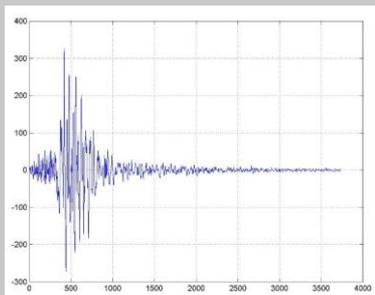


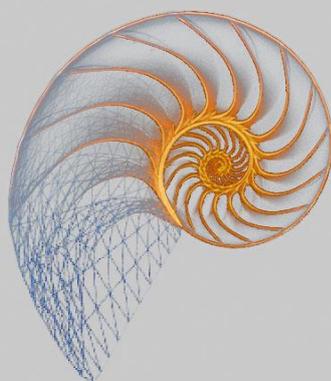
Presentazione delle attività dello Studio

SETTORE:



PROGETTAZIONE ANTISISMICA:

- EDIFICI NUOVI
- MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICI ESISTENTI
- TECNICHE SPECIFICHE PER EDIFICI STORICI
- VERIFICHE DI SICUREZZA SISMICA
- ADEGUAMENTO SISMICO



Altri Settori:

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
RISTRUTTURAZIONI E RESTAURO
RETI TECNOLOGICHE
PREVENZIONE INCENDI
PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA
PROGETTAZIONE URBANISTICA

CPR Ingegneria nasce nel 2003 dalla fusione di più studi di Ingegneria Civile.

Lo Studio si caratterizza per la progettazione integrata dell'edificio, inteso come *Sistema Architettonico, Strutturale, Impiantistico ed Energetico*.

Nell'ambito specifico della progettazione strutturale, lo studio ha affrontato negli anni interventi di tipo diverso, dalle strutture in opera alla prefabbricazione, affrontando diversi tipi di strutture speciali.

Lo studio CPR è specializzato nella progettazione antisismica delle strutture e nel miglioramento/adeguamento sismico dell'esistente.

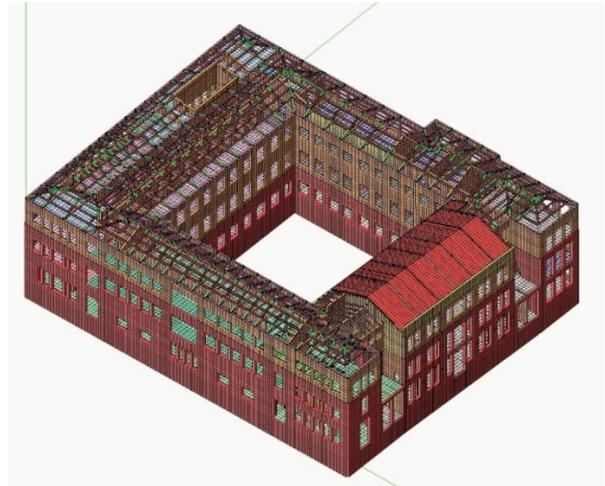
La dimensione del nostro organico ci consente l'acquisizione di commesse importanti, e Opere Pubbliche, anche quando siano richiesti tempi di esecuzione ristretti.

Il nostro pacchetto d'offerta comprende:

- **Consulenze in Edilizia e Studi di Fattibilità;**
- **Progettazione Edile:** Edilizia Residenziale, Commerciale, Industriale;
- **Progettazione Strutturale:** Strutture metalliche, Strutture in Cemento Armato, Strutture in materiali compositi (FRP), Strutture antisismiche, Verifiche Resistenza al Fuoco, Modellazioni ed analisi FEM su strutture speciali, Palancole, Fondazioni speciali, Sistemi di sicurezza.
- **Progettazione Idraulica:** Reti Fognarie, Vasche di Laminazione e di Prima pioggia;
- **Progettazione Urbanistica:** Piani Particolareggiati;
- **Progettazione Stradale;** Progettazione di rilevati stradali e infrastrutture
- **Progettazione Impiantistica:** Impianti Termo-idrico-sanitari, Impianti Pannelli Solari e Fotovoltaici, Impianti Climatizzazione;
- **Progettazione Opere Pubbliche;**
- **Direzioni Lavori;**
- **Contabilità Lavori;**
- **Collaudi Statici;**
- **Collaudi Tecnici-Amministrativi;**
- **Verifiche di Sicurezza Sismica (O.P.C.M. 3274/2003 – L.122/2012);**
- **Certificazioni e Riqualificazioni Energetiche;**
- **Prevenzione Incendi;**



Ristrutturazione con miglioramento sismico di una Chiesa



Edificio scolastico in Centro storico: Ristrutturazione e Miglioramento sismico (modellazione)

Lo studio tratta sia le **Opere private** che le **Opere Pubbliche**, partendo dalla Progettazione, fino alla Direzione Lavori, alla Contabilità, al Collaudo.

Un'attività molto richiesta attualmente è quella della **Verifica sismica di edifici esistenti**, sia per le **Attività produttive** (nell'ottica del D Lgs 81-2008) sia nel campo dell'edilizia pubblica per gli **Edifici strategici** o **Rilevanti** (ai sensi dell'Ordinanza 3274-2003).

Nel campo degli edifici esistenti, in riferimento alle **Strutture prefabbricate in CA**, oltre alla progettazione ordinaria, il nostro studio si è occupato delle seguenti problematiche specifiche:

- *Studio della stabilità degli edifici multipiano;*
- *Analisi di strutture precomprese in parete sottile (tegoli a sezione aperta);*
- *Metodi di dissipazione, con dispositivi isteretici e viscosi;*
- *Metodi di modellazione di prefabbricati aventi fondazioni su pali;*
- *Problemi di interazione fra strutture in CA e tamponamenti.*

Nel campo delle **Fondazioni**, lo studio progetta fondazioni dirette, su pali, su micropali, per le zone sismiche o per le opere di miglioramento sismico.

Nel campo delle **Opere di sostegno**, lo studio progetta e diaframmi e palancole soggette ad azioni sismiche.

GESTIONE CONTRIBUTI PUBBLICI PER LA RICOSTRUZIONE

Lo studio ha acquisito una esperienza consolidata in merito alla gestione dei fondi pubblici per la ricostruzione, con riferimento alle seguenti emergenze in Emilia Romagna: *Sisma 1987 (Emilia); Sisma 1996 (Emilia); Sisma 2012 (Emilia)* garantendo il visto autorizzativo su tutti i progetti e l'ottenimento dei relativi fondi pubblici.

Tecniche di Miglioramento sismico di Edifici esistenti

Le tecniche utilizzabili, e correntemente utilizzate nei progetti, sono le seguenti:

- 1) *Aumento della resistenza delle membrature;*
- 2) *Riduzione dell'azione in ingresso, tramite isolamento alla base;*
- 3) *Riduzione degli effetti sulle strutture, tramite dissipazione dell'energia.*

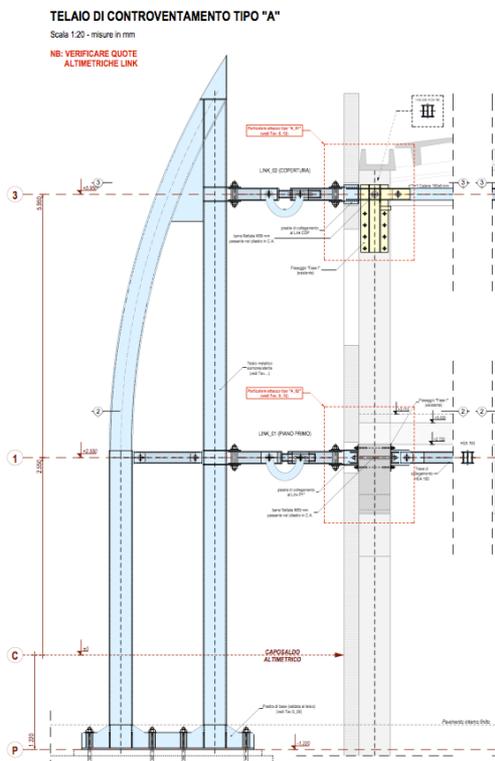
- **La tecnica dell'aumento della resistenza strutturale**

E' la tecnica maggiormente utilizzata, in quanto è la più semplice da progettare e, normalmente, la meno costosa da realizzare. Essa prevede l'aumento della resistenza delle membrature fino al punto da resistere all'azione sismica di progetto.

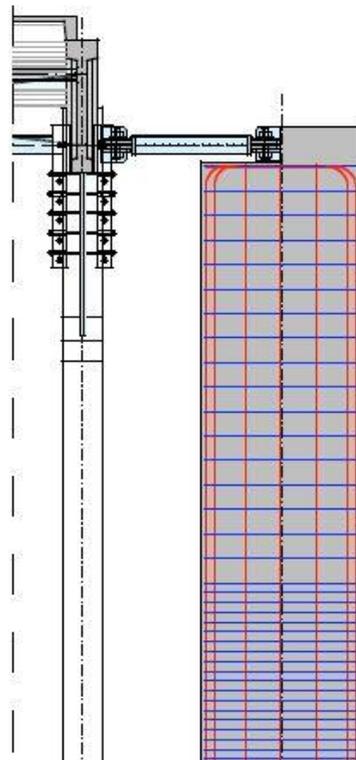
Il concetto dà per scontato che, a seguito di azione sismica violenta, l'edificio possa danneggiarsi notevolmente, al punto da dover poi essere demolito, ma senza crolli, preservando quindi la vita umana.

Si tratta di un approccio progettuale non adatto per gli edifici strategici, essendo richiesta in questo caso la garanzia di operatività anche in caso di forte evento sismico.

Nei casi di miglioramento o adeguamento dell'esistente, quando non è possibile aumentare la resistenza degli elementi strutturali esistenti, in quanto insufficienti o mancanti, si ricorre all'aggiunta di nuove strutture sismo-resistenti, all'interno dell'edificio o all'esterno.



Nuova struttura sismo-resistente in acciaio, esterna all'edificio



Nuova struttura sismo-resistente in CA, esterna all'edificio

- **La tecnica dell'isolamento alla base**

E' una tecnica tanto semplice concettualmente, ed intuitiva, quanto delicata dal punto di vista progettuale.

L'edificio isolato alla base, se ben progettato, non subisce alcun danneggiamento durante l'evento sismico più violento, limitando anche il disagio e il panico degli occupanti. E' una tecnica estremamente indicata nel caso di edifici strategici, soprattutto ospedali.

Normalmente l'edificio non necessita di riparazioni, ma solo l'ispezione o l'eventuale sostituzione dei dispositivi di isolamento.

La tecnica si può applicare a tutte le tipologie strutturali, con costi normalmente più alti delle tecniche tradizionali; tuttavia un conteggio di costi corretto dovrebbe mettere in conto anche l'assenza di costi di riparazione a seguito dell'evento sismico violento.

E' una tecnica applicabile anche agli edifici esistenti in muratura, anche se la realizzazione risulta estremamente delicata e costosa.

- **La tecnica della dissipazione**

E' la tecnica più delicata e complessa da progettare. Essa consiste nell'ottenere una dissipazione dell'energia sismica in ingresso, prima che essa si trasformi in energia elastica di deformazione delle strutture, cioè spostamenti, velocità ed accelerazioni.

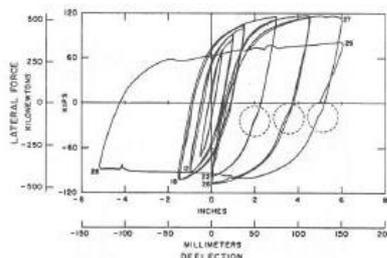
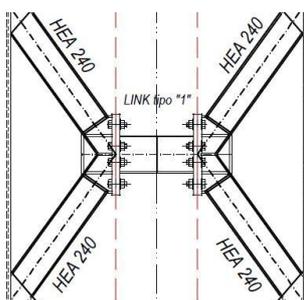
Anche questa tecnica preserva l'integrità delle strutture portanti e limita i disagi e il panico degli occupanti.

Si attua tramite l'inserimento di appositi dispositivi in particolari zone della struttura. I dispositivi possono essere di tipo *isteretico* o *viscoso*.

Un particolare tipo di dispositivo isteretico, abbastanza semplice e che non richiede alcuna certificazione all'origine, è il cosiddetto "*Link eccentrico*". In pratica si tratta di inserire nella struttura sismo-resistente, normalmente metallica, un elemento metallico apposito che funge da fusibile, in grado di dissipare l'energia deformandosi a flessione e taglio.

Tale tecnica, collaudata da diversi anni (anche se poco diffusa), è spesso utilizzata per il miglioramento o l'adeguamento sismico degli edifici esistenti.

Si tratta normalmente di una tecnica di difficile ed onerosa progettazione, in quanto richiede sempre una certa esperienza ed un certo intuito da parte del progettista. Dal punto di vista dell'analisi strutturale, mentre le strutture che utilizzano dissipatori viscosi richiedono quasi sempre tecniche di progettazione complesse, tipo "*time history*" lineari o non lineari, quelle che utilizzano *link isteretici* possono essere progettate anche con tecniche semplificate, di tipo lineare con fattore di struttura, o non lineari tipo *pushover*.



Link dissipativo inserito in una struttura metallica e ciclo di isteresi

L'edilizia storica

Per quanto riguarda l'edilizia storica, la problematica va posta in modo completamente diverso rispetto all'edilizia nuova o recente, essendo in questo caso prioritaria la tutela del bene.

Quando si ha a che fare con un edificio storico, infatti, il problema progettuale è molto più complesso rispetto al nuovo. Non è possibile individuare soluzioni univoche, adatte per tutti i casi pratici: ogni caso richiede una soluzione apposita.

Non è possibile neppure adottare l'approccio classico adottato nell'edilizia nuova, cioè ragionare in termini di "resistenze" pure delle murature della fabbrica. Spesso non vi è un comportamento d'insieme dell'edificio, per cui occorre partire sempre dall'individuazione delle "vulnerabilità" e dei possibili "meccanismi di collasso".

Peraltro, nelle varie epoche storiche le tecniche costruttive si sono differenziate notevolmente, per cui a volte ci si trova di fronte a strutture ben organizzate in pianta e in alzato, con solai in legno ben dimensionati e murature ben disposte ed efficaci; in altri casi invece si hanno strutture che presentano grandi ambienti voltati, poggiati su colonne, praticamente senza muri di controvento. In altri casi ancora si hanno murature abbastanza tozze e piccoli ambienti; altre volte si hanno grandi ambienti, con altezze e snellezze notevoli. Le scale, poi, molto spesso, presentano volte sottili e spingenti. Le coperture, solitamente in legno, presentano quasi sempre collegamenti precari alle murature.

Si è appurato che le strutture storiche, una volta che siano garantiti efficaci collegamenti e si siano eliminate le spinte, presentano riserve di resistenza sismica notevoli, legate soprattutto ad un comportamento fortemente non lineare delle murature ed intrinsecamente dissipativo.

Nel caso in cui si rilevino effettive carenze di resistenza dei setti murari, si può procedere al rinforzo strutturale ricorrendo a varie tecniche, più o meno invasive e più o meno reversibili. In questo caso sono molto efficaci le catene metalliche, sia applicate internamente che esternamente alle murature.

In casi particolari, è possibile inserire nella fabbrica elementi nuovi sismo-resistenti, preferibilmente metallici, in quanto più compatti, reversibili, ed anche "tarabili". In altri casi si ricorre all'utilizzo di dispositivi dissipativi (isteretici o viscosi).

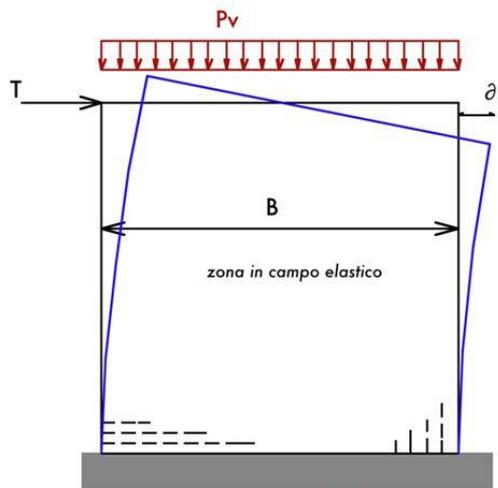
- **Tecniche di modellazione delle Murature**

Il nostro studio ha sviluppato negli anni alcune tecniche specifiche di rinforzo degli edifici storici, specialmente con l'utilizzo di tiranti metallici. Queste tecniche di rinforzo, tuttavia, richiedono modelli di analisi appositamente studiate.

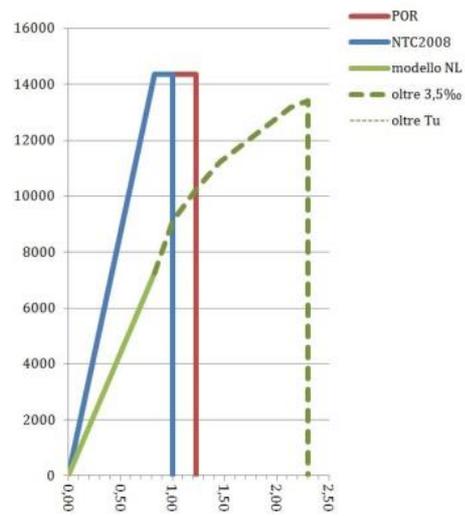
Le tecniche di modellazione utilizzate normalmente negli edifici nuovi, tipicamente a telaio equivalente, risultano troppo spartane per poter trattare gli edifici storici. I risultati infatti, con questi modelli, risultano quasi sempre fuorvianti. Il motivo è dovuto al fatto che gli edifici storici, normalmente, presentano solai deformabili, forature irregolari, e in molti casi murature snelle. I modelli adatti agli edifici nuovi, pertanto, anche nel caso di edifici estremamente regolari, non colgono correttamente il comportamento non lineare dei muri, né la plasticità delle zone compresse, e neppure la parzializzazione dei setti.

Tecniche sofisticate di modellazione delle murature, di tipo non lineare, anche se disponibili nei software commerciali più avanzati, non risultano praticamente utilizzabili, principalmente a causa delle notevoli dimensioni degli edifici storici che richiedono oneri computazionali abnormi.

Per questa tematica specifica, il nostro studio ha sviluppato apposite tecniche di analisi non lineare delle murature, di tipo semplificato e quindi gestibili su PC, in grado di modellare il comportamento d'insieme dell'edificio e soprattutto il comportamento non lineare dei setti, tozzi o snelli, quindi anche la parzializzazione alla base, con o senza rinforzi.



Caso Limite: pannello a sbalzo (soffitto infinitamente deformabile)



La modellazione non lineare, chiamata *CPR_NL*, mantenendo la bidimensionalità della struttura muraria, mette in luce un comportamento molto diverso rispetto ai metodi semplificati classici a telaio equivalente.

In particolare il modello può restare globale, mantenendo la modellazione completa dei solai, solitamente “elastici”, e concentrando le non linearità sulle murature. In questo modo il modello non dipende da assunzioni aprioristiche rispetto all’interazione fra setti e solai, sempre estremamente incerte, constatando che l’interazione con i solai cambia drasticamente il comportamento dei pannelli stessi, che si trovano sempre in una situazione intermedia fra il comportamento di setto snello, con rottura a presso-flessione, e un comportamento di setto tozzo, con rottura a taglio. Tale variazione spesso avviene anche fra un piano e l’altro, per variazione di tipologia dei solai stessi, e risulta molto marcato in copertura.

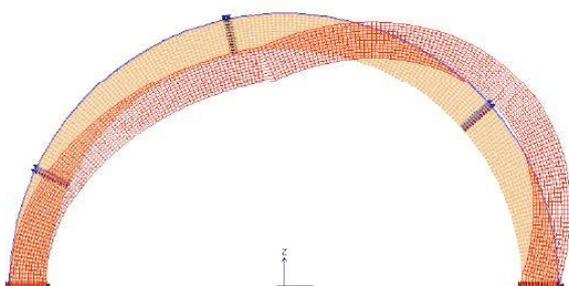
Si constata che la non linearità modellata in tal modo (in particolare sia l’effetto dello schiacciamento della muratura a compressione, che si verifica anche nel caso limite dello shear type, sia la parzializzazione alla base per i pannelli snelli), seppur approssimata, si traduce in spostamenti complessivi di una certa entità, quindi duttilità.

Il modello risulta particolarmente idoneo per verifiche di tipo *pushover*.

• Archi e volte in muratura

Un altro campo del metodo di modellazione non lineare *CPR_NL* è quello degli archi e delle volte in muratura. Esso consente la determinazione del carico di collasso dell’arco rimuovendo l’ipotesi di infinita resistenza del materiale tipico dei metodi cinematici.

L’arco rinforzato all’estradosso (normalmente tramite fibre, oppure cavi in acciaio), analizzato con tale tecnica numerica mostra un carico di collasso notevolmente incrementato, limitato solo dalla resistenza a schiacciamento del laterizio.



Rinforzo estradosso di un arco in muratura: determinazione del carico di collasso tramite analisi non lineare

Alcuni lavori svolti



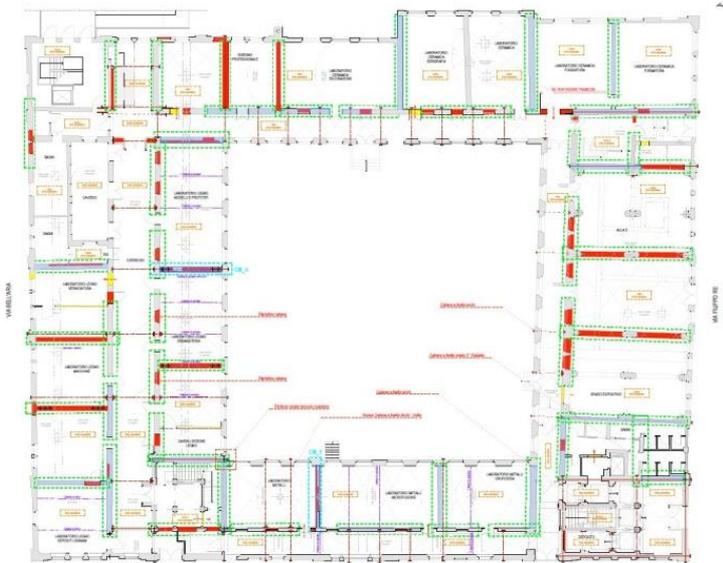
Ristrutturazione con Miglioramento sismico di una scuola



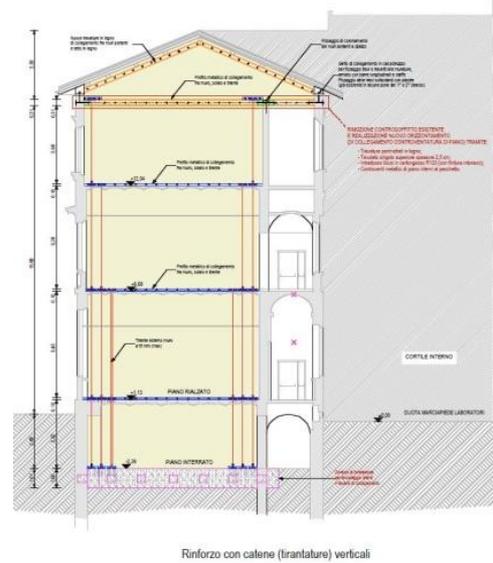
*Miglioramento sismico di una scuola
Rinforzo di un solaio tramite nuova soletta
collaborante con i profilati in acciaio e collegamenti
alle murature d'ambito*



*Edificio scolastico in Centro storico:
Ristrutturazione e Miglioramento sismico*



Piante con individuazione dei rinforzi sismici



Rinforzo con catene (tirantature) verticali

Rinforzi delle murature con catene verticali

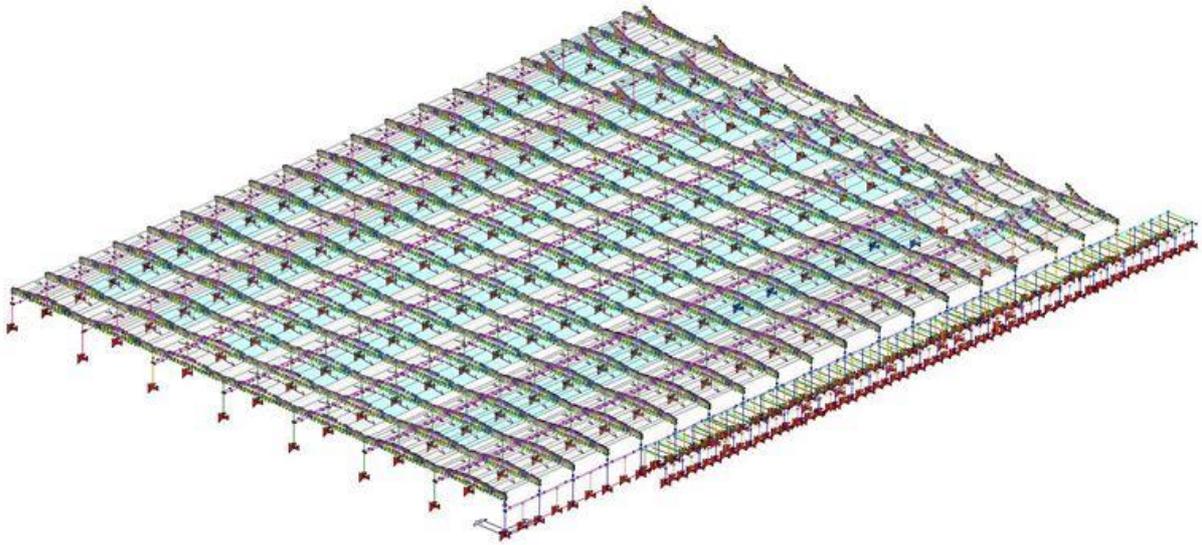


Miglioramento sismico di una chiesa lesionata: eliminazione spinte degli archi, tramite catene, rinforzo delle volte sottili, collegamento copertura in legno alle murature portanti



Rinforzo antisismico della copertura in legno, tramite elementi lignei di collegamento alle murature portanti e controventamento della falda

Modellazione di una struttura prefabbricata di grandi dimensioni:
Verifica sismica nello Stato di fatto e successivo Progetto di Miglioramento sismico al 60% dello spettro SLV
(Opera soggetta a contributo pubblico per il sisma dell'Emilia 2012)



Opere di rinforzo di un pilastro in C.A. tramite fibre di carbonio

Per un elenco completo dei lavori svolti, e maggiori informazioni, visitare il sito: www.cpr-ingegneria.it