

---

Università di Pisa  
Facoltà di Ingegneria  
Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle Costruzioni Civili  
Anno Accademico 2010-2011

Tesi di Laurea Specialistica

**“LA PRESOLLECITAZIONE MEDIANTE CAVI ESTERNI NEL RINFORZO STATICO DI STRUTTURE DI COPERTURA”**

Candidato: *Giovanni Guidi*

Relatori: *Prof. Ing. Maurizio Froli - Ing. Massimo Viviani*

Questo mio lavoro riguarda la *“Presollecitazione mediante Cavi Esterni nel Rinforzo Statico di Strutture di Copertura”* tematica che ho ritenuto di notevole interesse per le sue innumerevoli applicazioni nell’ambito dell’esistente e che nel prossimo futuro sarà sicuramente molto sviluppata.

Le sue basi teoriche fanno riferimento al fatto che *“in una struttura possono essere presenti effetti deformativi non derivanti da forze esterne esplicitamente applicate, bensì da distorsioni interne, provocate, ad esempio, da variazioni termiche o fenomeni reologici. Questi effetti possono produrre Stati Tensionali che, in letteratura, prendono il nome di Stati di Coazione.”* *“La Presollecitazione è appunto la tecnica che mira al porre artificialmente una struttura in uno Stato di Coazione in maniera tale che le tensioni così create modifichino le caratteristiche meccaniche apparenti del materiale e possano essere a tutto vantaggio del suo impiego.”*

L’evoluzione di questa tecnica, sia da un punto di vista tecnologico, con gli acciai ad alto limite elastico, che teorico, con lo sviluppo di nuove tecniche di calcolo, ha portato alla creazione di nuove tecnologie costruttive che qui vedete riportate. Tutte queste innovazioni si sono basate sull’assunto che *“Il fine della presollecitazione deve essere quello di sottoporre una struttura a dei carichi che producano sollecitazioni tali da ridurne, per quanto possibile, quelle di esercizio”*.

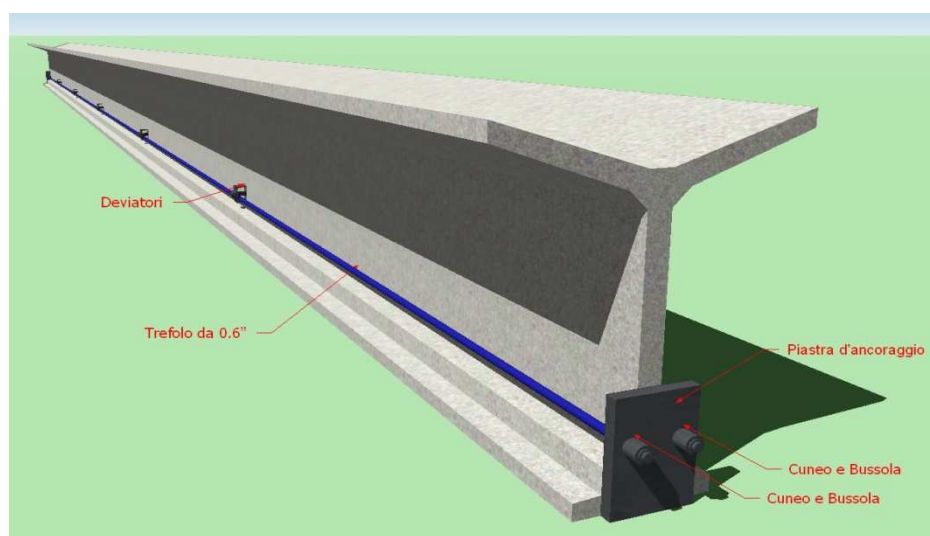
Per quanto riguarda invece gli interventi di recupero, è noto che *“Le strutture esistenti sono spesso oggetto di interventi di manutenzione straordinaria o di adeguamento funzionale per nuove azioni”* e questo è perseguibile essenzialmente in 3 modalità. Con la modifica delle Sezioni Resistenti si ottengono sicuramente ottimi risultati a patto di dover alterare inevitabilmente la distribuzione interna delle rigidità. Con la modifica dello schema statico si mira essenzialmente a ridurre l’effetto delle azioni sul sistema rimodellando la struttura esistente secondo schemi resistenti di facile comprensione. Per contro, tale intervento rappresenta molto spesso un impegno economico non trascurabile e quindi di difficile attuazione. Per ultimo, con l’inserimento di Azioni Stabilizzanti tramite presollecitazione, si riesce sia a ridurre le sollecitazioni di verifica sia a sfruttare al pieno le caratteristiche portanti delle sezioni che sappiamo essere uno dei punti fondamentali soprattutto per la progettazione in c.a..

Nel concreto il lavoro ha previsto la stesura di tre progetti di rinforzo statico di strutture di copertura che troverete brevemente descritti nel seguito.

---

---

## COPERTURA IN C.A.P. DI UN FABBRICATO INDUSTRIALE



Questo fabbricato ha un impianto costruttivo di estrema semplicità, così semplice quanto diffuso. Una larga parte degli edifici industriali e soprattutto della piccola e media industria son realizzate con strutture di questo tipo. In questo caso la nostra attenzione era rivolta alle strutture di copertura che, pur in ottime condizioni, non rispettavano le verifiche di sicurezza se confrontate con le norme attuali. A livello strutturale il fabbricato è costituito da una serie di pilastri in c.a. collegati tra loro da una trave di coronamento di sommità, su cui poggia la copertura costituita, come descritto in figura, da travi ad Y in c.a.p. a 8 trefoli aderenti da 3/8", a supporto del manto di copertura e del controsoffitto.

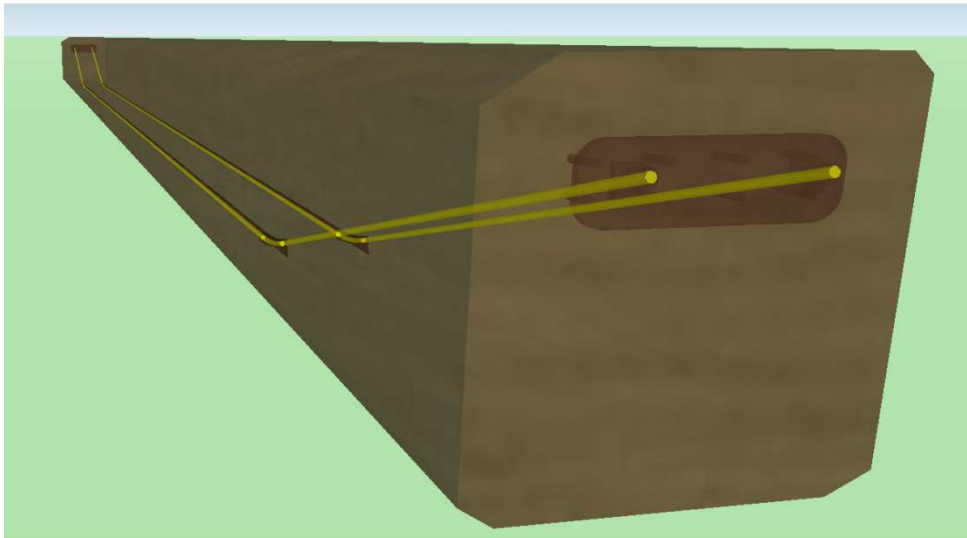
L'analisi dello stato attuale ha confermato quanto detto ovvero la struttura non garantisce la sicurezza per le azioni previste dalle nuove norme mantenendosi tuttavia in buono stato di conservazione e in sicurezza per condizioni quasi permanenti. L'analisi della struttura reale ha confermato il buono stato delle strutture con alcune eccezioni che comunque rendevano possibile ed economico l'intervento di adeguamento strutturale.

L'intervento di rinforzo è stato sviluppato tenendo come primo obiettivo quello della durabilità. L'acciaio utilizzato è stato zincato ed i cavi di pretensione, ad alto limite elastico, sono del tipo Dyform, ingrassati ed inguainati. Sono stati inoltre previsti ritegni intermedi in modo da garantire lo stato di coazione durante la deformazione della trave.

La precompressione dei cavi rettilinei, ad andamento orizzontale con eccentricità costante, ha valore molto modesto, circa 5ton ciascuno, per evitare fenomeni di rilassamento dell'acciaio e viscosità nel cls mentre le caratteristiche di sollecitazione ottenute sono in grado di contrastare efficacemente gli incrementi di carico che derivano dall'applicazione delle nuove normative. Le piastre d'ancoraggio di testata, realizzate in Acciaio zincato, saranno incollate alle teste della travi per mezzo di resine Epossidiche. I deviatori sono spezzoni di Profilo UPN80 in acciaio zincato e verranno posizionati in coppie a cavallo dell'anima della trave in c.a.p. e unite tra loro a mezzo di una barra filettata con dadi M22.

---

## SOLAIO STORICO IN LEGNO



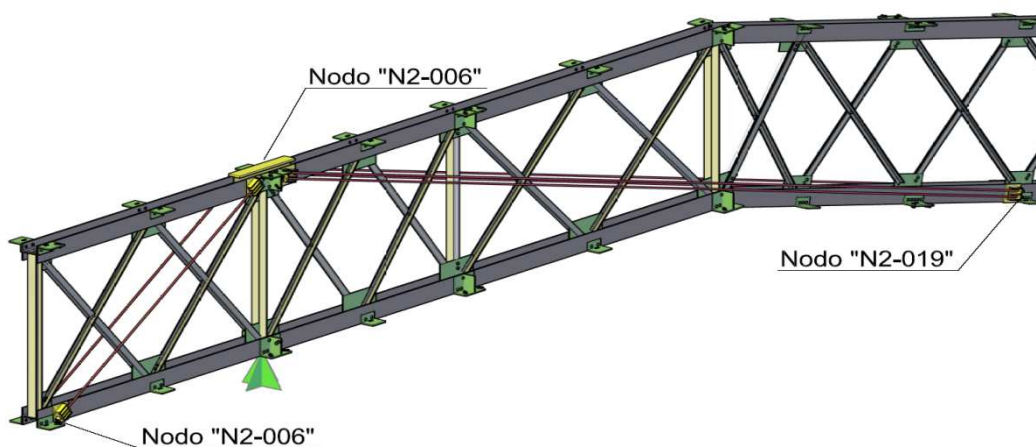
E' noto a tutti che i solai in legno rappresentano nella quasi totalità dei casi gli orizzontamenti negli edifici storici di pregio. Questo caso non riguarda tanto la carenza normativa rispetto alla situazione attuale quanto piuttosto rispetto alla possibilità di sviluppo nell'utilizzo dei locali passando da privati a pubblici. La struttura analizzata è quella tipica dei solai storici ovvero doppia orditura in legno e elementi di laterizio (mezzane) a sostegno di una soletta in cls alleggerito e della pavimentazione della sala del piano superiore. L'analisi dello stato attuale ha confermato quanto detto ovvero la struttura non garantisce la sicurezza per le azioni previste dalle nuove destinazioni d'uso tuttavia le strutture rendevano possibile ed economico un intervento di presollecitazione esterno.

Anche in questo caso l'intervento di rinforzo è stato sviluppato tenendo come primo obiettivo quello della durabilità unitamente alla necessità di ridurre per quanto possibile l'interferenza con l'esistente. I cavi di precompressione sono in trefoli da 5/16", grandi più meno come una matita, ed inseriti in fori appositi all'interno della trave. L'andamento sarà a spezzata trapezoidale in modo da realizzare uno schema simmetrico con azione assiale costante e caratteristica flettente parimenti costante per la parte centrale della trave. L'acciaio sarà di tipo zincato e i condotti saranno iniettati con resine epossidiche in modo da garantire il ripristino della compattezza sezionale della membratura lignea. Le Piastre d'ancoraggio saranno dotate di 8 connettori cilindrici, che garantiranno il collegamento acciaio-legno mentre i deviatori saranno in profilo parabolico piegato a freddo per limitare e diffondere le azioni di deviazione.

---

---

## LA COPERTURA DEL “PALASPORT” DI LUCCA



L'ultimo intervento studiato riguarda la copertura del palasport di Lucca. La particolarità di questa struttura è costituita non tanto dalla diffusione, come nel primo caso di fabbricato industriale, quanto piuttosto dall'elevato costo di un'eventuale ricostruzione, tipico di coperture di grande luce. Anche in questo caso l'applicazione delle nuove normative può determinare carenze in termini di sicurezza dovute all'aumento della azioni ed in particolare della neve del vento e in molti casi, delle azioni sismiche.

La copertura, nello specifico, è formata da 10 capriate reticolari di luce centrale variabile tra 45 e 49m e semplicemente appoggiate sulle strutture verticali, che fanno da sostegno ad un manto d'acciaio appoggiato sulla briglia superiore e ad controsoffitto appeso alla briglia inferiore. L'analisi dello stato attuale, condotta con la stessa impostazione dei due casi precedenti ha evidenziato un deficit di resistenza derivante dall' applicazione dei nuovi carichi da normativa.

Sono state fatte varie ipotesi d'intervento, le cui variabili erano: punto di applicazione delle forze, tracciato dei cavi, eventuali deviazioni e valori di pretensione. I risultati delle analisi compiute hanno evidenziato l'impossibilità di mantenere cavi unici e continui ancorché deviati ed hanno portato alla soluzione finale costituita da un sistema di precompressione a quattro cavi variamente inclinati e variamente pretesi.

Sono stati disposti dei profili di rinforzo sull'estradosso del corrente superiore in corrispondenza dei nodi evidenziati per garantire un corretto trasferimento di tensioni che in tali zone risultavano molto elevate. La soluzione scelta è un profilo in composizione saldata di elevata rigidità, così da conferire un'adeguata solidità al nodo.