



CONVEGNO

Tecnologie innovative per la realizzazione di strutture di grande altezza



il solaio a piastra in c.a. o c.a.p. alleggerito con sfere PE-HD



Giovedì 9 aprile 2015 – Politecnico di Torino



Ogni cosa che puoi immaginare
la natura l'ha già creata

Albert Einstein

L'idea

Sicurezza

A cosa serve

Calcolo

Descrizione del sistema

Punzonamento

Produzione

Piastre in zona sismica

Messa in opera

Sostenibilità

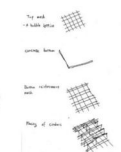
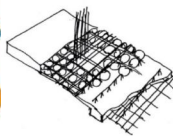
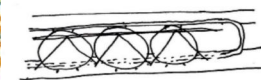
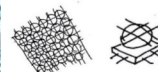
Verifiche sperimentali

T.A.B.S.

Indice

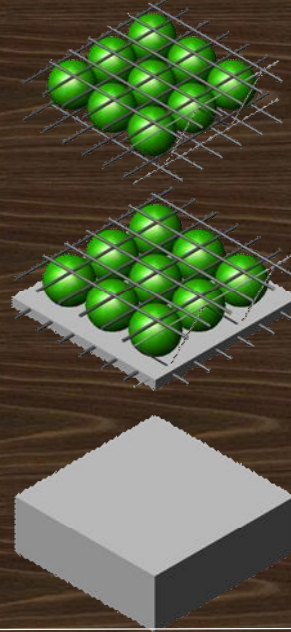
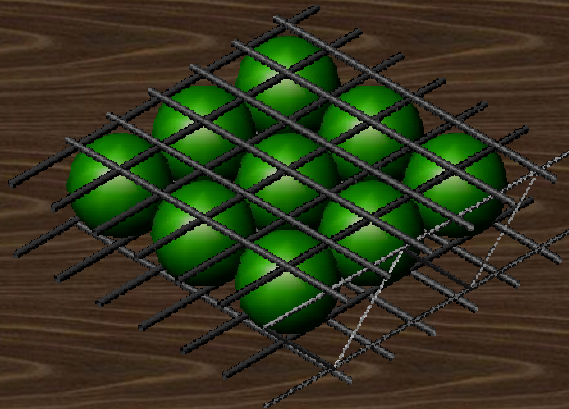
L'idea

E' la natura stessa che ci fornisce l'esempio di una struttura solida e allo stesso tempo leggera: le ossa degli uccelli sono cave! Ciò che non contribuisce alla stabilità del sistema viene sistematicamente eliminato.



l'idea

Solaio alveolare piano a struttura bidimensionale con sfere cave di alleggerimento in polietilene HD



l'idea

A cosa serve

Tecnica convenzionale vs **Ottimizzato con BubbleDeck®**

Bubble Deck®

- 1. Leggero e bidirezionale**
Risparmio di peso fino al 33% (se paragonato ad un solaio massiccio di medesimo spessore)
- 2. Ampie campate senza travi sporgenti**
Luci anche oltre 20 metri, intradosso piano
- 3. Architettura libera**
Fino al 50% di pilastri in meno, riconversione facilitata
- 4. Sicurezza antisismica**
Riduzione della massa partecipante = riduzione delle spinte sui controventi
- 5. Impiego consapevole delle risorse**
Risparmio sul materiale da costruzione, riduzione emissioni di CO₂

CO₂
Fig. 21 Solaio BubbleDeck® e Solaio massiccio di uguale spessore
100kg di CO₂ risparmiati

A cosa serve

Caratteristiche ulteriori

- possibile integrazione con pre-sollecitazione
- possibilità di luci di maglia irregolari
- possibile integrazione con impianti
- possibilità di fornitura con lastra semi-pref.
- alta resistenza a punzonamento locale
- possibilità di sopraelevazioni
- anti-sismico (resistente in tutte le direzioni)



A cosa serve

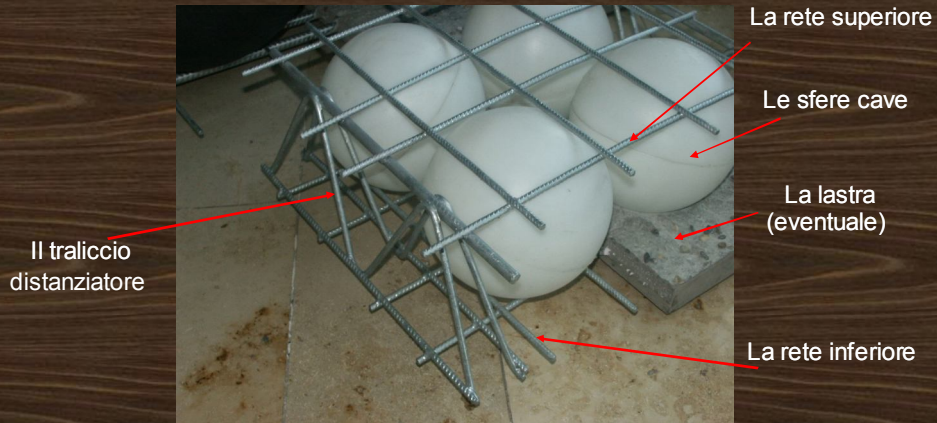
Es. di realizzazioni possibili



A cosa serve

Descrizione del sistema

Gli elementi principali del sistema BubbleDeck®



Descrizione del sistema

Sfere

- La gamma prodotti BD è costituita da 7 sfere di diam. crescente $D = 180, 225, 270, 315, 360, 405, 450$ mm
- La riduzione del peso proprio di un solaio è variabile rispettivamente da 2 fino a 5 kN/m² nei confronti di una soletta massiccia di pari spessore
- Spessori di solaio H da 24 fino oltre 60 cm
- Luci libere di campata in ragione dello schema statico anche oltre 20mt (se abbinate alla tecnologia della presollecitazione)



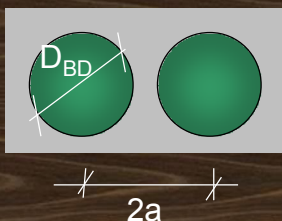
Descrizione del sistema

Gamma prodotti

SFERE	Diametro D Sfera		Passo Elem. in senso Longitud.		Largh. B del modulo o assemblato		Num. di Elem. Per Largh. B		Peso Pr. Solaio Mass.	Peso Pr. Equiv. su solaio H	Riduz. Peso Proprio con $g = 25kN/mc$	Diff. PP [%]
	D [cm]	Passo - L [cm]	B [cm]	Nr. su B #	pz./MQ #	H(min) [cm]	Rapp.fr. [-]	PP-MD [kN/MQ]				
BD-180	18,0	20,0	240	12	25,0	25	1,11	6,25	4,34	1,91	31%	
BD-225	22,5	25,0	250	9	14,4	30	1,12	7,50	5,35	2,15	29%	
BD-270	27,0	30,0	240	8	11,1	35	1,13	8,75	5,89	2,86	33%	
BD-315	31,5	35,0	250	7	8,0	40	1,14	10,00	6,73	3,27	33%	
BD-360	36,0	40,0	240	6	6,3	45	1,15	11,25	7,43	3,82	34%	
BD-405	40,5	45,0	225	5	4,9	50	1,16	12,50	8,21	4,29	34%	
BD-450	45,0	50,0	250	5	4,0	55	1,16	13,75	8,98	4,77	35%	

Interasse min. delle sfere:

$$2a = D_{BD} \cdot 10/9$$



Es. di rapporto di inerzia a parità di peso di soletta piena:

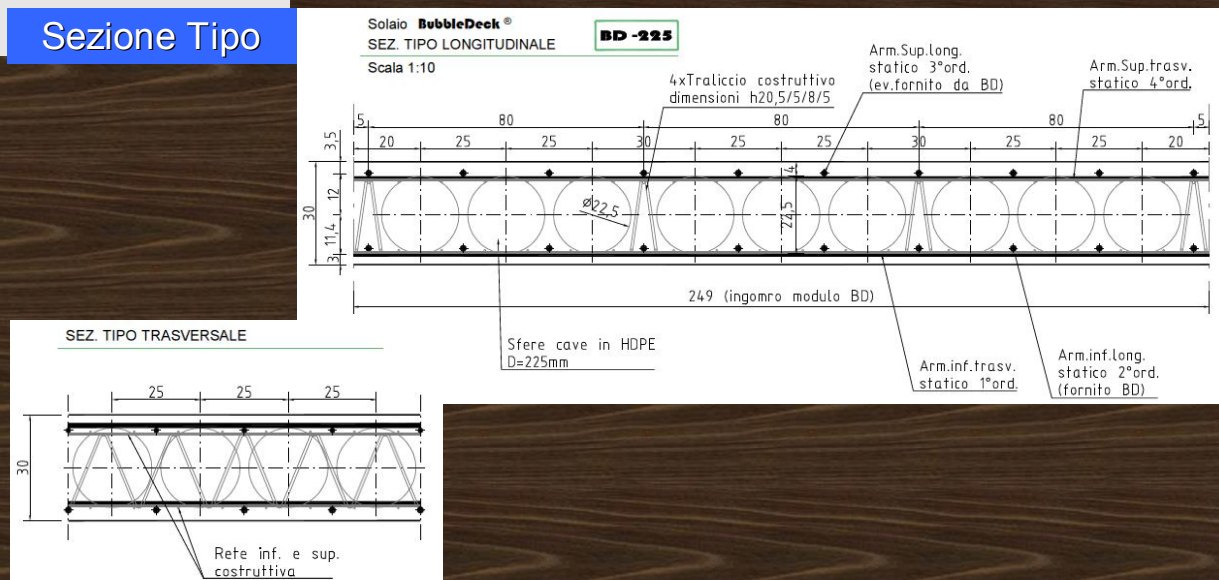
$$H_{BD} = 40\text{cm} (673\text{kg/m}^2)$$

$$H_{MD} = 27\text{cm} (675\text{kg/m}^2)$$

$$J_{BD}/J_{MD} = (36/23)^3 \cdot 0,87 = 3,34!$$

Descrizione del sistema

Sezione Tipo



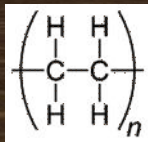
Descrizione del sistema

Produzione

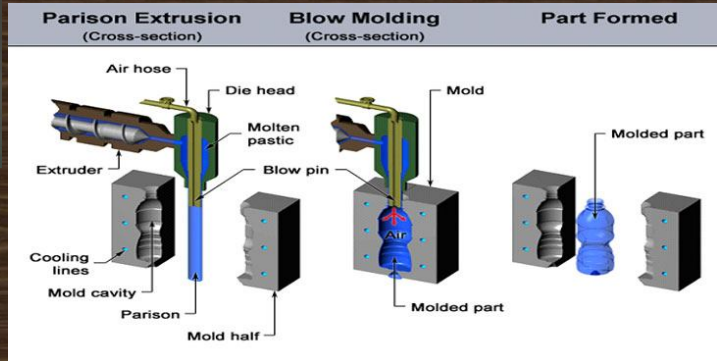
Le Sfere cave



Materiale vergine granulare peso poco meno di 1g/cm³



FASE DEL SOFFIAGGIO

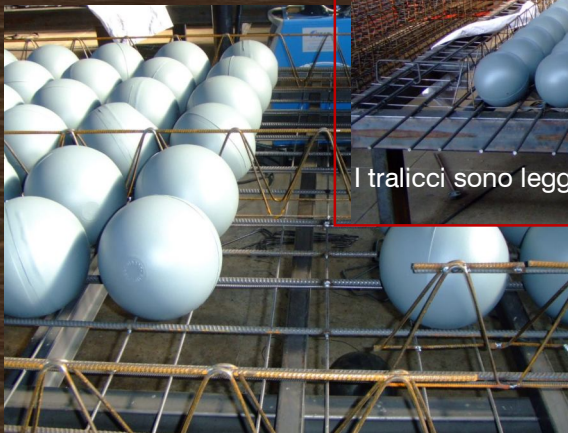


Produzione

Reti e tralici

Larghezza reti usuali
B=240 ÷ 250cm

Reti speciali di
classe B450C



I tralici sono leggermente più alti delle sfere

In questo modo durante la fase di getto le sfere hanno modo di sollevarsi e di staccarsi dalle armature di intradosso

Produzione

Applicazioni speciali

Tubature in PE rivestite
per sistemi TABS



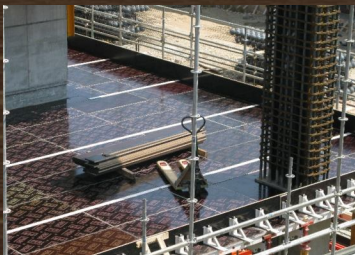
Connettori a taglio a
doppia testa



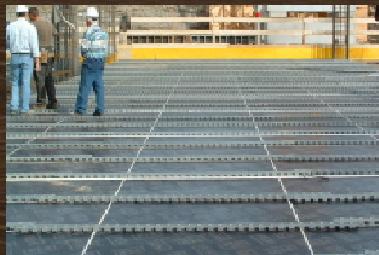
Produzione

Messa in opera

Preparazione cassero per posa dei moduli BubbleDeck



1) Preparazione del
cassero continuo con
sistemi modulari o su
misura



2) Posizionamento dei
distanziatori copri-ferro
sopra cassero



3) Inserimento del
primo ordine di
armatura inferiore
(trasversale ai moduli)

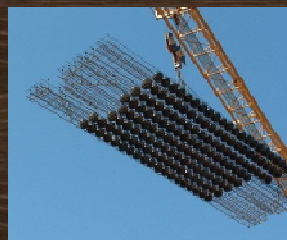
Messa in opera

Trasporto e sollevamento

$L_{max}(\text{non eccezionale}) = 13,6\text{mt}$



Sollevamento con bilancino per edifici di grande altezza

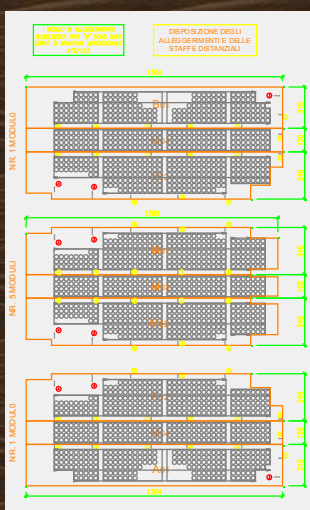


Sollevam. con gru di cantiere



Messa in opera

Posa dei moduli BubbleDeck®



La posa avviene seguendo le indicazioni specifiche

L'importanza della modularità si rivela decisiva soprattutto in caso di solai con caratteristiche ripetitive



Messa in opera

Posa dei cavi di pre-sollecitazione (se prevista
nella progettazione della struttura)



Messa in opera

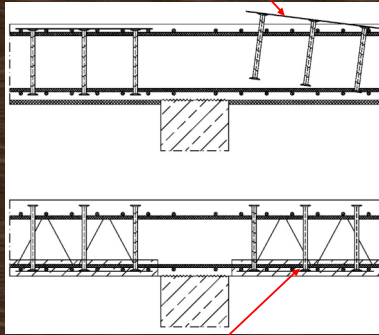
Posa delle armature superiori



Messa in opera

Posa dei connettori a taglio/punzonamento

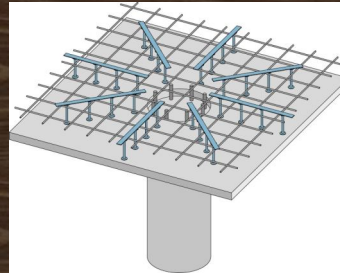
Inserimento dall'alto



Inglobati nella lastra pre-cast



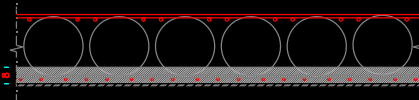
Modalità di posa dall'alto



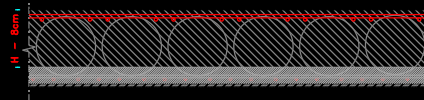
Messa in opera

Raccomandazione per getto

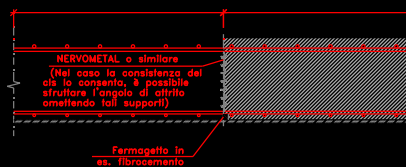
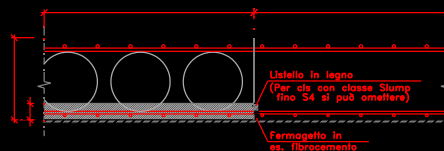
1° FASE: SI GETTA UNA PRIMA STRISCIA DI ALTEZZA ca. 8cm



2° FASE: SI COMPLETA IL GETTO DOPO L'INIZIO DELLA PRESA DEL CLS



PROCEDURA PER EVENTUALE INTERRUZZI DI GETTO A TUTTA ALTEZZA



Messa in opera

Getto del calcestruzzo



1) Getto fase I

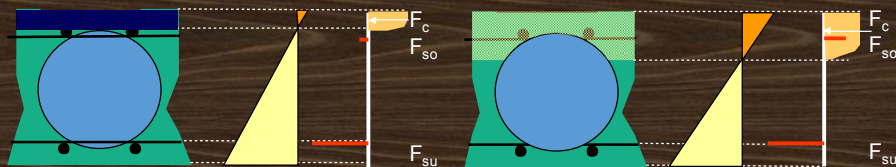
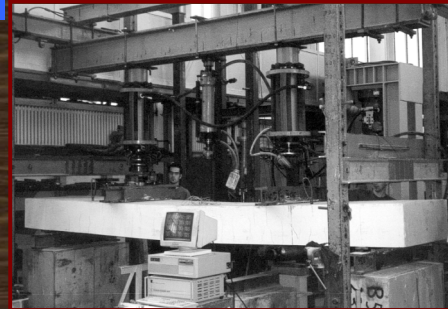
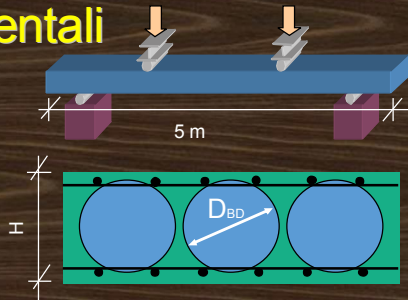


2) Getto fase II

Messa in opera

Verifiche sperimentali

Flessione SLU



caso 1

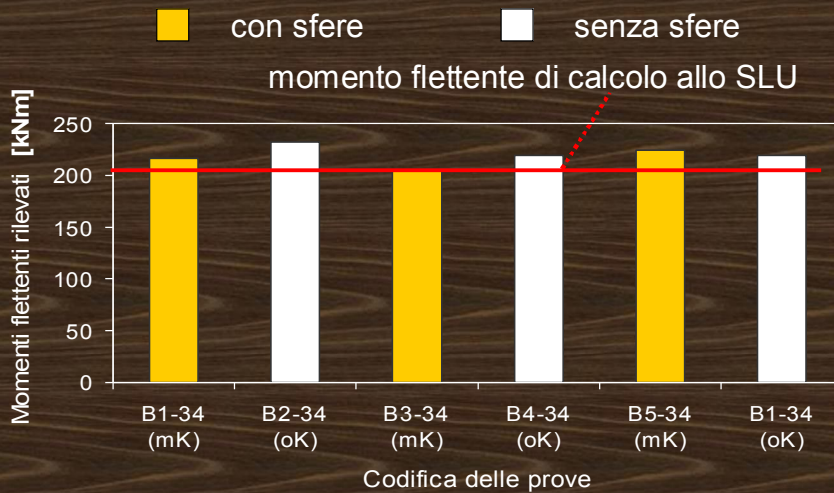
L'asse n. non invade le sfere

caso 2

L'asse neutro invade le sfere

Verifiche sperimentali

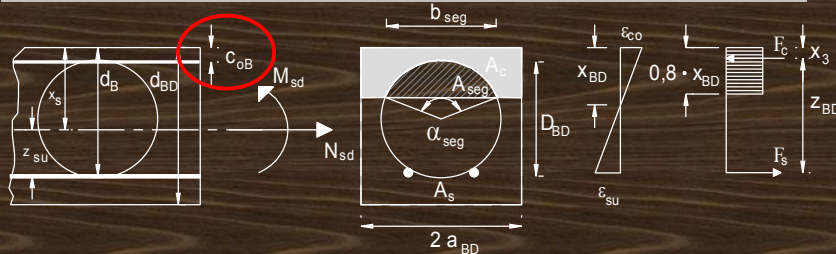
Momenti flettenti rilevati



Verifiche sperimentali

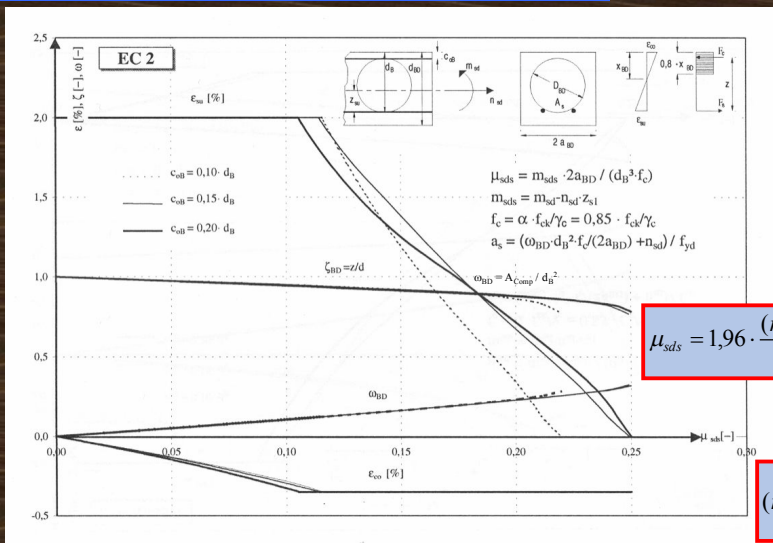
Grandezze geometriche coinvolte

Copriferro rilevato $\gamma_{oB} = c_{oB}/d_B$	Diametro sfere rilevato $\Delta_{BD} = D_{BD}/d_B$	Raggio sfere rilevato $\rho_{BD} = r_{BD}/d_B$	Coefficiente rilevato $\alpha_{BD} = a_{BD}/d_B$
0.1	0.96	0.48	0.53
0.15	0.91	0.45	0.51
0.2	0.86	0.43	0.48



Verifiche sperimentali

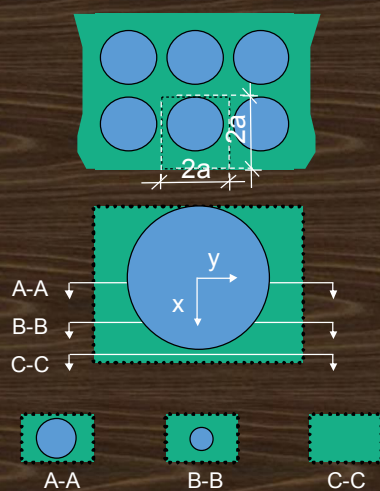
Diagrammi di calcolo adimensionali



Momento
limite a
flessione

Verifiche sperimentali

Flessione in condizione non fessurata



$$I_{BDI} = \frac{\int_{\frac{D}{2}}^{\frac{D}{2}+0,2 \cdot a} \left(\frac{2 \cdot a \cdot H^3}{12} - r(x)^4 \cdot \frac{\pi}{4} \right) dx}{(2 \cdot a)^2}$$

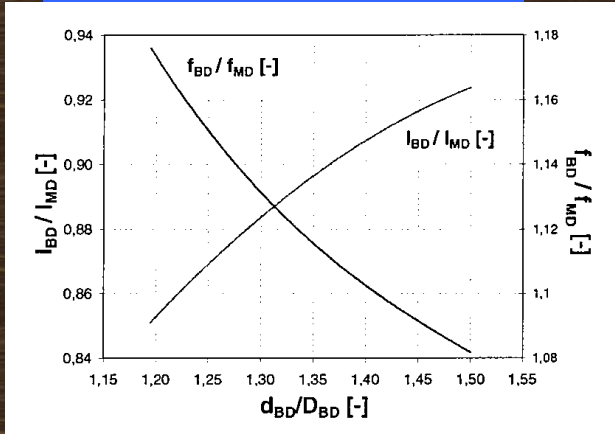
$$-D/2 \leq x \leq D/2 \quad r(x) = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - x^2}$$

$$D/2 \leq x \leq D/2 + 0,2 \cdot a \quad r(x) = 0$$

$$I_{BDI} = \frac{H^3}{12} - 0,124 \cdot a^3$$

Verifiche sperimentali

Flessione in Stato I (condizione non fessurata)



$$\frac{I_{BDI}}{I_{MD}} = 1 - 0,255 \cdot \left(\frac{D_{BD}}{H} \right)^3$$

Per $H=1,25 \cdot D_{BD}$ si ha:

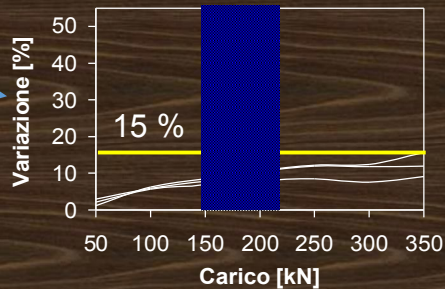
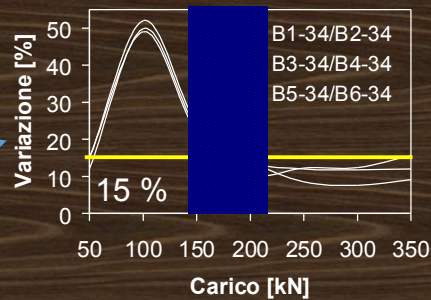
$$\frac{I_{BDI}}{I_{MD}} = 0,87$$

$$f_{BD} = f_{MD} \cdot \frac{I_{MD}}{I_{BD}} = f_{MD} \cdot 1,15$$

Le tabelle BD forniscono il valore del rapporto tra w_M/w_{BD} che si traduce nel reciproco dell'incremento di freccia elastica di calcolo.

Verifiche sperimentali

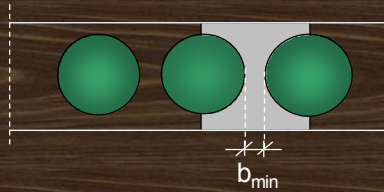
Flessione in condizione fessurata Valutazione della prova



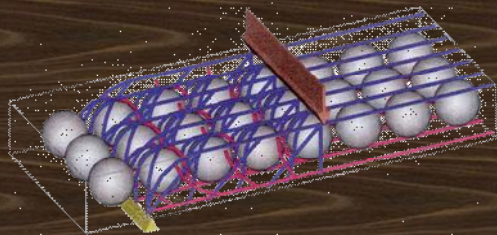
Verifiche sperimentali

Resistenza al taglio

LA RESISTENZA A TAGLIO E' DETERMINATA DAL CONFRONTO TRA LE SOLLECITAZIONI ATTESE E QUELLE RILEVATE SPERIMENTALMENTE



Riduzione al 10% della larghezza di sezione

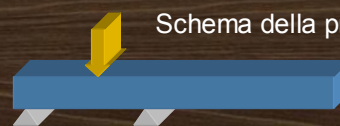


Rappresentazione tridimensionale delle tensioni di compressione/trazione

Verifiche sperimentali

TAGLIO I

12 campioni di piastre esaminate



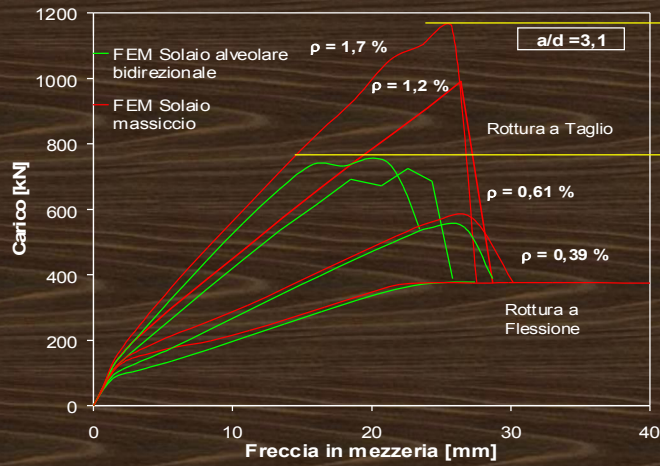
Resistenza al taglio >> 10 % del valore calcolato di una sezione massiccia



Verifiche sperimentali

Resistenza al taglio (per $a/d=3,1$)

a/d = parametro adimensionale rapporto della distanza della posizione dell'azione tagliante in relazione all'altezza della sezione



carico (Con Sf.) /
carico (Senza)

→ **0,64**
→ **0,70**
→ **0,95**
→ **1,00**

Verifiche sperimentali

Prove fisiche in Lab. con il supporto di simulazioni ad elementi finiti non-lineari

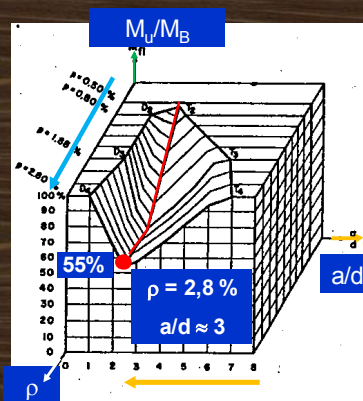


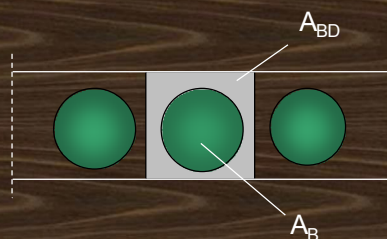
Fig. Vallata di Kani

Bezeichnung	a/d_{BD}	ρ
S1	3,1	0,39
S2	3,1	0,61
S3	3,1	1,2
S4	3,1	1,7
S5	2,05	1,7
S6	1,03	1,7

Verifiche sperimentali

Raccomandazione

La capacità portante a Taglio BD, può essere determinata a favore di sicurezza imponendo una capacità portante residua pari allo 55 % di una soletta piena di pari spessore.



$$V_{R,BD} = \alpha_{BD} \cdot V_{R,MD}$$

DOVE :

$$\alpha_{BD} = 0,55 \text{ (55\%)}$$

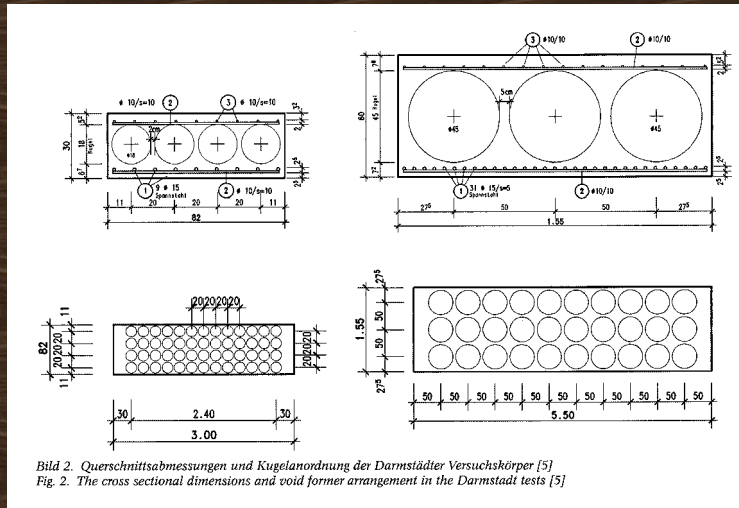
$V_{R,MD}$ = Resistenza di calcolo per solai massicci di pari H

Verifiche sperimentali

NUOVE PROVE RECENTI :

- 1) 2007 : T.U. Darmstadt
[Prove per la determinazione della capacità di resistenza residua a taglio su campioni di prova al variare della resistenza del cls];
- 2) 2009 : T.U. Kaiserslautern
[Prove per la determinazione della capacità di resistenza residua a taglio in zone con l'induzione di momenti flettenti opposti];
- 3) 2009 : T.U. Kaiserslautern
[Sperimentazione relativa alla torsione applicata da momenti opposti nelle due direzioni]

Verifiche sperimentali



Verifiche sperimentali

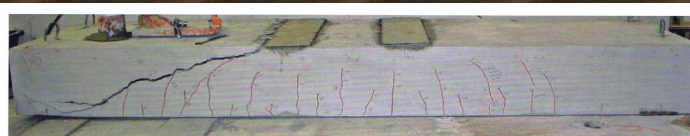


Bild 3. Rissbild bei Erreichen der Querkrafttragfähigkeit im Versuch V2Da der Darmstädter Versuche [5]
 Fig. 3. Crack pattern after reaching shear force carrying capacity in specimen V2Da of the Darmstadt tests [5]

$$f_{c,cyl} = (0,7953 + 0,0003 \cdot f_{c,cube}) \cdot f_{c,cube}$$

$$v_{Rm,ct} = 0,2 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{c,jest})^{1/2} \cdot d$$

Resistenza di taglio attesa a rottura

$$\alpha_Q = v_E / v_{Rm,ct}$$

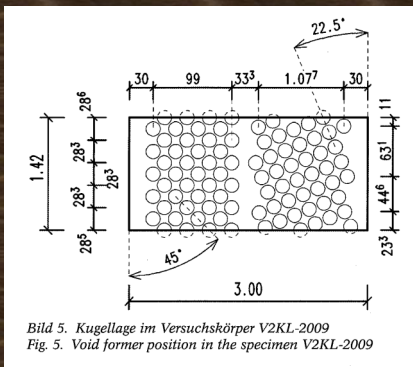
Tabelle 1. Auswertung der Darmstädter Versuche an einachsigen gespannten Platten
 Table 1. Evaluation of the Darmstadt tests on uniaxial supported plates

Testing Specimen	h	d	b	A _{sl}	ρ ₁	f _{cm,cube}	f _{cm,cyl}	κ	V _{Rm,ct}	Shear load V _E at failure in the experiment incl. load device and dead load	V _E / V _{Rm,ct}
	mm	mm	mm	cm ² /m	%	MN/m ²	MN/m ²	[-]	kN	kN	[-]
V1Da	300	260	820	19,4	0,75	22,70	18,2	1,9	191,0	107,6	0,56
V2Da	300	260	820	19,4	0,75	38,40	31,0	1,9	228,0	150,7	0,66
V3Da	300	260	820	19,4	0,75	49,50	40,1	1,9	248,5	143,9	0,58
V4Da	600	560	1550	35,4	0,63	17,80	14,3	1,6	577,1	362,0	0,63
V5Da	600	560	1550	35,4	0,63	51,00	41,3	1,6	823,0	424,8	0,52
V6Da	600	560	1550	35,4	0,63	65,50	53,4	1,6	896,2	431,5	0,48

Verifiche sperimentali

TAGLIO III

TU Kaiserslautern - 2009

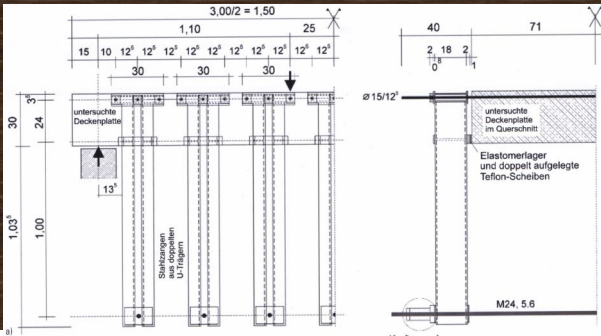


La disposizione delle sfere all'interno dei corpi di prova ruotate a settori con angoli rispettivamente di 22,5° e di 45,0° vuole simulare ciò che accade nell'intorno del perimetro critico esterno del cono a punzonamento per cui, oltre alla presenza di forti tensioni di taglio, sono contestualmente presenti momenti flettenti opposti in direzione e verso.

Verifiche sperimentali

TAGLIO III

TU Kaiserslautern - 2009



*Tabelle 2. Auswertung der Kaiserslauterer Versuche an Platten mit gegenseitig angreifenden Momenten
Table 2. Evaluation of the Kaiserslautern tests on slabs subjected to inversely acting bending moments*

Testing Specimen	Typ	h	d	b	A_{fl}	ρ_l	$f_{cm,cube}$	$f_{cm,cyl}$	κ	$V_{Rm,et}$	Shear load V_E at failure in the experiment incl. load device and dead load	$V_E/V_{Rm,et}$
		mm	mm	mm	cm ² /m	%	MN/m ²	MN/m ²	[-]	kN		
V1KL-2009	NO hollow core with inv. acting moments	300	260	1420	18,7	0,72	61,72	50,2	1,9	458,2	414,8	0,91
V2KL-2009	With hollow core and inv. acting mom.	300	260	1420	18,7	0,72	65,77	53,6	1,9	468,2	273,2	0,58
V3KL-2009	NO hollow core NO inv acting moments	300	260	1420	18,7	0,72	65,91	53,7	1,9	468,6	425,9	0,91

Verifiche sperimentali

TAGLIO IV

TU Kaiserslautern - 2009

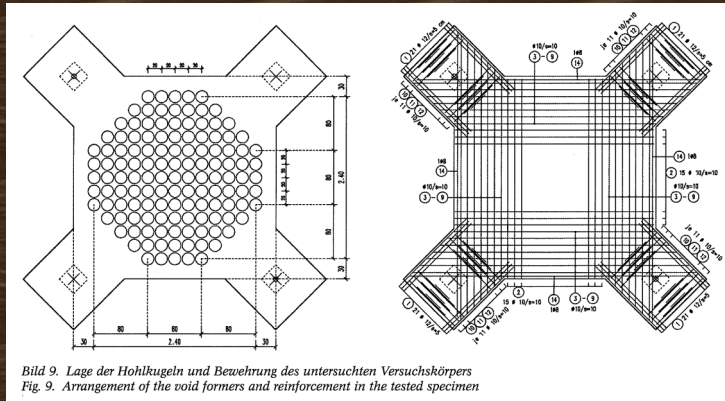


Bild 9. Lage der Hohlkugeln und Bewehrung des untersuchten Versuchskörpers
Fig. 9. Arrangement of the void formers and reinforcement in the tested specimen

Lo scopo della prova è la determinazione della resistenza sotto sforzi torcenti indotti in questo caso dalle reazioni in opposizione agenti in modalità puntiforme sulle diagonali eguali in segno.

Verifiche sperimentali

TAGLIO IV

TU Kaiserslautern - 2009



Bild 10. Versuchsplatte im Prüfstand und Versagensbild
Fig. 10. Slab specimen in the test stand and failure pattern

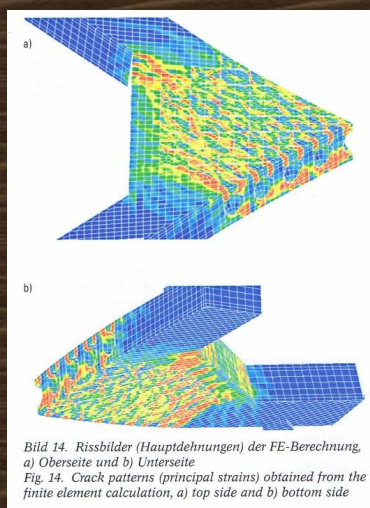


Bild 14. Rissbilder (Hauptdehnungen) der FE-Berechnung,
a) Oberseite und b) Unterseite
Fig. 14. Crack patterns (principal strains) obtained from the finite element calculation, a) top side and b) bottom side

Verifiche sperimentali

TAGLIO IV

TU Kaiserslautern - 2009

I modelli per l'analisi non-lineare FEM sono state approntate alla iFB di Bochum (D). Con il programma DIANA sono stati utilizzati elementi isoparametrici da 20-nodi con funzioni quadratiche. Per stimare i diversi comportamenti del materiale sono stati utilizzati i segg. Modelli:

- Thorenfeld per l'equazione costitutiva del cls in zona di compressione
- Hordijk per la zona di trazione
- Per il ramo discendente della curva tensione-deformazione è stato utilizzato l'algoritmo incorporato da DIANA con l'ausilio del Model Code 90.
- Sono state inoltre considerati i gradi di apertura delle fessure parallele alla forza di compressione tramite il modello Vecchio e Collins; mentre l'apertura delle fessure è descritta utilizzando il modello Selby e Vecchio.
- La presenza delle armature sono state inserite spalmandole negli elementi attraversati.

Tab. 4. Auswertung des Drillversuches
Table 4. Evaluation of the torsion test

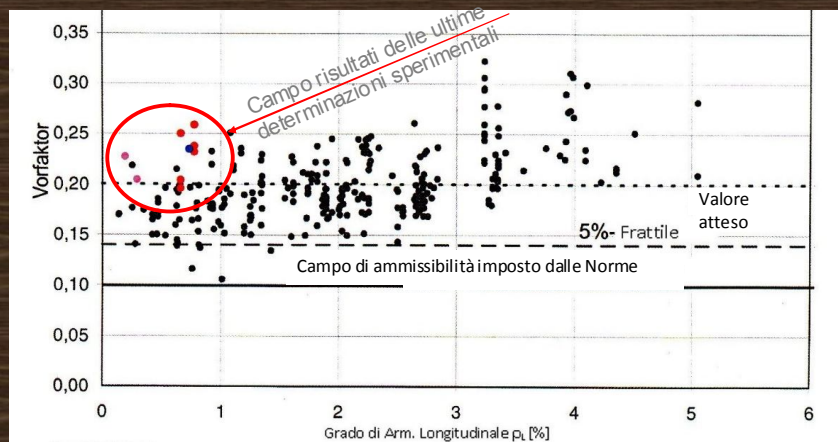
Reinforcement evaluation	h	d	b	A _{stl}	ρ _l	f _{cm,cube}	f _{cm,cyl}	κ	V _{Rm,ct}	Shear load V _E at failure in the experiment incl. load device and dead load	V _E / V _{Rm,ct}
	cm	cm	cm	cm ²	%	MN/m ²	MN/m ²	[-]	kN	kN	[-]
One reinforcement Layer	30	27	175	9,714	0,21	45,29	36,6	1,86	344,7	200,2	0,58

Verifiche sperimentali

TAGLIO I÷IV

$$\text{Vorfaktor} = \frac{v_E}{k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{c, \text{test}})^{1/3} \cdot d} \cdot \frac{1}{\alpha_Q}$$

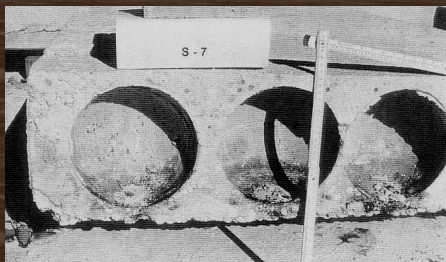
$$\alpha_Q = v_E / v_{Rm,ct} = 0,5$$



Verifiche sperimentali

REI

- Dalle osservazioni delle prove sperimentali, appare evidente che le pressioni/depressioni che si generano all'interno della cavità, ritardano il distacco dell'acciaio dal cls rispetto a quanto accade per le solette massicce, per cui in linea di principio per i solai BD, a favore di sicurezza, possono valere i medesimi parametri fissati per le solette massicce;
- La tenuta e l'isolamento vengono determinati dai ricoprimenti delle cavità. Per i valori di riferimento tabellari si faccia riferimento alla normativa vigente (D.M. 16/02/2007)



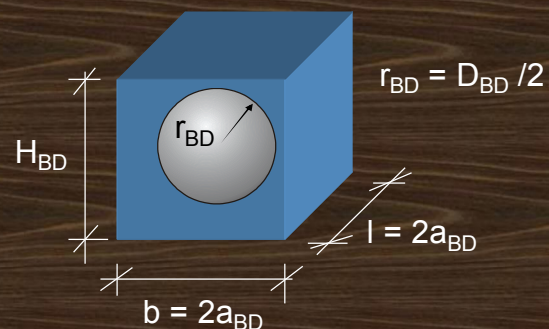
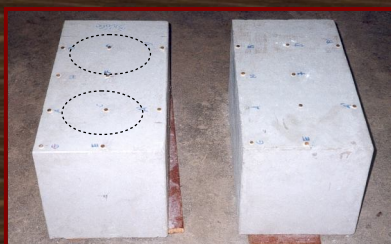
Prova per H=23cm – BD180

- Prove con curva di temperatura normalizzata e carico statico applicato;
- Nessuno scoppio e/o espulsione di materiale dalle cappe di spessore ridotto al minimo $s=s'=25\text{mm}$
- Le mappe delle temperature sotto simulazioni numeriche confermano la sostanziale neutralità della cavità.

Sicurezza

Ritiro e scorrimento viscoso

Da prove sperimentali e simulazioni numeriche si deduce che è possibile paragonare l'effetto del ritiro e della viscosità in modo analogo ad un solaio con spessore equivalente ridotto.



$$H'_{BD} = V / (l \cdot b)$$

$$= H_{BD} - 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 / (2a_{BD})^2 = H_{BD} - 0,135 \cdot \pi \cdot D_{BD}$$

Sicurezza

Isolamento acustico

Misurazione del valore di trasmissione aerea e del calpestio

- Valori sperimentali determinati per due casi specifici

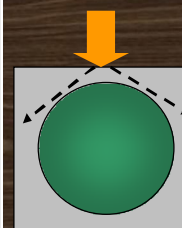
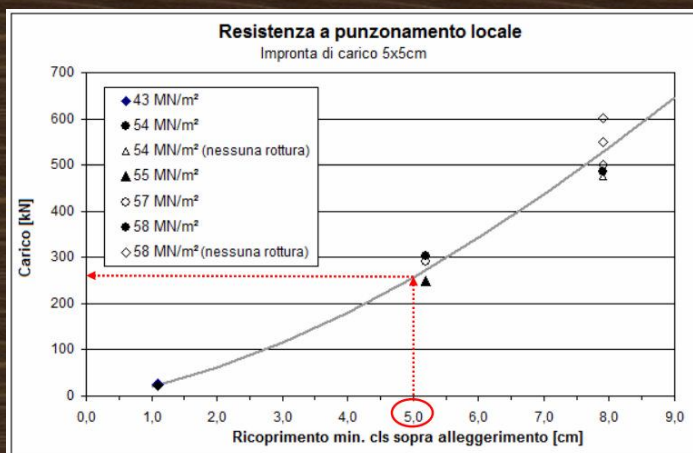
	valore di trasmissione aerea	calpestio
spessore 23 cm	$R_{w,R} = 53 \text{ dB}$ (54)	$L_{n,w} = 78 \text{ dB}$ (74)
spessore 34 cm	$R_{w,R} = 55 \text{ dB}$ (56)	$L_{n,w} = 76 \text{ dB}$ (69)

In via approssimativa per i solai BD, come già visto per il fenomeno del ritiro, si può dedurre la trasmittanza termo/acustica a partire da uno spessore equivalente di solaio pari a:

$$d'_{BD} = d_{BD} - 0,135 \cdot \pi \cdot D_{BD} \quad (D_{BD} = \text{diam. Sfera})$$

Sicurezza

Punzonamento per carico localizzato

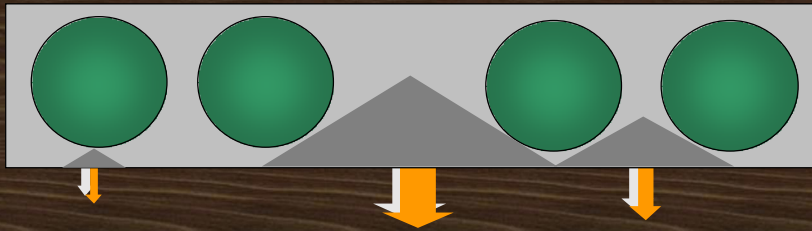


L'effetto arco che si crea con la pressione locale sopra l'elemento sferico è in gran parte il responsabile della resistenza e lo spessore di ricoprimento è la variabile di sistema che determina il carico ammissibile.

Sicurezza

Tecnica di fissaggio

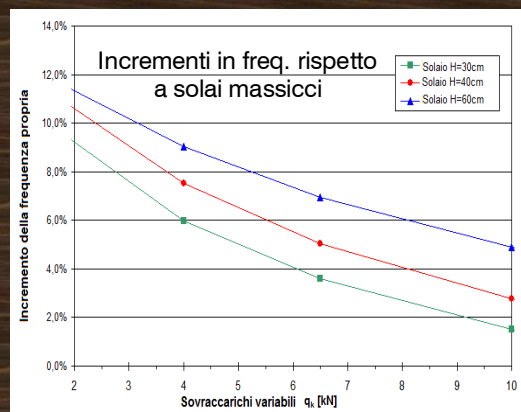
- piccole superfici di carico (ad es. controsoffitti) possono essere fissate senza alcun problema con i soliti strumenti di fissaggio
- l'inserimento di carichi concentrati più grandi è senz'altro possibile previa rimozione dell'alleggerimento dal punto corrispondente prima del getto del solaio



Sicurezza

Frequenza propria

Se paragonata ad una soletta piena di pari spessore H, il più leggero solaio BD a seguito della riduzione delle masse, nonostante la riduzione di inerzia dovuta alle cavità sferiche nello Stato I (sezione non fessurata), risponde in termini di frequenza propria con un positivo incremento delle frequenze fino a oltre 11%. Traducendo la formulazione di base della frequenza propria in funzione delle deformazioni verticali di calcolo rilevate si ottiene la formula;



$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{w_{I,BD}}} \quad k = \frac{F}{w} = \frac{mg}{w}$$

Per ambienti frequentati da persone il minimo è pari a $f_{\min}=3\text{Hz}$ (cicli/sec);
Per ambienti suscettibili a sollecitazioni ritmiche o cicliche $f_{\min}=5\text{Hz}$!

Sicurezza

Flusso di calcolo

Scelta dell'altezza del solaio e del diametro delle sfere in base alle luci di calcolo, della classe di R al fuoco richiesta ed alle condizioni ambientali

Determinazione del peso proprio del solaio (cfr. Tabelle)

Controllo delle frecce ($t=0$ e $t=\infty$); verifica in parallelo delle posizioni più critiche a punzonamento e del massimo $M_{f,BD}$

Dal confronto della resistenza ammessa per il taglio e dalla sollecitazione, si determinano le zone in cui togliere le sfere

Calcolo dell'armatura (Flessione, taglio, punzonamento)

Controllo della eseguibilità di una sezione con i valori determinati

Nuova sessione

Calcolo

Controllo e verifica del momento max. BD

In campata, nelle zone dove saranno effettivamente presenti le sfere di alligierimento, è necessario verificare che il massimo momento flettente positivo M_{sd} non vada oltre il limite ammesso per solette che adottano il sistema BubbleDeck® come segue:

$$\mu_{sds} = 1,96 \cdot \frac{(m_{sd} - n_{sd} \cdot z_l) \cdot D_{BD}}{d_B^3 \cdot f_{ck}} \leq 0,2$$

Momento limite a flessione

DOVE:

M_{sd} = momento flettente SLU

d_B = altezza utile di calcolo

D_{BD} = diametro sfere

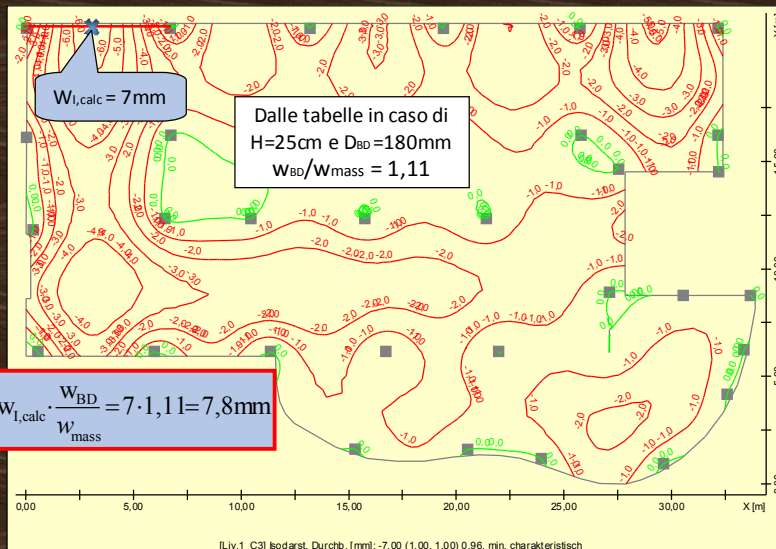
N_{sd} = presollecitazione (ev.)

Z_l = eccentricità della N_{sd}

$$(m_{sd} - n_{sd} \cdot z_l) \leq \frac{d_B^3 \cdot f_{ck}}{10 \cdot D_{BD}}$$

Calcolo

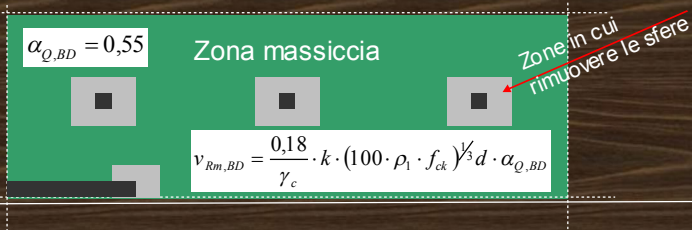
Determinazione delle frecce BD (esempio)



Calcolo

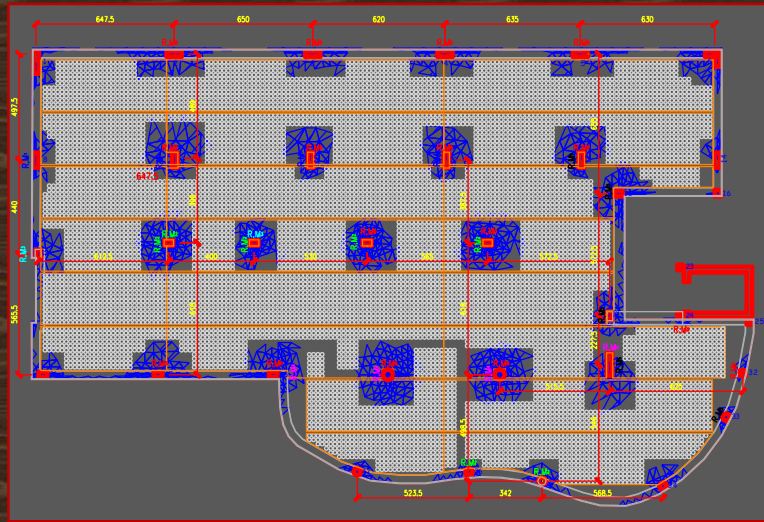
Determinazione delle zone massicce

- Determinazione della sollecitazione al taglio residua ammessa (55% della soletta piena)
- confronto della sollecitazione al taglio presente (FEM) con quella ammessa da BD
- Rimozione delle sfere nel settore con sollecitazione in eccesso



Calcolo

Esempio di rimozione sfere



Calcolo

Determinazione delle zone massicce

RACCOMANDAZIONE

Nella zona di proiezione del cono di rottura per punzonamento che si assume con angolo di rottura a 30° (cfr. NTC ed EC2), è necessario rimuovere le sfere di alleggerimento.

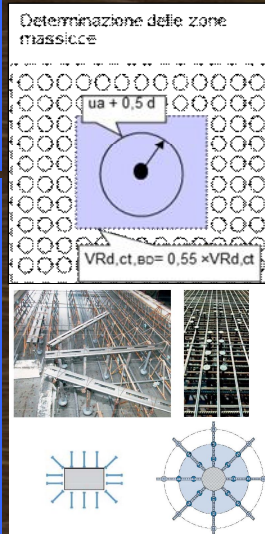
(In questo modo ci si ripone all'interno dell'ambito delle stesse verifiche a punzonamento previsto dalle normative per i solai a piastra massicci)

Calcolo

Determinazione delle zone massicce

Una volta eliminate le sfere all'interno del perimetro critico u_1 (definito come da NTC ed EC2) ed eventualmente del perimetro critico esterno u_{out} (per pilastri da dotarsi con apposite armature a taglio) + un ulteriore distanza di $0,5 \cdot d$, si adottano le usuali procedure come per le solette massicce con lo spessore di solaio assunto.

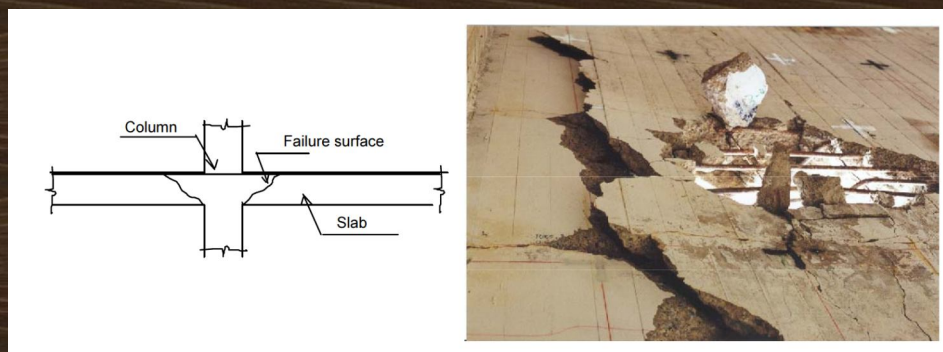
In ordine alla rimozione delle sfere, bisogna considerare di adoperare un aggiornamento del modello in ragione del carico aggiuntivo derivante dal ripristino di aree massicce. (Poiché questa pratica nella realtà serve solo a determinare il valore esatto della R_{max} in prossimità degli appoggi e del tagliante sismico complessivo – per lo scopo si può eseguire in alternativa un percorso più rapido e proficuo eseguendo il calcolo di un secondo modello imponendo per tutta la soletta un valore $\gamma_{cls} \approx 20 \text{ kN/m}^2$ costante - Utilizziamo così il primo modello per determinare le armature a flessione del solaio e l'apertura delle zone massicce, mentre il secondo per il punzonamento ed il tagliante sismico)



Calcolo

Il Punzonamento nelle piastre

Si definisce Punzonamento una rottura per perforazione dell'elemento strutturale dovuta allo spessore piccolo in rapporto all'entità della reazione locale e alle dimensioni dell'impronta su cui la reazione è distribuita;



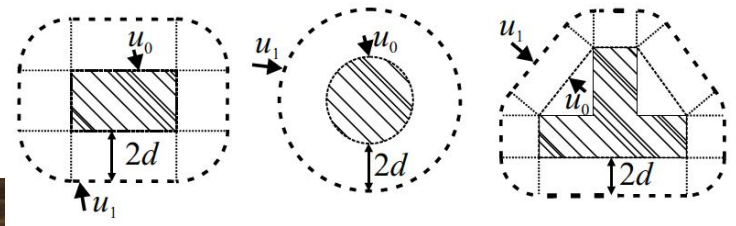
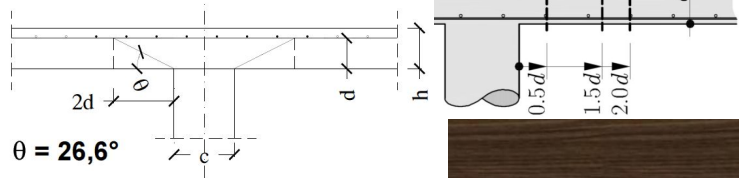
Punzonamento

Normative

- Manca ancora una formulazione analitica esauriente e definitiva per la trattazione del problema.
- Le formule proposte sono di natura sperimentale.
- Le Norme propongono un calcolo convenzionale da eseguirsi con riferimento ad un **perimetro critico** convenzionale lungo il quale distribuire la resistenza.

Interpretazione di perimetro critico per codici diversi

ACI 318-08	DIN 1045-1:2001
SIA 262:2003	EN 1992-1-1:1999
MC2010	BS 8110-97
	MC1990
	EN1992-1-1
	2002



Punzonamento

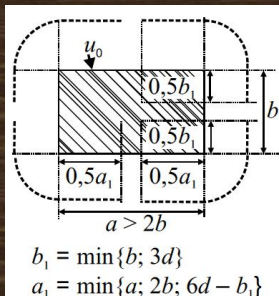
Verifiche da eseguire

a) Lungo il perimetro del pilastro o dell'area caricata (u_0);

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max} \quad v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

$$V_{Ed,RED} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad \Delta V_{Ed} = V_{Ed} \frac{A_{crit}}{A_{tot}}$$

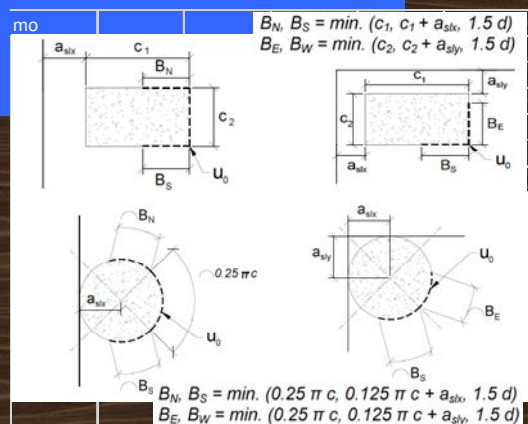
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$\alpha_{cc} = 0,85$
$v = 0,5$	fino alla classe C70/85
$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$	per $f_{ck} > 70\text{MPa}$



$$b_1 = \min\{b; 3d\}$$

$$a_1 = \min\{a; 2b; 6d - b_1\}$$

- il NA(D) limita $u_0 \leq 12d$



Punzonamento

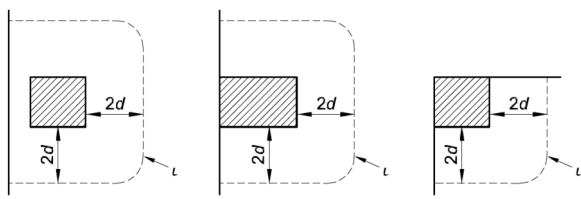
Verifiche da eseguire

b) Lungo il perimetro di verifica posto a distanza $2d$ dal pilastro o dall'area caricata (u_1);

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 d} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} \leq 2,0 \quad \rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lx}} \leq 0,02 \quad v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$



$$k_1 = 0,1$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{c,y} + \sigma_{c,x})/2 \leq \sigma_{cp,max}$$

$$\sigma_{cp,max} = 0,2 f_{cd}$$

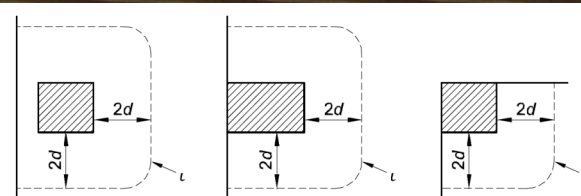
Punzonamento

Verifiche da eseguire

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 d} \leq v_{Rd,c}$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq v_{min} + k_1 \sigma_{cp}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} \leq 2,0 \quad \rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lx}} \leq 0,02 \quad v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$



$$k_1 = 0,1$$

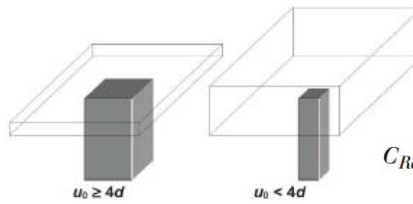
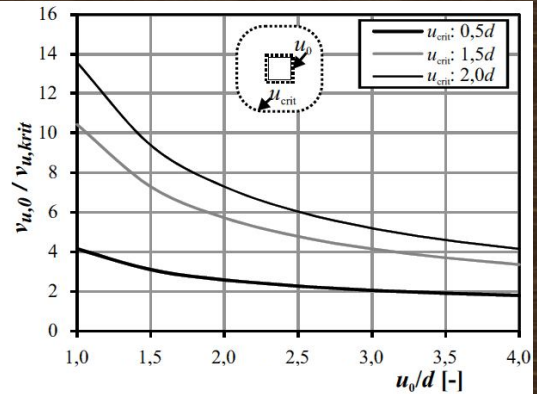
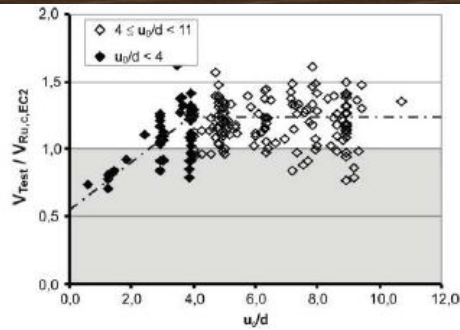
$$\sigma_{cp} = (\sigma_{c,y} + \sigma_{c,x})/2 \leq \sigma_{cp,max}$$

$$\sigma_{cp,max} = 0,2 f_{cd}$$

Punzonamento

1992-1-1 NA(D)

- Per pilastri con dimensione in sezione piccola in relazione allo spessore della piastra ($u_0/d < 4$) il NA(D) impone un fattore $C_{Rd,c}$ ridotto in ragione delle osservazioni sperimentali



$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_C} \left(0,1 \frac{u_0}{d} + 0,6 \right) \geq \frac{0,15}{\gamma_C}$$

Punzonamento

Verifiche

La tensione tangenziale di punzonamento si calcola con la seguente espressione, dove il coefficiente β tiene conto della eventuale eccentricità della reazione di appoggio rispetto al perimetro di verifica:

c_1/c_2	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
k	0,45	0,6	0,7	0,8

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

caso di doppia eccentricità

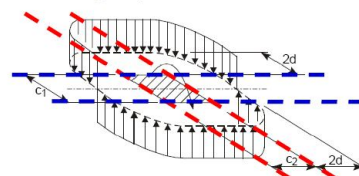
Espressione generale di β : $\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_1}$ $\beta = 1 + \sqrt{\left(k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_{1,x}} \right)^2 + \left(k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_{1,y}} \right)^2}$

OSSERVAZIONI

k tiene conto del fatto che un momento flettente nella piastra non è equilibrato solo da sforzi tangenziali ma anche da **flessione** nelle strisce poste nel piano di sollecitazione e da **torsione** nelle strisce ortogonali.

k tiene inoltre conto della distribuzione non uniforme del taglio, W_1 momento intorno all'asse di sollecitazione corrispondente ad una distribuzione di tipo "plastico" di sforzi tangenziali unitari lungo il perimetro di verifica:

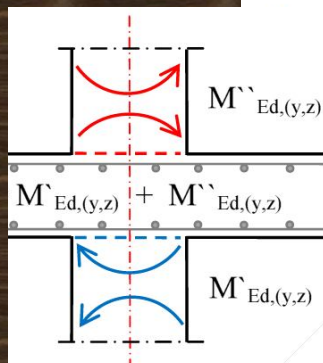
$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$$



$$\beta = 1 + 0,6\pi \frac{e}{D + 4d}$$

pilastro circolare

Punzonamento

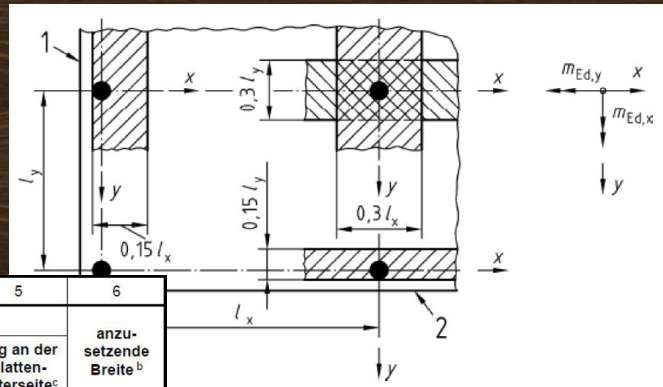


Verifiche

- per NA(D)

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed}$$

$$m_{Ed,y} = \eta_y \cdot V_{Ed}$$

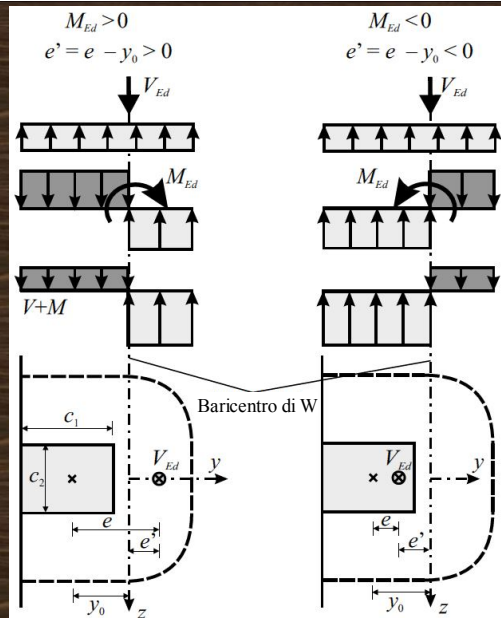
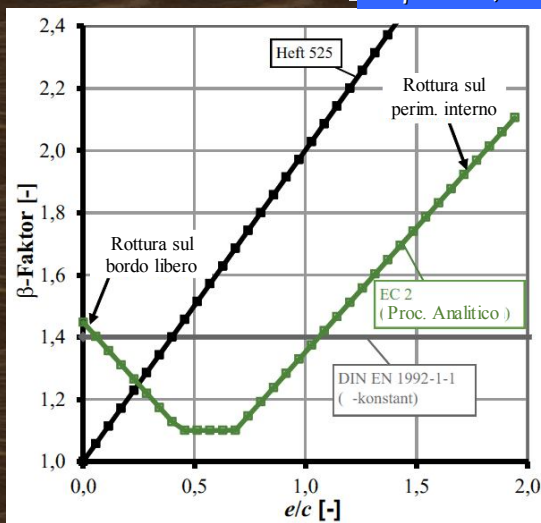


Zelle	Spalte	η_x		anzu- setzende Breite ^b	η_y		anzu- setzende Breite ^b
		Zug an der Platten- oberseite ^c	Zug an der Platten- unterseite ^c		Zug an der Platten- oberseite ^c	Zug an der Platten- unterseite ^c	
1	Innenstütze	0,125	0	$0,3 l_y$	0,125	0	$0,3 l_x$
2	Randstütze, Rand „x“ ^a	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Platten- breite)
3	Randstütze, Rand „y“ ^a	0,125	0,124	(je m Platten- breite)	0,25	0	$0,15 l_x$
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	0,5	0,5	(je m Platten- breite)

Punzonamento

Verifiche

- per NA(D)
 $\beta_{min}=1,1$



Punzonamento

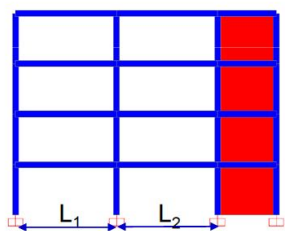
Verifiche

Caso in cui è applicabile il coeff. β approssimato

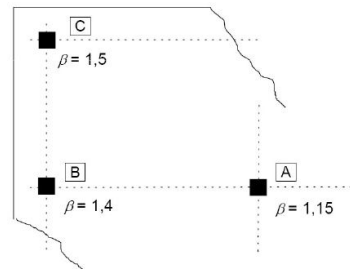
Valori approssimati del coefficiente β

1 la stabilità laterale della struttura non dipende dal funzionamento a telaio del complesso piastra – pilastri (ad es. nelle strutture controventate da setti)

2 piastre dove le luci adiacenti non differiscono in lunghezza più del 25 %



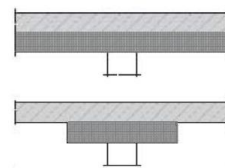
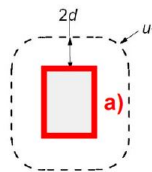
$$0,75 L_1 < L_2 < 1,25 L_1$$



Punzonamento

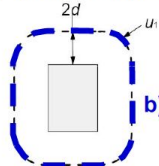
Verifiche

Se la condizione a) non è soddisfatta occorre aumentare le dimensioni del pilastro e/o lo **spessore della piastra** oppure inserire un **capitello** in testa al pilastro.



Se invece non è soddisfatta la condizione b) si possono adottare gli stessi accorgimenti descritti sopra oppure inserire apposite armature a taglio-punzonamento:

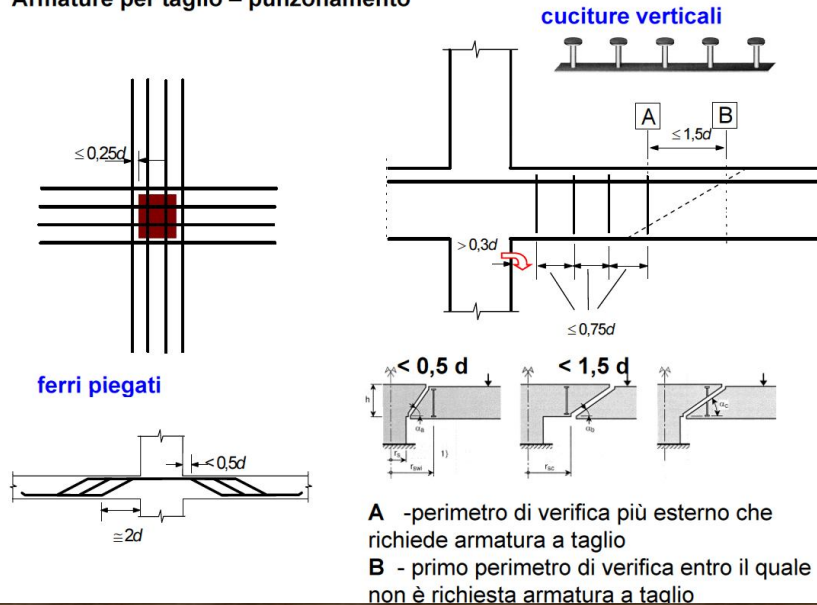
$$V_{Ed} < V_{Rd,cs} \quad (\text{verifica in presenza di armature a taglio-punzonamento})$$



Punzonamento

Verifiche

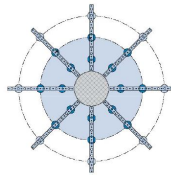
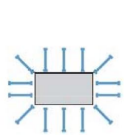
Armature per taglio – punzonamento



Punzonamento

Verifiche

RESISTENZA A PUNZONAMENTO DI PIASTRE O FONDAZIONI DI PILASTRI CON ARMATURE A TAGLIO-PUNZONAMENTO



angolo tra armatura a punzonamento e piano della piastra

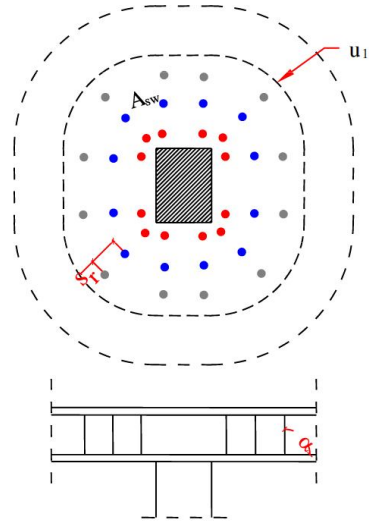
$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} \frac{1}{u_1 d} \sin \alpha$$

s_r è il passo radiale dell'armatura di punzonamento

area di armatura a punzonamento disposta su un perimetro intorno al pilastro

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 d_{pilastro} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

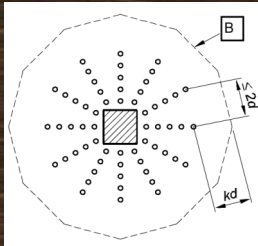
$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1,15} = 391,3 \text{ [MPa]}$$



Punzonamento

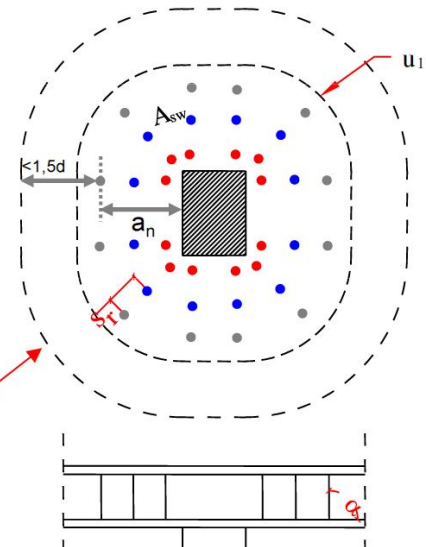
Verifiche

- il NA(D) limita
 $C_{Rd,c-out} = 0,1$



RESISTENZA A PUNZONAMENTO DI PIASTRE O FONDAZIONI DI PILASTRI CON ARMATURE A TAGLIO-PUNZONAMENTO

- massima distanza radiale s_r (0,75 d)
- distanza a_1 (compresa tra 0,3 d e 0,5 d) della prima serie di armature dal pilastro
- distanza b_u (< 1,5 d) dell'ultima serie di armature dal perimetro u_{out}
- distanza a_n dell'ultima serie di armature dal pilastro
- numero minimo di spazi tra le serie di armature $n=(a_n - a_1)/(0,75 d)$ e numero minimo di serie di armature
- calcolo di s_r
- calcolo di A_{sw}



$$\frac{A_{sw,min}}{s_r \cdot s_t} = \frac{A_s \cdot \sin \alpha}{s_r \cdot s_t} = \frac{0,08}{1,5} \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \rho_{sw,min}$$

$$u_{out,ef} = \frac{\beta V_{Ed}}{v_{Rd,c} d}$$

Punzonamento

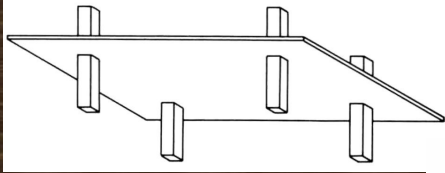
Le piastre in zona sismica

GENERALITA'

- Ammessi spostamenti di interpiano (drift) < 2,5%
- Per definizione le piastre **non** dovrebbero fare parte del sistema sismo-resistente, ma debbono essere comunque in grado di sopportare le rotazioni conseguenti al drift senza perdite significative di resistenza nei confronti dei carichi gravitazionali;
- Nelle piastre piane accoppiate a pilastri sismo-resistenti e senza travi ribassate, la struttura risulta eccessivamente deformabile e pericolosa sia per lo SLD che per lo SLV (SOLUZ. AUSPICABILE AL MASSIMO IN ZONE A BASSA SISMICITA');
- I problemi maggiori si rilevano nelle verifiche a punzonamento e quindi nella duttilità della piastra nel nodo pilastro-piastra;
- La stima del momento flettente indotto dal tagliante sismico è di estrema difficoltà a causa della forte non-linearità dell'interconnessione nodale

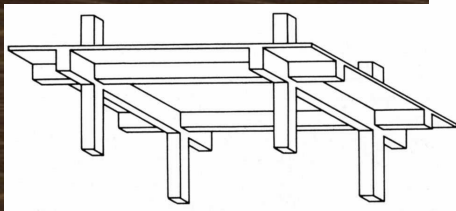
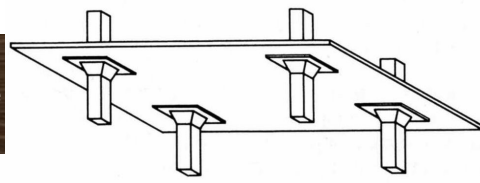
Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica



Esempio di piastra a spessore costante

Esempio di piastra a spessore variabile



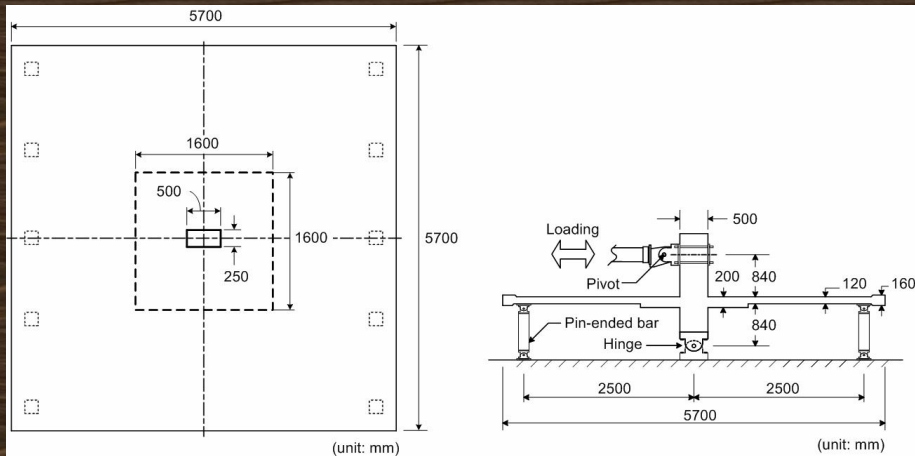
Esempio di piastra con nervature sporgenti

Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Piastre accoppiate a pilastri sismo-resistenti
SENZA TRAVI RIBASSATE

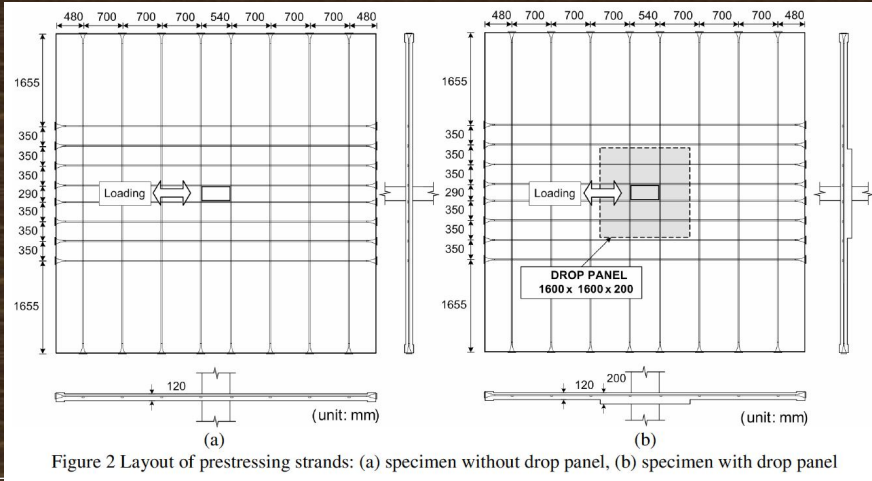
Esperienze Sperimentali (su modelli in scala)



Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

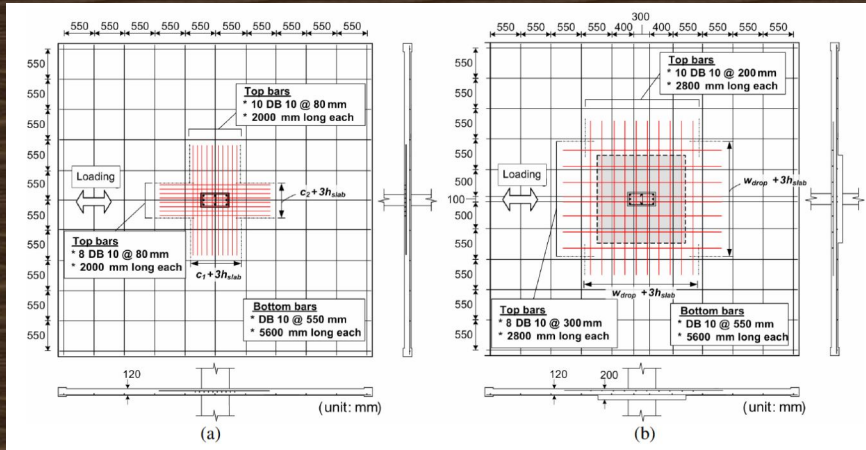
Esperienze Sperimentali (su modelli in scala)



Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze Sperimentali (su modelli in scala)



Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze
Sperimentali (su
modelli in scala)

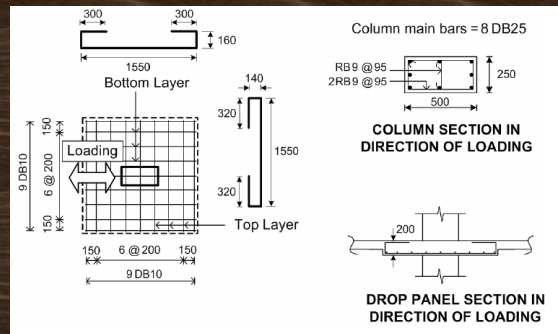


Table 1 Material properties

Specimen	Concrete Slab at Test Day f_c' (MPa)	Reinforcing Bars		Prestressing Strands	
		Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)
Specimen without drop panel	41	503	578	1,780	1,902
Specimen with drop panel	46	324	491	1,763	1,947

Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze
Sperimentali (su
modelli in scala)

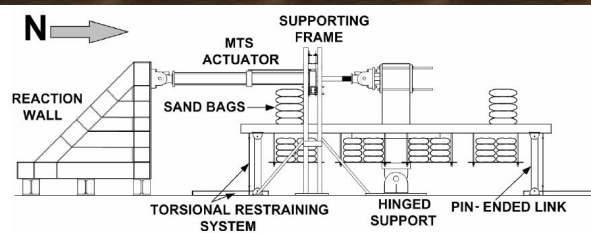
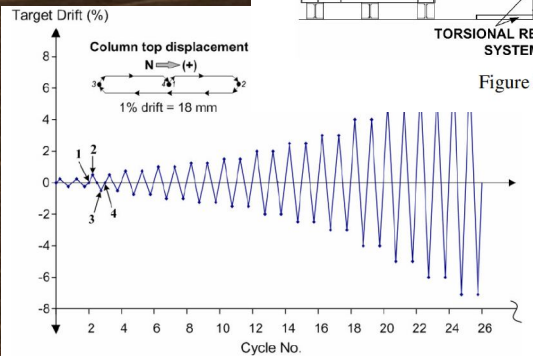


Figure 5 Experimental setup



Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze
Sperimentali (su
modelli in scala)

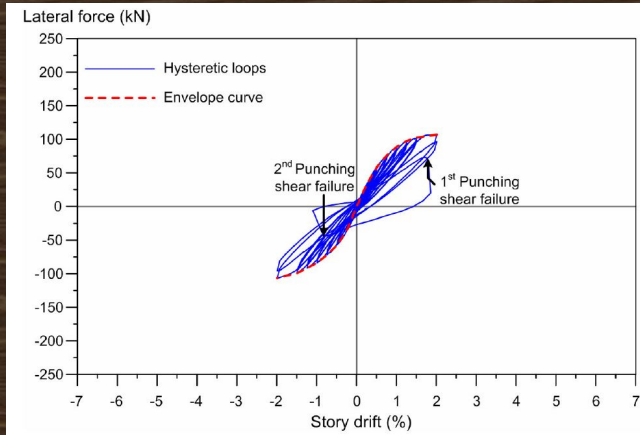


Figure 7 Lateral force–drift relationships for the specimen without drop panel

Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze
Sperimentali (su
modelli in scala)

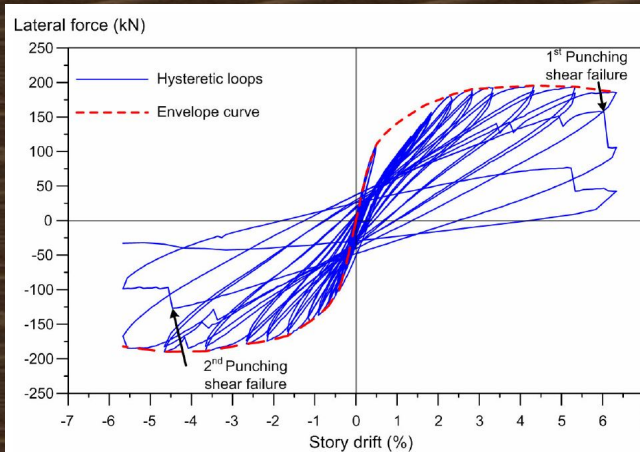
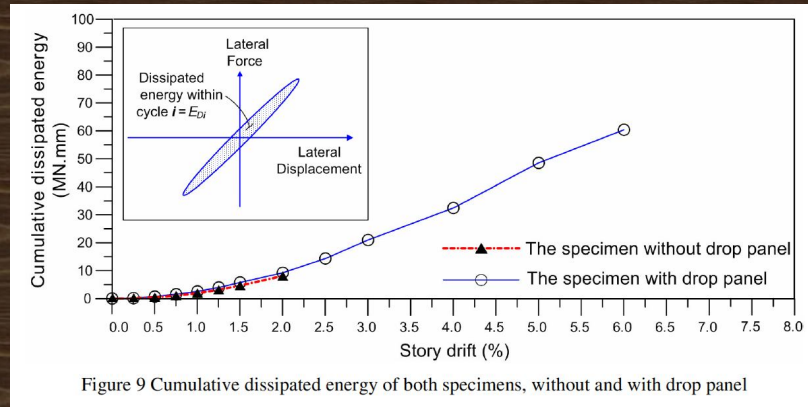


Figure 8 Lateral force–drift relationships for the specimen with drop panel

Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Esperienze Sperimentali
(su modelli in scala)



Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Piastre accoppiate a pilastri sismo-resistenti
SENZA TRAVI RIBASSATE

Conclusione

- Risultato dei test: ciascuno dei provini dimostra un carattere deformativo elastico-lineare con bassa dissipazione di energia come riscontrabile dai diagrammi di ciclo stretti ed allungati;
- In apparenza il provino con piastra a spessore variabile sembra godere di un maggiore livello di duttilità (6% di picco contro il 2,5% dell'altro);
- Queste prove, come del resto altre che hanno preceduto la presente, suggeriscono che il parametro che governa maggiormente la capacità duttile di una connessione nodale è il grado di sfruttamento a taglio della zona interessata al fenomeno (GSR – Gravity Shear Ratio) V_g/V_o . Dove V_g indica la sollecitazione di calcolo a taglio agente nel momento del sisma, mentre V_o è la massima capacità portate a taglio/punzonamento del sistema. Nel caso in questione $V_g/V_o = 0,13$ per la piastra a spess. variabile; mentre $V_g/V_o = 0,28$ per la piastra a spessore costante.

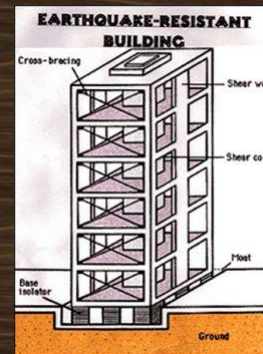
Le piastre in zona sismica

Le piastre in zona sismica

Setti e Pareti sismo-resistenti

- Il controllo degli spostamenti è affidato per intero alla disposizione dei setti e dei vani scala-ascensore, con piastra che funge da diaframma di piano;
- Le piastre vengono progettate per carichi statici;
- Attenzione particolare al punzonamento locale della piastra in caso di pareti perimetrali (si raccomanda la combinazione con travi ribassate);
- Se il drift diventa accentuato (sopra il 2%), duttilità e salvaguardia del punzonamento locale diventano la priorità. Conviene sostituire i classici connettori a doppia testa con staffature chiuse opportunamente prolungate oltre il perimetro critico nodale.

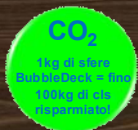
Piastre accoppiate a PARETI SISMO- RESISTENTI



Le piastre in zona sismica

La sfera è „green“ !

- Dagli scarti si ricava fino al **95%** del polietilene ad alta densità (HDPE) che compone le sfere di alleggerimento.
- Produrre una tonnellata di cemento genera emissioni per 700 kg equiv. di CO₂
- Per ogni m³ di calcestruzzo risparmiato si vengono meno ca. Kg 224 di CO₂ equiv. (con incidenza di 320kg/m³)
- Ad es. con una sfera ø360 riusciamo a risparmiare circa 60 kg di calcestruzzo, ossia ca 8,0 kg di cemento e quindi ben 5,6 kg equiv. di CO₂!
- Quindi la nostra sfera ha già risparmiato all'incirca quanto inquina un'auto di media cilindrata che percorre 35 km (dato relativo ad un valore di 0,150kg di CO₂ eq. /km)
- 1 camion con moduli BD ≈ 30mc di cls in meno = 6720 kg di CO₂ eq. = ca. 44800km di percorrenza dell'auto di cui sopra.



Sostenibilità

Impatto ambientale BD

Caso Studio

DATI
TORRE
REGIONE
PIEMONTE

P.Tipo
Liv.12

A) CONDIZIONI AL CONTORNO

Indipendentemente dalla cubatura, dalla forma e dalla destinazione d'uso di un edificio nell'utilizzo delle risorse risulta evidente il grosso impatto della struttura al grezzo.

Parti costruttive	[%]
I) Struttura grezza	66%
II) Impianti (A/C-Vent)	13%
III) Sottostrutture	12%
IV) Mantello	9%

Considerando che per le opere in c.a., i solai incidono mediamente al 45÷55%, è evidente il grosso potenziale di risparmio nell'ottica di una razionalizzazione delle risorse per questa strategica parte strutturale.

Un esempio di razionalizzazione ed efficienza può essere costituito dalla differenza di materiale intesa come rapporto tra sovraccarico complessivo e peso proprio.

a. Solai Massiccio
H=34cm PP=8,5kN/mq Sovraccarico = P+Q = 5,5kN/mq
Fattore_{Sovracc/PP} = 0,65

b. Solai tipo BubbleDeck (allegg. con sfere da D=225mm)
H=34cm PP*=6,7kN/mq Sovraccarico = P+Q = 5,5kN/mq
Fattore_{Sovracc/PP} = 0,82

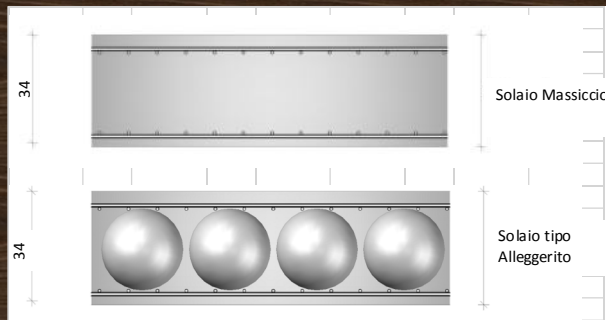
(*) Tiene conto anche di un'incidenza di 25% di zone massicce

Sostenibilità

Caso Studio

DATI
TORRE
REGIONE
PIEMONTE

P.Tipo
Liv.12



B) DATI PER IL CALCOLO DEL CICLO DI VITA

a. Contenuto di calcestruzzo	Dati da consuntivo di progetto
b. Contenuto di acciaio strutturale	Dati da consuntivo di progetto
c. Energia per il processo produttivo	Produttore sfere
d. Granulato sintetico	I dati di input ed output per la produzione dei granuli del materiale vergine, per ISO 14040:06 possono essere trascurati in quanto trattasi di materiale di riciclo
e. Trasporto dell'acciaio	Viene messo in conto una distanza di trasporto media di 30km dal magazzino del fornitore ed una capacità di carico di max. 24ton/viaggio
f. Trasporto dell'acciaio p.t.	Viene messo in conto una distanza di trasporto media di 370km dal magazzino del fornitore ed una capacità di carico di max. 24ton/viaggio
g. Trasporto dei connettori a taglio	Viene messa in conto una distanza di trasporto media di 1120km dal produttore in cantiere ed una capacità di carico di max. 24ton/viaggio
h. Trasporto del calcestruzzo	Viene messo in conto una distanza di trasporto media di 20km dal più vicino impianto di betonaggio ed una capacità media di betoniera di ca. 7,5m ³ /viaggio
i. Trasporto delle sfere di HD-PE	Viene conteggiata la distanza delle sfere sfuse allo stabilimento di assemblaggio dei moduli (4800sf/viaggio), poi da qui fino in cantiere (3viaggi/solaio)

C) DATABASE DI RIFERIMENTO

Il calcolo del ciclo di vita è eseguito in ragione dei parametri contenuti nel dataset "Oekobau.dat" (sorgente: Ministero Federale dei Trasporti, Costruzioni e Sviluppo Urbano - RFT)

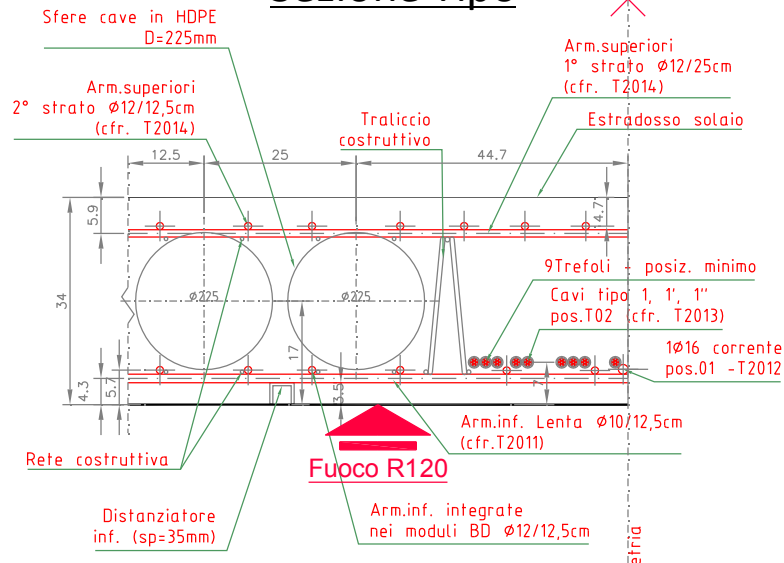
Sostenibilità

Caso Studio

DATI
TORRE
REGIONE
PIEMONTE

P.Tipo
Liv.12

Sezione Tipo



Sostenibilità

Caso Studio

DATI
TORRE
REGIONE
PIEMONTE

P.Tipo
Liv.12

SUPERFICI:			
Stot	= 935,5mq	[Sup. totale - tutto incluso]	
S(alleg.)	= 655,2mq	[Sup. al netto dei cordoli di coronamento e travi fuori spess. solaio]	
Stot/S(alleg.)	= 70%	[Percentuale del solaio allegg / solaio massiccio]	
<i>NOTA: Per lo scopo dell'analisi comparativa si fa riferimento alla superficie alleggerita.</i>			
SOVRACCARICHI:			
P	= 2,50kN/m ²	[Sovraccarico permanente distribuito di superficie]	
Q	= 3,00kN/m ²	[Sovraccarico variabile distribuito di superficie]	

RIASSUNTO:						
U.M.	Indice LCA	Solaio MD		Solaio BD		Legenda
		TOTALE	[%]	TOTALE	[%]	
kWh	PE-nr	941	100%	745	79,1%	Energia Primaria - non rinnovabile
kWh	PE-r	82	100%	69	83,3%	Energia Primaria - rinnovabile
kWh	PE-tot	1024	100%	814	79,5%	Energia Primaria - totale
kg/CO ₂ -eq	GWP	138	100%	112	81,1%	Global Warming Potential
kg/CF ₁₁ -eq	ODP	3,75E-07	100%	3,37E-07	89,7%	Ozone Depletion Potential
kg/SO ₂ -eq	AP	2,48E-01	100%	2,06E-01	83,0%	Acidification Potential
kg/PO ₄ -eq	EP	3,48E-02	100%	2,87E-02	82,4%	Eutrophication Potential
kg/C ₂ H ₄ -eq	POCP	2,81E-02	100%	2,30E-02	82,1%	Photochemical Ozone Creation Pot.

Note: PO₄ = fosfato ; C₂H₄ = etano

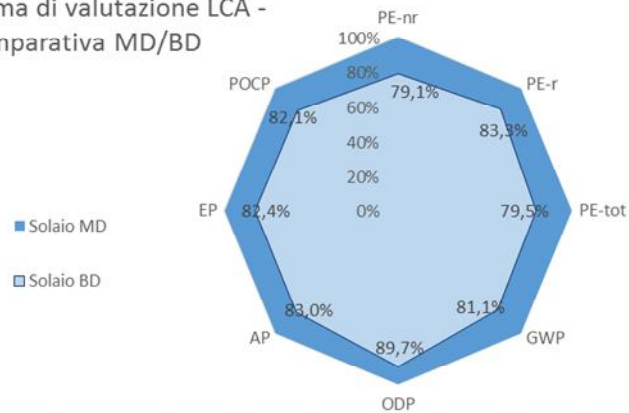
Sostenibilità

Caso Studio

DATI
TORRE
REGIONE
PIEMONTE

P.Tipo
Liv.12

Diagramma di valutazione LCA -
Comparativa MD/BD



L'analisi svolta, dati alla mano, ha il senso di dimostrare l'efficacia della sostenibilità nell'applicazione di un solaio alleggerito BD che, nel confronto diretto con un solaio massiccio, alleggerisce mediamente del 20% il carico di impatto ambientale secondo gli indicatori più importanti.

Sostenibilità

T.A.B.S.

Perché raffreddamento radiante?

- L'epidermide umana è altamente sensibile alla temperatura percepita radiante
- Assorbimento ed emmissività di 0,97 (Maggiore dei corpi neri opachi)

Acronimo T.A.B.S.

Thermal - Activation – Building - System

Parametri determinanti il comfort termico

- Temperatura percepita radiante (45%)
- Temperatura dell'aria (35%)
- Velocità dell'aria (20%)

Cos'è il T.A.B.S.?

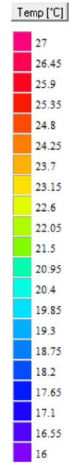
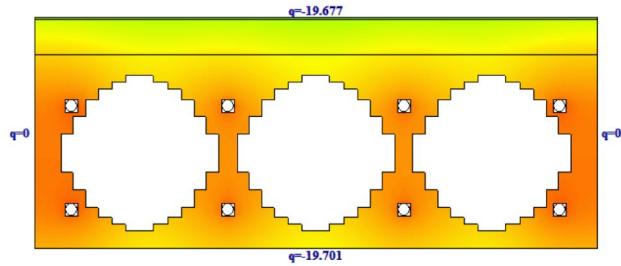
- Trattasi di una tecnica che sfrutta la struttura come accumulatore di energia

T.A.B.S.

T.A.B.S.

SISTEMA TABS
IN MODALITA'
RISCALDAMENTO

	Heating
Supply / Return Temp., θ_V / θ_R	27/23°C
Temperature difference σ ($\theta_V - \theta_R$)	4 K
Heating capacity upwards	19,7 W/m ²
Heating capacity downwards	19,7 W/m ²
Total heating capacity	39,4 W/m ²

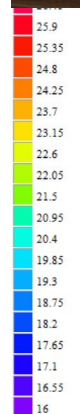
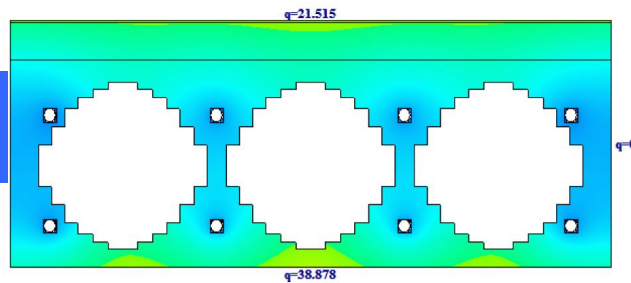


T.A.B.S.

T.A.B.S.

SISTEMA TABS
IN MODALITA'
RAFFRESCAMENTO

Supply / Return Temp., θ_V / θ_R	17/20°C
Temperature difference σ ($\theta_V - \theta_R$)	3 K
Heating capacity upwards	21,5 W/m ²
Heating capacity downwards	38,9 W/m ²
Total heating capacity	60,4 W/m ²



T.A.B.S.

T.A.B.S.

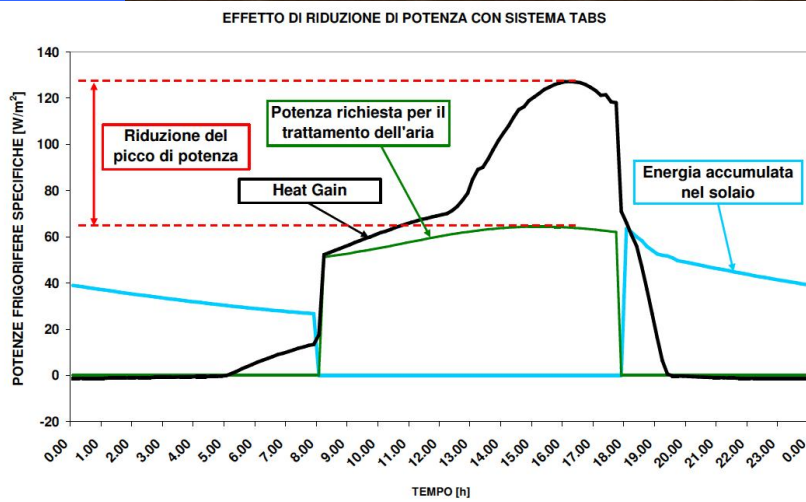


Figura 3. Esempio dell'effetto di attenuazione del picco di carico

T.A.B.S.

T.A.B.S.

[Predicted Mean Vote]

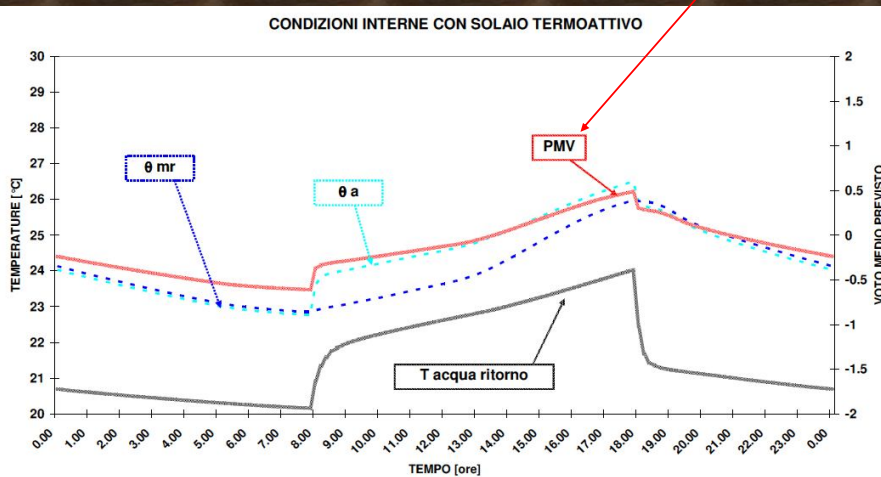
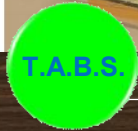
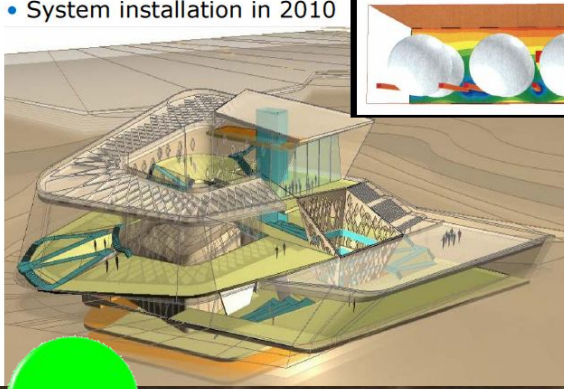


Figura 4. Esempio di profili di temperatura (asse sinistro) e valori di PMV (asse destro) nel corso della giornata

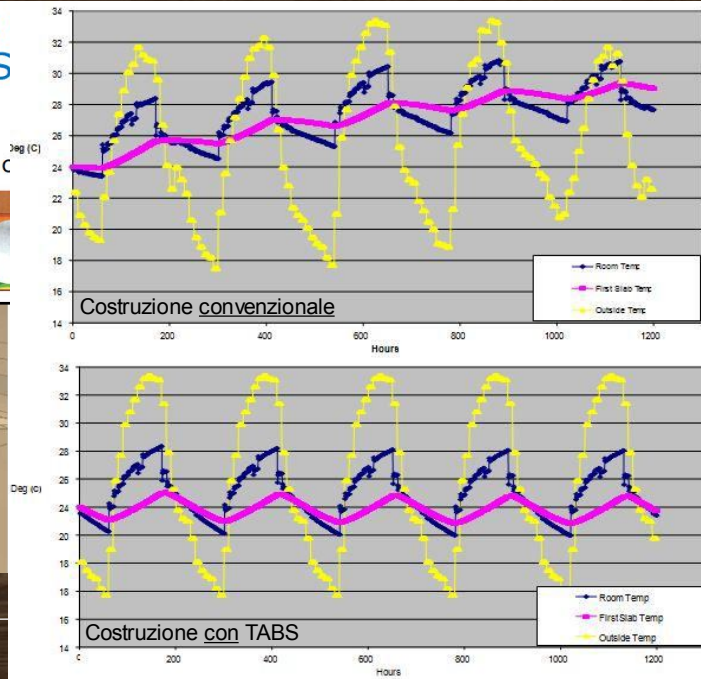
T.A.B.S.

Sheikh Zayed Desert Learning UAE. Cooled with Uponor TABS radiant floor cooling.

- Uponor TAB system into BubbleDeck and floor c
- System installation in 2010



T.A.B.S.

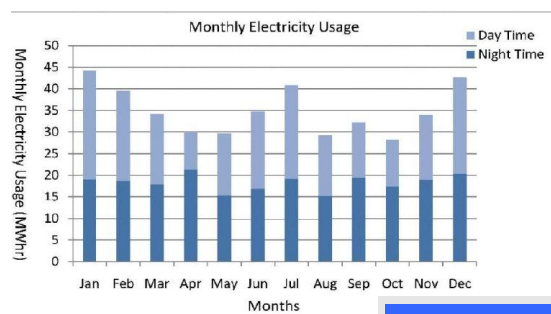


Vantaggi (1)

- Rendimenti COP più elevati
 - Temp di mandata per raffreddamento più elevate & di riscaldamento ridotte
- Grande risparmio con tariffa energia Bioraria
- >30% di risparmio del carico di picco
- >30% di risparmio generale
- Richiesta di chiller di potenza inferiore

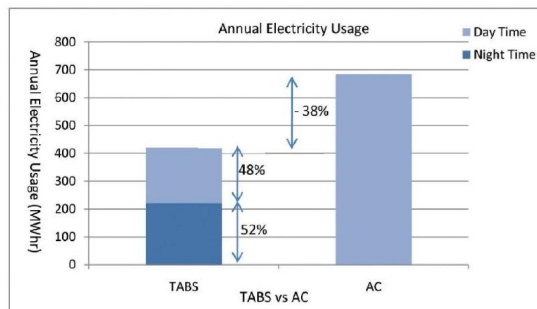
Vantaggi (2)

- Altamente compatibile con fonti energetiche alternative
- Resa superiore in termini di salute e comfort dovuta alla riduzione di sistemi convettivi
- Risparmio in altezza della costruzione in relazione alla riduzione dello spazio tecnico dedicato alle condotte d'aria
- Meno termo/ventil-convettori = minore incidenza in termini di costi di ammortamento e manutenzione
- Migliore impatto estetico



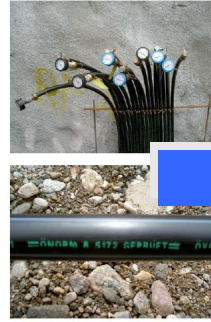
* Based on a 4500m² commercial building

T.A.B.S.



* Based on a 4500m² commercial building

ESEMPIO DI
SFRUTTAMENTO
DELLA GEOTERMIA DI
SUPERFICIE
COME SCAMBIATORE
TERMICO



T.A.B.S.

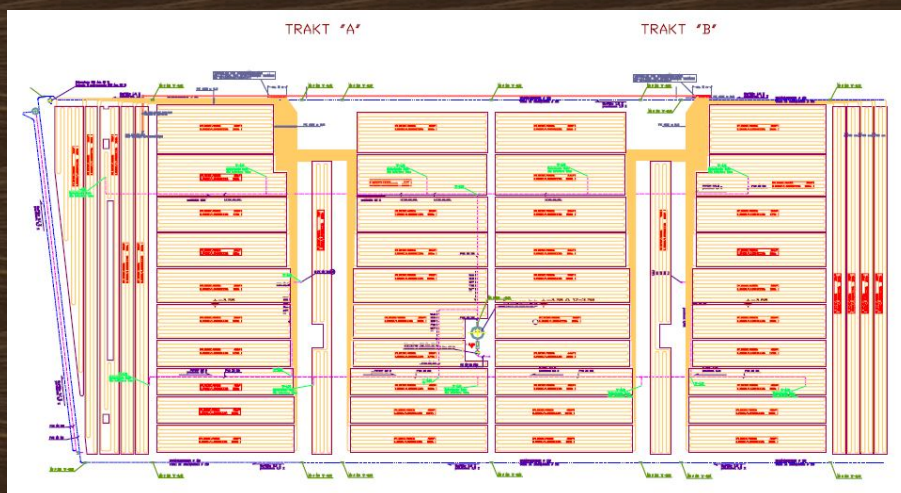


COLLETTORI PE
FISSATI SU RETE
METALLICA
CONTRO-TERRA

PRIMA DEL
GETTO DEL
MAGRONE DI
SOTTOFONDAZ.

T.A.B.S.

ESEMPIO DI SFRUTTAMENTO DELLA GEOTERMIA DI SUPERFICIE
COME SCAMBIATORE TERMICO



T.A.B.S.

PIANTA DEI
CIRCUITI SOTTO
PLATEA DI
FONDAZIONE

T.A.B.S.

ESEMPIO DI SFRUTTAMENTO DELLA GEOTERMIA DI BASSA PROFONDITA' COME SCAMBIATORE TERMICO

Esecuzione micropali energetici



T.A.B.S.



T.A.B.S.



**il solaio alveolare
biassiale**

Grazie per l'ATTENZIONE

FINE