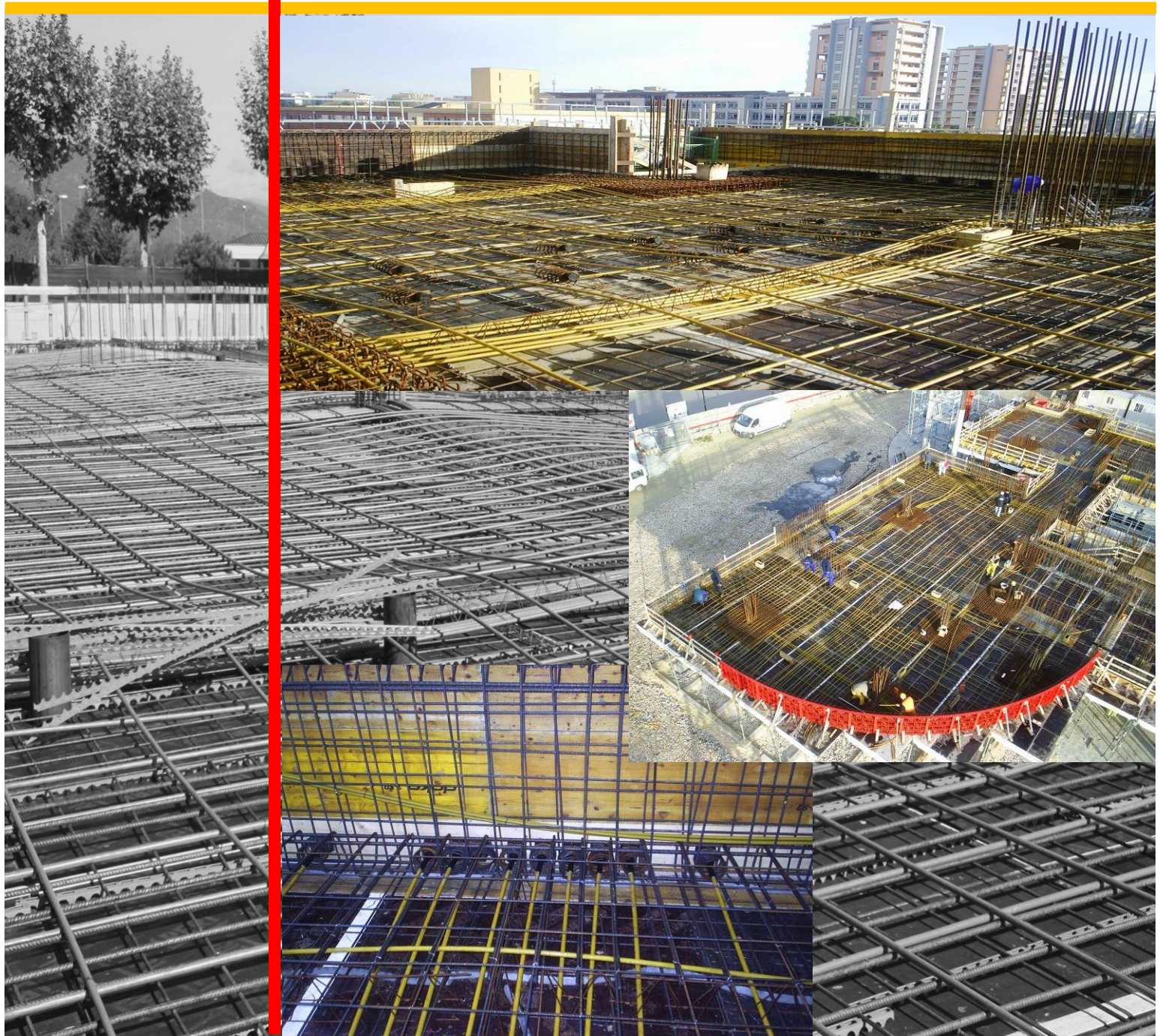


Slab Post-Tensioning System



INDICE

	<u>Pagina</u>
<i>Uso della post-tensione nelle strutture moderne</i>	3
<i>Post-tensione con monotrefolo</i>	3
1. INTRODUZIONE	4
1.1. Generale	4
1.2. Post-tensione con o senza aderenza dei cavi	6
1.2.1. Post-tensione aderente	6
1.2.2. Post-tensione non aderente	7
1.2.3. Post-tensione aderente o non aderente?	7
2. DETTAGLI PROGETTUALI	8
2.1. Posizionamento dei cavi	8
2.2. Giunti	10
2.2.1. Influenza dei giunti sul comportamento allo Stato Limite Ultimo	11
2.2.2. Influenza sullo stato limite di esercizio	11
3. PROCEDURE DI COSTRUZIONE	13
3.1. Generale	13
3.2. Produzione dei cavi	14
3.2.1. Post-tensione aderente	14
3.2.2. Post-tensione non aderente	15
3.3. Procedure di costruzione per post-tensione aderente	17
3.4. Procedure di costruzione per post-tensione non aderente	17
3.4.1. Posizionamento e sostegno dei cavi	19
3.4.2. Tesatura cavi	20

USO DELLE TECNOLOGIE DI POST-TENSIONE NELLE STRUTTURE MODERNE

Gli attuali progettisti di edifici, così come i proprietari stessi, hanno oggi bisogno di ottenere un'alta flessibilità dalle strutture, che permettano loro di rispondere alle sempre nuove esigenze e alle richieste dell'utenza.

La post-tensione permette, grazie alla possibilità di realizzare strutture a luci più ampie, di ottenere edifici con una ridotta misura della soletta e allo stesso tempo ampie aree prive di colonne. Proprio queste ultime spesso formavano delle maglie obbligate, alle cui rigide regole bisognava sottostare nella progettazione delle partizioni interne. Il controllo delle deformazioni e delle fessurazioni sono alcuni degli aspetti che l'applicazione dei cavi consente di controllare efficacemente, contrariamente a quanto avviene nelle strutture in cemento armato tradizionale.

La post-tensione di solai con cavi MEDIPAV non aderenti è stata utilizzata in diversi edifici e strutture. Il sistema prevede trefoli tesati singolarmente e bloccati da apparecchi di testata.

Post-tensione con monotrefolo

La parte dell'edilizia che si occupa di strutture commerciali, tra cui alberghi, palazzi adibiti ad uffici e condomini, trae beneficio dall'alleggerimento delle strutture, ottenuto grazie alla riduzione di spessore delle solette. Allo stesso tempo questo tipo di post-tensione permette una riduzione dei tempi di puntellazione dei solai (scasseratura), accorciando notevolmente le tempistiche di costruzione.

Nei parcheggi multipiano gettati in opera l'alleggerimento della struttura dovuto all'impiego dei cavi fornisce vantaggi maggiori rispetto alle ormai consuete strutture prefabbricate. I cavi post-tesi utilizzati nelle strutture di fondazione forniscono, per esempio, un controllo e una limitazione efficace delle fessurazioni garantendo l'impermeabilità delle strutture a tutti gli agenti corrosivi che tipicamente sono presenti nei terreni e che aggrediscono le armature ordinarie presenti nelle sezioni di calcestruzzo (acque sorgive contaminate).

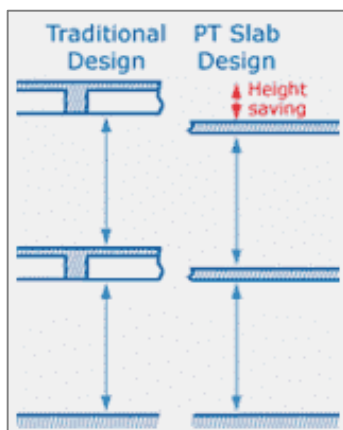


Figura 1: Riduzione dell'altezza, grazie all'impiego della post-

I solai realizzati con la tecnologia della post-tensione offrono inoltre una maggiore resistenza alle azioni sismiche. Per serbatoi e silos i benefici maggiori garantiti dall'uso della post-tensione sono dati dalla coazione di compressione uniforme nella sezione generata dai cavi eliminando così fessure e perdite di liquidi.

Il sistema monotrefolo MEDIPAV utilizza trefoli dal diametro 0.6" (15,2mm) e con sezione compatta di (165mm²). I trefoli sono protetti da una sostanza grassa lubrificante e sono racchiusi in una guaina estrusa in plastica. Questo rivestimento di grasso e plastica rappresentano una doppia protezione alla corrosione e allo stesso tempo impedisce al trefolo di aderire al calcestruzzo nel quale è inglobato.

La guaina plastica è formata di polietilene con uno spessore approssimativo 1,5mm. Per garantire una protezione alla corrosione anche in ambienti aggressivi, sono utilizzati degli speciali tubetti per giuntare la guaina all'ancoraggio, e ogni singolo ancoraggio è dotato di un cappuccio di protezione. La tecnologia MEDIPAV con monotrefolo presenta un sistema anti corrosione applicata in fase di produzione, e garantisce perdite d'attrito molto basse. L'ancoraggio monotrefolo, caratterizzato da leggerezza e flessibilità, può essere velocemente e facilmente installato, avvantaggiando l'economicità delle operazioni.

1. INTRODUZIONE

1.1. Generale

La tecnologia della post-tensione ha per molti anni occupato un ruolo d'importanza fondamentale, in special modo per quanto concerne la costruzione di ponti e serbatoi di contenimento. La ragione di ciò è da ricercare nei vantaggi tecnici ed economici di questo sistema. Tali vantaggi possono brevemente essere di seguito riassunti:

- Comparando tale tecnologia con quella del calcestruzzo tradizionale, si ha un considerevole risparmio della quantità di cemento e di acciaio che deriva dalla riduzione delle sezioni trasversali, più snelle nella loro concezione.
- Riduzione delle flessioni rispetto alle sezioni in calcestruzzo armato tradizionalmente;
- Buon comportamento a fessurazione e di conseguenza buona protezione delle armature contro la corrosione;
- Stato limite di esercizio quasi inalterato, anche dopo un considerevole sovraccarico accidentale, poiché le fessure si richiudono una volta esaurito il carico;
- Alta resistenza alla fatica, poiché l'ampiezza delle tensioni varia nelle armature post-tese sotto l'influenza di carichi alternati.

In aggiunta alle sopra citate caratteristiche generali dovute all'applicazione della tecnologia della post-tensione nelle costruzioni, ve ne sono altre che si specializzano nell'utilizzo dei cavi nei solai:

- Strutture più economiche derivanti dall'utilizzo di acciaio post-teso ad alta prestazione al posto degli acciai tradizionali;
- Campate con luci maggiori e maggiore flessibilità. Quest'ultima deriva dalla riduzione del peso proprio delle strutture che si riflette sulle strutture di elevazione e fondazione riducendo nel complesso le altezze degli edifici (Fig. 2)
- Sottoposto a carichi permanenti, buon comportamento in termini di inflessione e fessurazione;
- Maggiore resistenza al taglio ottenibile attraverso un appropriata disposizione dei trefoli.

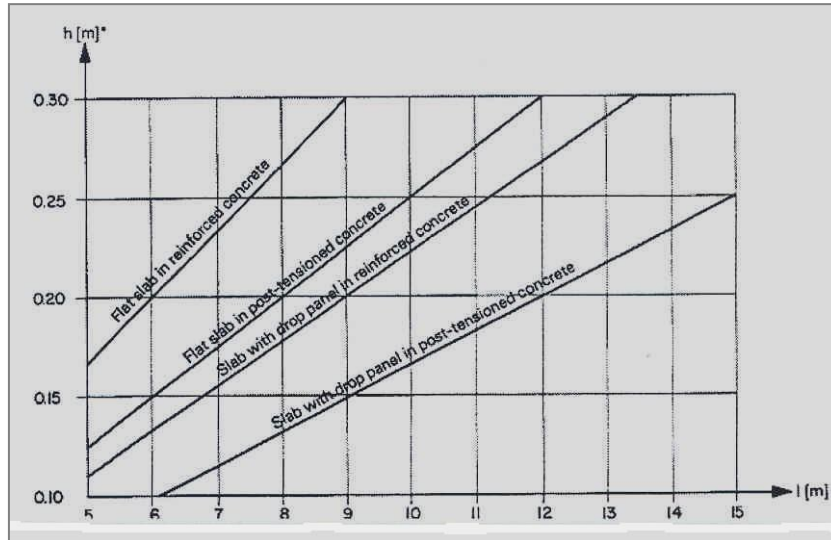


Figura 2: Variazione dello spessore del solaio in funzione delle luci

Questo tipo di tecnologia è molto vantaggioso nella costruzione di solette rettangolari con maglie tra 8 e 12 metri. Il design di questi solai prevede l'uso di una maglia di cavi monotrefolo da 0,6", con sezione trasversale di 165mm^2 . La geometria dei cavi, che sfrutta al massimo lo spessore del solaio, segue il reticolo funicolare spaziale del carico semi-permanente e gli ancoraggi ove il trefolo è bloccato sono disposti sul perimetro e fissati in posizione centrale. Il carico semi-permanente si ottiene aggiungendo al peso proprio della struttura e all'entità dei carichi permanenti la metà del carico accidentale. In queste condizioni la soletta è soggetta alle sole forze assiali senza che vi sia momento flettente e sforzo di taglio.

Se il carico accidentale è inferiore al 30% del carico totale, il calcolo è determinato staticamente, poiché il momento flettente è prodotto solo da +/- la metà del carico accidentale.

La tensione di compressione nei solai varia tra 1,5 e $2,5\text{ N/mm}^2$.

I vantaggi ottenuti utilizzando questo tipo di tecnologia sono i seguenti:

1. il calcolo è estremamente preciso anche per strutture complicate e non necessita di calcolo automatico (meccanica dei corpi rigidi);
2. le strutture verticali (pilastri, muri e) non ricevono momento flettente derivante dai carichi verticali quasi permanenti, pertanto la riserva di resistenza flessionale è tutta disponibile per resistere alle azioni orizzontali.
3. i solai sono perfettamente piani senza sottosporgenze e mantengono la planarità per l'assenza di fenomeni di fluage flessionale
4. i solai sono totalmente esenti da fessurazioni e pertanto sono assolutamente impermeabili;
5. questa struttura può essere sottoposta a tesatura e quindi puntellata dopo 2-3 giorni dal betonaggio ($R_{ck} > 150 \text{ Kg/cm}^2$);
6. sul solaio puntellato può essere cassero e puntellato il solaio sovrastante senza problemi, ottenendo l'autocollauda di tutti i solai;
7. la superficie di intradosso può avere una finitura tale da non necessitare di altre lavorazioni;
8. la forabilità è estremamente elevata in fase di progettazione, ma anche in fase successiva a patto di non dovere tagliare i cavi;
9. con alcuni accorgimenti la forabilità può essere estesa anche alle zone in asse e anche in prossimità dei pilastri;
10. normalmente con questo tipo di strutture il coefficiente di sicurezza ottenuto è ben maggiore di quello ottenuto con le strutture tradizionali. Ciò fa sì che la realizzazione della struttura sia poco sensibile alle imprecisioni di costruzione, che conseguentemente può essere affidata anche a personale non qualificato, rimanendo solo la necessità di personale qualificato per le operazioni di tesatura dei cavi (1 o 2 persone).

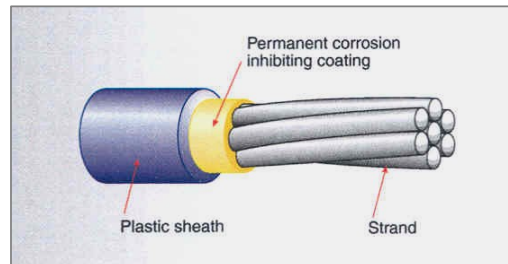
1.2. Post-tensione con o senza aderenza dei cavi

1.2.1. Post-tensione aderente

Come già noto, questo metodo di post-tensione prevede che l'acciaio post-teso sia infilato in guaine e solidarizzato, dopo la tesatura, al calcestruzzo circostante a mezzo di iniezioni con malta cementizia. Normalmente è utilizzata una guaina corrugata in lamierino metallico a sezione circolare. Per le strutture dei solai, nei quali lo spessore ha un ruolo importantissimo, la riduzione di eccentricità dei cavi dovuta alla loro posizione nelle guaine, ha un valore eccessivo in particolare nei punti di intersezione delle guaine e per tale ragione l'impiego delle guaine piatte diventa comune per tali applicazioni (fig. 4). Normalmente queste contengono cavi composti da quattro trefoli con un diametro nominale di 15mm (0.6"), che si sono dimostrati i più logici per motivi di costruzione.

1.2.2. Post-tensione non aderente

Nei primi stadi di sviluppo del calcestruzzo post-teso in Europa, la post-tensione non aderente aveva largo impiego. Dopo un periodo senza una precisa e sostanziale applicazione, in anni più recenti alcune importanti strutture sono state costruite con il metodo della post-tensione non aderente. Nelle prime applicazioni negli USA l'acciaio post-teso veniva ingrassato ed avvolto in una speciale carta per facilitarne il movimento durante le operazioni di tesatura. Negli ultimi anni la viplatura del trefolo è diventato un processo produttivo molto comune: il trefolo è prima avvolto da una pellicola di grasso come protezione permanente alla corrosione attraverso un'operazione costante e continua in sede di produzione.



Un tubetto di polietilene o di polipropilene di almeno 1 mm di spessore viene in seguito

Figure 3: Struttura di un trefolo ingrassato ed inguainato

estruso a copertura dell'acciaio. Il tubetto plastico rappresenta la protezione primaria alla corrosione, mentre la pellicola di grasso è la secondaria. I trefoli inguainati in questo modo sono chiamati monotrefolo (fig. 3). Il diametro nominale del trefolo utilizzato è di 15,2mm (0.6").

1.2.3. Post-tensione aderente o non aderente?

La questione è stata, ed è ancora, oggetto di serie discussioni. Tale discussione non sarà qui ripresa, ma verranno qua elencati i più importanti argomenti:

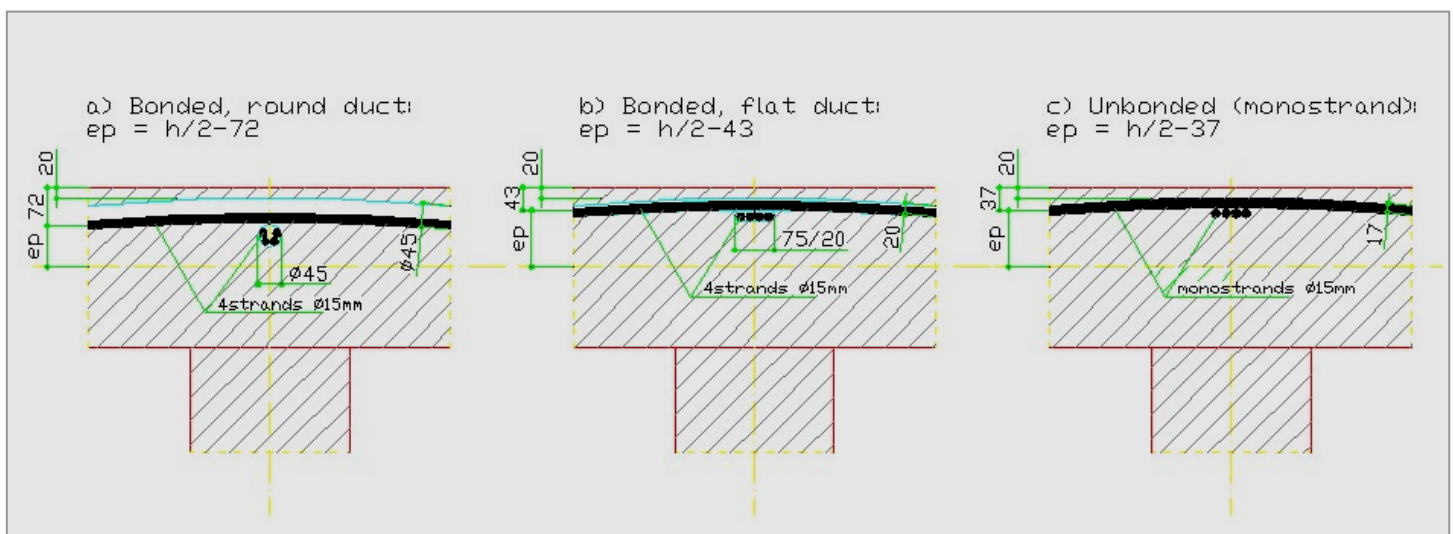


Figura 4: Comparazione delle eccentricità che possono essere ottenute con diversi tipi di cavi

Argomenti a favore della post-tensione non aderente

- Massima eccentricità dei cavi, poiché il diametro dei cavi è minimo, particolarmente importante in solette a basso spessore (Fig. 4);
- L'acciaio di post-tensione riceve la protezione alla corrosione direttamente in fabbrica;
- Posizionamento semplice e rapido dei cavi;
- Minime perdite di forza di post-tensione dovute ad attrito;
- Eliminazione delle operazioni di iniezione;
- In generale più economica

Argomenti a favore della post-tensione aderente:

- maggior valore del momento ultimo;
- un danneggiamento locale del cavo (a causa di incendio, esplosione, terremoto, ecc.) ha soltanto effetti limitati.

2. DETTAGLI PROGETTUALI

2.1. Posizionamento dei cavi

I solai post-tesi sono concepiti con spessori più contenuti rispetto ai tradizionali solai in calcestruzzo ordinario. Tale considerazione nasce in considerazione dell'effetto di bilanciamento generato dall'andamento dei cavi nello spessore del solaio come illustrato nella figura 5-6. Lungo le campate le forze di deviazione dei cavi agiscono sul calcestruzzo contrastando la forza di gravità.

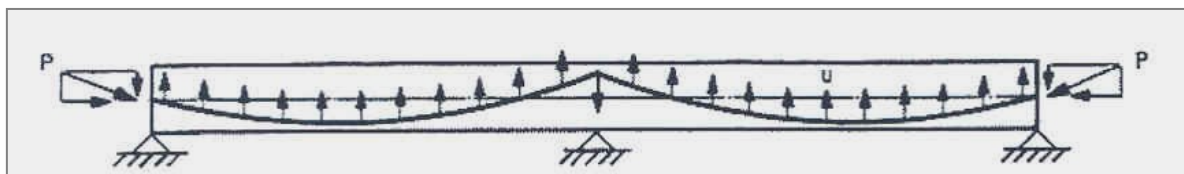


Figura 5: Componenti trasversali e forze assiali risultanti dall'applicazione della post-tensione

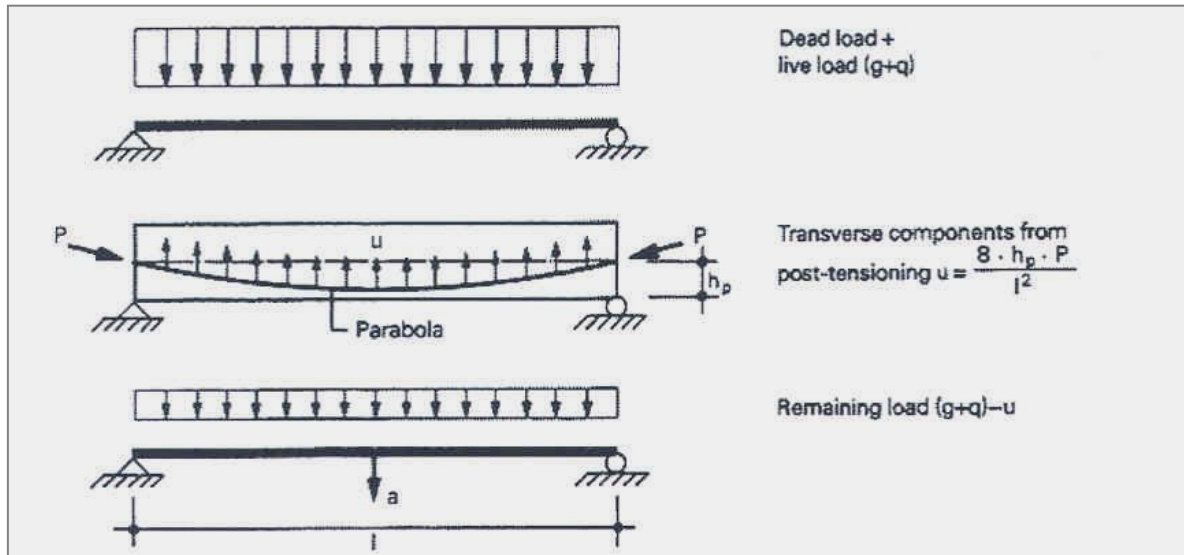


Figura 6:: Principio del cavo equivalente

Dove la curvatura del cavo si inverte, per esempio nel passaggio sopra le colonne, le forze di deviazione generate dal cavo agiscono verso il basso, indirizzando i flussi delle tensioni verso gli elementi verticali. Questo sistema, illustrato in figura 7, può essere comparato ad una rete appesa alle colonne. Quando la rete viene tesata ai suoi bordi, essa trasferisce i carichi al calcestruzzo. La determinazione della quantità di acciaio armonico deriva dalla condizione che i cavi devono essere in grado di equilibrare una prestabilita percentuale del peso proprio del solaio. Questa percentuale dipende dal rapporto tra carico totale e carico permanente e tipicamente varia tra il 70 e il 130 %. Per solai di strutture residenziali o direzionali con carichi propri tra il 3 e 4 kN/m² e 1 kN/m² di carico permanente portato normalmente si bilancia una quota parte del 90 % del peso proprio mentre per solai con carichi permanenti maggiori si arriva a bilanciare anche percentuali maggiori del 100 % del peso proprio. Oltre agli effetti benefici generati dai cavi in termini di miglioramento del comportamento flessionale e a fessurazione dei solai, non bisogna dimenticare l'effetto sul comportamento globale del solaio generato dalle tensioni di compressione assiali generate dalla post-tensione. Supposto che non esistano vincoli significativi, queste tensioni di compressione neutralizzano parte delle tensioni di fessurazione generate dalle porzioni di carico non bilanciate dalle forze indotte dai cavi. Generalmente nei solai post-tesi tali tensioni raggiungono valori medi compresi tra 1.0 e 2.5 N/mm².

Ora focalizzando l'attenzione sui rapporti minimi di snellezza (luce/spessore) per questi tipi di solaio. Per carichi di poca entità, tra Per carichi di piccolo entità (3.5 kN/m^2) e supposto che non esistano problemi di taglio, i solai post-tesi possono essere progettati con uno spessore fino a $1/40$ della maggior dimensione delle campate, raffrontato a circa $1/30$ per i solai in calcestruzzo in armatura tradizionale. Per aliquote di carico superiori, il rapporto luce/spessore decresce, in particolar modo se la quota parte di carico accidentale è predominante sul carico permanente. Il quantitativo complessivo di post-tensione non può essere semplicemente incrementato per controbilanciare un maggior carico accidentale sicché è necessario prevedere spessori di solaio maggiori anche per contenere le frecce dovute a comportamento flessionale della struttura.

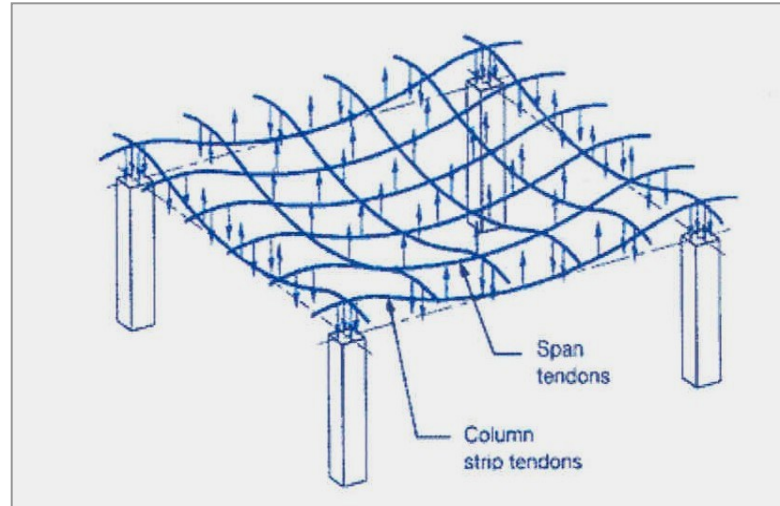


Figura 7

2.2. Giunti

L'utilizzo del calcestruzzo post-teso e in particolare del calcestruzzo con cavi non aderenti, necessita un ripensamento di alcuni oramai consolidati principi della progettazione. Una problematica che spesso sorge nella progettazione di edifici, è la disposizione dei giunti nei solai, nelle pareti e tra parete e solaio. Sfortunatamente, a tal merito non possono essere fornite risposte di carattere generale poiché esistono alcuni aspetti pro ed altri contro. Devono essere considerati due aspetti:

- Stato Limite Ultimo (Sicurezza)
- Spostamento orizzontale (Stati Limite di Esercizio)

2.2.1. Influenza dei giunti sul comportamento allo Stato Limite Ultimo

Se si considera il comportamento a collasso della struttura, è consigliabile non prevedere nessun tipo di giunto. Ogni giunto rappresenta un'interruzione della struttura e riduce la capacità ultima della stessa

Per i solai con post-tensione a cavi non aderenti, l'azione flessionale è favorevolmente influenzata dalla monoliticità della struttura che porta ad un considerevole incremento del carico ultimo (Fig. 8).

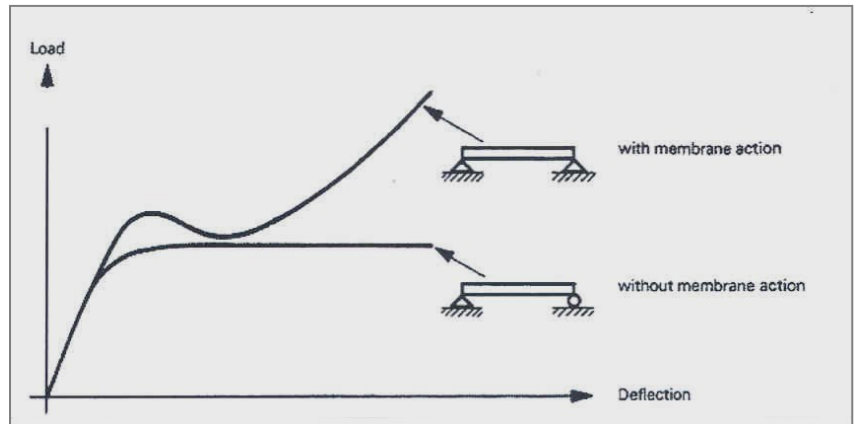


Figura 8: Influenza dell'azione flessionale sulla capacità portante dei solai

2.2.2. Influenza sullo stato limite di esercizio

Nelle strutture prive di giunti di dilatazione si possono manifestare fessurazioni dovute a spostamenti orizzontali che possono originarsi dai seguenti effetti:

- Ritiro del calcestruzzo
- Dilatazioni Termiche
- Accorciamento Elastico dovuto alla Post-tensione
- Comportamento Viscoso del calcestruzzo

Nelle strutture in calcestruzzo, la media delle contrazioni si possono valutare secondo le seguenti indicazioni:

Ritiro del calcestruzzo $\Delta L_{cs} = -0,25 \text{ mm/m}$

Dilatazioni Termiche $\Delta L_{ct} = \text{da } -0,25 \text{ mm/m a } +0.15 \text{ mm/m}$

Accorciamento Elastico $\Delta L_{cel} = -0,05 \text{ mm/m}$
(per una post-tensione centrata di 1.5 N/mm^2 e $E_c = 30 \text{ kN/mm}^2$)

Comportamento Viscoso del calcestruzzo $\Delta L_{cc} = -0,15 \text{ mm/m}$

Questi valori dovrebbero poi essere rettificati in funzione delle particolari condizioni locali.

Quando l'escursione del giunto è stata valutata, gli spostamenti totali dei solai, delle pareti e dei pilastri oltre ai movimenti relativi degli stessi devono essere opportunamente presi in considerazione. (Fig. 9, 10, 11).

Ovviamente devono essere tenute in conto anche le problematiche di deformazione relative alle fondazioni.



Fig. 9: giunti provvisori da posizionare prima del getto

Gli spostamento orizzontali possono essere parzialmente ridotti o prevenuti durante le fasi di costruzione adottando idonee contromisure (per esempio lasciando delle intercapedini da ripristinare a struttura completata).

Ritiro: il calcestruzzo manifesta sempre ritiro e la sua entità è strettamente dipendente dal rapporto acqua cemento, dalle dimensioni della sezione, dal tipo di maturazione e dall'umidità dell'atmosfera. L'accorciamento dovuto al ritiro può essere ridotto fino alla metà mediante giunti provvisori.

Temperatura: questo effetto è fortemente dipendente dalla differenza di temperatura tra i componenti della struttura e i loro diversi valori dei coefficienti di dilatazione termica. Nelle strutture chiuse non esposte ad agenti atmosferici, i solai e le pareti sono soggetti ad un basso gradiente termico e quindi a basse fluttuazioni. Le pareti esterne invece e le cupole sono sottoposte a grandi gradienti termici. Particolari considerazioni sorgono per le connessioni tra le fondazioni e i diversi tipi di materiali utilizzati.

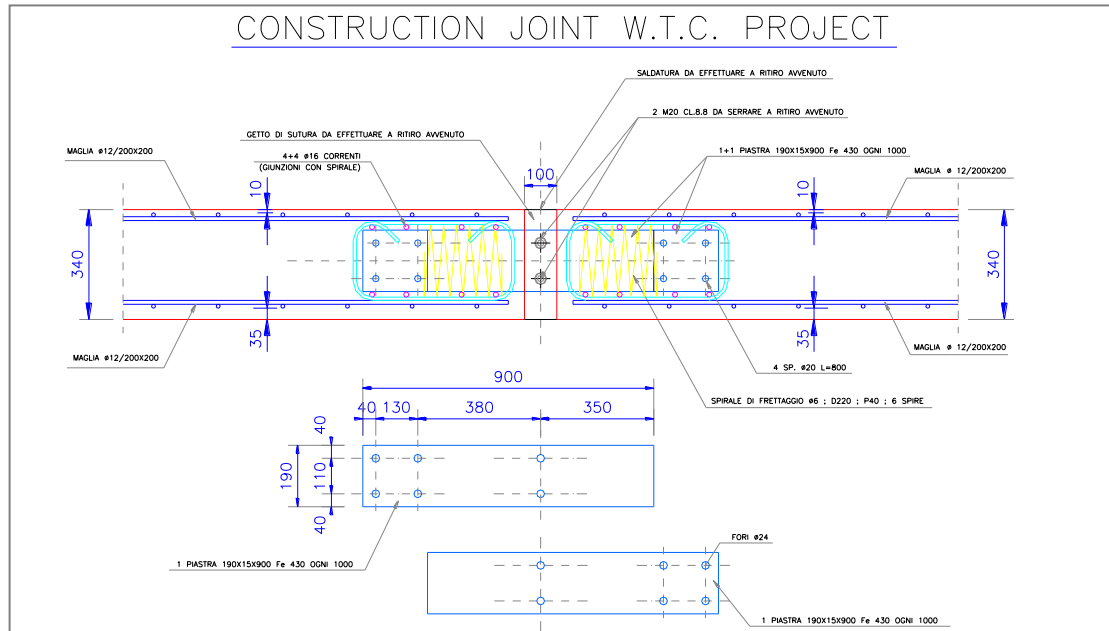


Figura 11: Layout del giunto posto in opera nel progetto del World Trade Center di San Marino

Accorciamento elastico e viscoso dovuto alla post-tensione: L'accorciamento elastico è relativamente piccolo; suddividendo il getto del solaio in conci che vengono tesati in fasi successive, la deformazione totale del solaio risulta così contenute. Le deformazioni viscosi, invece, agiscono su tutta l'intera lunghezza del solaio. L'accorciamento viscoso dovuto alla post-tensione è comunque trascurabile se i valori medi delle tensioni di compressione centrata stanno entro i limiti di $\sigma_{cpm} = 1,5 \text{ N/mm}^2$ e $2,5 \text{ N/mm}^2$.

3. PROCEDURE DI COSTRUZIONE

3.1. Generale

La costruzione dei solai post-tesi è molto simile a quella di un qualsiasi solaio in calcestruzzo ordinario. Le differenze si riscontrano nella posa dell'armatura ordinaria, nella tesatura dei cavi e nel rispetto dei tempi di costruzione. Le operazioni di posa si suddividono in tre fasi: innanzitutto vengono posate le armature di intradosso e quelle di sponda. Le guaine o i cavi devono quindi essere posati con l'ausilio di opportuni distanziatori per rispettare le quote di progetto dei cavi. Tale operazione è seguita dalla posa dell'armatura ordinaria di estradosso. La tesatura dei cavi e, in caso di cavi aderenti, l'iniezione, rappresentano operazioni aggiuntive se comparate con la

costruzione di un solaio in calcestruzzo ordinario. Poiché, comunque, tali operazioni vengono solitamente eseguite dalle società specializzate in post-tensione, l'impresa principale può continuare il suo lavoro senza interruzioni. Una caratteristica di grande importanza è la brevità che caratterizza il disassemblaggio delle casseforme ottenibile solo attraverso l'impiego di tale tecnologia. Il periodo minimo tra il getto e il disassemblaggio delle casseforme è di 48/72 ore, secondo la qualità del calcestruzzo e della temperatura ambientale. Un volta raggiunta la minima resistenza richiesta del calcestruzzo, si procede alla tesatura del solaio che può essere parziale o totale; conseguentemente, le casseforme possono essere smontate e riassemblate per il getto di un'altra porzione di solaio. In funzione della superficie complessiva del solaio, la costruzione può avvenire frazionando il getto in più porzioni. Le divisioni sono dettate dalla geometria della struttura, dalle dimensioni, dalla planimetria, dalle procedure di costruzione, dall'utilizzo delle casseforme, etc. Il peso del solaio appena gettato deve essere trasferito, attraverso le casseforme, ai solai sottostanti. Poiché tale peso è di norma inferiore a quello dei solai realizzati con calcestruzzo ordinario, il costo delle strutture di supporto è generalmente inferiore.

3.2. Preparazione ed installazione dei cavi

3.2.1. Post-tensione aderente

Ci sono due metodi di preparazione dei cavi:

- preparazione presso lo stabilimento della società fornitrice della post-tensione
- preparazione direttamente in cantiere



Figura 12:banco di taglio

Il metodo scelto dipenderà dalle condizioni locali del cantiere (disponibilità di opportune aree). Presso lo stabilimento i trefoli vengono tagliati alla misura desiderata, infilati nelle guaine e, se necessario, forniti di ancoraggio passivo. I cavi così completati vengono avvolti su se stessi e trasportati presso il cantiere. In alternativa, i cavi preparati direttamente in cantiere possono venire assemblati allo stesso modo come in stabilimento, oppure si può scegliere di infilarli nelle guaine già posizionate. Per questa soluzione, infatti, le guaine vengono inizialmente posizionate vuote e i trefoli vengono infilati solo in un secondo momento. Se i cavi hanno testate a tendere ad ambedue le estremità questa operazione può anche essere eseguita dopo il getto del calcestruzzo (ad eccezione dei cavi con guaina piatta).



Figura 13: *preparazione del trefolo in cantiere con taglio a misura*

3.2.2. Post-tensione non aderente

La produzione di cavi monotrefolo avviene solitamente presso gli stabilimenti della società fornitrice della post-tensione, ma a richiesta può anche venire eseguita direttamente sul cantiere. I cavi monotrefolo vengono tagliati in misura e, se necessario, dotati di ancoraggi passivi. Successivamente vengono avvolti su se stessi e trasportati in cantiere. Le testate a tendere vengono fissate alla cassaforma. Nella fase di posa i cavi monotrefolo vengono infilati nell'ancoraggio.

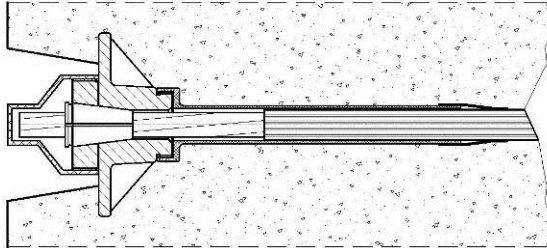


Fig. 14: *Fissaggio dell'ancoraggio alla cassaforma*

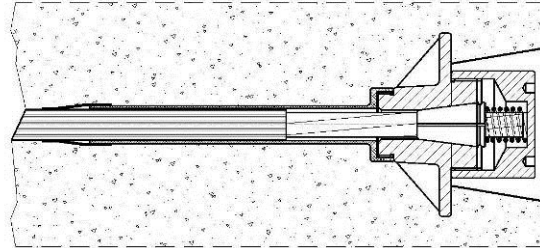


Fig.15: *Ancoraggio attivo*

Live anchorage
1C15-UL



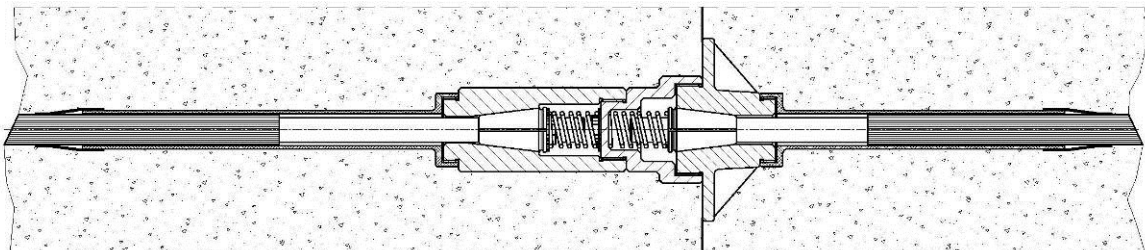
Dead anchorage
1C15-UD



TESIT 1C15 system – Internal post-tensioning
Active stressing anchorage – Dead anchorage

Coupler
1C15-UC

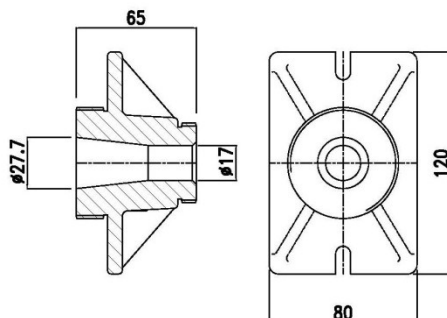
Live anchorage
1C15-UL



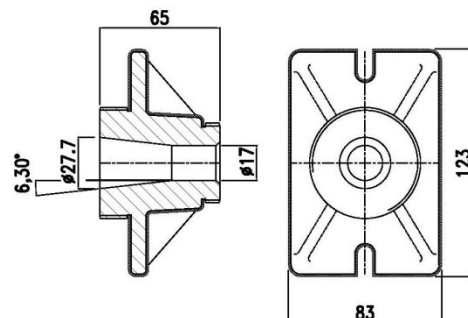
TESIT 1C15 system – Internal post-tensioning
Coupler

3.3. Procedure di costruzione per post-tensione aderente

1C15 anchorage



1CE15 anchorage



Nei solai con post-tensione aderente le operazioni vengono in genere svolte come segue:

1. Installazione delle casseforme
2. Posizionamento delle sponde con fissaggio delle testate di post-tensione
3. Posa dell'armatura ordinaria di intradosso
4. Posa delle guaine vuote, come da relativi disegni
5. Posa dei distanziatori per la geometria dei cavi
6. Posa dell'armatura ordinaria di estradosso
7. Getto della porzione di solaio
8. Smontaggio delle sponde del cassero
9. Tesatura dei cavi, come da programma di tesatura
10. Scasseratura del solaio
11. Iniezione dei cavi e sigillatura

3.4. Procedure di costruzione per post-tensione non aderente

Se vengono utilizzati cavi non aderenti, le procedure di costruzione descritte nel precedente capitolo rimangono invariate con l'eccezione dell'omissione dell'iniezione dei cavi (posizione 11).

Tutte le attività che si susseguono possono in parte essere svolte in concomitanza; all'inizio delle attività (i+1), comunque, la fase (i-1) deve essere già stata completata. L'esperienza ha dimostrato che le attività strettamente legate alla post-tensione (posizioni 4, 5 e 9 nel capitolo 3.3) devono essere preferibilmente eseguite dalla società fornitrice del sistema di post-tensione.



Fig. 19: Posa dell'armatura ordinaria di intradosso

Fig. 20: Posa dei trefoli viplati in corrispondenza dei pilastri

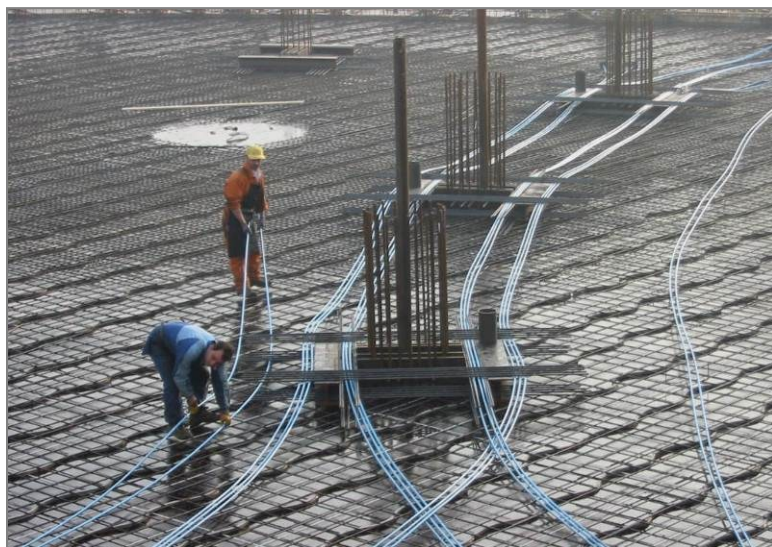


Fig. 21: Posa dei trefoli viplati e posa dei distanziatori per la posa dell'armatura di estradosso

Fig. 22: disposizione locale dei trefoli



3.4.1. Posizionamento e supporto dei cavi

La sequenza per la posa ed il supporto dei cavi viene eseguita come indicato dai relativi disegni esecutivi (Fig. 19). A differenza di quanto avviene per i tradizionali solai in calcestruzzo ordinario, per i solai post-tesi è necessario preparare due serie di disegni aggiuntivi a quelli dell'armatura tradizionale. La sequenza con cui i cavi devono essere posati è comunque da rispettare, in modo che l'operazione di posa possa essere eseguita agevolmente. Normalmente la sequenza di lavorazione che permetta di posizionare i cavi senza che questi vengano intrecciati può essere trovata facilmente. Per assicurare le tolleranze imposte è richiesta una buona coordinazione tra le diverse imprese di installazione (elettriche, termo-idrauliche, ecc.) e l'organizzazione responsabile della posa dei cavi. Altrettanta cura andrà riservata alla fase di getto del calcestruzzo.

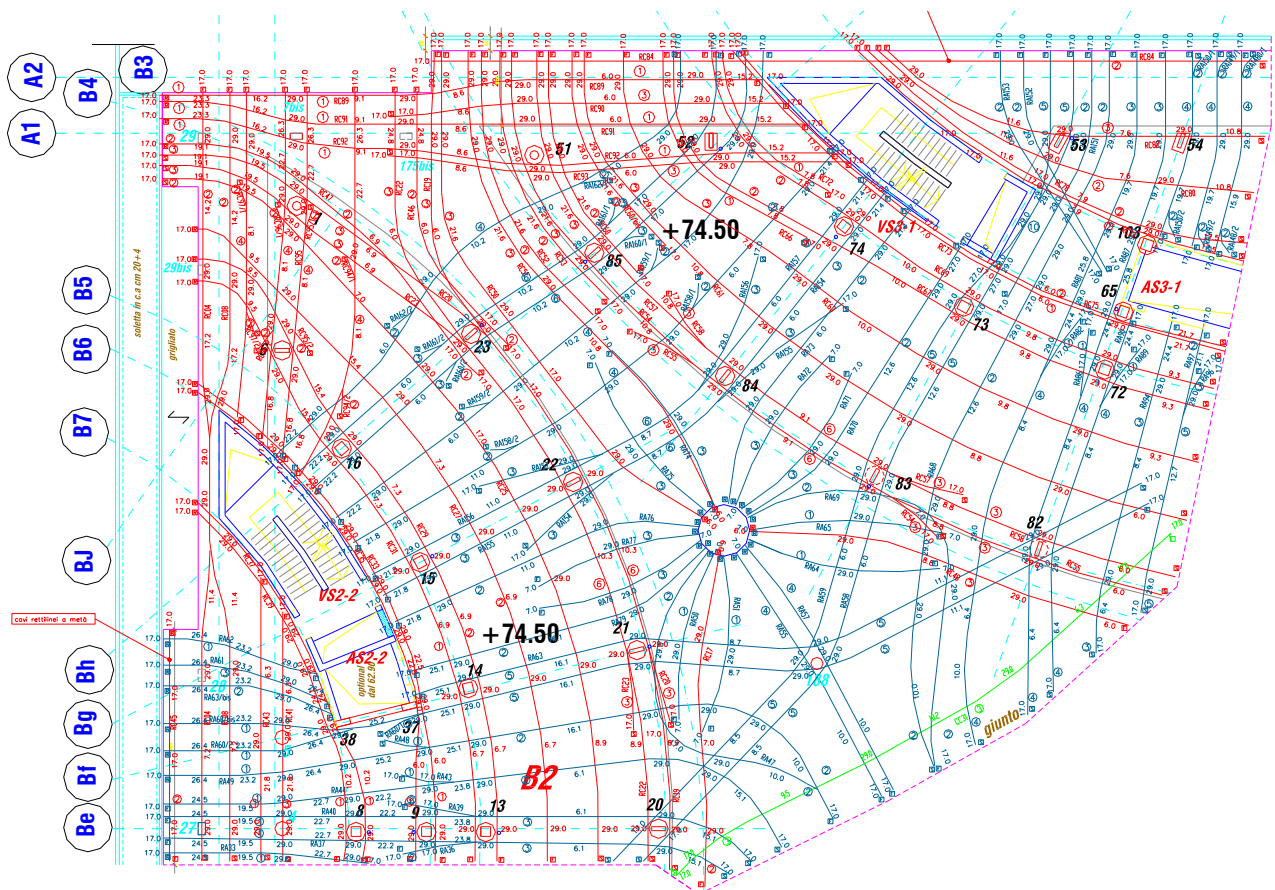


Fig. 23: layout dei cavi per il World Trade Center (San Marino)

3.4.2. Tesatura cavi

Per la tesatura dei cavi è necessario posizionare un ponteggio debitamente assicurato, largo 0,50 m e con una capacità di carico di 2 kN/m² ai bordi della soletta. Per l'utilizzo dei martinetti di tesatura è richiesto uno spazio in senso longitudinale di 1 metro davanti all'ancoraggio. Le operazioni di tesatura vengono registrate per ogni singolo cavo. L'obiettivo primario è di tesare al carico richiesto; l'allungamento viene misurato con lo scopo di compararlo con il valore calcolato.

3.4.2. Alcuni fra i nostri lavori di solai post-tesi



Nuova sede BMW a Castagnole (CN): posizionamento dei trefoli sul solaio



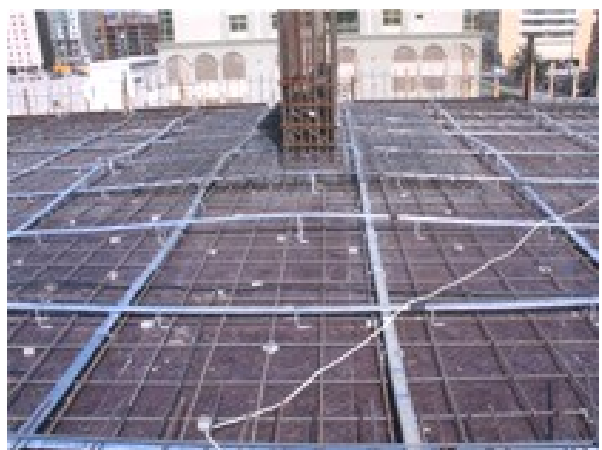
Impresa Di Cintio, Pescara



Impresa Di Cintio, Pescara



Posizionamento ancoraggi sui casseri







Nuovo polo tecnologico dell'Università IULM - Milano

