

Ambiti di competenza GRAVIS Articolo

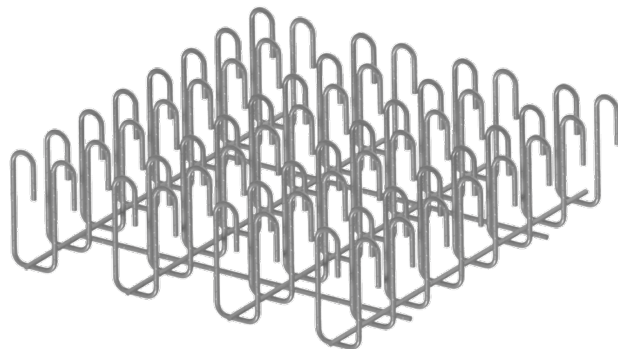
Per quale motivo GRAVIDUR PAN è disponibile presso GRAVIS?

*A cura del professor Albin Kenel
& del dottor Stefan Lips*

La filosofia di un'azienda si riflette anche nei suoi prodotti. Anche in questo caso, il primo passo è comprendere i propri prodotti, non solo in termini di produzione e utilizzo, ma anche in termini di filosofia. Le proprietà fisiche di un prodotto sono riproducibili. D'altra parte, la filosofia del prodotto e le conoscenze tecniche necessarie non possono essere semplicemente copiate, ma sono riportate dalle persone che stanno dietro a un prodotto. Questo è evidente anche nel caso delle gabbie a staffe, sviluppate circa 40 anni fa dal professor Oelhafen (foto 1a) e utilizzate oggi in forma simile da GRAVIS sotto il nome GRAVIDUR PAN.

Nel caso delle gabbie a staffe, è chiaro che la ricerca della massima resistenza possibile non sempre porta al miglior prodotto edilizio. Nel caso dei prodotti edili, giocano un ruolo importante anche altri aspetti, come il comportamento portante, l'applicazione in cantiere e la robustezza di fronte alle tolleranze di messa in opera. Questi sono stati anche i criteri chiave nello sviluppo delle gabbie a staffe da parte del professor Oelhafen e anche nei successivi sviluppi simili in Inghilterra ([1], Figura 1b). Il vantaggio rispetto alle staffe singole o agli ancoraggi a doppia testa era, allora come oggi, un'elevata tolleranza di installazione. Va notato, tuttavia, che le basse tolleranze di installazione degli ancoraggi a doppia testa sono dovute più che altro al fatto che l'obiettivo è quello di arrivare al limite di resistenza e che quindi si accettano le restrizioni nella disposizione.

a)



b)

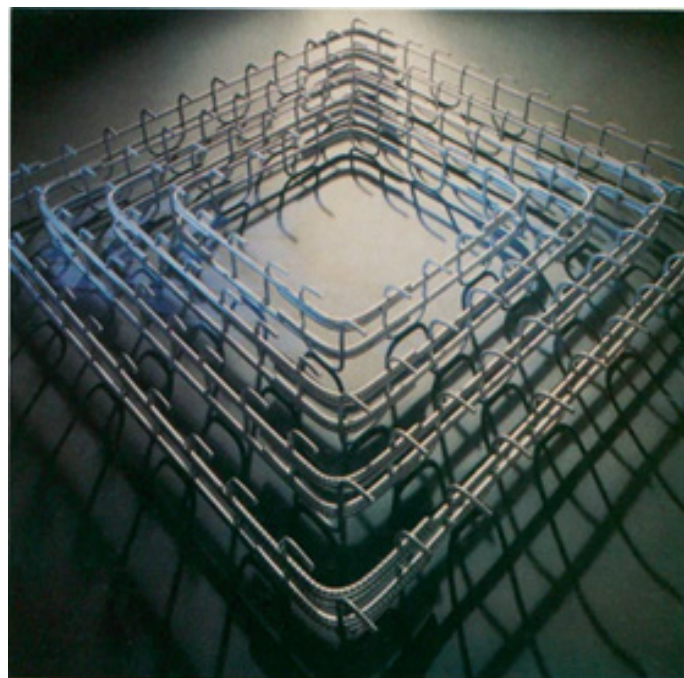


Immagine 1a) GRAVIDUR PAN e b) il sistema "Shearhoop" della British Cement Association [1].

Quando si parla di ancoraggi a doppia testa con resistenze ultime più elevate rispetto alle gabbie a staffe, ci si riferisce alla resistenza della diagonale di compressione del calcestruzzo sul bordo della colonna. Poiché questa resistenza è indipendente dal numero di elementi di armatura di punzonamento, in letteratura viene talvolta indicata come resistenza massima di punzonamento. Questa viene verificata utilizzando l'equazione 70 della norma SIA 262:2025 [2] (equazione 1).

$$V_{Rd,c} = 2.0 \cdot k_r \cdot \tau_{cd} \cdot d_v \cdot u$$

(1)

Il fattore 2,0 è indicato in letteratura anche come coefficiente di sistema. Questo parametro viene determinato empiricamente. La qualità dell'ancoraggio o meglio detto l'introduzione di forze sul lato di tensione flessionale della piastra hanno un'influenza decisiva su questo parametro. Da questo punto di vista, le teste rovesciate degli ancoraggi a doppia testa sono migliori degli ancoraggi curvi con staffa.

Tuttavia, la qualità dell'ancoraggio non è l'unico fattore di influenza. Un altro parametro importante per il valore del coefficiente di sistema è l'anima di ogni ancoraggio o staffa. Questo aspetto è evidenziato anche dallo studio dei test presenti in letteratura. Mentre nelle prove gli ancoraggi a doppia testa sono stati disposti in modo relativamente regolare, in senso radiale o ortogonale, nelle prove con staffe si riscontra in letteratura un'ampia variazione di disposizioni. Esistono solo poche prove direttamente comparabili tra staffe e ancoraggi a doppia testa, in cui anche il montante di compressione in calcestruzzo è stato determinante.

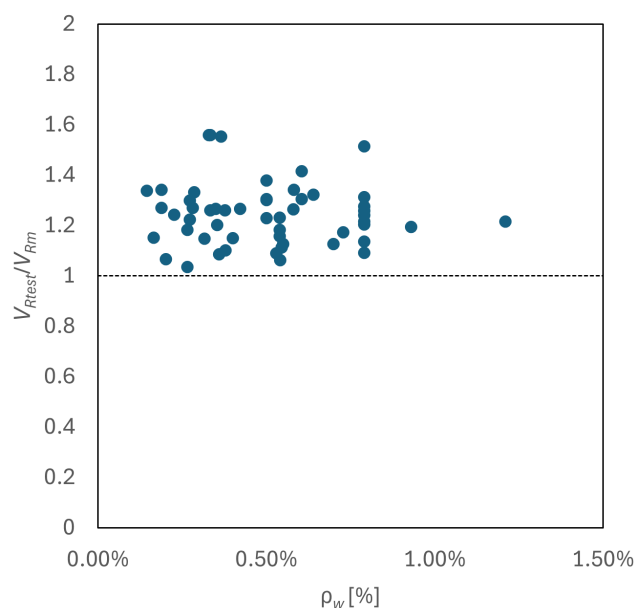
Tuttavia, l'ampia variazione delle disposizioni nelle prove con staffe ha anche il vantaggio che il coefficiente di sistema che ne deriva consente una maggiore tolleranza di messa in opera. La figura 2 mostra una valutazione di 53 prove di punzonamento su piastre con staffe come armatura di punzonamento, tratte dalla letteratura [3-16]. Per il confronto con la resistenza portante misurata, la resistenza al punzonamento è stata determinata utilizzando le equazioni secondo la norma SIA 262:2025 con un coefficiente di sistema pari a $k_{sys} = 2,5$. Per le caratteristiche dei materiali del calcestruzzo e dell'acciaio d'armatura sono stati utilizzati i valori determinati durante la prova (livello medio) e i valori di calcolo risultanti. La resistenza al taglio è stata determinata in base alle equazioni 2 e 3.

$$\tau_{cm} = 0.3 \cdot \sqrt{f_{cm}} \quad (2)$$

$$\tau_{cd} = 0.3 \cdot \frac{\sqrt{f_{cm} - 4N/mm^2}}{1.5} \quad (3)$$

La figura 2 mostra la relazione tra le resistenze ottenute durante le prove e i valori di calcolo. A figura 2a, i valori calcolati sono determinati a livello medio. Ciò dimostra che, nonostante l'aumento del coefficiente di sistema, i risultati calcolati sono sicuri (> 1,0).

a)



b)

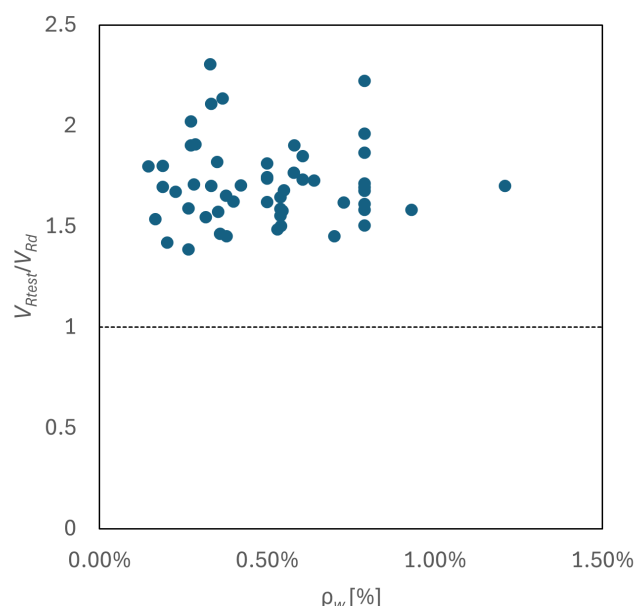


Figura 2 Relazione tra la resistenza al punzonamento misurata e la resistenza al punzonamento calcolata da prove di letteratura [3-16]; tracciata in funzione del rapporto di armatura di punzonamento: a) a livello medio e b) a livello di dimensionamento.

Nella figura 2b, i valori di calcolo sono determinati a livello di dimensionamento. Anche in questo caso si nota un livello di sicurezza sufficiente.

La tabella 1 fornisce una panoramica dell'analisi statistica. La valutazione dei 53 test [3-16] fornisce un valore medio di 1.24. Con un coefficiente di variazione del 9.9%, si ottiene un frattile del 5% di 1.04. A livello progettuale, si ottiene un valore medio di 1.71 e un valore minimo di 1.39. Ciò dimostra che è possibile raggiungere un livello di sicurezza sufficiente nonostante l'aumento dei coefficienti di sistema.

Tabella 1 Analisi statistica (tutte le verifiche)

	Livello m	Livello d
#	53	53
Valore medio	1.24	1.71
COV	9.9%	11.6%
Frattile 5%	1.04	1.38
Min	1.04	1.39
Max	1.56	2.31

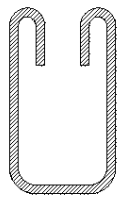
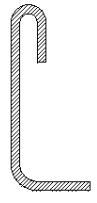
La tabella 1 contiene tutti i risultati delle prove, tenendo conto delle tre verifiche al punzonamento; diagonale di compressione del calcestruzzo, cedimento all'interno della zona di punzonamento e del cedimento all'esterno della zona di punzonamento. Se si analizzano solo le prove per le quali la verifica della diagonale di compressione del calcestruzzo è determinante per il dimensionamento, si ottiene un valore medio di 1.18 per le 10 prove che è da considerare come valore medio. Poiché anche il coefficiente di variazione scende al 5.4%, il frattile del 5% aumenta a 1.07. In termini di dimensionamento, il valore medio è 1.61 e il valore minimo è 1.49. Questo dimostra anche che è possibile raggiungere un livello di sicurezza sufficiente se si considerano solo le barre di compressione del calcestruzzo.

Tabella 2 Analisi statistica per le aste di compressione in calcestruzzo

	Livello m	Livello d
#	10	8
Valore medio	1.18	1.61
COV	5.4%	5.2%
Frattile 5%	1.07	1.47
Min	1.09	1.49
Max	1.28	1.70

Come già detto, questa valutazione comprende staffe di punzonamento molto diverse tra loro. Se si selezionano le prove con staffe di forma simile a quella di GRAVIDUR PAN, che ha anche dimostrato il cedimento delle barre di compressione del calcestruzzo, si può notare che questi risultati si collocano esattamente nel mezzo.

Tabella 3 Valori caratteristici delle prove con staffe simili a GRAVIDUR PAN

EM1 [9]	PB3 [7]
	
$V_{R,test} = 1213 \text{ kN}$	$V_{R,test} = 1697 \text{ kN}$
$V_{Rm,calc} = 997 \text{ kN}$	$V_{Rm,calc} = 1367 \text{ kN}$
$V_{Rd,calc} = 713 \text{ kN}$	$V_{Rd,calc} = 1011 \text{ kN}$
$V_{R,test} / V_{Rm,calc} = 1.22$	$V_{R,test} / V_{Rm,calc} = 1.24$
$V_{R,test} / V_{Rd,calc} = 1.70$	$V_{R,test} / V_{Rd,calc} = 1.68$

Le gabbie a staffe come GRAVIDUR PAN non raggiungono coefficienti di sistema così elevati come gli ancoraggi a doppia testa. Tuttavia, un coefficiente di sistema più alto, pari a $k_{sys} = 2,5$, è giustificato in relazione alla norma 262:2025, in quanto è possibile verificare, sulla base di valutazioni sperimentali, il raggiungimento di un livello di sicurezza sufficiente. Rispetto agli ancoraggi a doppia testa, tuttavia, le gabbie a staffe si distinguono per la loro semplicità e l'affidabilità del loro utilizzo in cantiere. Ecco perché si adattano alla filosofia GRAVIS e perché GRAVIDUR PAN è disponibile presso GRAVIS.

Letteratura

- [1] Chana, P. S., Punching shear in concrete slabs, The Structural Engineer, Vol 69, No 15/6, 1991, pp. 282-285.
- [2] SIA 262:2025, Costruzioni in calcestruzzo, Azienda svizzera degli ingegneri e degli architetti, 2025, 116 pp.
- [3] Andersson, J. L., Punching of Concrete Slabs with Shear Reinforcement, Transactions of the Royal Institute of Technology, Stoccolma, Svezia, 1963.
- [4] Beutel, R., Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen, tesi di dottorato RWTH Aachen, 2003, 267 pp.
- [5] Chana, P. S., Desai, S. B., Design of shear reinforcement against punching, The Structural Engineering, Vol. 70, 1992, pp. 159-164.
- [6] Chana, P. S., A prefabricated shear reinforcement system for flat slabs, Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Structures and Buildings, Vol. 99, 1993, pp. 345-358.
- [7] Einpaul, J., Brantschen F., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Performance of Punching Shear Reinforcement under Gravity Loading : Influence of Tipo of Detailing, ACI Structural Journal, V. 113, No. 4, 2016, pp. 827-838.
- [8] Elstner, R. C., Hognestad, E., Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs, ACI Materials Journal, Vol. 53-2, 1956, pp. 29-58.
- [9] Hegger, J., Häusler, F., Ricker, M., Zur maximalen Durchstanztragfähigkeit von Flachdecken, Beton - und Stahlbetonbau, Vol. 102, 2007, pp. 770-777.
- [10] Ladner, M., Untersuchungsbericht Durchstanzversuche an Flachdeckenausschnitten, 1998 38 pp.
- [11] Lips, S., Fernández Ruiz, M., Muttoni, A., Experimental Investigation on Punching Strength and Deformation Capacity of Shear-Reinforced Slabs, ACI Structural Journal, V. 109, No. 6, 2012, pp. 889-900.
- [12] Marti, P., Pralong, J., Thürlimann, B., Schubversuche an Soletta, Institut für Baustatik und Konstruktion, Nr. 7305-2, 1977, 123 pp.
- [13] Regan, P. E. Samadian, F., Shear Reinforcement against punching in reinforced concrete flat slabs, The Structural Engineer, 2001, pp. 24-31.
- [14] Seible, F., Ghali, A., Dilger, W. H., Preassembled shear reinforcing units for flat plates, ACI Journal, Proceedings 77, No. 1, 1980, pp. 28-35.
- [15] Tolf, P., Plattjocklekens inverkan på betongplattors hållfasthet vid genomstansning. Försök med cikulära plattor, Royal Institute of Technology, Dep. of Structural Mechanics and Engineering, Bulletin 146, 1988, 64 pp.
- [16] Vollum, R. L., Abdel-Fattah, T., Eder, M., Elghazouli, A.Y. Design of ACI-type punching shear reinforcement to Eurocode 2, Magazine of Concrete Research, 62-01, 2010, pp. 3-16.



GRAVIS AG
Birchstrasse 17, 3186 Düringen



+41 26 492 30 10



info@gravis.ch



www.gravis.ch

