ORDINE INGEGNERI
della provincia di Barletta Andria Trani

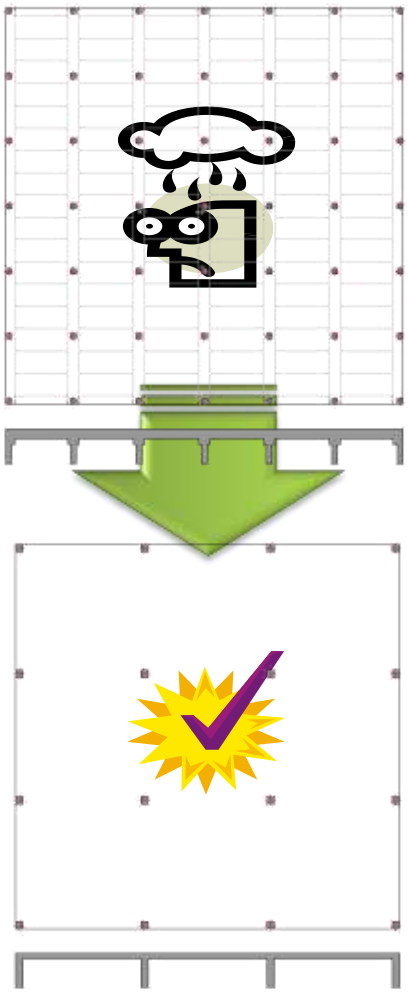
ATLAX
ALLEGGERIMENTO STRUTTURALE

La piastra di solaio alleggerita con elementi cavi

Peculiarità tecniche e vantaggi della tecnologia

I SOLAI A PIASTRA

Le piastre di solaio sfruttano la capacità portante lungo due direzioni. Particolarmente indicate in un'organizzazione per campate multiple che mantenga un rapporto $L_{max}/L_{min} \leq 2$



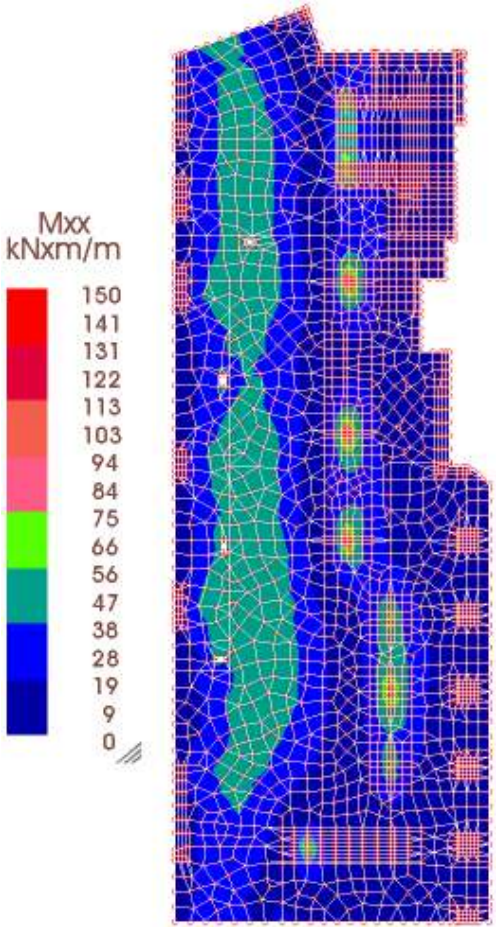
In generale rispetto a solai monodirezionali le piastre offrono:

- luci più ampie e/o sovraccarichi maggiori a parità di spessore;
- spessori di solaio inferiori a parità di sovraccarichi e luci;
- no travi sottosporgenti → maggior libertà per spazi ed impianti;
- grande capacità di ridistribuzione dei carichi concentrati;
- minori problematiche per forometrie realizzate non previste;
- elevata rigidità nel piano → ottimo piano rigido;
- elevata produttività di realizzazione;

Rispetto alle piastre monolitiche, le piastre alleggerite offronto:

- Riduzione delle frecce a lungo termine (a pari spessore e carichi);
- Spessori di solaio inferiori a parità di sovraccarichi e luci;
- Minori sollecitazioni agli appoggi (pilastri), alle fondazioni;
- Minori sollecitazioni di punzonamento → minori spessori;
- Minore massa partecipata in caso di sisma → minori sollecitazioni alle strutture → sezioni + contenute e < armatura;

Rispetto alle piastre alleggerite, il sistema con corpi cavi offre:



- Iter progettuale del tutto similare alla piastra monolitica;
- Maggiore resistenza a taglio per elementi non armati;
- Abbondante riserva di resistenza a taglio;
- Una modellazione agli E.F. eseguita con elementi shell (gusci o plate ecc…) ben rispondente al modello reale;
- Alta redditività di posa in opera e completamento del solaio;
- Non necessari distanziali per il sostegno degli ordini superiori di armatura;
- Cls con fluidità normale e consumo certo;
- Utilizzo consapevole delle risorse (sfere HDPE con 95% materiale di riciclo – risparmio nella produzione di $C0_2$);
- Sistema dotato di brevetto europeo;

L’IDEA

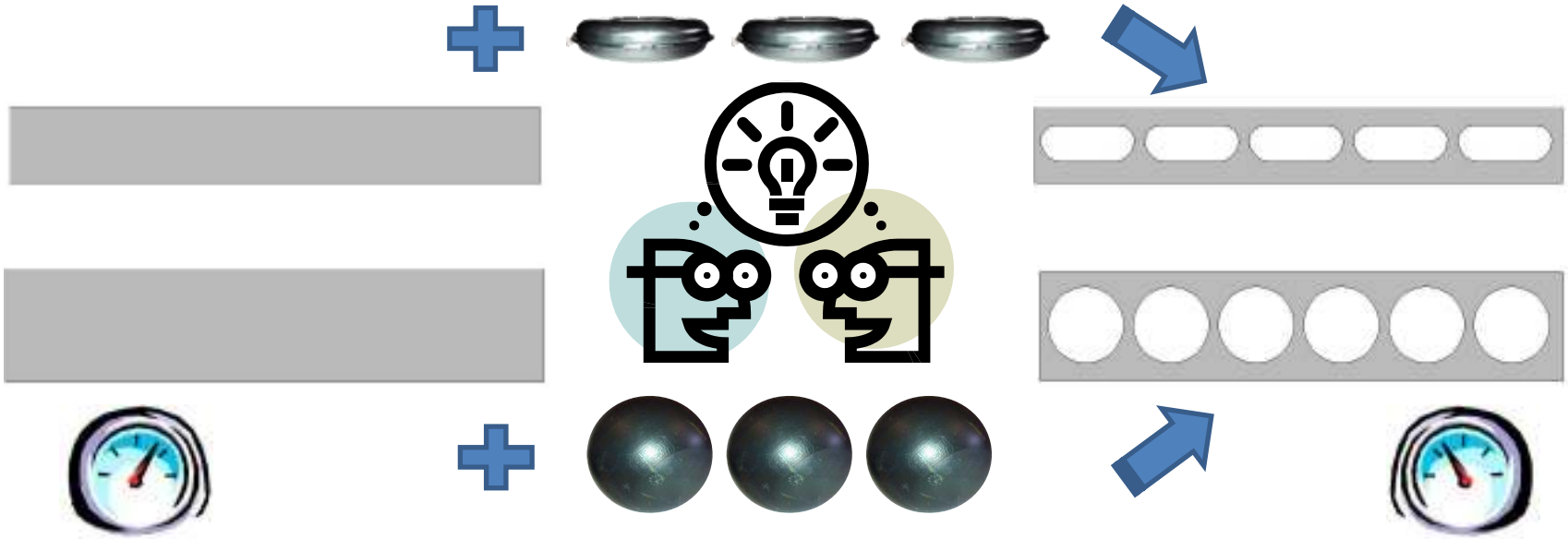
L'IDEA

come tutti:

togliere calcestruzzo dove non svolge alcuna funzione

di più:

sistema con comportamento omogeneo secondo qualsiasi direzione, ovvero con un comportamento perfettamente assimilabile ad una piastra monolitica.



La tecnologia

1. L'idea si è concretizzata adottando un **alleggerimento di tipo sferico o sferoide** (sfera schiacciata) inserito all'interno di gabbie metalliche **che toglie calcestruzzo dove non lavora.**
2. Gli alleggerimenti sono realizzati in polietilene ad alta densità **HDPE** o polipropilene **PP** riciclato al 95% e riciclabile, inseriti in una speciale gabbia di rete elettrosaldata che funge da distanziatore/appoggio per l'armatura superiore
3. la mobilità della sfera all'interno della gabbia permette al calcestruzzo di fluire in maniera omogenea nella parte inferiore
4. l'immediata ed agevole pedonabilità è garantita dalla realizzazione delle sfere in HPDE (*high-density polyethylene*) che ne evitano lo schiacciamento.

PRINCIPALI TIPOLOGIE ADOTTATE

Gabbie di alleggerimento singole

LA BASE SPERIMENTALE

Condotti un'ampia gamma di studi sul comportamento strutturale delle piastre alleggerite con corpi cavi, indagando:

il comportamento flessionale - a taglio - a punzonamento

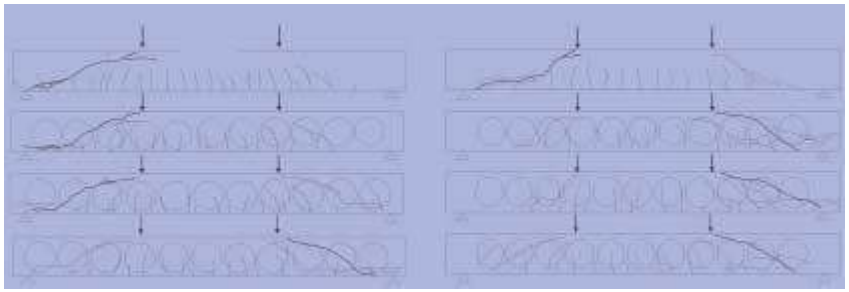
la resistenza al fuoco - le proprietà termo-acustiche

Resisitenza: <u>si è verificata l'applicabilità delle norme europee agli stati limite (EC2).</u>

2 cicli di studi:

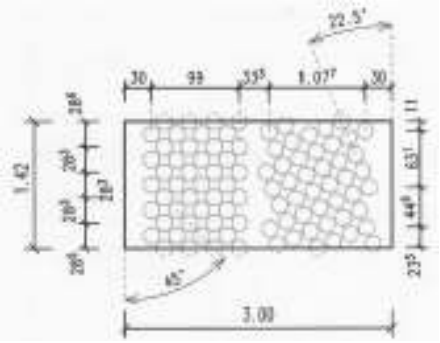
I° CICLO (*brevetto DIBt*)

confronto tra piastre monolitiche e analoghe piastre alleggerite mediante semplice inserimento di sfere in HDPE



II° CICLO

confronto tra piastre monolitiche e piastre alleggerite, senza direzioni privilegiate, e con gabbie d'alleggerimento



I° Ciclo di Studi

Comportamento Flessionale

- **Comparazione tra piastre di diverso spessore, monolitiche ed alleggerite con cavità sferiche**

- **Comportamento strutturale e carico di collasso, similari a quelli di una piastra massiccia medesime caratteristiche simili**

- **Occorre sempre la verifica della posizione dell'asse neutro in sezione**

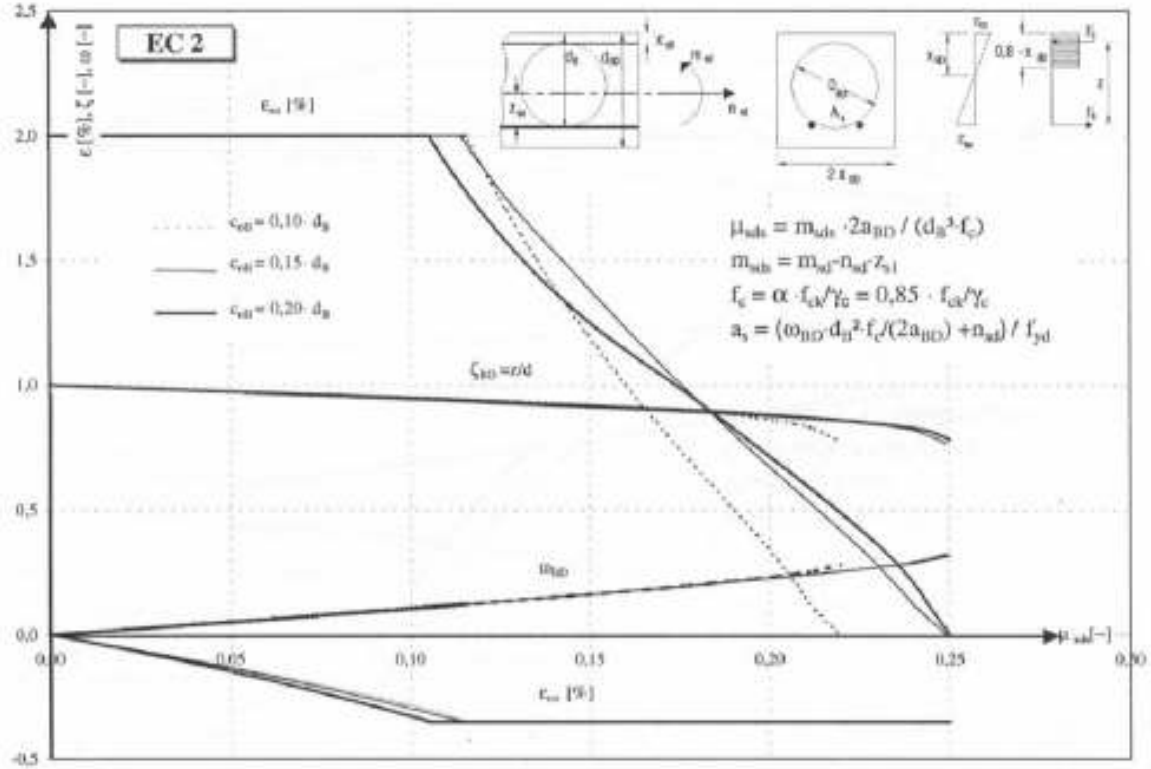


Fig. 1: Comportamento flessionale di una sezione "cava" in ragione di diverse misure copriferro al variare della sollecitazione agente

con:

μ_{sds} = momento adimensionalizzato di calcolo per il settore considerato [-]

m_{sd} = Momento flettente agente allo SLU [MNm/m]

D_{CB} = Diametro della sfera cava [m]

d_{CB} = altezza statica della sezione [m]

ω_{BD} $\omega_{BD} = A_C / d_{CB}^2$ (Ac = Area del settore compresso in funzione dell'altezza dell'asse neutro)

f_{ck} = valore caratteristico cilindrico di rottura del calcestruzzo [MN/m²]

$$\mu_{sds} = 1{,}96 \cdot \frac{m_{sd} \cdot D_{CB}}{d_{CB}^{\ 3} \cdot f_{ck}} \leq 0{,}2$$

Assumendo a valore limite superiore ed a favore di sicurezza $\mu_{sds} \leq 0{,}2$, si può scrivere la seguente:

Comportamento Flessionale

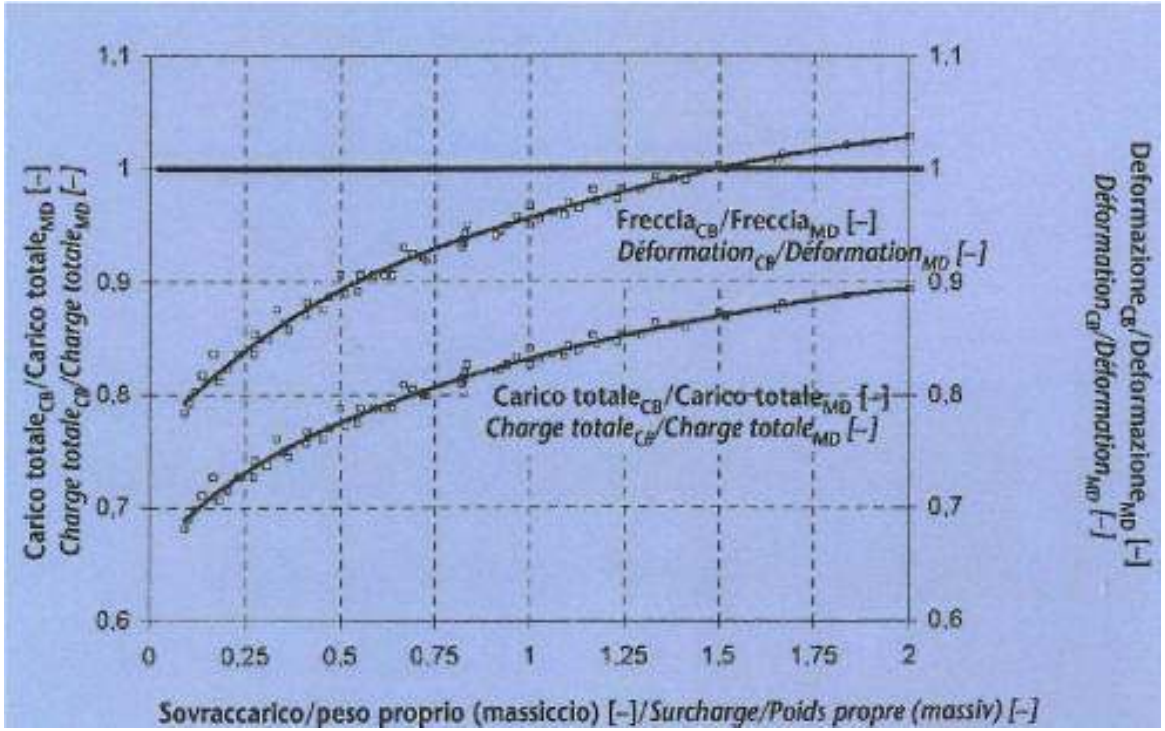
- ❑ **Comparazione tra piastre di diverso spessore, monolitiche ed alleggerite con cavità sferiche**

- ❑ **Comportamento strutturale e carico di collasso, similari a quelli di una piastra massiccia medesime caratteristiche simili**

- ❑ **Occorre sempre la verifica della posizione dell'asse neutro in sezione**

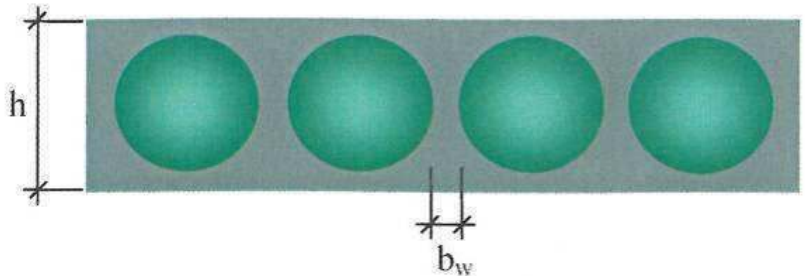
- ❑ **Freccia di inflessione della piastra alleggerita con corpi cavi > ≈10% dell'analoga piastra monolitica con eguale carico totale (peso proprio + sovraccarico)**

- ❑ **Per rapporto fra sovraccarichi e peso proprio della massiccia < 1.5 → freccia del solaio con i corpi cavi inferiore al massiccio di pari spessore**



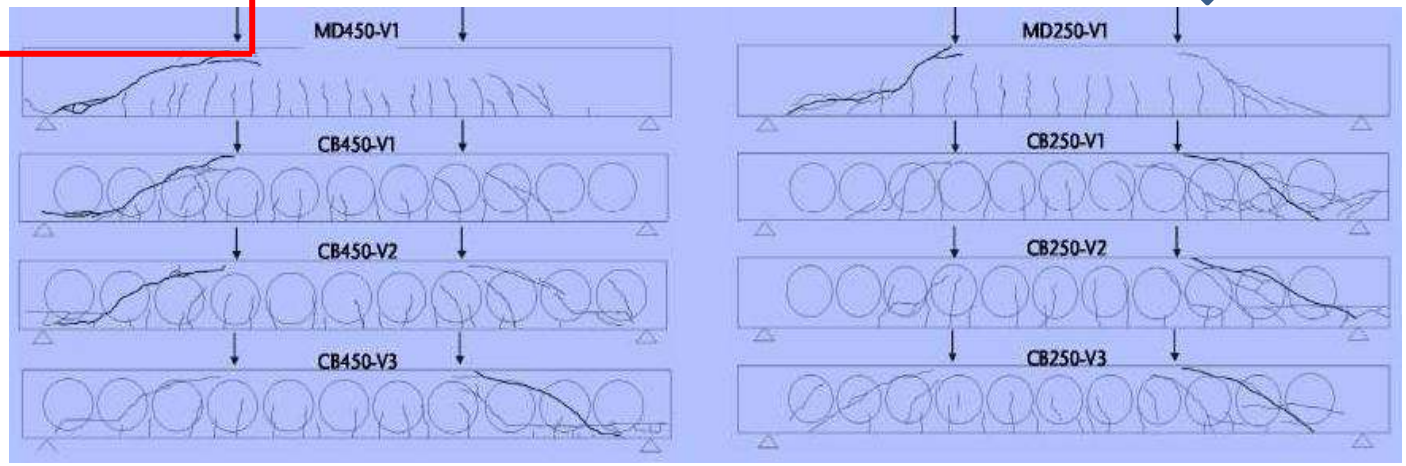
Comportamento a Taglio

- La resistenza a taglio per sezione non armata a taglio secondo l'EC2 è condizionata dalla larghezza minima della nervatura



- I test hanno evidenziato un comportamento sostanzialmente identico a quello delle rispettive piastre massicce, con logica riduzione del carico di rottura [anche per piastre realizzate in semi-prefabbricazione]

- Andamento delle fessurazioni da taglio su campioni di test in raffronto al rispettivo campione monolitico



I° Ciclo di Studi

Comportamento a Taglio

- La resistenza a taglio per sezione non armata a taglio secondo l'EC2 è condizionata dalla larghezza minima della nervatura

- I test hanno evidenziato un comportamento sostanzialmente identico a quello delle rispettive piastre massicce, con logica riduzione del carico di rottura (anche per piastre realizzate con semi-prefabbricazione)

- Andamento delle fessurazioni da taglio su campioni di test in raffronto al rispettivo campione monolitico

- Carico di rottura a taglio compreso tra il 55% ed il 64% del rispettivo carico di rottura per sezione massiccia > valore da EC2

Tabella 2: Risultati dei test I Serie

	MD 450 V-1	CB 450-V1	CB 450-V2	CB 450-V3
Freccia w_{max} [mm]	16.84	13.68	13.92	13.90
$V_{struttura}$ [kN]	16.86	16.86	16.86	16.86
Carico di rottura V_{cr} [kN]	654	340	328	316
Carico di rottura in % del MD	100%	52%	50%	48%
Carico di collasso V_u	654	367	359	416
Carico di collasso in % del MD	100%	56%	55%	64%

Tabella 3: Risultati dei test II Serie

	MD 250 V-1	CB 250-V1	CB 250-V2	CB 250-V3
Freccia w_{max} [mm]	15.64	11.68	10.40	10.68
$V_{struttura}$ [kN]	6.47	6.47	6.47	6.47
Carico di rottura V_{cr}[kN]	263	157	154	150
Carico di rottura in % del MD	100%	60%	60%	57%
Carico di collasso V_u	350	210	192	198
Carico di collasso in % del MD	100%	60%	55%	57%

Comportamento a Taglio

Ipotesi di Comportamento a Taglio

- Il Taglio (per elementi non armati) è influenzato maggiormente dalla ridotta area di calcestruzzo nella sezione perpendicolare al piano di fessurazione

- Sezione a 45° che attraversa una fila di sfere ≈ al piano della fessura

- Il rapporto tra le aree efficaci delle piastre alleggerite con i corpi cavi e le piastre massicce lungo tale sezione corrispondono ai rapporti tra i carichi di collasso

Fig. 8 Sezione A-A (sinistra), area resistente effettiva (destra)

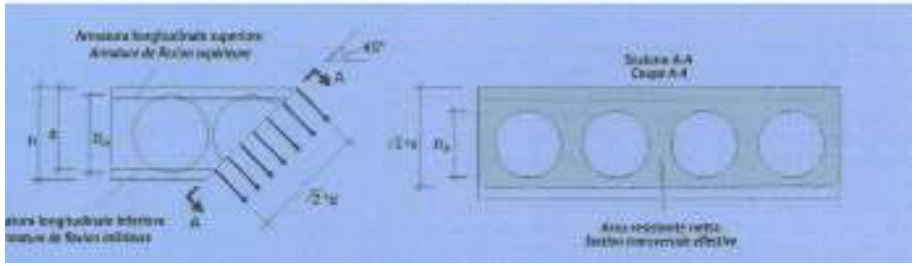


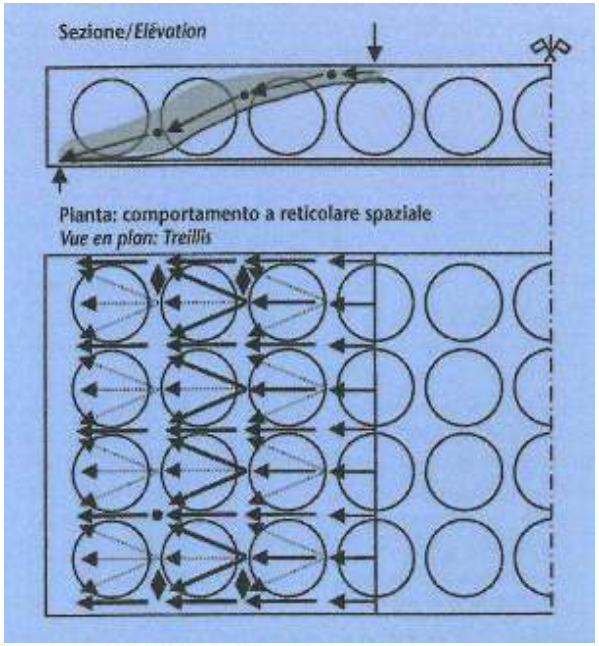
Tabella 4:
Rapporti tra le effettive aree resistenti

	A_{CB} [m^2]	A_{MD} [m^2]	A_{CB}/A_{MD}
Serie I	0.515	0.922	56%
Serie II	0.141	0.242	58%

Comportamento a Taglio

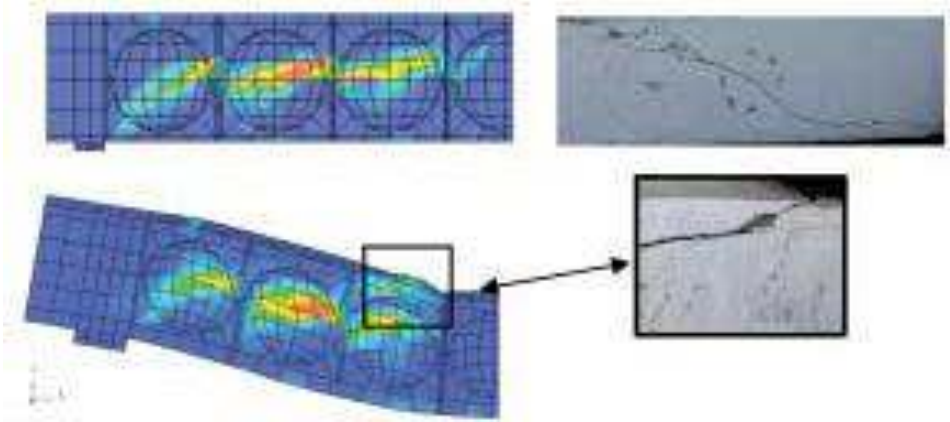
Ipotesi di Comportamento a Taglio

- Il Δ con la formula da normativa = Contributo delle bielle compresse a comportamento tridimensionale (traliccio tridimensionale spaziale)



- Studio con Modello Tridimensionale Non Lineare agli E.F.Il

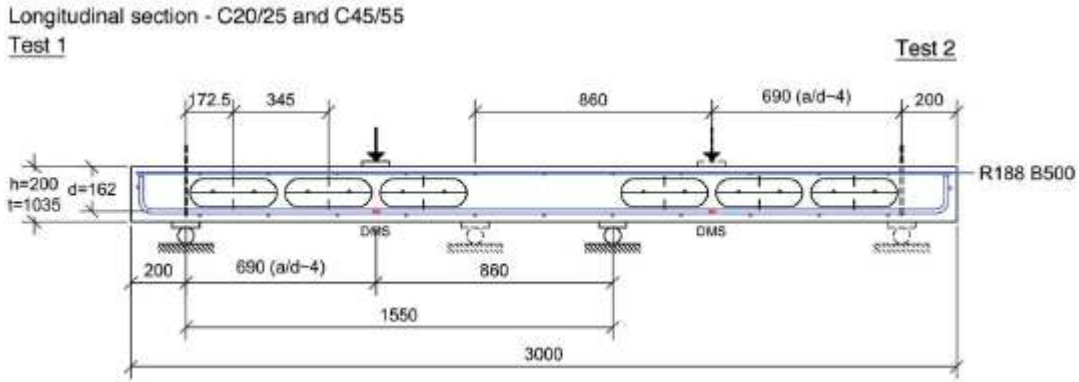
1. Formazione delle fessure per flessione
2. Comparsa della fessura da taglio critica (nella direzione del p.to di applicazione del carico)
3. Il collasso si è raggiunto per rottura della zona compressa

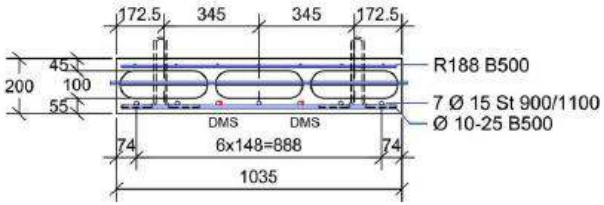


Comportamento a Taglio per Elementi SLIM

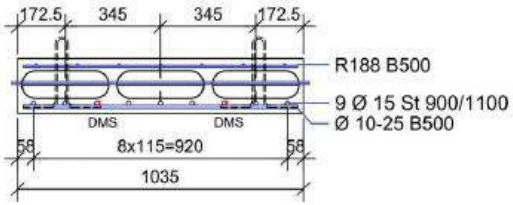
Analoghi studi sono stati condotti per indagare la resistenza a taglio degli elementi SLIM, ottenendo analoghi risultati

Fig. 7 Sheared off specimens in the "Bridge" and in hollow body axis after the failure (void formers high 220 mm)
Aufgesägter Versuchskörper im „Steg" und in Hohlkörperachse nach dem Versagen (Hohlkörperhöhe 220 mm)





Cross-section - C20/25



Cross-section - C45/55

$$V_{Rd,c,cobiax} = f \cdot C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d$$

Comportamento a Taglio per Elementi SLIM-LINE

Table 2 Evaluation of the tests with 180 mm high void formers
Auswertung der Versuche mit 100 mm hohen Hohlkörpern

			S-100								Mean value**
			C20/25				C45/55				
Information	Desig.	Unit	V-Q-10-20-1	V-Q-10-20-2	V-Q-10-20-3	V-Q-10-20-4	V-Q-10-45-1	V-Q-10-45-2	V-Q-10-45-3	V-Q-10-45-4	
Void former	–	–	S-100	S-100	S-100	with out	S-100	S-100	S-100	with out	–
Slab width	b	[m]	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	–
Static height	d	[m]	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	–
Rebar percentage	ρ_l	[–]	0.0074	0.0074	0.0074	0.0074	0.0095	0.0095	0.0095	0.0095	–
Shear forces from cylinder and load structure	V_{u1} ($V_{u1,Rd}$)	[kN]	131.86	120.95	125.93	189.88	159.69	150.52	154.48	247.44	–
Shear force from dead load	ΔV_1	[kN]	–0.30	–0.30	–0.83	0.22	–0.30	–0.30	–0.83	0.22	–
Shear forces in collapsed state	V_u ($V_{u,Rd}$)	[kN]	131.56	120.65	125.10	190.09	159.39	150.22	153.65	247.65	–
Cylinder compressive strength (from test cube)	f_{cm}	[N/mm²]	21.71	21.71	21.09	21.09	49.59	49.59	49.59	49.59	–
Mean shear resistance of solid slab	$V_{Rm,cl}$	[kN]	169.06	169.06	167.42	167.42	242.11	242.11	242.11	242.11	–
Factor f*	$f = V_u/V_{Rm,c}$	–	0.78	0.71	0.75	(1.14)	0.66	0.62	0.63	(1.02)	0.69

* Factors f correspond to the quotient of maximum shear force in the tests and the calculated mean shear resistance of a solid slab
** Mean value of factors $f = V_u/V_{Rm,c}$ except for the factors of the reference tests

Table 3 Evaluation of the tests with 220 mm high void formers
Auswertung der Versuche mit 220 mm hohen Hohlkörpern

			S-220								Mean value**
			C20/25				C45/55				
Information	Desig	Unit	V-Q-22-20-1	V-Q-22-20-2	V-Q-22-20-3	V-Q-22-20-4	V-Q-22-45-1	V-Q-22-45-2	V-Q-22-45-3	V-Q-22-45-4	
Void former	–	–	S-220	S-220	S-220	with out	S-220	S-220	S-220	with out	–
Slab width	b	[m]	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	–
Static height	d	[m]	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	–
Rebar percentage	ρ_l	[–]	0.0057	0.0057	0.0057	0.0057	0.0074	0.0074	0.0074	0.0074	–
Shear forces from cylinder and load structure	V_{u1} ($V_{u1,Rd}$)	[kN]	198.92	171.39	194.34	383.37	270.52	249.26	253.27	498.12	–
Shear force from dead load	ΔV_1	[kN]	2.19	2.19	0.22	4.27	2.19	2.19	0.22	4.27	–
Shear forces in collapsed state	V_u ($V_{u,Rd}$)	[kN]	201.11	173.59	194.56	387.63	272.71	251.45	253.48	502.39	–
Cylinder compressive strength (from test cube)	f_{cm}	[N/mm²]	22.76	22.76	24.40	24.40	42.75	42.75	46.02	46.02	–
Mean shear resistance of solid slab	$V_{Rm,cl}$	[kN]	365.32	365.32	373.88	373.88	490.14	490.14	502.31	502.31	–
Factor f*	$f = V_u/V_{Rm,c}$	–	0.55	0.48	0.52	(1.04)	0.56	0.51	0.50	(1.00)	0.52

* Factors f correspond to the quotient of maximum shear force in the tests and the calculated mean shear resistance of a solid slab
** Mean value of factors $f = V_u/V_{Rm,c}$ except for the factors of the reference tests

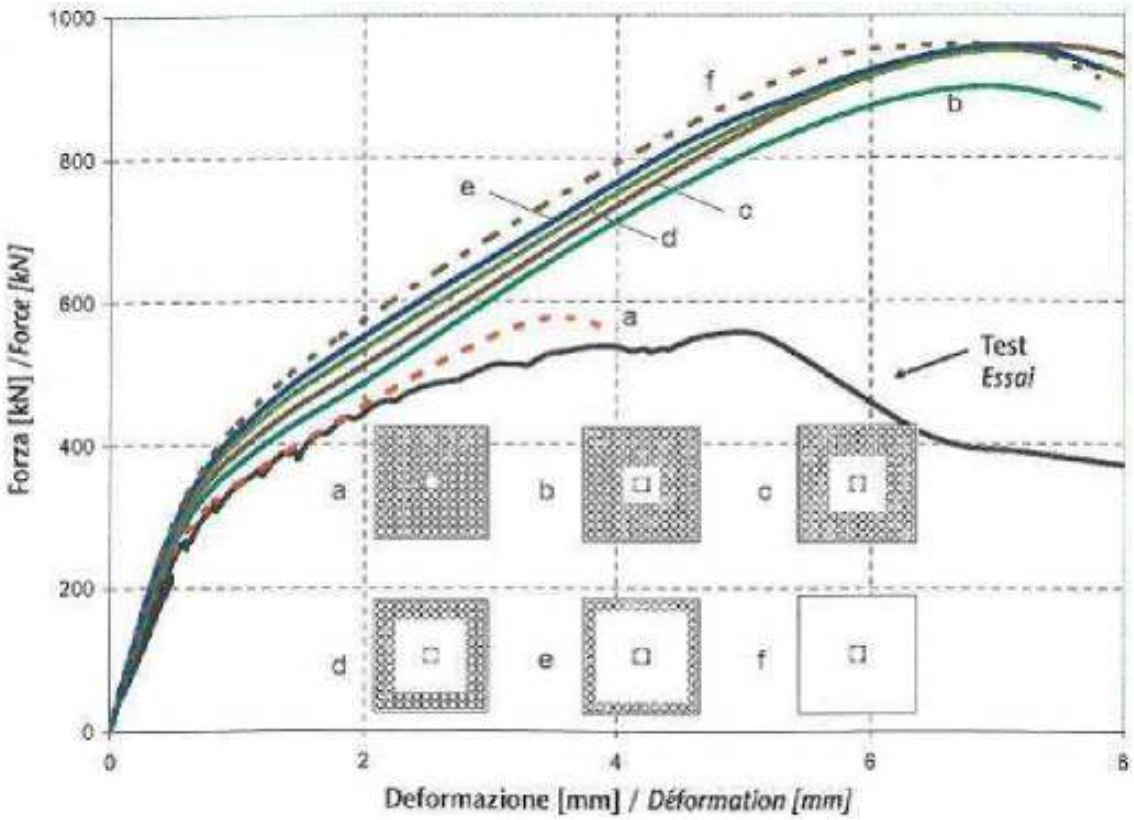
Comportamento a Punzonamento

- serie di 6 test su n°2 piastre alleggerite con corpi cavi (sp. 24cm e 45cm)
  1. Condizione peggiore = Piastra tutta alleggerita
  2. Tolte in successione file di corpi cavi nell'intorno dell'appoggio

- Gli schemi di rottura del tutto simili al comportamento della piastra massiccia (linee di rottura inclinate tra 30°÷45° rispetto al piano di solaio, con una velocità di sviluppo maggiore – rottura delle bielle compresse)

- Carico di rottura del solaio alleggerito ≈ 50% della piastra massiccia con medesimo spessore

- Le analisi numeriche hanno confermato i test



Comportamento a Taglio

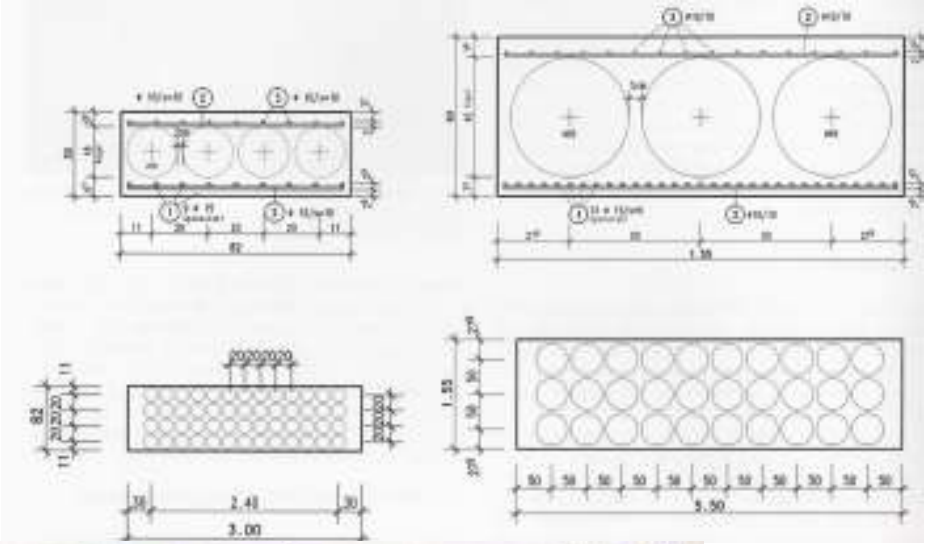
Test concentrati sulla valutazione della resistenza a taglio per le aree di solaio alleggerite. Messe a confronto piastre alleggerite con i singoli corpi cavi inseriti nell'ammasso del getto, e piastre alleggerite con il posizionamento dei corpi cavi all'interno di gabbie metalliche di contenimento opportunamente sagomate.

PIASTRE ALLEGGERITE CON SOLI CORPI CAVI

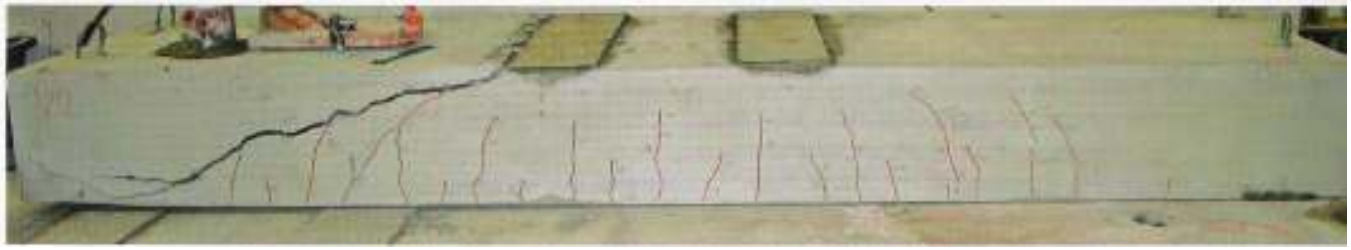
A – Corpi cavi posizionati secondo gli assi principali di sollecitazione

n° 6 test

n° 2 spessori: 30cm e 60cm



Conferma del comportamento rilevato con il primo ciclo di studi

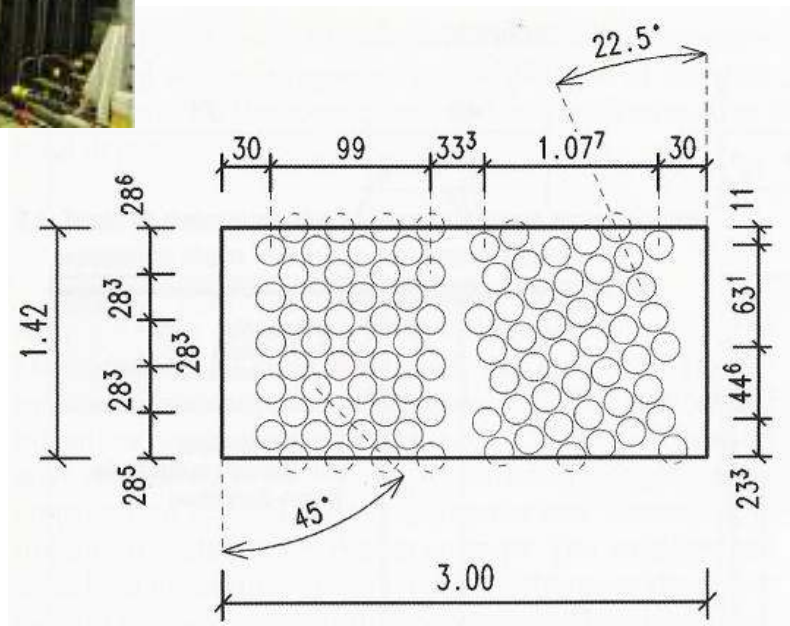


Comportamento a Taglio

PIASTRE ALLEGGERITE CON SOLI CORPI CAVI

B - N°3 test su piastre da 30cm di spessore cosi differenziate:

- •piastra massiccia + trazioni flessionali trasversali alla direzione principale;
- •piastra alleggerita con corpi cavi disposti secondo due diverse inclinazioni (22.5° e 45°) + trazioni flessionali trasversali;
- •piastra massiccia senza tensioni flessionali trasversali.



Comportamento a Taglio

RISULTATI PIASTRE ALLEGGERITE CON SOLI CORPI CAVI

Specimen	h	d	b	A_{sl}	ρ_l	Mean $f_{cm,cube}$	Mean $f_{cm,cyl}$	κ	$V_{Rm,ct}$	Shear force V_E at failure in experiment (incl. loading device and dead weight)	ratio
	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

Test A

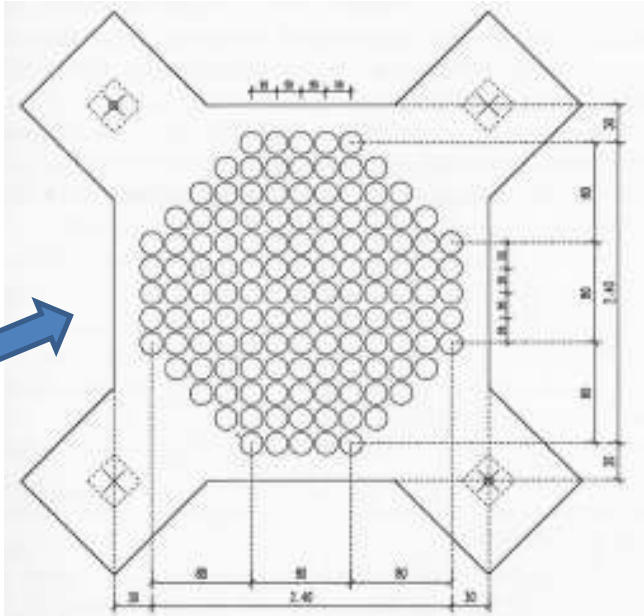
Specimen	Type	h	d	b	A_{sl}	ρ_l	Mean $f_{cm,cube}$	Mean $f_{cm,cyl}$	κ	$V_{Rm,ct}$	Shear force V_E at failure in experiment (incl. loading device and dead weight)	$V_E/V_{Rm,ct}$
		mm	mm	mm	cm^2/m	%	MN/m^2	MN/m^2	[-]	kN	kN	[-]
V1KL-2009	Without void formers, with transversal bending	300	260	1420	18.7	0.72	61.72	50.2	1.9	458.2	414.8	0.91
V2KL-2009	With void formers, with transversal bending	300	260	1420	18.7	0.72	65.77	53.6	1.9	468.2	273.2	0.58
V3KL-2009	Without void formers, without transversal bending	300	260	1420	18.7	0.72	65.91	53.7	1.9	468.6	425.9	0.91

Test B

PIASTRE ALLEGGERITE CON SOLI CORPI CAVI

Comportamento a Taglio per sollecitazioni multiassiali

C - Comportamento a Taglio per piastra sottoposta a sollecitazioni multi-assiali. Si sono realizzate condizioni di carico e geometria delle piastre di prova che simulassero un carico torcente.



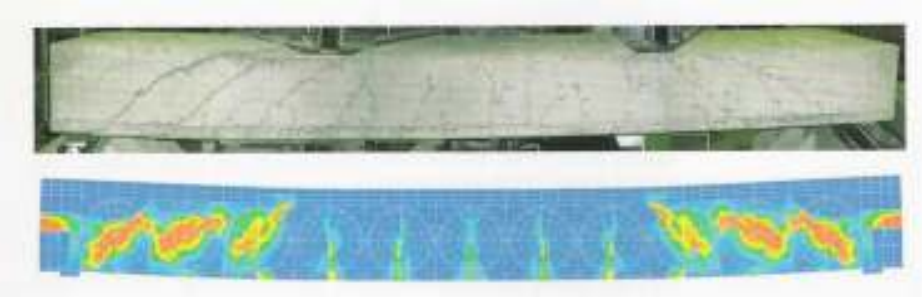
C - I risultati ottenuti, **confermano il comportamento generale ed il rapporto tra le portanze a taglio** delle piastre alleggerite con corpi cavi rispetto alle analoghe piastre massicce anche in presenza di sollecitazioni multiassiali.

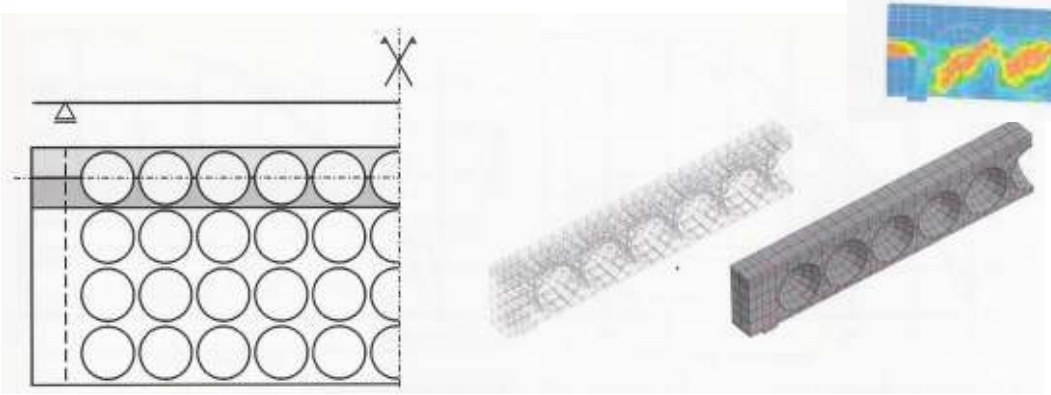
Evaluation of longitudinal rebars	h	d	b	A_{sl}	ρ_l	Mean $f_{cm\cdot cube}$	Mean $f_{cm\cdot cyl}$	κ	$V_{Rm\cdot ct}$	Shear force V_E at failure in experiment (incl. loading device and dead weight)	ratio
	cm	cm	cm	cm^2	%	MN/m^2	MN/m^2	[–]	kN	kN	[–]
One rebar layer	30	27	175	9.714	0.21	45.29	36.6	1.86	344.7	200.2	0.58
To [11]	30	27	175	13.74	0.29	45.29	36.6	1.86	386.9	200.2	0.52

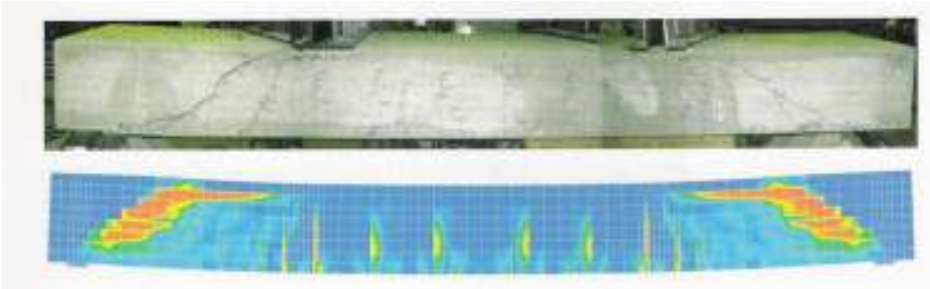
Comportamento a Taglio

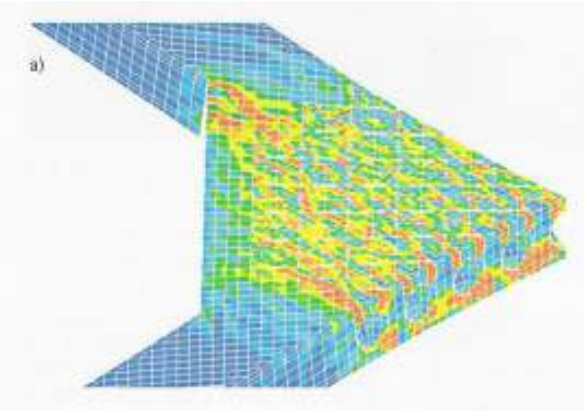
TEST con MODELLI TRIDIMENSIONALI NON LINEARI agli E.F.

Le simulazioni numeriche condotte con modelli agli E.F. **hanno confermato i** risultati ottenuti nei **test**.









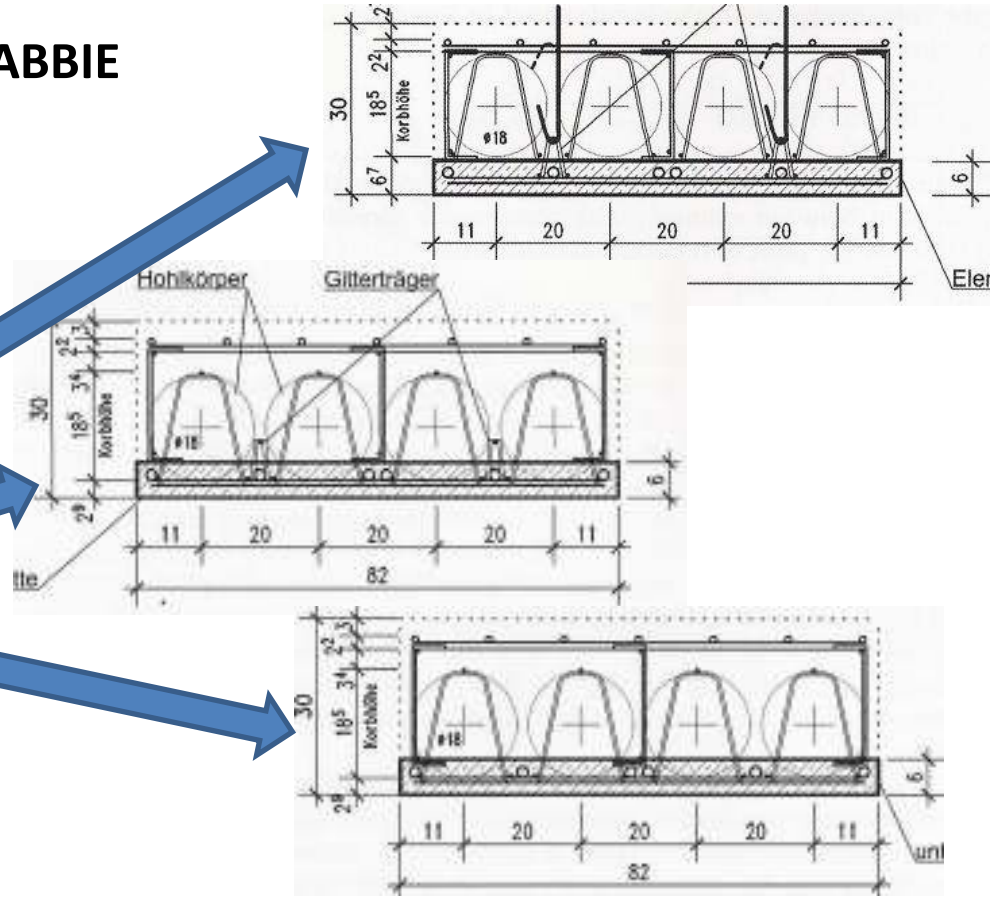
Comportamento a Taglio

Test concentrati sulla valutazione della resistenza a taglio per le aree di solaio alleggerite. Messe a confronto piastre alleggerite con soli corpi cavi inseriti nell'ammasso del getto, e piastre alleggerite con l'inserimento delle gabbie contenenti i corpi cavi.

ALLEGGERIMENTI INTERNI A GABBIE METALLICHE

A - Portanza a taglio della piastra alleggerita tre possibilità di posa in opera:

1. posizionamento a posteriori su lastrina in cls;
2. posizionamento inglobato in lastrina in cls;
3. getto in opera in due fasi)



Comportamento a Taglio

ALLEGGERIMENTI INTERNI A GABBIE METALLICHE

A - I test evidenziano che **la presenza della "gabbietta"** di contenimento **innalza sensibilmente la portanza a taglio** della piastra, mediamente **sino ad un rapporto pressoche unitario con l'analoga soluzione massiccia**.

	Test specimen	Execution method	h	d	b	A_{sl}	ρ_l	Mean $f_{cm,cube}$ Mean $f_{cm,cyl}$ Semi-precast slab	In-situ concrete	Semi-precast slab	In-situ concrete	κ	$V_{Rm,ct}$	Shear force V_E at failure in experiment (incl loading device and dead weight	$V_E/V_{Rm,ct}$
			mm	mm	mm	cm²/m	%	MN/m²	MN/m²	MN/m²	MN/m²	[–]	[kN]	[kN]	[–]
Series 1 (void former diameter 18 cm)	V1KL-2007	With cage module, on semi pre-cast slab	300	264	820	19.0	0.72	39.3	54.70	31.7	44.4	1.9	257.0	241.5	0.94
	V2KL-2007	With cage module, in semi pre-cast slab	300	264	820	19.0	0.72	39.3	54.70	31.7	44.4	1.9	257.0	312.6	1.22
	V3KL-2007	With cage module, without semi pre-cast slab	300	264	820	19.0	0.72	35.1	51.80	28.3	42.0	1.9	252.3	285.9	1.13
	V4KL-2007	Without cage module, without semi pre-cast slab	300	264	820	17.1	0.65	–	36.50	–	29.4	1.9	216.3	277.5	1.28
	V5KL-2007	Without cage module, with semi pre-cast slab	300	264	820	17.1	0.65	39.3	54.70	31.7	44.4	1.9	248.1	303.7	1.22
Series 2 (void former diameter 31.5 cm)	V6KL-2007	With cage module, on semi pre-cast slab	450	405	1450	21.9	0.54	38.6	45.20	31.1	36.6	1.7	540.5	635.4	1.18
	V7KL-2007	With cage module, in semi pre-cast slab	450	405	1450	21.9	0.54	38.6	45.20	31.1	36.6	1.7	540.5	619.6	1.15
	V8KL-2007	With cage module, without semi pre-cast slab	450	405	1450	21.9	0.54	38.6	44.80	31.1	36.2	1.7	538.9	584.3	1.08
	V9KL-2007	Without cage module, without semi pre-cast slab	450	405	1450	20.8	0.51	–	44.80	–	36.2	1.7	529.6	533.2	1.01
	V10KL-2007	Without cage module, with semi pre-cast slab	450	405	1450	20.8	0.51	38.6	45.20	31.1	36.6	1.7	531.2	626.9	1.18

Risultati del Comportamento a Taglio per una piastra alleggerita con corpi cavi:

- Attualmente, capacità portante a taglio calcolata con un fattore di riduzione rispetto all'analoga piastra massiccia (DIBt).

$$\nu_{Rd,c,CB} = \alpha_{Q,CB} * \nu_{Rd,c} = 0.55 * \nu_{Rd,c}$$

- l'indipendenza della capacità portante del solaio dall'orientamento nel posizionamento degli alleggerimenti;
- l'ininfluenza sul comportamento a taglio in presenza di sollecitazioni tensionali trasversali;
- una grande riserva di capacità portante a taglio portata in dono dalle "gabbiette" metalliche di contenimento dei corpi cavi di alleggerimento.

ATLAX
ALLEGGERIMENTO STRUTTURALE

ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE

Assistenza alla Progettazione

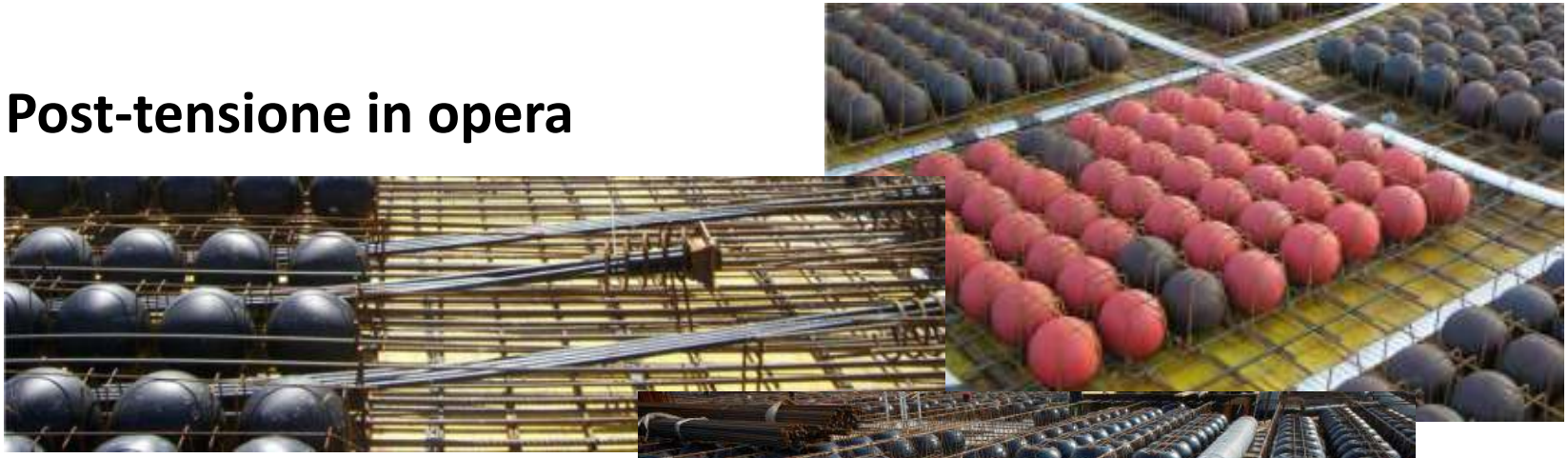
a. In fase progettuale architettonica, suggerendo le possibili migliorie progettuali atte a sfruttare le potenzialità strutturali;

b. In fase progettuale strutturale:
   i. fornendo tutte le indicazioni necessarie per effettuare l'analisi e la progettazione di una piastra alleggerita con i corpi cavi;
   ii. realizzando (come normalmente avviene) la progettazione completa della piastra, fornendo tutta la documentazione necessaria ai fini burocratici ed esecutivi di cantiere;

Assistenza alla Progettazione

Il sistema è ampliamente integrabile con:

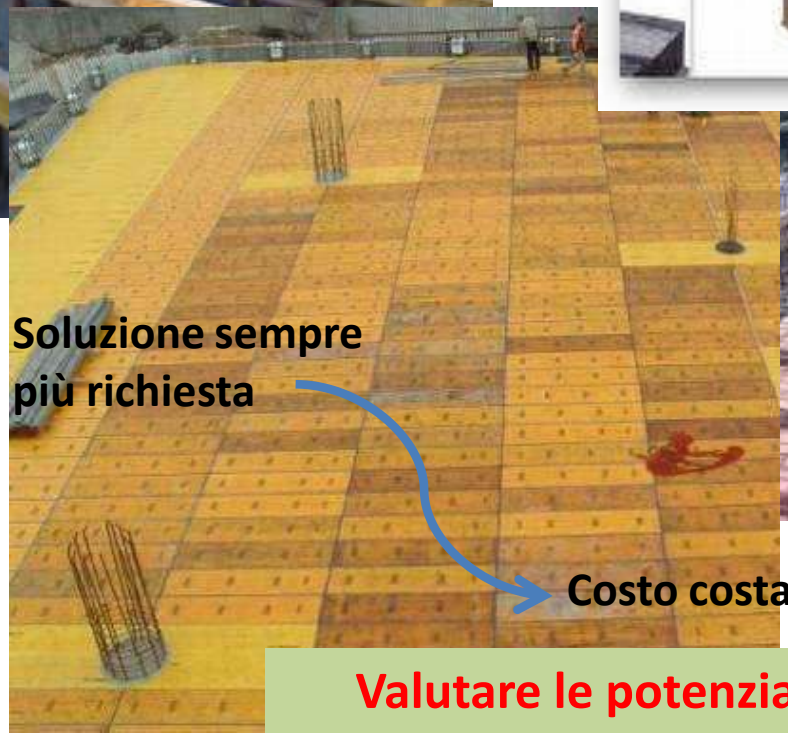
- **Post-tensione in opera**



- **Impiantistica**

IL CANTIERE

81-2008 / 626 - Sicurezza nella posa dei solai



Soluzione sempre più richiesta

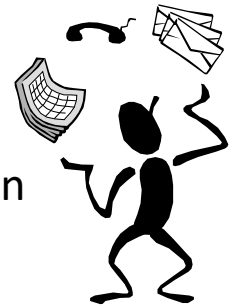
Costo costante per tutte le tipologie di solaio

Valutare le potenzialità offerte dal solaio a piastra

Il sistema

- Le Gabbie contenenti i corpi cavi vengono trasportate in cantiere già assemblate in ceste movimentabili con le normali gru di cantiere
- piano di posa continuo, posa distanziatori, posa dei due ordini di armatura inferiore.
- posizionamento delle gabbie contenenti i corpi cavi seguendo il piano di posa fornito a corredo. Le gabbie contenitive fungono sia da alleggerimento che da distanziale per le armature superiori.
- posa degli ordini di armatura superiore, e dell'armatura di punzonamento.
- getto di calcestruzzo da eseguirsi in due fasi:
  - getto del primo strato inferiore sino a ricoprire l'ordine d'armatura inferiore più alto
  - completamento del getto di solaio (normalmente la realizzazione delle due fasi avviene con continuità).

Assistenza al Cantiere



- la fornitura dei moduli o delle gabbie di alleggerimento, viene concordato con l'impresa secondo le esigenze di cantiere;
- vengono forniti all'impresa tavole specifiche per ogni livello di solaio esplicative dei vari passaggi e numerate secondo la cronologia di posa in opera;

- fornitura di tutte le distinte di taglio delle armature di calcolo a carico dell'impresa;
- assistenza in cantiere con la presenza di un tecnico **ATLAx** alla posa dei primi livelli di solaio, sopratutto per le imprese che non hanno mai utilizzato la tecnologia.

Fondamentale seguire la sequenza cronologica delle tavole esecutive fornite in cantiere da **ATLAx**, al fine di rendere più veloce tutta la messa in opera del solaio, limitando errori di omissione

CONFRONTI

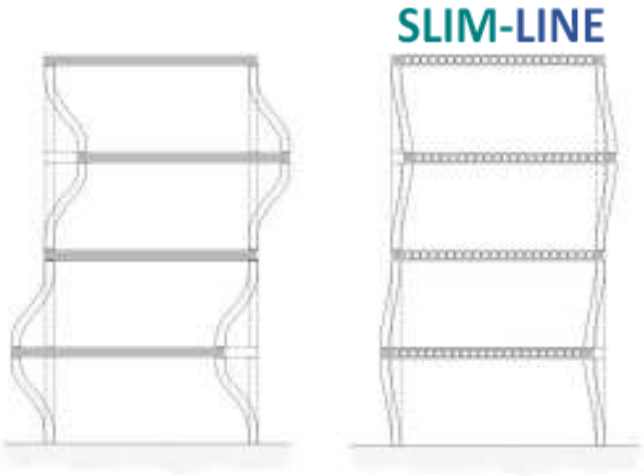
Solaio a piastra H=40cm - Incidenze materiali indicative

	Massiccio	*SLIM*	Δ	
Volume di calcestruzzo (mc/mq):	0.4000	0.2855	0.1145	(-28.6%)
Percentuale pieno/alleggerito (%/%):	100/0	35%/65%		
Peso proprio complessivo solaio (kN/mq):	10.00	8.18	1.82	(-18%)
Armatura per flessione (kg/mq):	50.00	43.75	6.25	(-12.5%)
Distanziali tra armature inf./sup. (kg/mq)	2.40	0.35 x 2.40	1.56	(-65%)
Armature da punzonamento (%):	100	77.8	22.20	(-22.2%)

Ulteriori possibili fonti di risparmio

Riduzione della puntellatura del cassero per riduzione peso proprio solaio.
Ottimizzazione degli elementi portanti verticali e di fondazione (minori dimensioni geometriche e/o armature).

Riduzione del tagliante sismico per minor massa partecipata.



Per l'armo di un solaio per un edificio ad uso Ospedaliere di 4 piani fuori terra con una superficie di getto di **1086 mq**, di spessore **H= 28 cm** ed una incidenza di **armatura di 29,50 kg/m²** sono state impiegate:

Posa completa dell'armatura:	**290 ore lavorative**
Posa e legatura alleggerimento:	**17 ore lavorative**
Getto in 2 fasi:	**62 ore lavorative**

Incidenza per la messa in opera completa del solaio 0,34 ora/m²

Incidenza circa € 9,00/m²*

(considerando un costo medio orario di manodopera di € 26,00)

MESSA IN OPERA

Alleggerimenti tradizionali

Tecnologia SLIM-LINE

SI

Posa Distanziali d'Armatura ?

NO

SI

Montaggio Alleggerimento in Cantiere?

NO

SI

Montaggio Distanziatori di posa?

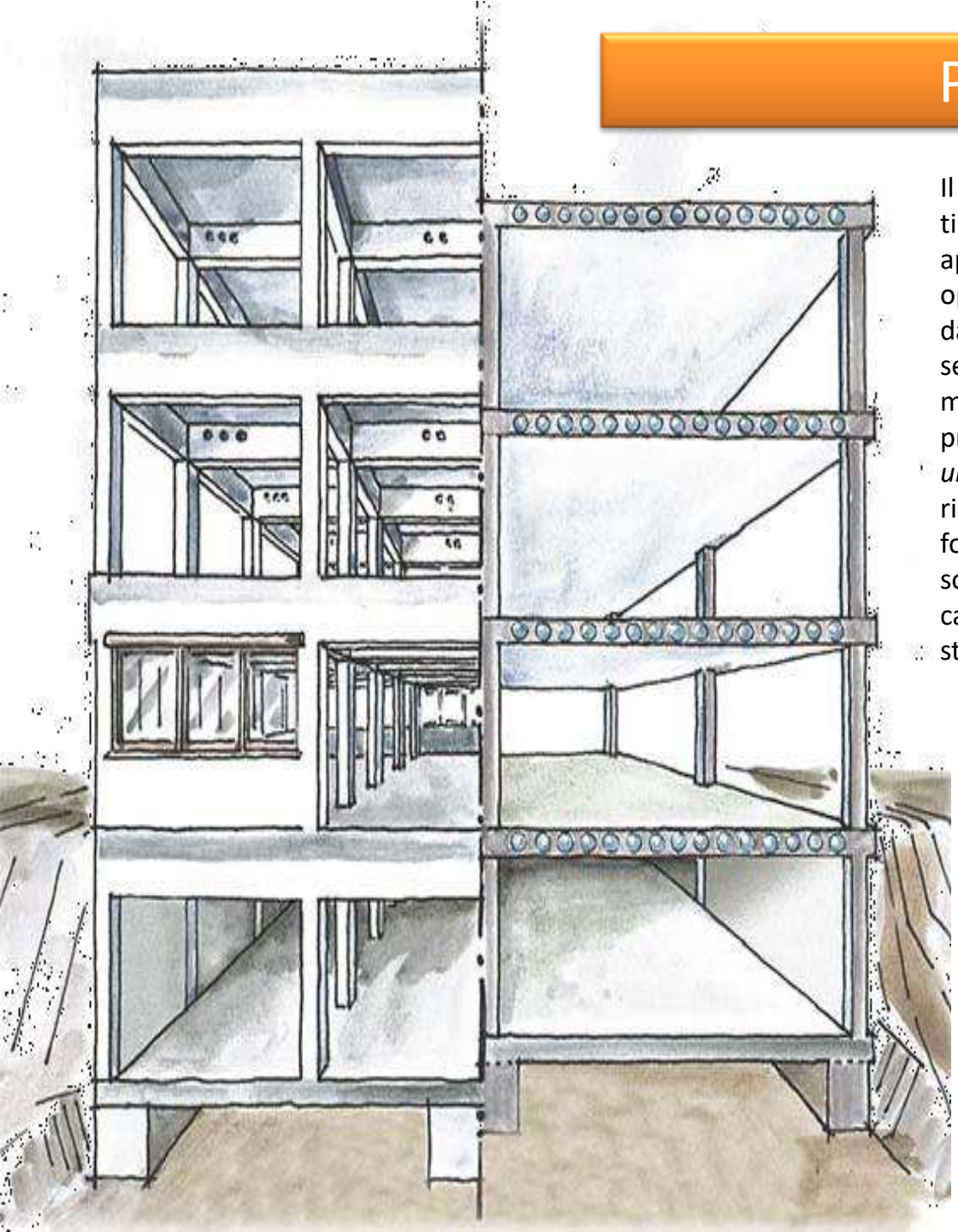
NO

MESSA IN OPERA

Calcestruzzo Autocompattante fluisce all'interno dell'alleggerimento (peso di calcolo del solaio superiore di quello effettivo!)

Calcestruzzo 28/35: rischio di non ricoprimento armatura

Il calcestruzzo non penetra nell'alleggerimento: il peso di calcolo del solaio rimane invariato.



PERCHE’

Il solaio alleggerito con i corpi cavi si adatta ad ogni tipo di geometria e può essere sostenuto da maglie di appoggi anche irregolari. E’ un sistema di solaio in opera che unisce alla sicurezza del cantiere, data dall’assito continuo nel quale si lavora per l’armo, alla semplicità e velocità di posa, oltre al risparmio del materiale costruttivo dato dalla diminuzione del peso proprio del solaio che può arrivare *al 35% rispetto ad un solaio pieno di pari spessore*. Da ciò deriva che il risparmio si ha anche sulla struttura verticale e sulle fondazioni. Va da se che il confronto del costo del solaio tradizionale con il solaio alleggerito con i corpi cavi non può essere fatto con la valutazione del solaio stesso ma sull’intero costo della struttura.

Meno calcestruzzo

Meno armatura

Meno pilastri di appoggio

Eliminazione totale delle travi di appoggio Sporgenti

Meno scavi
Meno calcestruzzo in fondazione

Riferimenti

•Betonwerk + Fertigteil-Technik, 10/2005: “Piastre biassiali alleggerite, teoria e test”
Martina Schnellenbach-Held, Markus Aldejohann

•Beton-und Stahlbetonbau – n.6 / 105.Jahrgang / Juni 2010 / ISSN 0005-9900 / A 1740: “Experimental and numeric examination of the load bearing behaviour of reinforced concrete slabs fitted with Cobiax cage modules”
Marcin Abramski, Andrej Albert, Karsten Pfeffer, Jürgen Schnell

•Beton-und Stahlbetonbau – n.9 / 107.September 2012 / ISSN 0005-9900 / A 1740: “Design and Construction of two-way spanning reinforced concrete slabs with flattened rotationally symmetrical void formers”
Christian Albrecht, Andrej Albert, Karsten Pfeffer, Jürgen Schnell

[1] Pfeffer, K.: Untersuchungen zum Biege- und Durchstanztragverhalten von zweiachsigen Hohlkörperdecken, Dissertation, TU Darmstadt, VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 4, Nr. 1 78, VDI Verlag Düsseldorf, 2002

[2] Schnellenbach-Held, M.; Denk, H.; Ehmann, S.; Pfeffer, K.: Untersuchung an Cobiax-Modulen. Unveröffentlichte Untersuchungsberichte, Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt, 1998– 2000

[3] DIN 1045: Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung. Ausgabe Juli 1988

[4] DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion. Juli 2001

[5] DIN V ENV 1992-2: Eurocode 2, Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1–1, Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau. Juni 1992

[6] Hegger, J.; Beutel, R.: Durchstanzen – Versuche und Bemessung. Der Prüfingenieur, Oktober 1999, S. 16–33

[7] Kordina, K.; Nölting, D.: Tragfähigkeit durchstanzgefährdeter Stahlbetonplatten. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 371, Ernst & Sohn, Berlin 1986

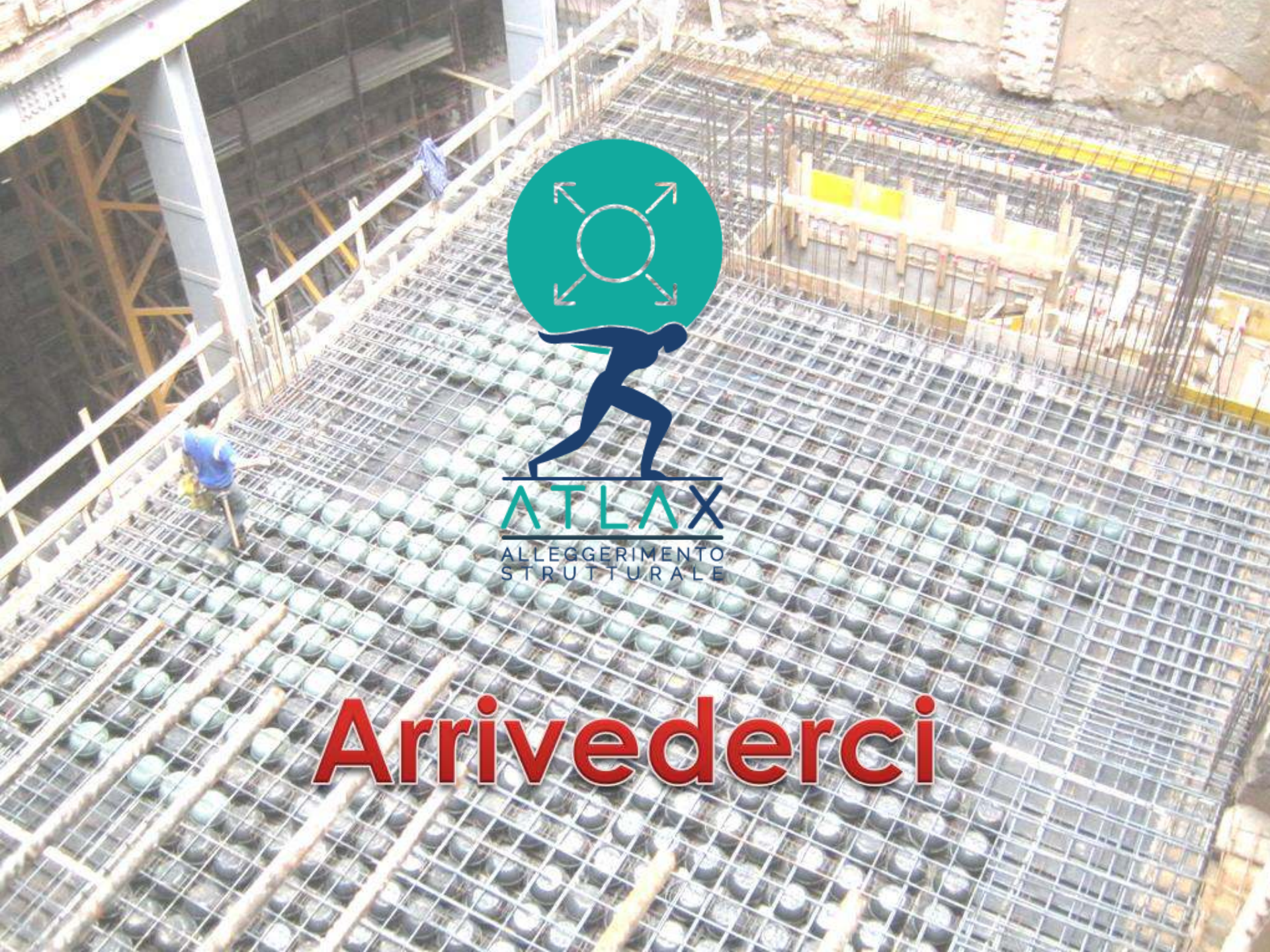
[8] Schnellenbach-Held, M.; Pfeffer, K.: Tragverhalten zweiachsiger Hohlkörperdecken. Beton- und Stahlbetonbau, Sept. 2001, S.573–578

[9] Kani, G.N.J.: Basic Facts Concerning Shear Failure. ACI-Journal, Vol. 63, No. 6, pp. 675–692, 1966

[10] Reinhardt, H.-W.: Maßstabseinfluss bei Schubversuchen im Licht der Bruchmechanik, Beton- und Stahlbetonbau, S. 19–21, 1981

[11] Aldejohann, M.; Schnellenbach-Held, M.: Investigations on the Shear Capacity of Biaxial Hollow Slabs – Test Results and Evaluation –, 5th International PhD-Symposium in Civil Engineering, Delft, 2004

[12] Schnellenbach-Held, M.; Aldejohann, M.: Precast Biaxial Hollow Slabs – What about the shear capacity?, International BIBM congress on precast concrete elements, Amsterdam, 2005


ATLAX
ALLEGGERIMENTO
STRUTTURALE
Arrivederci