

# Sicurezza e progettazione antisismica delle scaffalature metalliche

**Un riepilogo del quadro generale delle Leggi e delle Norme tecniche che guidano la progettazione di scaffalature sicure in zona sismica. L'adeguamento delle scaffalature esistenti ai nuovi criteri di sicurezza e le linee guida per la valutazione della sicurezza dopo il terremoto**

**Barbara Orsatti**

I drammatici e importanti eventi sismici verificatisi in Emilia Romagna lo scorso anno, hanno riportato nuovamente al centro dell'attenzione dell'opinione pubblica il problema della sicurezza delle costruzioni in aree soggette ai terremoti. La novità rispetto alle tragiche conseguenze del sisma che aveva colpito la città de L'Aquila quattro anni fa, questa volta è consistita nel fatto che in buona parte le zone interessate sono caratterizzate da diffuse attività produttive ed i riflettori sono stati puntati non solo sugli edifici storici nei centri abitati, ma anche sulle strutture più "moderne" e di recente costruzione quali gli edifici industriali, logistici e di immagazzinaggio. Questi edifici sono costituiti in gran parte da strutture in cemento armato prefabbricate ed "autoportanti", dalle quali ci si sarebbero aspettate prestazioni migliori.

In particolare, l'interesse si è rivolto anche a quelle strutture metalliche la cui importanza statica è spesso sottovalutata, in quanto considerate "solo" attrezzature di lavoro, quali le scaffalature industriali.

Si tratta, invece, di strutture vere e proprie, anche se molto particolari, che sopportano carichi verticali elevati a fronte di una massa strutturale propria quasi trascurabile, essendo realizzate con profili sottili e in gran parte forati (mediamente il peso proprio della scaffalatura è inferiore al 5% del carico di progetto). La definitiva entrata in vigore del DM2008, nel luglio 2009, ovvero circa un anno dopo la sua prima pubblicazione, ha ufficialmente sancito il principio che tutto il territorio italiano è zona soggetta a terremoti, anche se di diversa tipologia ed intensità; pertanto la Legge vigente in Italia obbliga sempre a considerare il rischio sismico nella progettazione degli edifici e delle opere strutturali in generale.

Parallelamente, in questi ultimi anni si è assistito ad un incremento della richiesta di "sicurezza" sotto tutti i punti di vista e le figure responsabili della sicurezza negli ambienti di lavoro devono essere sempre più specializzate rispetto ai diversi ambiti inerenti le attività svolte. Per le scaffalature, insieme alle norme per la progettazione, è

stata scritta una norma dedicata all'installazione, uso e manutenzione dei componenti proprio per guidare ed agevolare il compito della figura preposta a garantire la sicurezza delle operazioni di lavoro relative alle scaffalature.

Poiché la stabilità delle scaffalature e delle merci che esse supportano dipende da numerosi fattori non tutti identificabili in modo deterministico - quali il tipo di materiale di cui sono costituiti i pallet, la finitura superficiale delle travi di supporto, le condizioni ambientali del magazzino, l'effettivo peso delle singole unità di carico ed il grado di riempimento della scaffalatura nel momento in cui si verifica l'evento sismico - è quasi impossibile garantire la sicurezza assoluta delle scaffalature rispetto al terremoto, tuttavia molto si può ancora fare per migliorare il mutuo scambio di informazioni tra cliente/proprietario ed il produttore/fornitore al fine di realizzare un'installazione il più possibile rispondente alle reali necessità e condizioni d'uso, garantendo ben precise prestazioni in termini di capacità portante e minimizzando i rischi di caduta delle merci in condizioni dinamiche. L'Associazione ACAI-CISI, da anni promotrice e parte attiva nei settori di ricerca e sviluppo delle tecnologie, metodi di calcolo e nelle attività normative nazionali ed internazionali inerenti le scaffalature, ha deciso di prendere ufficialmente posizione sul mercato diffondendo un documento [1] nel quale vengono espressi i principi basilari della progettazione sicura delle scaffalature.

Alla base del documento vi è la convinzione che, anche se le scaffalature metalliche pesanti non sono espressamente citate nella Legge italiana in vigore per le costruzioni, esse sono comunque strutture di rilevante impegno statico, sono utilizzate in ambienti di lavoro e devono pertanto essere realizzate e commercializzate come prodotti sicuri in relazione al loro uso, compresa la sicurezza in condizioni sismiche.

## **SICUREZZA DEI LUOGHI DI LAVORO E PROGETTAZIONE ANTISISMICA**

La legge sulla sicurezza dei luoghi di lavoro (D.lgs. 81/2008 o Testo Unico) sancisce chiaramente gli obblighi dei datori di lavoro e degli utilizzatori, così come quelli dei fabbricanti e dei fornitori delle attrezzature di lavoro.

Per quanto la responsabilità del datore di lavoro (acquirente della scaffalatura) possa essere ritenuta "prevalente", in quanto egli è il soggetto deputato ad effettuare una corretta e completa analisi dei rischi relativamente alle attività svolte nel proprio ambiente di lavoro ed alle attrezzature utilizzate (ed ha comunque l'ultima parola sull'acquisto), tuttavia, nemmeno il produttore di scaffalature può esimersi dal considerare il rischio sismico, perché egli stesso non può che commercializzare un prodotto sicuro. Il che significa che i prodotti installati in zona sismica debbono essere rispondenti alle norme tecniche applicabili, richiamate qui di seguito (in particolare il D.M. 14.01.2008).

Il fornitore infatti ha l'obbligo di immettere nel mercato prodotti

sicuri in relazione al loro impiego, alle prestazioni richieste e ai rischi connessi alla loro installazione, come descritto dall'Art. 23 del suddetto D.lgs. 81.

Dal momento che la scaffalatura è una struttura che deve sopportare dei carichi, principalmente verticali, ma che può anche essere pericolosamente soggetta ad azioni orizzontali nel caso di un evento sismico, tra questi rischi non si può trascurare la sismicità del luogo dove la scaffalatura sarà costruita.

Si deve però ricordare che i carichi sulle scaffalature non sono fissi e non possono esserlo (caratteristica peculiare di queste strutture è quella di consentire e agevolare le operazioni di stoccaggio e prelievo). Pertanto, quando la struttura oscilla, le unità di carico possono spostarsi, scivolare e anche cadere dai supporti. Attraverso un'adeguata progettazione antisismica, quindi, è possibile evitare il crollo della scaffalatura, ma si può solo ridurre e minimizzare il rischio di caduta delle merci. I primi progetti di norma per la progettazione antisismica delle scaffalature si sono sviluppati partendo proprio dalla necessità di ridurre il rischio di caduta dall'alto dei carichi pesanti.

Nell'effettuare la valutazione di "rischio sismico" di una scaffalatura strutturalmente progettata per resistere al sisma, si devono pertanto considerare i seguenti rischi, da eliminare o mitigare:

- rischio di caduta delle merci dai pallet;
- rischio di scivolamento dei pallet, tale da provocarne la caduta all'interno dello scaffale con conseguente danneggiamento ed eventuale crollo della struttura;
- rischio di scivolamento dei pallet, tale da provocarne la caduta fuori dalle scaffalature nei corridoi di passaggio con possibili danni alle persone.

Se la struttura della scaffalatura non è progettata per resistere al sisma, il rischio principale durante un terremoto è rappresentato da:

- possibilità di cedimento strutturale, ovvero crollo parziale o globale della scaffalatura con danneggiamento delle merci e

possibili danni alle persone che stazionano nelle aree circostanti;

- tutti i rischi di caduta dei carichi sopra elencati

Tutti gli obblighi sopra descritti valgono a prescindere dall'ambito di applicazione della Legge 1086 e della Legge 64, la cui "ampiezza" è soggetta a continui aggiornamenti e/o interpretazioni. Certamente le scaffalature di classe 1 (definizione storica dell'ACAI con la quale si intendono le scaffalature che per tipologia o campo d'applicazione sono assimilabili ad edifici, come i magazzini autoportanti ed i soppalchi), ricadono inderogabilmente nel suddetto ambito di applicazione e pertanto dovranno non solo essere progettate come più sopra ricordato, ma dovranno anche prevedere la "denuncia" delle opere al Genio Civile o all'Ufficio Opere di Interesse Locale (a seconda delle Regioni) con la conseguente nomina delle figure professionali che la legge richiede: Progettista, Direttore dei Lavori e Collaudatore.

Il campo d'applicazione della legge 1086 (e conseguentemente della legge 64) sarà prevedibilmente ampliato, come è implicito nei contenuti dell'ultimo D.M.

Tale norma, infatti, accogliendo i criteri progettuali degli Eurocodici, non contiene più soltanto le prescrizioni riguardanti essenzialmente gli "edifici" in c.a. e/o acciaio, come in passato, ma ha ampliato notevolmente i suoi contenuti, occupandosi di molti altri materiali e di "strutture" in generale, comprendendo di conseguenza qualsiasi genere di "steelworks" (Eurocodice 3) e quindi anche le scaffalature.

## PROGETTAZIONE STRUTTURALE DELLE SCAFFALATURE

### Obblighi di Legge

Il Ministero del Lavoro, a suo tempo interpellato in merito alla questione delle norme applicabili per la progettazione delle scaffalature metalliche, nella lettera circolare n° 21346 del 13/09/1995, ha definito "sicuro" un prodotto progettato secondo la seguente gerarchia di norme tecniche:

- 1) normativa comunitaria cogente, se esi-



Fig. 1 - Magazzino portapallet con trasloelevatori.

stente;

- 2) leggi e norme tecniche nazionali cogenti, se esistenti;
- 3) norme di rango superiore emanate a livello europeo, come le norme EN, se esistenti;
- 4) norme emanate a livello nazionale, come le norme UNI, se esistenti;
- 5) norme volontarie di "buona tecnica", emanate da Enti e/o Associazioni di Produttori a livello europeo o italiano, se esistenti.

Nel caso delle scaffalature metalliche, le norme applicabili, contenenti le istruzioni indispensabili per la corretta progettazione in zona sismica, sono essenzialmente le seguenti:

- 1) D.M. 14.1.2008
- 2) Norme EN, tra le quali la EN 15512
- 3) UNI-TS 11379:2010
- 4) Norme FEM Serie 10  
(ad esempio la FEM10.2.08)

Questa gerarchia può essere applicata in modo specifico per le scaffalature portapallet che, essendo la tipologia di scaffalature più diffusa e storicamente più studiata, dispone di un corpo normativo completo; la procedura è la seguente:



Fig. 2 - Drive-in.

- la zonazione sismica, le caratteristiche del terreno e l'intensità del terremoto si ricavano dal DM;
- i criteri di progettazione antisismica si ricavano dalla UNI-TS, che è la norma redatta appositamente per trasferire i criteri generali del DM al mondo peculiare delle scaffalature porta-pallet;
- i criteri per la sperimentazione e le formule di verifica si ricavano dalla EN15512.

Per le altre tipologie di scaffalature, per le quali attualmente non si dispone di una norma specifica di progettazione antisismica, si può procedere in modo analogo, ricavando ove possibile i criteri di progettazione antisismica per estensione/analogia dalla UNI-TS dei porta-pallet (ciò può essere fatto, per esempio, per le scaffalature drive-in); qualora questa modalità non risulti applicabile ci si deve riferire, con scelte in favore di sicurezza, ai criteri generali per la progettazione delle strutture in acciaio contenuti nello stesso DM (questo è il caso, per esempio, delle scaffalature cantilever); i criteri per la sperimentazione e le formule di verifica si ricavano dalle FEM corrispondenti e nel caso in cui non esistono norme FEM specifiche, si adottano i criteri di progettazione delle strutture in acciaio generiche.

L'ACAI non ha finora sviluppato regole specifiche per le scaffalature di classe 3, in considerazione del fatto che sono prodotti di piccole dimensioni e limitato impegno statico, assimilabili ad elementi di arredo. Tuttavia,

nell'ottica di fornire comunque un prodotto sicuro, anche in questo caso la concezione del prodotto dovrà essere conseguenza di una progettazione strutturale conforme alle regole di buona tecnica, lasciando ai singoli produttori la modalità con cui dimostrarne la capacità portante, applicando i metodi ritenuti più appropriati, anche attraverso apposite prove sperimentali di verifica e/o validazione del comportamento antisismico.

### **CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE IN RELAZIONE ALLE MERCI ED AL FUNZIONAMENTO STRUTTURALE**

Come più sopra accennato, le scaffalature industriali, realizzate con profili sottili in acciaio formati a freddo e perforati in continuo, collegati con sistemi a gancio diversi da produttore a produttore, possono essere realizzate secondo tipologie strutturali molto diverse, definite e classificate in funzione del tipo di merce da immagazzinare e della modalità di gestione delle merci stesse.

Le tipologie principali e più diffuse sono:

- porta pallet regolabili (merci su pallet direttamente accessibili);
- drive-in e drive-through (merci su pallet con stoccaggio in profondità);
- cantilever (unità di carico lunghe);
- scaffali a ripiani (unità di carico "leggere", in scatole o comunque piccoli pezzi, movimentate manualmente).

Date le differenti caratteristiche strutturali delle tipologie sopra elencate anche il loro comportamento sotto l'effetto di un sisma non può essere generalizzato.

Per la corretta progettazione, o la definizione di interventi di adeguamento, è necessario pertanto conoscere tali caratteristiche (le principali sono descritte nel seguito) e valutarle opportunamente insieme alle caratteristiche delle unità di carico.

La scaffalatura porta-pallet (figura 1) è generalmente caratterizzata da un comportamento a telaio in direzione longitudinale (piano frontale della scaffalatura) ed uno "reticolare" in direzione trasversale (spalle). I telai longitudinali sono "a nodi semirigidi" per le caratteristiche dei collegamenti, sia

alla base che nei nodi corrente-montante.

La scaffalatura drive-in (figura 2) è caratterizzata da un comportamento tridimensionale; in direzione parallela ai tunnel di carico, i montanti appartengono alle spalle tralicciate, tra loro collegate dalle guide di supporto dei pallet; in direzione perpendicolare alle spalle, invece, la stabilità dei montanti e la stabilità globale della struttura è garantita da sistemi di controvento verticali ed orizzontali e dall'eventuale collegamento semirigido offerto dalle travi di legatura sommitali. Generalmente i sistemi di controvento sono costituiti da tunnel di controvento (dove un tunnel di carico viene sacrificato per collocare spalle con funzione di controventi verticali per ogni allineamento di montanti) o da controventi "ad L" ove il controvento verticale è posizionato nel piano posteriore del blocco ed il piano sommitale a cui sono vincolati i montanti è irrigidito da un'opportuna controventatura di piano). Il comportamento sismico di questo tipo di struttura pertanto è fortemente influenzato dagli effetti torsionali provocati dalla disposizione dei controventi rispetto alla geometria del blocco di scaffalatura.

La scaffalatura cantilever (figura 3), isostatica, è caratterizzata da un comportamento a mensola in direzione trasversale (struttura ad albero costituita dalla colonna e dalle mensole orizzontali, o bracci, che suppor-



Fig. 3 - Scaffalature cantilever per supporto barre.



tano i carichi); in direzione longitudinale le colonne sono collegate e stabilizzate da campi di controventi verticali. Per la particolare configurazione "ad albero" individuabile nel piano delle mensole, la deformabilità nel piano trasversale è molto elevata e particolare attenzione deve essere posta alla valutazione della freccia orizzontale della colonna al fine di non pregiudicare la fruibilità dei piani di carico, soprattutto nel caso di magazzini automatici.

La scaffalatura a ripiani (figura 4), comunemente detta anche "scaffalatura leggera" in relazione al fatto che nasce per immagazzinare carichi leggeri ovvero movimentati manualmente, è caratterizzata da un comportamento a telaio o controventato in direzione longitudinale (piano frontale della scaffalatura) ed uno "reticolare" o a telaio in direzione trasversale (spalle). Nel caso non controventato i telai longitudinali sono "a nodi semirigidi" per le caratteristiche dei collegamenti dei nodi corrente-montante. In questo caso la merce non è organizzata su pallet ma è costituita da piccoli parti o sistemata in scatole, ed è quindi supportata da ripiani. Anche se il peso totale dei carichi per ripiano è quasi di un ordine di grandezza inferiore a quello che si ha sulle scaffalature cosiddette pesanti, e quindi si potrebbe pensare a queste scaffalature come a semplici elementi di arredo, tuttavia spesso

esse realizzano sistemi di immagazzinaggio multipiano con passerelle, con presenza di persone, che possono globalmente arrivare a 10 m di altezza. In tal caso il progetto normalmente ricade nell'ambito di applicazione della Legge 1086 e la necessità di disporre di regole di progettazione adeguate per garantire la sicurezza antisismica di queste scaffalature è ancora più evidente.

#### CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

Caratteristica comune a tutte le tipologie di scaffalature è l'elevata deformabilità, dovuta alla snellezza dei profili ed ai collegamenti semirigidi, per cui nella maggior parte dei casi queste strutture devono essere studiate tenendo conto dei fenomeni del secondo ordine. Ad eccezione delle scaffalature progettate recentemente, in generale le scaffalature esistenti, soprattutto se risalenti a più di una decina di anni fa, non sono state concepite con criteri antisismici. È importante ad esempio notare che l'eventuale presenza di controventi non è implicita garanzia di un'adeguata resistenza sismica; se i controventi sono stati dimensionati per le sole condizioni di esercizio (i controventi sono un componente quasi sempre necessario per la stabilità globale delle strutture drive-in e cantilever anche in condizioni statiche) possono essere inadeguati a sostenere elevate azioni orizzontali quali quelle sismiche.

In realtà possono anche diventare dannosi, poiché la loro presenza aumenta la rigidità della scaffalatura, e quindi provoca un assorbimento di azioni orizzontali più elevate da parte della struttura, che però non è dotata della resistenza necessaria, tantomeno di un'adeguata duttilità e sovra resistenza dei collegamenti. Il sistema di controvento, verticale e di piano, deve pertanto essere opportunamente dimensionato in funzione delle azioni sismiche di progetto per il sito in cui la struttura verrà installata.

Le norme e raccomandazioni specifiche per la progettazione delle scaffalature, infatti sono state ufficialmente approvate e pubblicate nel 2009-2010. Tenendo conto delle particolari caratteristiche dei profili e dei collegamenti tipici delle scaffalature (profili formati a freddo, nodi semirigidi), la progettazione antisismica di una scaffalatura standard si basa sul concetto di bassa duttilità. Strutture e controventi ad alta dissipazione possono essere progettati solo utilizzando sistemi costruttivi e profili in acciaio tradizionali. Con l'esperienza acquisita negli ultimi anni attraverso la ricerca antisismica europea SEISRACKS (la seconda fase della quale è attualmente in corso) tuttavia si è potuto verificare che le scaffalature possiedono una intrinseca possibilità di dissipare energia (attraverso il movimento delle merci all'interno delle confezioni su pallet, del movimento



Fig. 4 - Scaffalature leggere con passerella.



Fig. 5 - Soppalco con scala.

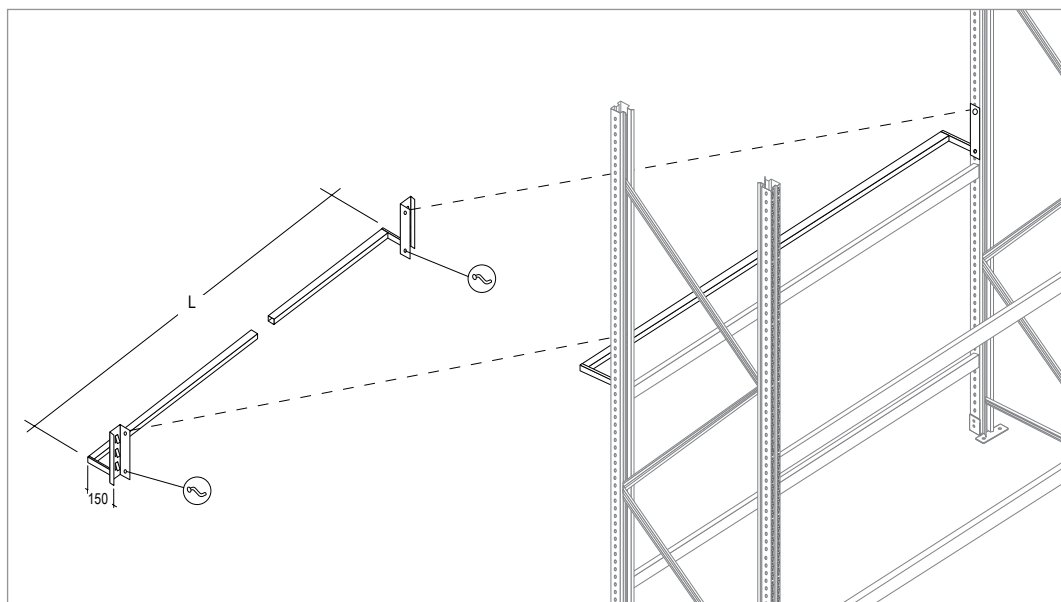


Fig. 6 - Fermapallet posteriore.

dei pallet stessi sulle travi, dell'attrito, delle cedevolezza dei collegamenti) che consente di definire coefficienti specifici per il calcolo della risposta sismica strutturale.

Questi documenti mettono in luce diversi aspetti della sicurezza durante un terremoto; infatti, una progettazione antisismica vera e propria, oltre a garantire la necessaria resistenza e duttilità strutturale deve obbligatoriamente prevedere la dotazione di accessori capaci di limitare lo scivolamento e

la caduta accidentale dei pallet.

Sistemi di questo tipo sono realizzabili inserendo ad esempio un terzo corrente, reti metalliche o telai di piano tra le travi portapallet, realizzando un piano di sostegno supplementare nel caso i pallet dovessero spostarsi sulle due travi fino a perdere un appoggio; in alternativa si utilizzano elementi ferma-pallet posteriori come correnti (figura 6) o reti metalliche verticali (nei drive-in), o correnti longitudinali aggiuntivi e reti tra i

bracci dei cantilever.

Gli altri aspetti evidenziati nella norma di progettazione delle scaffalature porta pallet poiché condizionano il progetto di una scaffalatura antisismica, sono le tipologie e condizioni di carico e le cosiddette "condizioni al contorno", ovvero le caratteristiche dell'edificio che ospita le scaffalature.

Le unità di carico in generale sono costituite da merci su pallet, ed hanno pertanto dimensioni, peso e composizione ben definiti, che devono essere chiaramente dichiarati ai fini del progetto; ad esempio la massa sismica dell'unità di carico dipende sia dal peso che dal comportamento della merce stoccata. Poiché la massa sismica della scaffalatura è sostanzialmente costituita dal peso della merce, la definizione precisa del peso delle unità di carico è essenziale per una corretta progettazione. Si tenga presente inoltre che a volte sovrastimare i pesi può essere controproducente; l'aumento di massa infatti provoca un aumento del periodo di vibrazione della struttura, che nei casi di scaffalature molto flessibili può riflettersi in una diminuzione dell'azione sismica assorbita. Il tipo di materiale con cui sono realizzati i pallet determina inoltre la facilità di scivo-

#### RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI

- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81: "Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro" e successive circolari applicative.
- DECRETO 14 gennaio 2008, n. 30: "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e successive circolari applicative.
- Legge 5 novembre 1971 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e pre-compresso e da struttura metallica"
- Legge 2 febbraio 1974 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

#### NORME DI RIFERIMENTO SPECIALISTICHE

##### Norme "di buona tecnica" sulle scaffalature ad oggi disponibili

- EN 15512:2009 "Steel static storage systems – Adjustable Pallet racking systems – Principles for structural design"
- EN 15629:2009 "Steel static storage systems – Specification of storage equipment"

- EN 15635:2009 "Steel static storage systems - Application and maintenance of storage equipments"
- EN 15620:2009 "Steel static storage systems - Adjustable Pallet racking – Tolerances, deformations and clearances"
- FEM 10.2.08 "Recommendations for the design of static steel pallet racks in seismic conditions" - Version 1.04 – May 2011

##### Norme di progettazione antisismica applicabili in Italia

- UNI/TS 11379: 2010 "Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet" (questa specifica tecnica riprende la definizione dell'azione sismica sul territorio nazionale stabilita dal D. M. 14/01/2008 integrata con le regole specifiche per le scaffalature delle norme europee)

##### Norme di "buona tecnica" antisismiche in corso di redazione

- Nuova norma EN "Seismic design of pallet racks" (a cura del gruppo di lavoro WG5 del CEN –TC344)

lamento e/o ribaltamento e/o caduta delle merci. Le condizioni di confezionamento delle merci stesse devono garantire che l'imballaggio non si rompa mai per tutte le situazioni previste nell'analisi dei rischi della scaffalatura. A volte, le merci sono contenute in contenitori e/o scatole, o sono "sciolte" e stoccate su appositi ripiani. Le scaffalature, essendo utilizzate nei magazzini o al servizio dei reparti di produzione o ancora nelle aree di distribuzione e spedizione, sono normalmente collocate al piano terra di edifici industriali e capannoni. Tuttavia a volte i magazzini sono collocati su piani in elevazione dell'edificio che li ospita; in questo caso, nella determinazione delle azioni sismiche sulle scaffalature è molto importante considerare l'amplificazione trasmessa dalla vibrazione dell'edificio stesso.

Le scaffalature sono installate su pavimenti industriali in calcestruzzo (con o senza armatura o rete o fibro-rinforzato). Tale pavimentazione costituisce una vera e propria fondazione per la struttura ed in condizioni sismiche non può fornire solo un vincolo di semplice appoggio, poiché è necessario che le scaffalature siano adeguatamente ancorate rispetto al sollevamento ed al ribaltamento; pertanto le caratteristiche della pavimentazione (spessore, classe del calcestruzzo, armatura) che determinano la resistenza del sistema di ancoraggio, costituito da uno o più tasselli meccanici o chimici, sono fondamentali per la stabilità della struttura. Le scaffalature non devono essere collegate a nessun elemento dell'edificio che le circonda. La distanza tra scaffalatura ed edificio deve essere sufficiente a scongiurare fenomeni di martellamento in caso di sisma. Se la scaffalatura è collegata a parti dell'edificio, entrambi devono essere stati appositamente progettati per questa funzione, anche in condizione sismica.

## **ADEGUAMENTO DELLE SCAFFALATURE ESISTENTI**

### **Linee guida**

Per le scaffalature esistenti in zona sismica, sulle quali sono richieste valutazioni di

idoneità sismica ed interventi di "primo" adeguamento, valgono le regole espresse nel documento del CS.LL.PP. del 22 giugno 2012 "Linee guida per la valutazione della vulnerabilità e criteri per il miglioramento delle costruzioni ad uso produttivo in zona sismica", valide nel periodo dell'emergenza.

Al di fuori dell'emergenza e, in generale, per un adeguamento definitivo in tutte le zone sismiche italiane, si attendono nuove apposite istruzioni da parte del CS.LL.PP. in corso di redazione. La novità delle linee guida consiste nel fatto che per la prima volta un documento legale dello Stato sancisce dei principi univoci sulla valutazione della capacità portante delle scaffalature, con particolare riferimento alle condizioni sismiche, individuandone le peculiarità e riportando un elenco di norme di riferimento da applicare (vedi box pag. 70). Si deve però notare che attualmente esiste un corpo completo di norme solo per la progettazione, uso e manutenzione delle scaffalature portapallet. Per le altre tipologie di scaffalature industriali si devono applicare ove possibile i criteri di progettazione antisismica ricavati per estensione e analogia dalla UNI/TS 11379; ove questi non risultino applicabili in toto o parzialmente, si deve fare riferimento, con scelte cautelative, ai criteri generali per la progettazione di strutture in acciaio contenute nello stesso DM 14/1/2008. I criteri per la sperimentazione e i procedimenti di verifica si ricavano, in assenza di Norma di rango superiore, dalle Norme FEM corrispondenti e, nel caso non esistano Norme FEM specifiche, si adottano i criteri generali di progettazione delle strutture in acciaio.

Le linee guida, anche se emesse come provvedimento straordinario per far fronte all'emergenza verificatasi in Emilia, riportano indicazioni e principi generali utili sia per i tecnici che per gli utilizzatori per la valutazione della sicurezza delle scaffalature esistenti dopo un evento sismico e mettono in evidenza i punti critici di queste strutture.

L'approccio proposto in questo documento è molto interessante, perché facilita l'individuazione, con schemi e tabelle, dei danni

che possono subire le scaffalature durante un evento sismico, delle verifiche che devono essere eseguite e le conseguenti azioni da intraprendere.

In questo percorso, il tecnico può imparare a riconoscere le peculiarità delle scaffalature e le conseguenze delle scelte progettuali.

### **Danni alle scaffalature**

Durante un terremoto, se la scaffalatura è molto carica e le merci non scivolano dalle travi di sostegno, si verificano le massime azioni orizzontali ed il danneggiamento degli scaffali può pertanto aumentare fino a causarne il collasso; inoltre le merci possono diventare instabili sopra o in prossimità delle scaffalature collassate, e quindi possono a loro volta spostarsi, provocando situazioni di pericolo per lo scaffale, l'edificio e le persone. Anche i pallet e le merci sui pallet, nonché le eventuali protezioni, possono danneggiarsi; questo può rappresentare un pericolo anche quando gli elementi strutturali degli scaffali non risultano danneggiati.

### **Esame visivo dopo un terremoto**

Dopo l'evento sismico, ogni scaffale deve essere esaminato in modo dettagliato e tutti i seguenti aspetti devono essere considerati: il sistema strutturale nel suo complesso, le posizioni in cui i danni risultano più critici (ganci dei connettori corrente-montante, collegamento bullonato delle diagonali delle spalle, piastre di base ed ancoraggi, collegamenti dei controventi), la posizione delle merci sugli elementi di appoggio al fine di identificare le unità di carico pallet cadute o in equilibrio instabile, o che hanno subito uno spostamento eccessivo e che possono cadere durante una scossa di assestamento.

### **Azioni da intraprendere**

Il tema della progettazione strutturale in zona sismica è comunque molto complesso ma lo è in particolar modo per le scaffalature, che sono caratterizzate da comportamenti a volte molto diversi da quelli delle strutture in acciaio tradizionali. Nel caso in cui si evidenzino gravi danni strutturali, le linee guida



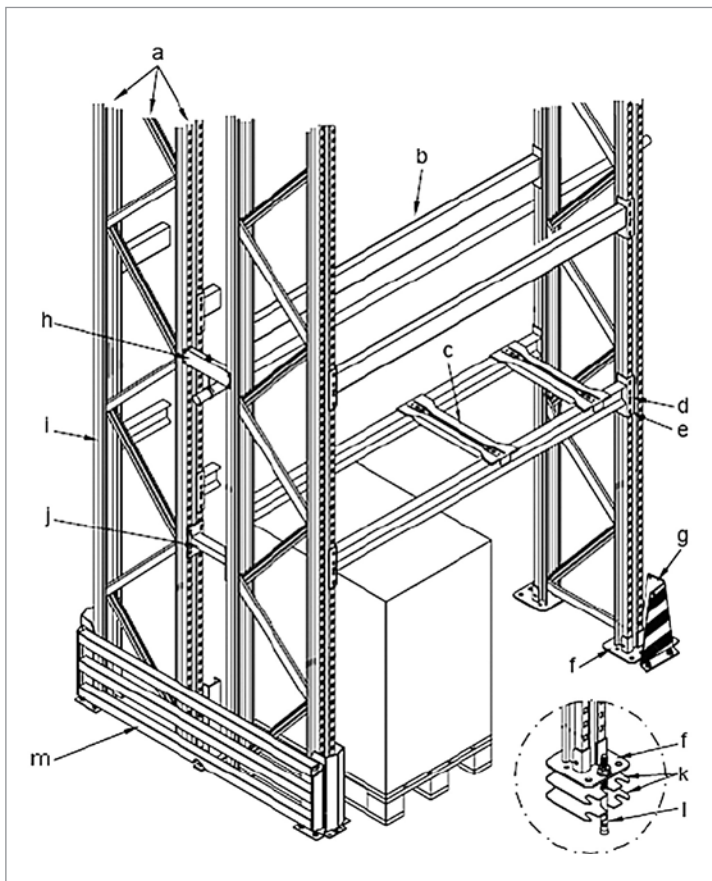


Fig. 7 - Scaffalatura portapallet. Componenti generali ed accessori. Legenda: a) spalla, b) corrente, c) elemento di ripartizione, d) connettore, e) spina antigancio, f) piastra di base, g) paracolpi, h) supporto per sprinkler, i) montante, j) distanziale, k) piastra, l) spessoramento, l) tassello di ancoraggio, m) barriera di protezione.

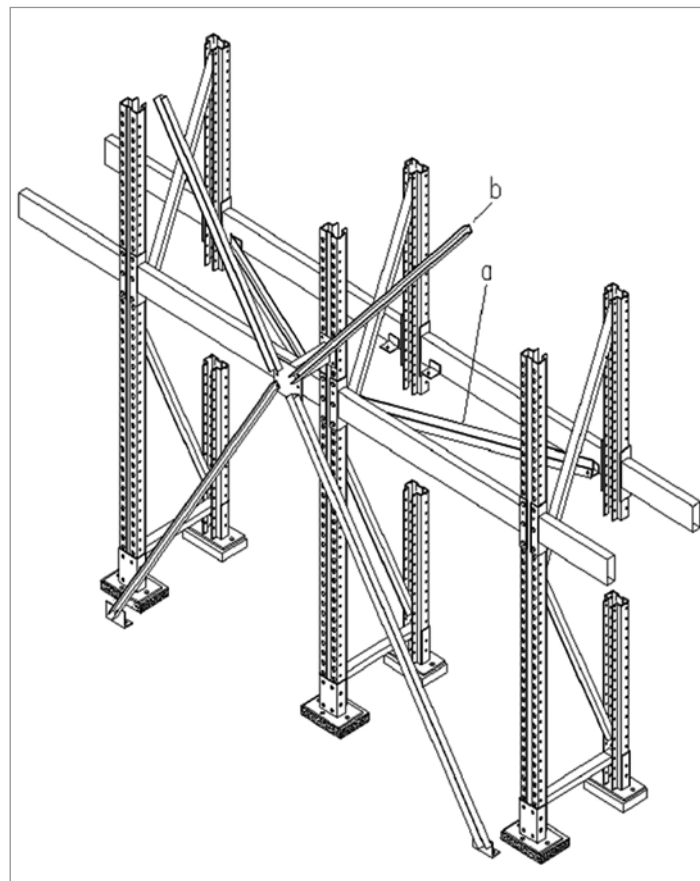


Fig. 8 - Scaffalatura portapallet. Esempio di schema di controvento verticale (b) ed orizzontale (a).

prescrivono che venga effettuata una valutazione dettagliata da parte di un ingegnere strutturista esperto in scaffalature sulla capacità portante residua delle scaffalature stesse. Comunque deve sempre essere impedito l'accesso a personale non qualificato a intervenire nei corridoi dove si è verificata caduta di materiali e nei corridoi adiacenti alle scaffalature danneggiate o comunque inclinate. In generale, i magazzini con scaffali danneggiati devono essere considerati come "a utilizzo limitato" avendo cura di impedire l'accesso alle zone a rischio. Gli scaffali possono rientrare nella categoria "a utilizzo limitato" anche se sono danneggiati, purché vengano messe in atto le dovute precauzioni).

### Sviluppi futuri

Sebbene le assunzioni di base della progettazione delle scaffalature siano fondate sui principi comuni della scienza delle costruzioni, e sui metodi riconosciuti nelle moderne norme europee (Eurocodici strutturali)

ed italiani (DM14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni"), un progetto realistico di una scaffalatura deve essere impostato anche su informazioni specifiche di questi prodotti. Il comportamento e le caratteristiche dei componenti e dei collegamenti delle scaffalature sono stati progressivamente determinati nel corso degli ultimi vent'anni di studi attraverso estese campagne sperimentali promosse dai produttori di scaffalature, associatisi in Italia nell'ACAI-CISI e a livello europeo nella ERF (European Racking Federation). Dalla proficua collaborazione tra Esperti, Produttori, Università sono state realizzate campagne sperimentali e studi che hanno consentito la stesura delle norme europee per la progettazione delle scaffalature porta pallet in condizioni "normali". Attualmente è in corso la ricerca SEISRACKS2, nuovamente finanziata dalla Comunità Europea per completare gli studi sul comportamento sismico delle scaffalature e supportare le scelte tecniche ripor-

tate nelle raccomandazioni FEM10.2.08 e nella norma italiana UNI11379. I risultati di tali ricerche dovranno confluire nella nuova norma sismica europea sulle scaffalature, oggetto di stesura in sede CEN da parte del gruppo di lavoro WG5. La Norma europea sarà il documento che meglio rappresenterà lo stato dell'arte delle conoscenze in questo campo e dovrebbe pertanto divenire il riferimento tecnico ufficiale per la progettazione delle scaffalature porta pallet e la base di partenza per la stesura di norme analoghe per le altre tipologie di scaffalature.

**dr. ing. Barbara Orsatti**

*SCL – Ingegneria strutturale. Coord. Tecnico ACAI-CISI Gruppo scaffalature metalliche*

### Bigliografia

[1] ACAI - SEZIONE SCAFFALATURE METALLICHE: "Linee guida per la progettazione ed esecuzione di scaffalature metalliche in zona sismica" ed. 31/10/2012