



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

**LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE, ESECUZIONE, VERIFICA E
MESSA IN SICUREZZA DELLE SCAFFALATURE METALLICHE.**

INDICE

1 Oggetto e scopo delle presenti linee guida	3
2 Riferimenti normativi.....	3
3 Campo di applicazione	4
4 Definizioni	4
5 Classi d'uso	4
6 Scaffalature di nuova realizzazione	4
6.1 Progettazione secondo NTC	6
6.2 Progettazione secondo UNI EN 16681	7
7 Scaffalature esistenti.....	10
7.1 Valutazione di vulnerabilità sismica e criteri di intervento	10
7.1.1 <i>Prescrizioni generali e controlli.....</i>	11
7.1.2 <i>Interventi minimi di protezione sismica</i>	12
7.2 Interventi sulle scaffalature esistenti.....	14
7.2.1 <i>Interventi di modifica e/o ampliamento</i>	15
7.2.2 <i>Interventi di riparazione locale e/o sostituzione</i>	15
7.3 Smontaggio e riuso di scaffalature metalliche	16
8 Messa in opera delle scaffalature metalliche	17
Allegato A: Determinazione sperimentale della capacità di elementi prefabbricati.....	18
Allegato B: Procedura sperimentale per prove tipo "Pushover" su campione oggetto di studio.....	19

1 Oggetto e scopo delle presenti linee guida

Le presenti linee guida forniscono un inquadramento normativo e procedurale per la progettazione, il miglioramento e l'adeguamento delle scaffalature metalliche industriali in zona sismica. Le linee guida identificano i riferimenti e i limiti normativi per la progettazione delle nuove scaffalature e forniscono i primi elementi per la valutazione della vulnerabilità sismica delle scaffalature esistenti.

Le presenti linee guida sono elaborate in conformità con le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni tenendo conto delle più recenti normative di settore.

2 Riferimenti normativi

Nelle presenti linee guida si fa riferimento alla seguente documentazione tecnica:

- Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti (di seguito indicate come NTC);
- UNI EN 1990: Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1993-1-1: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- *UNI EN 1993-1-3 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo"*
- *UNI EN 1993-1-8 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti*
- UNI EN 15512: Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Principi per la progettazione strutturale
- UNI EN 15620:2009: Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature portapallet - Tolleranze, deformazioni e interspazi
- UNI EN 15635: Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Utilizzo e manutenzione dell'attrezzatura di immagazzinaggio
- UNI EN 15878: Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Termini e definizioni
- UNI EN 16681: Sistemi di stoccaggio statici di acciaio - Scaffalature porta-pallet - Principi per la progettazione sismica
- EOTA TR 029: Design of bonded anchors;
- EOTA TR 045: Design of metal anchors for use in concrete under seismic actions;
- D.Lgs. 81/2008 e smi: Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro.

3 Campo di applicazione

Le presenti linee guida si applicano alle scaffalature industriali porta-pallet del tipo "adjustable pallet racking systems", secondo la definizione fornita dalla UNI EN 15878, realizzate con profili metallici e destinate allo stoccaggio di prodotti contenuti in pallet di dimensioni standardizzate.

Le presenti linee guida non si applicano ad altre tipologie funzionali di scaffalature metalliche come, ad esempio, scaffali a mensola, a ripiani, compattabili, "drive-in" o "drive-through" secondo la definizione fornita dalla UNI EN 15878. Le presenti Linee Guida, nei principi generali per quanto applicabili, costituiscono comunque un valido riferimento per la progettazione anche delle suddette tipologie strutturali.

4 Definizioni

Nelle presenti linee guida si adottano le seguenti definizioni:

- Scaffalatura autoportante: scaffalatura metallica di qualsiasi altezza con funzione, oltre che di immagazzinamento dei prodotti, di sostegno dell'involucro edilizio. Rientrano in questa definizione anche i magazzini autoportanti non del tipo "*adjustable pallet racking systems*";
- Scaffalatura interna/esterna: scaffalatura metallica di qualsiasi altezza realizzata all'interno o all'esterno di un involucro edilizio indipendente con funzione di immagazzinamento dei prodotti.

Nell'ambito delle presenti linee guida il termine scaffalatura fa riferimento al comportamento strutturale dell'opera metallica mentre il termine magazzino si riferisce alla destinazione d'uso.

5 Classi d'uso

Le classi d'uso delle scaffalature metalliche devono essere definite in accordo alle NTC. Quale utile riferimento può considerarsi l'Annesso L, A-deviations, della UNI EN 16681.

6 Scaffalature di nuova realizzazione

La progettazione e realizzazione di nuove scaffalature metalliche industriali in zona sismica deve essere realizzata con i criteri antisismici utilizzando le indicazioni delle normative NTC e/o UNI EN 16681. In nessun caso è possibile progettare e realizzare nuove scaffalature in zona sismica senza utilizzare un approccio anti-sismico alla progettazione.

Nella progettazione delle scaffalature metalliche è possibile fare riferimento ai criteri normativi riportati nella tabella seguente in funzione della tipologia, dell'altezza e dei materiali utilizzati.

Tipologia Scaffalatura	Altezza di spalla	Normativa	Materiali
Autoportante	Qualsiasi	NTC	Secondo NTC
Interna/Esterna	≤ 14 m	UNI EN 16681 con le prescrizioni di cui al p.to 6.2 delle presenti Linee Guida	Secondo UNI EN 1993, con le prescrizioni di cui al p.to 6.2 delle presenti Linee Guida
Interna/Esterna	> 14 m	NTC	Secondo NTC

Tabella 1: Classificazione e criteri di progetto delle scaffalature metalliche

Le scaffalature di altezza ≤ 14 m progettate secondo UNI EN 16681 devono essere costituite esclusivamente da spalle con montanti mono pezzo o con collegamenti a completo ripristino di capacità (resistenza, deformazione, duttilità, etc.).

Le scaffalature di altezza > 14 m progettate secondo NTC possono essere costituite da spalle con montanti assemblati in opera costituiti/formati da uno o più elementi.

In ogni caso il progetto delle scaffalature esterne, secondo NTC o UNI EN 16681, deve includere le sollecitazioni indotte dalle azioni ambientali così come definite dalle NTC.

Nel progetto delle scaffalature, secondo NTC o UNI EN 16681, le sollecitazioni devono essere determinate secondo le combinazioni di calcolo, i coefficienti di combinazione dei carichi e i coefficienti parziali di sicurezza indicati dalle NTC § 2. In particolare, per i carichi variabili costituiti dal peso proprio delle unità di carico si adotteranno i coefficienti ψ della Categoria E — "Aree per immagazzinamento". Se necessario, si possono adottare valori maggiori dei coefficienti ψ in funzione delle specifiche caratteristiche di utilizzo logistico del magazzino assumendo in ogni caso $\psi \leq 1$). I parametri di progettazione devono essere chiaramente comunicati e accettati da parte della Committenza.

Il dimensionamento delle scaffalature progettate secondo NTC o UNI EN 16681 deve tenere conto almeno delle seguenti configurazioni di carico:

- 100% dei livelli a pieno carico;
- 100% dei livelli con carico pari a 2/3 del peso delle singole unità;
- Pieno carico solo sul ripiano di sommità.

Rimane comunque responsabilità del Progettista la definizione delle configurazioni di carico significative nei confronti della risposta statica e sismica della scaffalatura, in funzione delle caratteristiche specifiche di funzionamento logistico del magazzino.

L'analisi strutturale delle scaffalature tiene conto dell'effettiva posizione delle unità di carico, e delle eventuali eccentricità, ove significative.

Il rischio di caduta delle unità di carico in presenza di azioni sismiche deve essere sempre verificato; l'esito della verifica dovrà essere comunicato alla Committenza. I possibili effetti dovuti a un eventuale impatto dell'unità di carico sulla scaffalatura a seguito di una caduta dall'alto devono essere adeguatamente considerati.

In caso di installazioni in luoghi affollati e/o aperti al pubblico, in presenza di rischio di caduta delle unità di carico, si devono adottare inderogabilmente idonei dispositivi anticaduta e/o presidi tecnologici atti ad evitare la caduta delle unità di carico. Tali dispositivi devono essere considerati parti integranti della scaffalatura e non elementi secondari, in quanto rappresentano il piano di appoggio del carico in caso di uno scivolamento accidentale di questo. Per tale motivo, nel caso in cui tali dispositivi siano costituiti da elementi "rompitratte" singoli removibili, la loro distanza relativa deve essere mantenuta costante, ed inferiore alla dimensione del pallet che deve essere sostenuto. In alternativa si possono utilizzare "rompitratte combinati" ad H o simili. I dispositivi anticaduta dovranno essere collegati alla struttura mediante idonei sistemi di fissaggio; entrambi dovranno essere verificati con le modalità indicate nelle norme di riferimento.

In generale è necessario che la scaffalatura sia realizzata in un ambiente idoneo che offra spazi di manovra sufficienti e permetta tolleranze di posizionamento delle unità di carico adatte e coerenti con i mezzi di movimentazione utilizzati. La norma UNI EN 15620 fornisce alcune indicazioni per la riduzione dei rischi legati a collisione e interferenza tra i mezzi di movimentazione e le scaffalature.

Il rispetto dei requisiti della suddetta norma, insieme con l'attuazione di un piano di manutenzione impostato secondo i requisiti della UNI EN 15635, contribuisce a garantire le condizioni di sicurezza del magazzino.

Al fine di limitare eventuali effetti sproporzionati dovuti a possibili urti con automezzi, possono essere posizionate protezioni anticollisione nelle zone di passaggio più esposte (in particolare per i montanti anteriori delle spalle di estremità delle file adiacenti alle corsie di circolazione), facendo utile riferimento a quanto riportato nello specifico nella UNI EN 15512.

6.1 Progettazione secondo NTC

La progettazione sismica delle scaffalature metalliche secondo NTC deve essere conforme ai criteri generali di progettazione per azioni sismiche (requisiti nei confronti delle azioni sismiche, criteri generali di progettazione e modellazione, metodi di analisi e verifica) e ai requisiti specifici delle costruzioni d'acciaio. In particolare si osserva che:

- Il coefficiente di smorzamento viscoso ξ può essere assunto nel campo di variazione compreso fra 3% $\xi < 8\%$. Lo spettro di progetto $S_d(T)$ può essere determinato a partire dallo spettro elastico $S_e(T)$ determinato con il valore di smorzamento viscoso precedentemente indicato.

- Nel caso di progettazione secondo un comportamento strutturale dissipativo, le tipologie strutturali, i fattori di struttura, le caratteristiche dei materiali, le regole di progetto generali per elementi strutturali dissipativi e le caratteristiche di progetto specifiche per le varie tipologie strutturali devono essere conformi esclusivamente alle indicazioni delle NTC;
- I materiali e prodotti costituenti gli elementi di carpenteria metallica devono essere qualificati secondo quanto previsto al Cap.1 1 delle NTC;
- Il metodo di analisi delle azioni sismiche deve essere conforme alle indicazioni del Cap. 7 delle NTC. In particolare si deve procedere alla verifica degli effetti del secondo ordine (fattore η) secondo le indicazioni e i limiti riportati nello stesso § 7;
- Il modello di calcolo della struttura deve essere tridimensionale, così come indicato nel §7 delle NTC.

6.2 Progettazione secondo UNI EN 16681

La progettazione sismica delle scaffalature metalliche secondo UNI EN 16681 deve essere realizzata secondo le prescrizioni della normativa Europea e le prescrizioni aggiuntive di seguito riportate. Tali prescrizioni hanno lo scopo di adattare le regole di progettazione definite a livello Comunitario alle peculiarità del territorio Italiano e sono state definite con riferimento agli specifici punti della UNI EN 16681. A seguire si riportano le prescrizioni aggiuntive alla UNI EN 16681.

UNI EN 16681	Prescrizione su suolo Italiano
§ 5.1	La progettazione secondo criteri antisismici è estesa a tutto il territorio Italiano dove, per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita SLV, si abbia $a_g \cdot S \geq 0,05$ g
§ 6.1	L'azione sismica deve essere definita in accordo alle indicazioni delle NTC.
§ 6.2	Il valore del coefficiente di smorzamento viscoso ξ deve essere assunto pari al 5%, salvo evidenze sperimentali documentabili che possano giustificare l'assunzione di valori diversi, comunque non superiori al 8%, sotto la responsabilità del progettista e del produttore. Lo spettro di progetto $S_d(T)$ può essere determinato a partire dallo spettro elastico $S_e(T)$ determinato con il valore di smorzamento viscoso precedentemente indicato.
§ 6.3	Il periodo di riferimento minimo per l'azione sismica deve essere assunto pari a $V_T = 50$ anni.
§ 6.4	L'azione sismica orizzontale deve essere definita in accordo alle indicazioni delle NTC.
§ 6.5	L'azione sismica verticale deve essere definita in accordo alle indicazioni delle NTC.
§ 6.6	Lo spostamento di progetto al suolo deve essere definito in accordo alle indicazioni delle NTC.
§ 7.4.1	In ogni caso il coefficiente θ deve essere inferiore al valore massimo $\theta_{max} = 0.5$.

§ 7.5.1 § 7.5.2	Lo spettro di progetto modificato $S_{d,mod}(T) = K_D \cdot S_d(T)$ deve essere calcolato assumendo in ogni caso $K_D = E_{D1} \cdot E_{D3}$ e tenendo conto che i parametri di modificazione dello spettro E_{D1} , E_{D3} devono essere così assunti: $E_{D1} = 1.0$, $E_{D3} = 1.0$.
§ 7.5.4	Concordemente con quanto indicato nel § 6, la massa di progetto $W_{E,UL}$ da considerare nel calcolo delle azioni sismiche dovrà essere coerente con la combinazione sismica delle NTC § 2.5.3 (2.5.5) secondo i coefficienti di combinazione ψ della Categoria E — Magazzini. Se necessario, si possono adottare valori maggiori dei coefficienti $\psi_{2,1}$ in funzione delle specifiche caratteristiche di utilizzo logistico del magazzino (assumendo in ogni caso $\psi_{2,1} \leq 1$). I parametri di progettazione devono essere chiaramente comunicati e accettati da parte della Committenza. Nel caso di analisi piana, in direzione trasversale si deve considerare un valore del coefficiente $\psi_{2,1} = 1$, concordemente con quanto indicato nella UNI EN 16681. Il valore del coefficiente E_{D2} deve essere assunto pari a $E_{D2} = 1$.
§ 8.1.6	In aggiunta a quanto prescritto dalla UNI EN 16681, le piastre di base dei montanti e i sistemi di ancoraggio in fondazione devono essere dimensionali utilizzando l'azione sismica ottenuta assumendo un comportamento non dissipativo. Il dimensionamento e la posa in opera di ancoranti post-installati, ai sensi del cap. 12 NTC 2018, sono normati all'interno dell'UNI EN 1992-4:2018 (Eurocode). Eventuali spessoramenti metallici sotto le piastre di base ("shims") devono avere: i) resistenza al punzonamento maggiore o uguale a quella della superficie di appoggio dello scaffale; ii) dimensioni in pianta maggiori o uguali a quelle delle piastre di base. Inoltre gli spessoramenti devono essere resi tra loro solidali mediante serraggio meccanico e/o saldatura in modo da garantire il trasferimento delle azioni di taglio alla fondazione. I sistemi di ancoraggio devono essere dimensionati tenendo in conto l'effetto leva generato dalla presenza degli spessoramenti.
§ 9.2.1.3	I fattori parziali di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità devono essere conformi alle NTC.

Tabella 2: Prescrizioni integrative valide su tutto il territorio Italiano

I sistemi di fissaggio a terra devono essere dimensionati sulla base delle effettive caratteristiche geometriche e meccaniche, specifiche del piano d'istallazione della scaffalatura. In ogni caso si deve effettuare una valutazione preliminare di idoneità, statica e sismica dello stesso piano di installazione seguita, ove necessario, da una verifica strutturale completa secondo le prescrizioni normative. Nel caso di installazioni su pavimentazioni industriali a terra si deve valutare con attenzione la necessità di una analisi geotecnica preliminare seguita, ove necessario, da una verifica geotecnica completa secondo le prescrizioni normative, in funzione dell'importanza dell'opera e delle azioni trasmesse in fondazione.

In accordo alle definizioni della UNI EN 16681, sul territorio Italiano il valore massimo del fattore di struttura q per comportamento poco dissipativo è fissato pari a $q = 1,5$ sia per le tipologie strutturali controventate che a telaio. Per valori superiori del fattore di struttura $q > 1,5$ la progettazione deve essere condotta secondo le prescrizioni del comportamento dissipativo.

Nel caso di progettazione con comportamento poco dissipativo secondo UNI EN 16681, al fine di garantire il raggiungimento delle prestazioni sismiche assunte in sede di calcolo si richiede il rispetto delle seguenti regole specifiche di progetto:

- Soluzioni a telaio nel piano longitudinale: in aggiunta a quanto riportato nella Tabella 2 si prescrive quanto segue:

- i) i piani di carico devono essere posizionati preferibilmente in corrispondenza dei nodi di controvento verticale delle spalle. Ove questo non sia possibile, deve essere prevista l'adozione di idonei dispositivi meccanici atti a evitare fenomeni di distorsione locale;
- ii) i collegamenti corrente-montante devono essere dimensionati con fattori di sovraresistenza tali da impedire la formazione delle cerniere plastiche all'interno dei nodi;
- iii) al fine di evitare lo sviluppo dei meccanismi di collasso alla base del tipo "piano debole" si deve prevedere l'utilizzo della trave di carico a terra o, in alternativa, si dovrà procedere al dimensionamento delle piastre di base per le sollecitazioni ottenute applicando un fattore di struttura $q=1$.

- Soluzioni controventate nel piano longitudinale: in aggiunta a quanto riportato nella Tabella 2 si prescrive quanto segue:

- i) il dimensionamento dei collegamenti dei controventi longitudinali o di spina con un coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,5 è esteso a tutte le tipologie strutturali previste dalla UNI EN 16681;
- ii) le distanze minime dal bordo libero dei bulloni nella direzione della forza devono essere conformi alle indicazioni delle NTC;
- iii) la resistenza a rifollamento deve essere verificata secondo le indicazioni delle NTC;
- iv) il collegamento tra i controventi verticali e i montanti deve essere preferibilmente concentrico, evitando connessioni asimmetriche in pianta che possano indurre sollecitazioni di torsione sul montante. Ove questo non sia possibile, deve essere prevista l'adozione di idonei dispositivi meccanici atti a evitare crisi premature del montante per torsione. I collegamenti eccentrici devono essere opportunamente rappresentati nei modelli meccanici utilizzati per il dimensionamento delle scaffalature.

Nella progettazione secondo UNI EN 16681 è ammesso l'utilizzo di schemi e soluzioni strutturali diversi da quelli previsti al §8.3 solo a condizione che i fattori di struttura, ed i modelli di capacità, siano valutati mediante idonee prove sperimentali su modelli in scala reale (ad esempio prove tipo "pushover" – vedasi Allegato B - e/o prove di sui collegamenti trave-montante) e/o mediante utilizzo di modelli numerici adeguatamente calibrati su dati sperimentali. I valori così determinati possono essere utilizzati solo per la realizzazione di scaffalature con medesima tipologia strutturale (schema statico) dei sistemi sottoposti alle indagini sperimentali/numeriche. Particolare attenzione deve essere rivolta all'interpretazione meccanica/numerica dei risultati sperimentali ed alla loro estensione a configurazioni geometriche, materiche e di carico differenti rispetto a quelle di prova, pur mantenendo la stessa tipologia strutturale. In tal caso occorre adeguatamente analizzare il comportamento dei collegamenti, anche con prove aggiuntive. La

progettazione deve essere condotta secondo la concezione poco dissipativa o dissipativa in funzione del fattore di struttura identificato.

7 Scaffalature esistenti

Nel presente paragrafo si forniscono indicazioni preliminari per la valutazione di vulnerabilità sismica delle scaffalature esistenti, nonché alcuni criteri per la protezione delle scaffalature stesse. A seguire sono inoltre riportati i criteri per gli interventi di miglioramento e/o adeguamento, di modifica e/o ampliamento, di riparazione locale e/o sostituzione di smontaggio e riuso di scaffalature metalliche, da effettuarsi sulla base di una interazione fra il tecnico valutatore ed il committente/proprietario, in considerazione della normativa e legislazione di settore.

7.1 Valutazione di vulnerabilità sismica e criteri di intervento

I criteri di seguito riportati per la valutazione preliminare di vulnerabilità sismica delle scaffalature portapallet esistenti riguardano esclusivamente le scaffalature riportate nel capitolo 3 delle presenti Linee Guida. Tali criteri devono essere comunque considerati come uno strumento di prima analisi da completare mediante un'analisi tecnica approfondita.

In particolare le presenti Linee Guida hanno l'obiettivo di fornire alcune indicazioni e criteri d'intervento d'immediata applicazione per la protezione sismica delle scaffalature metalliche a uso industriale esistenti in zona sismica, sulla base delle esperienze tecniche e normative sviluppate per gli interventi urgenti post-sisma 2012 in Emilia.

In questo ambito è inoltre utile ricordare che il proprietario della scaffalatura installata all'interno di un luogo di lavoro è tenuto all'analisi di tutti i rischi inerenti l'attività lavorativa secondo D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., inclusa la valutazione degli effetti delle azioni sismiche e alla regolare manutenzione secondo uno specifico piano di controllo e manutenzione (redatto in accordo alla UNI EN 15635:2009).

E' pertanto opportuno che, nell'ambito delle suddette attività lavorative, venga opportunamente prevista la programmazione della valutazione di vulnerabilità sismica delle scaffalature esistenti non specificatamente progettate con criteri antisismici, da parte di un tecnico abilitato secondo i criteri delle NTC oppure della normativa specialistica di settore UNI EN 16681.

Nel caso in cui una valutazione di vulnerabilità sismica su di una scaffalatura esistente non sia realizzabile in tempi brevi in maniera accurata ed estesa, così come richiesto dalla normativa vigente, nelle more che si possa effettuare tale valutazione è comunque possibile condurre un'analisi preliminare di vulnerabilità secondo i criteri di seguito riportati ed, eventualmente, adottare, con l'urgenza correlata alle carenze riscontrate, i provvedimenti indicati al fine di ridurre l'esposizione della scaffalatura al rischio sismico. Tale analisi preliminare non è in nessun caso sostitutiva della valutazione di vulnerabilità sismica, la quale, pertanto, va comunque effettuata.

7.1.1 Prescrizioni generali e controlli

Ai fini e nei limiti prima riportati, si riportano a seguire alcuni principi generali e controlli che, se rispettati, consentono di migliorare la manutenzione e l'utilizzo delle scaffalature metalliche.

Prescrizioni generali

- Identificazione e rispetto delle "targhe di portata" indicanti le prestazioni nominali specifiche per ciascuna tipologia e configurazione della scaffalatura;
- Identificazione e rimozione dalle scaffalature di materiali pesanti (fuori portata) che possano, nella loro caduta, coinvolgere la struttura principale causandone il danneggiamento e il collasso;
- Analisi dello stato di conservazione e individuazione di eventuali danneggiamenti causati da eventi sismici e/o dal normale utilizzo, facendo anche riferimento ai rapporti d'ispezione periodici redatti dal responsabile RSPP secondo la D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. o dal responsabile PRSES secondo la norma UNI EN 15635:2009 se presente;
- Riparazione o sostituzione immediata delle scaffalature con danni strutturali evidenti, incluse quelle con montanti deformati in modo permanente e correnti che presentino una freccia residua;
- Collegamento delle scaffalature alle strutture portanti dell'involucro edilizio esclusivamente mediante idonei sistemi antisismici e solamente nel caso in cui l'edificio sia in grado di sostenere le azioni trasmesse dalla scaffalatura. In assenza di tali condizioni, si raccomanda di isolare la scaffalatura dalle strutture portanti;
- Adozione di collegamenti con gli impianti del magazzino (ad esempio tubazioni) di tipo flessibile tali da non costituire alcun tipo di vincolo o collegamento per nessuna parte della scaffalatura;
- Installazione su tutti i livelli di carico in uso di dispositivi anticaduta collegati ai correnti, come traverse di supporto delle unità di carico, reti, etc;
- Verifica del fuori piombo dello scaffale carico, che deve essere minore di $1/200$ della sua altezza (UNI EN 15620);
- Controllo delle unità di carico e riposizionamento delle unità ruotate o traslate rispetto alla corretta posizione di carico.

Controlli

In aggiunta ai criteri generali esposti, si effettuerà, così come previsto dalla regolamentazione di settore, l'esecuzione periodica d'ispezioni e controlli sui vari elementi della scaffalatura al fine di migliorarne l'utilizzo e la manutenzione. I controlli degli elementi e più in generale delle scaffalature metalliche dovranno fare riferimento, ove possibile, alle indicazioni del produttore e/o delle normative tecniche di settore come la UNI EN 15635.

A seguire si riporta un elenco esteso ma sicuramente non esaustivo dei controlli da effettuarsi sugli elementi che costituiscono una scaffalatura metallica ordinaria. Nel caso in cui uno o più dei suddetti controlli non siano verificati, si raccomanda di procedere a opportuni interventi di ripristino.

N°	Elemento	Estensione del controllo (*)	Controllo
1	Montanti	100% del primo interpiano	I montanti devono essere privi di ammaccature gravi (profondità maggiore di 4 volte lo spessore del profilo) o ammaccature negli angoli. Il montante deve essere rettilineo con scostamenti non superiori all'1% dell'altezza.
2	Piastra di base	100%	La piastra di base deve essere completamente a contatto con la pavimentazione, senza segni di cedimento delle saldature e/o dei collegamenti bullonati. Non deve essere rilevata la presenza di cricche nelle saldature, cedimento dei bulloni, rifollamento dei fori, torsione della piastra di base e/o flessione della piastra di base per effetto leva. La pavimentazione nell'intorno della piastra di base deve essere integra.
3	Tasselli di base	100%	Accertare la presenza, l'integrità e il corretto montaggio e serraggio dei tasselli, verificando la coppia massima di serraggio. 11 controllo del serraggio dei tasselli deve essere eseguito su base statistica secondo uno dei metodi riportati nelle normative tecniche di settore (es. EN1090-2), su un campione di riferimento di almeno il 30% di tasselli. I tasselli allentati dovranno essere serrati nuovamente o sostituiti.
4	Tralicciatura della spalla	50% (100% fino al 1° livello di carico)	I collegamenti saldati e bullonati di spalla devono essere efficienti, con assenza di cricche nelle saldature, cedimenti dei bulloni o rifollamento dei fori. Gli elementi di spalla devono essere privi di ammaccature gravi (profondità maggiore di 4 volte lo spessore del profilo) o ammaccature negli angoli. Le diagonali devono essere rettilinee con scostamenti rispetto al proprio asse non superiori a 1/150 della luce.
5	Correnti di carico	50% (100% del livello di carico maggiormente sollecitato)	I correnti di carico devono essere prive di deformazioni permanenti sulla superficie superiore, di deformazioni permanenti con profondità maggiore di 5 mm sui fianchi o sulla parte inferiore, di deformazioni permanenti negli angoli e prive di deformazioni torsionali residue. Se realizzate con 2C accoppiati, i due profili devono essere efficacemente collegati tra loro mediante bullonatura o saldatura. Le travi devono essere rettilinee con scostamento nel piano orizzontale o in quello verticale dalla rettilinearità inferiore a 1/200 della luce e, sotto carico, non devono avere una freccia verticale elastica superiore a 1/200 della luce.
6	Connettori corrente-montante	50% (100% del livello di carico inferiore)	Devono apparire integri e senza evidenti piegature o distorsioni; le saldature devono essere integre e senza cricche, in particolare sugli spigoli superiori; i ganci del connettore e i loro alloggiamenti nei montanti devono essere integri, senza fenomeni di rifollamento, rottura per taglio e deformazioni permanenti. Le spine di sicurezza devono essere presenti ed efficaci
7	Distanziali tra le spalle	50%	I distanziali tra le spalle devono essere integri, privi di ammaccature gravi (profondità maggiore di 4 volte lo spessore del profilo) ed efficacemente collegati alle spalle.

Tabella 3: Prescrizioni di controllo delle scaffalature esistenti

7.1.2 Interventi minimi di protezione sismica

La corretta valutazione della vulnerabilità sismica di una scaffalatura metallica esistente, non appositamente progettata per le azioni sismiche, deve essere realizzata da parte di un tecnico abilitato che

provvederà anche alla redazione del progetto di intervento, secondo i criteri descritti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (8.4) oppure nella normativa specialistica di settore (es. UNI EN 16681).

Nel caso in cui tale valutazione su di una scaffalatura esistente non sia realizzabile in tempi brevi in maniera accurata ed estesa, così come richiesto dalla normativa vigente, nelle more che si possa effettuare tale valutazione è comunque raccomandabile, sulla base dell'esito dei controlli prima indicati, l'adozione delle restrizioni di portata indicate a seguire nella tabella. Tali restrizioni, sebbene raccomandabili, non possono in nessun caso sostituire la valutazione di vulnerabilità sismica eseguita dal tecnico abilitato né garantire da sole il raggiungimento del livello di sicurezza adeguato nei confronti delle azioni sismiche.

Classe	Requisiti	Restrizioni
1	Scaffali con certificazione sismica del produttore e documentazione di calcolo	Senza restrizioni
2	Scaffali senza certificazione sismica del produttore ma che presentano le seguenti caratteristiche generali (Nota 2): 1. Presenza di controventi longitudinali e orizzontali, efficacemente collegati alla scaffalatura; 2. In assenza di controventi longitudinali: i connettori corrente-montante con numero minimo di ganci pari a 5 o collegamento misto bullonato; 3. Il primo corrente porta pallet deve essere ad altezza non superiore a 40 cm dalla pavimentazione (corrente a terra); Tralicciatura di spalla: 4. Collegamenti bullonati realizzati con bulloni M10 con una sezione di taglio, o M8 con due sezioni di taglio per ciascun profilo della tralicciatura; 5. Collegamenti saldati con almeno due cordoni di saldatura continui per ciascuna diagonale su tutta la profondità dei lati frontali del montante; 6. Schema controventi di spalla esclusivamente a X, K, Z. Piastre di base dei montanti 7. Le piastre di base dei montanti con spessore minimo di 5 mm 8. Ancoraggi alla pavimentazione: almeno due tasselli M12 disposti simmetricamente al montante rispetto al piano della spalla.	Utilizzo ristretto a 2/3 dei livelli di carico partendo dal basso (Nota 1)
3	Scaffali che non ricadono in classe 1 e 2	Utilizzo ristretto a 1/2 dei livelli di carico partendo dal basso (Nota 1).

Nota 1: Arrotondato per difetto, con esclusione del livello a terra.

Nota 2: La certificazione sismica rilasciata dal produttore qualificato può non basarsi sui medesimi criteri/requisiti.

Tabella 4: Interventi minimi di protezione sismica — criteri di riduzione del carico di esercizio

Per le scaffalature di classe 3, è possibile aumentare l'utilizzo della scaffalatura in presenza dei requisiti minimi ed adottando gli interventi riportati nella tabella seguente.

Interventi migliorativi per Classe 3:

Classe	Esito dell'ispezione	Azione correttiva
3	ESITO DEL CONTROLLO POSITIVO + Requisiti 4-5-6-7-8 di classe 2	L'utilizzo può essere esteso a 2/3 dei livelli di carico partendo dal basso (nota 1) qualora: ■ Sia installato il "corrente a terra", ove non vi siano limitazioni da parte dell'utilizzatore; • Nella movimentazione delle merci il corrente a terra alloggi sempre almeno il 50% dei pallet di progetto.

3	ESITO DEL CONTROLLO POSITIVO + Requisiti 4-5-6-8 di classe 2	L'utilizzo può essere esteso a 2/3 dei livelli di carico partendo dal basso (nota 1) qualora: • Sia installato il "corrente a terra", ove non vi siano limitazioni da parte dell'utilizzatore; • Le sommità dei montanti, in corrispondenza di un nodo della tralicciatura, siano efficacemente collegate in direzione trasversale con elementi tesi-compresi aventi snellezza non superiore a 200; • Nella movimentazione delle merci il corrente a terra alloggi sempre almeno il 50% dei pallet di progetto.
---	---	---

Tabella 5: Interventi minimi di protezione sismica - criteri di miglioramento delle scaffalature in Classe 3

7.2 Interventi sulle scaffalature esistenti

Eventuali interventi di riparazione o locali, di miglioramento e/o di adeguamento sismico delle scaffalature metalliche esistenti possono essere progettati secondo i criteri normativi in precedenza riportati nelle Tabelle 1 e 3.

Gli interventi proposti dovranno includere la risoluzione delle criticità riscontrabili secondo i criteri di controllo riportati al paragrafo § 7.1. Eventuali rinforzi e/o modifiche del comportamento strutturale devono essere conformi alle caratteristiche di regolarità in pianta ed in elevazione della scaffalatura.

Il progetto dei rinforzi, indipendentemente dalla normativa di riferimento adottata, deve tenere conto del livello di conoscenza e dei fattori di confidenza appropriati per una struttura esistente in modo conforme alle indicazioni delle NTC.

Nel caso di scaffalature ricadenti nel campo di applicazione della normativa UNI EN 16681, il comportamento nei confronti delle azioni sismiche può essere classificato esclusivamente come poco dissipativo ("*low dissipative design concept*").

Nel caso di scaffalature ricadenti nel campo di applicazione delle NTC, il comportamento nei confronti delle azioni sismiche può essere valutato assumendo un valore del fattore di struttura conforme al comportamento poco dissipativo delle costruzioni esistenti. Valori superiori del fattore di struttura, corrispondenti ad un comportamento dissipativo, devono essere adeguatamente giustificati su dati sperimentali e/o simulazioni numeriche, in base a cui possono essere dedotti i comportamenti della struttura stessa in rapporto all'applicazione di specifiche forze. Per scaffalature costituite da partizioni e complementi speciali e non facilmente catalogabili perché realizzate *ad hoc* dal fabbricante, oltre alle verifiche basate sulla modellazione sismica, si può fare riferimento a quanto previsto in ALLEGATO A alle presenti Linee Guida relativamente alla determinazione sperimentale delle capacità di elementi prefabbricati. In merito al caso di specie, inoltre, può essere presa in considerazione anche una prova di pushover su campione oggetto di studio come meglio descritta in ALLEGATO B alle presenti Linee Guida.

7.2.1 Interventi di modifica e/o ampliamento

Ampliamenti di scaffalature esistenti, sia in pianta che in elevazione, possono essere realizzati esclusivamente secondo una delle seguenti condizioni:

- Mediante la fornitura e posa in opera di nuove scaffalature strutturalmente indipendenti da quelle esistenti, progettate e realizzate secondo le indicazioni del § 6;
- Mediante la fornitura e posa in opera di nuove scaffalature strutturalmente collegate e collaboranti con quelle esistenti esclusivamente a seguito della verifica di idoneità statica e sismica della struttura modificata, secondo le indicazioni del § 6, e del pieno soddisfacimento dei controlli sulla scaffalatura esistente riportati al § 7.1. Ove necessari, gli interventi di riparazione e/o di adeguamento delle scaffalature esistenti devono essere realizzati contestualmente all'intervento di ampliamento.

Modifiche funzionali, geometriche e di carico (sia in termini di entità che disposizione) di scaffalature esistenti che non richiedono l'aggiunta di nuove spalle devono essere preventivamente autorizzate dal fornitore e/o da un tecnico abilitato a seguito di idonea verifica statica da eseguirsi secondo una delle seguenti condizioni:

- Nel caso di scaffalature progettate e realizzate secondo i criteri antisismici delle presenti linee guida, eventuali modifiche possono essere realizzate esclusivamente a seguito della verifica di idoneità statica e sismica della struttura modificata secondo le indicazioni del § 6;
- Nel caso di scaffalature progettate e realizzate secondo criteri antisismici diversi da quelli riportati nelle presenti linee guida, eventuali modifiche possono essere realizzate esclusivamente nel caso in cui il livello di sicurezza statico/sismico della struttura modificata sia pari o superiore a quello della struttura nello stato attuale. Il livello di sicurezza dovrà essere valutato secondo le indicazioni del § 6;
- Nel caso di scaffalature progettate e realizzate senza criteri antisismici e/o secondo criteri non più documentabili, eventuali modifiche possono essere realizzate esclusivamente nel caso in cui il livello di sicurezza statico/sismico della struttura modificata sia pari o superiore a quello della struttura nello stato attuale. Il livello di sicurezza dovrà essere valutato secondo le indicazioni del § 6;

7.2.2 Interventi di riparazione locale e/o sostituzione

Interventi di riparazione locale e/o sostituzione di elementi strutturali principali di scaffalature esistenti devono essere realizzati preferibilmente con elementi dotati delle medesime caratteristiche geometriche e materiche delle parti originarie.

L'utilizzo di elementi diversi dagli originari per geometria e materiali è ammesso esclusivamente a seguito della verifica di compatibilità dei nuovi elementi con la struttura esistente, valutata secondo le indicazioni del § 6, a cura del fornitore della scaffalatura o di un tecnico abilitato.

Nel caso di scaffalature progettate con criteri antisismici diversi da quelli riportati nelle presenti linee guida, la valutazione di compatibilità statica/sismica deve essere effettuata secondo le indicazioni del § 6 o, in alternativa, secondo i criteri antisismici adottati nella progettazione.

Nel caso di scaffalature progettate senza criteri antisismici e/o secondo criteri non più documentabili, la valutazione di compatibilità statica/sismica deve essere effettuata secondo le indicazioni del § 6.

In nessun caso a seguito dell'intervento di riparazione si possono ottenere livelli di sicurezza statica/sismica inferiore a quelli originari.

7.3 Smontaggio e riuso di scaffalature metalliche

Il rimontaggio di scaffalature usate, in altre parole già precedentemente in esercizio e successivamente smontate, è da considerarsi come una nuova realizzazione.

Pertanto smontaggio e riuso di scaffalature metalliche comunque progettate è ammesso esclusivamente se le condizioni seguenti sono tutte soddisfatte:

- La scaffalatura è dotata delle certificazioni di tracciabilità e di resistenza dei materiali originari in accordo alle normative vigenti secondo le indicazioni del § 6;
- La nuova installazione è conforme alla verifica d'idoneità statica e sismica secondo le indicazioni del § 6;
- In presenza di danneggiamenti e/o lesioni locali secondo i criteri di cui al § 7.1 si realizzano idonei interventi di riparazione, secondo i criteri § 7.4, contestualmente al rimontaggio.

8 Messa in opera delle scaffalature metalliche

Le scaffalature metalliche che rientrano nel campo di applicazione delle NTC, come indicato nella Tabella 1, devono essere messe in opera secondo le indicazioni delle NTC stesse e, ove pertinente, secondo le prescrizioni della UNI EN 1090-2 per la classe di esecuzione prevista. La scaffalatura deve essere oggetto di collaudo statico ai sensi delle normative vigenti per le costruzioni.

Le scaffalature metalliche che rientrano nel campo di applicazione della normativa UNI EN 16681, come indicato nella Tabella 1, devono essere messe in opera secondo le indicazioni delle normative specialistiche di settore previste nelle specifiche contrattuali. La scaffalatura deve essere oggetto di apposita certificazione di regolare installazione rilasciata da un tecnico/validatore qualificato, così come previsto nella pertinente normativa di settore.

ALLEGATI:

ALLEGATO A: Determinazione sperimentale della capacità di elementi prefabbricati.

ALLEGATO B: Procedura sperimentale mediante prova di pushover su campione oggetto di studio

Allegato A: Determinazione sperimentale della capacità di elementi prefabbricati.

E' ammessa la determinazione sperimentale delle resistenze caratteristiche R_i , dei componenti prefabbricati delle scaffalature metalliche in accordo alle indicazioni della UNI EN 1990 e UNI EN 1993-1-1 § 2.5, nonché del § 4.3.10 delle NTC. Nel caso di profilati e lamiere sottili piegati a freddo si devono rispettare le prescrizioni supplementari e le procedure di prova riportate nella UNI EN 1993-1-3 § 9. A integrazione delle indicazioni fornite dalle Normative indicate e per quanto con queste non in contrasto si può fare utile riferimento alle metodologie di prova indicate nella UNI EN 15512.

Allegato B: Procedura sperimentale per prove tipo "Pushover" su campione oggetto di studio

SCOPO DELLA PROVA

Lo scopo della prova è indagare il comportamento globale di una scaffalatura industriale sottoposta oltre ai carichi verticali, a forze orizzontali al fine di simulare l'azione sismica. La prova consente l'individuazione del meccanismo di collasso del campione oggetto di studio e la definizione della relativa curva di capacità. Come di seguito descritto, dalla rielaborazione della curva di capacità è possibile ricavare il fattore di struttura (q) relativo alla prova eseguita.

Il campione di prova è una porzione di struttura rappresentante la configurazione standard della scaffalatura che si vuole caratterizzare. Il campione deve comprendere almeno due campate e un numero di livelli di carico sufficienti per cogliere il comportamento della scaffalatura. Tale numero deve essere individuato da preliminari analisi numeriche.

La prova può essere eseguita per valutare la capacità del campione di scaffalatura sia in direzione longitudinale che trasversale. Nel caso di prova longitudinale l'altezza d'interpiano e la luce delle campate devono essere quelle della configurazione reale, mentre nel caso di prova trasversale possono essere adottate campate di luci inferiori.

Il numero minimo di prove da svolgere sullo stesso tipo di campione è 3, in modo da poter valutare compiutamente il suo comportamento.

DISPOSIZIONI DI PROVA

Durante l'esecuzione della prova, il campione deve essere caricato con appositi blocchi volti a simulare il carico di progetto.

Qualora non sia possibile eseguire la prova vincolando il campione alla pavimentazione in cemento armato mediante i tasselli previsti in fase di progetto, è consentita l'esecuzione della prova collegando il campione ad una base rigida mediante dei bulloni di caratteristiche affini ai tasselli di progetto.

La prova consiste nell'applicare alla struttura un carico laterale distribuito tra i livelli di carico in modo da realizzare una configurazione il più possibile simile alla forma del primo modo di vibrare della struttura.

Per l'applicazione della configurazione di carico possono essere utilizzati in contemporanea più trasduttori di carico ovvero possono essere predisposti appositi ripartitori di carico. In questo caso nella relazione di prova deve essere riportato lo schema statico che dimostri il reale carico applicato alla struttura.

Durante la prova devono essere misurati gli spostamenti di tutti i livelli di carico al fine di poter ricostruire la deformata della struttura. Devono inoltre essere monitorati gli spostamenti dei montanti in direzione trasversale alla direzione di applicazione del carico al fine di cogliere eventuali torsioni della struttura (probabili nel caso di struttura controventata).

Data la complessità della prova e la possibilità che si attivino meccanismi di collasso fragili, devono essere predisposti appositi sistemi di sicurezza.

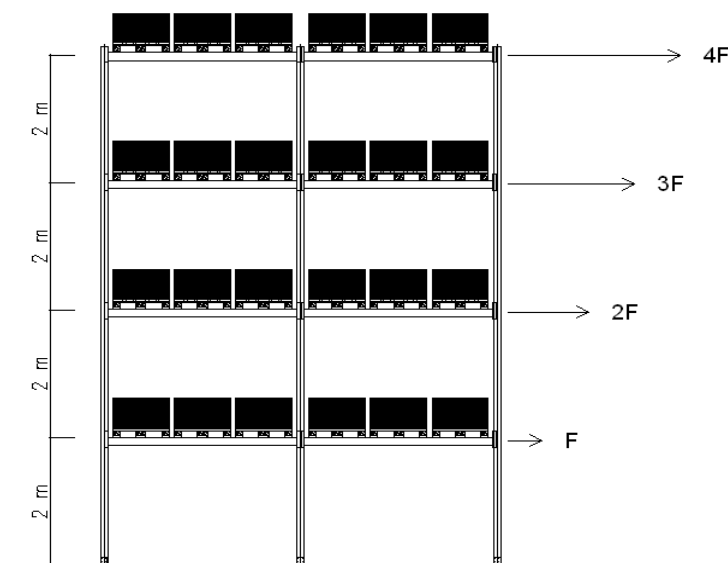


Fig. A1 - Esempio di configurazione di carico

PROCEDURA DI PROVA

Prima dell'inizio della prova, al campione devono essere applicati i carichi variabili di progetto.

Avviata dunque la registrazione di tutti gli strumenti predisposti, il carico laterale viene incrementato in modo statico e rispettando la configurazione di carico prevista in fase di progettazione della prova fino all'attivazione del meccanismo di collasso della struttura. La possibilità di raggiungere elevati livelli di deformazione deve essere garantito dai dispositivi di sicurezza predisposti.

CURVA DI CAPACITÀ

La curva di capacità del campione è ottenuta riportando su diagrammi grafici in ascissa lo spostamento orizzontale (d) del punto di controllo coincidente con l'ultimo livello di carico della scaffalatura e in ordinata il taglio alla base (F).

CALCOLO DEL FATTORE DI STRUTTURA

La resistenza e la capacità di dissipazione di energia propria del campione sono legate alla misura in cui si è sfruttata la sua risposta in campo non lineare. In termini operativi, tale bilancio tra la resistenza e la capacità dissipativa è caratterizzato dal fattore di struttura (q). Il fattore q è definito come il prodotto tra la sovraresistenza (Ω) e il rapporto di duttilità (q_0).

$$\Omega = \frac{F_u}{F_y} ; \quad q_0 = \frac{d_u}{d'} ; \quad q = \Omega \cdot q_0$$

Dove:

- F_y è il taglio alla base corrispondente al limite elastico del campione;
- F_u è il taglio massimo verificato alla base;
- d_u è lo spostamento del punto di controllo verificato in corrispondenza di F_u ;
- d' è lo spostamento derivato dall'intersezione tra la retta passante per l'origine con pendenza pari alla rigidezza iniziale del campione e una retta orizzontale associata ad F_u (vedi Fig.A2).

In accordo alla definizione presentata nelle ECCS45 [1], la forza F_y e il corrispondente spostamento d_y sono ricavati dall'intersezione tra due rette, l'una passante per l'origine con pendenza pari alla rigidezza iniziale del campione, l'altra tangente alla curva di capacità con pendenza pari ad $1/10$ della prima (vedi Fig.A2).

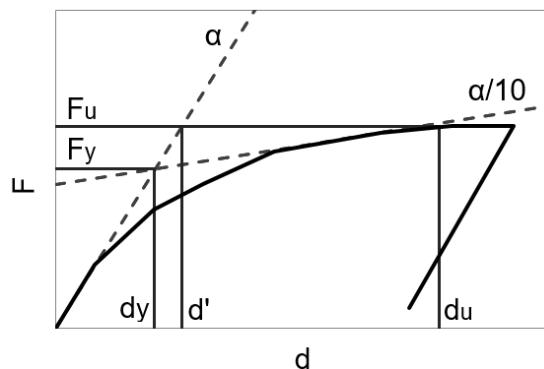


Fig. A2 - Rielaborazione della curva di capacità per il calcolo del fattore di struttura

Il valore del fattore di struttura è calcolato come la media dei valori di q ottenuti dalle prove effettuate sullo stesso tipo di campione (minimo tre valori).

[1] ECCS45: European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Report n°45 "Recommended Testing Procedures for the Steel Structures under Cyclic Loading".