

Impalcato di travi e solai a tessitura anisotropa od ortotropa per stratificazione, composta od ibrida, di elementi strutturali di diversa costituzione.

PREMESSA.

La presente invenzione costituisce ampliamento e miglioramento delle domande di brevetto depositate il 08-03-2012 con numero CS2012A000013 ed il 06-11-2012 con numero CS2012A000037.

Sono stati infatti recepiti i suggerimenti delle aziende produttrici eliminando qualsiasi lavorazione sulle lamiere grecate di normale produzione.

Il piano di sostegno del getto in calcestruzzo ora non è più limitato alle sole lamiere grecate ma prevede anche assiti-tavolati in legno e lastre piane o nervate di qualsiasi genere.

L'invenzione prevede la seguente stratificazione di elementi strutturali:

- travi portanti principali,
- staffe distanziali installate sulle travi portanti principali e/o secondarie,
- armature installate sulle staffe distanziali,
- lamiera grecata o assito-tavolato in legno o altre lastre, nervate o no, appoggiate sulle travi portanti principali o secondarie,
- profili distanziali installati su lamiera grecata o assito-tavolato in legno o altre lastre,
- rete elettrosaldata ed altre armature superiori compresse, appoggiate sui profili distanziali,
- calcestruzzo di riempimento e copertura, stratificato o no per consistenza e resistenza a compressione,

staticamente composti o ibridi, con tessitura strutturale anisotropa e/o ortotropa di travi, solai, profili, armature, reti elettrosaldate e calcestruzzo.

Nel caso in cui gli impalcati ed i solai descritti siano completati da getti di calcestruzzo ultraleggero le sollecitazioni sismiche SLO (Stato Limite di Operatività) o SLD (Stato Limite di Danno) o SLV (Stato Limite di Vita) o SLC (Stato Limite di Collasso) nei pilastri sono inferiori a quelle statiche ordinarie SLU (Stato Limite Ultimo) o SLE (Stato Limite di Esercizio) eliminando definitivamente il rischio sismico dalle costruzioni senza ricorrere a tecnologie costose come l'isolamento sismico alla base delle costruzioni od i dissipatori sismici nella struttura d'elevazione.

E' stata inoltre ridotta l'importanza dei profili distanziali (installati su lamiera grecata, assito-tavolato in legno od altre lastre) nella resistenza allo scorrimento della soletta in calcestruzzo rispetto agli elementi strutturali portanti del solaio: tale resistenza viene integrata e/o sostituita dalle staffe distanziali installate direttamente sulle travi portanti principali nonché dalla ortotropia tra i profili distanziali e gli elementi strutturali portanti del solaio.

Pertanto i collegamenti meccanici tra profili distanziali e piano di sostegno possono essere sostituiti od integrati da:

- nastri biadesivi del tipo 3M VHB, correntemente impiegati per le giunzioni nella industria automobilistica,
- adesivo acrilico del tipo 406 E Lord,
- adesivo epossidico del tipo Loctite Hysol 9466 A&B con resistenza a trazione 370 Kg/cmq.

E' stata invece esaltata l'importanza strutturale dei profili distanziali (installati sulla lamiera grecata, sull'assito-tavolato in legno o su altre lastre) a flessione, taglio e torsione qualora geometricamente continui fino a trovare appoggio sulle travi portanti secondarie o sulle travi di telaio (travi che collegano i pilastri nella direzione perpendicolare alle travi portanti principali).

Ma tali travi secondarie o di telaio hanno, in genere, lo stesso filo superiore delle travi portanti principali.

Pertanto i profili distanziali, nel caso di piano di sostegno in lamiera grecata, non possono appoggiarvi direttamente ma ne sono distanziati di una misura pari alla altezza della lamiera grecata.

E' stato pertanto necessario introdurre un particolare profilo di compensazione-imbottitura e banchinaggio del tipo a U o C da installarsi, tra lamiera grecata e travi secondarie o di telaio, a mano a mano che procede l'installazione della lamiera grecata.

La presenza di tale profilo di compensazione-imbottitura e banchinaggio e quella dei profili distanziali, geometricamente continui fino alle travi secondarie o di telaio, consentono l'ortotropia del solaio nel caso di impiego di lamiere grecate.

Nel caso in cui i profili distanziali, posti sul solaio, siano discontinui o di lunghezza inferiore al passo delle travi secondarie o delle travi di telaio, l'ortotropia è solo parziale, locale o puntuale.

L'ortotropia strutturale tra solaio e profili distanziali consente significative economie di acciaio nei solai di grande luce e lascia comunque inalterate le altre innovazioni brevettuali:

- la resistenza a compressione della rete elettrosaldata posizionata in zona compressa, sui profili distanziali, a questi vincolata,
- la resistenza a compressione delle armature posizionate in zona compressa, sulle staffe distanziali poste al filo superiore delle travi portanti, a queste vincolate.

In tal caso la capacità portante dell'impalcato di travi portanti e del solaio è ottenuta tramite:

- la resistenza a compressione, in direzione parallela alle travi portanti d'impalcato, delle armature, poste sopra le travi portanti, nello schema strutturale solo composto delle travi portanti d'impalcato,
- la resistenza a compressione, in direzione perpendicolare alle travi portanti d'impalcato, della rete elettrosaldata, posta sopra i profili distanziali, nello schema strutturale solo composto del solaio,
- la resistenza a compressione del calcestruzzo:
 - in direzione parallela alle travi portanti, nello schema ibrido della trave portante, ed in direzione perpendicolare alle travi portanti, nello schema ibrido del solaio,
 - solo in direzione parallela alle travi portanti, nello schema ibrido della trave portante, con schema composto del solaio,
 - solo in direzione perpendicolare alle travi portanti, nello schema ibrido del solaio, con schema composto delle travi portanti d'impalcato.
- la resistenza a trazione-compressione della lamiera grecata, assito-tavolato in legno od altre lastre,
- la resistenza a trazione della rete elettrosaldata su una parte dei profili distanziali e su tutte le staffe distanziali installate sulle travi portanti principali,
- la resistenza a trazione delle armature, poste sopra le travi portanti, in prossimità dell'appoggio sul pilastro.

Le travi d'impalcato potranno essere composte od ibride indipendentemente dall'orientamento in pianta, parallelo, obliquo o normale alla direzione della lamiera grecata o dell'assito-tavolato in legno o delle lastre piane o nervate di qualsiasi genere.

Inoltre le staffe distanziali od i profili posti sulle travi portanti principali consentono la connessione a scorrimento con la soletta anche se questa non è a contatto diretto della trave ma comunque distanziata.

CAMPO TECNICO DELL'INVENZIONE.

La presente invenzione tratta impalcati di piano costituiti da travi, composte o ibride (cioè composite o dette anche miste) di vario genere e solai ortotropi, composti o misti, in lamiera grecata e calcestruzzo o legno e calcestruzzo od altre lastre e calcestruzzo, realizzati con componenti a larga diffusione di mercato ma associati e connessi tra loro in modo tale che il prodotto risultante è fortemente innovativo per leggerezza, resistenza su grandi luci e portate elevate, rapidità di installazione, isolamento termico, riciclo di materiali isolanti ed economia generale dell'opera.

L'invenzione si caratterizza per gli originali sistemi di sostegno, posizionamento e bloccaggio delle armature compresse (barre di acciaio e reti elettrosaldate) poste al filo superiore del getto in calcestruzzo sia dei solai che delle travi degli impalcati di piano nonché per l'ortotropia degli elementi strutturali incrociantisi, costituita direttamente in cantiere, a secco.

Anche le armature tese, a momento negativo, in prossimità dei nodi di connessione delle travi portanti d'impalcato ai pilastri, conferiscono all'impalcato di travi un notevole incremento delle resistenza strutturale per l'originale sistema di posizionamento del solaio in lamiera grecata o legno o lastre rispetto alle travi portanti d'impalcato.

Entrambe le armature, tese e compresse, attraversano le staffe distanziali poste sopra le travi portanti in acciaio, legno, c.a. od altri materiali.

Nella presente invenzione vengono previsti:

- **a)** staffe distanziali (3 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), con sezioni ad **Ω, U, C, L, T, Z** etc. etc. (Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 oppure Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23 oppure Fig. 24 e 25) laminate a caldo o profilate-pressopiegate a freddo in acciaio o estruse-profilate-pressopiegate in alluminio, oppure sezioni piene in legno, in calcestruzzo, in materiali compositi (resine termoindurenti e fibre di vetro o carbonio), poste sulle travi

portanti, per collegare il filo superiore delle travi portanti con le armature compresse e tese poste nella soletta, posizionandole, bloccandole, distanziandole dalla sottostante trave portante, atte a sostenere nella prima fase, durante il getto del calcestruzzo, il pedonamento degli operai,

- **b)** profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 36, Fig. 37, Fig. 48 e Fig. 49), con sezioni ad Ω , U , C , L , T , Z etc. etc. (Fig. 26), comunque aperte, piene o cave, laminate a caldo o profilate-pressopiegate a freddo in acciaio o estruse-profilate-pressopiegate in alluminio, oppure sezioni piene in legno, in calcestruzzo, in materiali compositi (resine termoindurenti e fibre di vetro o carbonio), posti sopra la lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4) o altre lastre allo scopo di:
 - b.1) mantenere la rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) distanziata dalla sottostante lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4),
 - b.2) fare sostenere alla rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), durante la fase di getto del calcestruzzo (8 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), il pedonamento degli operai,
 - b.3) collegare la lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4) alla rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4).
 - b.4) consentire alla rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) di resistere a rilevanti compressioni ortotrope durante la flessione del solaio in esercizio,
- **c)** armature superiori, compresse (10 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) e tese (11 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), poste sopra le travi ed installate nei profili di cui in a), che possono essere costituite da profili a sezione piena, cava o aperta,

- **d**) rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), posta sopra la lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o l'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4), sostenuta dai profili (Fig. 26) di cui in b) ed eventualmente vincolata a questi,
- **e**) se si desidera che il solaio in lamiera grecata ed i profili distanziali, di cui al precedente punto b), siano ortotropi, è necessario installare un profilo di compensazione-imbottitura e banchinaggio (15 di Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44 e Fig. 45) dei profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), posti sopra la lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o l'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4); tali profili (15 di Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44 e Fig. 45) hanno misure: Bpc , bpc , hlg e t (Fig. 45) dove hlg è uguale alla altezza della lamiera grecata,
- **f**) nel caso di connessione meccanica (12a di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 36, Fig. 37, Fig. 48 e Fig. 49) tra i profili distanziali, di cui al precedente punto b), e lamiere grecate con greca poggiante a trapezio isoscele, la presente invenzione prevede l'impiego di elementi meccanici di fissaggio (17a e 17b di Fig. 53, Fig. 54, Fig. 55 e Fig. 56) che, grazie al serraggio delle viti, esercitano un attrito, contro i lati inclinati della greca poggiante a trapezio isoscele, sufficiente al contrasto delle forze di scorrimento longitudinale della soletta in calcestruzzo, della rete elettrosaldata e dei profili distanziali rispetto alla lamiera grecata.

Oltre a soddisfare le esigenze dei solai in lamiera grecata o legno e calcestruzzo ordinario è il più leggero sistema impalcato-solaio in calcestruzzo oggi realizzabile.

La presente invenzione consente di eliminare l'installazione dei chiodi saldati, tipo Nelson, o chiodi con perni infissi con cartucce a sparo, tipo Tecnaria, o profili stampati ad L, tipi Hilti, o di altri tipi, sulle ali delle travi sottostanti.

Infatti la collaborazione statica delle travi (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) con le armature compresse-tese (10 ed 11 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) della soletta e con il calcestruzzo (8 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), si realizza avvitando contemporaneamente la lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o l'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4) e le staffe distanziali (3 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), descritti in a), alle travi (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4).

Pertanto l'operazione di montaggio è unica: non richiede altri materiali di apporto ed un successivo riposizionamento sulla stessa zona di solaio con spreco di manodopera.

Il sistema della presente invenzione è indicato nella costruzione di nuovi edifici e nella ristrutturazione di quelli vecchi in quanto consente di lasciare le vecchie travi in legno, eliminando i pesanti strati di riempimento tra tavolato e pavimento.

L'alleggerimento li rende l'impalcato ed il solaio da privilegiare negli interventi di miglioramento ed adeguamento antisismico oppure nella ricostruzione dopo eventi sismici in quanto diminuisce l'esposizione al rischio sismico.

La possibilità di usare elevate quantità di polistirolo-polistirene riciclati rende la presente invenzione la più idonea sia per la *Green Building* che per il *risparmio energetico* nonché l'impalcato di travi portanti con solaio in calcestruzzo più leggero oggi esistente.

Con la presente invenzione è possibile realizzare strutture di edifici multipiano, in zona sismica della massima intensità europea (come ad esempio il sisma di Messina del 1908), con una incidenza di acciaio pari a 15-20 Kg/mq per ogni piano, comprensivi di pilastri, travi, controventature antisismiche e particolari costruttivi.

Tale rilevante economia di acciaio lavorato è stata possibile grazie all'incremento delle portate dei solai, con getto in calcestruzzo ultraleggero, al punto da rendere inutili le travi secondarie.

Tale eliminazione delle travi secondarie si traduce nuovamente in minori tempi di installazione e maggiore sicurezza sul lavoro.

L'impiego del calcestruzzo ultraleggero consente di eliminare o diminuire le puntellature provvisorie installate sotto il solaio o sotto le travi d'impalcato, prima del getto in calcestruzzo, con ovvie economie di acquisto, trasporto, montaggio, smontaggio e magazzinaggio.

Ancora più importante è il beneficio conseguente alla eliminazione delle puntellature:

- la costruzione degli edifici multipiano diventa molto veloce e meno costosa,
- la programmazione dei getti dei solai può avere qualsiasi ordine,
- se si getta per primo il solaio dell'ultimo piano il cantiere è in buona parte protetto dalla pioggia,
- di conseguenza i successivi getti possono avvenire anche con la pioggia rispettando i tempi contrattuali,
- i problemi di sicurezza del lavoro diminuiscono in quanto diminuisce la presenza di uomini-giorno.

Un ulteriore vantaggio è dato dalla possibilità di ricostruire i solai laddove il piano sottostante è inaccessibile per l'installazione delle puntellature.

Nel caso in cui venga scelto il riscaldamento-raffrescamento a pavimento radiante, con pompa di calore, l'uso del calcestruzzo ultraleggero consente di aumentare l'isolamento termico del solaio aumentando lo spessore della soletta.

Non sarà più necessario limitarsi a 40-50 mm ma si potranno realizzare solette di 100-300 mm, in quanto il peso di tali solette ad alto spessore non è più un problema, data la leggerezza del calcestruzzo polistirenico.

In questo caso le solette di 100-300 mm consentono alla lamiera grecata di raggiungere portate e luci impossibili da realizzare con lamiere grecate e calcestruzzi ordinari, anche fino ad 11 metri di luce libera con i consueti carichi di civile abitazione.

Sussistono altri benefici come la rugosità superficiale che consente la buona presa dei pavimenti, la partizione antincendio tra i piani, il risparmio sul peso e sul costo delle strutture metalliche portanti nonché delle fondazioni.

Per solai in lamiera grecata che richiedano in zona compressa un calcestruzzo ordinario di resistenza superiore a 25 MPa, è possibile effettuare un primo getto in cls ultraleggero (fino all'asse neutro plastico) ed un secondo in cls ordinario, fino a coprire la rete elettrosaldata, come rappresentato alle Fig. 5a, 5b e 5c della Tav. 5.

La soluzione prevede travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) di impalcato in acciaio, legno, calcestruzzo con armatura ordinaria o precompresso, compositi, alluminio come raffigurato nelle Fig. 5, Fig. 6 e Fig. 7.

I solai in acciaio o legno sopra descritti potranno essere accoppiati indifferentemente a qualsiasi tipo di trave (1 di Fig. 5, Fig. 6 e Fig. 7) sopra elencata.

E' da notare che le connessioni meccaniche tra i profili distanziali del solaio (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2-3-4) e lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) o assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4), oltre che resistere allo scorrimento alla Jouravsky, consentono di trasformare il solaio in un diaframma notevolmente rigido che ripartisce la spinta sismica sull'impalcato perimetrale di travi o muri, anche in assenza dei controventi di piano.

Il solaio in lamiera grecata o assito-tavolato in legno potrà essere installato rispetto alle sezioni delle travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) secondo quattro criteri:

- 1) solaio passante di Fig. 30: è appoggiato e passante sopra le travi portanti (1) senza interruzione della lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o dell'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4),

- 2) solaio incassato di Fig. 31: é appoggiato sulle ali inferiori delle travi portanti (1) con interruzione della lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o dell'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4),
- 3) solaio incassato di Fig. 32: é appoggiato su cantonali od altri profili, connessi alle travi portanti (1) con interruzione della lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o dell'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4), il filo superiore della lamiera grecata o dell'assito-tavolato in legno occupa qualsiasi posizione intermedia tra le due descritte ai punti 1) e 2) precedenti,
- 4) solaio incassato di Fig. 33: é appoggiato su cantonali od altri profili, connessi alle travi portanti (1) con interruzione della lamiera grecata (2 di Fig. 1 e Fig. 2) o dell'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3 e Fig. 4), il filo superiore della lamiera grecata o dell'assito-tavolato in legno è complanare al filo superiore della travi portanti (1).

Il solaio in lamiera grecata o assito-tavolato in legno potrà essere installato, rispetto alla pianta delle travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), in due direzioni:

- in direzione parallela alle travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4),
- in direzione perpendicolare alle travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4).

STATO DELL'ARTE.

Nella realizzazione di impalcati di trave-calcestruzzo la soletta viene collegata alle travi portanti (1 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) con:

- connettori a piolo saldati, tipo Nelson,
- connettori a piolo e chiodi sparati, tipo Tecnaria,
- staffe distanziali ad L stampate in lamiera e chiodi sparati, tipo Hilti.

Nei solai in lamiera grecata e calcestruzzo ordinario il vantaggio strutturale apportato dalla resistenza a compressione del cls viene in buona parte sminuito dallo stesso peso proprio del calcestruzzo ordinario.

Si ricorda che i carichi variabili o utili sono presenti solo in percentuale statistica mentre quelli permanenti strutturali, come il solaio, sono sempre presenti.

Per evitare problemi di sconessione e “galleggiamento” tra il getto in cls e la lamiera grecata o l’assito-tavolato in legno, sono sempre state impiegate reti elettrosaldate eventualmente ancorate in vario modo alla lamiera grecata o all’assito-tavolato in legno.

Artigianali e di scarsa efficacia sono i rimedi correntemente adottati: bacchette di ferro tondo, spezzoni di profilo, etc. etc.

Tali dispositivi restano comunque non collegati né alla lamiera grecata né alla soprastante rete elettrosaldata.

Tra i dispositivi di ancoraggio della rete elettrosaldata figurano:

- punti o bottoni di saldatura eseguiti manualmente, tra rete e lamiera grecata, con la rete elettrosaldata a contatto della lamiera grecata,
- staffe distanziali ad L fissate nel fondo del canale delle greche, con viti o chiodi sparati ai profilati della struttura in acciaio (di sostegno della lamiera grecata); a queste staffe distanziali ad L sarebbe poi saltuariamente possibile collegare la rete elettrosaldata con legatura manuale.

L'operazione di saldatura, con migliaia di punti o bottoni, altera localmente la protezione zincata della lamiera grecata.

Se la rete elettrosaldata è poggiata direttamente sulla lamiera grecata, si originano con costanza, a tratti alterni, come la sagomatura delle greche, zone di non avvolgimento dei tondini della rete elettrosaldata da parte del calcestruzzo; pertanto la rete elettrosaldata è mal collegata al getto in calcestruzzo.

Inoltre i pannelli di rete elettrosaldata durante il getto sono liberi di muoversi, pertanto vanno comunque legati con filo di ferro tra loro, per garantire le lunghezze di sovrapposizione tra i vari fogli.

Le reti elettrosaldate installate secondo l'attuale stato dell'arte:

- non contrastano le lesioni del calcestruzzo nella zona delle fibre tese superiori dove la lamiera grecata appoggia sulle travi ed è caratterizzata da un momento flettente negativo),
- non contrastano le lesioni da ritiro igrometrico del calcestruzzo,
- non formano assieme alla lamiera grecata il piano rigido così importante e ricercato nelle strutture antisismiche e richiesto dalle nuove norme tecniche.

I MECCANISMI STRUTTURALI DELL'INVENZIONE.

La presente invenzione realizza la resistenza strutturale del solaio e contemporaneamente delle travi d'impalcato con i seguenti meccanismi:

- 1) la rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2-3-4) o altro genere di armature è di sezione adeguata per resistere, totalmente o in parte, alla forza di compressione orizzontale $N_{Sd,solaio}$ che nasce nei solai, in mezzeria di luce o campata,
- 2) la rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2-3-4) garantisce tale prestazione strutturale in quanto posizionata al filo superiore del getto in calcestruzzo (8 di Fig. 1-2-3-4), sotto il copriferro,
- 3) i profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2-3-4), adeguatamente distribuiti sulla lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) o sull'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4), consentono la precisione di tale posizionamento,
- 4) i suddetti profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2-3-4) possono resistere alle forze di scorrimento tra rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2-3-4) e lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) od assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4), a scelta del Progettista Strutturale,
- 5) una parte della compressione orizzontale $N_{Sd,solaio}$, di cui al precedente punto 1), può essere assegnata alla soletta in calcestruzzo (8 di Fig. 1-2-3-4) (di qualsiasi genere: ordinario, leggero, ultraleggero), a scelta del Progettista Strutturale,
- 6) la forza verticale di taglio verticale $V_{Sd,solaio}$ viene assorbita dalla lamiera grecata lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) o dall'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4), totalmente o in parte, a scelta del Progettista Strutturale,
- 7) una eventuale frazione della forza di taglio verticale $V_{Sd,solaio}$ può essere assegnata al calcestruzzo (8 di Fig. 1-2-3-4), a scelta del Progettista Strutturale,

- 8) Se i profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2-3-4) sono continui, fino alle due travi d'impalcato perpendicolari a quella portante principale (Fig. 42), l'ortotropia del solaio è totale.

Se sono discontinui, tra le due travi d'impalcato perpendicolari a quella portante principale, l'ortotropia del solaio è parziale, locale o puntuale.

In entrambi i casi sono sollecitati anche a flessione, taglio e torsione.

L'ortotropia dei profili distanziali è significativa laddove la loro altezza è importante rispetto alla altezza di tutta la sezione del solaio.

Ad esempio con:

- profili distanziali di altezza 150 mm,
- soletta di calcestruzzo ultraleggero di spessore 180 mm,
- lamiera grecata di altezza 150 mm,

il comportamento ortotropo dei profili distanziali e delle greche della lamiera grecata è rilevante.

Può essere invece trascurabile con:

- profili distanziali di altezza 30 mm,
- soletta di calcestruzzo ultraleggero di spessore 180 mm,
- lamiera grecata di altezza 150 mm.

- 9) la forza orizzontale di scorrimento $S_{Sd,solaio}$, della soletta (8 di Fig. 1-2-3-4) e della rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2-3-4) rispetto alla lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) od all'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4), viene contrastata dai profili distanziali (3 di Fig. 1-2-3-4), posti sulle travi portanti d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4), e dalle armature compresse (10 di Fig. 1-2-3-4) o tese (11 di Fig. 1-2-3-4), poste nella soletta (8 di Fig. 1-2-3-4) delle travi portanti (1 di Fig. 1-2-3-4),

- 10) le suddette armature (10-11 di Fig. 1-2-3-4) scorrono dentro i profili (3 di Fig. 1-2-3-4) posti sulle travi d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4) e sono posizionate al filo superiore della soletta (8 di Fig. 1-2-3-4), sotto il copriferro,
- 11) tali armature compresse-tese (10-11 di Fig. 1-2-3-4) delle travi portanti d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4), posizionate come descritto al precedente punto 9), sono verificabili, a scelta del Progettista Strutturale, come armature compresse-tese in semplice composizione statica con la trave portante oppure come armature compresse facenti parte di sezione ibrida di trave con soletta in calcestruzzo e relative armature compresse,
- 12) le staffe distanziali (3 di Fig. 1-2-3-4), posti sulle travi d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4) hanno pertanto quattro funzioni strutturali:
 - resistere alla forza orizzontale di scorrimento $S_{Sd,solaio}$, originata nel solaio,
 - resistere alla forza orizzontale di scorrimento $S_{Sd,trave}$, perpendicolare alla precedente ed originata nella stessa trave d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4) dai carichi del solaio,
 - resistere alla forza orizzontale di compressione $N_{Sd,trave}$, perpendicolare alla $S_{Sd,solaio}$, originata nella trave portante dal momento flettente indotto dal carico del solaio,
 - evitare l'instabilità delle stesse armature compresse (10 di Fig. 1-2-3-4) in mezzeria di campata delle travi (1 di Fig. 1-2-3-4),
- 13) la forza verticale di taglio $V_{Sd,trave}$ viene assorbita dalla trave (1 di Fig. 1-2-3-4), totalmente o in parte, a scelta del Progettista Strutturale,
- 14) una eventuale frazione della forza verticale di taglio $V_{Sd,trave}$ può essere assegnata al calcestruzzo (8 di Fig. 1-2-3-4), a scelta del Progettista Strutturale,
- 15) la sollecitazione di scorrimento $S_{Sd,solaio}$, originata nel solaio, può essere affidata ai profili distanziali (3 di Fig. 1-2-3-4), posti sulle travi d'impalcato (1 di Fig. 1-2-3-4); in tal modo i profili distanziali del solaio (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2-3-4) non debbono più resistere alla suddetta forza orizzontale di scorrimento $S_{Sd,solaio}$, di conseguenza possono

essere connessi in modo semplice e veloce alla lamiera grecata anche con adesivi strutturali come ad esempio:

- 15.1) i nastri in schiuma acrilica del tipo 3M VHB, correntemente impiegati per le giunzioni nella industria automobilistica,
 - 15.2) adesivi acrilici, del tipo 406 E Lord, o adesivi epossidici, del tipo Loctite Hysol 9466 A&B, con buona resistenza meccanica a strappo per trazione o taglio, come rappresentato per il profilo distanziale 12b di Fig. 1-2-3-4.
- 16) I momenti flettenti negativi nelle connessioni delle travi d'impalcato ai pilastri, sono inferiori a quelli dei solai in lamiera grecata e calcestruzzo ordinario; pertanto il Progettista Strutturale potrà scegliere travi di altezza inferiore:
- limitando od eliminando l'effetto *shear-type*,
 - migliorando la *Gerarchia delle Resistenze*,
 - ottenendo impalcati di travi più leggeri ed economici,
- rispetto ai tradizionali impalcati di travi e solai in lamiera grecata e calcestruzzo ordinario.
- 17) Nel caso di adozione di soletta con calcestruzzi ultraleggeri è possibile progettare i nodi trave-pilastro a momento negativo:
- allo SLE, SLO, SLD con verifica elastica a schema composto di trave più armature (con armature continue poste sopra le travi, nel getto di calcestruzzo) passanti ai fianchi del pilastro e senza alcuna connessione allo stesso,
 - allo SLU, SLV, SLC con verifica plastica a schema non composto bensì delle sole travi, rigidamente vincolate ai pilastri, in quanto il calcestruzzo ultraleggero si plasticizza subito (durante i primi cicli sismici) e non introduce apprezzabile

rigidezza contro le pareti del pilastro, immerse nella soletta in calcestruzzo ultraleggero ed alternativamente compresse durante il sisma.

Tale doppia fase nella Progettazione Strutturale (elastica e poi plastica):

- elimina o limita ancor più l'effetto *shear-type*,
- ripete e migliora ulteriormente la verifica della *Gerarchia delle Resistenze*,
- consente impalcati di travi ancora più leggeri ed economici.

- 18) Le luci coperte dalle lamiere grecate risultano molto più ampie di quelle dei solai in lamiera grecata e calcestruzzo ordinario; in tal modo è possibile l'eliminazione delle travi secondarie, riducendosi lo schema strutturale del telaio spaziale degli edifici multipiano alle sole travi principali colleganti i pilastri, con economia di peso e lavorazioni nonché evitando altre soggezioni.

Sotto il peso di 500 Kg/mc, per confezionare i calcestruzzi ultraleggeri si usano solo acqua, tensioattivi schiumogeni, cemento, iperfluidificanti e granuli polistirolici-polistirenici.

Nel caso in cui si vogliono raggiungere le resistenze massime consentite per la categoria dei calcestruzzi ultraleggeri, occorre aggiungere fumo di silice ovvero *silica fume*, in sostanza biossido di silicio SiO_2 “*amorfo*” cioè privo di reticolo cristallino.

In tale forma l’ossido di silicio è estremamente reattivo a temperatura ambiente e si combina facilmente con l’idrossido di calcio secondario, prodotto residuo della reazione principale, ma incompleta, dei silicati idrati di calcio, formando ulteriori fibre o aghi microscopici di silicati idrati di calcio.

Tale reazione secondaria (in termini quantitativi e temporali) detta anche pozzolanica, consente di originare una struttura molto più fitta di aghi che si intrecciano tra loro dando luogo alle resistenze misurate tradizionalmente sui cubetti in prova libera di schiacciamento.

Inoltre le dimensioni del fumo di silice di pochi nanometri, consentono che esso si collochi all’interno della struttura dei silicati idrati di calcio, che presenta vuoti di alcune decine di nanometri, rendendo la struttura complessiva più fitta, impenetrabile e resistente.

Un altro vantaggio di tali calcestruzzi è la quantità medio-alta di CS (calciosilicati) che consente, una volta idratata, di sviluppare una notevole quantità di legami chimici nei confronti della lega Fe-Zn di cui è costituita la lamiera grecata dei solai originando una buona adesione strutturale.

Anche i calcestruzzi ultraleggeri, così come quelli ordinari, potranno essere additivati con fibre metalliche o sintetiche, di varia lunghezza e diametro, per elevarne la resistenza e la resilienza meccaniche.

Lo scorrimento viscoso dei calcestruzzi ultraleggeri è il più basso in assoluto tra tutti i solai realizzabili in calcestruzzo in quanto i rapporti acqua/cemento sono di circa 0,28-0,30.

Pertanto sono molto più stabili nel tempo dei calcestruzzi ordinari (realizzati con rapporti acqua/cemento 0,6-0,7).

I solai realizzati con tali calcestruzzi ultraleggeri non presentano gli stessi abbassamenti differiti.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE, DELLE FIGURE E DI UN MODO PREFERITO DI REALIZZARE L'INVENZIONE.

L'impalcato della presente invenzione è rappresentato in Fig. 1-2.

La tipologia di staffe distanziali di collegamento alle travi portanti è rappresentato alle Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 oppure Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23 oppure Fig. 24 e 25.

La tipologia di profili distanziali da collegare alla lamiera grecata per sostenere la rete elettrosaldada è rappresentata in Fig. 26.

Nella sequenza di installazione l'impalcato di travi ed il solaio sono costituiti da:

- **1:** travi (1 di Fig. 1-2) di luce $\mathbf{1}_t$ e travi di luce $\mathbf{1}$ (14 di Fig. 42),
- **2:** lamiera grecata (2 di Fig. 1-2),
- **3:** eventuali profili di compensazione-imbottitura e banchinaggio (15 di Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44 e Fig. 45) dei profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2),
- **4:** viti di ancoraggio (16 di Fig. 44) dei profili di compensazione-imbottitura e banchinaggio (15 di Fig. 42, Fig. 43, Fig. 44 e Fig. 45) alle travi (14 di Fig. 42, Fig. 43 e Fig. 44),
- **5:** profili di ancoraggio (3 di Fig. 1-2) della lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) alle travi (1 di Fig. 1-2),
- **6:** viti di ancoraggio (4 di Fig. 1-2) dei profili (3 di Fig. 1-2) alle travi (1 di Fig. 1-2), passanti la lamiera grecata (2 di Fig. 1-2),
- **7:** profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2) a $\mathbf{\Omega}$, \mathbf{U} , \mathbf{C} , \mathbf{L} , \mathbf{T} , \mathbf{Z} etc. etc. incollati con adesivi strutturali o collegati meccanicamente o con tecnologie a fusione localizzata o per rotazione e ricalcatura (tipo Formdrill) ed eventuale filettatura (tipo Flow-drill) alla lamiera grecata sottostante (2 di Fig. 1-2),

- **8**: armature superiori (10 ed 11 di Fig. 1-2) compresse e tese o solo tese, collaboranti staticamente a momento positivo e negativo,
- **9**: rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2) appoggiata sui profili (12a, 12b e 12c di Fig. 1-2) del solaio, ai suddetti vincolata meccanicamente, nonché appoggiata sui profili (3 di Fig. 1-2) della trave (1 di Fig. 1-2), come armatura superiore compressa e tesa, collaborante staticamente a momento positivo e negativo,
- **10**: calcestruzzo (8 di Fig. 1-2), ordinario o leggero o ultraleggero,

Il profilo (3 di Fig. 1-2) svolge più funzioni strutturali:

- collegare a scorrimento le armature (10-11 di Fig. 1-2) alla trave (1 di Fig. 1-2) sottostante, elevando le caratteristiche statiche della trave composta risultante,
- collegare a scorrimento il calcestruzzo compresso (8 di Fig. 1-2) alla trave (1 di Fig. 1-2) sottostante, elevando le caratteristiche statiche della trave ibrida risultante,
- stabilizzare le armature (10 di Fig. 1-2), laddove compresse, contro possibili fenomeni di instabilità fuori piano,
- assorbire gli sforzi di scorrimento provenienti dal solaio, assieme alle armature (10-11 di Fig. 1-2).

I profili 12a, 12b e 12c di Fig. 1-2, sono caratterizzati dalle seguenti misure (Fig. 26):

- **B** larghezza della base maggiore del profilo,
- **b** larghezza dei risvolti o della base minore del profilo,
- **H** altezza del profilo distanziale e di sostegno della rete elettrosaldata.

Anche i profili 12a, 12b e 12c svolgono più funzioni strutturali:

- collegare a scorrimento la rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2) alla lamiera grecata sottostante (2 di Fig. 1-2), elevando le caratteristiche statiche del solaio **composto** risultante,

- collegare a scorrimento il calcestruzzo compresso (8 di Fig. 1-2) alla lamiera grecata sottostante (2 di Fig. 1-2), elevando le caratteristiche statiche del solaio **ibrido** risultante,
- stabilizzare le armature compresse della rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2) contro possibili fenomeni di instabilità fuori piano,
- costituire l'ortotropia parziale o totale del solaio resistendo a flessione, taglio e torsione.

Il sistema fin qui descritto si presta ottimamente al migliore utilizzo possibile delle resistenze di compressione comunque raggiungibili anche dai calcestruzzi leggeri ed ultraleggeri, così come definiti e classificati dalle UNI-EN 206, potendo utilizzare le modeste ma non trascurabili resistenze di compressione dei calcestruzzi ultraleggeri, previste dalle UNI-EN 206, per la specificità del meccanismo individuato dal presente brevetto: la flessione dell'intero solaio determina anche spinte di compressione nel calcestruzzo (8 di Fig. 1-2), in mezzeria.

Tali spinte, raccolte anche tramite la rete elettrosaldata (5 di Fig. 1-2), vengono trasferite ai profili (3 di Fig. 1-2) posti sulla trave (1 di Fig. 1-2).

Nella presente versione preferita dell'invenzione, l'installazione delle barre di acciaio, funzionanti come armature compresse sulle staffe distanziali (3 di Fig. 1-2), è facilitata dal fatto che le staffe distanziali possiedono all'estradosso delle cave (Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15) anziché dei fori (Fig. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 e 23).

In questo caso, per bloccare le armature compresse e completarne strutturalmente l'installazione, è necessario inserire dei profili piatti (13 di Fig. 8, 9, 11, 12, 13, 14 e 15) sotto le ali superiori delle staffe distanziali (3 di Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15) per impedire alle armature compresse in acciaio (10-11 di Fig. 8, 9, 12, 13 e 15) di potersi sollevare, distaccare od instabilizzarsi a carico di punta.

L'invenzione prevede anche l'impiego di profili tondi, anziché piatti, da inserire sotto le ali superiori delle staffe distanziali (3 di Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15), ma in questo caso verrebbe penalizzata la prestazione strutturale delle armature compresse che si troverebbero più vicine all'asse neutro plastico.

ORIGINALITA' DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLE TRAVI D'IMPALCATO NEL MODO BREVETTUALE PREFERITO.

In tale caso le travi d'impalcato del brevetto sono caratterizzate dall'avere i solai in lamiera grecata o legno, passanti sopra la trave, cioè appoggiati sul filo superiore della trave e non contenuti nello spessore della trave.

In tal caso l'elemento caratterizzante il comportamento strutturale è costituito dalla altezza realizzabile per le travi composte od ibride, dell'impalcato.

Tale altezza è costituita dalle tre altezze componenti:

- l'altezza della trave,
- l'altezza della lamiera grecata,
- l'altezza della soletta.

Dai calcoli eseguiti è risultato che l'impiego del calcestruzzo ordinario penalizza portate e luce della trave composta od ibrida mentre l'impiego del calcestruzzo ultraleggero consente portate e luci superiori.

Ciò accade in quanto nella verifica agli SLU la resistenza inferiore o limite è quella a trazione della trave in acciaio essendo sovrabbondante la resistenza a compressione fornita dalle armature compresse e/o dal calcestruzzo compresso.

Se il Progettista Strutturale dovesse scegliere di non avvalersi della collaborazione statica del calcestruzzo compresso, la sua funzione si ridurrebbe al mero ruolo di "*filler*" per costituire il piano di posa del pavimento: in tali condizioni l'impiego del calcestruzzo ordinario sarebbe uno spreco strutturale ed un inutile appesantimento delle masse sismiche.

IL GETTO E L'INDURIMENTO DEL CALCESTRUZZO ULTRALEGGERO.

Nel caso di solai in lamiera grecata di luce medio-grande l'impiego dei calcestruzzi ultraleggeri evita l'installazione delle puntellature provvisorie in quanto l'abbassamento risulta inferiore del 70 % rispetto ai solai in calcestruzzo ordinario.

La rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) ha la funzione di limitare il ritiro del calcestruzzo (8 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), evitare le lesioni superficiali del massetto e la separazione del calcestruzzo (8 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) dalla lamiera grecata (2 di Fig. 1-2) o dall'assito-tavolato in legno (2 di Fig. 3-4).

La rete elettrosaldata (5 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4) sostiene, con modesta inflessione tra i profili distanziali (12a, 12b e 12c di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4), la prima squadra di operai, che avanza distribuendo e vibrando il cls sul solaio, e la seconda squadra, che staggia il calcestruzzo (8 di Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4).

L'operazione di vibratura e poi staggatura del calcestruzzo ultraleggero è particolarmente produttiva e veloce, per le doti di leggerezza e spandibilità del cls ultraleggero, riducendo la fatica degli operai, i tempi di staggatura e le malattie professionali (*dito bianco*) legate alla vibratura dei calcestruzzi in cantiere.

Successivamente all'indurimento del calcestruzzo una leggera e veloce sfiammatura a gas propano consente di fare evaporare i granuli di polistirene eventualmente affiorati in superficie. Si originano così migliaia di vaiolature e vacuoli.

Questa preparazione rende il solaio molto ruvido ed offre un ottimo aggrappaggio alla malta o collante di sottofondo delle piastrelle od altro pavimento.

Il sistema fin qui descritto conserva tutte le validità funzionali e strutturali anche nel caso di getti di calcestruzzi ordinari.

Migliora la resistenza a scorrimento dei solai tradizionali in lamiera grecata e calcestruzzo *ordinario* progettati in sistema misto acciaio-clt, soprattutto per le grandi luci di solaio in lamiera grecata-clt.

Il trovato, bene inteso, non si limita alla rappresentazione data dalla figura, ma può ricevere perfezionamenti e modifiche dall'uomo del mestiere senza uscire peraltro dal quadro del brevetto.

La presente invenzione consente numerosi vantaggi e di superare difficoltà che non potevano essere vinte con i sistemi attualmente in commercio.