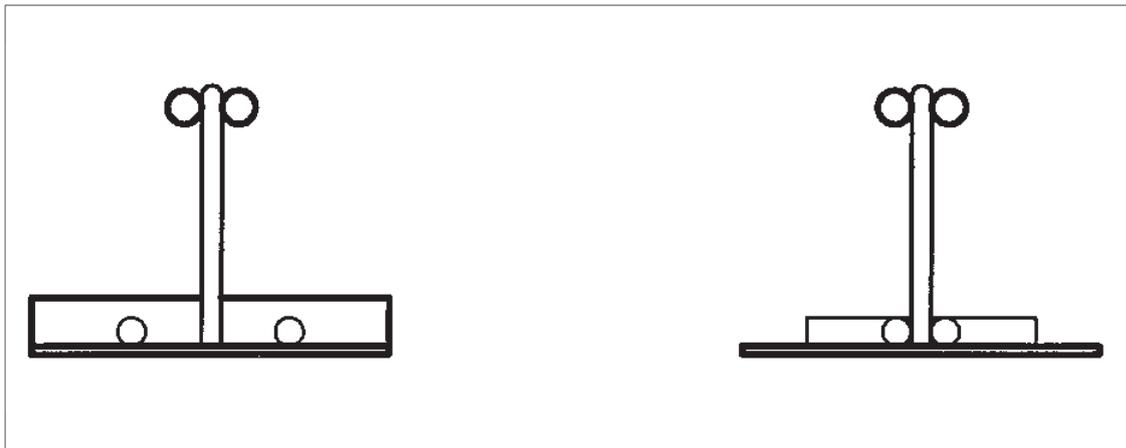


Figura 14.9 – Travi con anima o traliccio preformato saldati in asse al fondello in acciaio.

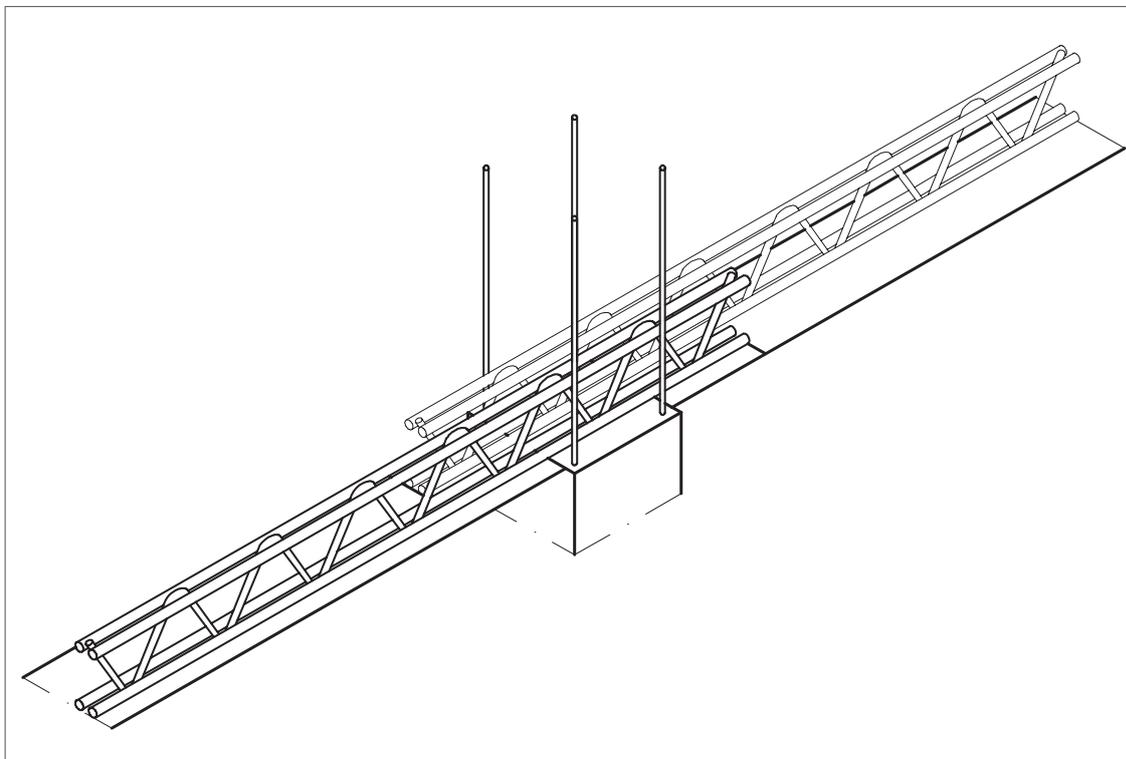


Figura 14.10 – Travi piane con traliccio preformato disassato saldato al fondello in acciaio.

14.3.2.4 Correnti composti da angolari

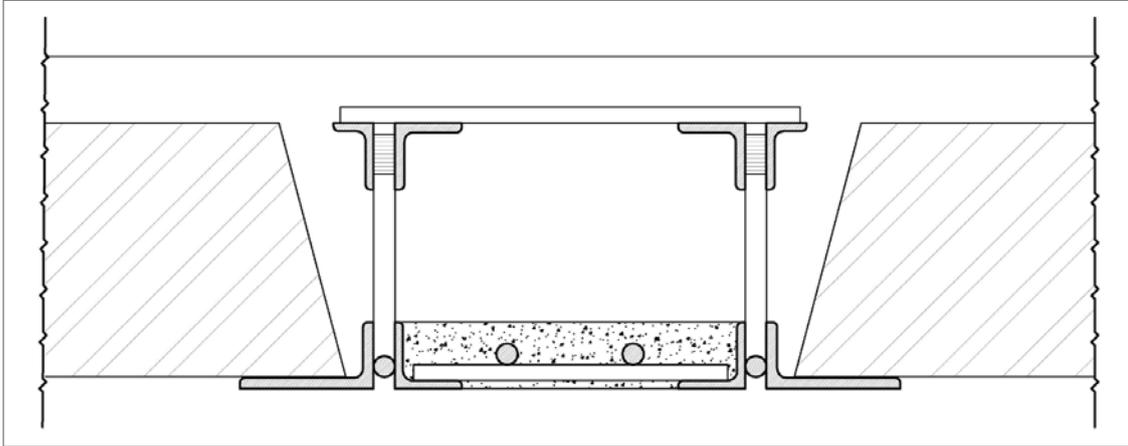


Figura 14.11 - Correnti realizzati con angolari.

14.3.3 In base alla vista laterale

14.3.3.1 Anima di passo concorde o sfalsato

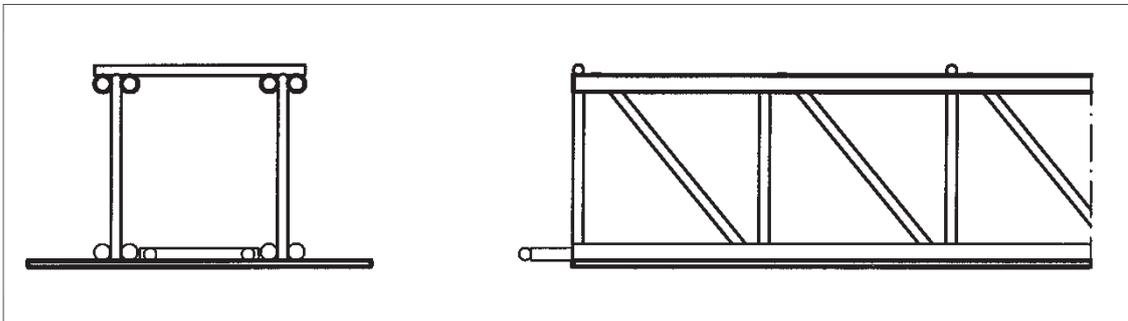


Figura 14.12 - Travi con anime di passo concorde.

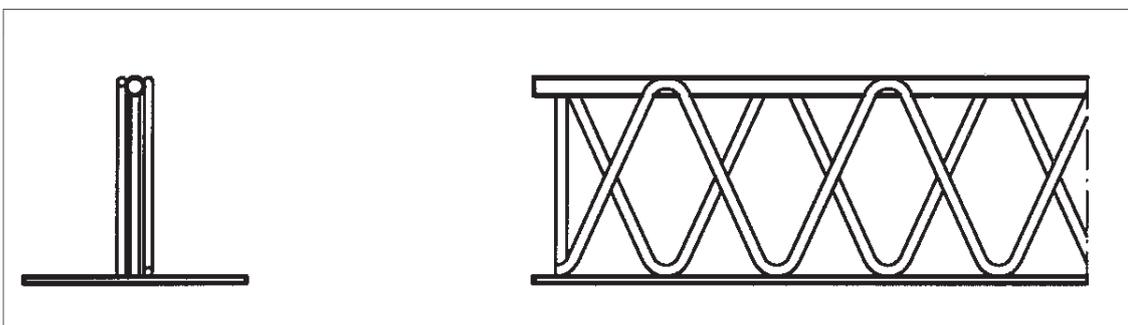


Figura 14.13 - Travi con anime di passo sfalsato.

14.3.3.2 Travi con corrente superiore normale o arretrato rispetto all'appoggio

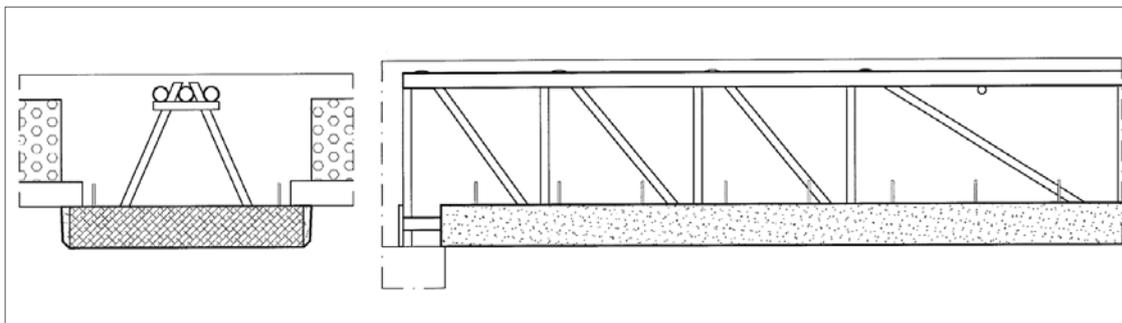


Figura 14.14 – Travi con corrente superiore normale.

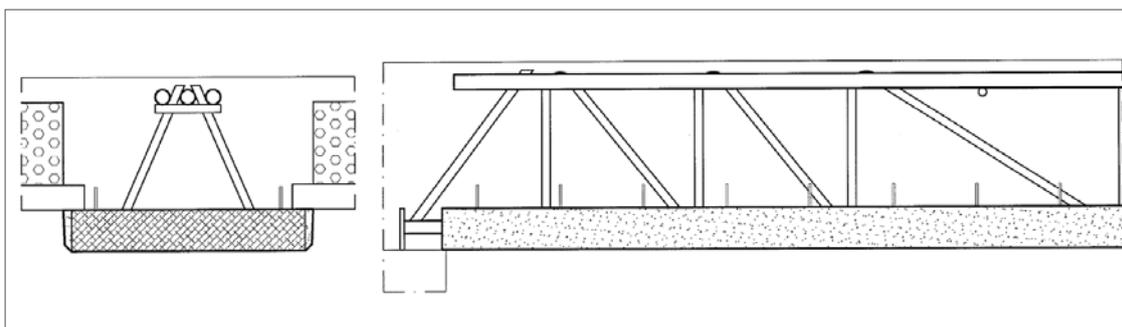


Figura 14.15 – Travi con corrente superiore arretrato.

14.3.3.3 Travi con asse curvilineo

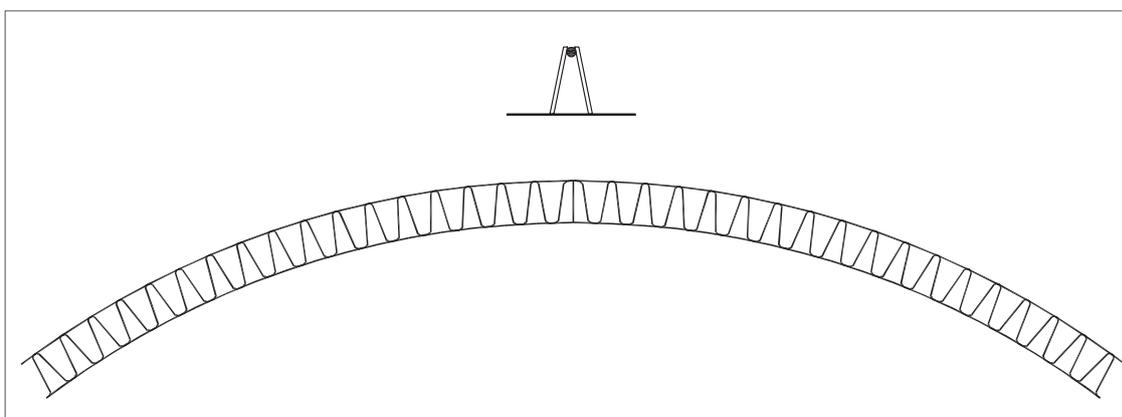


Figura 14.16 – Travi ad arco.

14.3.3.4 Travi con asse spezzato

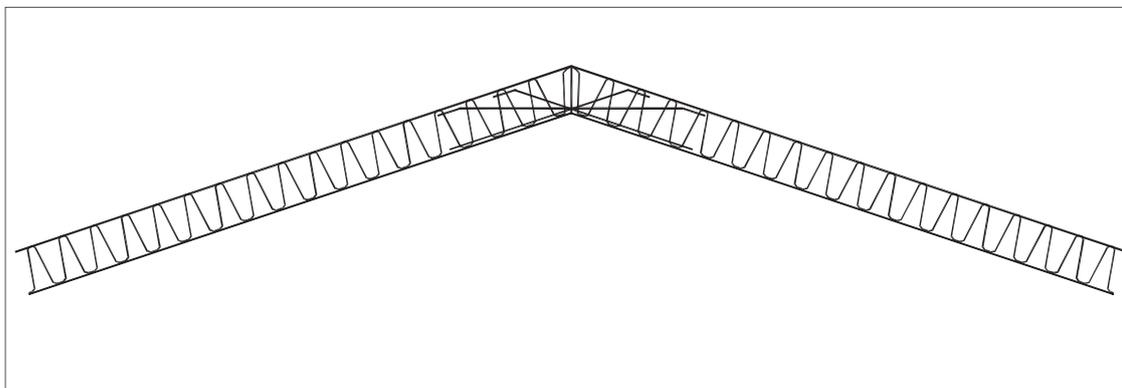


Figura 14.17 – Travi a doppia pendenza.

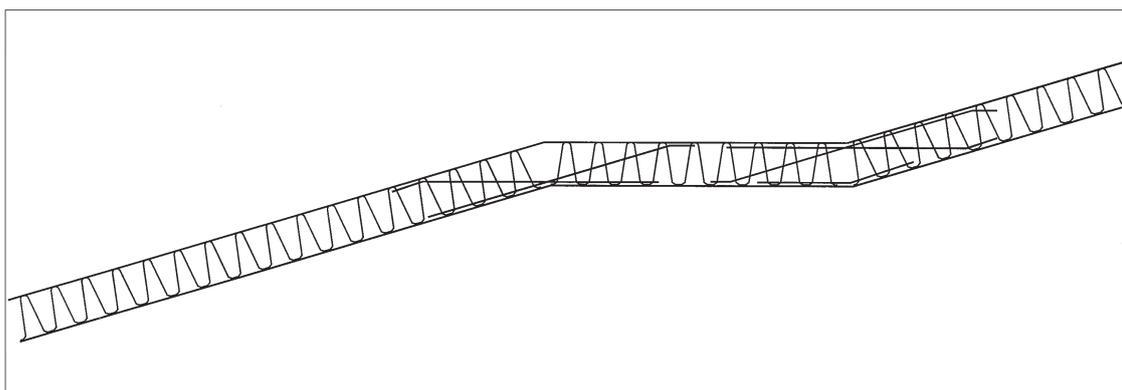


Figura 14.18 – Travi a ginocchio.

14.3.3.5 Travi ad altezza variabile

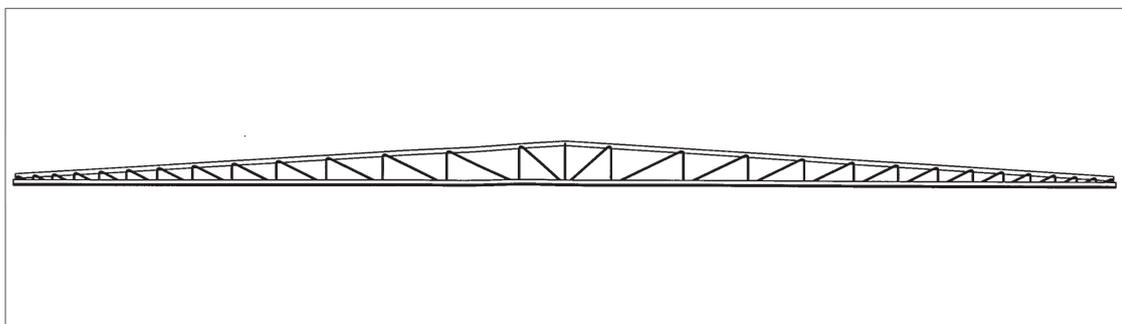


Figura 14.19 – Travi a doppia pendenza.

14.3.4 In base ai due appoggi

14.3.4.1 Traliccio da pilastro a pilastro

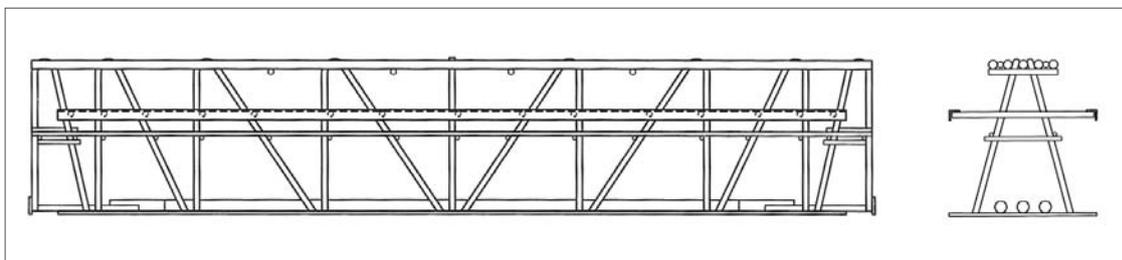


Figura 14.20 – Vista laterale e sezione trasversale trave con fondello in acciaio.

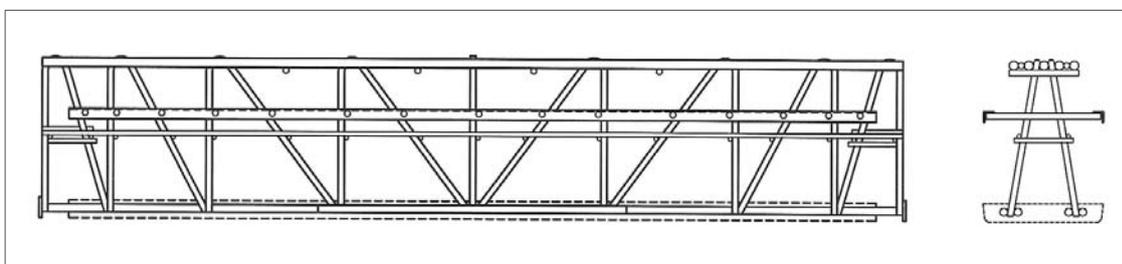


Figura 14.21 – Vista laterale e sezione trasversale trave con fondello in cls.

14.3.4.2 Traliccio passante sul pilastro con uno sbalzo

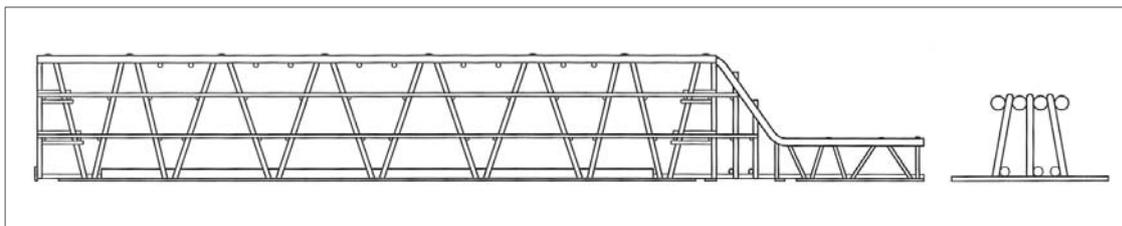


Figura 14.22 – Vista laterale trave+sbalzo e sezione trasversale sbalzo con fondello in acciaio.

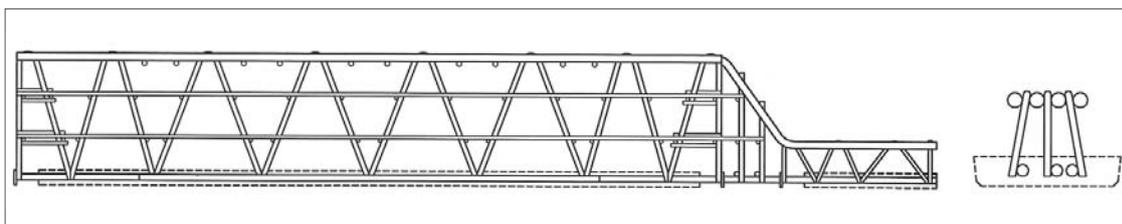


Figura 14.23 – Vista laterale trave+sbalzo e sezione trasversale sbalzo con fondello in cls.

14.3.4.3 Traliccio passante sul pilastro senza sbalzo

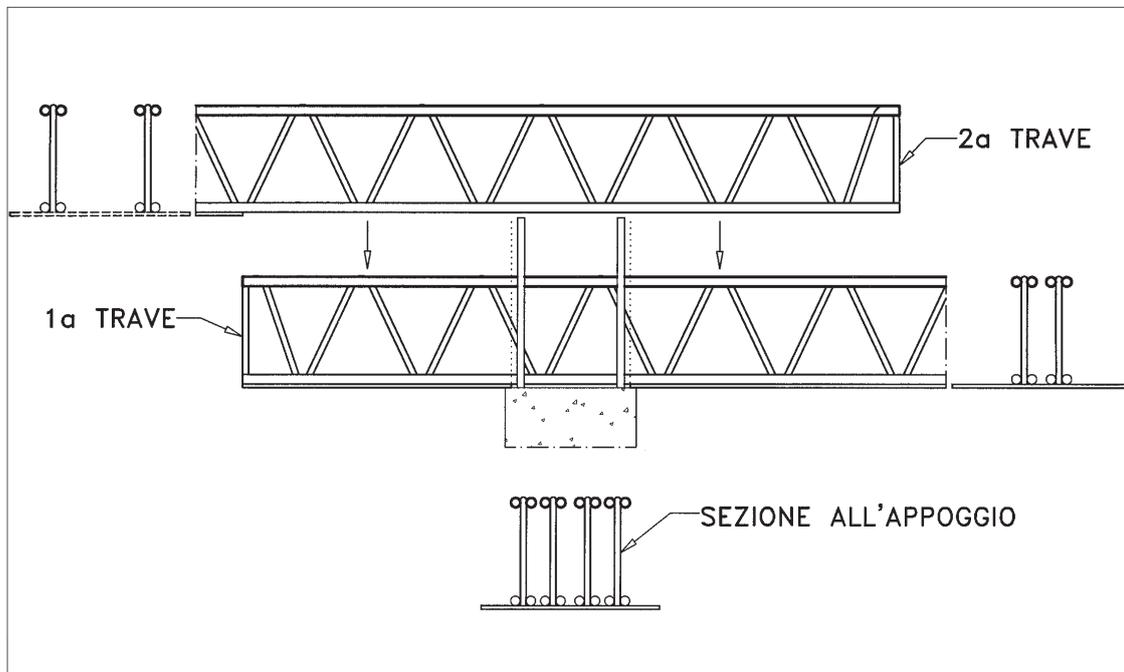


Figura 14.24 – Trave pluripiana in asse.

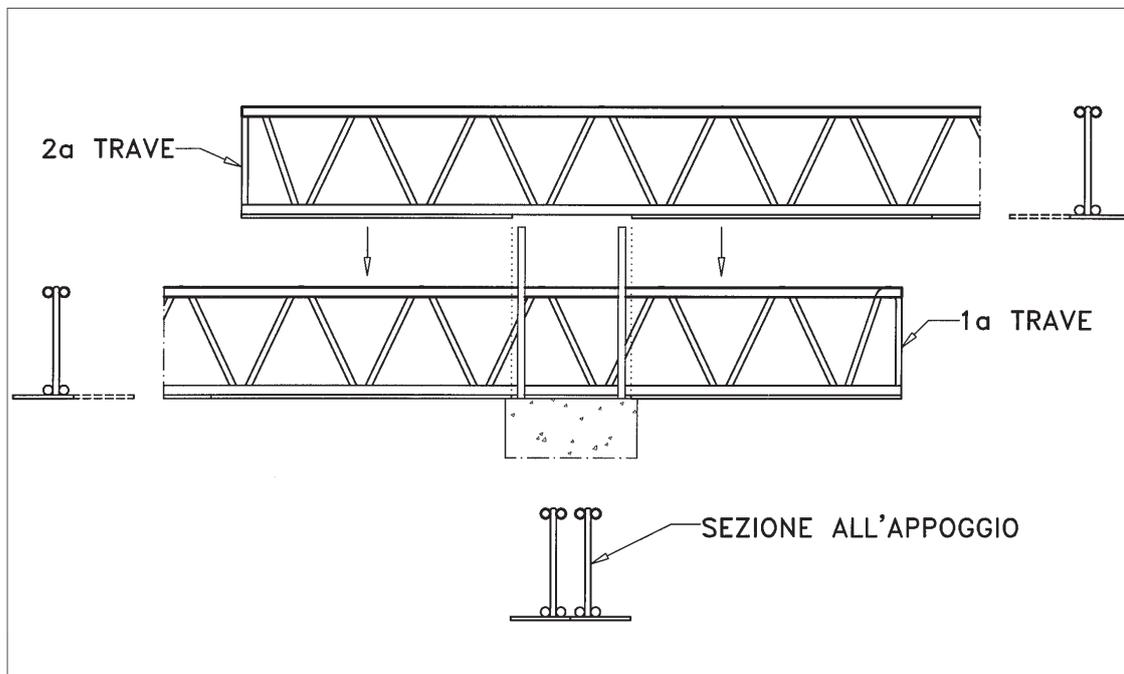


Figura 14.25 – Trave piana disassata.

14.4 Classificazione della trave in base alla posizione del solaio

14.4.1 Rispetto alla quota del solaio

14.4.1.1 Trave in spessore

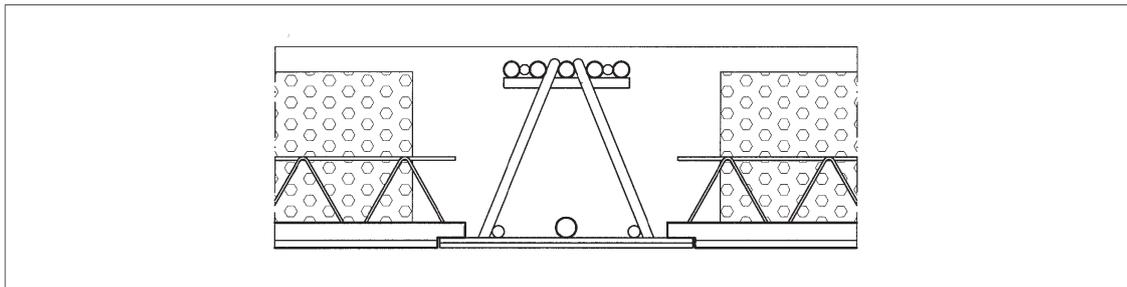


Figura 14.26 – Trave in spessore con fondello in acciaio a spessore.

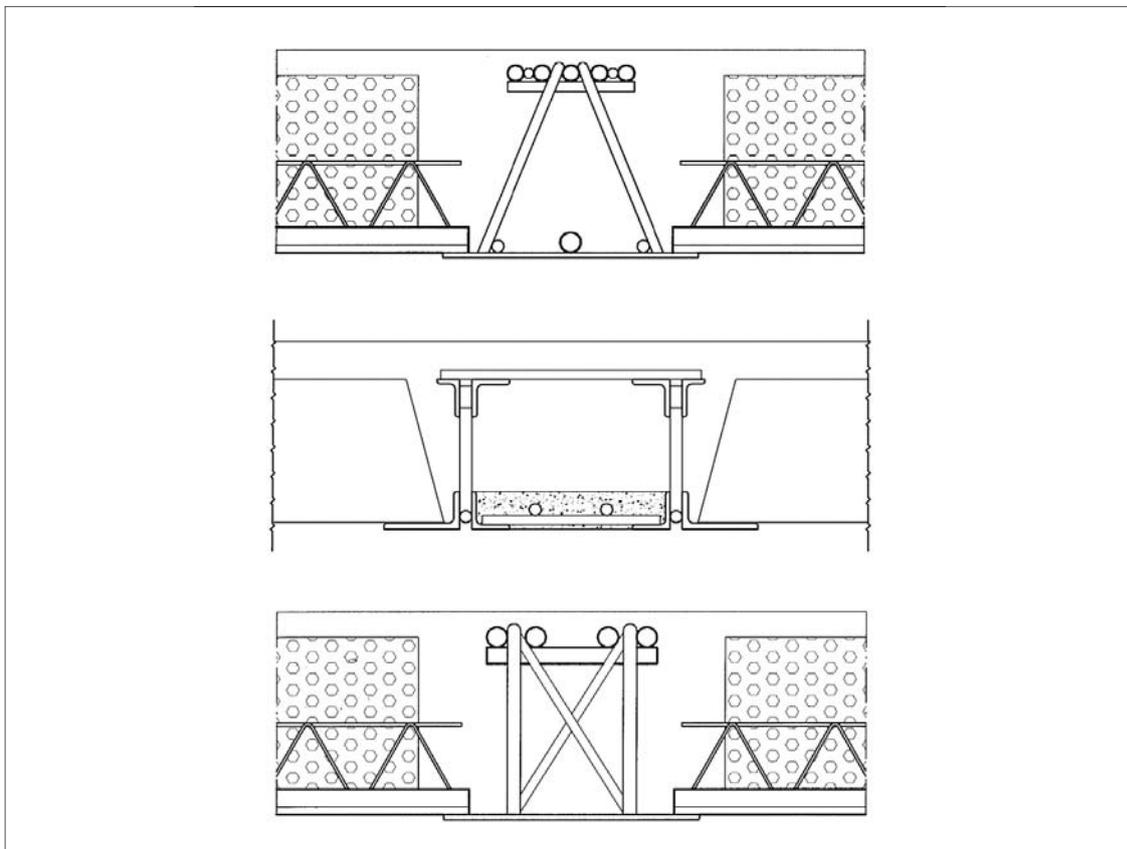


Figura 14.27 – Travi in spessore con fondello in acciaio a ribasso.

14.4.1.2 Trave fuori spessore (ribassata)

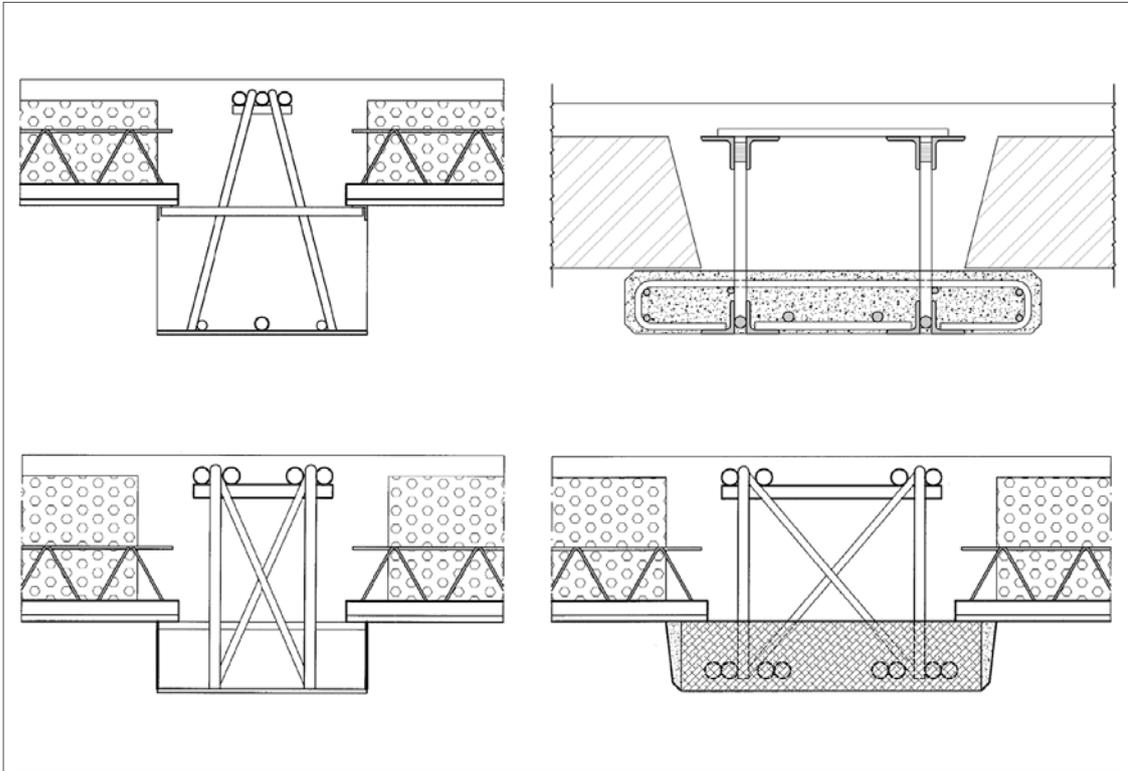


Figura 14.28 – Travi fuori spessore a ribasso.

14.4.1.3 Trave fuori spessore rialzata

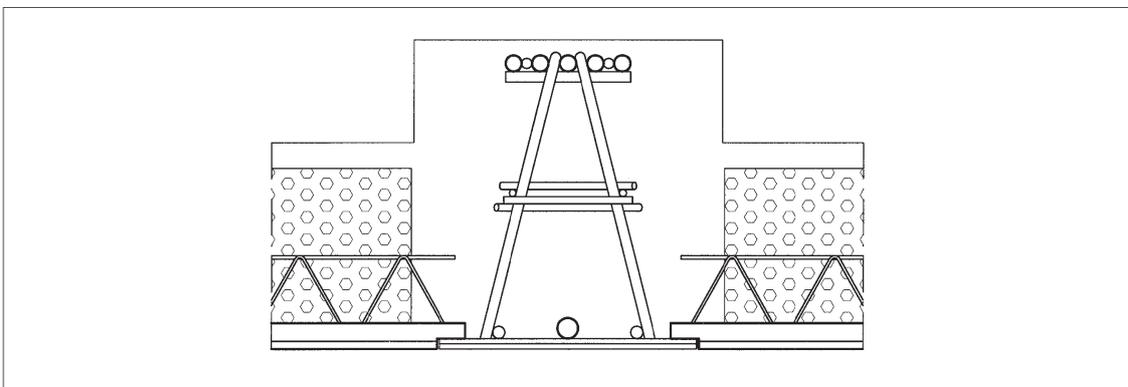


Figura 14.29 – Trave fuori spessore a rialzo con fondello in acciaio in spessore.

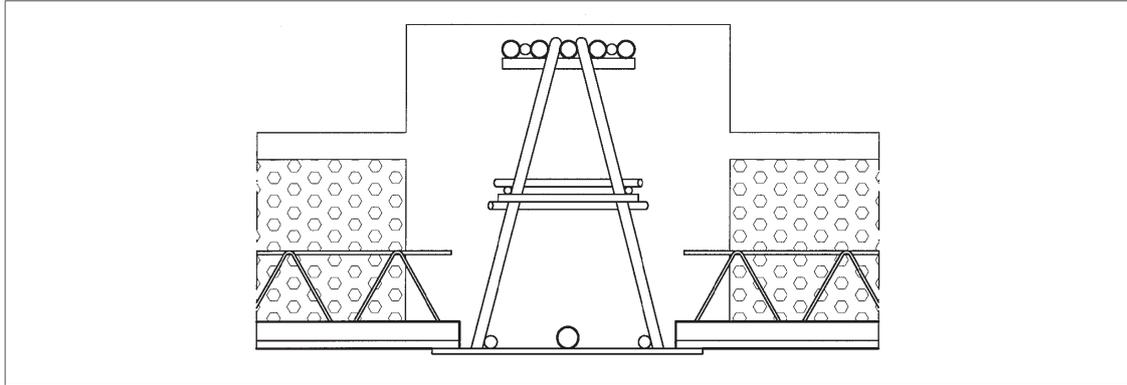


Figura 14.30 – Trave fuori spessore a rialzo con fondello in acciaio a ribasso.

14.4.1.4 Trave fuori spessore ribassata e rialzata

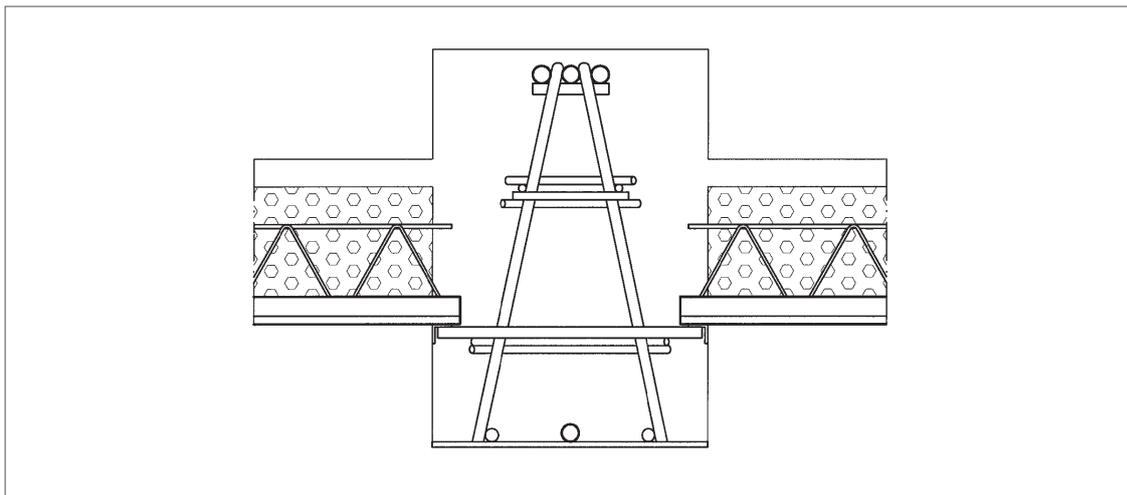


Figura 14.31 – Trave fuori spessore a ribasso e a rialzo.

14.4.1.5 Trave senza solaio portato

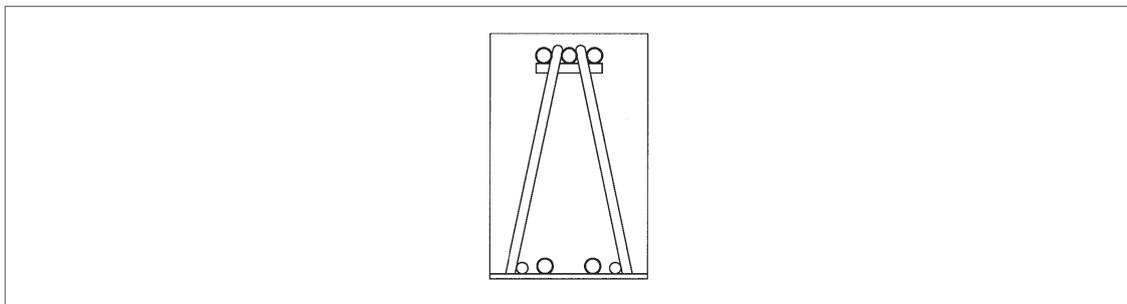


Figura 14.32 – Trave senza solaio.

14.4.2 Rispetto alla pianta

14.4.2.1 Trave centrale (o di spina)

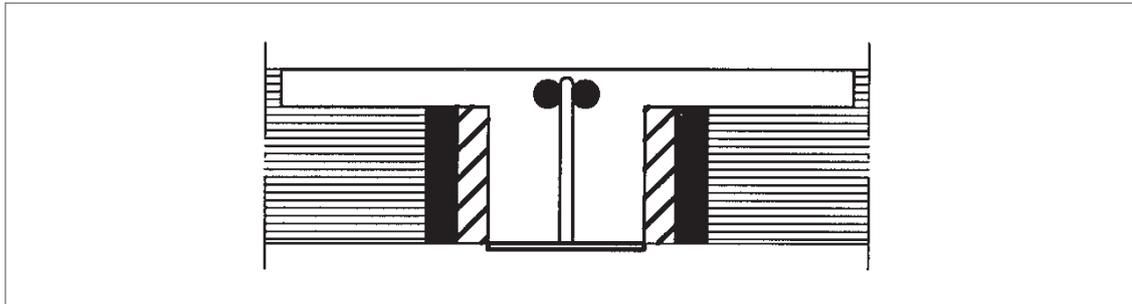


Figura 14.33 – Trave centrale in spessore.

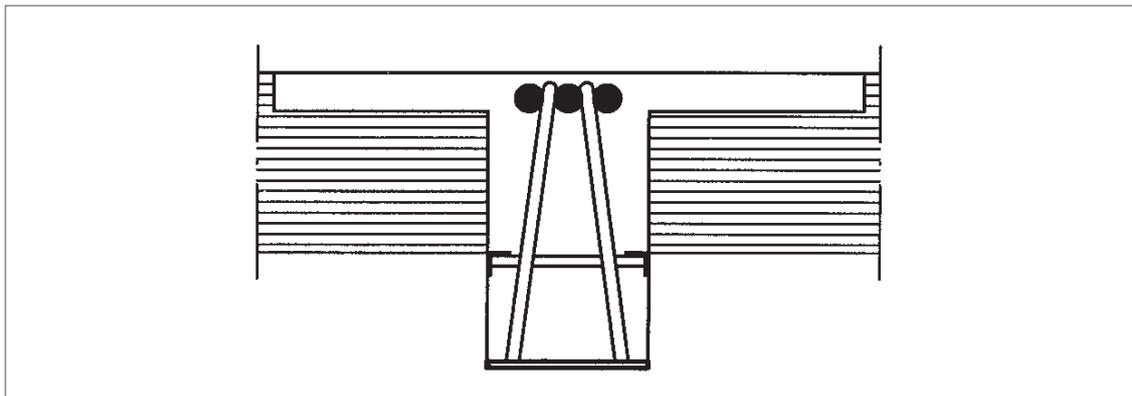


Figura 14.34 – Trave centrale fuori spessore a ribasso.

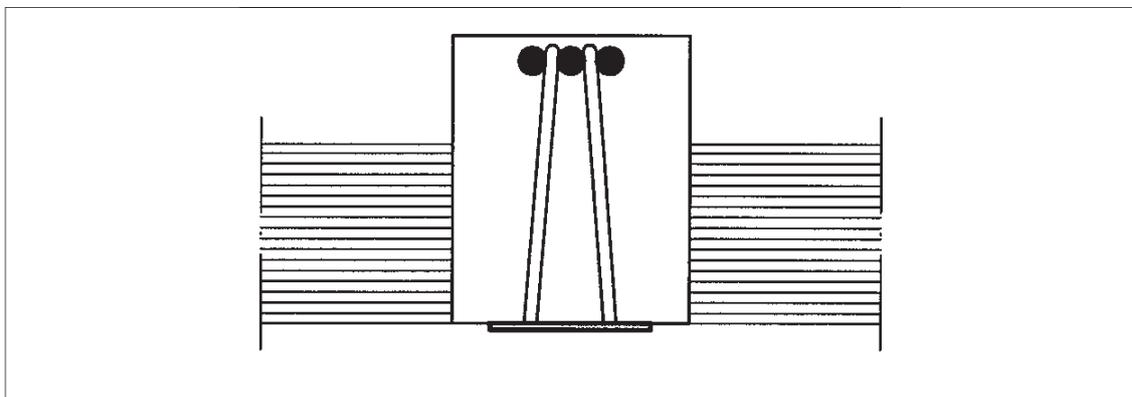


Figura 14.35 – Trave centrale fuori spessore a rialzo.

14.4.2.2 Trave laterale (o di bordo)

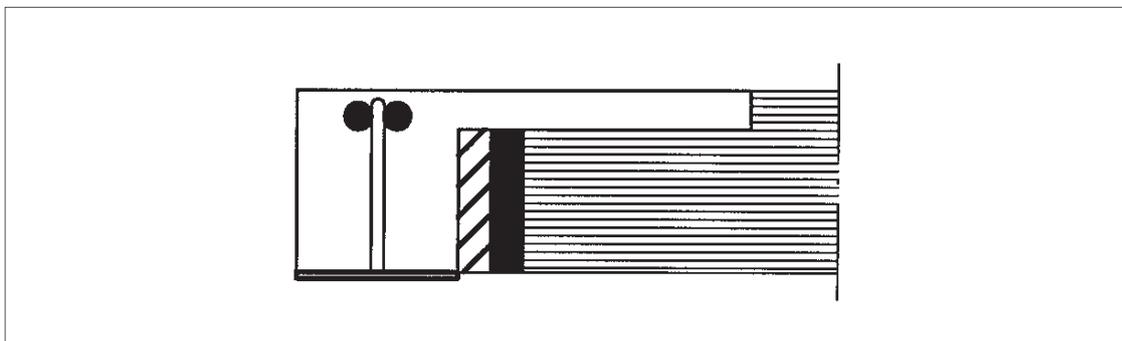


Figura 14.36 – Trave laterale in spessore.

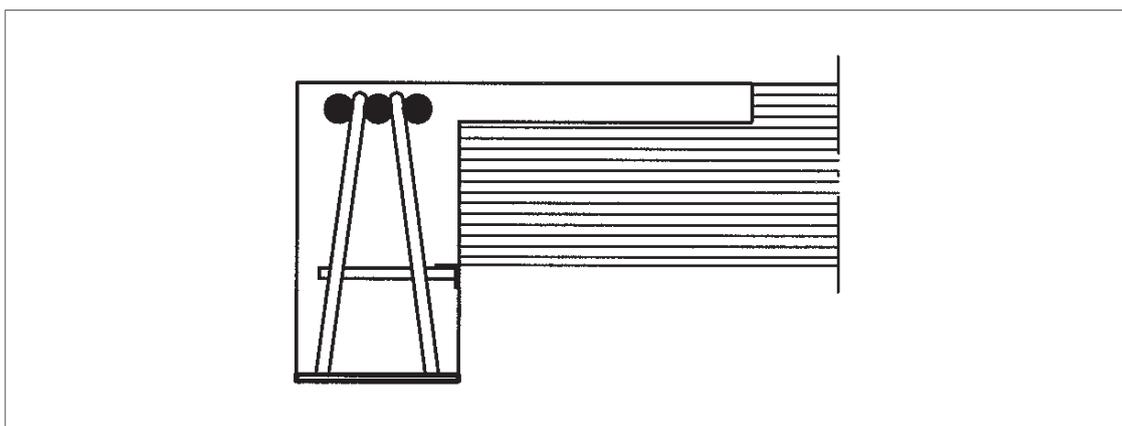


Figura 14.37 – Trave laterale fuori spessore a ribasso.

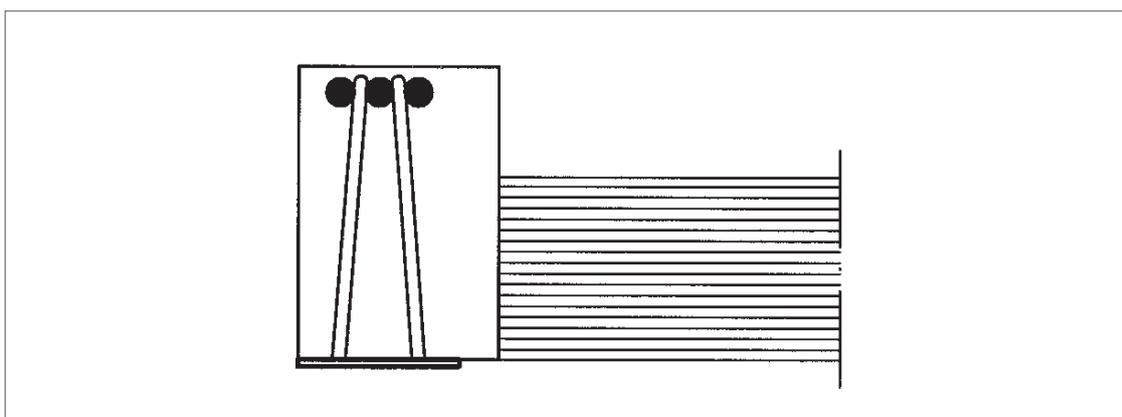


Figura 14.38 – Trave laterale fuori spessore a rialzo.

14.4.2.3 Trave di compluvio

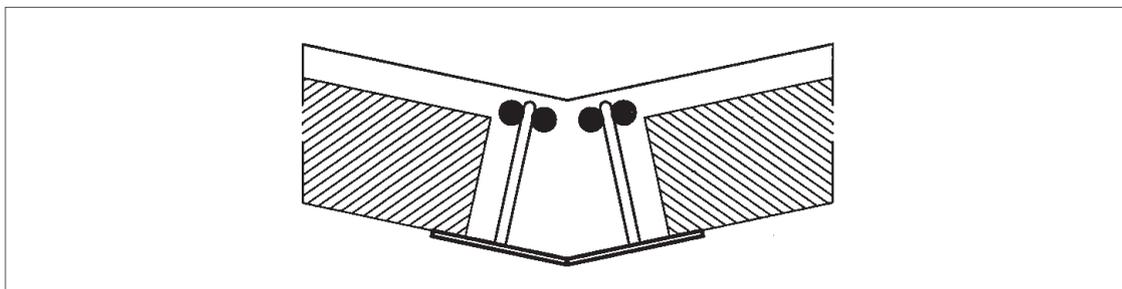


Figura 14.39 – Trave di compluvio.

14.4.2.4 Trave di displuvio (o cantonale)

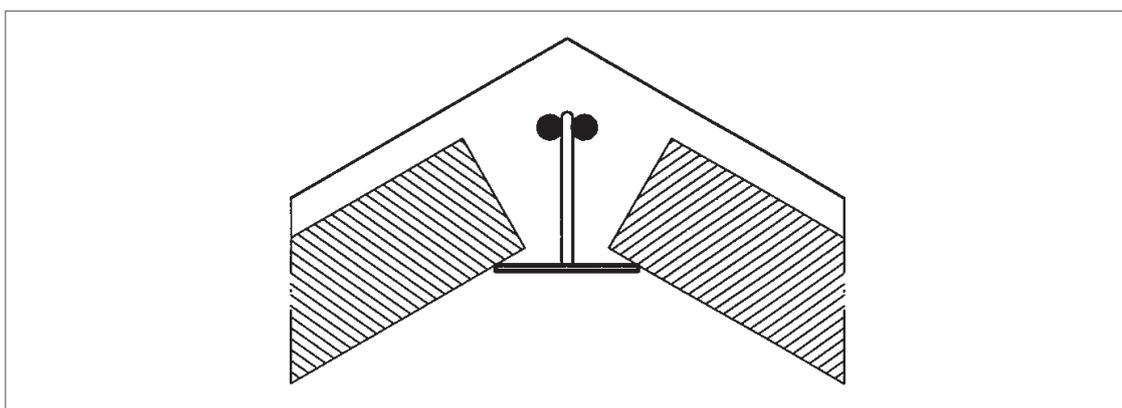


Figura 14.40 – Trave di colmo.

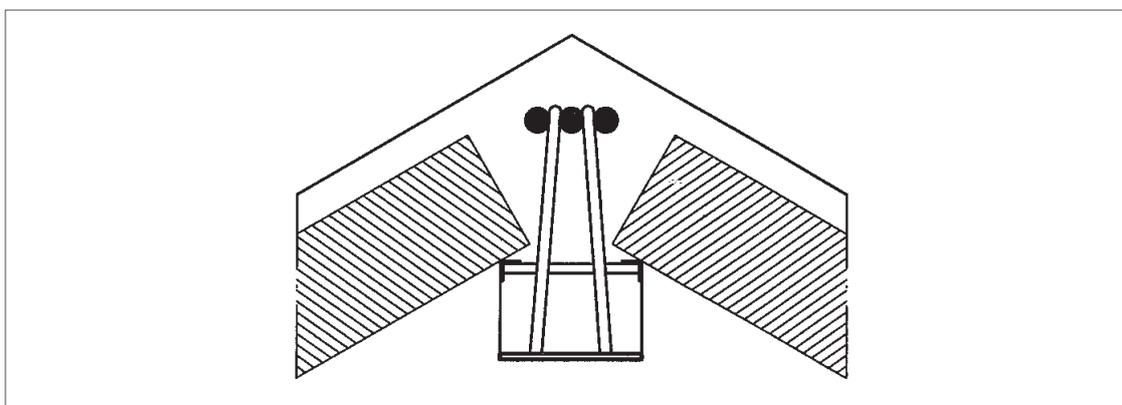


Figura 14.41 – Trave di colmo sottosporgente.

14.5 Classificazione dei componenti del traliccio

14.5.1 Corrente inferiore

14.5.1.1 Armatura longitudinale

Fondello in acciaio e ferri aggiunti

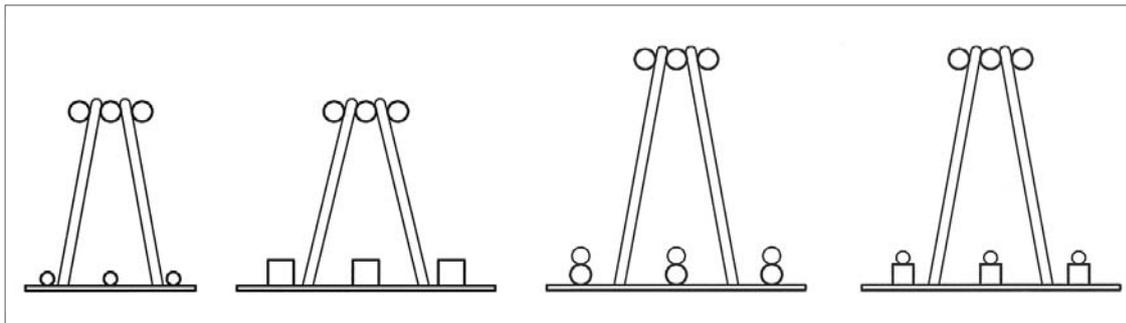


Figura 14.42 – Disposizione correnti inferiori (tondi, quadri, in doppio strato).

Fondello in acciaio e traliccio preformato

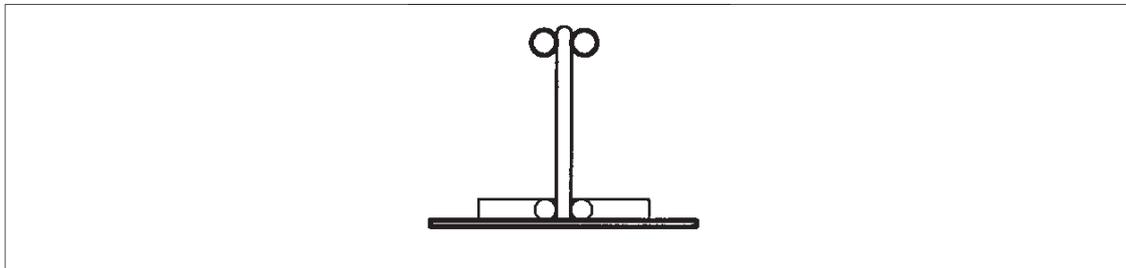


Figura 14.43 – Trave con fondello in acciaio e traliccio piano preformato.

Ferri longitudinali con fondello in calcestruzzo

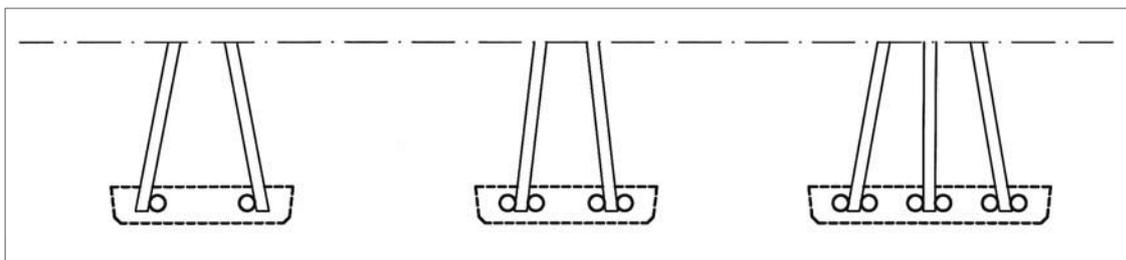


Figura 14.44 – Correnti inferiori tondi.

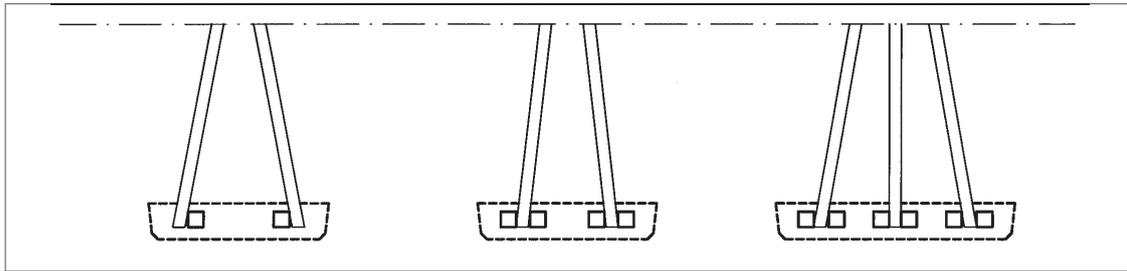


Figura 14.45 – Correnti inferiori quadri.

Traliccio preformato senza fondello

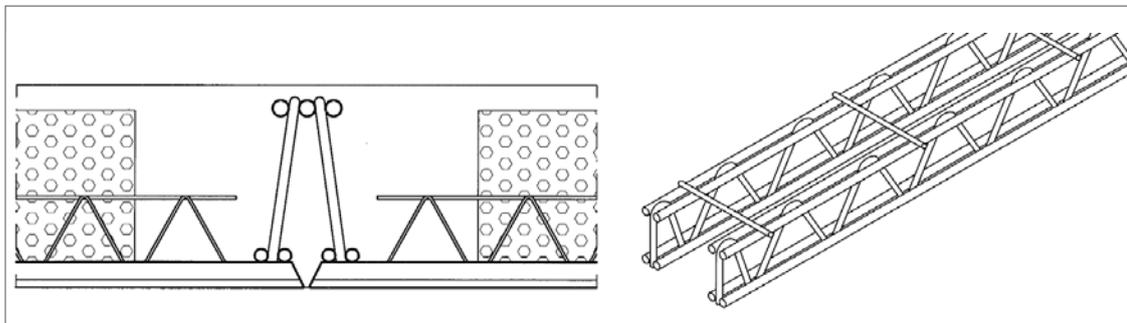


Figura 14.46 – Varie tipologie.

14.5.1.2 Calastrelli longitudinali

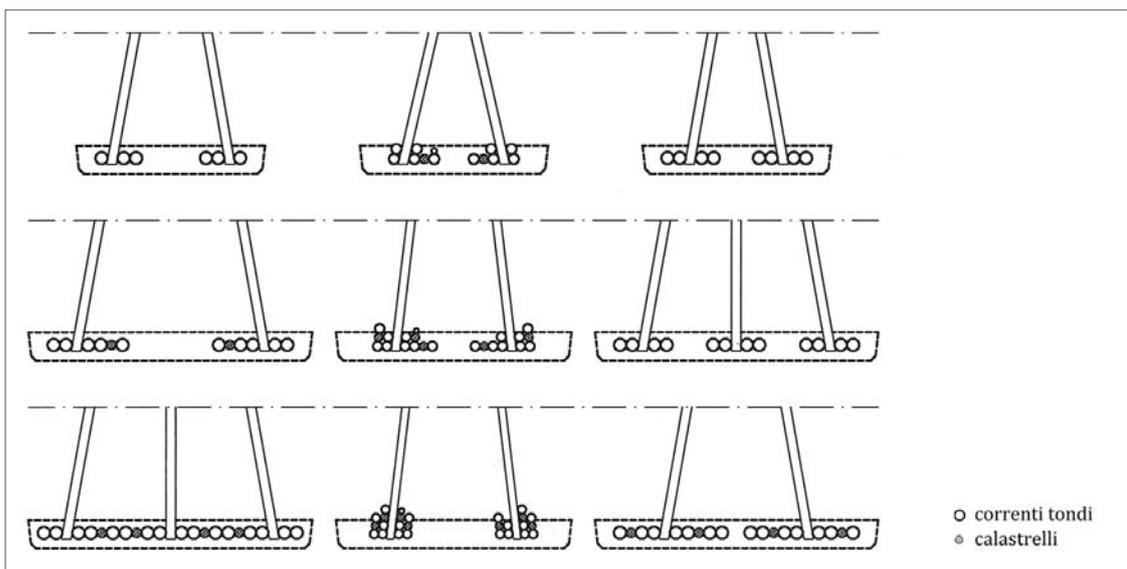


Figura 14.47 – Correnti inferiori tondi e calastrelli longitudinali.

14.5.1.3 Armatura trasversale nel fondello in calcestruzzo

Struttura trasversale in c.a.

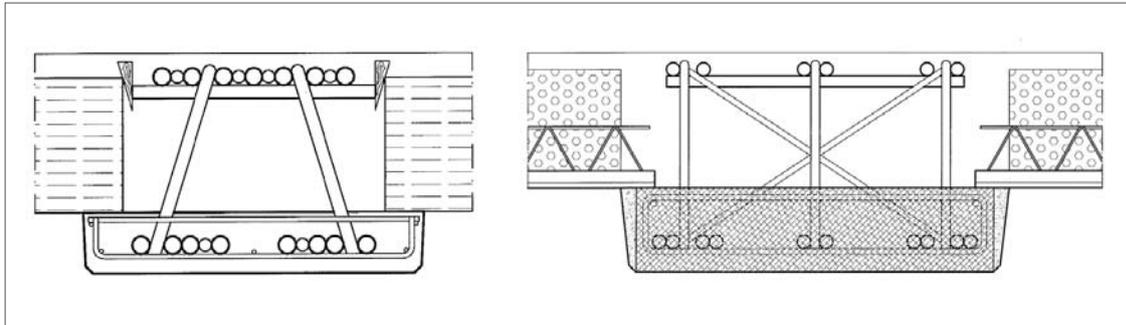


Figura 14.48 – Struttura trasversale in c.a.

Struttura trasversale in acciaio

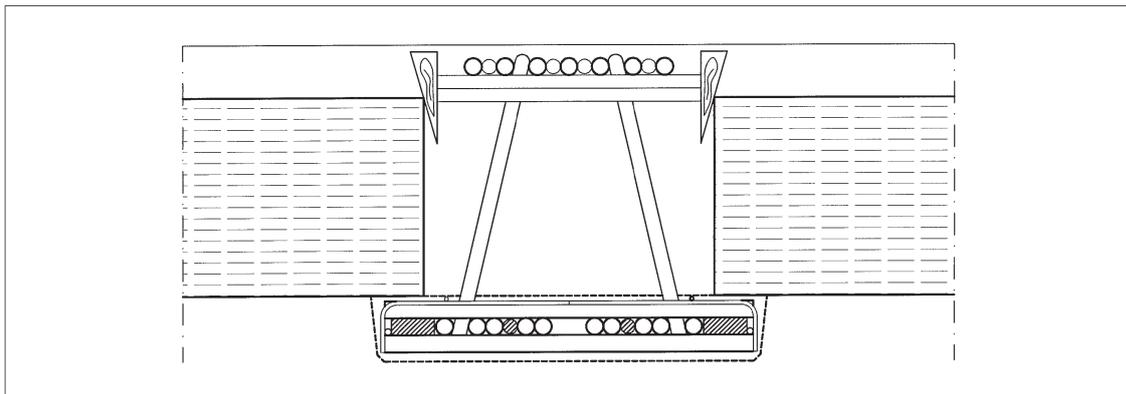


Figura 14.49 – Struttura trasversale in acciaio (sezione).

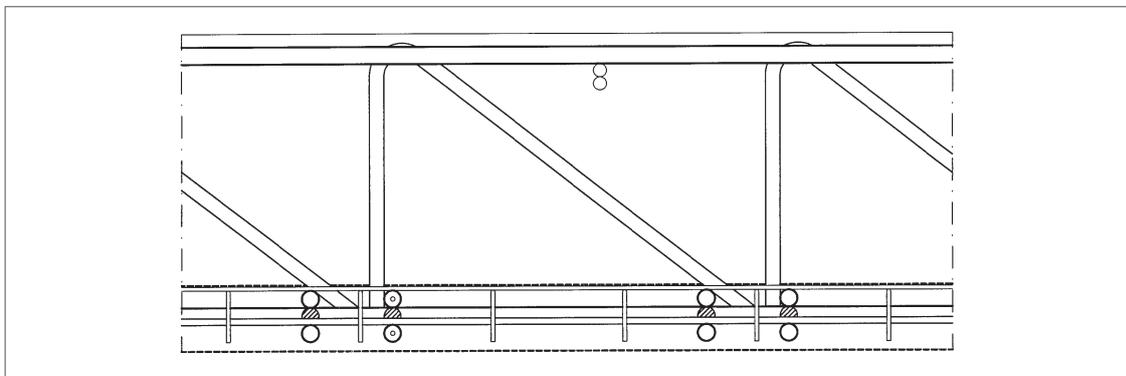


Figura 14.50 – Struttura trasversale in acciaio (vista laterale).

14.5.2 Corrente superiore

(1) Nelle figure seguenti sono rappresentate varie combinazioni possibili tra ferri correnti superiori e anime, che contemplan anche l'utilizzo dei calastrelli longitudinali di cui al successivo § 14.5.2.1.

(2) Il corrente superiore può presentarsi anche arretrato rispetto all'apparecchio di appoggio (si veda il § 14.3.3.2 precedente).

Correnti composti da ferri tondi variamente abbinati

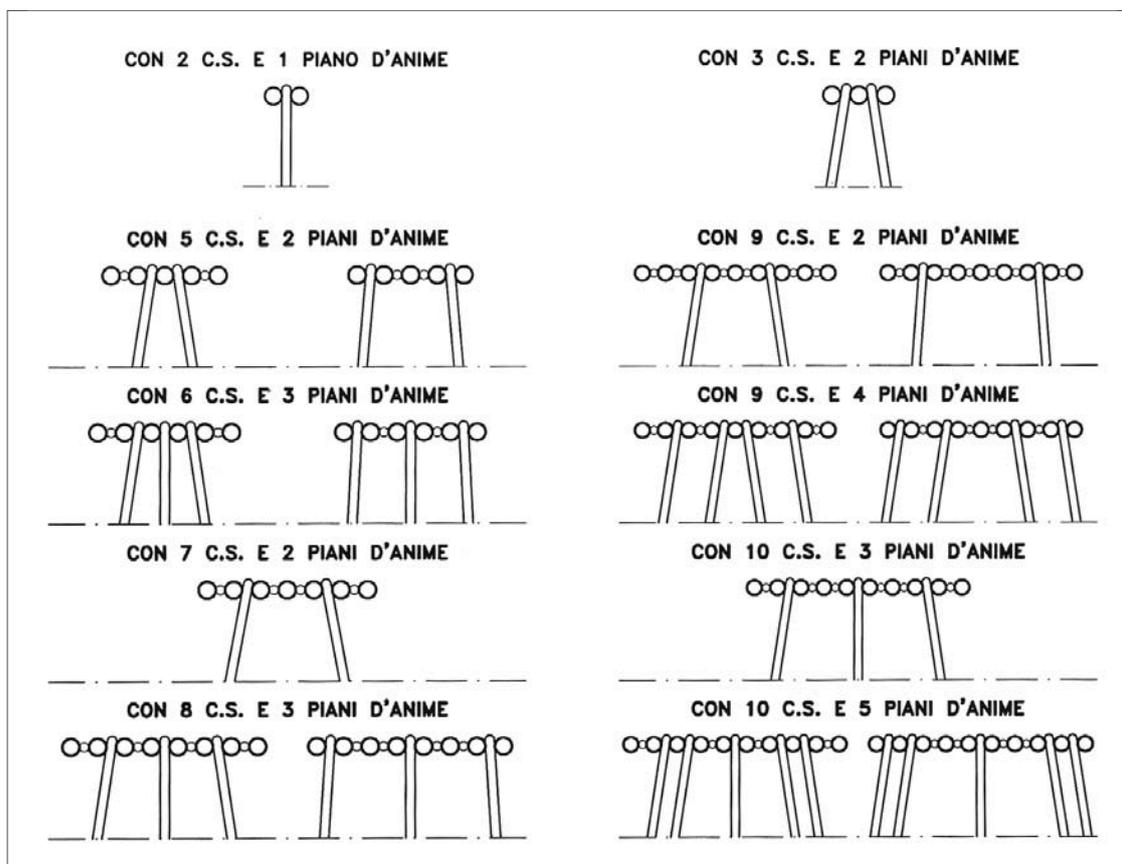


Figura 14.51 – Diversi abbinamenti fra tondi correnti superiori (C.S.) e anime.

Correnti composti da ferri quadri variamente abbinati

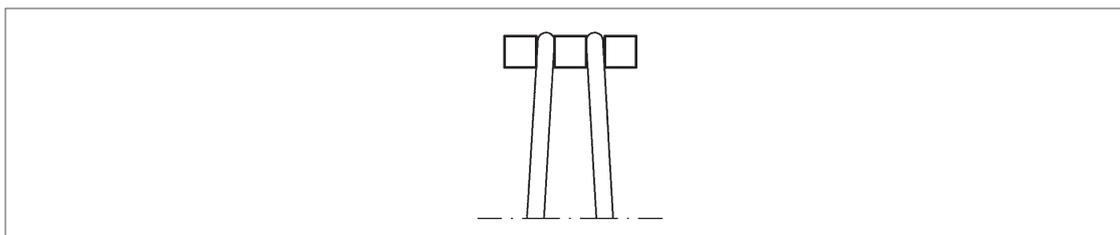


Figura 14.52 – Correnti superiori realizzati con ferri quadri.

14.5.2.1 Calastrelli longitudinali e trasversali

(1) I calastrelli longitudinali sono posti tra i correnti superiori, in corrispondenza delle creste d'anima, qualora queste ultime fossero in numero inferiore agli interferri tra i correnti stessi.

(2) I calastrelli trasversali sono posizionati generalmente a metà o ad un terzo del passo delle anime.

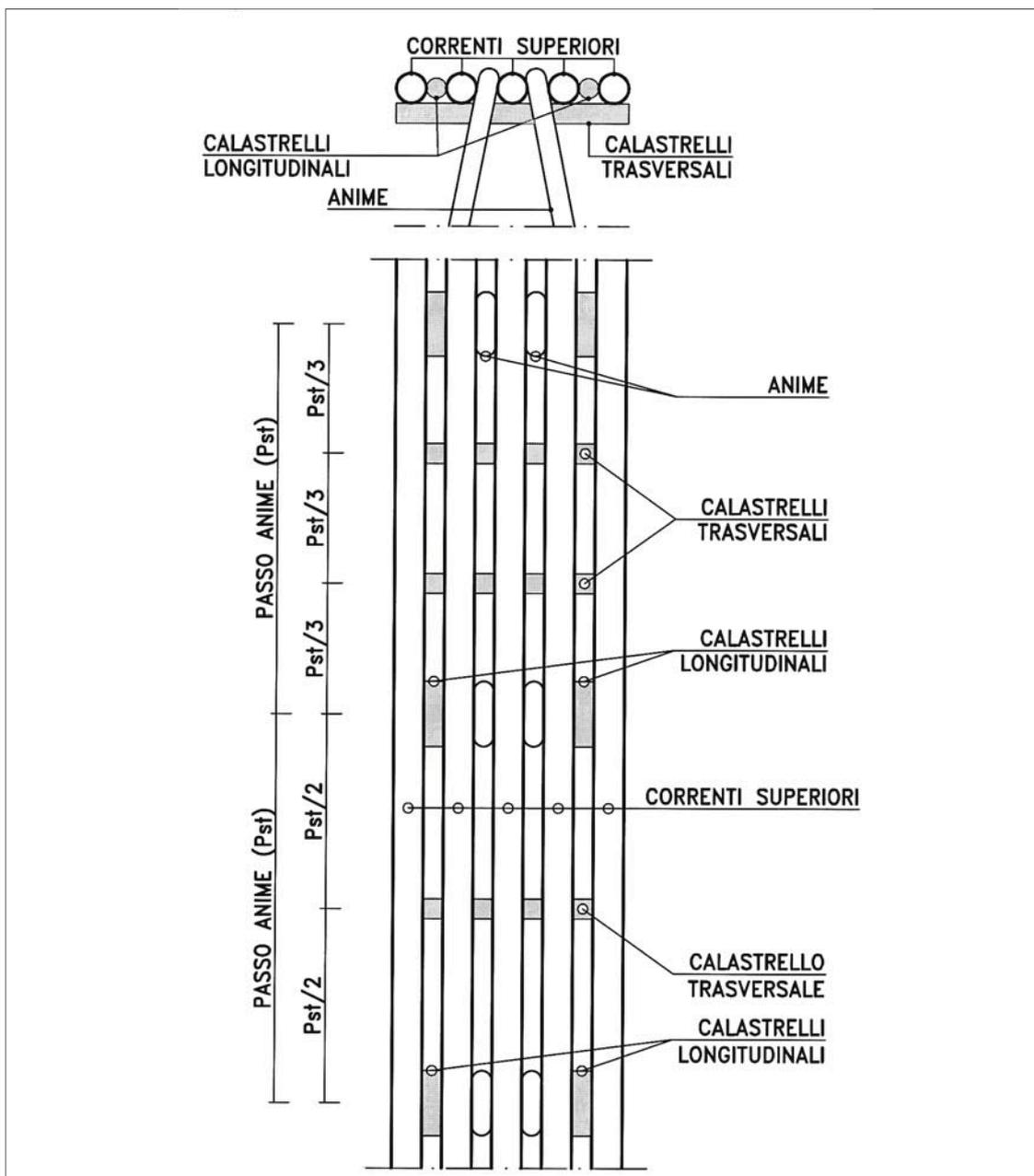


Figura 14.53 – Posizionamento calastrelli.

14.5.3 Anima

(1) Il primo passo degli elementi d'anima (P_p) si assume tipicamente pari alla metà del passo standard (P_{st}); può essere presente un passo, cosiddetto spurio (P_{sp}), che colma il passo residuo dopo il posizionamento del primo passo sulle testate e di quelli standard.

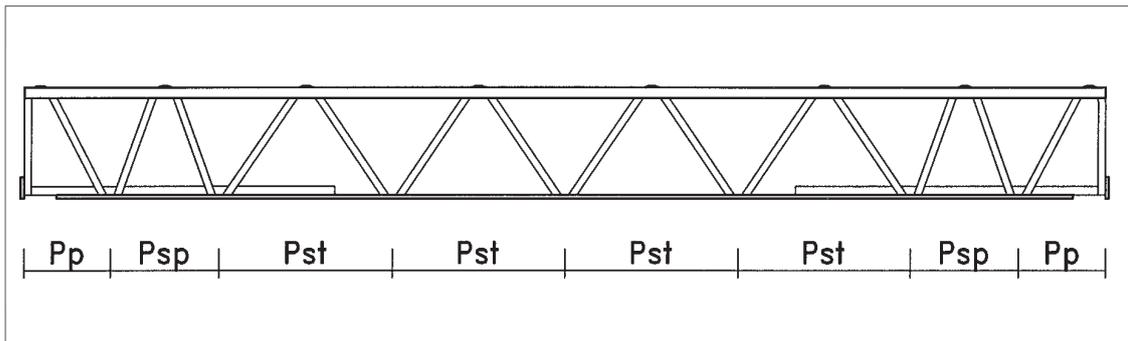


Figura 14.54 - Disposizione passi trave con fondello in acciaio.

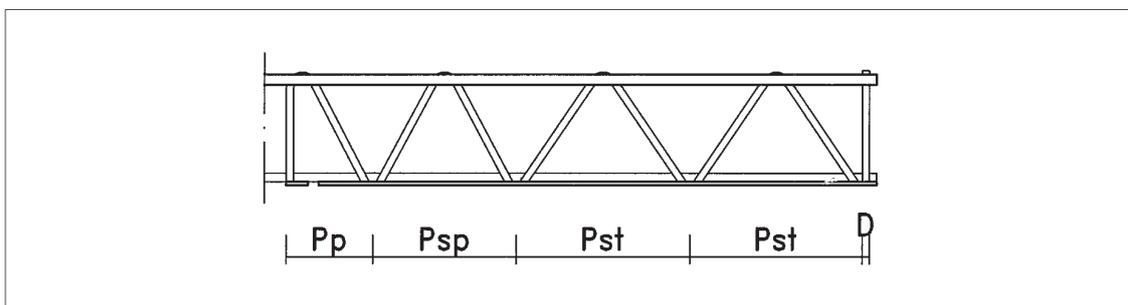


Figura 14.55 - Disposizione passi sbalzo con fondello in acciaio.

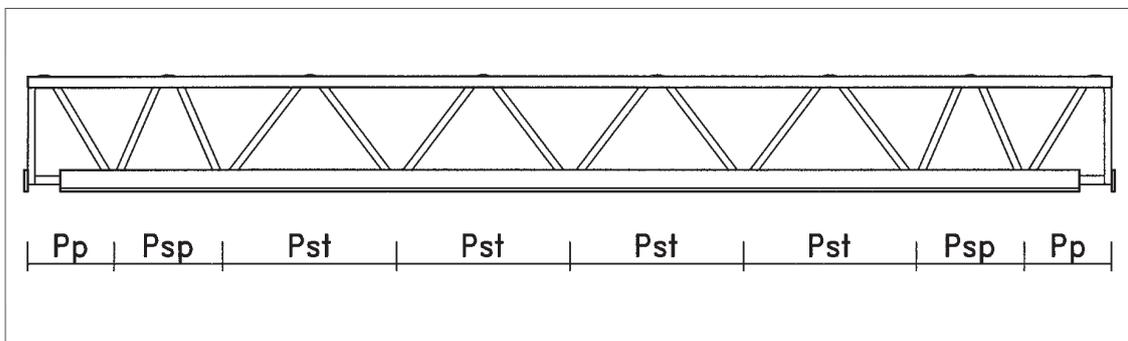


Figura 14.56 - Disposizione passi trave con fondello in cls.

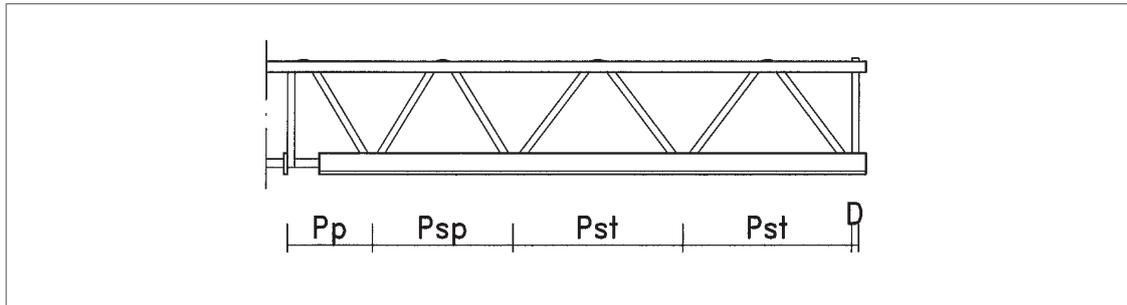


Figura 14.57 – Disposizione passi sbalzo con fondello in cls.

14.5.3.1 Morfologia elementi d'anima

Puntoni verticali e tiranti obliqui

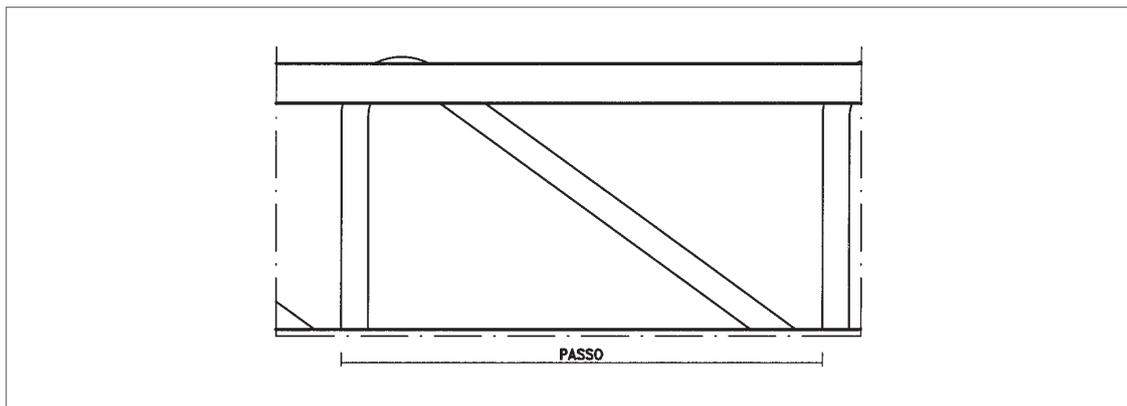


Figura 14.58 – Ad elementi interi per travi con fondello in acciaio.

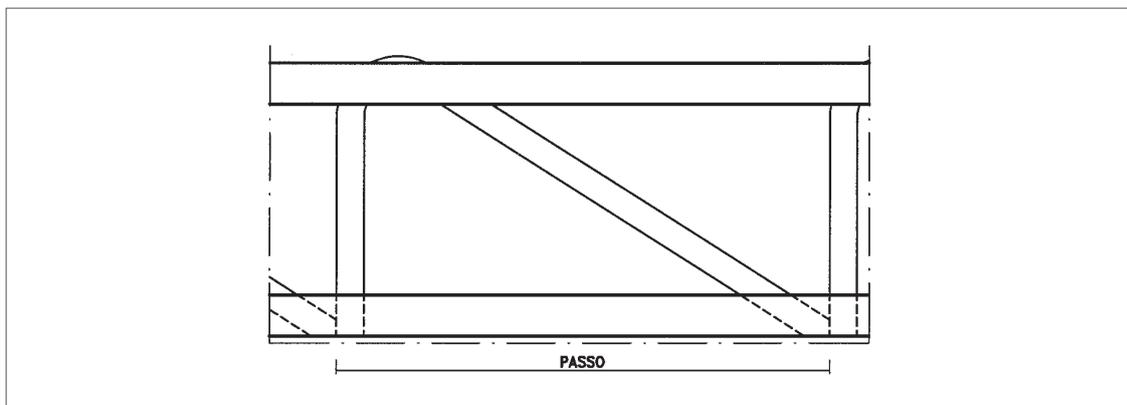


Figura 14.59 – Ad elementi interi per travi con fondello in cls.

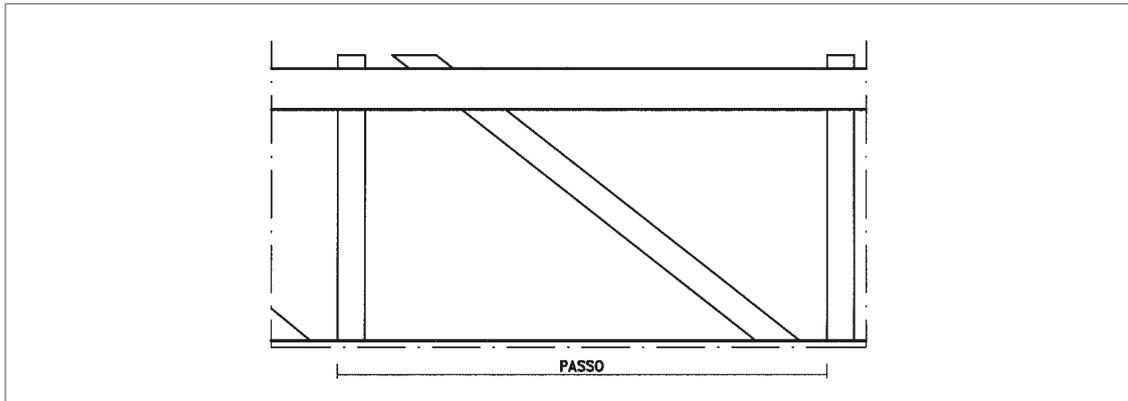


Figura 14.60 – Ad elementi composti per travi con fondello in acciaio.

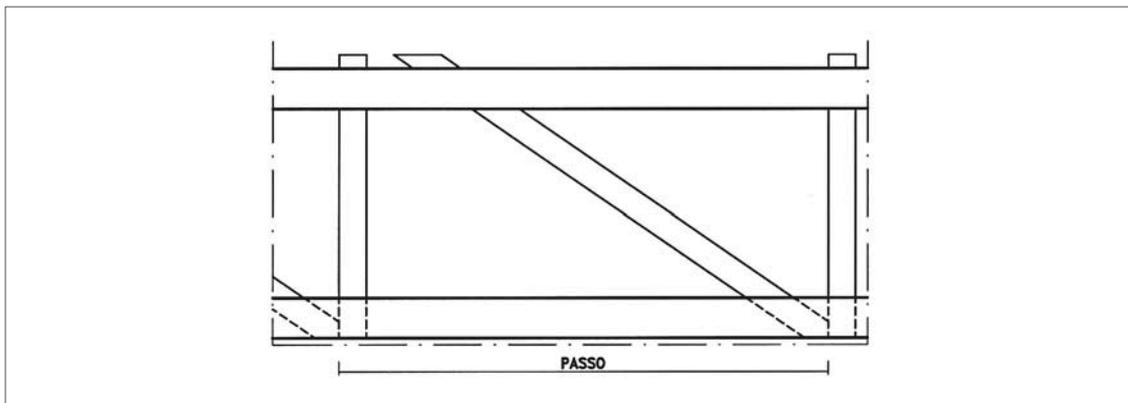


Figura 14.61 – Ad elementi composti per travi con fondello in cls.

Puntoni obliqui e tiranti obliqui

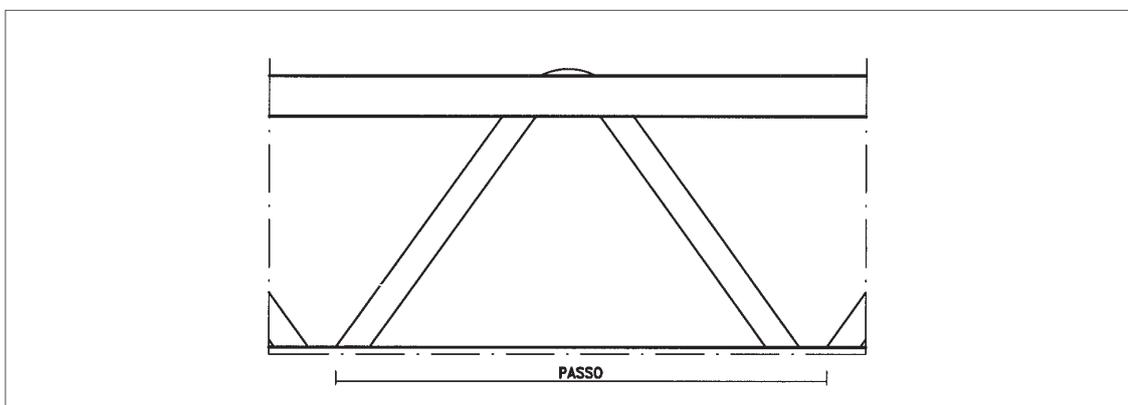


Figura 14.62 – Ad elementi interi per travi con fondello in acciaio.

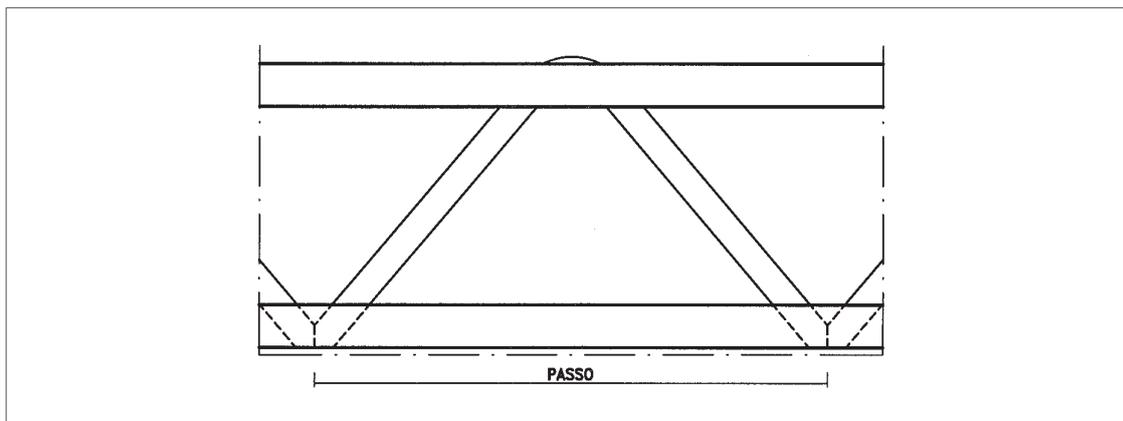


Figura 14.63 – Ad elementi interi per travi con fondello in cls.

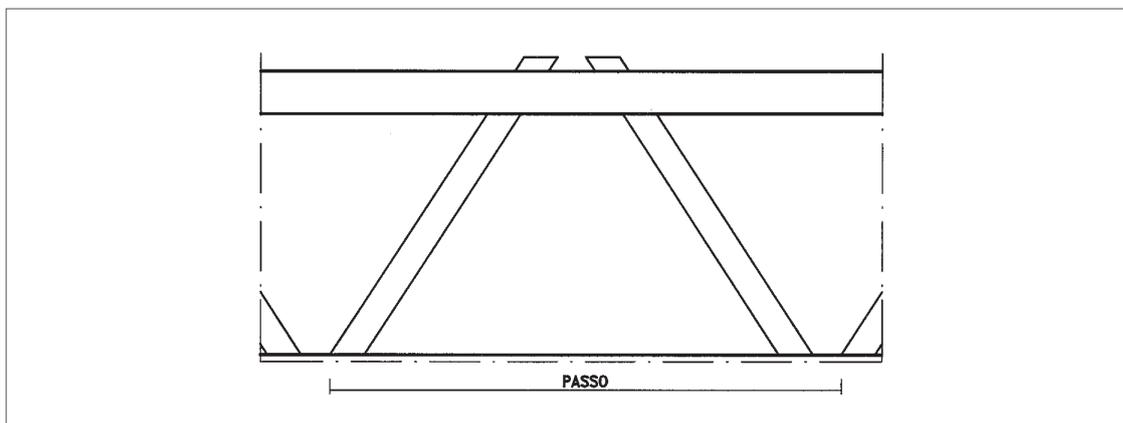


Figura 14.64 – Ad elementi composti per travi con fondello in acciaio.

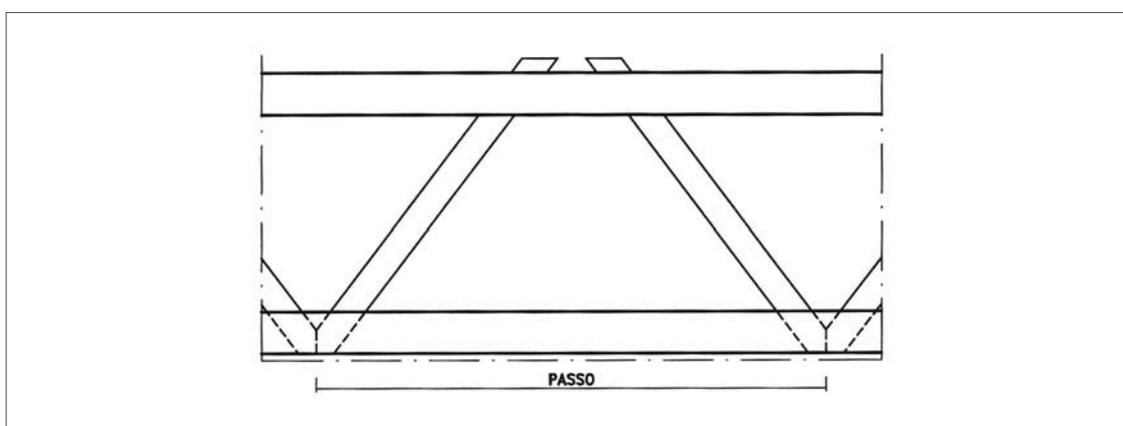


Figura 14.65 – Ad elementi composti per travi con fondello in cls.

14.5.3.2 Controventi d'anima

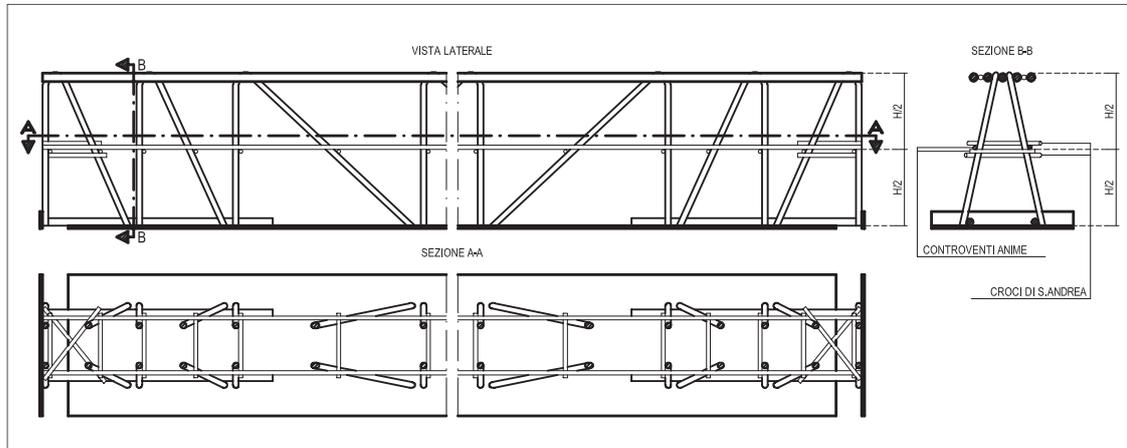


Figura 14.66 – Posizionamento controventi d'anima e croci di S. Andrea su uno strato.

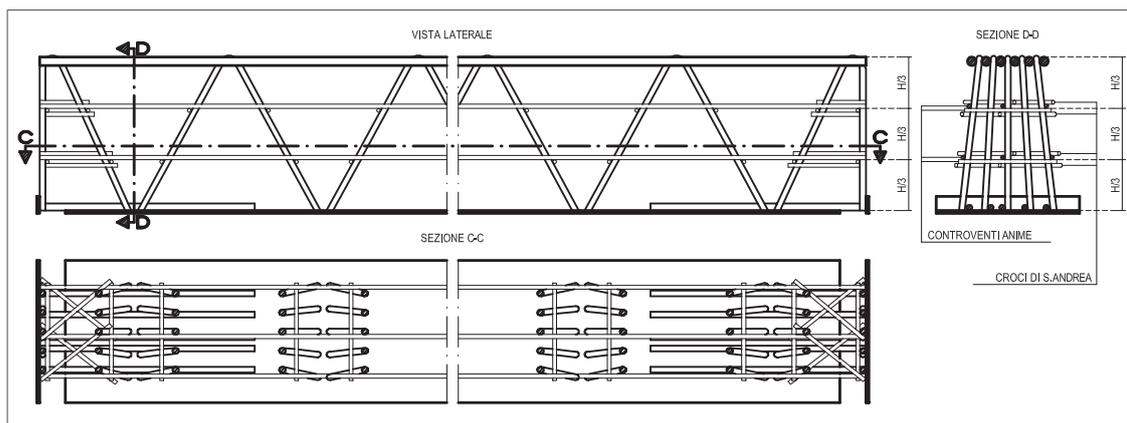


Figura 14.67 – Posizionamento controventi d'anima e croci di S. Andrea su due strati.

14.5.4 Apparecchi di appoggio delle travi sui pilastri

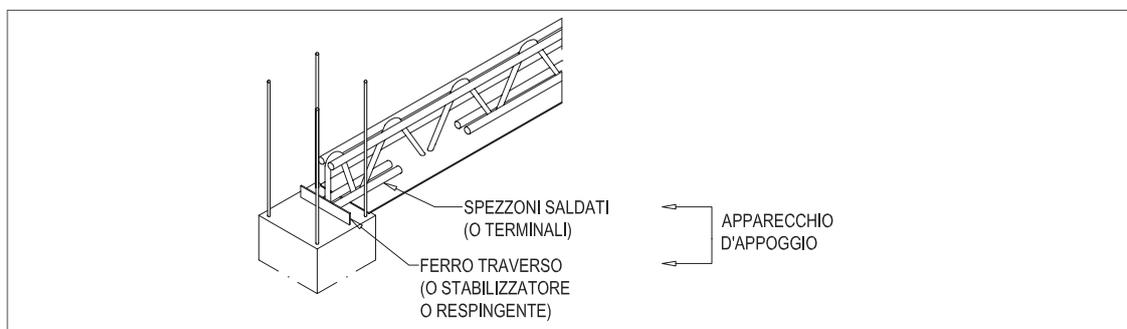


Figura 14.68 – Apparecchio d'appoggio con fondello in acciaio e traverso piatto.

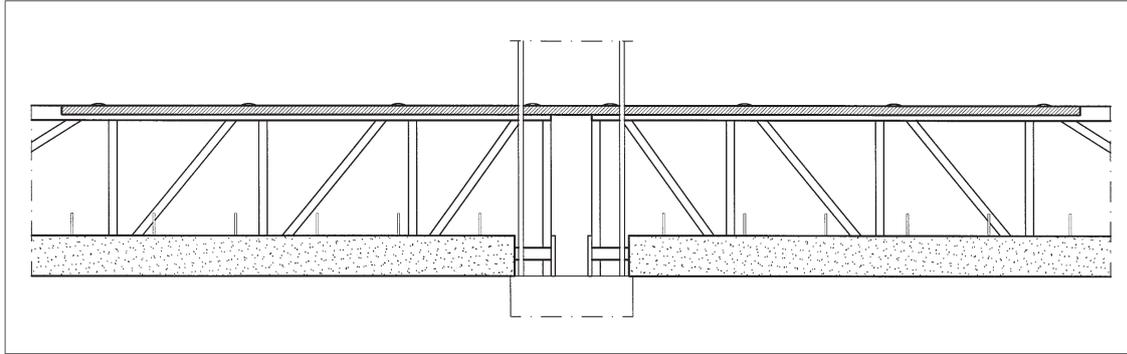


Figura 14.69 – Apparecchio d'appoggio con fondello in cls e traverso piatto.

14.5.5 Apparecchi di appoggio dei solai prefabbricati sulle travi

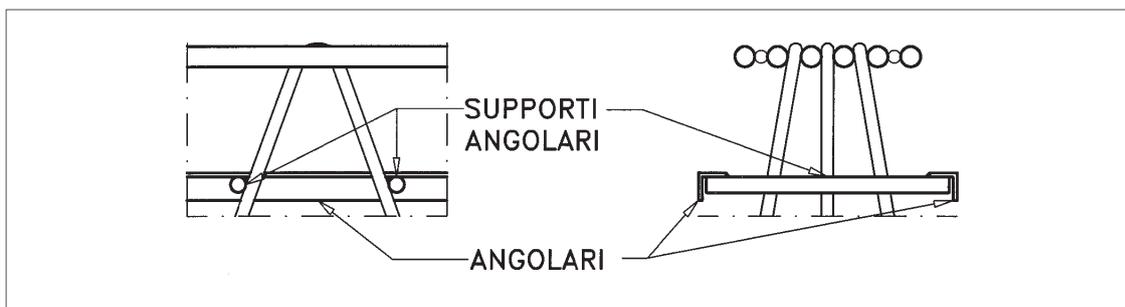


Figura 14.70– Trave con apparecchio di appoggio per solai prefabbricati.

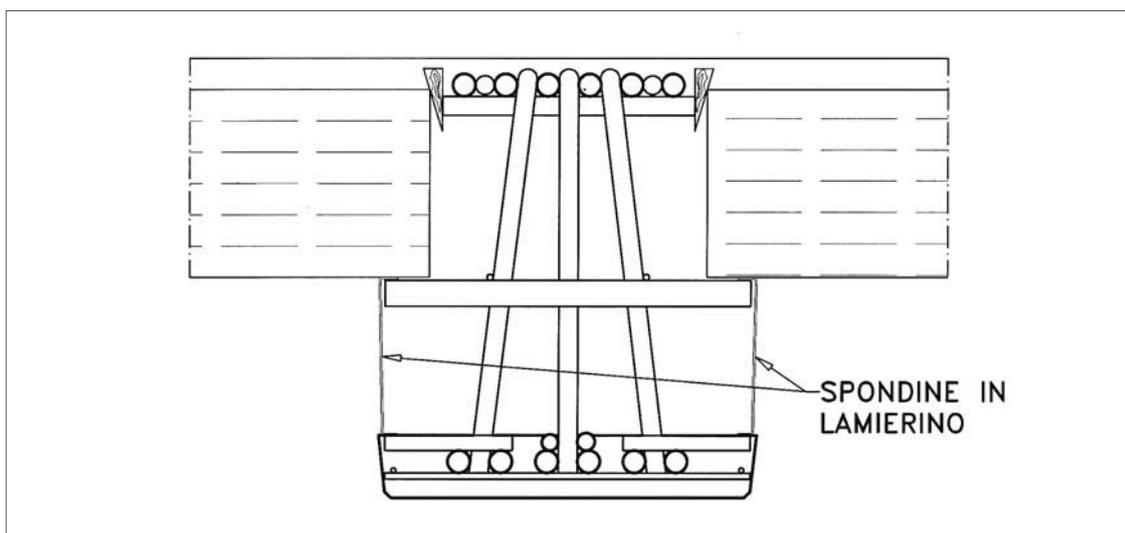


Figura 14.71 – Trave con spondine in lamierino.

14.6 Classificazione dei dispositivi di continuità all'appoggio

(1) Gli spezzoni (monconi) di continuità possono essere variabili in numero, diametro e lunghezza. Nel caso di Travi PREM disassate, che si inseriscono nel nodo direttamente (si veda il § 14.3.2.3 precedente), la continuità strutturale si realizza per mezzo delle travi stesse, senza alcuna armatura aggiuntiva.

Monconi, superiori ed inferiori

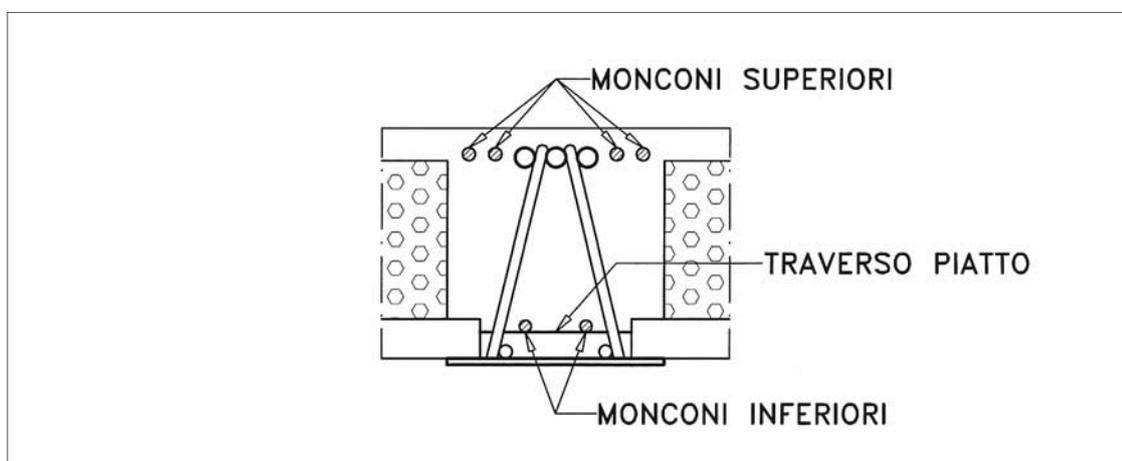


Figura 14.72– Travi con monconi di continuità (sezione trasversale).

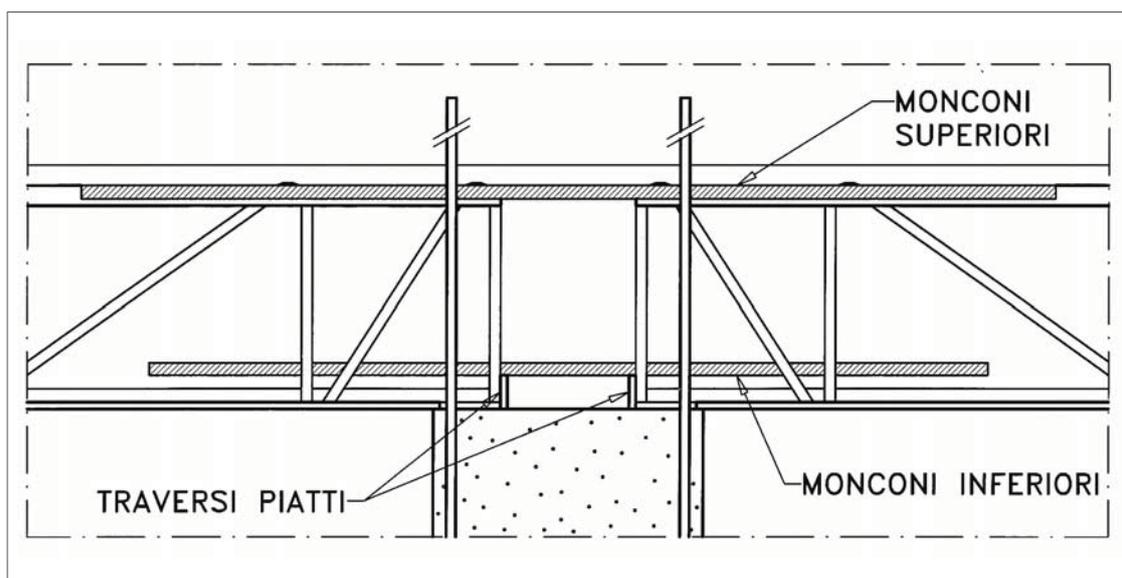


Figura 14.73– Travi con monconi di continuità (vista laterale).

Traliccio di continuità

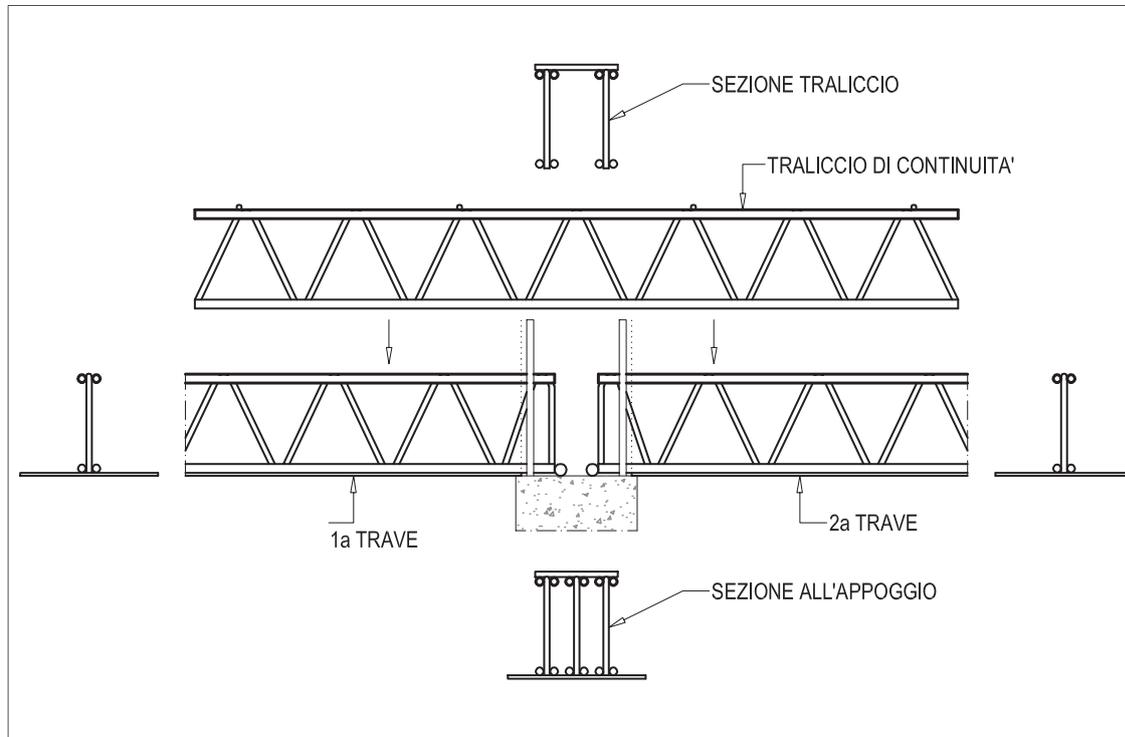


Figura 14.74– Nodo con traliccio di continuità.

14.7 Classificazione di particolari presidi per zona sismica

14.7.1 Staffe di contenimento in testata

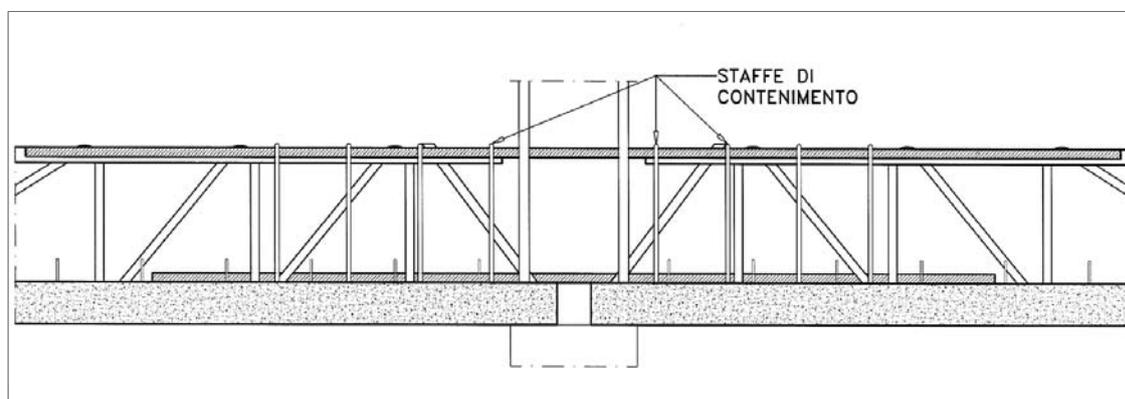


Figura 14.75– Travi con staffe di contenimento (vista laterale).

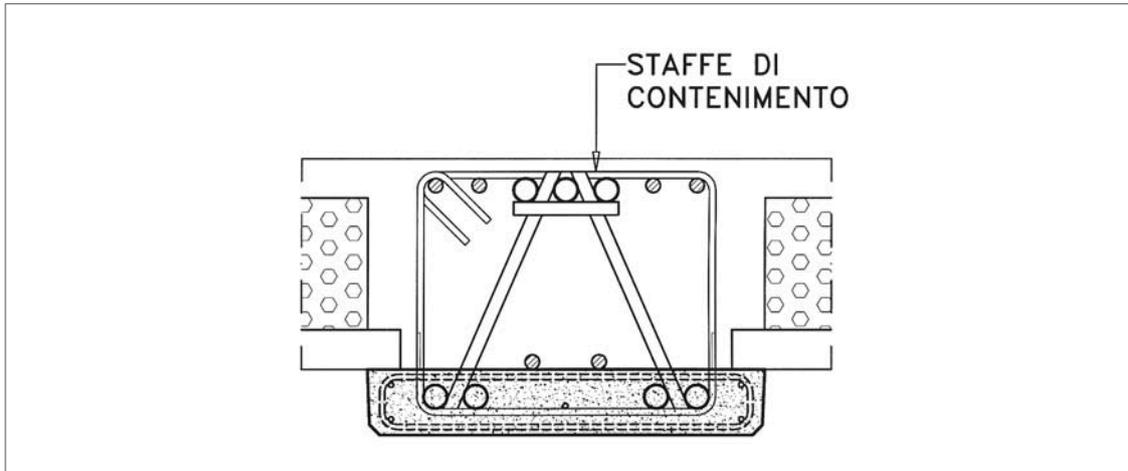


Figura 14.76– Sezione di testata con staffe chiuse.

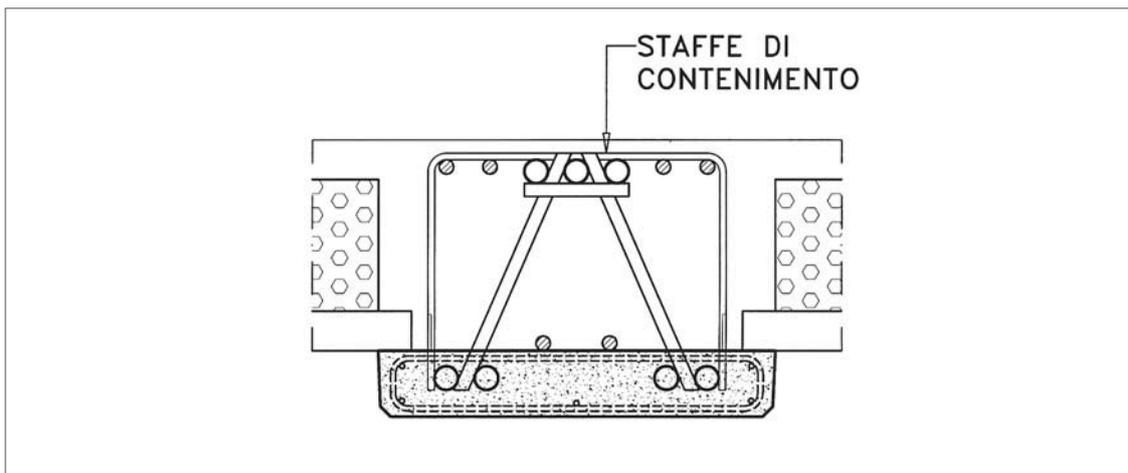


Figura 14.77– Sezione di testata con staffe aperte saldate ai correnti inferiori.

15 Appendice B: Prescrizioni relative alla progettazione dei solai in appoggio sulle Travi PREM

15.1 Profondità di appoggio

(1) In caso di solai prefabbricati, la profondità di appoggio sul fondello della trave e l'eventuale apparecchio d'appoggio devono tener conto delle tolleranze di produzione e di montaggio sia della Trave PREM che degli elementi di solaio e devono rispettare le prescrizioni delle normative vigenti.

15.2 Solai prefabbricati con appoggio in asse alle Travi PREM in Fase 2

(1) In questo caso sono previsti, alle testate dei solai, adeguati getti ed armature integrative in opera per trasferire i carichi di competenza in asse alla Trave PREM.

(2) La luce di calcolo del solaio è sempre pari all'interasse delle travi.

(3) Il vincolo del solaio può essere previsto di "semplice appoggio" o di "continuità" non tenendo conto della rigidità torsionale delle Travi PREM. Nei casi in cui debba essere messa in conto la rigidità torsionale delle Travi PREM, questa deve essere concordata tra il progettista della Trave PREM e quello dei solai e dichiarata nei rispettivi documenti di progetto.

(4) Le armature integrative di testata in corrispondenza dell'appoggio dei solai, per trasferire il carico al traliccio della Trave PREM, saranno ancorate su tutta la larghezza della trave.

(5) Nel caso di solai precompressi privi di armatura a taglio (ad esempio lastre alveolari), verrà eseguita la verifica della "tensione di spalling" nelle nervature, come previsto dalla UNI EN 1168 e nelle Istruzioni CNR 10025, tenendo conto dell'incremento dovuto alla tensione di "appendimento".

15.3 Solai prefabbricati con appoggio non in asse alle Travi PREM in Fase 2

(1) Il vincolo del solaio è sempre di "semplice appoggio" sia per i carichi di prima che di seconda Fase, con luce di calcolo pari alla luce netta tra le travi incrementata della profondità di appoggio sulle travi stesse, come per le travi prefabbricate a L o T rovescia in c.a. o c.a.p.



(2) Tale situazione deve essere concordata tra il progettista delle Travi PREM e quello dei solai, e dichiarata nei rispettivi documenti di progetto.

Le presenti RACCOMANDAZIONI PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE DI TRAVI PREFABBRICATE RETICOLARI MISTE sono state elaborate dal "Gruppo di Lavoro" Assoprem – CIS-E istituito nel giugno del 2006 su base volontaria ed aperto al contributo di tutte le istanze produttive, accademiche, professionali, culturali, associative e di controllo/certificazione interessate all'iniziativa.

Hanno partecipato all'elaborazione dei temi:

Prof. Giovanni Plizzari	<i>Coordinatore, Università di Brescia</i>
Ing. Antonello Gasperi	<i>ASSOBETON</i>
Ing. Simone Galante	<i>Assoprem</i>
Ing. Livio Izzo	<i>Assoprem</i>
Ing. Marco Miglioli	<i>Assoprem</i>
Ing. Giuseppe Sergi	<i>Assoprem</i>
Ing. Giuseppe Suraci	<i>Assoprem</i>
Ing. Olivo Molinari	<i>Ferriere Nord Pittini S.p.A.</i>
Ing. Paolo Recalcati	<i>INARSIND</i>
Ing. Maurizio Acito	<i>Politecnico di Milano</i>
Arch. Mario Sassone	<i>Politecnico di Torino</i>
Prof. Paolo Riva	<i>Università di Bergamo</i>
Prof. Marco Savoia	<i>Università di Bologna</i>
Ing. Fausto Minelli	<i>Università di Brescia</i>
Prof. Luciano Ombres	<i>Università della Calabria</i>
Prof. Nerio Tullini	<i>Università di Ferrara</i>
Prof. Piero Colajanni	<i>Università di Messina</i>
Prof. Lidia La Mendola	<i>Università di Palermo</i>
Prof. Nunzio Scibilia	<i>Università di Palermo</i>
Prof. M. Antonietta Aiello	<i>Università del Salento</i>
Prof. Claudio Amadio	<i>Università di Trieste</i>

Hanno contribuito all'analisi dei temi:

Ing. Marco Assini	<i>Assoprem</i>
Ing. Anna Bati	<i>Assoprem</i>
Ing. Angelo Benvenuti	<i>Assoprem</i>
Ing. Massimo Bertolini	<i>Assoprem</i>
Ing. Antonia Nadia Cancelli	<i>Assoprem</i>
Ing. Nicolò Cancelliere	<i>Assoprem</i>



Ing. Manuela Contaldo	<i>Assoprem</i>
Ing. Stefano Foglietta	<i>Assoprem</i>
Ing. Andrea Malnati	<i>Assoprem</i>
Ing. Sergio Massa	<i>Assoprem</i>
Ing. Gaetano Merenda	<i>Assoprem</i>
Ing. Pierluigi Reato	<i>Assoprem</i>
Ing. Gianni Rocco	<i>Assoprem</i>
Ing. Giuseppe Trentin	<i>Assoprem</i>
Ing. Raffaele Venir	<i>Assoprem</i>
Ing. Walter Carni	<i>ATE</i>
Ing. Costanzo Riva	<i>ICMQ S.p.A.</i>
Ing. Stefano Morra	<i>Istituto Italiano della Saldatura</i>
Ing. Raffaele Pucinotti	<i>Università di Reggio Calabria</i>
Ing. Sveva Sorgon	<i>Università di Trieste</i>