CONVEGNO

`SISMA ED ELEMENTI NON STRUTTURALI

Approcci, Stati Limite e Verifiche Prestazionali´

Bologna – 24 ottobre 2014

ELEMENTI NON STRUTTURALI IN EDIFICI DESTINATI A GRANDE DISTRIBUZIONE ORGANIZZATA, MALL ED IPERMERCATI IN ZONA SISMICA

Ing. Roberto Scotta

Dipartimento ICEA

Università di Padova

roberto.scotta@dicea.unipd.it

INTRODUZIONE

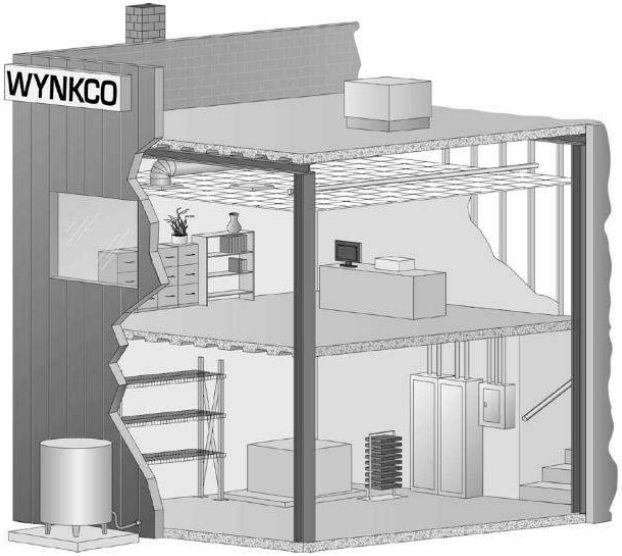
Successivamente gli eventi sismici del maggio 2012, che hanno colpito gran parte dell'edilizia produttiva dell'Emilia Romagna, le scaffalature per lo stoccaggio delle merci e dei prodotti sono diventate oggetto di massima attenzione in tutto il territorio italiano, in gran parte classificato a rischio sismico.

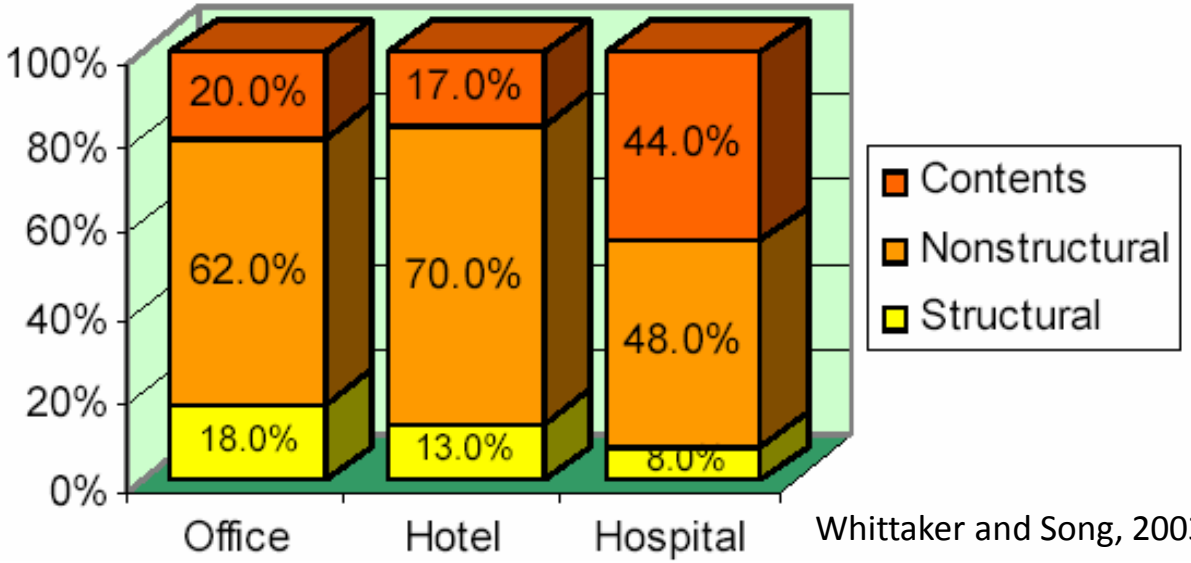
Il sisma ha reso evidente le inadeguatezze strutturali e la vulnerabilità delle scaffalature ai carichi dinamici, evidenziando tutte le problematiche relative agli aspetti economici e di sicurezza collegati ad un loro eventuale collasso parziale o totale (danneggiamento delle merci, alle persone, alle strutture principali, ecc.)

Dato che le scaffalature industriali sono per lo più strutture di grandi dimensioni soggette a carichi elevati ed in stallate in luoghi di lavoro o in locali accessibili al pubblico, è fondamentale garantirne la sicurezza in tutte le fasi della loro vita utile.

INTRODUZIONE

Negli edifici sedi di attività, in particolare in quelli commerciali, il valore del contenuto può superare di gran lunga quello della costruzione:





Whittaker and Song, 2003

I danni derivanti un inadeguato comportamento sismico delle scaffalature - che possono causare morte/ferimento di persone, perdita di merce e mezzi, fermo di attività - possono essere molto gravi ed ingenti, se non irreparabili,

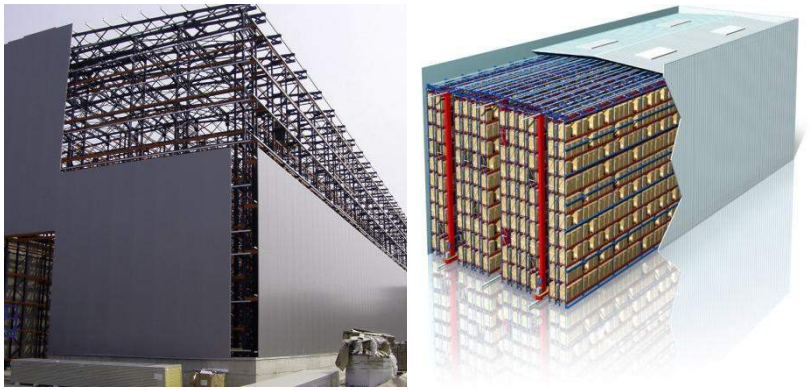
…. **e possono risultare ingenti anche per eventi sismici con basso Tr**.

Performance of Non-structural Elements in Recent Earthquakes

- 2010 Maule, Chile Earthquake
  - Impact of non-structural damage on airports
    - US$40 million for repairs of non-structural damage at SCL.
    - US$10 million loss to Lan Airlines.
    - Two thirds of the Chilean air traffic interrupted for several days.

A. Filiatrault, keynote lecture Anidis 2013 Padova

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE



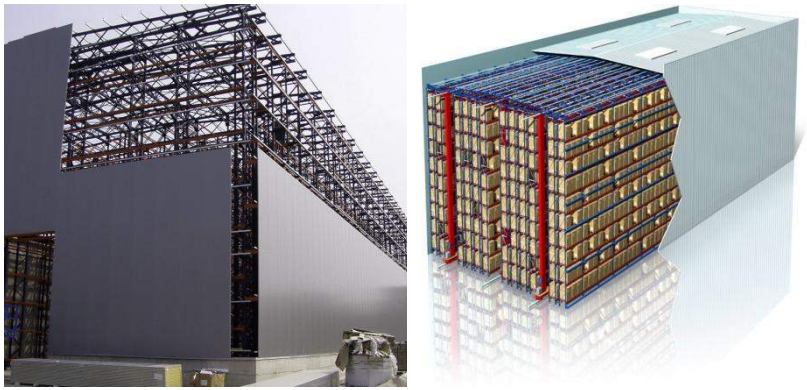
Scaffalature industriali autoportanti

Scaffalature industriali e da interni

Sisma Emilia 2012 – Collasso S. Agostino

Damage to overloaded racks during the 1994 magnitude-6.7 Northridge Earthquake *(FEMA 460, 2005).*

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE



Scaffalature industriali autoportanti

Magazzini autoportanti / Soppalchi

Sono considerate delle vere e proprie costruzioni, Magazzini autoportanti, soppalchi e in generale scaffalature di notevole importanza statica, che costituiscono direttamente la struttura portante di edifici o di parti di essi. Tali strutture ricadono nell'ambito di applicazione della Legge 1086/71, pertanto risulta obbligatorio redigere un progetto strutturale ed il deposito presso la struttura competente.

Scaffalature industriali e da interni

Scaffalature industriali pesanti/leggere

Scaffalature leggere: sono assimilabili ad arredi

Scaffalature pesanti: destinate allo stoccaggio di merci nei magazzini, indipendenti dalle strutture portanti dell'edificio in cui sono collocate, soggette a carichi considerevoli movimentati con attrezzature meccaniche (porta-pallet, drive-in , drive-through, cantilever, scaffalature a gravità). Sono assimilate ad attrezzature da lavoro e quindi ricadono esclusivamente nell'ambito di applicazione de D.Lgs. 81/2008. Il D.Lgs. 81/2008, algli artt. 22 e 23 impone comunque l'obbligo al produttore di garantire la sicurezza e la stabilità delle strutture e al titolare dell'attività di garantire l'incolumità dei lavoratori e dei clienti.

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE

Si tratta di strutture di grandi dimensioni, soggette a carichi elevati, installate in ambienti di lavoro o in locali aperti al pubblico (per esempio aree dei centri commerciali destinate al retail). E' importante garantirne la sicurezza in tutte le condizioni che si possono verificare durante la loro vita.

La Legislazione Italiana tratta in modo diverso le scaffalature industriali e i magazzini autoportanti.

I magazzini autoportanti sono fatti ricadere nell'ambito della normativa sugli edifici (la circolare del Servizio Tecnico Centrale del Min. LL.PP del 14/2/1974 Prot. N. 11951 cita i "magazzini" come esempio di opere ricadenti nell'ambito di applicazione della Legge 1086/71)

Le scaffalature sono assimilate ad "attrezzature di lavoro", e ricadono solo nell'ambito della Legislazione sulla sicurezza dei posti di lavoro (D. Lgs. 2008 /81). *Le specifiche prestazionali e le norme/direttive tecniche cui conformarsi sono definite dal rapporto contrattuale fra Committente e Produttore.*

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE

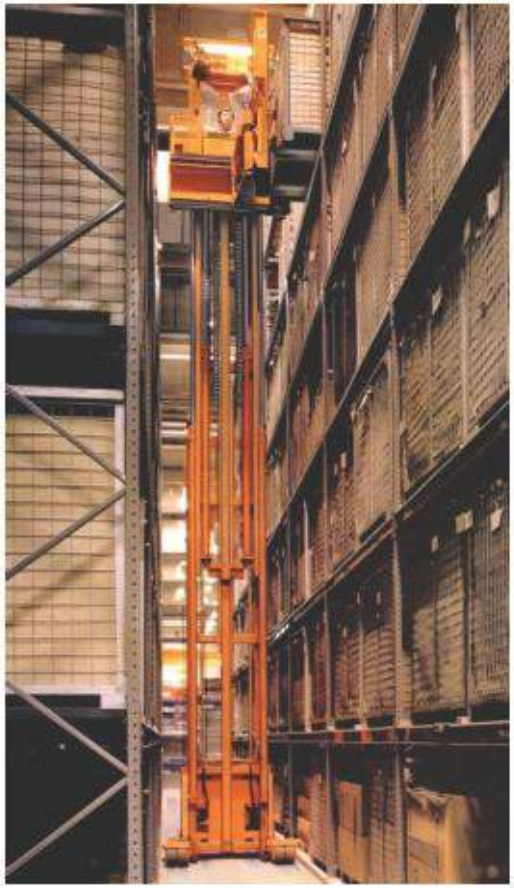
Adjustable pallet rack (APR)

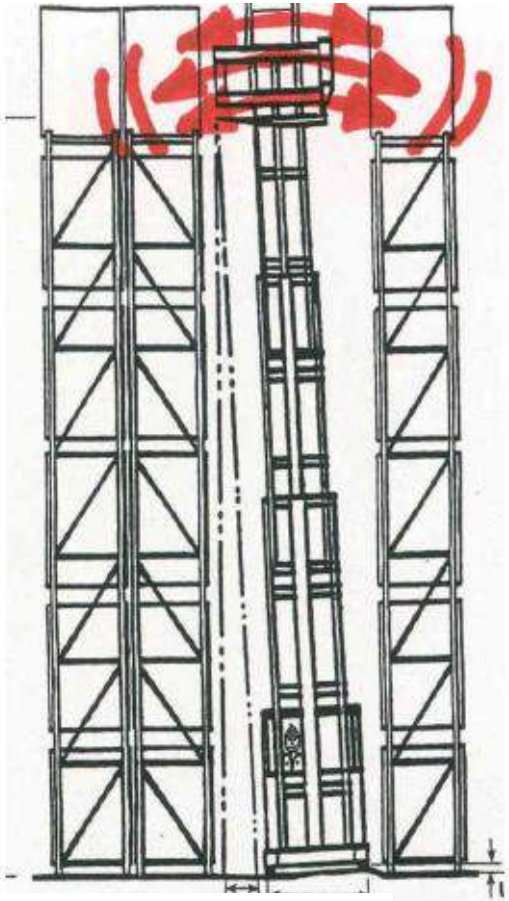
Drive-in rack

Advanced dynamic drive-through storage

Cantilever rack

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE





a) Man-up operation

b) Dynamic effect

Fig. 5 Pallet rack operated by a Very Narrow Aisle truck

Fig. 6 Pallet rack operated by a stacker crane

CLASSIFICAZIONE DELLE SCAFFALATURE

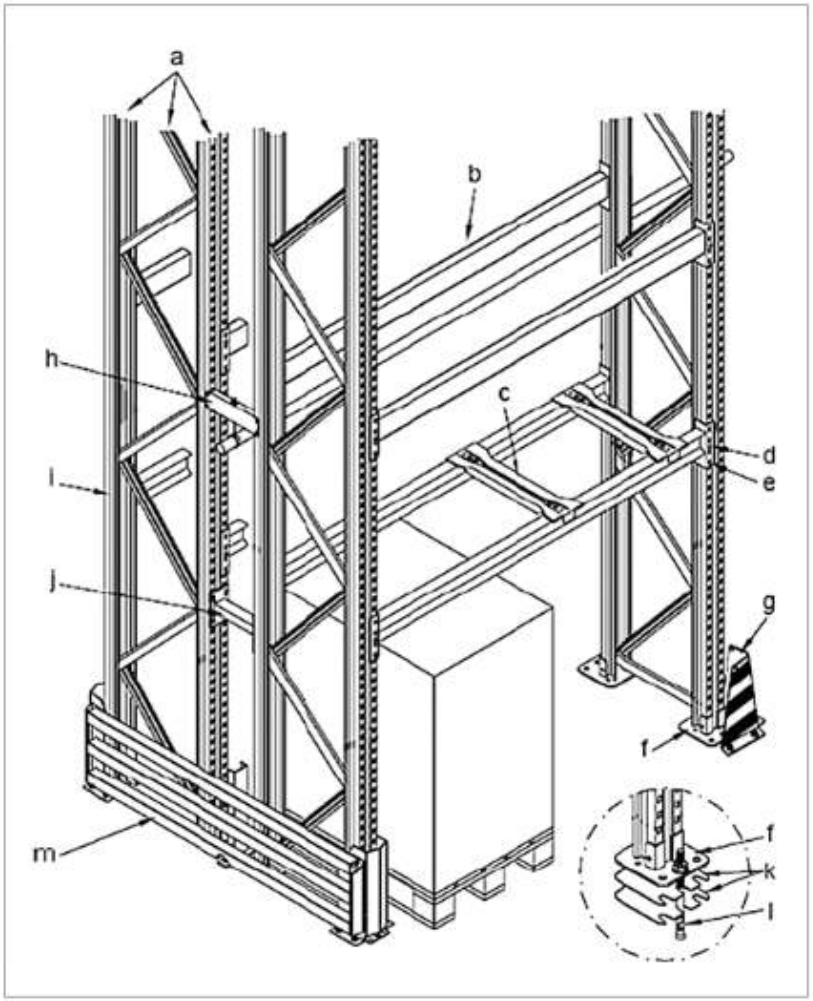


Fig. 7 - Scaffalatura portapallet. Componenti generali ed accessori. Legenda: a) spalla, b) corrente, c) elemento di ripartizione, d) connettore, e) spina antisgancio, f) piastra di base, g) paracolpi, h) supporto per sprinkler, i) montante, j) distanziale, k) piastra, i) spessoramento, l) tassello di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

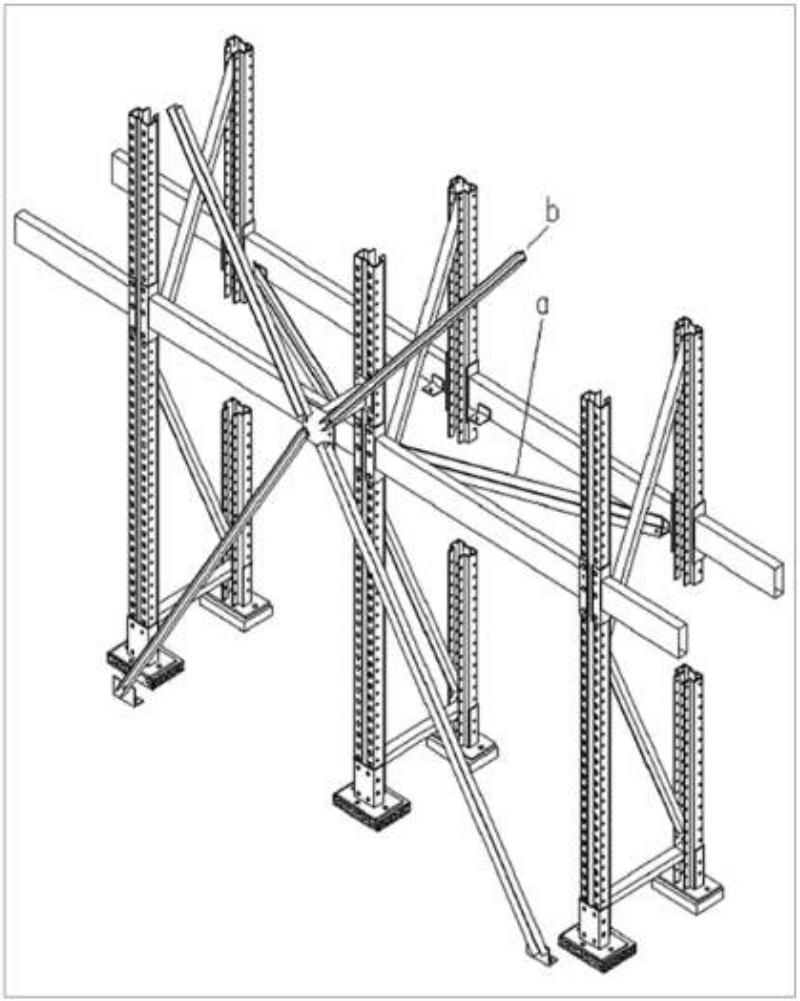


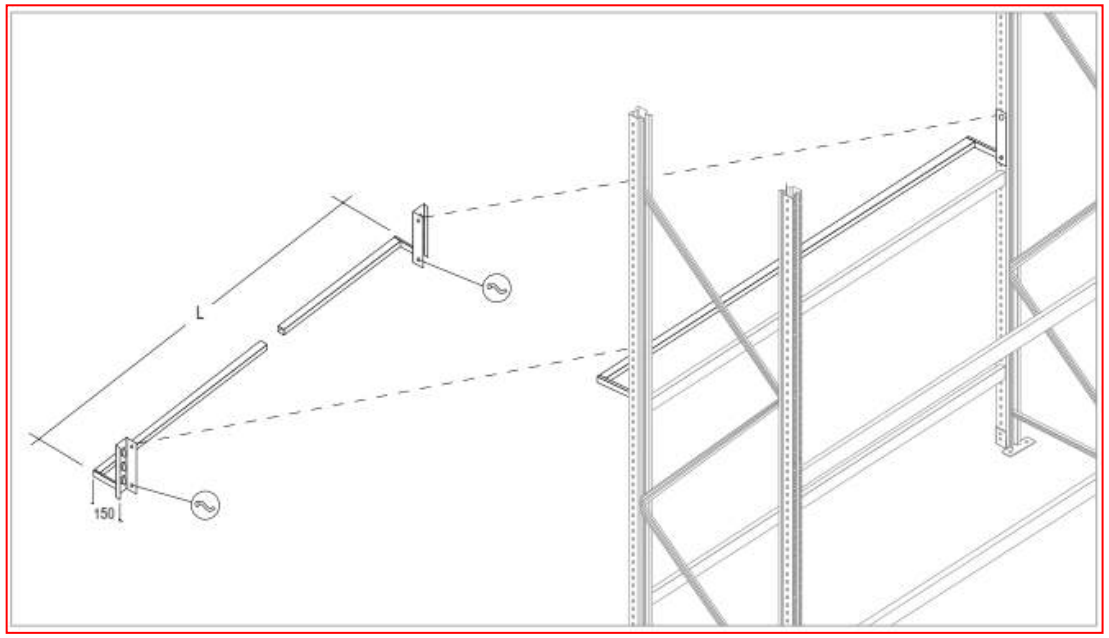
Fig. 8 - Scaffalatura portapallet. Esempio di schema di controvento verticale (b) ed orizzontale (a).

VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Nella valutazione di “rischio sismico” si devono considerare i seguenti aspetti:

1) **Se la struttura della scaffalatura è progettata per resistere al sisma**, durante un terremoto si possono comunque presentare 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.



Ritegni ferma-pallet (in figura), correnti integrativi, reti anticaduta e altri dispositivi similari sono utilizzabili per ridurre i rischi da caduta merci e scivolamento dei pallets.

VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Nella valutazione di “rischio sismico” si devono considerare i seguenti aspetti:

1) **Se la struttura della scaffalatura è progettata per resistere al sisma**, durante un terremoto si possono comunque presentare 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.

2) **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 già elencati al punto 1).

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Normative Nazionali

- D.M. 14/01/2008 «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- **UNI/TS 11379:2010** «Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet» *(non cogente)*
- UNI 11262-1 «Scaffalature commerciali di acciaio – Requisiti, metodi di calcolo e prove»
- D.Lgs. 81/2008 «Sicurezza nei posti di lavoro»

D. L

Obbl
1. S
conc
prot
legi
sul

izioni
urezza

prospetto 4.3 **Coefficienti C_u per le scaffalature**

Classe d'impiego	Descrizione	Coefficiente C_u
I	Magazzini con operazioni completamente automatiche Magazzino a scarsa occupazione (1) (2)	0,7
II	Condizioni di magazzino normali, incluse aree di prelievo (picking) (2)	1,0
III	Aree al dettaglio con accesso del pubblico	1,5
IV	Prodotti pericolosi	2,0

(1) Condizioni del magazzino.
In condizioni normali, solo personale autorizzato ed informato può accedere all'area di stoccaggio.
Allo scopo di definire le classi di importanza, l'area di stoccaggio è definita come l'area inclusa nel perimetro degli scaffali più due volte la massima altezza dal pavimento al livello più alto dello scaffale o delle merci stivate, qualunque sia la maggiore.
In magazzini a scarsa occupazione non si ha permanenza costante di persone nell'area di stoccaggio, ma l'accesso è consentito per sola manutenzione.
Se le operazioni di carico e scarico non sono eseguite in modo automatico, la condizione d'impiego del magazzino deve essere specificata contrattualmente.

(2) La Vita Nominale ridotta (corrispondente a 35 anni anziché 50) può essere considerata solo nei seguenti casi:
- scaffalature non posizionate su un piano di un edificio;
- scaffalature non utilizzate per aree al dettaglio o per prodotti pericolosi.

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Normative Nazionali

- D.M. 14/01/2008 «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- **UNI/TS 11379:2010** «Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet» *(non cogente)*
- UNI 11262-1 «Scaffalature commerciali di acciaio – Requisiti, metodi di calcolo e prove»
- D.Lgs. 81/2008 «Sicurezza nei posti di lavoro»

Normativa Tecniche Europee (CEN - Comitato Tecnico TC 344 "Steel Storage Static Systems")

- UNI EN 15512:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Scaffalature porta-pallet – Principi per la progettazione strutturale»
- UNI EN 15629:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Specifiche dell'attrezzatura di immagazzinamento»
- UNI EN 15635:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Utilizzo e manutenzione dell'attrezzatura di immagazzinaggio»
- UNI EN 15620:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Scaffalature portapallet – Tolleranze, deformazioni e interspazi»

Il rilascio da parte del CEN TC 344 WG5 "Seismic design for steel static pallet racking" di una Normativa Tecnica Europea relativa alla progettazione sismica delle scaffalature è previsto per il 2015.

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Normative Nazionali

- D.M. 14/01/2008 «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- **UNI/TS 11379:2010** «Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet» *(non cogente)*
- UNI 11262-1 «Scaffalature commerciali di acciaio – Requisiti, metodi di calcolo e prove»
- D.Lgs. 81/2008 «Sicurezza nei posti di lavoro»

Normative Tecniche Europee (CEN - Comitato Tecnico TC 344 "Steel Storage Static Systems")

- UNI EN 15512:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Scaffalature porta-pallet – Principi per la progettazione strutturale»
- UNI EN 15629:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Specifiche dell'attrezzatura di immagazzinamento»
- UNI EN 15635:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Utilizzo e manutenzione dell'attrezzatura di immagazzinaggio»
- UNI EN 15620:2009 «Sistemi di stoccaggio statici di acciaio – Scaffalature portapallet – Tolleranze, deformazioni e interspazi»

Linee Guida FEM (European Federation of Materials Handling - www.fem-eur.com)

- FEM 10.2.06 «The design of hand loaded static steel shelving systems»
- FEM 10.2.07 «The design of drive-in and drive-throught racking»
- **FEM 10.2.08** «Recommendations for the design of static steel pallets racks under seismic conditions»
- FEM 10.2.09 «The design of cantilever racking»
- FEM 9,831 «Basic of calculation for storage and retrieval machines. Tolerance, deformations and clearances in the storage system »

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Linee Guida FEM (European Federation of Materials Handling - www.fem-eur.com)

- FEM 10.2.06 «The design of hand loaded static steel shelving systems»
- FEM 10.2.07 «The design of drive-in and drive-throught racking»
- **FEM 10.2.08** «Recommendations for the design of static steel pallets racks under seismic conditions»
- FEM 10.2.09 «The design of cantilever racking»
- FEM 9,831 «Basic of calculation for storage and retrieval machines. Tolerance, deformations and clearances in the storage system »

NORMATIVE E LINEE GUIDA USA

- FEMA E-74 / January 2011 «Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide»
- ASCE 7-2 "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures"
- FEMA 450 "NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures - §14 : Nonbuilding structure design requirements"
- IBC "International Building Code"
- FEMA 386 "Building Support for Mitigation Planning"
- NFPA 5000 "Nat. Fire Protection Ass. - Building Construction and Safety Code"
- **RMI (Rack Manufacturer INSTITUTE) "Specification for Design, Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks" MH16.1:2008** (paragonabile a FEM 10.02.08 – porta a dimensionamenti più ridotti e quindi meno cautelativi)

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Principi progettuali secondo FEM 10.02.08/2011:

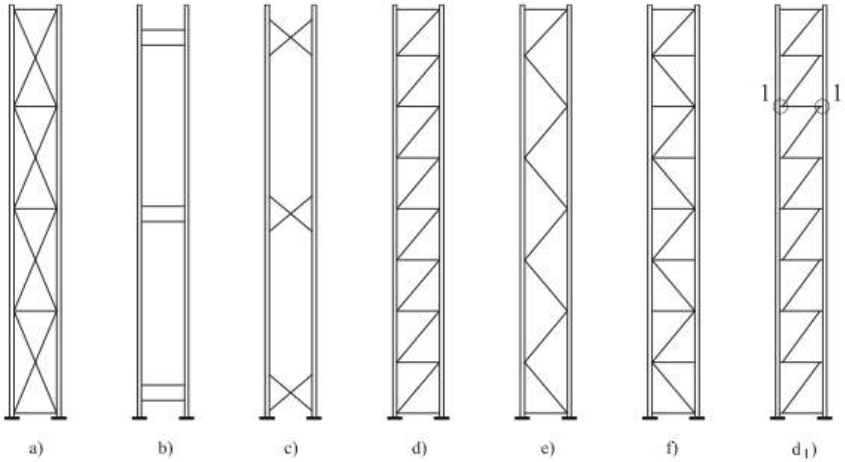
- Strutture a bassissima duttilità e poco dissipative:
  - Spalle: strutture verticali tralicciate, generalmente a diagonali tese e compresse (q=1.5)
  - Telaio longitudinale: telaio non controventato a nodi semirigidi (q=2)
  - Controventi verticali (1.5 ≤ q ≤ 2)

Secondo UNI/TS 11379/2010:

5.5.1 Spalle

Legenda

1 Zona dissipativa negli elementi orizzontali
a) Spalla con diagonali solo tese
b) Spalla calastrellata (Vierendeel)
c) Spalla parzialmente controventata
d) Spalla controventata schema a Z
e) Spalla controventata schema a D
f) Spalla controventata schema a K
d_1) Spalla controventata dissipativa schema a Z



Tipo di spalla	Tipologia strutturale	Regole di dettaglio per elementi dissipativi	Valore max del fattore q	
			Scaffale regolare	Scaffale non regolare
a)	controvento con diagonali tese	diagonali tese (punto 7.2.3)	2 o 4(1)	1,6 o 3,2(1)
	controvento con diagonali tese e compresse	collegamenti delle diagonali (punto 7.1.1)	2,5 (con sezioni di classe 1-2) 2,0 (con sezioni di classe 1-2-3)(2)	2,0 1,6
b)	deve essere impiegato un telaio calastrellato dissipativo, a patto che i requisiti delle strutture a telaio siano soddisfatti e gli spostamenti siano limitati; altrimenti deve essere assunto q = 1,0			
c)			1,0	1,0
d) - e) - f)	poco dissipativa		1,0 o 1,5(3)	1,0 o 1,5(3)
d_1)	telaio controventato in modo eccentrico con dissipazione di energia negli elementi orizzontali - dimensionamento secondo Legislazione Vigente13)		4	3.2

(1) Può essere assunto q = 4 per controventi a X con elementi diagonali solo tesi solamente quando tutti i requisiti di duttilità del punto 7.2 sono soddisfatti.
Infatti il requisito di comportamento omogeneo dissipativo della spalla descritto nel punto 7.2.3.5 è necessario per consentire alla struttura reticolare di comportarsi come un controvento.
Quando questo requisito non è soddisfatto, la plasticità si concentra in una parte limitata del telaio, generalmente alla base, e il comportamento della spalla può essere assimilato ad un pendolo rovesciato: per questo schema si assume q = 2 secondo la UNI EN 1998-1.
(2) Vedere lettera d) del punto 5.6.
(3) Vedere lettera f) del punto 5.6.
Nota Le eccentricità dei collegamenti devono essere in conformità alla UNI EN 15512.

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Principi progettuali secondo FEM 10.02.08/2011:

- Strutture a bassissima duttilità e poco dissipative:
  - Spalle: strutture verticali tralicciate, generalmente a diagonali tese e compresse (q=1.5)
  - Telaio longitudinale: telaio non controventato a nodi semirigidi (q=2)
  - Controventi verticali ($1.5 \leq q \leq 2$)
- La risposta alla sollecitazione dinamica di uno scaffale dipende dall'interazione e dall'accoppiamento del sistema strutturale portante con le unità di carico, che rappresentano la grande maggioranza della massa → coefficienti che modificano lo spettro di progetto:
  - il coefficiente E_{D1} tiene conto dell'effetto globale del movimento macroscopico delle unità di carico sulle travi porta pallet,
  - il coefficiente E_{D2} tiene conto del fatto che non tutta la massa del pallet partecipa alla risposta sismica
  - Il coefficiente E_{D3} raggruppa l'effetto di altri fenomeni e comportamenti evidenziati in varie ricerche che contribuiscono a dissipare energia e ridurre la sollecitazione sullo scaffale
- Quando la stabilità è affidata ad elementi compressi, e pertanto potenzialmente instabili, si applica un coefficiente di sicurezza aggiuntivo di 1,5
- Strutture molto deformabili → effetti del II° ordine non trascurabili

NORMATIVE e LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

Principi progettuali secondo FEM 10.02.08/2011:

- Strutture a bassissima duttilità e poco dissipative:
  - Spalle: strutture verticali tralicciate, generalmente a diagonali tese e compresse (q=1.5)
  - Telaio longitudinale: telaio non controventato a nodi semirigidi (q=2)
  - Controventi verticali ($1.5 \leq q \leq 2$)
- La risposta alla sollecitazione dinamica di uno scaffale dipende dall'interazione e dall'accoppiamento del sistema strutturale portante con le unità di carico, che rappresentano la grande maggioranza della massa → coefficienti che modificano lo spettro di progetto:
  - il coefficiente E_{D1} tiene conto dell'effetto globale del movimento macroscopico delle unità di carico sulle travi porta pallet,
  - il coefficiente E_{D2} tiene conto del
  - Il coefficiente E_{D3} raggruppa l'effe contribuiscono a dissipare energi
- Quando l un coeffi
- Strutture

Quando i pallet sono bloccati sulle travi per mezzo di qualsiasi sistema speciale opportunamente progettato, per esempio con materiali che incrementano l'attrito, bisogna assumere $E_{D1} = 1$.

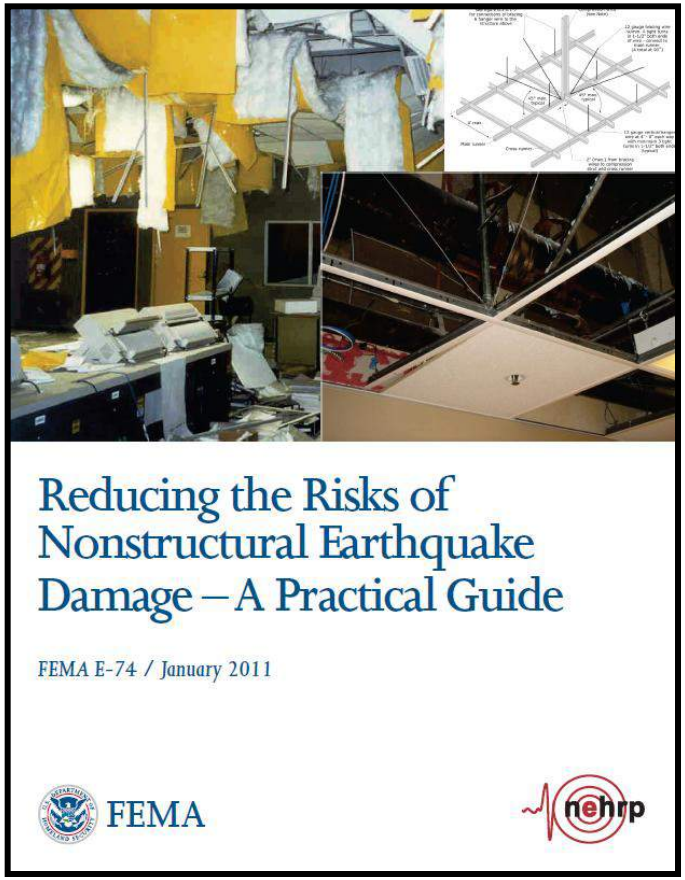
Se i pallet sono lasciati liberi di scivolare, nell'analisi si può utilizzare lo spettro di progetto modificato:

prospetto 4.9 **Fattori di massa partecipante**

E_{D2}	Grado di contenimento delle merci	Esempi
1,0	Compatto e contenuto	Merci surgelate (magazzino freddo) Pacchi di lamiere di acciaio Coils e rotoli di carta
0,8	Debole	Numerosi pezzi immagazzinati sul pallet la cui dimensione è piccola rispetto a quella del pallet, incluse merci stabilizzate dall'involucro
0,7	Sciolto e non contenuto	Materiale granulare/scatole di polveri
1,0	Liquido	Liquidi in bidoni parzialmente riempiti

The FEMA E-74 Methodology

- Intended Audience:
  - Non-engineer audience located within the US.
  - Design professionals not experienced with the seismic protection of non-structural elements.
- Main Objectives:
  - Explain the sources of non-structural earthquake damage.
  - Describe methods for reducing the potential risks in simple terms.



A. Filiatrault, keynote lecture Anidis 2013 Padova

Mitigation examples in FEMA E-74 – chapter 6

Figure 6.5.1.1-3 Mobile carts restrained at base with clip angles anchored to the floor and removable eyebolts attached from each cart to the angles (Photo courtesy of Maryann Phipps, Estructure).

1-4 Alternate restraint at base of mobile shelving unit (Photo cou

Mitigation examples in FEMA E-74 – chapter 6

Figure 6.5.1.1-5 Fixed base shelving units anchored with optional seismic base plate

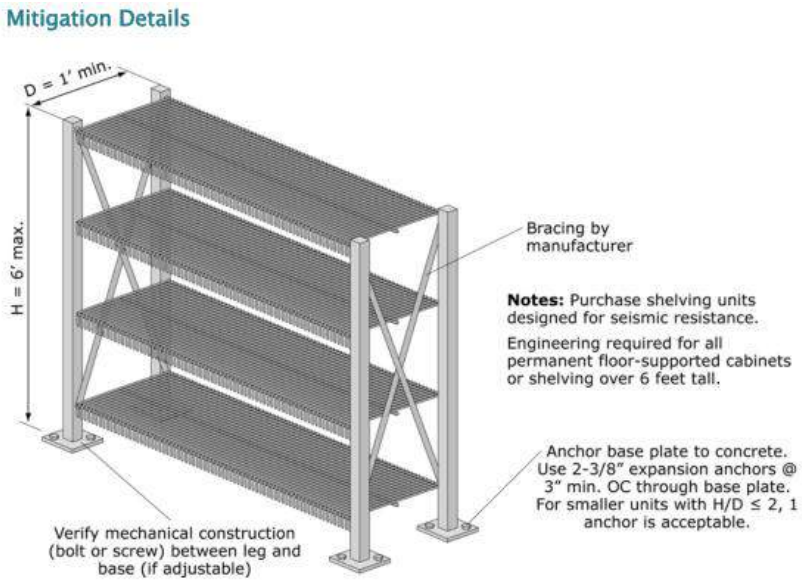


Figure 6.5.1.1-9 Light duty shelving (NE, ER).

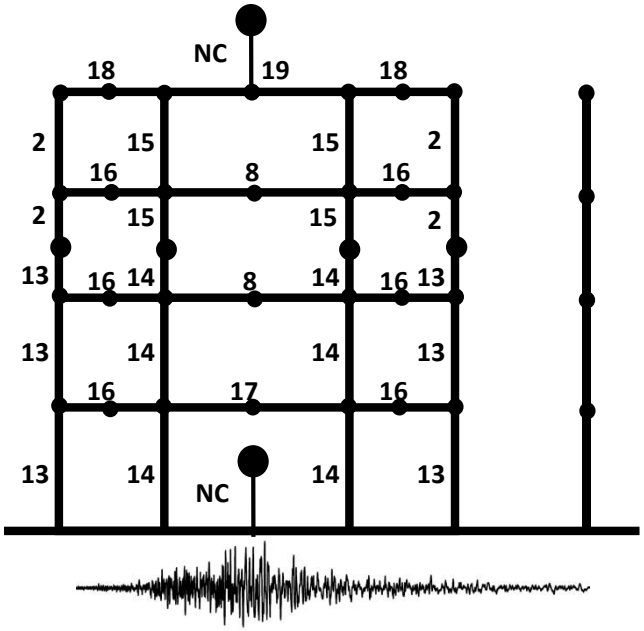
Mitigation examples in FEMA E-74 – chapter 6

Figure 6.5.1.1-8 Mobile shelving unit restrained by connection to strut fastened to full height metal studs (Photo courtesy of Maryann Phipps, Estructure).

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

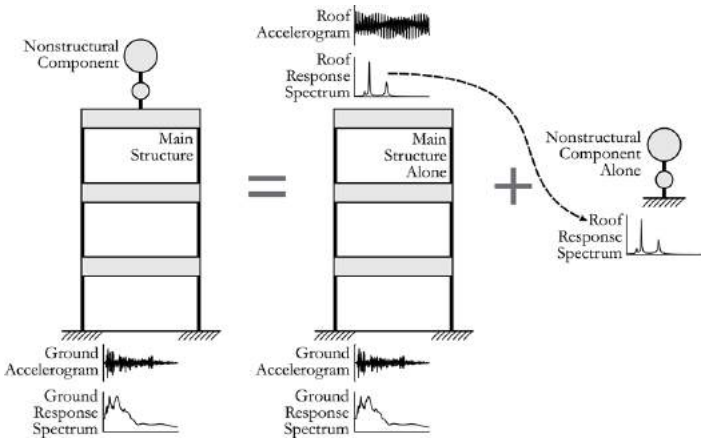
Il posizionamento delle scaffalature ai vari piani degli edifici cambia le modalità di valutazione dell'azione sismica:

1) **Scaffalature a livello del suolo:** possono essere pensate come indipendenti dalla struttura circostante (sempre che ci siano adeguati spazi di libera oscillazione)
2) **Scaffalature ai piani superiori:** nella determinazione delle azioni sismiche sulle scaffalature è molto importante considerare l'amplificazione trasmessa dalla vibrazione dell'edificio.



Floor Response Spectrum (FRS) Method

1) si valuta lo spettro di risposta al piano dove la struttura secondaria è collocata
2) si utilizza lo FSR per determinare l'azione sismica sulla scaffalatura

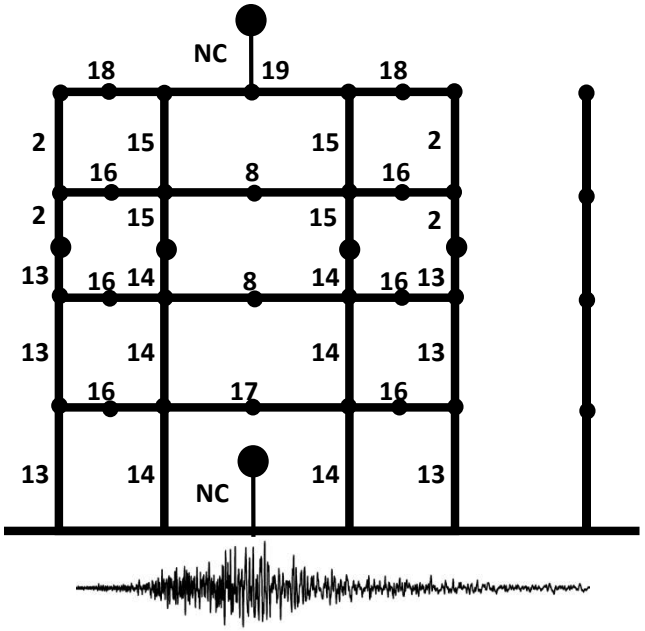


M. P. Singh, L. M. Moreschi, L. E. Suárez, and E. E. Matheu, *Seismic Design Forces. II: Flexible Nonstructural Components*, J. Struct. Eng. 2006.132.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il posizionamento delle scaffalature ai vari piani degli edifici cambia le modalità di valutazione dell'azione sismica:

1) **Scaffalature a livello del suolo:** possono essere pensate come indipendenti dalla struttura circostante (sempre che ci siano adeguati spazi di libera oscillazione)
2) **Scaffalature ai piani superiori:** nella determinazione delle azioni sismiche sulle scaffalature è molto importante considerare l'amplificazione trasmessa dalla vibrazione dell'edificio.



Metodo semplificato dell'azione statica equivalente (EN 1998-1-1 / NTC 2008)

$$F_a = \frac{\alpha S}{\left(\frac{q_a}{\gamma_a}\right)}\left[3\frac{\left(1+\frac{z}{H}\right)}{\left(1+\left(1-\frac{T_a}{T_1}\right)^2\right)}-0.5\right]W_a$$

W_a = Weight of the element.
α = Design ground acceleration ratio.
S = Soil factor.
T_a = Fundamental period of the element.
T_1 = Fundamental period of the building.
z = Height of the element above the base.
H = Building height from the base.
g_a = Importance factor of the element.
q_a = Behavior factor of the element.

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Il Gruppo IKEA, particolarmente attento alle esigenze di sicurezza della clientela e dei dipendenti, ha già avviato un processo di sostituzione/adeguamento delle scaffalature APR nei stores in Italia.

1.1 Oggetto e descrizione

Costituiscono oggetto della presente relazione le scaffalature industriali tipo porta pallet (APR classe 400) da installare nel punto vendita IKEA di [redacted]

L'installazione consiste in blocchi di scaffali tipo porta pallet, monofronte e bifronte, con 5 livelli di carico (oltre quello a terra).
Il peso massimo di progetto delle unità di carico su pallet, che possono essere caricate sui livelli in elevazione, è di 750 kg. Unità di carico più pesanti devono essere stivate a terra.

I livelli di carico degli scaffali, nella configurazione standard, sono i seguenti:

(E00) Terra
(E10) +1.400 m
(E20) +2.300 m
(E30) +3.700 m
(E40) +5.100 m
(E50) +6.500 m

Gli scaffali sono installati al piano terra del fabbricato.

Gli scaffali sono autoportanti e strutturalmente indipendenti dalle strutture verticali del fabbricato.
Il sito di installazione è sismico; gli scaffali sono dimensionati sia in condizioni di esercizio, che in condizioni sismiche.

I progetti dei nuovi scaffali sono stati realizzati nel rispetto delle seguenti norme e linee guida:

2.4 Leggi, Norme e Raccomandazioni

La progettazione degli scaffali è in accordo con i principi generali della Normativa vigente in Italia sulle costruzioni, integrati con le Normative specifiche di prodotto e con le Euronorme in esse richiamate, in particolare:

Per la definizione della zonazione sismica e dello spettro elastico

- Decreto Ministeriale 14/01/2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni"

In accordo con il Cap. 12 della NTC, la specifica tecnica di acquisto di IKEA richiede che il progetto strutturale venga condotto in accordo con le seguenti normative , che costituiscono lo stato dell'arte più aggiornato della normativa tecnica applicabile a questo settore in Italia e in Europa.

Per la definizione dello spettro di progetto e dell'azione del sisma:

- UNI/TS 11379: Settembre 2010 - "Scaffalature metalliche - Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet".

Per le verifiche in condizioni di esercizio e sismiche delle scaffalature (norme specifiche per le scaffalature)

- UNI-EN 15512 – Maggio 2009 – "Scaffalature porta-pallet – Principi per la progettazione strutturale" e norme in essa richiamate; in particolare:
  - UNI EN 1993-1-1:2005: "Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici".
  - UNI EN 1993-1-3:2005: "Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-3: Regole generali – Regole supplementari per l'impiego dei profili e delle lamiere sottili piegati a freddo"
- FEM 10.2.08 – "Recommendations for the design of static steel pallet racking in seismic conditions" – Version 1.4, May 2011

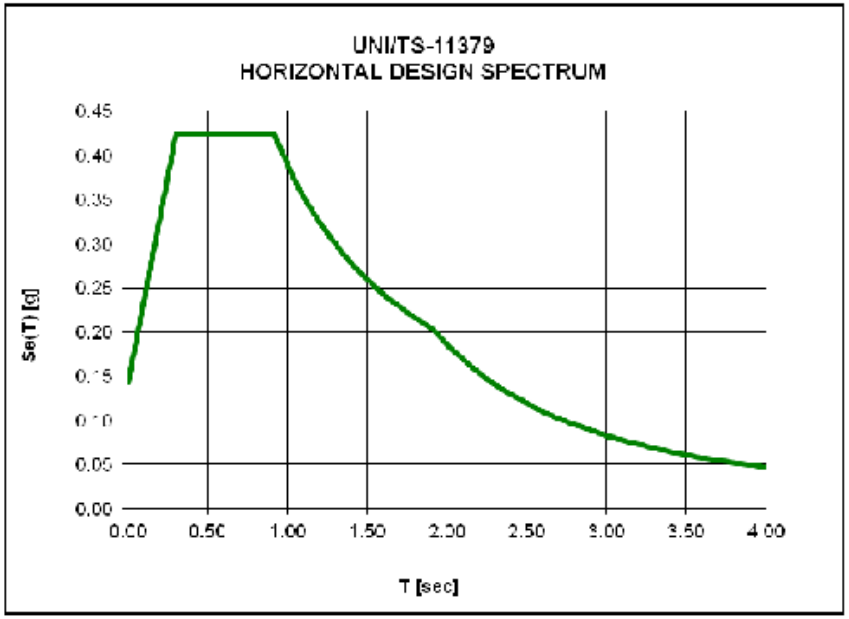
Alcuni parametri assunti nella progettazione:

5.2 Azione sismica

Parametri per la determinazione dell'azione sismica di progetto:

vita nominale	Classe d'uso	Coefficiente d'uso	Periodo di ritorno	a_g [g]	F_0	T_C^* [s]	S
50 anni	III	1.5	TR = 75 anni	0.079	2.672	0.539	1.8

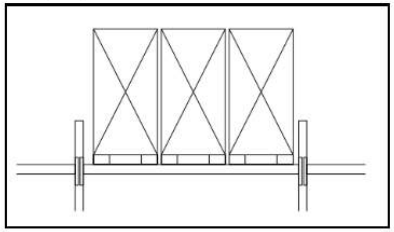
- Categoria sottosuolo: tipo D
- Categoria topografica: T1



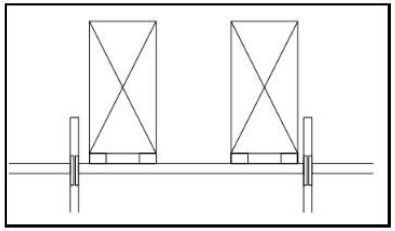
5.1 Carichi verticali

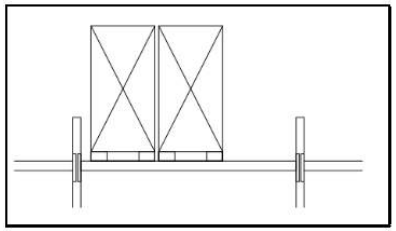
Peso proprio delle scaffalature e accessori metallici ≅ 300 kg/spalla
Peso di progetto dell'unità di carico = 7.50 kN

- Campata piena



- Campata con 2 pallet disposti in maniera simmetrica ed asimmetrica





Altri parametri per il progetto sismico

a. Per l'analisi in entrambe le direzioni principali dello scaffale, è stato considerato un grado di riempimento dello scaffale del 100% con il peso massimo delle unità di carico; pertanto (FEM10.2.08 – par.2.3.4):

   $R_F = 1.0$

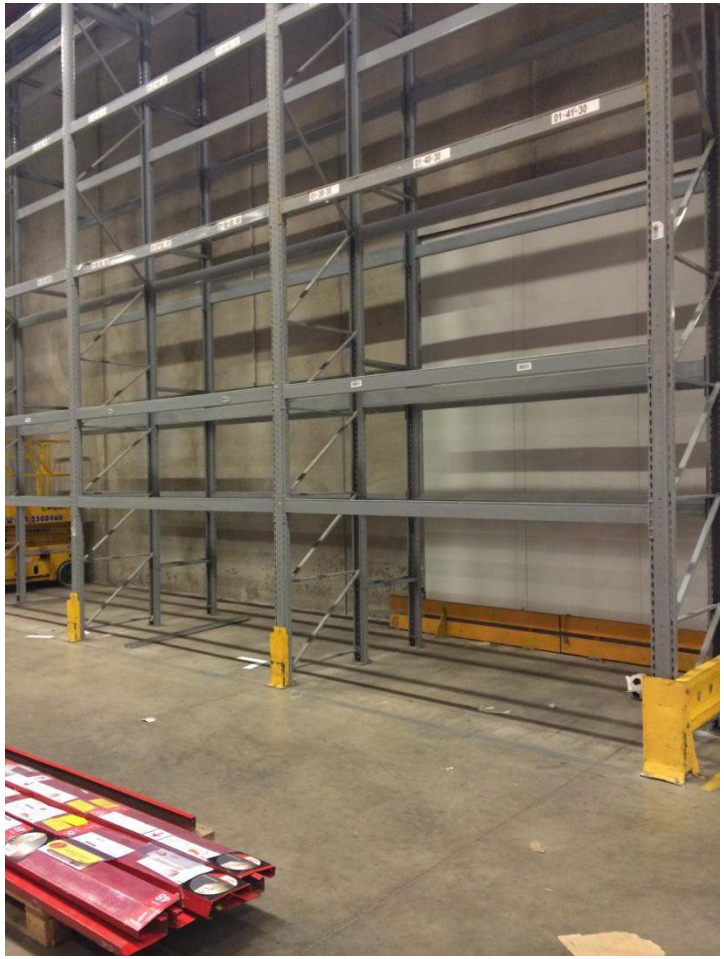
b. Il grado di contenimento delle merci nelle unità di carico è "debole"; il fattore di massa partecipante è (FEM10.2.08 – par.2.3.5 – tab.2.8):

   $E_{D2} = 0.8$

c. Nei calcoli si utilizza il coefficiente d'attrito massimo, corrispondente alla presenza dei metal profiles, pari a $\mu_s = 0.5$ (vedere anche UNI/TS11379 – par.4.3.2 – tab.4.8 "pallet in legno e trave in acciaio verniciata, condizioni normali di magazzino")

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Un esempio di sostituzione

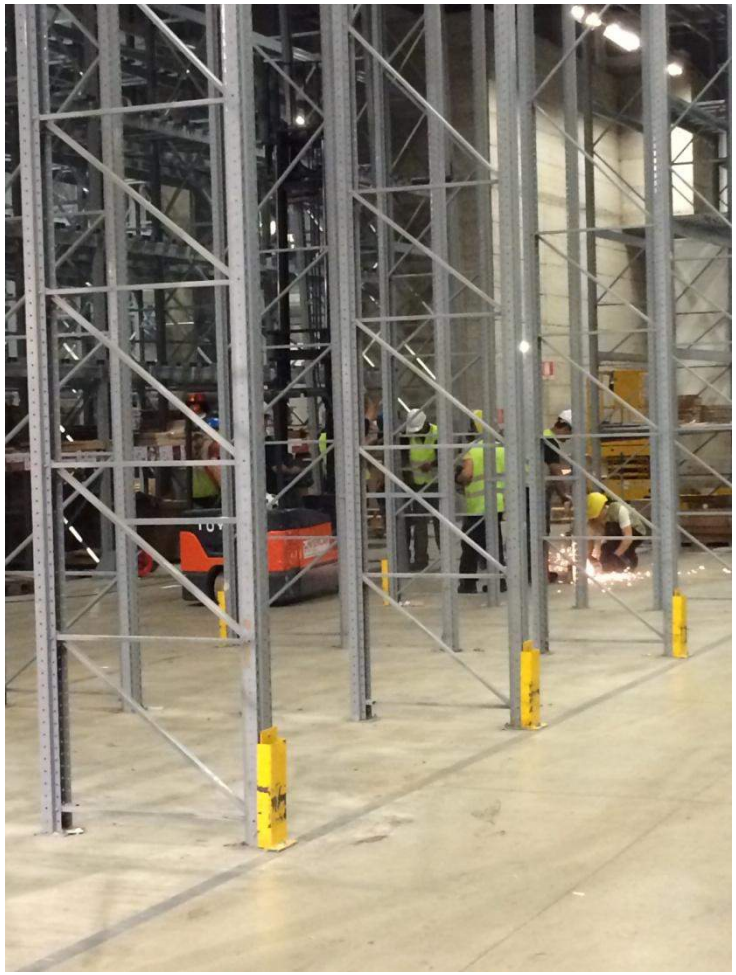


Prima …..

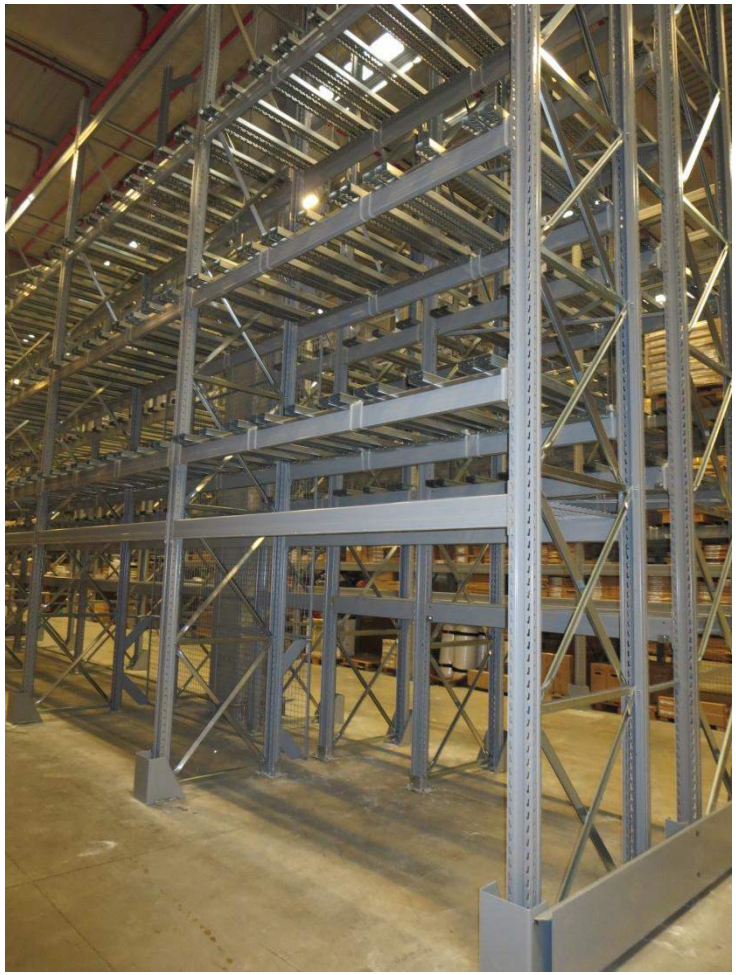
…. e dopo.

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Un esempio di sostituzione

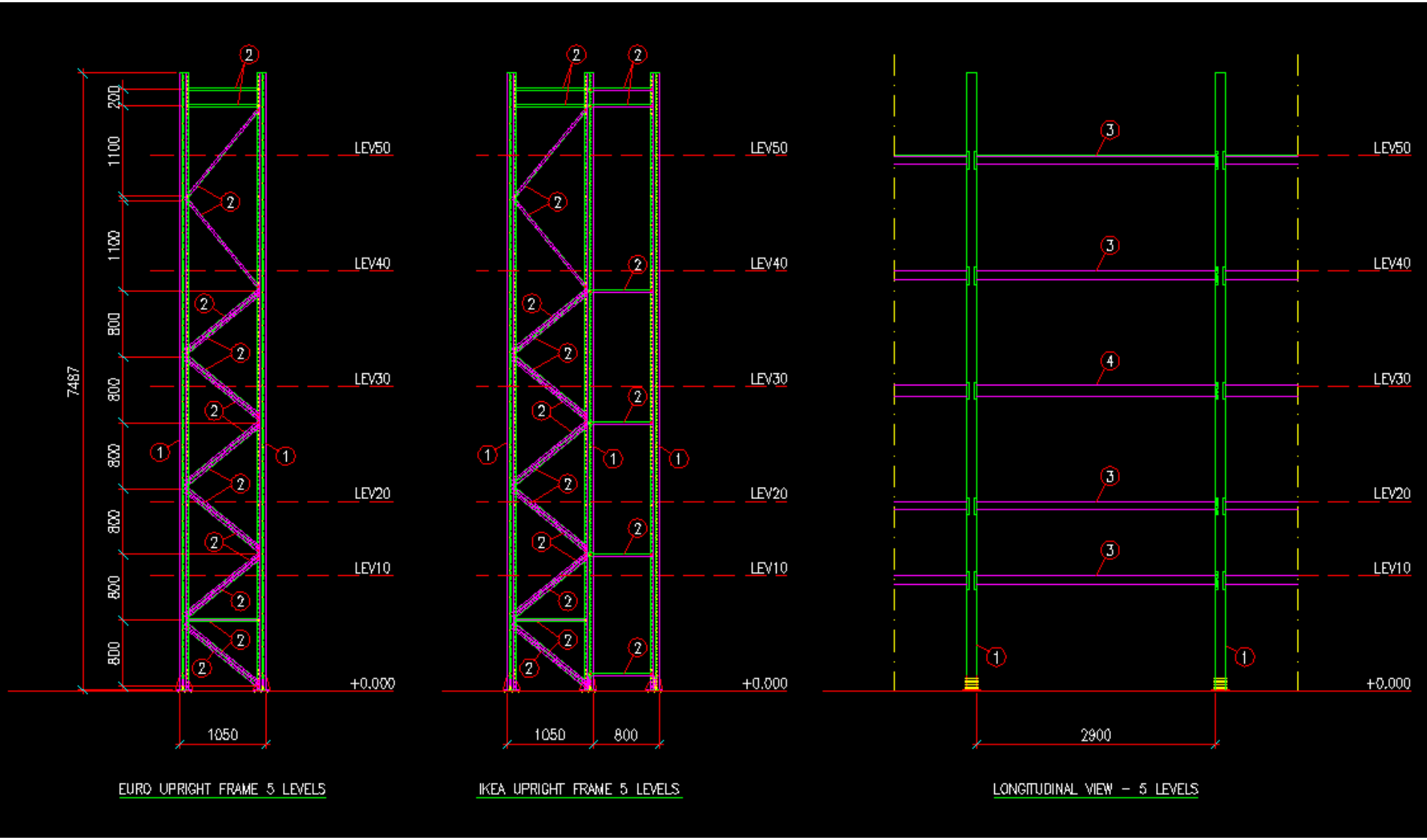


Prima …..



…. e dopo.

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA



Dettagli dei diagonali di controvento

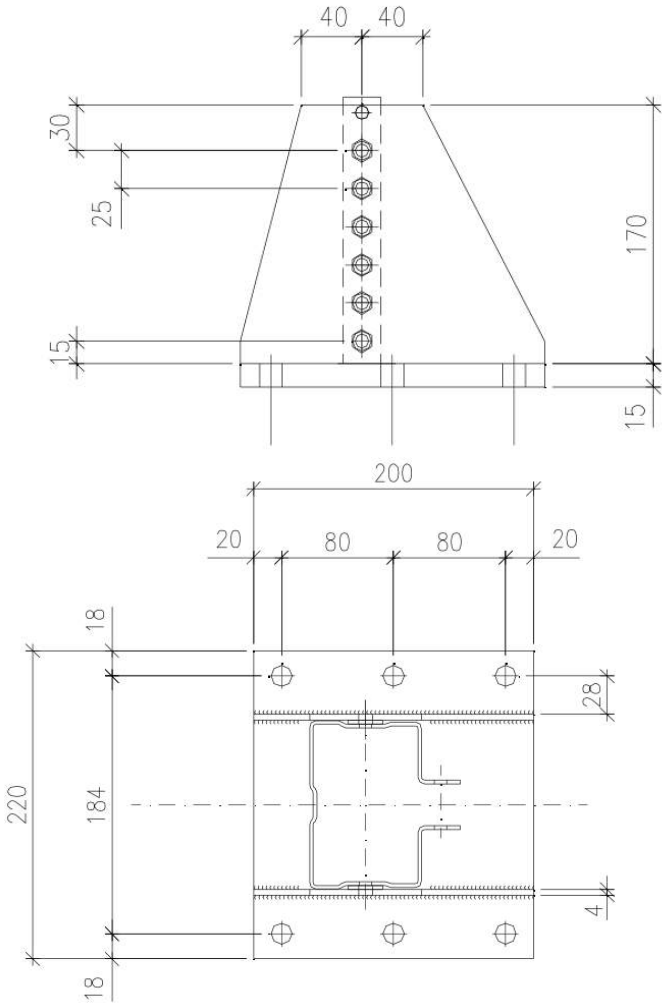
ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

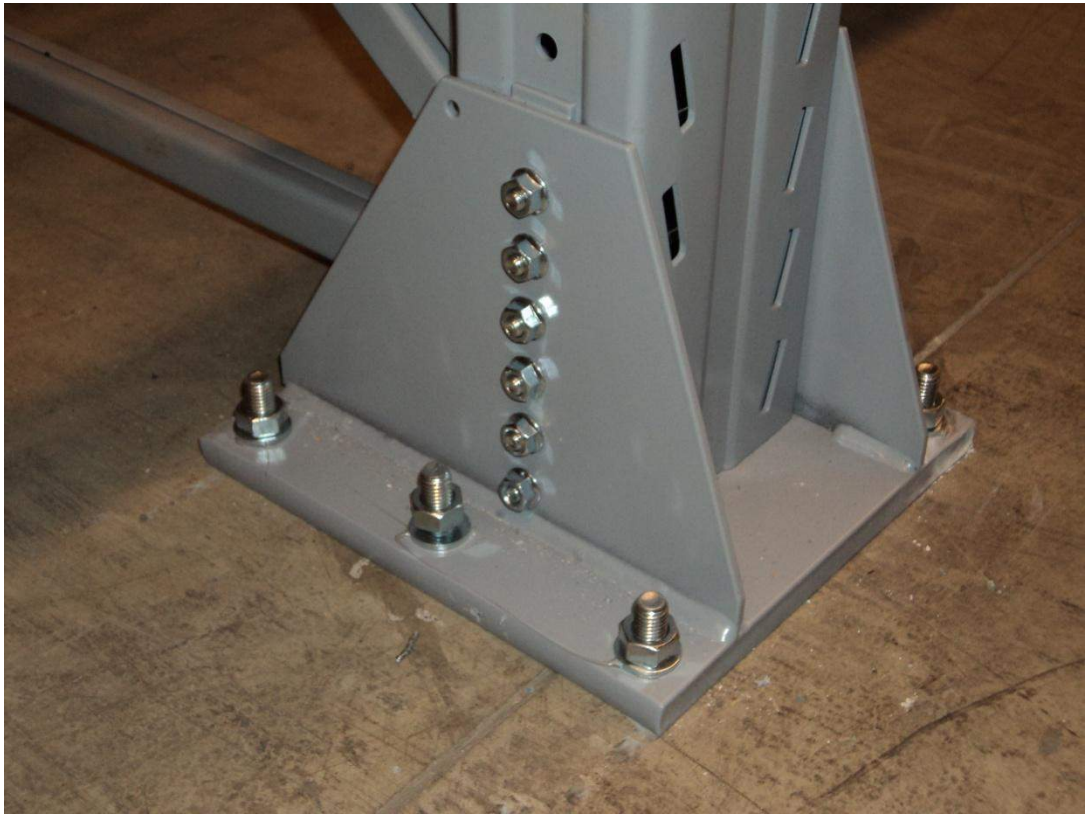
ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Prova di carico

Rispetto dei distacchi

Dettaglio basette di appoggio





ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Importanza delle protezioni anti-urto

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Un esempio di miglioramento sismico

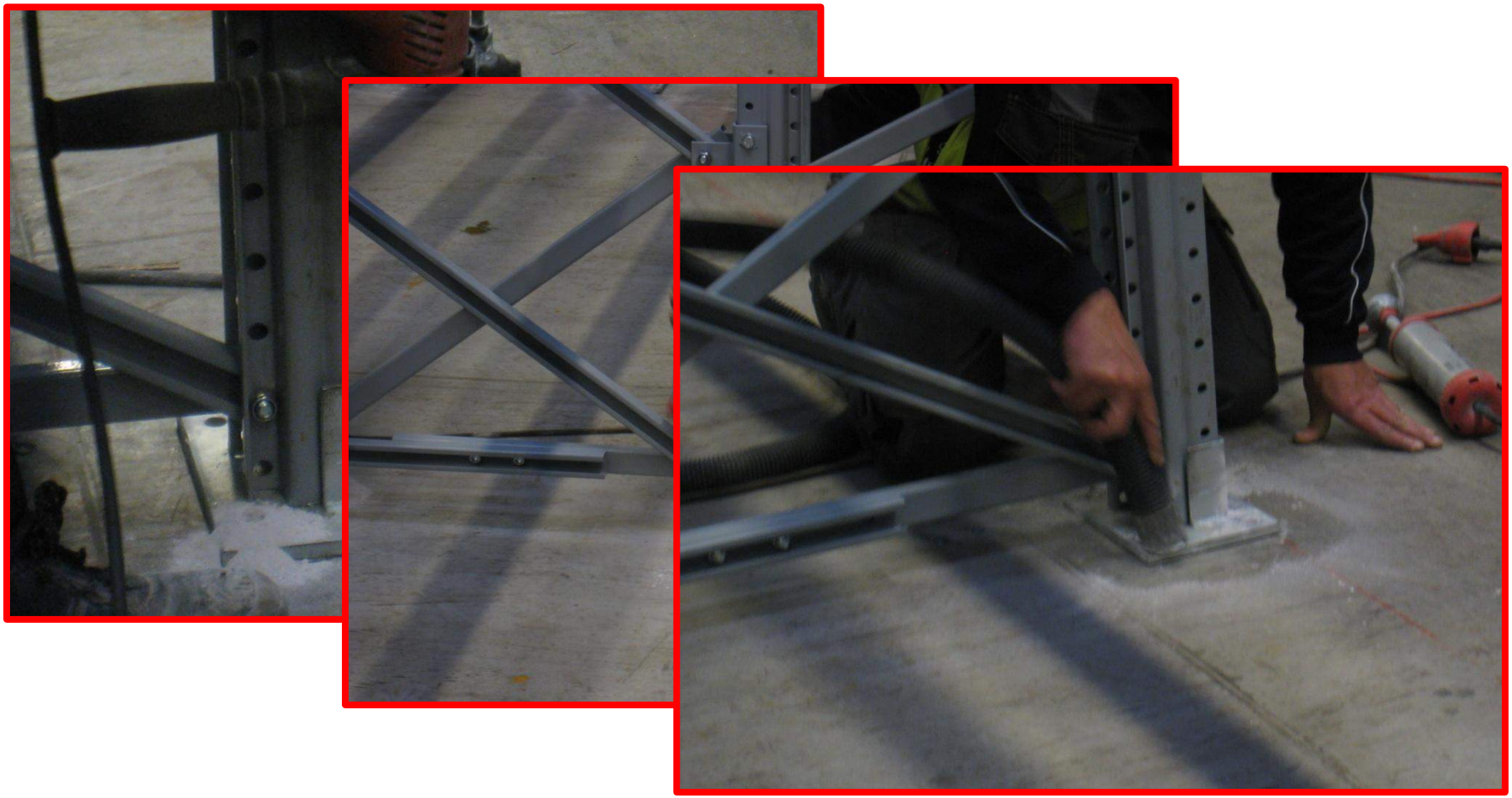
Prima …..

…. e dopo.

Occorre verificare l'adeguatezza strutturale e materiale del solaio o pavimento su cui viene eseguito l'ancoraggio.

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

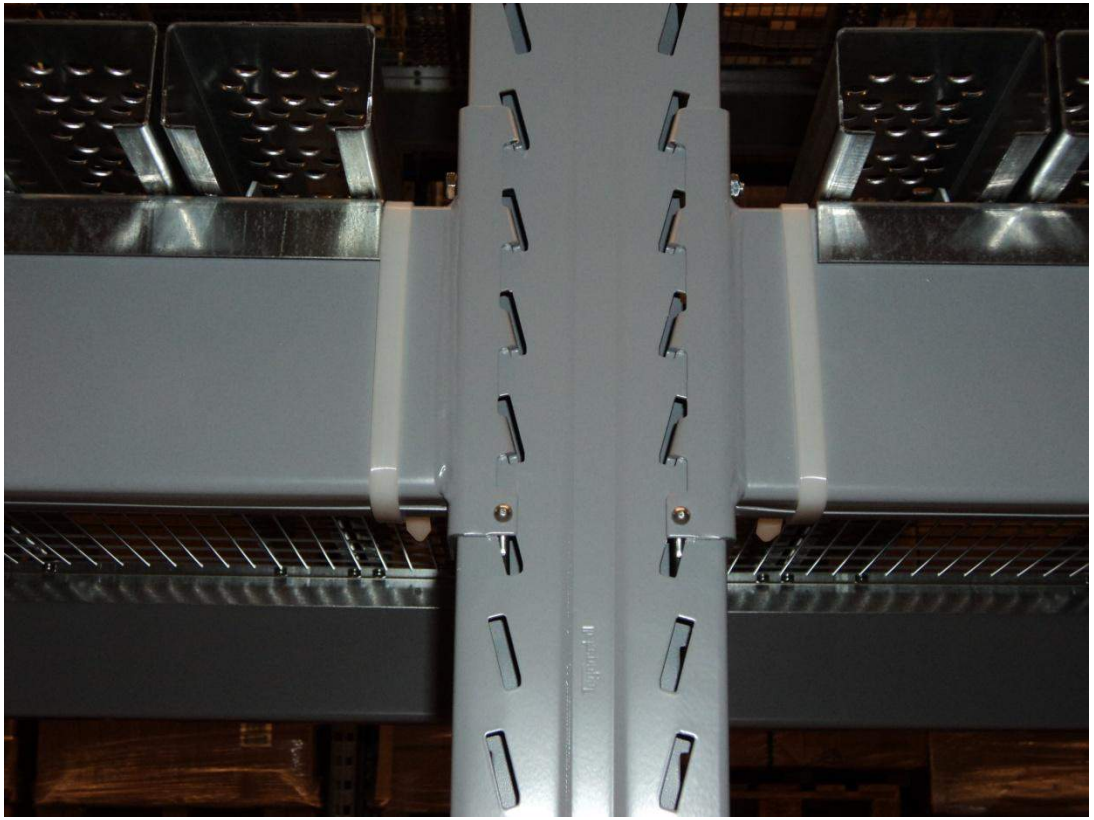
Un esempio di miglioramento sismico



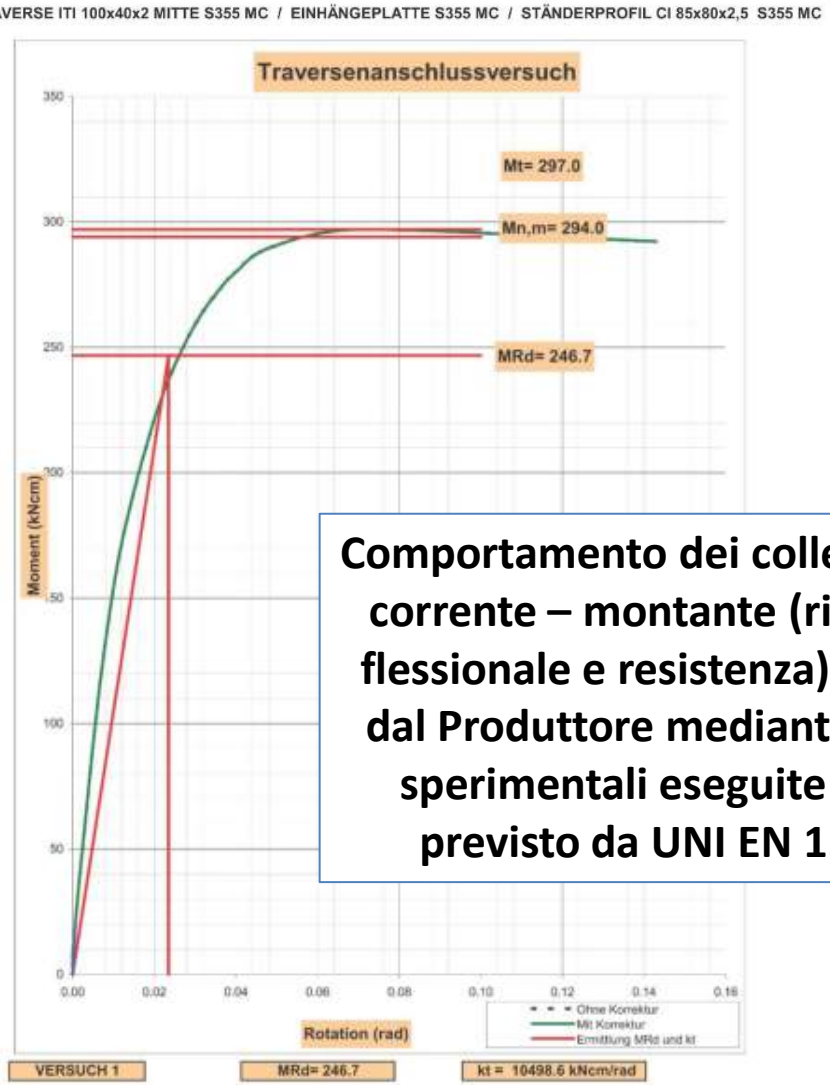
Fasi di realizzazione degli ancoraggi a terra

ESEMPI REALIZZATI – IKEA STORES ITALIA

Dettagli dei nodi traversi-montanti



Comportamento sperimentale dei nodi traversi-montanti



Comportamento dei collegamenti corrente – montante (rigidezza flessionale e resistenza) ricavati dal Produttore mediante prove sperimentali eseguite come previsto da UNI EN 15512

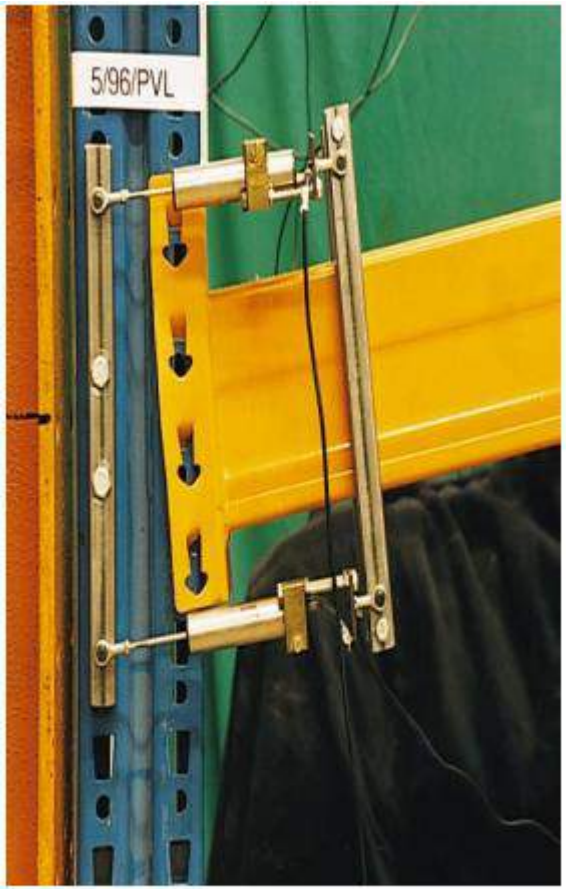


Fig. 11 Test on a hook-in connection

Bibliografia Consultata

1. ACAI - SEZIONE SCAFFALATURE METALLICHE: *"Linee guida per la progettazione ed*
2. *esecuzione di scaffalature metalliche in zona sismica",* ed. 31/10/2012
3. S. Sesana, B. Orsati, *Evoluzione e contenuti delle norme tecniche per la progettazione antisismica delle scaffalature*, rivista Ingenio, 06/2012
4. B. Orsati, *Sicurezza e progettazione antisismica delle scaffalature metalliche*, Costruzioni Metalliche, 03-04/2013.
5. FEM 10.2.08:2011 «*Recommendations for the design of static steel pallets racks under seismic conditions*»
6. UNI/TS 11379:2010 «*Progettazione sotto carichi sismici delle scaffalature per lo stoccaggio statico di pallet*»
7. FEM RACKING AND SHELVING PRODUCT GROUP (European Racking Federation), *Storage Equipment Information Bulletin No. 2*, July 2010
8. André Filiatrault, *Seismic Design of Non-structural Building Elements: Why, How and Who?*, Keynote Lecture, ANIDIS 2013 Padova
9. André Filiatrault, Constantin Christopoulos, and Christopher Stearns, *Guidelines, Specifications, and Seismic Performance Characterization of Nonstructural Building Components and Equipment*, Pacific Earthquake Engineering Research Center, San Diego, 2001.
10. M. P. Singh, L. M. Moreschi, L. E. Suárez, and E. E. Matheu, *Seismic Design Forces. II: Flexible Nonstructural Components*, J. Struct. Eng. 2006.132:1533-1542.
11. Ragunath Sankaranarayanan, and Ricardo A. Medina, *Acceleration response modification factors for nonstructural components attached to inelastic moment-resisting frame structures*, Earthquake Engng Struct. Dyn. 2007; 36:2189–2210

Ringraziamenti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Per contatti:

ROBERTO SCOTTA

Dipartimento ICEA – Università di Padova

roberto.scotta@unipd.it

Si ringrazia IKEA Italia Property Srl per il materiale fotografico e progettuale gentilmente fornito.