

**INTERVENTO DI DEMOLIZIONE DI TRE FABBRICATI
IN C.A. E RICOSTRUZIONE CON SISTEMA DI
ISOLAMENTO SISMICO ALLA BASE
VIA FRANCIA N.26-28-30 PETTINO – L'AQUILA**

Relatore:

Ing. Angelo De Cocinis

Autori lavoro:

Ing. Angelo De Cocinis

Ingegnere progettista architettonico, strutturale e direttore dei lavori - Titolare StudioDEG

Ing. Sara Ferrari – Ingegnere collaboratrice StudioDEG

Ing. Paolo Pederzini – Ingegnere collaboratore StudioDEG

Ing. Cinzia Franchini – Ingegnere collaboratrice StudioDEG

Sommario:

- *Analisi del danno e considerazioni sul quadro fessurativo in ragione della direzione del sisma;*
- *Analisi edificio esistente – indagini;*
- *Progetto di miglioramento sismico;*
- *Progetto di ricostruzione con sistema di isolamento sismico alla base;*
- *Valutazioni economiche sull'incremento di costo edificio tradizionale - edificio isolato.*



Progetto:

Demolizione e ricostruzione edifici residenziali con sistema d'isolamento sismico

Ubicazione

Via Francia, 26-28-30 Pettino L'Aquila (AQ)

Committente

Condomini privati

Progettazione e Direzione Lavori

StudioDEG - Ing. Angelo De Cocinis

Progetto interfaccia d'isolamento e dettagli costruttivi

StudioDEG - Ing. Angelo De Cocinis

Impresa esecutrice

Coop Costruzioni Soc. coop – Via F. Zanardi, 372 – 40131 Bologna

Richiesta Finanziamento

Fintecna AQ-BCE 9086 16/Febbraio/2010

Fintecna AQ-BCE 9090 16/Febbraio/2010

Fintecna AQ-BCE 9090 16/Febbraio/2010

Esecuzione lavori

Inizio lavori 27/Ottobre/2011

Fine lavori 01/Giugno/2013



Tre fabbricati per un totale di **24 appartamenti**, per i quali è stata prevista:

- La **demolizione e successiva ricostruzione** utilizzando sistemi avanzati di protezione sismica;
- La ricostruzione con l'ausilio di moderne tecnologie anche dal punto di vista energetico tali da raggiungere una "**Classe energetica A**".

Enti interessati alla ricostruzione:

- Fintecna;
- Reluis;
- Cineas;
- Uffici competenti del Comune di L'Aquila;
- Genio Civile.

È stato redatto un progetto esecutivo di **miglioramento sismico**, sono state fatte diverse ipotesi di intervento e ne sono stati valutati i costi.

Dopo attente e scrupolose analisi il progettista ha dimostrato la **convenienza a demolire e ricostruire**.

Il **progetto dei nuovi fabbricati** è un concentrato di tecnologia, una concezione nuova sul modo di proteggere sismicamente gli edifici.

Ricalca le sagome dei fabbricati esistenti, ma con un gradevole restyling architettonico con linee pulite che restituiscono un tocco di modernità alla costruzione, con particolare attenzione al dettaglio costruttivo nei confronti delle fonti di rumore attive e passive.



L'intervento è risultato interamente realizzabile con i **finanziamenti commissariali** grazie anche all'impegno dell'impresa esecutrice.



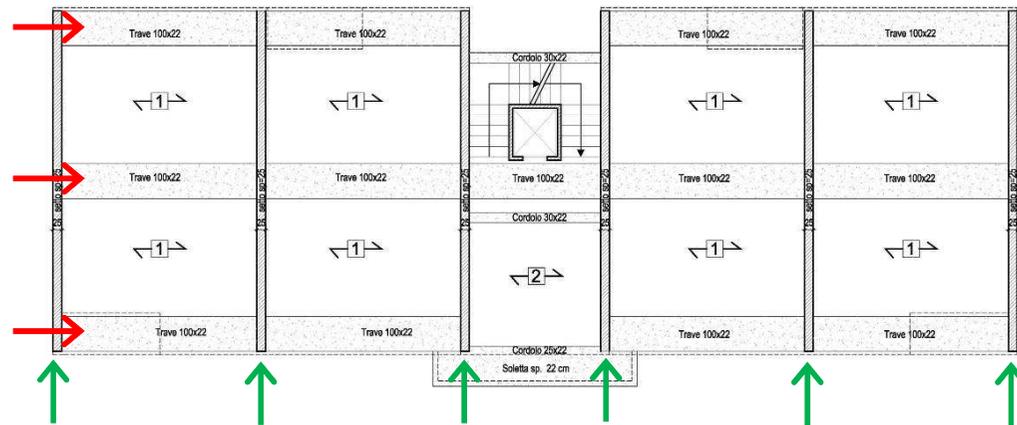
Panoramica dei tre fabbricati ricostruiti dalla quale si vede il quarto fabbricato ancora da demolire

CONSIDERAZIONI SUI FABBRICATI ESISTENTI

Analisi del danno e considerazioni sul quadro fessurativo in ragione della direzione del sisma

La struttura esistente era costituita da **setti in c.a.** di spessore 25 cm **posti in una sola direzione** (Nord-Sud per il civico n.28 e n.30) e per l'intera lunghezza del fabbricato.

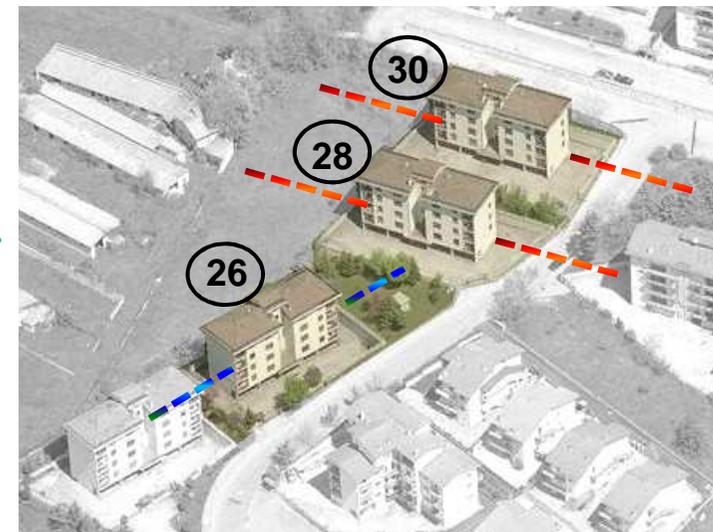
I setti in c.a risultavano collegati ad ogni piano da 3 travi in spessore di solaio di dimensione 100x22 cm che costituivano **telai resistenti al sisma ad elevata deformabilità.**



Il danno rilevato su fabbricati simili (via Francia civico n.26) ma diversamente orientati, a parità di intensità sismica, può essere notevolmente diverso, così come effettivamente è stato riscontrato in sito.

I fabbricati presentavano un comportamento sotto azione sismica fortemente disomogeneo:

la presenza di setti in c.a. con rigidezze elevate in una direzione e telai con elementi fortemente snelli, quindi con rigidezze basse ed elevate deformabilità, nell'altra direzione, creavano una struttura la cui risposta dinamica risentiva fortemente della **direzione di ingresso del sisma.**

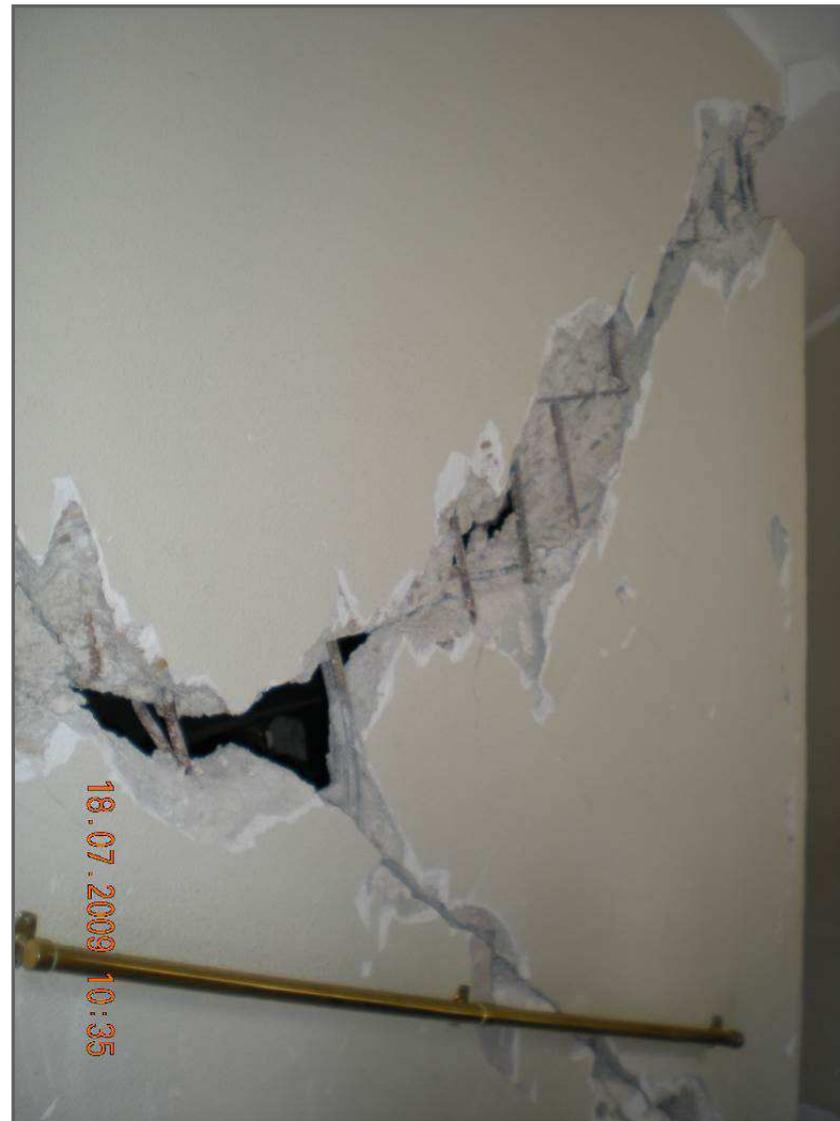
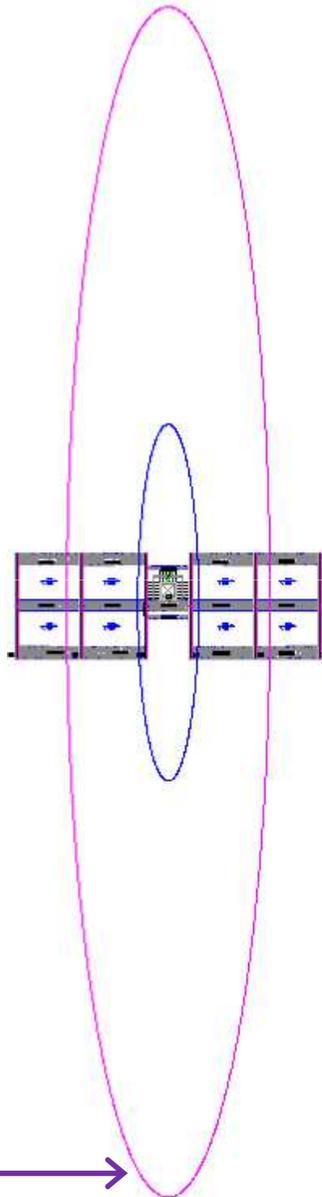


Il maggior danneggiamento strutturale si è riscontrato nella zona del **vano scala** e dei **setti in c.a.** a piano terra e primo che sono risultati gravemente compromessi con **rotture e deformazioni plastiche** particolarmente accentuate e con evidenti espulsioni di materiale con conseguenza messa a nudo delle armature.

Si sono rilevate **deformazioni torsionali** sull'intero fabbricato riscontrabili in maniera diretta sul nucleo del vano ascensore e setti strutturali fortemente lesionati.

Setti in c.a. **lesionati per taglio** a livello del piano terra, ed in alcuni tratti anche per **pressoflessione**, con evidenti escursioni in campo plastico e conseguente configurazione deformata.

*Ellisse delle rigidezze -
Stato di fatto*



Danneggiamento nucleo vano ascensore

Ellisse delle rigidezze

Per valutare se la **disposizione planimetrica degli elementi resistenti** è effettivamente accettabile, per l'EC8 si devono calcolare i "raggi di rigidezze" del sistema strutturale e li si devono successivamente confrontare con le eccentricità e_0 delle forze agenti, calcolate rispetto al baricentro delle rigidezze.

I "raggi di rigidezze" nelle direzioni x,y aventi espressione: $r_x = \sqrt{\frac{k_T}{k_x}}$; $r_y = \sqrt{\frac{k_T}{k_y}}$

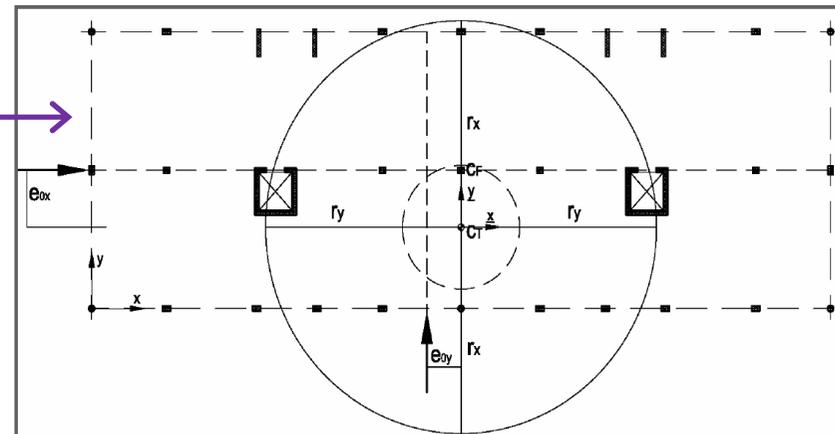
sono i semiassi dell' "ellisse delle rigidezze", una figura geometrica che evidenzia come sono distribuite le rigidezze intorno al baricentro delle rigidezze.

Se i raggi hanno valore molto simile tra loro l'ellisse delle rigidezze ha forma di cerchio. Un'ellisse a forma circolare risulta di particolare interesse in quanto evidenzia un complesso strutturale in cui gli elementi verticali sono disposti in modo tale da renderla sostanzialmente indifferente alla direzione delle forze di piano agenti: la geometria e la disposizione planimetrica degli elementi verticali è in tal caso ottimale.

Definiti i raggi delle rigidezze, secondo l'EC8 le eccentricità e_{0x} e e_{0y} tra il centro delle rigidezze e le rette di azione delle forze esterne si considerano limitate se risulta: $e_{0x}/r_x \leq 0,30$ e $e_{0y}/r_y \leq 0,30$

cioè se il baricentro delle forze cade all'interno di un "nocciolo", di una zona limitata che si trova nell'intorno del baricentro delle rigidezze ed è estesa a circa il 9% della superficie di questa e, ad esempio, l'ellisse delle rigidezze ha la forma circolare in figura, la retta d'azione delle forze orizzontali dovrebbe passare all'interno del cerchio tratteggiato. Il rispetto di tale condizione assicura che un edificio non subirà effetti torsionali significativi per effetto delle forze orizzontali.

L'ellisse delle rigidezze è pertanto una figura geometrica di assoluto interesse per il progettista generale, in quanto può essere tracciata in base alle sole informazioni geometriche relative agli elementi verticali e alla loro posizione in pianta.

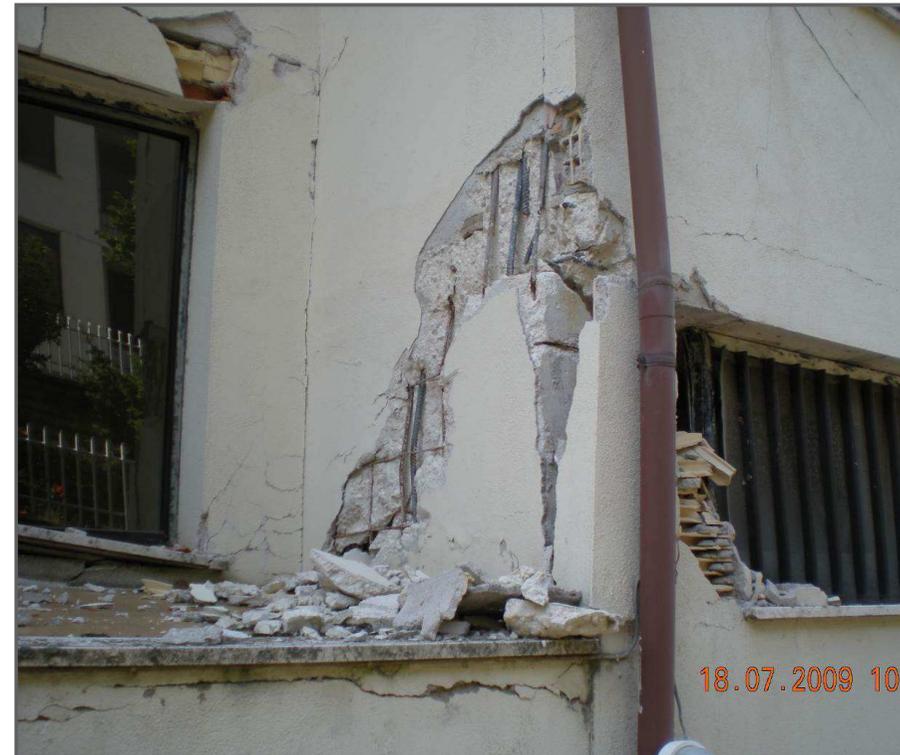






Presenza di fratture ad andamento orizzontale in corrispondenza dei solai di piano indice di un distacco dei tamponamenti dalla struttura portante.

Presenza di deformazioni a livello dei solai del primo piano dove si sono rilevati ingobbamenti dei pavimenti.





Fenomeni deformativi ben evidenti anche sui tamponamenti interni ed esterni: le lesioni più diffuse si sono rilevate in corrispondenza delle aperture e maggiormente gravose in corrispondenza del primo piano con andamento a croce o inclinato con espulsione parziale o totale localizzata di materiale.



Analisi edificio esistente

Schemi strutturali relativi allo stato di fatto ante-sisma, desunte dal **progetto strutturale originale depositato** presso l'ufficio del **Genio Civile de L'Aquila** il 14/dicembre/1983:

comune de L'AQUILA

committente: Soc. Coop. Edilizia a.r.l.
"VERDE,"

calcolo della struttura in cemento armato

oggetto: impalcati

acciaio: FeB44K6; 2600 kg/cm²
cemento: 425
conglomerato: R 300

prescrizioni

UFFICIO DEL GENIO CIVILE
L'AQUILA

Si attesta l'avvenuto deposito ai sensi
dell'art. 4 della legge 6-11-1972 n. 900
il 26/12/1983 L'Aquila, il 14 DIC. 1983
L'INGEGNERE GAFFU

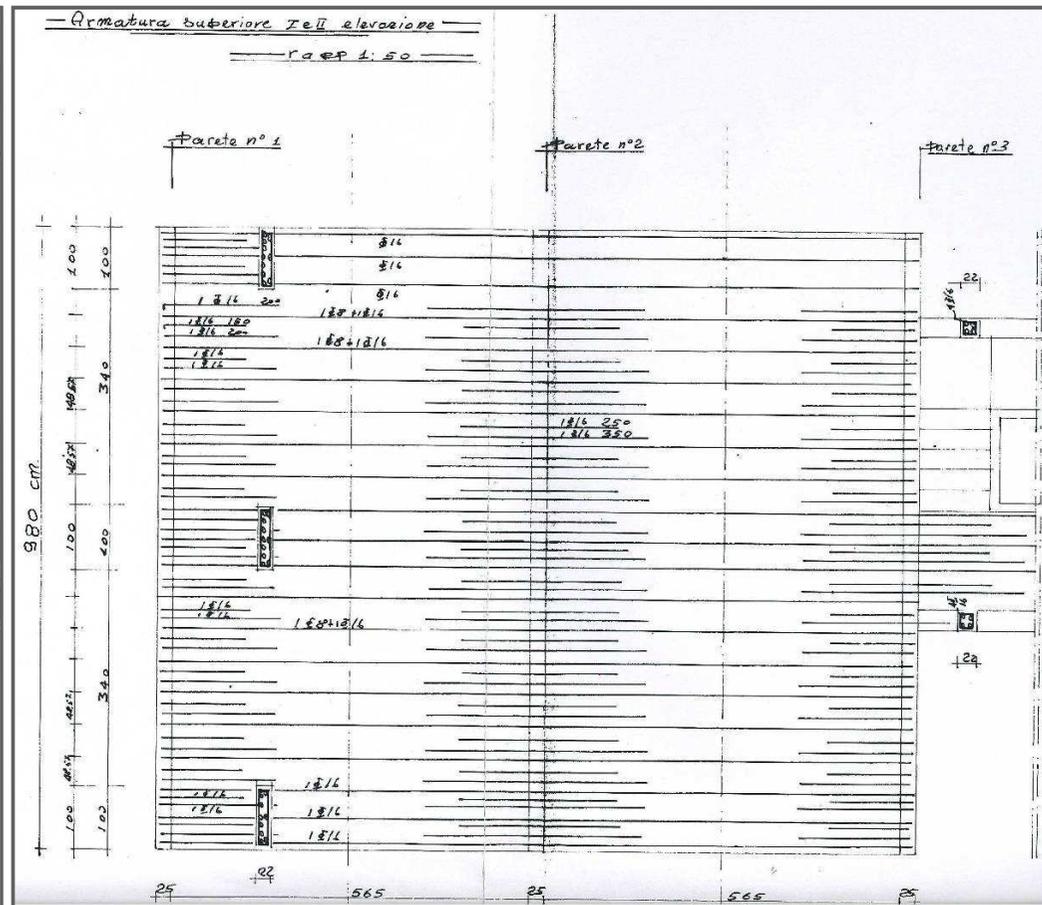
il tecnico
(Arch. Paolini Sandra)

L'Aquila li 25. 10. 83 TAV. 3

paolini architettura ingegneria
urbanistica

L'Aquila strada 60 n.2 Tel. 61760

Cartiglio elab.grafici depositati presso il Genio Civile

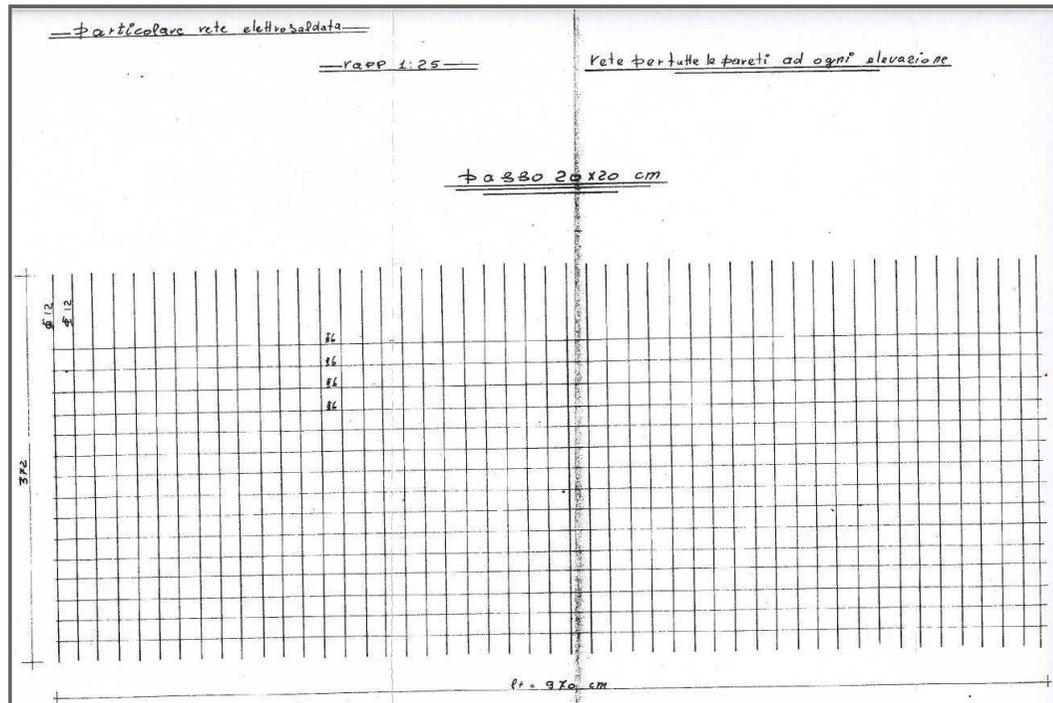


Progetto originale strutturale stato di fatto – Carpenteria di piano e armatura

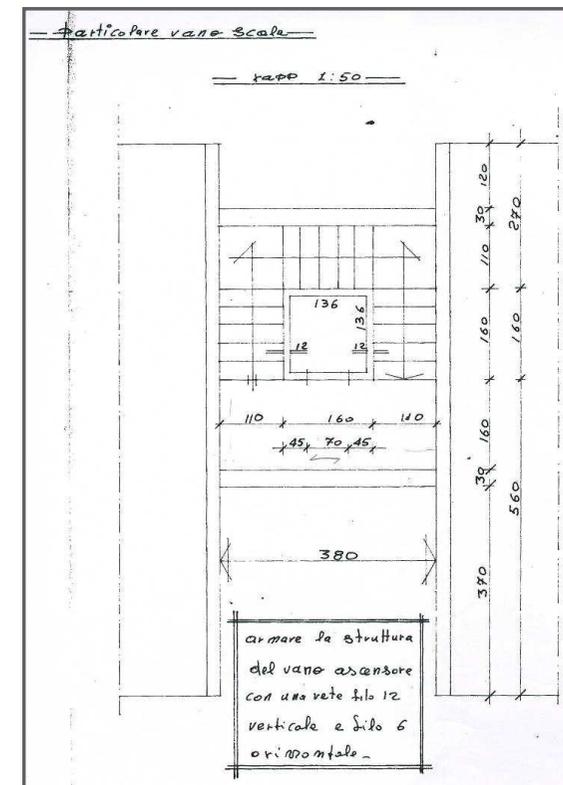
Analisi edificio esistente

I dettagli costruttivi presenti nel progetto strutturale originario risultano particolarmente scadenti.

Particolare Armatura setti c.a.
si riscontra assenza di spille intermedie e a bordo parete, armatura verticale $\varnothing 12/20''$, armatura orizzontale $\varnothing 6/20''$:



Particolare Armatura vano scala



Progetto originale strutturale stato di fatto – Particolari costruttivi setto c.a. e vano scala

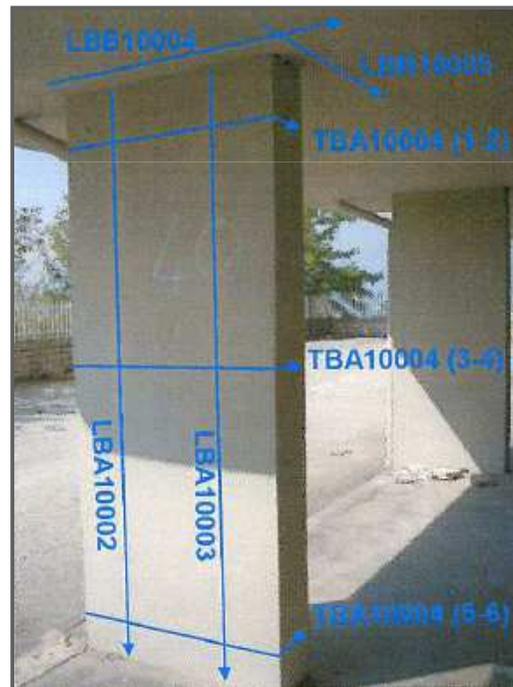
Analisi edificio esistente - indagini

Prima di procedere alle verifiche numeriche dell'edificio nello **stato di fatto** è stato necessario determinare le **caratteristiche meccaniche dei materiali esistenti**, nello specifico calcestruzzo e acciaio da c.a., attraverso prelievi di:

- **carote di calcestruzzo;**
- **barre di acciaio;**

in numero congruo e comunque in accordo alle disposizioni della Circolare del 2009.

Altro elemento fondamentale prima di procedere con le verifiche è stato quello di verificare la reale costituzione geometrica degli elementi sismo resistenti e delle armature in esse contenute attraverso opportuni **saggi e prove con laser scanner**.



Laser scanner

Oltre alla caratterizzazione degli elementi strutturali sia per la verifica della vulnerabilità del fabbricato esistente sia per la nuova costruzione, è stato necessario valutare le caratteristiche del sottosuolo sia in termini di portanza, sia di risposta sismica attraverso:

- **prove penetrometriche in foro;**
- **CPTU;**
- **misure down-hole.**



Down - hole

Progetto di miglioramento sismico

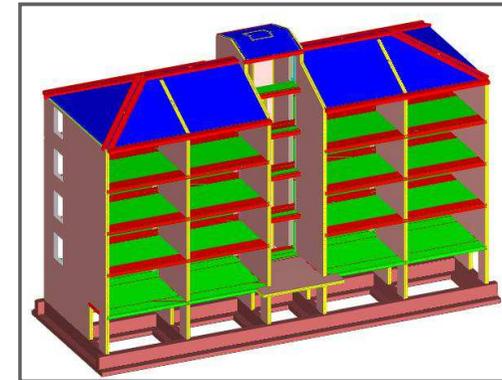
L'edificio esistente si presentava **rigido in una direzione**, ma **flessibile nell'altra direzione**, ragion per cui si è resa necessaria l'**introduzione di nuovi elementi** atti a rinforzare la struttura nella direzione debole.

Il **progetto di riparazione e miglioramento** prevede:

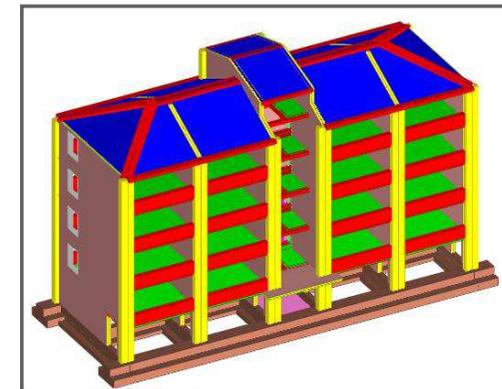
- riparazione e consolidamento dei setti trasversali esistenti per consentire l'efficace collegamento con la struttura di rinforzo;
- costruzione di nuovi controventi sismici in direzione longitudinale in corrispondenza del perimetro;
- consolidamento delle fondazioni, necessaria per la modifica della distribuzione delle pressioni a seguito dell'inserimento delle nuove strutture;
- tenuto conto dell'elevato livello di danneggiamento nello stato di fatto è prevista la demolizione e ricostruzione del vano scala.

Obiettivo dell'intervento è perseguire un adeguato grado di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche **“riconfigurando” lo schema statico originario** in modo da diminuire la vulnerabilità sismica dell'intero complesso strutturale.

A tal fine è previsto l'uso di tecnologie e metodologie classiche d'intervento



Modellazione f.e.m. stato di fatto



Modellazione f.e.m. progetto di miglioramento sismico

Progetto di miglioramento sismico

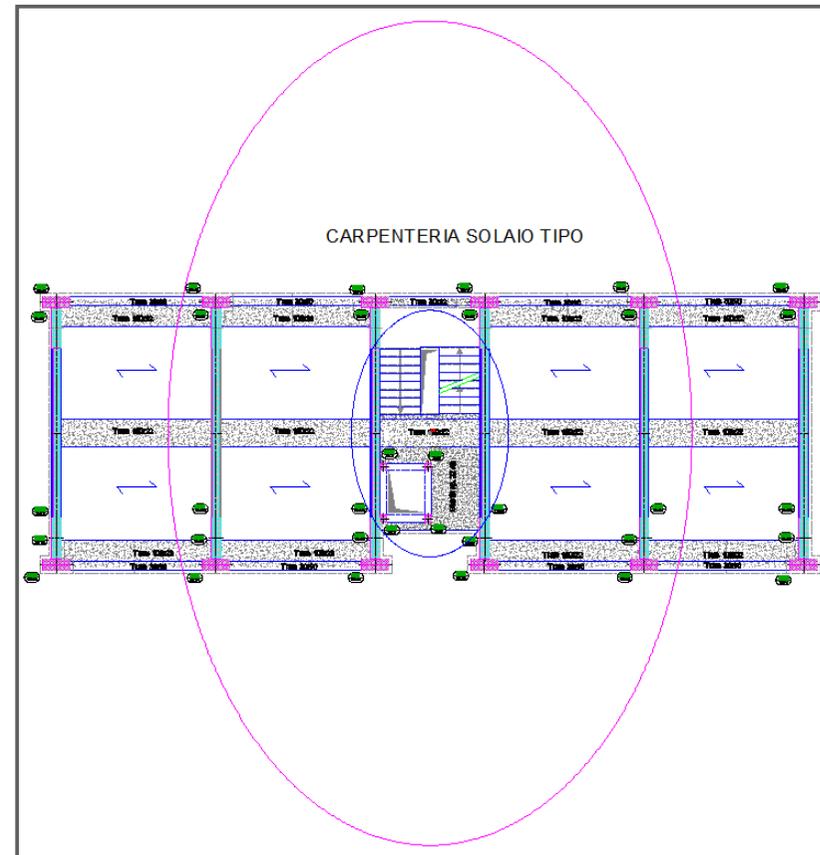
Il nuovo intervento consente di pervenire ad una **migliore distribuzione delle rigidzze e delle resistenze nelle due direzioni principali:**

- la **disposizione planimetrica** dei nuovi telai in direzione longitudinale è stata definita in modo da **minimizzare gli effetti torsionali** sull'edificio, cercando una regolarità in pianta che consenta di avere il **centro di massa** non distante in modo significativo dal **centro delle rigidzze** degli elementi verticali, con indubbi benefici sugli effetti torsionali;

- l'estensione degli interventi è stata prevista in modo da **evitare irregolarità in elevazione ed in pianta** sia per quanto attiene la distribuzione delle rigidzze che delle resistenze evitando meccanismi fragili locali o di piano;

- il nuovo intervento consente di pervenire ad una migliore distribuzione delle rigidzze e delle resistenze nelle due direzioni principali e nel contempo permette di consolidare le sezioni resistenti nello stato di fatto per mezzo di un adeguato confinamento.

A seguito degli interventi proposti la struttura presenterà un migliore comportamento nei confronti dell'azione sismica in entrambe le direzioni.



Per quanto attiene il **consolidamento dei setti trasversali esistenti** per consentire l'efficace collegamento con la nuova struttura di rinforzo si prevede il consolidamento degli stessi mediante placcaggio con betoncino armato.

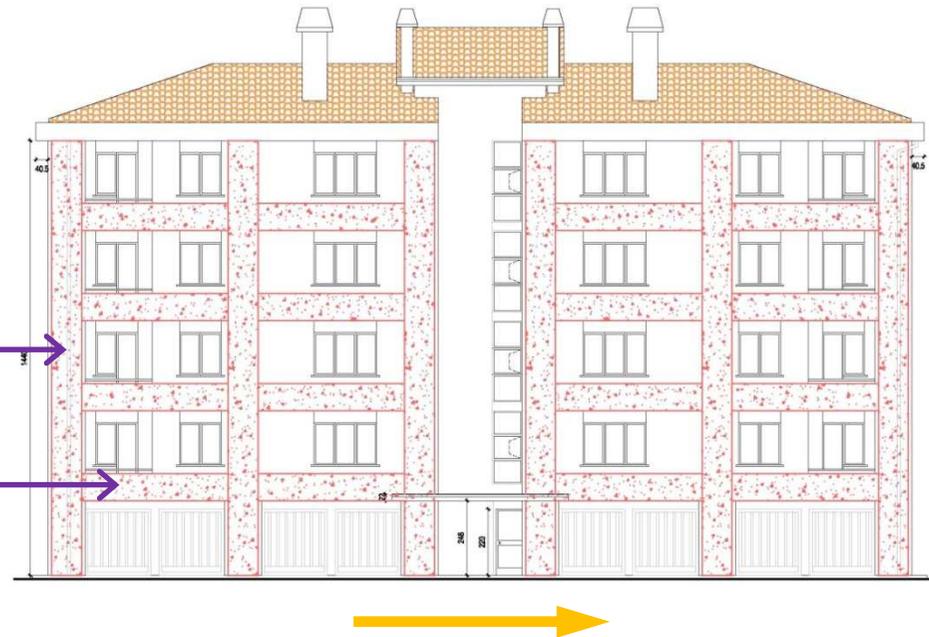
L'incremento di sezione dei setti esistenti consentirà pertanto un più agevole ed efficace collegamento dei nuovi setti/pilastrini previsti in direzione longitudinale.

In tale direzione è stata infatti prevista la costruzione di:

- nuovi setti in corrispondenza degli estremi delle pareti esistenti di dimensioni 100x40 cm;
- travi estradossate di collegamento di dimensioni 30x90 cm in corrispondenza dei solai.

In tal modo si intende realizzare un irrigidimento ed un miglioramento della resistenza sismica per l'edificio anche in tale direzione.

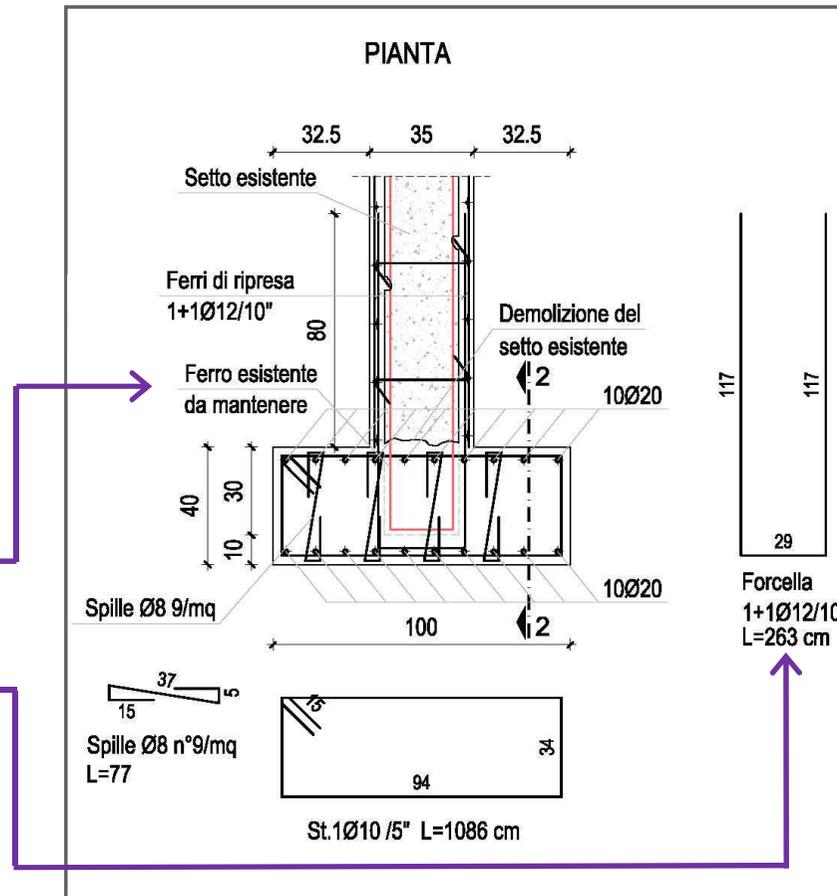
Gli interventi, sebbene non siano state riscontrate particolari carenze nelle fondazioni, richiedono anche una riconfigurazione ed un consolidamento delle stesse in considerazione delle differenti sollecitazioni cui saranno sottoposte e della necessità di ancoraggio delle barre longitudinali di armatura previste per gli interventi in elevazione.

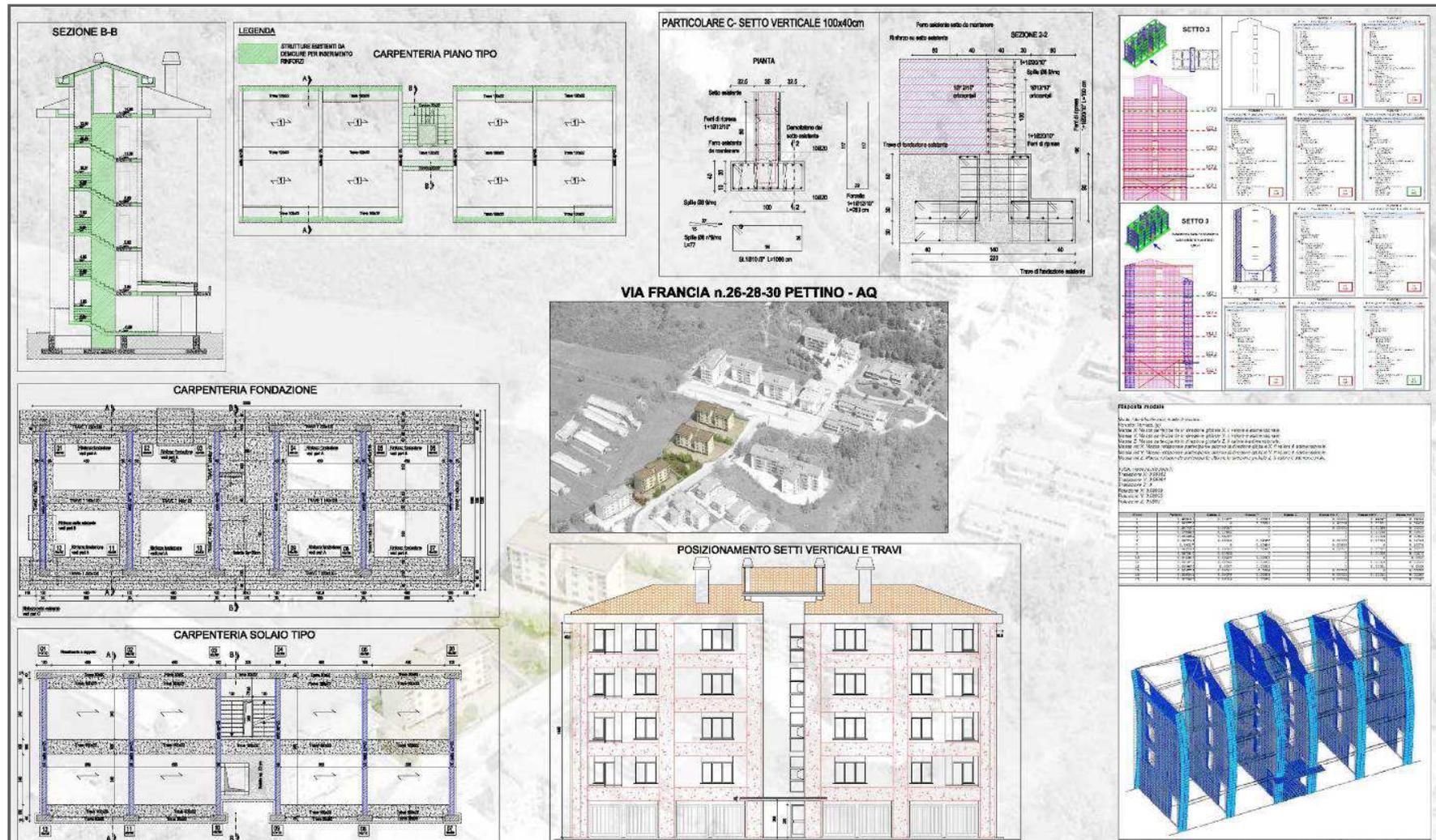


Al fine di creare una struttura integrata, ovvero nella quale si abbia un'effettiva ed efficace trasmissione delle azioni sismiche fra la parte esistente (setti trasversali) e la nuova struttura longitudinale (setti e travi) è fondamentale il dettaglio del collegamento fra tali elementi.

Nel caso in esame tale connessione è stata prevista prevedendo dapprima la demolizione del calcestruzzo su ambo le estremità dei setti esistenti, lasciando però intatta la loro armatura, che verrà successivamente inglobata nel getto dei nuovi setti trasversali.

In aggiunta è prevista un'ulteriore armatura, inserita all'interno dei nuovi setti e che si innesta su ambo i lati dei setti esistenti entro lo spessore del betoncino armato di placcaggio.





VIA FRANCIA n.26-28-30 PETTINO - AQ

Progetto di miglioramento sismico per valutare la convenienza economica a demolire e ricostruire

Il grado di vulnerabilità sismica della struttura, anche nell'ipotesi di setti non danneggiati, non è governato dalla vulnerabilità degli stessi, bensì dai meccanismi di danno che si attivano negli elementi strutturali disposti nella **“direzione debole”** del fabbricato.

Il confronto tra gli indicatori di rischio evidenziano che la resistenza sismica è essenzialmente governata dai meccanismi di danno che interessano gli elementi strutturali nella **direzione longitudinale dell'edificio** (direzione debole).

Ne consegue che la tipologia di verifica condotta per i setti è ininfluente per la valutazione dell'indicatore di rischio.

| INDICATORE DI RISCHIO α_U - VALUTAZIONE MECCANISMI NELLA DIREZIONE DEL PIANO DEBOLE CON ESCLUSIONE DEI MECCANISMI INERENTI I SETTI NEL LORO PIANO - DIREZIONE FORTE | |
|--|--|
| STATO DI FATTO | |
| | <i>Meccanismo duttile - Sollecitazioni di flessione - Fattore di struttura $q = 2,25$</i> |
| <i>Travi (di piano e/o di fondazione)</i> | 0,34 |
| | <i>Meccanismo fragile - Sollecitazioni di taglio - Fattore di struttura $q = 1,5$</i> |
| <i>Travi (di piano e/o di fondazione)</i> | 0,34 |
| STATO DI PROGETTO - MIGLIORAMENTO SISMICO | |
| | <i>Meccanismo duttile - Sollecitazioni di flessione - Fattore di struttura $q = 2,25$</i> |
| <i>Travi (di piano e/o di fondazione)</i> | 0,62 |
| | <i>Meccanismo fragile - Sollecitazioni di taglio - Fattore di struttura $q = 1,5$</i> |
| <i>Travi (di piano e/o di fondazione)</i> | 0,64 |

Sintesi delle verifiche escludendo la possibilità di meccanismi di danno ai setti. Si è considerato un fattore di struttura pari a 2,25 per l'analisi dei meccanismi duttili (flessione) ed a 1,5 per i meccanismi fragili (taglio)

Per quanto attiene agli aspetti economici si evidenzia come il costo dell'intervento di miglioramento sismico comporta la **convenienza economica** a procedere con l'**intervento di demolizione** del fabbricato e sua **ricostruzione ex-novo**.

| MIGLIORAMENTO SISMICO | SOSTITUZIONE EDILIZIA |
|---|---|
| <i><u>Ipotesi miglioramento sismico</u></i> | <i><u>Edificio realizzato con tecniche tradizionali</u></i> |
| € 1.169 €/mq + IVA | € 1.041 €/mq + IVA |

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE

*Alcune fasi della
demolizione dei
fabbricati esistenti*







Progetto di ricostruzione con sistema di isolamento sismico alla base



Sottostruttura costituita da fondazione diretta a platea, muri di contenimento e colonne di supporto in c.a. per gli isolatori;

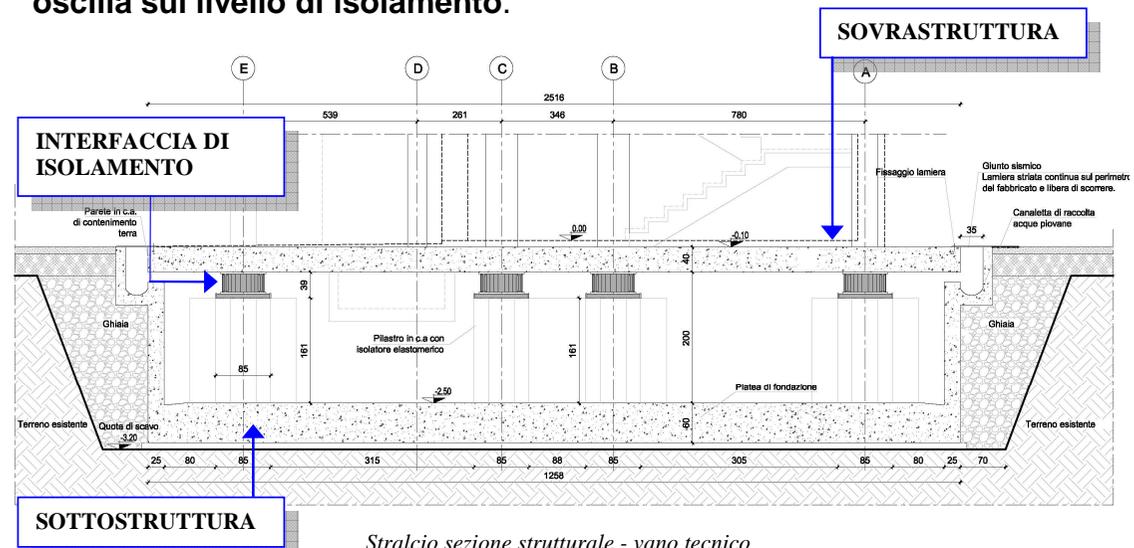
Interfaccia di isolamento realizzato per mezzo degli isolatori elastomerici;

Sovrastruttura realizzata con struttura portante intelaiata in c.a. gettata in opera.

Per realizzare l'isolamento è stata creata una discontinuità strutturale (**interfaccia di isolamento**) lungo l'altezza della costruzione tale da consentire ampi spostamenti orizzontali relativi tra la parte superiore (**sovrastuttura**) e quella inferiore (**sottostruttura**) della costruzione stessa nelle direzioni orizzontali.

Il collegamento tra la **sovrastuttura** e la **sottostruttura** è stato realizzato mediante **isolatori**, caratterizzati da una bassa rigidezza nei confronti degli spostamenti orizzontali ed elevata rigidezza nei confronti di quelli verticali.

La strategia di protezione sismica adottata ha consentito di **disaccoppiare il moto della sovrastuttura** da quello della sottostruttura in modo tale da concentrare le deformazioni della sovrastuttura essenzialmente in corrispondenza del piano di isolamento: in tal modo durante l'evento sismico **la sovrastuttura si comporta come un corpo rigido che oscilla sul livello di isolamento**.



Stralcio sezione strutturale - vano tecnico

Spettro di risposta elastico

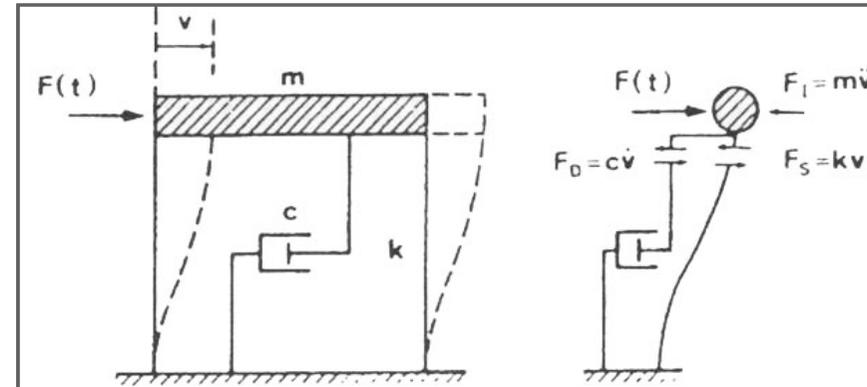
L'entità delle **forze sismiche** è funzione delle **caratteristiche di deformazione** della struttura, che dipendono:

- dai **periodi di vibrazione** associati ai **modi di vibrare principali**:

tale aspetto è rappresentato dalla forma degli spettri di risposta elastici ricavati per l'oscillatore semplice, che presentano valori dell'accelerazione spettrale minori per i periodi più alti, determinando così una riduzione delle sollecitazioni sismiche nel caso di strutture deformabili

- dalla **capacità di dissipazione energetica** della struttura:

tale aspetto costituisce la possibilità di dissipare una parte dell'energia del terremoto attraverso escursioni in campo plastico della struttura, le quali devono essere compatibili con le capacità di deformazione plastica possedute dalla struttura stessa.



Oscillatore semplice: è un sistema costituito dall'assemblaggio di una **massa**, una **molla elastica** ed uno **smorzatore** che vogliono rappresentare le tre caratteristiche dinamiche essenziali dei sistemi strutturali reali, cioè l'inerzia della masse in gioco, la loro reattività alla deformazione e la loro capacità di dissipare energia durante il moto.

L'equazione differenziale del moto dell'oscillatore semplice soggetto ad un evento sismico:

$$m \cdot \ddot{x}(t) + c \cdot \dot{x}(t) + F(x, t) = m \cdot a_g(t)$$

dove:

$a_g(t)$: accelerazione al suolo

$x(t)$: spostamento orizzontale dell'oscillatore

$F(x, t)$: legge forza-spostamento dell'oscillatore che nel caso di comportamento elastico assume la forma $F(x, t) = k \cdot x(t)$

Forzante esterna

La **SOLUZIONE dell'equazione differenziale** del moto per forzanti di tipo sismico conduce ad esprimere lo spostamento $x(t)$ mediante

l'integrale di Duhamel

$$x(t) = -\frac{1}{\omega_D} \cdot \int_0^t a_g(t) \cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cdot \sin \omega_D(t-\tau) d\tau$$

$$\cong -\frac{1}{\omega} \cdot \int_0^t a_g(t) \cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cdot \sin \omega_D(t-\tau) d\tau$$

in cui:

- $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{2\pi}{T}$ **pulsazione** del sistema (T è il periodo proprio)
- $\xi = \frac{c}{2\omega m}$ **fattore di smorzamento** del sistema
- $\omega_D = \omega \cdot \sqrt{1-\xi^2}$ **pulsazione delle oscillazioni smorzate**

Nella progettazione di strutture soggette ad azioni sismiche interessa conoscere i **VALORI MASSIMI assoluti della risposta strutturale** e il **massimo valore dello spostamento x** per l'assegnata accelerazione al suolo a_g si ottiene quando è massimo l'integrale presente nell'espressione precedente e si definisce **Spostamento Spettrale**:

$$S_d = \frac{1}{\omega} \cdot \left\{ \int_0^t a_g(t) \cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cdot \sin \omega_D(t-\tau) d\tau \right\}_{\max}$$

A partire dallo Spostamento Spettrale si definiscono successivamente

Velocità Spettrale

$$S_V = \omega \cdot S_d$$

Accelerazione Spettrale

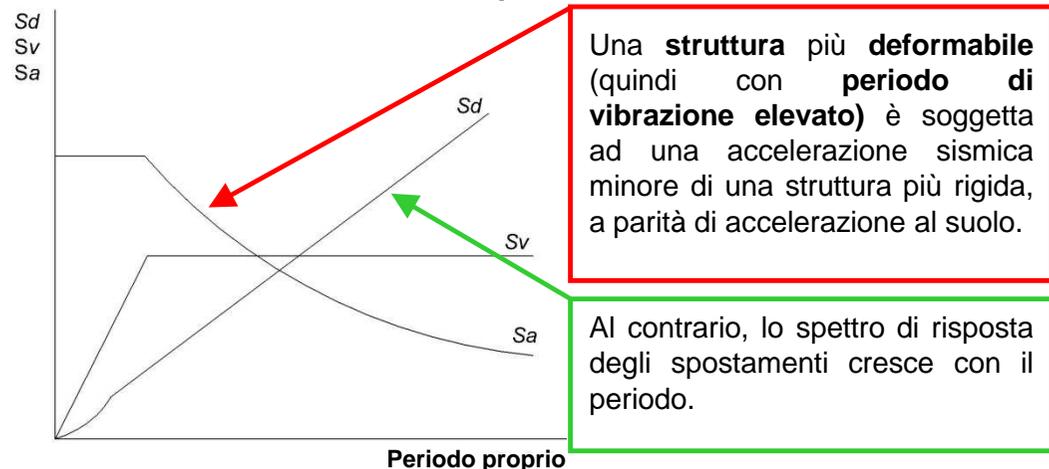
$$S_a = \omega \cdot S_V = \omega^2 \cdot S_d$$

$$F_{\max} = m \cdot S_a \leftarrow \text{quest'ultima consente di valutare l'azione sismica massima sulla struttura}$$

- L'**accelerazione spettrale Sa** è funzione della forma e dell'intensità dell'accelerazione al suolo a_g , del periodo proprio dell'oscillatore e del fattore di smorzamento.
- L'involuppo delle accelerazioni spettrali valutate sull'oscillatore semplice per vari terremoti, rapportato all'accelerazione di picco al suolo a_{\max} , costituisce lo **Spettro di risposta elastico** normalizzato:

$$R_e(T) = \frac{S_a(T)}{a_{\max}}$$

Si può osservare come lo **spettro di risposta dell'accelerazione DIMINUISCE all'aumentare del periodo** della struttura:



Spettro di progetto D.M. 2008

Le **verifiche agli stati limite ultimi** se non vengono effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture, le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovreresistenza e dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso, lo **Spettro di progetto Sd(T)** da utilizzare, sia per la componente verticale che orizzontale, è lo spettro elastico corrispondente. (Paragrafo 3.2.3.5).

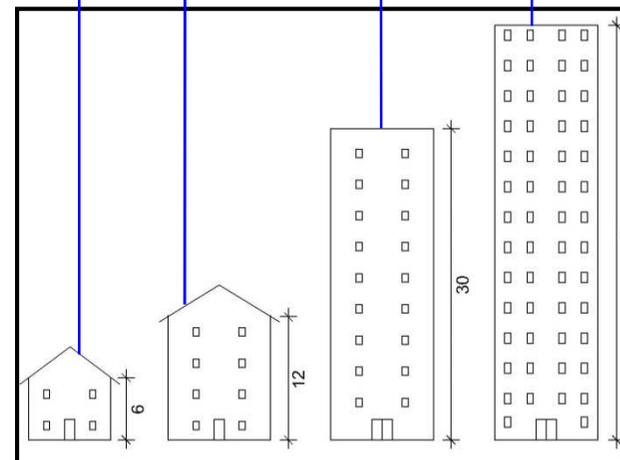
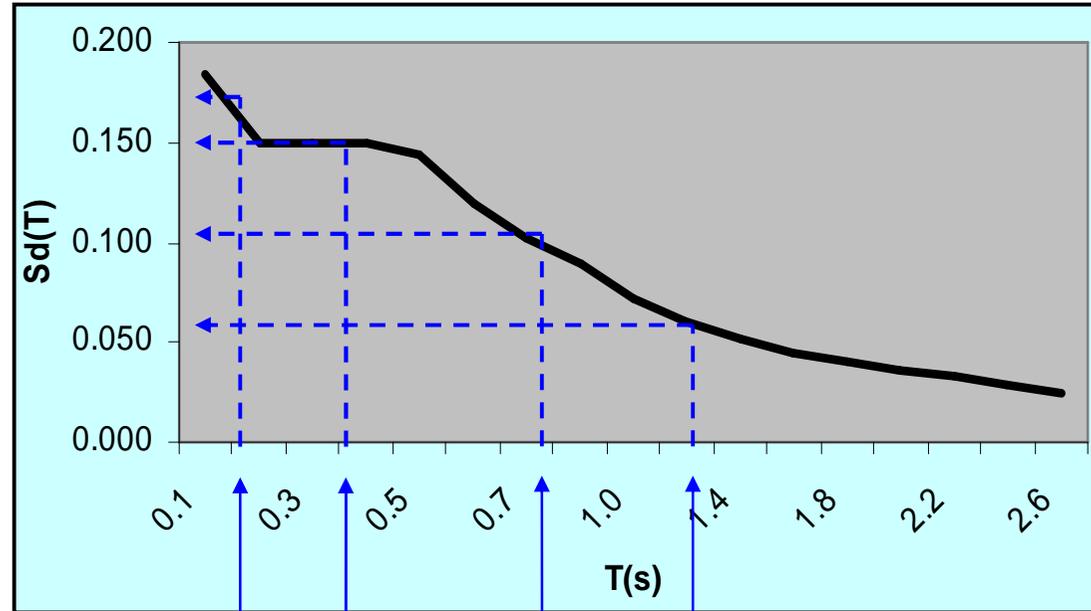
Per utilizzare tale Spettro è fondamentale la determinazione del **periodo proprio di vibrazione** della struttura, grazie al quale si può entrare nel diagramma e risalire a Sd(T): (Par. 7.3.3.2)

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove:

- C₁ = 0,085 costruzioni con struttura a telaio in acciaio
- 0,075 costruzioni con **struttura a telaio in c.a.**
- 0,050 costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura

H = altezza della costruzione dal piano di fondazione [m]



T = 0,2 sec T = 0,4 sec T = 0,9 sec T = 1,3 sec

Sistema di isolamento sismico - Criteri di progetto

Le strutture di supporto realizzate da pilastri in c.a. sono state dimensionate in modo da contenere in condizioni sismiche gli spostamenti orizzontali alla sommità degli stessi entro 1/20 degli spostamenti relativi al sistema di isolamento (§ 7.10.4.3 NTC/2008).

La sovrastruttura, considerato che la stessa deve comportarsi come un corpo rigido, è stata progettata per rimanere in campo elastico.

Il sistema di isolamento invece, per il ruolo critico che svolge, richiede un'affidabilità superiore. A tal proposito sono state condotte verifiche in campo elastico anche agli stati limite SLV e SLC.

I dispositivi scelti per l'isolamento della costruzione presentano caratteristiche meccaniche e dinamiche tali da consentirne una **modellazione lineare equivalente**. In particolare presentano uno **smorzamento lineare equivalente pari al 15%** e le caratteristiche di rigidezza sono tali da permetterne la modellazione per mezzo di elementi elastici (§ 7.10.5.2 D.M.2008).

Per i dispositivi adottati, il **rapporto tra la rigidezza verticale e quella equivalente orizzontale risulta superiore a 800**: ciò consente di trascurare nella modellazione della struttura la deformabilità verticale degli isolatori e quindi, nelle analisi dinamiche lineari condotte, di non portare in conto la componente verticale dell'azione sismica (§ 7.10.5.3.2 D.M.2008).

| ISOLATORE SI-S 650/200 | | | |
|--|---------------------|--------|-----------------|
| | | | |
| Caratteristiche isolatore | | | |
| Rigidezza equivalente | Ke | 0.66 | kN/mm |
| Rigidezza verticale = $E_c \cdot A' / t_e$ | Kv | 895 | kN/mm |
| Materiali - geometria | | | |
| Modulo dinamico equivalente a taglio dell'isolatore | G _{din} | 0.40 | MPa |
| Modulo di compressibilità volumetrica dell'elastomero (Bulk) | E _b | 2000 | MPa |
| Diametro dell'elastomero | D _g | 650 | mm |
| Diametro dei lamierini d'armatura | D | 630 | mm |
| Spessore del singolo strato di elastomero | t _i | 8 | mm |
| Numero di strati di elastomero (tutti dello stesso spessore) | n | 25 | |
| Spessore dei lamierini d'armatura | t _s | 3 | mm |
| Spessore delle piastre esterne vulcanizzate sup/inf | t _{s ext} | 20 | mm |
| Spessore delle piastre di ancoraggio in acciaio sup/inf | t _{s anch} | 25 | mm |
| Altezza isolatore escluse piastre d'ancoraggio | h | 312 | mm |
| Altezza isolatore incluse piastre d'ancoraggio | H | 362 | mm |
| Lato piastre d'ancoraggio sup/inf | Z | 700 | mm |
| Valori di calcolo | | | |
| Area del singolo strato in elastomero (depurata del foro) | A | 331831 | mm ² |
| Area del singolo lamierino d'armatura | A' | 311725 | mm ² |
| Superficie laterale libera del singolo strato di elastomero | L | 15834 | mm ² |
| Spessore totale dell'elastomero | t _e | 200 | mm |
| Coefficiente per calcolo area ridotta = $2 \arccos(d_{2 SLC} / D)$ | ϕ | 2.28 | |
| Area ridotta efficace = $(\phi - \text{sen } \phi) D^2 / 4$ | A _r | 150981 | mm ² |
| Dimensione equivalente = $3 \alpha D^2 / 4$ | a ² | 0 | |
| Modulo di compressibilità assiale | E _c | 574 | MPa |
| Fattore di forma primario = A'/L | S1 | 19.69 | |
| Fattore di forma secondario = D/t _e | S2 | 3.15 | |
| Peso isolatore escluse anche e/o viti d'ancoraggio | W | 552 | kg |

Il **pre-dimensionamento** del sistema di isolamento è stato condotto considerando la **sovrastuttura come un corpo rigido**, fissando un periodo fondamentale di vibrazione T_S della struttura a base isolata pari a **2,5 sec**, che corrisponde nel diagramma dello spettro di risposta (in termini di spostamento) al tratto con valori costanti dello spostamento spettrale.

Nell'ipotesi semplificativa adottata di sovrastuttura a comportamento rigido, la rigidità orizzontale dell'interfaccia d'isolamento può progettarsi sulla base della **massa complessiva** della sovrastuttura stessa.

In particolare, nelle ipotesi dette, la **rigidità orizzontale complessiva** del sistema di isolamento vale:

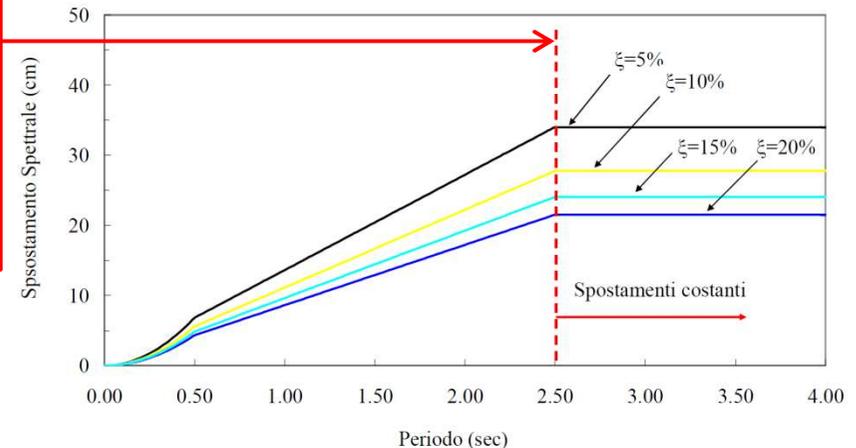
$$K_{H,tot} = m \cdot \omega^2 = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2 = 17.670,5 \text{ daN/cm}$$

dove:

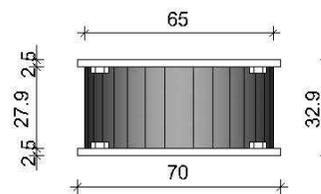
- $K_{H,tot}$ rigidità totale del sistema di isolamento;
- m massa sismica della sovrastuttura (stimata manualmente);
- T_S periodo fondamentale di vibrazione della struttura a base isolata = 2,5 sec.

Sono state scelte le tipologie di isolatori da utilizzare distribuendole in pianta in modo da **minimizzare** la **distanza** tra il **baricentro delle masse** di piano ed il **baricentro di rigidità** del piano di isolamento.

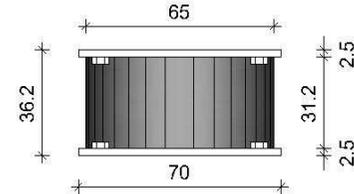
La scelta è ricaduta pertanto sui seguenti tipi di isolatori: **SI - S 650/200** e **SI - S 650/176**.



ISOLATORE SI-S 650/176



ISOLATORE SI-S 650/200



Alle suddette tipologie di isolatori corrispondono le seguenti caratteristiche di rigidezza:

- $K_e = 660 \text{ daN/cm}$ (per gli isolatori SI – S 650/200)
- $K_e = 750 \text{ daN/cm}$ (per gli isolatori SI – S 650/176)



Considerato di prevedere 12 isolatori del tipo SI–S 650/200 e 12 del tipo SI–S 650/176, la

rigidezza orizzontale complessiva

dell'interfaccia di isolamento risulta pari a:

$$K_{e,tot} = 16.920 \text{ daN/cm}$$

e di conseguenza il **periodo fondamentale della struttura isolata** risulta pari a:

$$T_{is} = 2\pi \cdot \left(\frac{m}{k}\right)^{0,5} = 2,6 \text{ sec}$$

Tale valore, calcolato manualmente nell'ipotesi semplificativa di comportamento rigido della sovrastruttura, è stato successivamente confrontato con quanto ottenuto dall'analisi modale, evidenziando così la bontà dei risultati ottenuti:

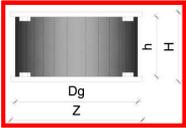
| <i>Analisi semplificata manuale</i> | | | | | $T_{strutt. isolata} = 2,6 \text{ sec}$ |
|---|-------------|-------------|-------------|---------|---|
| <i>Analisi Modale da programma di calcolo</i> | | | | | $T_{strutt. isolata} = 2,6 \text{ sec}$ |
| Modo | Periodo | Massa X | Massa Y | Massa Z | |
| 1 | 2.612265044 | 0.939642891 | 0.000256907 | 0 | |

VERIFICA ISOLATORI ELASTOMERICI
(Valutazioni condotte secondo D.M.2008 e Circolare esplicativa n.617 del 02-02-2009)

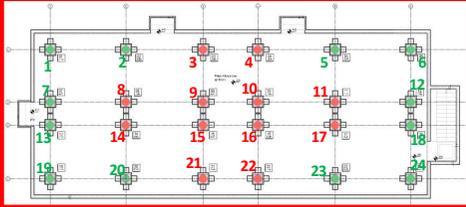
ISOLATORE ELASTOMERICO SERIE SI - 650/176

CARATTERISTICHE ISOLATORE:

| | | | |
|----------------|---|--|----|
| D | = | 630 | mm |
| D _g | = | 650 | mm |
| Z | = | 700 | mm |
| h | = | 279 | mm |
| H | = | 329 | mm |
| V | = | carico di compressione massimo agente sull'isolatore in condizioni sismiche desunto per ogni isolatore dalla Modellazione f.e.m. | |




| | | | |
|--|---|--------|-----------------|
| t ₁ =t ₂ =t _i | = | 8 | mm |
| t _s | = | 3 | mm |
| t _e | = | 176 | mm |
| f _{yk} | = | 275 | MPa |
| γ* | = | 2,5 | |
| G _{dm} | = | 0,4 | MPa |
| A | = | 331831 | mm ² |
| A' | = | 311725 | mm ² |

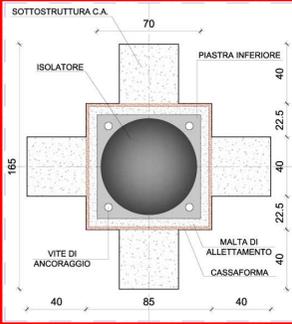
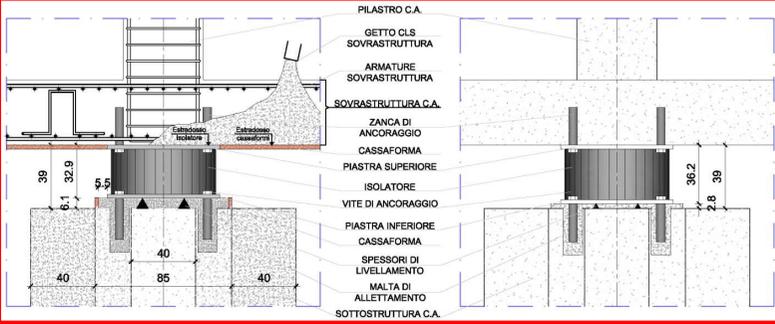


LEGENDA ISOLATORI

- isolatore elastomerico tipo "SI-S 650/176"
- isolatore elastomerico tipo "SI-S 650/200"

Valori calcolati in automatico

| | | | |
|----------------|---|-------|-----------------|
| L | = | 15834 | mm ² |
| E _b | = | 2000 | MPa |
| E _c | = | 574 | MPa |
| S ₁ | = | 19,69 | |
| S ₂ | = | 3,58 | |

Il sistema di isolamento è stato dimensionato in prima approssimazione considerando la sovrastruttura come un corpo rigido ed è stato fissato un periodo fondamentale di vibrazione T_S della struttura a base isolata pari a 2,5 sec.

Nell'ipotesi semplificativa di sovrastruttura a comportamento rigido la rigidità orizzontale dell'interfaccia di isolamento può progettarsi sulla base della massa complessiva della sovrastruttura.

In particolare, nelle ipotesi dette, la rigidità orizzontale complessiva del sistema di isolamento vale:

$$K_{H,tot} = m \cdot \omega^2 = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2$$

massa sismica della sovrastruttura m = 2797,5 daN/(cm/s²)
 periodo fondamentale di vibrazione della struttura a base isolata T_S = 2,5 sec

pertanto K_{H,tot} = 17670,54 daN/cm

Avendo scelto di utilizzare 12 isolatori elastomerici **SI-S-650/200** e 12 isolatori elastomerici **SI-S-650/176**, la rigidità orizzontale totale risulta pari a:

$$K_{H,tot} = (K_{e1} \cdot 12) + (K_{e2} \cdot 12)$$

poiché la rigidità equivalente di un isolatore **SI-S-650/200** vale K_{e1} = 660 daN/cm
 e la rigidità equivalente di un isolatore **SI-S-650/176** vale K_{e2} = 750 daN/cm

allora K_{H,tot} = 16920 daN/cm

da cui si ricava il periodo proprio della struttura isolata T_S = 2π · √(m / K_{H,tot}) = 2,6 sec

Si è successivamente controllato in via approssimativa la compatibilità tra gli scorrimenti degli isolatori e le loro capacità deformative:

$$S_s(T_S) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T_S}\right) = 140,61 \text{ cm/s}^2$$

dove in SLC si ha:

| | | |
|-------------------|---|------|
| a _g /g | = | 0,33 |
| S | = | 1,22 |
| ξ | = | 0,15 |
| η = √(10/(5+ξ)) | = | 0,71 |
| F ₀ | = | 2,40 |
| T _C | = | 0,53 |

Il taglio totale alla base vale V_B(T_S) = m · S_e(T_S) = 3933,59 kN

Ripartendo lo sforzo tagliante fra gli isolatori in modo proporzionale alle rispettive rigidzze si ottiene il valore dello scorrimento previsto in ogni isolatore che risulta essere compatibile con lo spostamento massimo di progetto allo SLC dell'isolatore (d_{Ed}(SI-S 650/200) = 28,1 cm; d_{Ed}(SI-S 650/176) = 26,3 cm):

| | | | |
|--|---|--------|----|
| Taglio V _B su isolatore SI-S-650/200 | = | 153,44 | kN |
| Taglio V _B su isolatore SI-S-650/176 | = | 174,36 | kN |

pertanto lo spostamento massimo di ogni isolatore risulta essere: d = V_B / K_e

| | | | |
|--|---|-------|----|
| Spostamento su isolatore SI-S-650/200 | = | 23,25 | cm |
| Spostamento su isolatore SI-S-650/176 | = | 23,25 | cm |

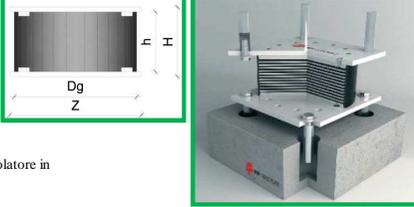
VERIFICA ISOLATORI ELASTOMERICI

(Valutazioni condotte secondo D.M.2008 e Circolare esplicativa n.617 del 02-02-2009)

ISOLATORE ELASTOMERICO SERIE SI - 650/200

CARATTERISTICHE ISOLATORE:

| | | | |
|----------------|---|--|----|
| D | = | 630 | mm |
| D _g | = | 650 | mm |
| Z | = | 700 | mm |
| h | = | 312 | mm |
| H | = | 362 | mm |
| V | = | carico di compressione massimo agente sull'isolatore in condizioni sismiche desunto per ogni isolatore dalla Modellazione f.e.m. | |

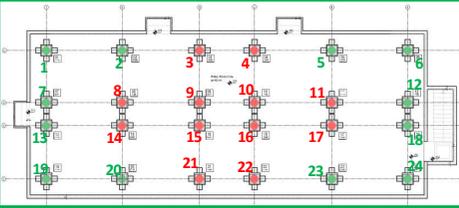
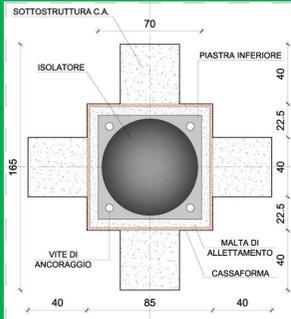
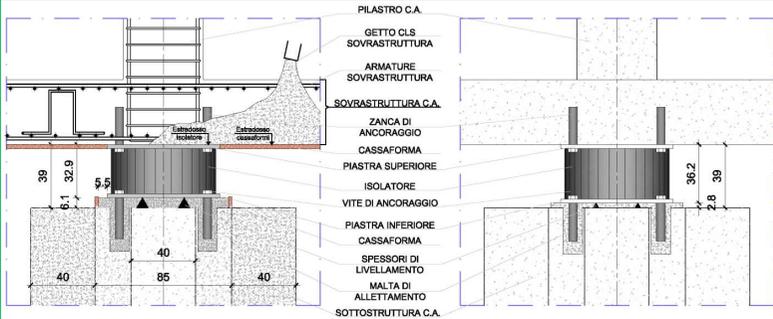


| | | | |
|--|---|--------|-----------------|
| t ₁ =t ₂ =t ₄ | = | 8 | mm |
| t _S | = | 3 | mm |
| t _e | = | 200 | mm |
| f _{yk} | = | 275 | MPa |
| γ* | = | 2,5 | |
| G _{din} | = | 0,4 | MPa |
| A | = | 331831 | mm ² |
| A' | = | 311725 | mm ² |
| L | = | 15834 | mm ² |
| E ₀ | = | 2000 | MPa |
| E _c | = | 574 | MPa |
| S ₁ | = | 19,69 | |
| S ₂ | = | 3,15 | |

LEGENDA ISOLATORI

- isolatore elastomerico tipo "SI-S 650/176"
- isolatore elastomerico tipo "SI-S 650/200"

Valori calcolati in automatico

Il sistema di isolamento è stato dimensionato in prima approssimazione considerando la sovrastruttura come un corpo rigido ed è stato fissato un periodo fondamentale di vibrazione T_S della struttura a base isolata pari a 2,5 sec. Nell'ipotesi semplificativa di sovrastruttura a comportamento rigido la rigidezza orizzontale dell'interfaccia di isolamento può progettarsi sulla base della massa complessiva della sovrastruttura. In particolare, nelle ipotesi dette, la rigidezza orizzontale complessiva del sistema di isolamento vale:

$$K_{H,tot} = m \cdot \omega^2 = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_S}\right)^2$$

massa sismica della sovrastruttura m = 2797,5 daN/(cm/s²)
 periodo fondamentale di vibrazione della struttura a base isolata T_S = 2,5 sec

pertanto K_{H,tot} = 17670,54 daN/cm

Avendo scelto di utilizzare 12 isolatori elastomerici SI-S-650/200 e 12 isolatori elastomerici SI-S-650/176, la rigidezza orizzontale totale risulta pari a:

$$K_{H,tot} = (K_{e1} \cdot 12) + (K_{e2} \cdot 12)$$

poiché la rigidezza equivalente di un isolatore SI-S-650/200 vale K_{e1} = 660 daN/cm
 e la rigidezza equivalente di un isolatore SI-S-650/176 vale K_{e2} = 750 daN/cm

allora K_{H,tot} = 16920 daN/cm

da cui si ricava il periodo proprio della struttura isolata T_S = 2π · √(m / K_{H,tot}) = 2,6 sec

Si è successivamente controllato in via approssimativa la compatibilità tra gli scorrimenti degli isolatori e le loro capacità deformative:

$$S_e(T_S) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T_S}\right) = 140,61 \text{ cm/s}^2$$

dove in SLC si ha:

| | | |
|-------------------|---|------|
| a _g /g | = | 0,33 |
| S | = | 1,22 |
| ξ | = | 0,15 |
| η = √(10/(5+ξ)) | = | 0,71 |
| F ₀ | = | 2,40 |
| T _C | = | 0,53 |

Il taglio totale alla base vale V_B(T_S) = m · S_e(T_S) = 3933,59 kN

Ripartendo lo sforzo tagliante fra gli isolatori in modo proporzionale alle rispettive rigidezze si ottiene il valore dello scorrimento previsto in ogni isolatore che risulta essere compatibile con lo spostamento massimo di progetto allo SLC dell'isolatore (d_{Ed}(SI-S 650/200) = 28,1 cm; d_{Ed}(SI-S 650/176) = 26,3 cm):

| | | | |
|---|---|--------|----|
| Taglio V _B su isolatore SI-S-650/200 | = | 153,44 | kN |
| Taglio V _B su isolatore SI-S-650/176 | = | 174,36 | kN |

pertanto lo spostamento massimo di ogni isolatore risulta essere: d = V_B / K_e

| | | | |
|---------------------------------------|---|-------|----|
| Spostamento su isolatore SI-S-650/200 | = | 23,25 | cm |
| Spostamento su isolatore SI-S-650/176 | = | 23,25 | cm |

Valori di calcolo desunti dalla Modellazione f.e.m.:

Si specifica che i valori V, d_{2SLC} e γ_a riportati nelle tabelle sottostanti corrispondono ai valori massimi registrati nella famiglia SLC per ogni isolatore e che per tale motivo non appartengono necessariamente alla medesima combinazione di carico.

| VERIFICA DELLA MASSIMA TENSIONE AGENTE NELLA GENERICA PIASTRA IN ACCIAIO | | | | | | | |
|--|--------------|---------|-------------------------|------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la tensione massima agente nella generica piastra in acciaio non deve essere maggiore di: | n. isolatore | V (daN) | d _{2 SLC} (mm) | φ | A _r mm ² | σ _s daN/mm ² | σ _s ≤ f _{yk} |
| | 3 | 202212 | 239 | 2,36 | 164848,43 | 8,50 | verif.soddisfatta |
| | 4 | 202710 | 239 | 2,36 | 164848,43 | 8,53 | verif.soddisfatta |
| | 8 | 137788 | 249 | 2,33 | 159040,21 | 6,01 | verif.soddisfatta |
| | 9 | 180123 | 237 | 2,37 | 166015,058 | 7,52 | verif.soddisfatta |
| | 10 | 184648 | 237 | 2,37 | 166015,058 | 7,71 | verif.soddisfatta |
| | 11 | 137970 | 250 | 2,33 | 158461,72 | 6,04 | verif.soddisfatta |
| | 14 | 139338 | 251 | 2,32 | 157883,664 | 6,12 | verif.soddisfatta |
| | 15 | 175737 | 238 | 2,37 | 165431,54 | 7,37 | verif.soddisfatta |
| | 16 | 172094 | 238 | 2,37 | 165431,54 | 7,21 | verif.soddisfatta |
| | 17 | 139064 | 251 | 2,32 | 157883,664 | 6,11 | verif.soddisfatta |
| | 21 | 192490 | 241 | 2,36 | 163683,441 | 8,15 | verif.soddisfatta |
| | 22 | 195880 | 241 | 2,36 | 163683,441 | 8,30 | verif.soddisfatta |

$\sigma_s = 1,3V(t_1 + t_2)/(A_r t_s) \leq f_{yk}$

| VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE TOTALE DELL'ELASTOMERO | | | | | | | |
|--|--------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---|
| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la deformazione totale dell'elastomero deve risultare | n. isolatore | γ _c | d _{2 SLC} (cm) | γ _s | γ _a | γ _t | γ _t ≤ γ* / 1,5 ≤ 2 γ _t < 5 |
| | 3 | 2,34 | 239 | 1,36 | 0,04 | 3,73 | verif.soddisfatta |
| | 4 | 2,34 | 239 | 1,36 | 0,04 | 3,74 | verif.soddisfatta |
| | 8 | 1,65 | 249 | 1,41 | 0,03 | 3,10 | verif.soddisfatta |
| | 9 | 2,07 | 237 | 1,35 | 0,05 | 3,46 | verif.soddisfatta |
| | 10 | 2,12 | 237 | 1,35 | 0,06 | 3,53 | verif.soddisfatta |
| | 11 | 1,66 | 250 | 1,42 | 0,04 | 3,12 | verif.soddisfatta |
| | 14 | 1,68 | 251 | 1,43 | 0,03 | 3,14 | verif.soddisfatta |
| | 15 | 2,02 | 238 | 1,35 | 0,06 | 3,44 | verif.soddisfatta |
| | 16 | 1,98 | 238 | 1,35 | 0,06 | 3,39 | verif.soddisfatta |
| | 17 | 1,68 | 251 | 1,43 | 0,04 | 3,14 | verif.soddisfatta |
| | 21 | 2,24 | 241 | 1,37 | 0,04 | 3,65 | verif.soddisfatta |
| | 22 | 2,28 | 241 | 1,37 | 0,04 | 3,69 | verif.soddisfatta |

$\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_a < 5$
 $\gamma_s \leq \gamma^* / 1,5 \leq 2$
dove:
γ_c = deformazione di taglio dell'elastomero prodotta dalla compressione
γ_s = deformazione di taglio dell'elastomero per lo spostamento sismico totale
γ_a = deformazione di taglio dovuta alla rotazione angolare

| VERIFICA SUL CARICO MASSIMO VERTICALE AGENTE SUL SINGOLO ISOLATORE | | | | |
|--|--------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 il carico massimo verticale agente sul singolo isolatore dovrà essere inferiore al carico critico V _{cr} diviso per un coefficiente di sicurezza 2,0 | n. isolatore | V _{cr} (daN) | i = V _{cr} / V | i > 2 |
| | 3 | 464679,7 | 2,30 | verifica soddisfatta |
| | 4 | 464679,7 | 2,29 | verifica soddisfatta |
| | 8 | 448307,3 | 3,25 | verifica soddisfatta |
| | 9 | 467968,2 | 2,60 | verifica soddisfatta |
| | 10 | 467968,2 | 2,53 | verifica soddisfatta |
| | 11 | 446676,6 | 3,24 | verifica soddisfatta |
| | 14 | 445047,2 | 3,19 | verifica soddisfatta |
| | 15 | 466323,4 | 2,65 | verifica soddisfatta |
| | 16 | 466323,4 | 2,71 | verifica soddisfatta |
| | 17 | 445047,2 | 3,20 | verifica soddisfatta |
| | 21 | 461395,8 | 2,40 | verifica soddisfatta |
| | 22 | 461395,8 | 2,36 | verifica soddisfatta |

$i = V_{cr} / V > 2$
 $V_{CR} = \frac{G_{din} \cdot A_r \cdot S_1 \cdot D}{t_e}$

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la tensione massima agente nella generica piastra in acciaio non deve essere maggiore di:

$$\sigma_s = 1,3V(t_1 + t_2)/(A_r t_s) \leq f_{yk}$$

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la deformazione totale dell'elastomero deve risultare

$$\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_a < 5$$

$$\gamma_s \leq \gamma^* / 1,5 \leq 2$$

dove:

- γ_c = deformazione di taglio dell'elastomero prodotta dalla compressione
- γ_s = deformazione di taglio dell'elastomero per lo spostamento sismico totale
- γ_a = deformazione di taglio dovuta alla rotazione angolare

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 il carico massimo verticale agente sul singolo isolatore dovrà essere inferiore al carico critico V_{cr} diviso per un coefficiente di sicurezza 2,0

$$i = V_{cr} / V > 2$$

$$V_{CR} = \frac{G_{din} \cdot A_r \cdot S_1 \cdot D}{t_e}$$

Valori di calcolo desunti dalla Modellazione f.e.m.:

Si specifica che i valori V_{d2SLC} e γ_a riportati nelle tabelle sottostanti corrispondono ai valori massimi registrati nella famiglia SLC per ogni isolatore e che per tale motivo non appartengono necessariamente alla medesima combinazione di carico.

VERIFICA DELLA MASSIMA TENSIONE AGENTE NELLA GENERICIA PIASTRA IN ACCIAIO

| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la tensione massima agente nella generica piastra in acciaio non deve essere maggiore di: $\sigma_s = 1,3V(t_1 + t_2) / (A_r t_s) \leq f_{yk}$ | n. isolatore | V (daN) | d _{2 SLC} (mm) | φ | A _r mm ² | σ _s daN/mm ² | σ _s ≤ f _{yk} |
|--|--------------|---------|-------------------------|------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| | 1 | 149038 | 260 | 2,29 | 152700,948 | 6,77 | verif.soddisfatta |
| | 2 | 170171 | 249 | 2,33 | 159040,21 | 7,42 | verif.soddisfatta |
| | 5 | 170078 | 250 | 2,33 | 158461,72 | 7,44 | verif.soddisfatta |
| | 6 | 148303 | 260 | 2,29 | 152700,948 | 6,73 | verif.soddisfatta |
| | 7 | 103138 | 262 | 2,28 | 151554,163 | 4,72 | verif.soddisfatta |
| | 12 | 103319 | 262 | 2,28 | 151554,163 | 4,73 | verif.soddisfatta |
| | 13 | 103430 | 263 | 2,28 | 150981,456 | 4,75 | verif.soddisfatta |
| | 18 | 105722 | 263 | 2,28 | 150981,456 | 4,85 | verif.soddisfatta |
| | 19 | 150027 | 265 | 2,27 | 149837,422 | 6,94 | verif.soddisfatta |
| | 20 | 167286 | 253 | 2,32 | 156728,855 | 7,40 | verif.soddisfatta |
| | 23 | 166759 | 253 | 2,32 | 156728,855 | 7,38 | verif.soddisfatta |
| | 24 | 149598 | 266 | 2,27 | 149266,099 | 6,95 | verif.soddisfatta |

VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE TOTALE DELL'ELASTOMERO

| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la deformazione totale dell'elastomero deve risultare $\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_\alpha < 5$ $\gamma_s \leq \gamma^* / 1,5 \leq 2$ dove: γ_c = deformazione di taglio dell'elastomero prodotta dalla compressione γ_s = deformazione di taglio dell'elastomero per lo spostamento sismico totale γ_α = deformazione di taglio dovuta alla rotazione angolare | n. isolatore | γ _c | d _{2 SLC} (cm) | γ _s | γ _α | γ _t | γ _s ≤ γ* / 1,5 ≤ 2 γ _t < 5 |
|---|--------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|---|
| | 1 | 1,86 | 260 | 1,30 | 0,06 | 3,22 | verif.soddisfatta |
| | 2 | 2,04 | 249 | 1,25 | 0,01 | 3,29 | verif.soddisfatta |
| | 5 | 2,04 | 250 | 1,25 | 0,01 | 3,30 | verif.soddisfatta |
| | 6 | 1,85 | 260 | 1,30 | 0,06 | 3,21 | verif.soddisfatta |
| | 7 | 1,30 | 262 | 1,31 | 0,05 | 2,66 | verif.soddisfatta |
| | 12 | 1,30 | 262 | 1,31 | 0,04 | 2,65 | verif.soddisfatta |
| | 13 | 1,30 | 263 | 1,32 | 0,05 | 2,67 | verif.soddisfatta |
| | 18 | 1,33 | 263 | 1,32 | 0,04 | 2,69 | verif.soddisfatta |
| | 19 | 1,91 | 265 | 1,33 | 0,06 | 3,29 | verif.soddisfatta |
| | 20 | 2,03 | 253 | 1,27 | 0,02 | 3,32 | verif.soddisfatta |
| | 23 | 2,03 | 253 | 1,27 | 0,02 | 3,31 | verif.soddisfatta |
| | 24 | 1,91 | 266 | 1,33 | 0,06 | 3,30 | verif.soddisfatta |

VERIFICA SUL CARICO MASSIMO VERTICALE AGENTE SUL SINGOLO ISOLATORE

| Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 il carico massimo verticale agente sul singolo isolatore dovrà essere inferiore al carico critico V _{cr} diviso per un coefficiente di sicurezza 2,0 $i = V_{cr} / V > 2$ $V_{cr} = \frac{G_{din} \cdot A_r \cdot S_1 \cdot D}{t_e}$ | n. isolatore | V _{cr} (daN) | i = V _{cr} / V | i > 2 |
|--|--------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| | 1 | 378785,4 | 2,54 | verifica soddisfatta |
| | 2 | 394510,4 | 2,32 | verifica soddisfatta |
| | 5 | 393075,4 | 2,31 | verifica soddisfatta |
| | 6 | 378785,4 | 2,55 | verifica soddisfatta |
| | 7 | 375940,8 | 3,65 | verifica soddisfatta |
| | 12 | 375940,8 | 3,64 | verifica soddisfatta |
| | 13 | 374520,1 | 3,62 | verifica soddisfatta |
| | 18 | 374520,1 | 3,54 | verifica soddisfatta |
| | 19 | 371682,3 | 2,48 | verifica soddisfatta |
| | 20 | 388776,9 | 2,32 | verifica soddisfatta |
| | 23 | 388776,9 | 2,33 | verifica soddisfatta |
| | 24 | 370265,1 | 2,48 | verifica soddisfatta |

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la tensione massima agente nella generica piastra in acciaio non deve essere maggiore di:
 $\sigma_s = 1,3V(t_1 + t_2) / (A_r t_s) \leq f_{yk}$

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 la deformazione totale dell'elastomero deve risultare
 $\gamma_t = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_\alpha < 5$
 $\gamma_s \leq \gamma^* / 1,5 \leq 2$
dove:
 γ_c = deformazione di taglio dell'elastomero prodotta dalla compressione
 γ_s = deformazione di taglio dell'elastomero per lo spostamento sismico totale
 γ_α = deformazione di taglio dovuta alla rotazione angolare

Secondo quanto suggerito nella Circolare n.617 del 02-02-2009 §C11.9.7 il carico massimo verticale agente sul singolo isolatore dovrà essere inferiore al carico critico V_{cr} diviso per un coefficiente di sicurezza 2,0
 $i = V_{cr} / V > 2$
 $V_{CR} = \frac{G_{din} \cdot A_r \cdot S_1 \cdot D}{t_e}$

È necessario verificare che le tensioni di compressione cui sono soggetti i diversi isolatori $\sigma_{v,s,max} = V/A'$ siano il più possibile uniformi, al fine di minimizzare le differenze di comportamento degli isolatori secondo quanto indicato al pt. 7.10.4.2 NTC2008.

Inoltre si è verificato che per tutti gli isolatori adottati il rapporto tra la rigidezza verticale e quella equivalente orizzontale risulti maggiore a 800 pertanto nella modellazione è stata trascurata la deformabilità verticale degli isolatori e valgono le condizioni di cui al pt.7.10.5.2. NTC2008.

| <i>n. isolatore</i> | V (daN) | A' (mm ²) | $\sigma_{v,s,max}$ | k_e (kN/mm) | k_v (kN/mm) | k_v / k_e |
|---------------------|---------|-----------------------|--------------------|---------------|---------------|-------------|
| 1 | 149038 | 311725 | 0,478 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 2 | 170171 | 311725 | 0,546 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 3 | 202212 | 311725 | 0,649 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 4 | 202710 | 311725 | 0,650 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 5 | 170078 | 311725 | 0,546 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 6 | 148303 | 311725 | 0,476 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 7 | 103138 | 311725 | 0,331 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 8 | 137788 | 311725 | 0,442 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 9 | 180123 | 311725 | 0,578 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 10 | 184648 | 311725 | 0,592 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 11 | 137970 | 311725 | 0,443 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 12 | 103319 | 311725 | 0,331 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 13 | 103430 | 311725 | 0,332 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 14 | 139338 | 311725 | 0,447 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 15 | 175737 | 311725 | 0,564 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 16 | 172094 | 311725 | 0,552 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 17 | 139064 | 311725 | 0,446 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 18 | 105722 | 311725 | 0,339 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 19 | 150027 | 311725 | 0,481 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 20 | 167286 | 311725 | 0,537 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 21 | 192490 | 311725 | 0,617 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 22 | 195880 | 311725 | 0,628 | 0,75 | 1017 | 1356,0 |
| 23 | 166759 | 311725 | 0,535 | 0,66 | 895 | 1356,1 |
| 24 | 149598 | 311725 | 0,480 | 0,66 | 895 | 1356,1 |

> 800

L'interfaccia di isolamento sismico è composto da 24 isolatori elastomerici per ogni fabbricato per un totale di **72 dispositivi di isolamento omogenei** e pertanto **realizzati in un unico lotto di produzione per ogni tipologia**, ovvero **36 del tipo SI-S 650/176** e **36 del tipo SI-S 650/200**, di produzione FIP Industriale

In accordo al D.M.14/01/2008 sono state effettuate le **prove di accettazione** secondo la norma EN15129:

- controllando la presenza delle targhette identificative necessarie per la rintracciabilità del prodotto, punzonate nello spessore della piastra esterna e riportanti la marcatura CE, l'anno di produzione, la sigla e le caratteristiche base dell'isolatore, il produttore, la commessa interna di produzione e il numero seriale del prodotto;
- selezionando tra la totalità dei dispositivi realizzati n° 8 isolatori del tipo SI-S 650/176 e n° 8 isolatori del tipo SI-S 650/200, secondo quanto indicato dalle normative vigenti (D.M. 14/01/2008, EN 15129), da sottoporre a prove di accettazione.

| SI—S 650/176 | | SI—S 650/200 | |
|-----------------------|--|-----------------------|---|
| ISOLATORE SELEZIONATO | NUMERO SERIE | ISOLATORE SELEZIONATO | NUMERO SERIE |
| 1 | 2083256 / 00001H <i>(1° isolatore prodotto)</i> | 1 | 2083298 / 00095 H <i>(1° isolatore prodotto)</i> |
| 2 | 2083274 / 00072 H | 2 | 2083294 / 00108 H |
| 3 | 2083281 / 00075 H | 3 | 2083294 / 00166 H |
| 4 | 2083251 / 00019 H | 4 | 2083301 / 00190 H |
| 5 | 2083260 / 00030 H | 5 | 2083302 / 00189 H |
| 6 | 2083267 / 00045 H | 6 | 2083306 / 00176 H |
| 7 | 2083250 / 00014 H | 7 | 2083305 / 00196 H |
| 8 | 2083252 / 00016 H | 8 | 2083308 / 00178 H |

Gli isolatori selezionati hanno superato le **prove di accettazione** svolte presso il Laboratorio dell'Università di Potenza, confermando tutti i parametri e le caratteristiche di progetto.

| | | | |
|---|--|---|--|
|  www.studiodeg.it | Committente: Condominio Cooperativa Verde Palazzina C,B,A Via Francia 26,28,30 Pettino – L'Aquila | Data: 16/02/2012 | Pag. 2 |
| | Lavoro: Intervento di sostituzione edilizia | Documento: Verbale di selezione isolatori | Rev. File: Verbale scelta isolatori |

VERBALE DI SELEZIONE ISOLATORI SISMICI DA SOTTOPORRE A PROVE DI ACCETTAZIONE
 Cap11 § 11.9 D.M. 14/01/2008 e EN 15129

- Viste le richieste di contributo per la sostituzione edilizia per gli edifici siti in via Francia 26,28,30 presentate in data 16/02/2010;
- Visto il rilascio dei contributi definiti del 28/10/2011 Prot. n° 29262 (Via Francia 26), del 13/10/2011 Prot. n° 28769 (Via Francia 28), del 13/10/2011 Prot. n° 28765 (Via Francia 30);
- Visto il rilascio dei Permessi di Costruire n° 197 del 29/09/2011 (Via Francia 26), n° 196 del 29/09/2011 (Via Francia 28), n° 198 del 29/09/2011 (Via Francia 30);
- Viste le Attestazioni di avvenuto deposito Genio Civile 02/12/2011 n°1353/11 (Via Francia 26), del 30/11/2011 n°1354/11 (Via Francia 28), del 02/12/2011 n°1353/11 (Via Francia 30);
- Viste le comunicazioni di inizio lavori del 09/11/2011 Prot. n°55100 (Via Francia 26), del 24/10/2011 Prot. n°52218 (Via Francia 28), del 24/10/2011 Prot. n°52229 (Via Francia 30);
- Visti i verbali di consegna dei lavori del 09/11/2011 con inizio del 14/11/2011 (via Francia 26), del 24/10/2011 con inizio del 27/10/2011 (Via Francia 28), del 24/10/2011 con inizio del 27/10/2011 (via Francia 30);
- Considerato che le tre palazzine in oggetto hanno un sistema di isolamento composto da 24 isolatori per un totale di n°72 realizzati in un unico lotto di produzione per tipologia, ovvero 36 del tipo SI-S 650/176 e 36 del tipo SI-S 650/200, che in accordo al DM 14/01/2008 è necessario effettuare le prove di accettazione secondo la EN 15129;

L'anno 2012 il giorno **SEDICI** del mese di **FEBBRAIO** in **SELVAZZANO DENTRO (PD)**, **VIA SCAPACCHIO' N°41** il sottoscritto **ING. ANGELO DE COCINIS** in qualità di Direttore dei lavori dei cantieri in oggetto si è recato presso lo stabilimento di produzione dei dispositivi di isolamento antisismico.

Alla presenza dei Sig.ri:

- **Ing. Infanti** in Qualità di Responsabile Ricerca e Sviluppo dell'azienda produttrice dei dispositivi antisismici **FIP INDUSTRIALE SPA**;
- **P.I. Pinato** in qualità di Responsabile Commerciale di commessa dell'azienda produttrice dei dispositivi antisismici **FIP INDUSTRIALE SPA**;

il sottoscritto ha controllato la presenza delle targhette identificative necessarie per la rintracciabilità del prodotto punzonate nello spessore della piastra esterna e riportanti la marcatura CE, l'anno di produzione, la sigla e le caratteristiche base dell'isolatore, il produttore, la commessa interna di produzione e il numero seriale del prodotto.

Il sottoscritto ha selezionato tra la totalità dei dispositivi realizzati n°8 isolatori del tipo SI-S 650/176 e n°8 isolatori del tipo SI-S 650/200, secondo quanto indicato dalle normative vigenti (DM 14/01/2008, EN 15129) e di seguito elencati:



StudioDEG di Ing. Angelo De Cocinis - Via G. Astengo 11 - 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
Tel. 051/26 014 Fax 051/687 680 7 e-mail: ingegneria@studiodeg.it web: www.studiodeg.it

| | | | |
|---|--|---|--|
|  www.studiodeg.it | Committente: Condominio Cooperativa Verde Palazzina C,B,A Via Francia 26,28,30 Pettino – L'Aquila | Data: 16/02/2012 | Pag. 3 |
| | Lavoro: Intervento di sostituzione edilizia | Documento: Verbale di selezione isolatori | Rev. File: Verbale scelta isolatori |

| SI—S 650/176 | |
|-----------------------|--|
| ISOLATORE SELEZIONATO | NUMERO SERIE |
| 1 | 2083256 / 00001H <i>(1° isolatore prodotto)</i> |
| 2 | 2083274 / 00072 H |
| 3 | 2083281 / 00075 H |
| 4 | 2083251 / 00019 H |
| 5 | 2083260 / 00030 H |
| 6 | 2083267 / 00045 H |
| 7 | 2083250 / 00014 H |
| 8 | 2083252 / 00016 H |

| SI—S 650/200 | |
|-----------------------|---|
| ISOLATORE SELEZIONATO | NUMERO SERIE |
| 1 | 2083298 / 00095 H <i>(1° isolatore prodotto)</i> |
| 2 | 2083294 / 00108 H |
| 3 | 2083294 / 00166 H |
| 4 | 2083301 / 00190 H |
| 5 | 2083302 / 00189 H |
| 6 | 2083306 / 00176 H |
| 7 | 2083305 / 00196 H |
| 8 | 2083308 / 00178 H |

Tali isolatori saranno sottoposti a prova di accettazione presso i Laboratori dell'Università di Potenza.

Selvazzano Dentro (PD) il 16/02/2012

IL DIRETTORE DEI LAVORI
(dott. ing. Angelo De Cocinis)



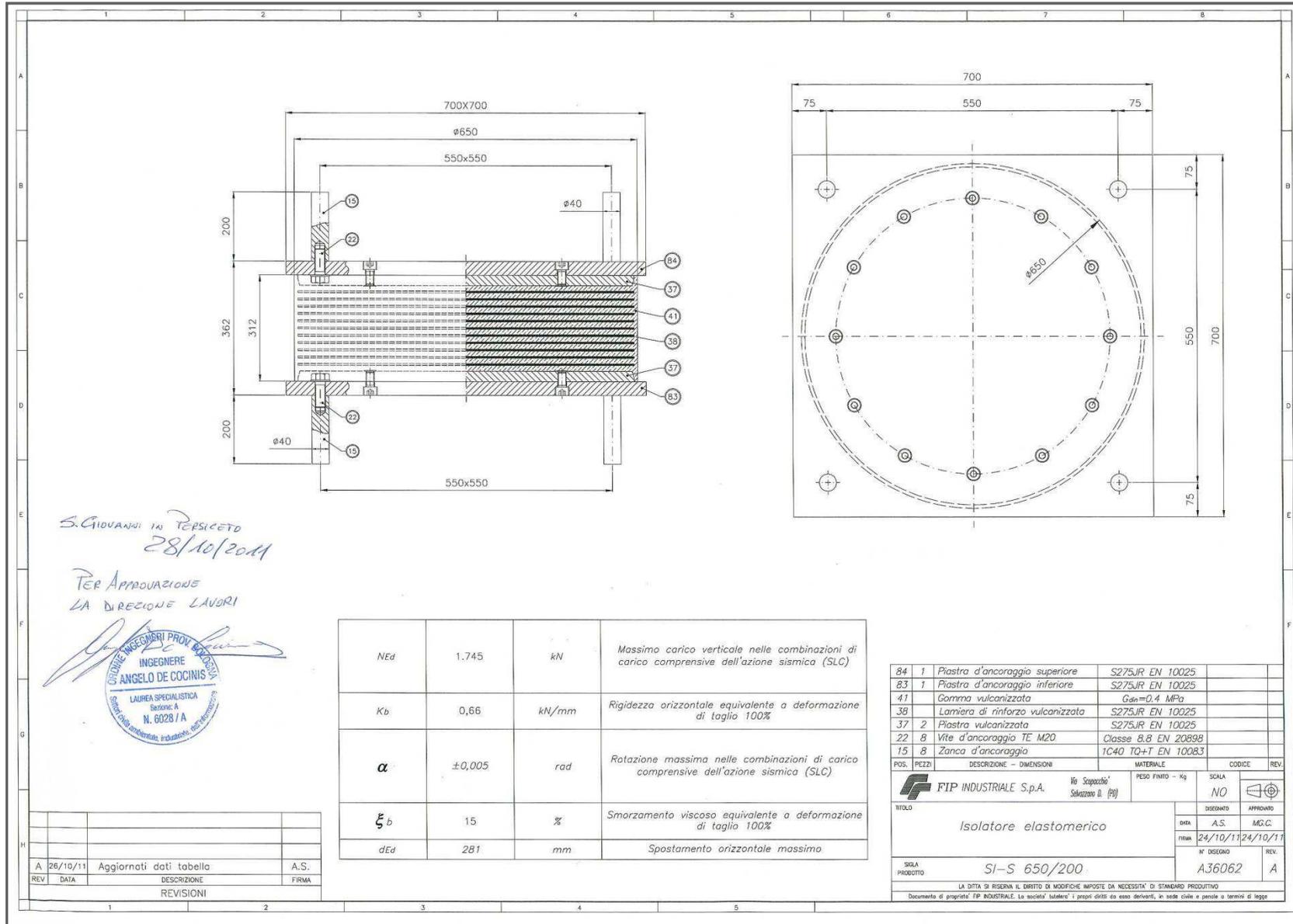
INGEGNERE
 ANGELO DE COCINIS
 LAUREA SPECIALISTICA
 Settore: A
 N. 6028 / A

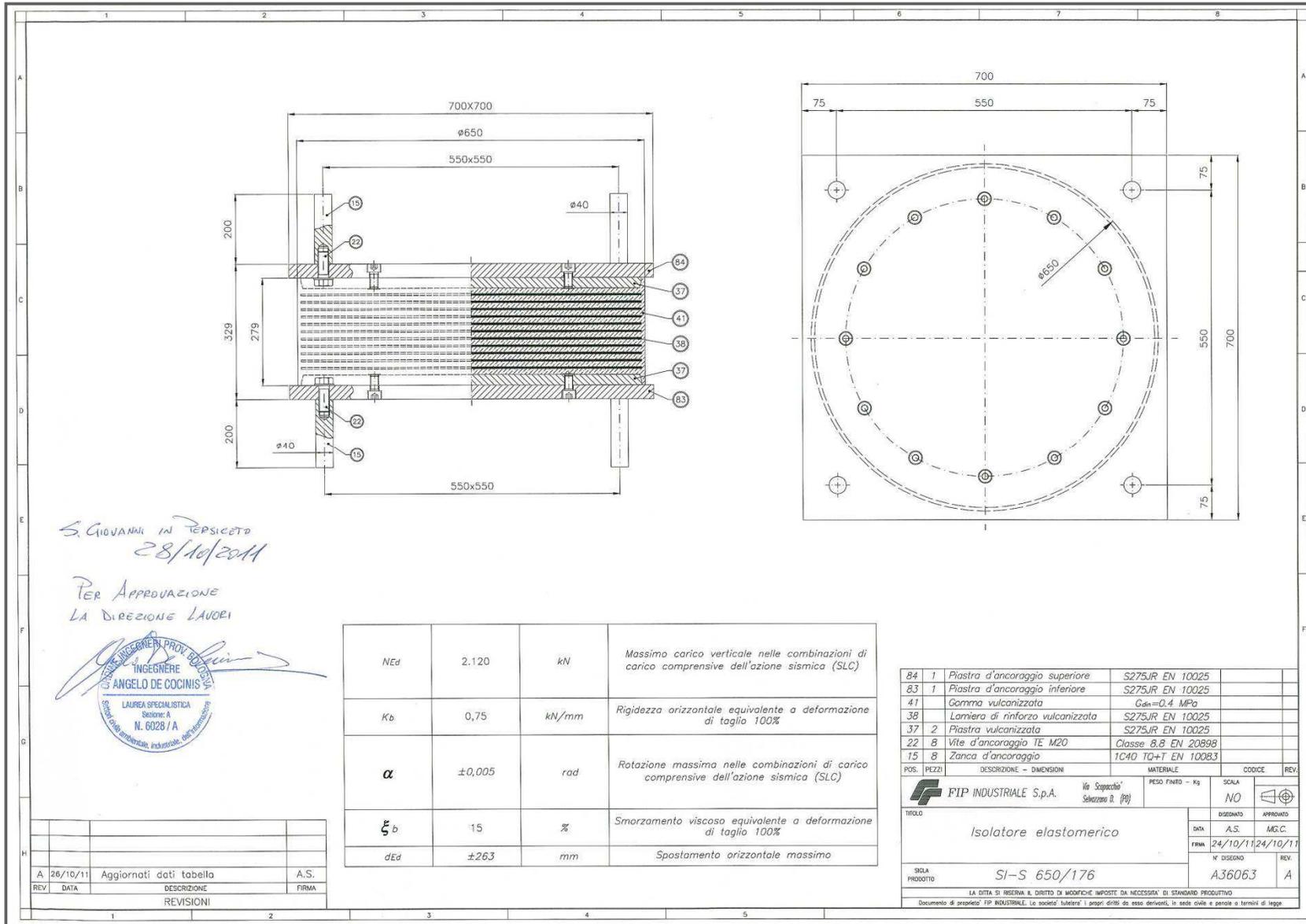
FIP INDUSTRIALE s.p.a.
Responsabile Ricerca e Sviluppo
Dott. Ing. Samuela Infanti





StudioDEG di Ing. Angelo De Cocinis - Via G. Astengo 11 - 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
Tel. 051/26 014 Fax 051/687 680 7 e-mail: ingegneria@studiodeg.it web: www.studiodeg.it







UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA BASILICATA
Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata
Laboratorio Prove Materiali e Strutture
www.unibas.it/sislab - fax: +39 0971 205273 - tel. +39 0971 205279-80
Via dell'Ateneo Lucano n.10 - 85100 Potenza



Polenza 26/03/2012
Certificato / Certificate n. 46/2012
Pratica / Practice n. 12/12 - 17/02/2012

Prot. N. 58-12-L.S.

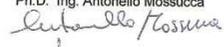
DA ASSOGGETTARSI A BOLLO
IN CASO D'USO,
AI SENSI DEL D.P.R. 642/72.

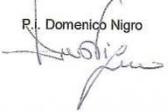
PROVE DI ACCETTAZIONE SU ISOLATORI ELASTOMERICI SI-S 650/176IN ACCORDO ALLA NORMATIVA EUROPEA EN15129:2009

FACTORY PRODUCTION CONTROL TESTING ON ELASTOMERIC ISOLATORS SI-S 650/176 CARRIED OUT ACCORDING TO THE EUROPEAN STANDARD EN15129:2009

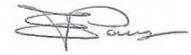
| | |
|---|--|
| Richiedente / Applicant: | FIP Industriale S.p.a. Via Scapacchio 41 - 35030 SelvaZZano (PD) |
| Richiesta / Request: | PC-UP-R 991 del 17.02.2012. Accettata con protocollo N.25/12-L.S. del 17.02.2012. Isolatori ricevuti in laboratorio in data 23/02/2012. / PC-UP-R 991 on 17 th February 2012. / Accepted with N.25/12-L.S protocol on 17 th February 2012. Devices received at the Laboratory on 23 rd February 2012. |
| Pratica / Practice: | N. 12/12 del 17/02/2012 - Codice Cliente n. 1064. / N. 12/12 - 17 th February 2012- Client Code n.1064. |
| Tipo Dispositivo / Type Device: | Isolatori sismici tipo / Seismic isolator type: SI-S 650/176 |
| Identificativo / Identification: | Numeri seriali dispositivi / Device serial number: 2083298 / 2083291 / 2083294 / 2083301 / 2083302 / 2083306 / 2083305 / 2083308. |
| Specifiche di prova / Reference Standards: | Prove di accettazione ai sensi della normativa Europea EN15129:2009 / Factory Production Control Testing carried out according to the European Standard EN15129:2009. |
| Prove eseguite / Tests made: | dal 29/02/2012 al 02/03/2012. / from 29 th February 2012 to 02 nd March 2012. |

Gli Sperimentatori
The Test Performers

Ph.D. Ing. Antonello Mossuca


R. Domenico Nigro


Il Responsabile Scientifico del Laboratorio
The Scientific Director of the Laboratory

Prof. Ing. F. C. Ponzo




Certificato / Certificate n. 46/20121/8



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA BASILICATA
Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata
Laboratorio Prove Materiali e Strutture
www.unibas.it/sislab - fax: +39 0971 205273 - tel. +39 0971 205279-80
Via dell'Ateneo Lucano n.10 - 85100 Potenza



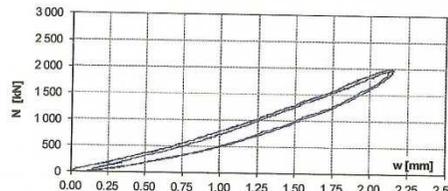


Figura 1 - Legame carico verticale-abbassamento: dispositivo SI-N 650/200, SN 2383251.
Figure 1 - Vertical load vs displacement relationship: device SI-N 650/200, SN 2383251.

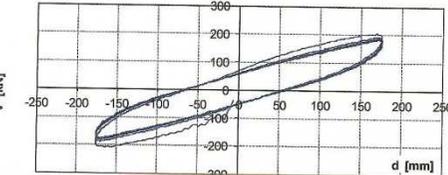


Figura 2 - Legame forza di taglio - spostamento orizzontale: dispositivo SI-N 650/200, SN 2383251.
Figure 2 - Shear vs transverse displacement relationship: device SI-N 650/200, SN 2383251.

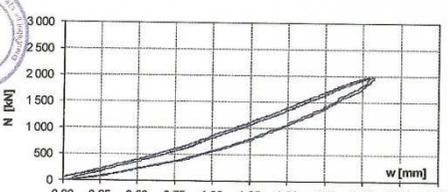


Figura 3 - Legame carico verticale-abbassamento: dispositivo SI-N 650/200, SN 2383250.
Figure 3 - Vertical load vs displacement relationship: device SI-N 650/200, SN 2383250.

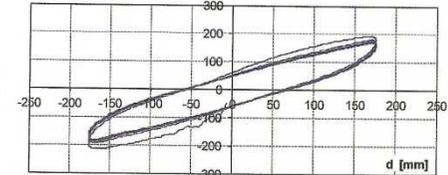
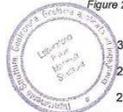


Figura 4 - Legame forza di taglio - spostamento orizzontale: dispositivo SI-N 650/200, SN 2383250.
Figure 4 - Shear vs transverse displacement relationship: device SI-N 650/200, SN 2383250.



Certificato / Certificate n. 46/20124/8

MARCATURA CE E RELATIVE INFORMAZIONI (EN 15129 ALLEGATO ZA.3)

Cliente: COOPERATIVA COSTRUZIONI BOLOGNA Opera: EDIFICI 1-2-3 IN VIA FRANCIA - L'AQUILA

| |
|---|
| CE |
| 1835 - CPD - 0012 |
|  |
| Via Scapacchiò, 41 35030 Selvazzano D.(PD) Italy |
| 1835 - CPD - 0012 |
| UNI EN 15129:2009 |
| Isolatori sismici con utilizzo nel campo delle temperature operative tra -25°C e +50°C in edifici e opere di ingegneria civile nei quali i requisiti sui singoli dispositivi sono critici |
| Isolatori sismici |
| Caratteristiche come da allegati costruttivi generici e norme nazionali applicabili |
| ELEMENTO DI SCORRIMENTO |
| Geometria (come nei disegni o nella descrizione allegati) |

| N° | TIPO | DISEGNO | Numeri Seriali |
|----|--------------|----------|----------------|
| | Type | Drawings | Serial numbers |
| 36 | SI-S 650/200 | A36092 | 208384/319 |
| 36 | SI-S 650/176 | A36093 | 2083248/283 |

FIP INDUSTRIALE S.p.a.
(Direttore/UT) Technical Manager
Dot. Ing. Gian Paolo COLATO



DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ

Con la presente, Fip Industriale S.p.A. attesta, sulla base della relazione sulle operazioni di posa redatta dal nostro incaricato ing. Francesco Giammarco relativa all'intervento nel cantiere denominato:

**CONDOMINIO COOP. VERDE
VIA FRANCIA, 28 – 67100 L'AQUILA**

che la procedura di posa in opera degli isolatori è risultata conforme alla specifica tecnica di progetto (manuale di installazione FIP TP_1001_IT) di FIP Industriale S.p.A.

IL DIRETTORE TECNICO DI STABILIMENTO

Selvazzano Dentro, 12 Giugno 2012

FIP Industriale S.p.A.
Ing. Gian Paolo COLATO

Allegato (solo ½ mail): Relazione sulle operazioni di posa in opera Isolatori sismici – Condominio Coop.Verde, via Francia 28 – 67100 L'Aquila

FIP INDUSTRIALE S.p.A.
Società con unico socio
Via Scapacchiò, 41
35030 SELVAZZANO D. (PD) ITALY
Tel. +39 049 822 5511
Fax +39 049 638 567
E-mail: fip@fip-group.it

Cap. Soc. € 10.000.000 i.v.
Reg. Impr. di PD n. 02373170287
R.E.A. n. 225035
C.F. e P. IVA n. 02373170287
http://www.fip-group.it



ISO 9001 - Cert. n. 0057

ISPEZIONE DEGLI ISOLATORI:

La condizione degli isolatori deve essere **controllata visivamente** almeno alla frequenza dell'ispezione periodica della struttura.

Le **ispezioni Periodiche** degli isolatori devono essere eseguite dall'Autorità che cura la manutenzione della struttura ogni qualvolta sia possibile (ad esempio contemporaneamente alle altre attività di ordinaria manutenzione).

Gli isolatori devono essere puliti, se necessario, per consentire a un ispettore di svolgere tale compito.

Gli isolatori dovrebbero inoltre essere ispezionati in seguito ad un **evento eccezionale** come un terremoto, un'alluvione, una frana, etc.

Secondo il risultato dell'ispezione, deve essere intrapresa una delle seguenti azioni:

- nessuna azione;
- ulteriori misurazioni (con temperature estreme, carichi diversi, etc.);
- ulteriori procedimenti di prova;
- riparazione (sostituzione dell'intero isolatore o parte di esso, rinnovo o supplemento della protezione anticorrosione, sigillatura con malta, etc.).

| | | |
|--|----------------------------|---|
|  FIP INDUSTRIALE | UFFICIO TECNICO | TP 2001_IT Rev. 0 Pag. 1 di 10 |
|--|----------------------------|---|

MANUALE DI ISPEZIONE E DI MANUTENZIONE DEGLI ISOLATORI ELASTOMERICI

**(isolatori elastomerici serie SI e
isolatori elastomerici con nucleo
in piombo serie LRB)**

| | | | | | |
|------|-------------|---------|---------|-----------|------------|
| | | | | | |
| 0 | Emissione | PC | MGC | GPC | 25/06/2009 |
| REV. | Descrizione | Redatto | Rivisto | Approvato | DATA |

ISPEZIONE PERIODICA:

Tutti i dati raccolti devono essere progressivamente registrati in un'apposita scheda, nella quale dovranno essere indicate anche la data e l'ora dell'ispezione.

Si consiglia di eseguire le operazioni d'ispezione secondo l'ordine riportato di seguito, volto a controllare le seguenti caratteristiche:

- Condizioni generali dell'isolatore;
- Condizioni della superficie laterale della gomma;
- Difetti visibili (fessurazione, posizione non corretta, movimenti imprevisti e deformazioni);
- Condizioni di sigillatura e fissaggio;
- Condizione della protezione anticorrosione;
- Difetti visibili delle parti strutturali attigue;
- Effettivo movimento orizzontale della superficie superiore dell'isolatore (della sovrastruttura), in entrambe le direzioni principali;
- Entità delle rotazioni dell'elemento superiore dell'isolatore per mezzo di idonei calibri.

Deve essere, inoltre, misurata la temperatura dell'aria in prossimità dell'isolatore per mezzo di un termometro e tale misurazione deve essere registrata.

ISPEZIONI PRINCIPALI:

Le ispezioni principali devono essere effettuate agli intervalli definiti nell'Allegato 1, meno frequenti rispetto alle ispezioni periodiche e generalmente sostituiscono una di esse.

Tali ispezioni devono avere come risultato una registrazione precisa della condizione dell'appoggio e, se adeguatamente interpretate e rispettate, assicurano che l'appoggio conservi la sua funzionalità fino alla successiva ispezione principale.

L'ispezione principale deve includere tutti i punti specificati per l'ispezione periodica ma in modo più dettagliato e preciso. I punti particolarmente importanti da ispezionare sono riportati nell'Allegato 1, nel quale sono indicate anche le dimensioni principali da registrare per questo tipo di isolatore. Esse devono essere misurate con il solo peso proprio agente sulla struttura. Qualora ciò non sia possibile devono essere forniti i dettagli del carico accidentale nel modo più preciso possibile.

ALLEGATO 1. ATTIVITÀ DI ISPEZIONE

| COSA ISPEZIONARE? | FREQUENZA | COSA CERCARE | ATTREZZATURA | LIVELLO DI ACCETTABILITÀ | AZIONI NEL CASO DI NON CONFORMITÀ | NOTE |
|--------------------------|---|--|------------------------------------|---|---|---|
| Aspetto della gomma | Prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Crepe, protuberanze degli strati di gomma | Controllo visivo | Lievi protuberanze degli stati di gomma compresi fra i lamierini di rinforzo interni sono da considerarsi corrette nel normale esercizio dell'isolatore. A parte queste, l'isolatore dovrebbe essere liscio ed esente da difetti. Protuberanze irregolari indicano armature interne mal collocate o un carico verticale eccessivo sull'isolatore. | Ispezioni più frequenti | Se necessario contattare FIP Industriale |
| Spostamento | Prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Posizione relativa tra le superfici superiore ed inferiore | Controllo visivo / metro / calibro | 1) movimenti indicati dal progettista 2) nessuna anomalia nella posizione reciproca | Verificare con l'ufficio tecnico dell'ente gestore dell'opera | Se necessario contattare FIP Industriale |
| Rotazione | Prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Spazio libero di rotazione | calibro | Rotazioni indicate dal progettista | Verificare con l'ufficio tecnico dell'ente gestore dell'opera | Se necessario contattare FIP Industriale |
| Protezione anticorrosiva | prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Macchie di ruggine | Controllo visivo | Estensione del difetto inferiore al 5% della superficie totale | Ritoccare la verniciatura | L'obiettivo è quello di riparare qualsiasi difetto della verniciatura prima dell'innescio di una sostanziale corrosione del supporto metallico. |



FIP INDUSTRIALE

UFFICIO
TECNICO

TP 2001_IT
Rev. 0
Pag. 8 di 10

| COSA ISPEZIONARE? | FREQUENZA | COSA CERCARE | ATTREZZATURA | LIVELLO DI ACCETTABILITA' | AZIONI NEL CASO DI NON CONFORMITA' | NOTE |
|---|---|---|------------------|---|--|---|
| Viti ed elementi di fissaggio | prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Serraggio delle viti (se previsto) | Chiavi opportune | Nessun elemento di fissaggio o viti non ben fissato | Rifissare | Qualsiasi forma di ancoraggio deve essere controllata per impedire che diventi lasca o addirittura inattiva. |
| Danni alle parti metalliche | prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Distorsioni / qualsiasi danneggiamento generale | Controllo visivo | Nessun danno | Riparare/sostituire le parti danneggiate. Ispezioni più frequenti della struttura per possibili anomalie | Tutte le parti di acciaio devono essere controllate evidenziando qualsiasi segno di distorsione dovuto a sovraccarico e per qualsiasi altro segnale di danneggiamento |
| Condizioni degli elementi strutturali adiacenti | prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Fessure nel materiale di allettamento / cedimenti | Controllo visivo | | Ispezioni più frequenti della struttura per possibili anomalie | In molti casi la prima indicazione del malfunzionamento di un isolatore è l'insorgere di danni alle strutture adiacenti. È pertanto importante controllare anche le strutture adiacenti ad ogni ispezione degli isolatori e riportarne lo stato |
| Varie | prima ispezione dopo un anno, poi ogni quattro anni | Rumori non preventivati, sporcizia, ecc. | Controllo visivo | | Ispezioni più frequenti della struttura per possibili anomalie | Qualsiasi condizione di interesse non richiamata da una specifico capoverso deve comunque essere segnalata e registrata. Un rumore non preventivato associato con il passaggio del traffico o anomalie simili ne possono essere un esempio. Si dovrebbero anche fare dei commenti, qualora questi possano aiutare nell'interpretazione dei dati raccolti nell'ispezione o, nel momento in cui è stata eseguita un'ispezione successiva, guidare l'ispettore verso i possibili punti di debolezza. |



FIP INDUSTRIALE

UFFICIO TECNICO

| | | |
|---------|------|---------|
| Pag. | Rev. | TP |
| 9 di 10 | 0 | 2001_IT |

SOSTITUZIONE DI UN ISOLATORE:

La sostituzione degli isolatori o di parti di essi deve essere effettuata in modo da evitare qualsiasi danno alla struttura.

La sostituzione di un isolatore è un'operazione che richiede il trasferimento temporaneo delle azioni verticali agenti sul dispositivo. Tali azioni possono essere trasferite direttamente dai martinetti alla sottostruttura o indirettamente, disponendo i martinetti su un'opportuna struttura provvisoria di contrasto. I martinetti devono essere applicati solo nei punti previsti. Non devono essere superate le forze di sollevamento ammesse e le entità di sollevamento previste. La struttura deve essere protetta dal crollo nel caso di rottura dei martinetti. Se sono possibili movimenti della struttura quando essa è sollevata, i movimenti dovrebbero essere consentiti da dispositivi scorrevoli o deformabili. I martinetti dovranno essere disposti ad una distanza tale da consentire lo sfilamento in direzione orizzontale del dispositivo.

Nel caso si verifichino eventi imprevisti, si prega di contattare l'azienda produttrice per concordare le azioni necessarie da intraprendere. Per le piccole manutenzioni è possibile riferirsi all'Allegato 1 sotto la colonna "AZIONI NEL CASO DI NON CONFORMITÀ".

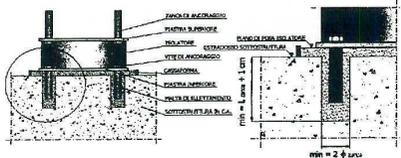
Tutte le attività di manutenzione devono comunque essere segnalate all'azienda produttrice.

Le operazioni per la sostituzione degli isolatori devono essere condotte esattamente secondo l'ordine riportato di seguito:

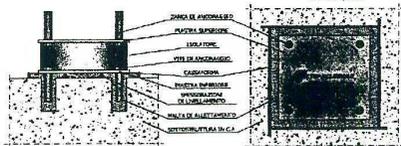
- Montaggio delle eventuali staffe di trasporto necessarie a mantenere unite le varie parti dell'appoggio;
- Rimozione delle viti di ancoraggio che collegano l'isolatore alla sovrastruttura;
- Installazione dei dispositivi per il sollevamento della sovrastruttura;
- Sollevare la struttura fino ad ottenere una separazione di 5 mm dall'estradosso dell'isolatore;
- Rimozione delle viti per l'ancoraggio dell'isolatore alla sottostruttura;
- Rimozione dell'isolatore;
- Posizionamento del nuovo isolatore e fissaggio alla sottostruttura mediante le viti d'ancoraggio;
- Abbassamento della sovrastruttura;
- Fissaggio dell'isolatore alla sovrastruttura mediante le viti di ancoraggio;
- Rimozione delle staffe di trasporto.

| | | | |
|--------------|--------------------------------|------------------|-------|
| OPERA: | COND. COOP VERDE VIA FRANCA 28 | NUMERO ISOLATORE | EG |
| COMMITTENTE: | CCC | DATA | 26/04 |

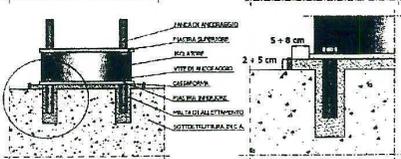
| LAVORAZIONI | CONTROLLO | OK |
|--|--|---------|
| FORI PER ZANCHE NEI BAGGIOLI/PILASTRI | INTERASSE CORRETTO | OK |
| | PROFONDITA' MIN = L _{ZANCA} +1CM | OK |
| | LARGHEZZA MIN = 2φ ZANCA ZANCA φ 40 FORO φ 30 | OK |
| QUOTA ALTEZZA PILASTRO PRIMA DI POSARE L'ISOLATORE | QUOTA FINITA = H ₁ 2/3 CM | -2,1 cm |
| POSIZIONAMENTO ISOLATORE | PLANARITA' VISTA CON COLLAUDATORE | OK |
| CASSAFORMA | | OK |
| INSERIMENTO CUNEI DI SPESSORAZIONE/LIVELLAMENTO | H MAX 2 - 3 CM | OK |
| GETTO MALTA CEMENTIZIA REOPLASTICA ANTIRITIRO | SATURARE CON ACQUA SUPERFICIE | OK |
| | ELIMINARE RESIDUI ACQUA | OK |
| VISTA IN CANTIERE | SPESSORE FRA 2 E 3 CM | OK |
| | EVITARE BOLLE D'ARIA | OK |



FASE 1 - CONTROLLI PRELIMINARI



FASE 2 - POSIZIONAMENTO ISOLATORE

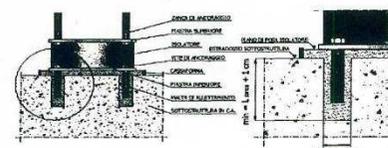


FASE 3 - GETTO MALTA DI ALLETAMENTO

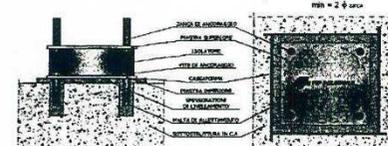
| PERSONALE PRESENTE IN CANTIERE | | |
|--------------------------------|---------|-----------------------|
| COGNOME | NOME | RUOLO |
| SELLI | MASSIMO | DIRETTORE DI CANTIERE |
| MAZZA | DANIELE | ASSISTENTE ALLA D.C. |
| ING. PIERRI | ANTONIO | COLLAUDATORE |

| | | | |
|--------------|---------------------------|------------------|-------|
| OPERA: | COND. VERDE VIA FRANCA 28 | NUMERO ISOLATORE | AG |
| COMMITTENTE: | CCC | DATA | 26/04 |

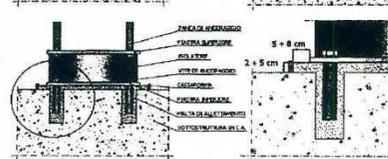
| LAVORAZIONI | CONTROLLO | OK |
|--|---|------|
| FORI PER ZANCHE NEI BAGGIOLI/PILASTRI | INTERASSE CORRETTO | OK |
| | PROFONDITA' MIN = L _{ZANCA} +1CM | OK |
| | LARGHEZZA MIN = 2φ ZANCA | OK |
| QUOTA ALTEZZA PILASTRO PRIMA DI POSARE L'ISOLATORE | QUOTA FINITA = H ₁ 2/3 CM | -2,2 |
| POSIZIONAMENTO ISOLATORE | PLANARITA' | OK |
| CASSAFORMA | | OK |
| INSERIMENTO CUNEI DI SPESSORAZIONE/LIVELLAMENTO | H MAX 2 - 3 CM | OK |
| GETTO MALTA CEMENTIZIA REOPLASTICA ANTIRITIRO | SATURARE CON ACQUA SUPERFICIE | |
| | ELIMINARE RESIDUI ACQUA | |
| | SPESSORE FRA 2 E 3 CM | |
| | EVITARE BOLLE D'ARIA | |



FASE 1 - CONTROLLI PRELIMINARI



FASE 2 - POSIZIONAMENTO ISOLATORE



FASE 3 - GETTO MALTA DI ALLETAMENTO

| PERSONALE PRESENTE IN CANTIERE | | |
|--------------------------------|------|-------|
| COGNOME | NOME | RUOLO |
| SELLI | | |
| MAZZA | | |
| PIERRI | | |

Effettuata la demolizione del fabbricato esistente e lo smaltimento delle macerie si è proceduto alla realizzazione della

Sottostruttura:

- **fondazione** di tipo diretto costituita da platea in c.a. di spessore pari a 60 cm;
- **muri di contenimento** del terreno necessari per la creazione del vano tecnico interrato;
- **colonne** a supporto degli isolatori a sezione quadrata di 85x85cm con aggiunta di elementi di ringrosso tramite pareti in c.a. dello spessore di 40 cm al fine di consentire il ricentraggio, la rimozione e/o la sostituzione degli isolatori per mezzo di martinetti idraulici.



Scavo di fondazione



Getto del magrone



Sottostruttura – posa armatura platea di fondazione e colonne



Sottostruttura – getto platea di fondazione



Sottostruttura - prelievo cubetti cls

| | | |
|---|---|--|
| Cantiere <u>VIA FRANCA 28 - PAL B</u> Impresa <u>COOP. COSTRUZIONI</u> | CONTROLLO in ACCETTAZIONE Norme di Rif. N.T.C. - D.M. 14/01/2008 §4 e §11 Calcestruzzo preconfezionato <input type="checkbox"/> Con processo industriale <input type="checkbox"/> Con processo di produzione TEMPORANEO | Committente <u>CONDOMINIO COOP. VERDE</u> <u>VIA FRANCA 28 - PAL. B</u> Codice prelievo |
|---|---|--|

VERBALE di PRELIEVO n° 3 in data 20/03/2012

Il sottoscritto: ING. ANGELO DE COCINIS nella sua qualità di:
 Direttore dei Lavori
 Delegato dal Direttore dei Lavori

- dichiara che in data odierna ha provveduto, nell'ambito di un controllo di accettazione tipo A o B sul calcestruzzo confezionato, al prelievo di 2 provini.

Il Documento Di Trasporto (DDT) n. 315 del 20/03/12 della ditta COLABEON S.p.A. riporta i seguenti estremi identificativi del calcestruzzo:

Trattandosi della prima fornitura è stato preliminarmente trasmesso copia della certificazione del processo di produzione da parte di Organismo terzo

sono indicati gli estremi della certificazione di organismo terzo del processo di produzione (FPC):
ICM2 - CLS 381

NON sono indicati gli estremi della certificazione di organismo terzo del processo di produzione

Classe di resistenza: C 20/25 C 25/30 C 28/35 C 32/40 altro

Classe di consistenza (avorabilità): S3 (10+15 cm) S4 (16+21 cm) S5 (>22 cm) altro

Diametro massimo dell'Aggregato: 25 sigla identificativa cls: RC30c25 254A00

destinazione: (indicare la parte strutturale a cui è destinato il calcestruzzo oggetto dei provini):

- travi di fondazione n. _____, pilastri del piano n. _____;

- travi del solaio n. _____; scale tra i solai n. _____ e n. _____

- PLATEA DI FONDAZIONE

- _____

- **Ha verificato** che le caratteristiche dichiarate dal produttore nel DDT sono compatibili con quanto richiesto nel progetto strutturale;

- **dispone** che il prelievo venga identificato dal n. 19.20 del 20/03/12 mediante:

pennarello indelebile; Targhetta; Altro: _____;

- **dispone** altresì che il Sig. DANIELE MARA nella sua qualità di CAPO CANTIERE custodisca i provini secondo quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

- _____

Il prelievo è stato eseguito alle ore 12.20
 Data 20/03/12 Il Direttore dei Lavori (o suo delegato) per accettazione: L'incaricato della custodia dei cubetti
Angelo De Cocinis Daniele Mara
 INGEGNERE LAUREA SPECIALISTICA
 S. ANGELO DE COCINIS
 Sezione A
 FRONTE

StudioDEG di Ing. Angelo De Cocinis - Via G. Astengo, 11 - 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
 Tel. 051-826014 Fax 051-6876807 e-mail: ingegneria@studiodieg.it web: www.studiodieg.it

METODO DI COMPATTAZIONE dei provini
(secondo norma UNI EN 12390 - 2)

VIBRATORE INTERNO

eventuali PROVE effettuate SUL CALCESTRUZZO FRESCO
LETTURA DEL MANOMETRO ALLA POMPA PER SLUMP

eventuali NOTE e OSSERVAZIONI

Data 20/03/12 Il Direttore dei Lavori (o suo delegato)
Angelo De Cocinis
 INGEGNERE LAUREA SPECIALISTICA
 S. ANGELO DE COCINIS
 Sezione A

Breve riepilogo Obblighi Normativi (punto 11.2.5 del D.M. 14-01-08)

Controllo di tipo A: è riferito ad una quantità di miscela omogenea $\leq 300 \text{ m}^3$. Ogni controllo è costituito da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un max di 100 m^3 di getto. Per ogni giorno di getto va effettuato almeno un prelievo. Per costruzioni con meno di 100 m^3 di getto è consentito derogare dall'obbligo del prelievo giornaliero.

Controllo di tipo B: è riferito a costruzioni con più di 1500 m^3 di getto di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto almeno 1 prelievo e comunque 15 prelievi per ogni 1500 m^3 di getto.

Si ricorda che un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera, il cls necessario al confezionamento di 2 cubetti (provini). La media delle resistenze a compressione dei due provini rappresenta la resistenza di prelievo.

Norme di riferimento per preparazione, forma, dimensione e stagionatura dei provini in cls: UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2.

Il controllo di accettazione avrà esito positivo se:

dette $R_1 \leq R_2 \leq R_3$ le resistenze di prelievo;
 $R_m = (R_1 + R_2 + R_3) / 3$ la loro media;
 R_{ck} la resistenza caratteristica del calcestruzzo in esame (vedi DDT):
 per entrambi i controlli: $R_1 \geq R_{ck} - 3,5 \text{ N/mm}^2$

e, contemporaneamente:

Controllo di Tipo A
 $R_m \geq R_{ck} + 3,5 \text{ N/mm}^2$

Controllo di tipo B
 $R_m \geq R_{ck} + 1,4 s$ (n° prelievi ≥ 15)
 Dove $s =$ scarto quadratico medio = $\sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{(n-1)}}$
 Coefficiente di variazione: s/R_m $c_v \leq 0,15$ OK
 $0,15 < c_v \leq 0,30$ ulter. Contr.
 $0,30 < c_v$ NON accettabile

Metodi di compattazione del calcestruzzo per i provini:

- pestello di compattazione metallico a sezione circolare e con le estremità arrotondate, con diametro di circa 16 mm e lunghezza di circa 600 mm;
- barra dritta metallica a sezione quadrata, con lato di circa 25 mm e lunghezza di circa 380 mm;
- vibratore interno con frequenza minima di 120 Hz e diametro non superiore ad $\frac{1}{4}$ della più piccola dimensione del provino;
- tavola vibrante con frequenza minima pari a 40 Hz;

RETRO

StudioDEG di Ing. Angelo De Cocinis - Via G. Astengo, 11 - 40017 San Giovanni in Persiceto (BO)
 Tel. 051-826014 Fax 051-6876807 e-mail: ingegneria@studiodieg.it web: www.studiodieg.it

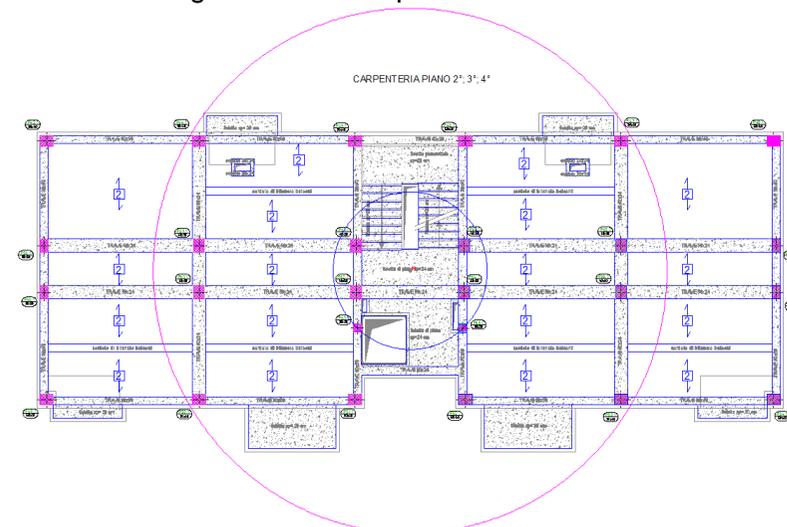
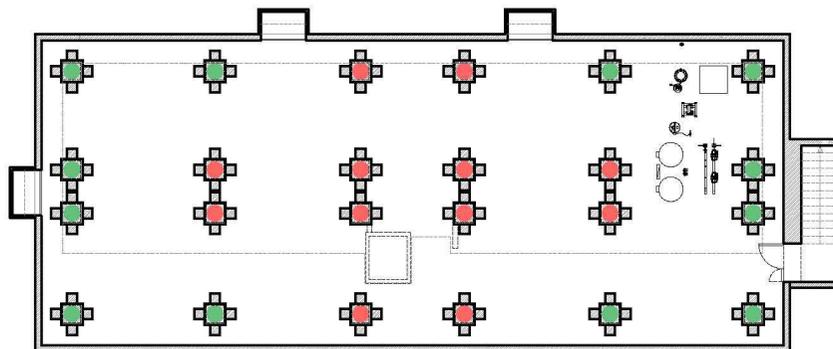
Ultimata la sottostruttura si è proceduto all'inserimento dell' **interfaccia di isolamento sismico**

Ogni fabbricato è dotato di un' **interfaccia d'isolamento sismico** composta da **24 isolatori elastomerici** a mescola morbida che hanno il compito di isolare letteralmente il fabbricato dal terremoto: anche dopo eventi sismici particolarmente importanti l'edificio continuerà a mantenere la sua piena funzionalità.

Questa tecnologia, non nuova agli addetti ai lavori, fino ad oggi è stata ad appannaggio di pochissime costruzioni in Italia e tutte a carattere strategico: la realizzazione di questi tre fabbricati rappresenta il primo esempio in Italia di edifici isolati alla base di iniziativa privata.



- **Interfaccia di isolamento:** isolatori elastomerici disposti all'intradosso del primo solaio di calpestio della struttura in elevazione e supportati dalle sottostanti colonne in c.a.;
- La disposizione in pianta è stata scelta tenendo conto della loro rigidezza ed in base alla masse della sovrastruttura afferenti a ciascuno di essi, valutate per aree di influenza;
- Si è configurato un impianto di base simmetrico che consente di minimizzare la distanza tra il baricentro delle masse di piano ed il baricentro di rigidezza del piano di isolamento così da annullare gli effetti torsionali.
- Gli **isolatori elastomerici** scelti sono a pianta circolare e realizzati in elastomero armato, ovvero costituiti da strati alterni di acciaio e di elastomero collegati mediante vulcanizzazione;
- in considerazione delle sollecitazioni agenti e degli spostamenti attesi sono state previste **2 tipologie** di isolatori:
 - **SI – S 650/200** Isolatore elastomerico (SI) a mescola morbida (S) del diametro di 650 mm, realizzato con mescola elastomerica morbida, con strati in gomma aventi spessore totale 200 mm;
 - **SI – S 650/176** Isolatore elastomerico (SI) a mescola morbida (S) del diametro di 650 mm, realizzato con mescola elastomerica morbida, con strati in gomma aventi spessore totale 176 mm.



Nel caso in esame l'ellisse delle rigidzze presenta una forma pressoché circolare a dimostrazione di una distribuzione uniforme delle rigidzze.



Prima di effettuare il getto dei pilastri della sottostruttura sono stati predisposti gli **alloggiamenti** necessari per le **zanche di ancoraggio inferiori** degli isolatori.

Tali predisposizioni sono state realizzate mediante canotti in PVC con diametro pari al doppio di quello delle zanche in modo tale da garantire il loro fissaggio con una certa possibilità di aggiustamento.

In seguito alla scasseratura dei pilastri tali elementi in PVC sono stati rimossi manualmente.



Il getto della sottostruttura è stato effettuato sino ad una quota di circa 3 cm al di sotto della quota di intradosso della piastra inferiore degli isolatori.





Durante la **fase di posizionamento** degli isolatori sui pilastri si sono utilizzati dei cunei e delle viti di livellamento per garantire il livello altimetrico e la perfetta orizzontalità dei dispositivi.

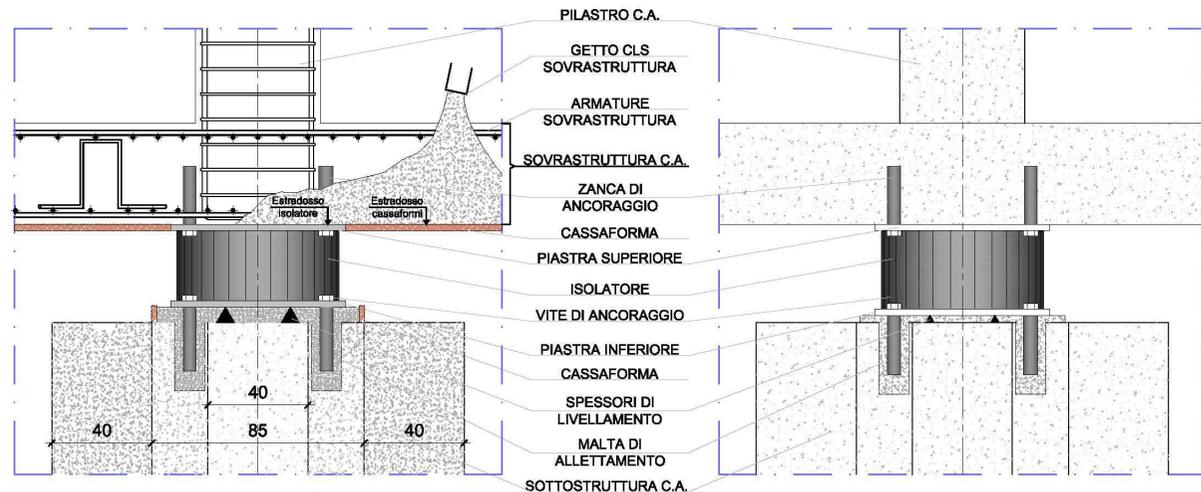
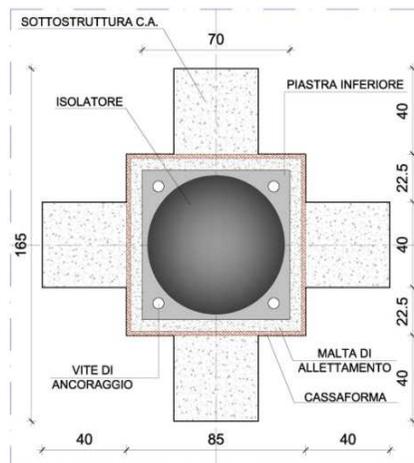
Tale operazione è stata effettuata mediante livella laser (messa in quota) e livella manuale (messa a livello).

Preliminarmente al getto di completamento della base degli isolatori, gli **alloggiamenti delle zanche** sono stati puliti ed asciugati, successivamente le teste dei pilastri sono state saturate con acqua iniettata mediante pompa manuale.



Casseratura: mediante pannelli di legno ben sigillati tra loro. Tale cassaforma è stata realizzata con dimensioni in pianta leggermente maggiori delle dimensioni della piastra inferiore dell'isolatore e più alta rispetto al livello dell'intradosso dell'isolatore;

Getto di completamento: con malta cementizia fluida espansiva per ancoraggi. Lo spessore di allettamento realizzato è risultato compreso fra 20 e 50 mm. In un caso tale spessore ha superato i 50 mm pertanto è stato necessario predisporre un'apposita armatura in acciaio prima di gettare la malta. Il getto è stato smosso durante la colatura mediante barre in modo da garantire l'assenza di bolle d'aria all'interno della malta di allettamento.

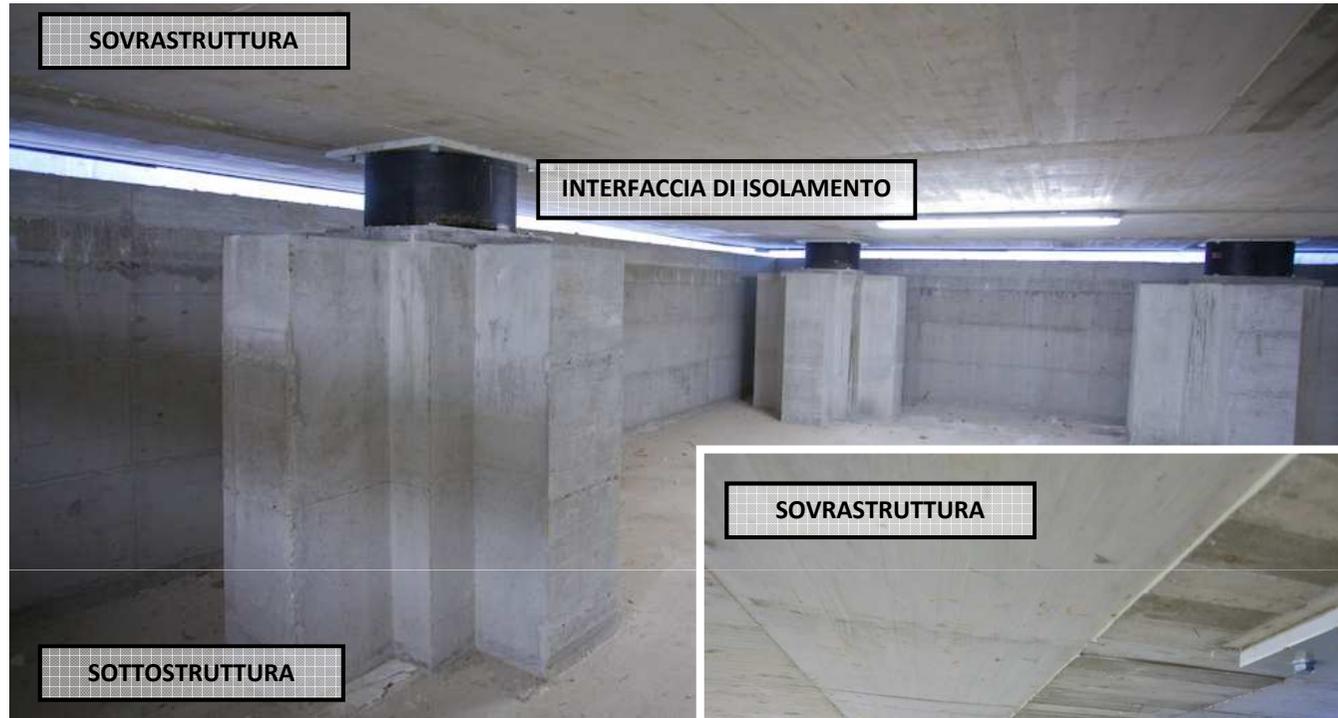




Per quanto attiene al **collegamento con la sovrastruttura**, il calcestruzzo è stato gettato direttamente sugli isolatori già posti in opera e muniti di zanche d'ancoraggio superiori.

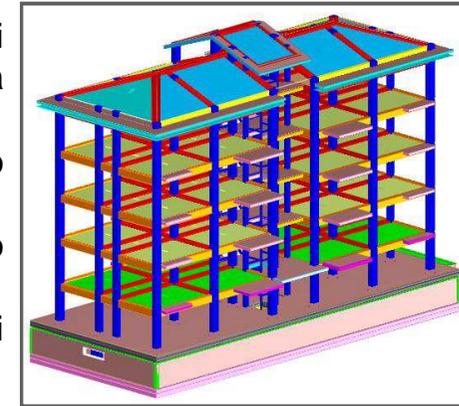
La **cassaforma** è stata adattata con precisione al perimetro della piastra superiore dell'isolatore per evitare dannosi percolamenti ed effetti di parziale incassatura dell'isolatore nel getto, che renderebbero difficile l'eventuale sostituzione. Per tale scopo è stato inserito un foglio di materiale plastico di discontinuità fra la piastra superiore dell'isolatore e il getto della sovrastruttura.





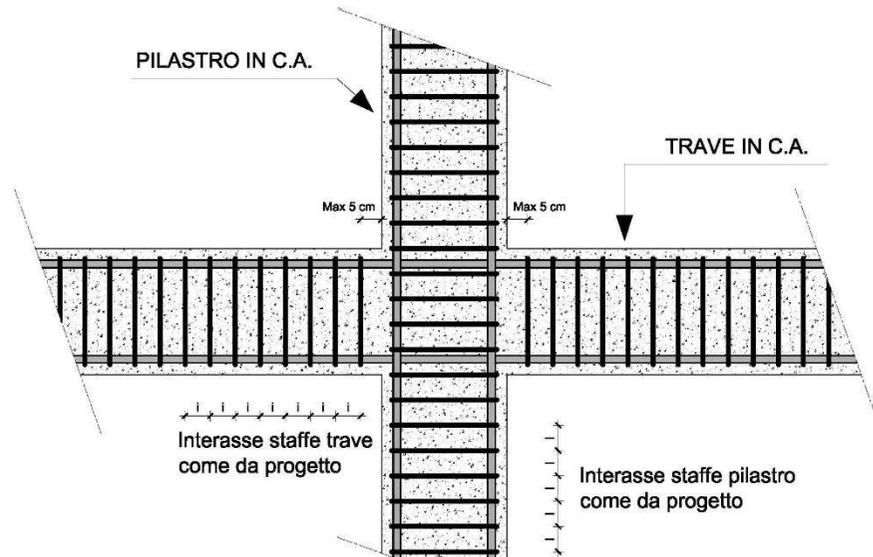
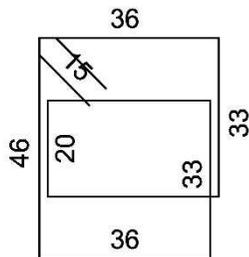
Sovrastruttura

- Telai in c.a. costituiti da pilastri a sezione rettangolare e prevalentemente di dimensioni pari a 40x50 cm, travi perimetrali intradossate 30x50 cm e travi a spessore di solaio di larghezza variabile;
- Primo orizzontamento, posto in corrispondenza del primo piano di calpestio della sovrastruttura, realizzato per mezzo di una piastra in c.a. di spessore 40;
- Secondo orizzontamento, in corrispondenza del primo piano ad uso abitazione, realizzato in lastre tralicciate ad armatura lenta 4+16+4 cm;
- Impalcati restanti realizzati con solai latero-cemento e soletta di completamento per uno spessore complessivo di 20+4 cm.



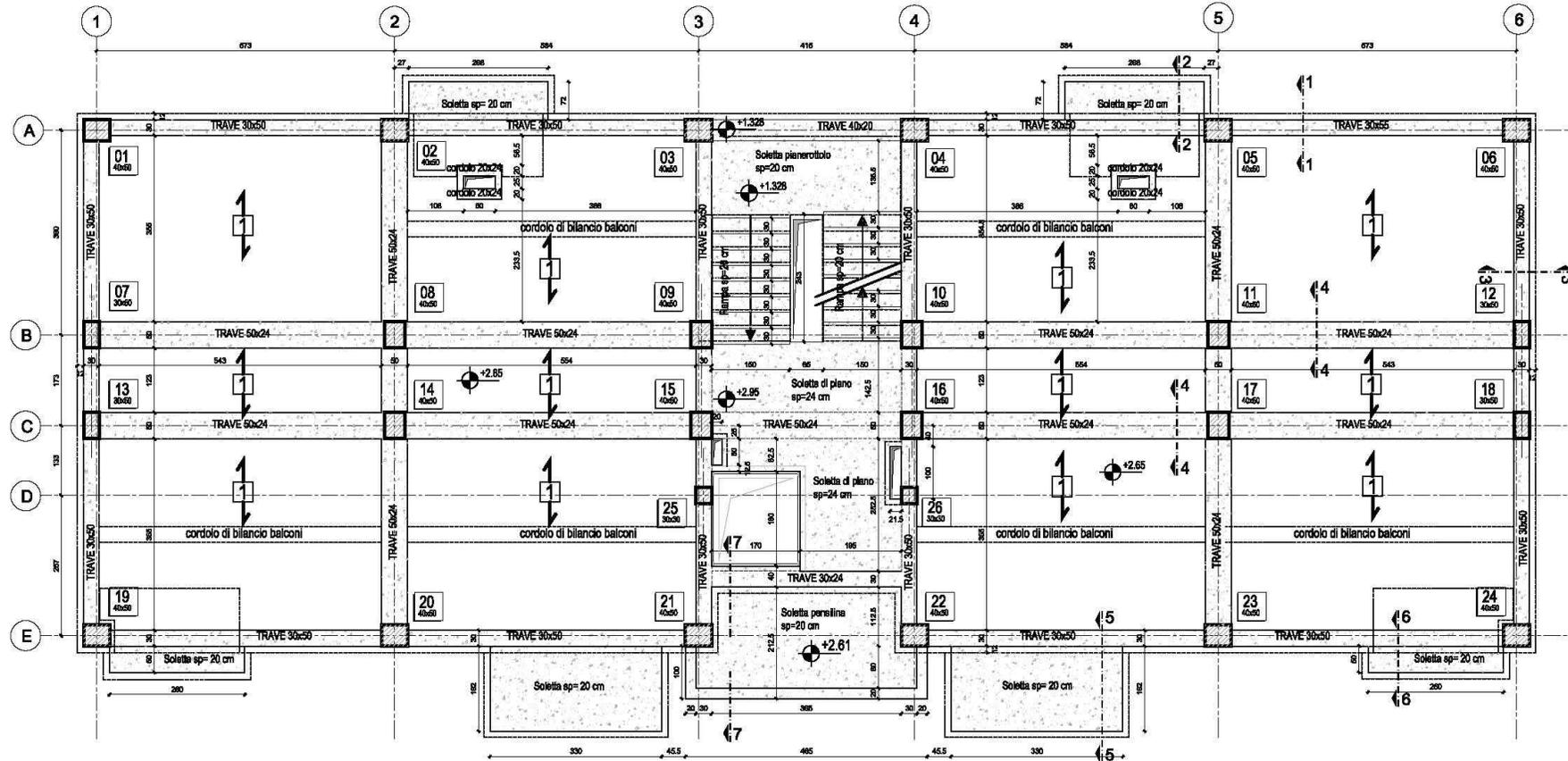
Nel caso delle strutture isolate alla base alla sovrastruttura non sono richieste particolari capacità dissipative. Pur tuttavia nel caso in esame la sovrastruttura è stata progettata e realizzata nel rispetto della **Gerarchia delle resistenze** e del **Capacity Design**.

Al fine di rendere più agevole la messa in opera delle staffe nei pilastri si è scelto di utilizzare staffe uniche:



Particolare nodo pilastro – trave
Interrotta staffatura trave - si prosegue con la staffatura del pilastro

Sovrastruttura: carpenteria piano tipo



In corso d'opera sono state effettuate **prove di carico** statiche sul solaio e sul balcone di piano quarto ai fini di rilevare le frecce di questi ultimi e confrontarle con quelle teoriche attese.

Il carico di collaudo è stato ottenuto mediante il posizionamento di serbatoi ad acqua.



Gli spostamenti verticali sono stati misurati con trasduttori elettrici fissati su aste telescopiche in alluminio e posti in contrasto con l'intradosso della struttura oggetto di prova.

**Accorgimenti
e particolari costruttivi**

Le opere provvisorie, quali i ponteggi, non sono state fissate al terreno in quanto in caso di sisma devono essere in grado di seguire i movimenti della sovrastruttura.



Il **ponteggio** è stato montato direttamente sulla platea della **sovrastruttura**.

GIUNTO SISMICO

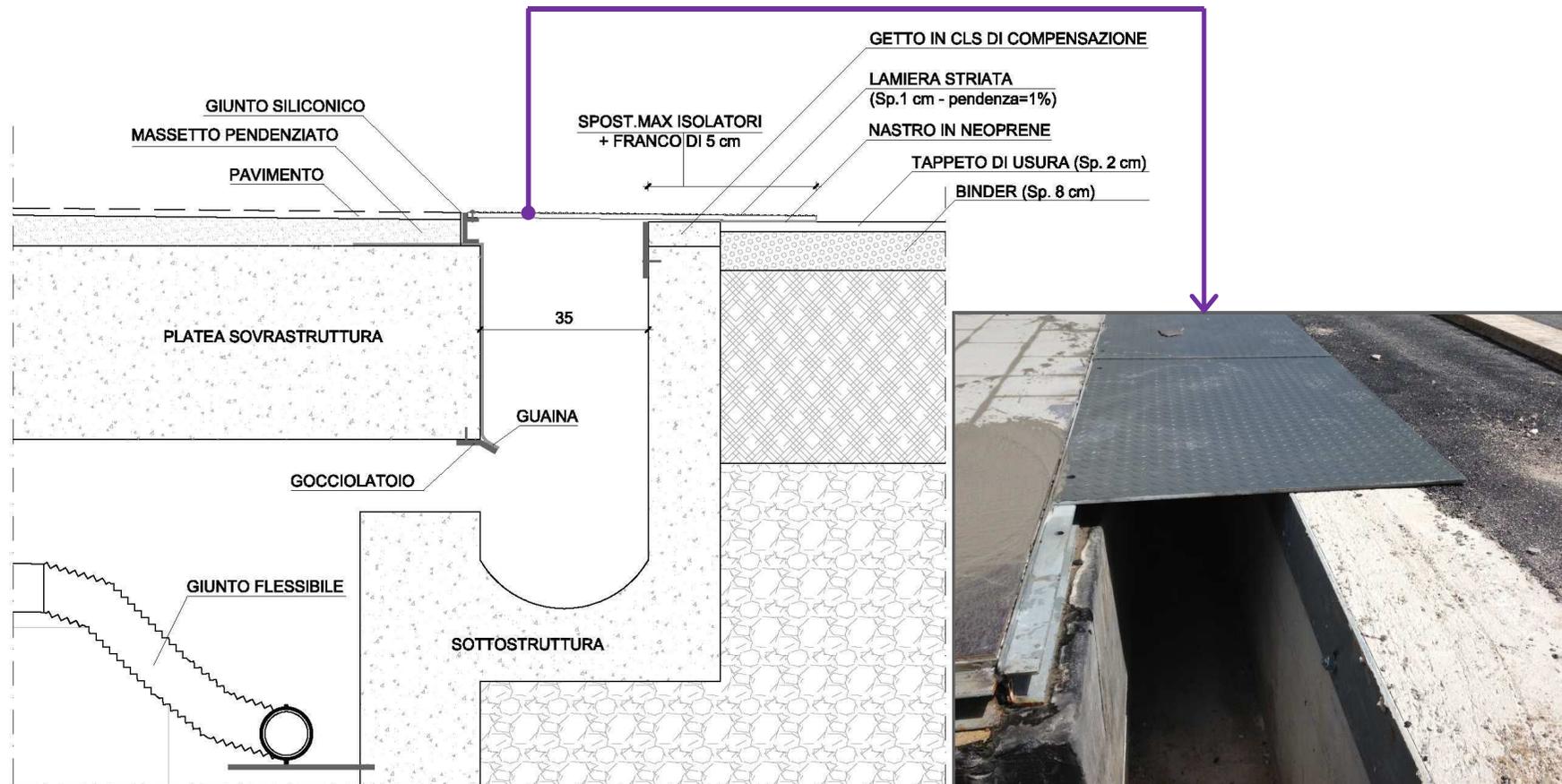
SOVRASTRUTTURA



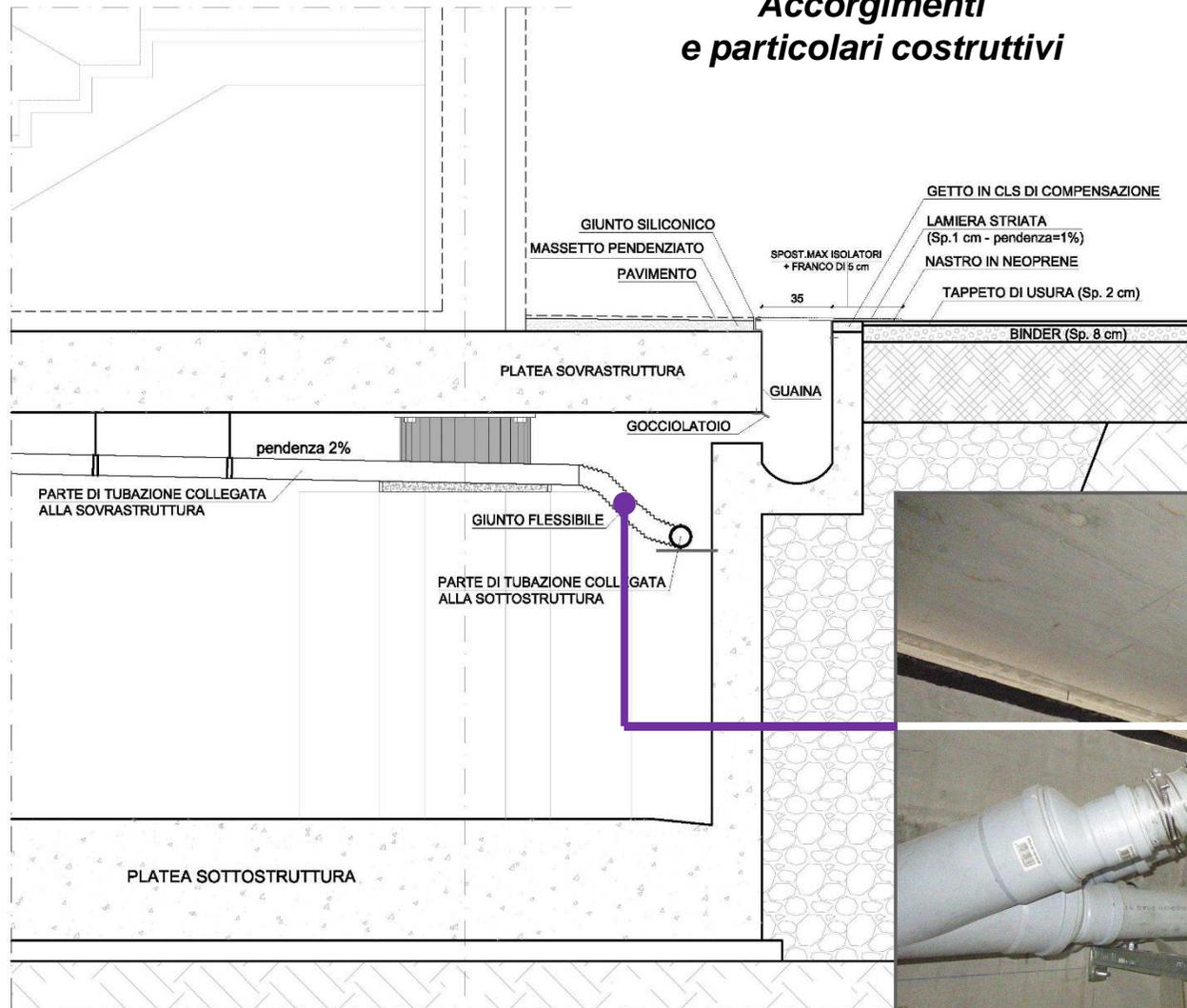
19/07/2012

Accorgimenti e particolari costruttivi

Il giunto sismico di 35 cm è stato ricoperto con una **lamiera striata in acciaio** continua sul perimetro del fabbricato e libera di scorrere in caso di evento sismico così da non subire danni e garantire al contempo un'adeguata protezione.



Accorgimenti e particolari costruttivi

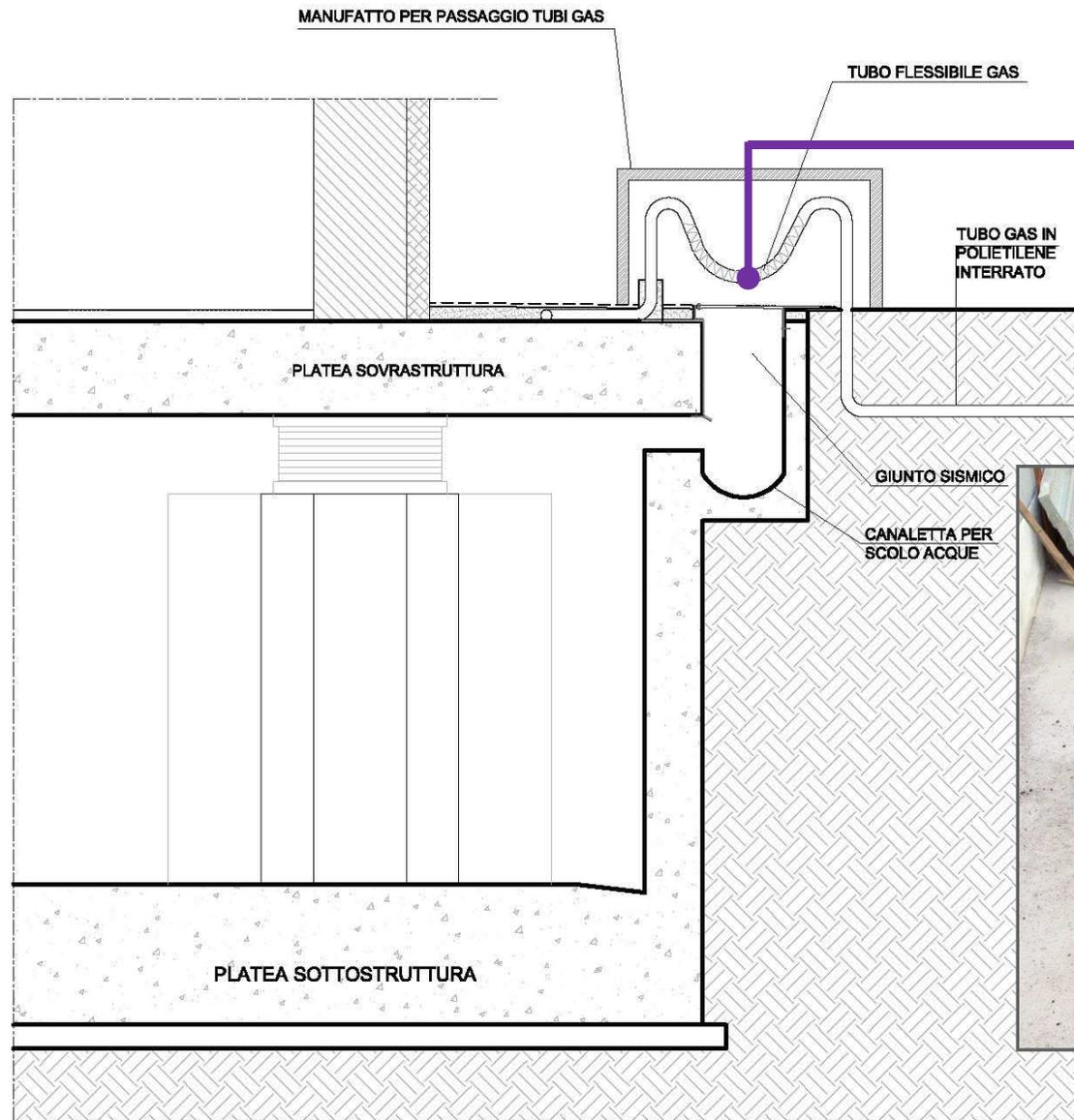


Anche nella fase di progettazione e realizzazione degli impianti è stato necessario tenere conto della presenza dell'interfaccia d'isolamento sismico.

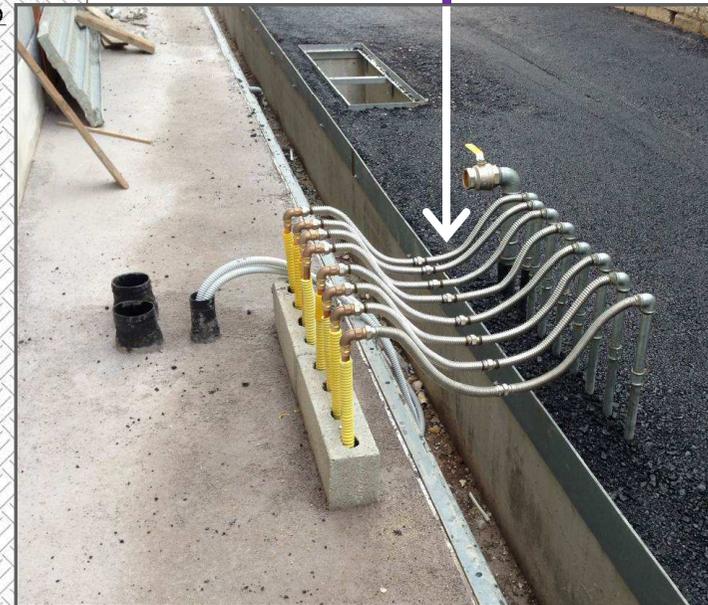
In particolare è stato necessario prevedere tubi e raccordi flessibili, in modo tale da consentire l'oscillazione del fabbricato sotto sisma.



Tubi di scarico flessibili per consentire l'oscillazione del fabbricato



**Accorgimenti
e particolari costruttivi**



Collegamento flessibile dei tubi del gas



*Accorgimenti
e particolari costruttivi*





Solare termico - Collegamenti flessibili

È stata prevista una dotazione impiantistica di concezione evoluta con particolare attenzione alle fonti di energia rinnovabili sia per la produzione di acqua calda per usi sanitari che per la produzione di energia elettrica ben oltre ai minimi previsti dalle norme vigenti in materia.

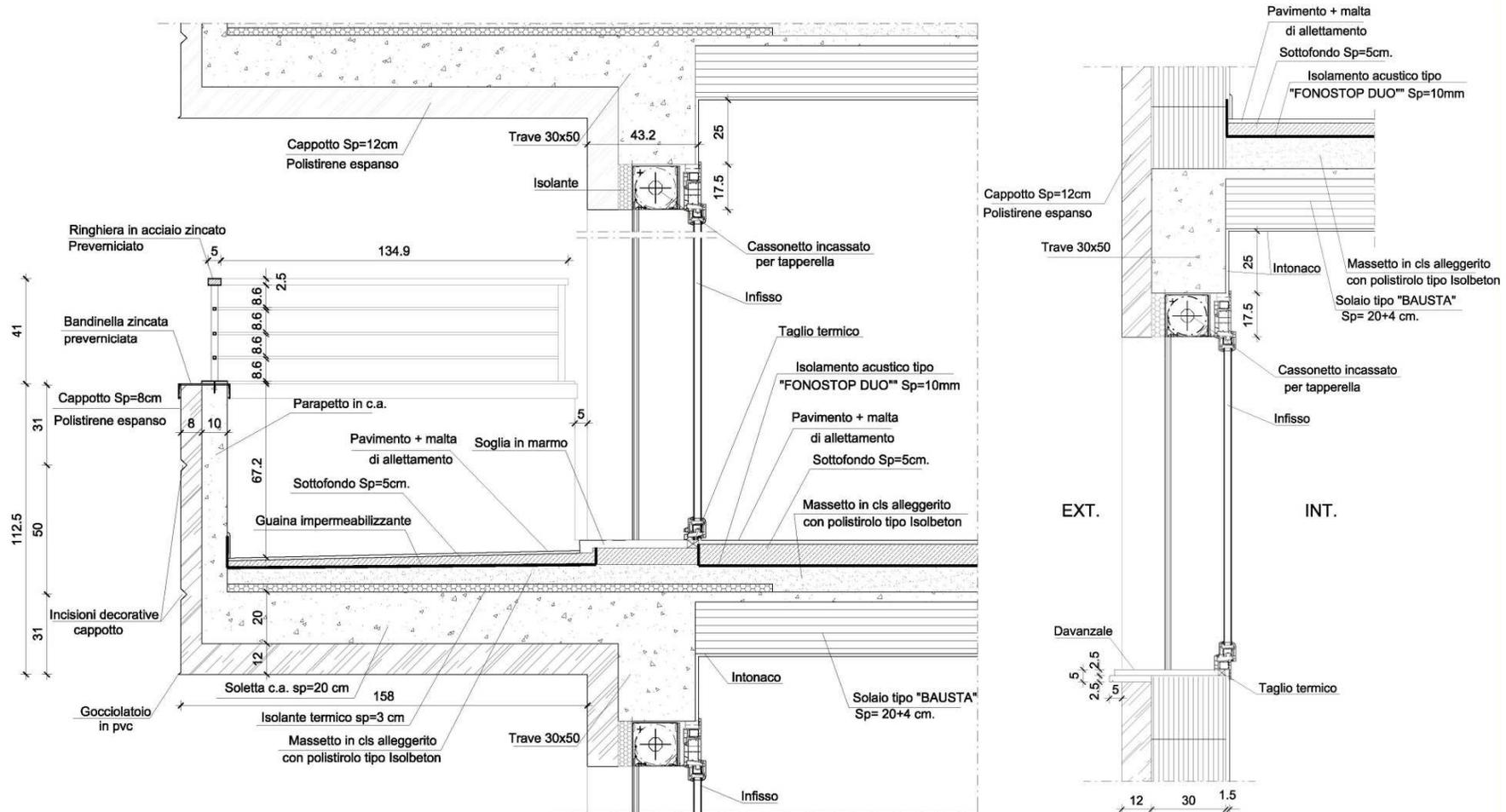
**Accorgimenti
e particolari costruttivi**





Scala di accesso al vano isolatori

Si riportano alcuni dettagli costruttivi dell'involucro edilizio, balconi e finestre, necessari per aumentare il comfort interno, anche in termini acustici rispetto ai rumori esterni, attenuare le dispersioni termiche localizzate, finalizzati al raggiungimento della **Classe energetica di tipo A**.



Valutazioni economiche sull'incremento di costo edificio tradizionale – edificio isolato

Dal raffronto fra il costo necessario per la realizzazione di un edificio isolato e per la realizzazione dello stesso edificio costruito con tecniche tradizionali e quindi privo dell'isolamento alla base si evince come in termini di **costo complessivo** per realizzare un edificio isolato si ha un incremento di circa il 13% rispetto all'importo necessario per realizzare un edificio non isolato.

Pur tuttavia se tale raffronto viene fatto in termini di **costo unitario**, l'incremento suddetto del 13% si annulla in quanto nel caso dell'edificio isolato alla base si realizza un vano in più (vano tecnico interrato).

SUPERFICIE TOTALE:

1.401,4 mq

COSTO UNITARIO ED. RICOSTRUITO CON SISTEMA DI ISOLAMENTO:

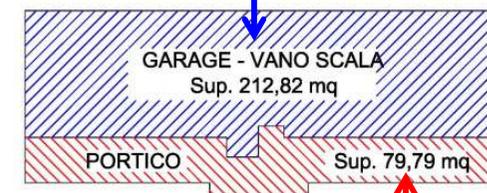
1.181 €/mq + IVA

COSTO UNITARIO ED. RICOSTRUITO CON TECNICHE TRADIZIONALI:

1.041 €/mq + IVA



Sup. garage al 50% = 106,4 mq



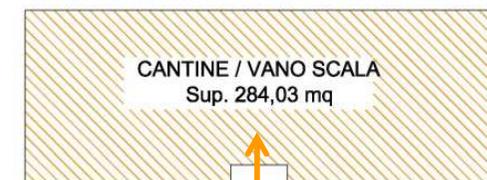
Sup. portico al 50% = 39,9 mq

Sup. alloggi al 100% = 272,5 mq



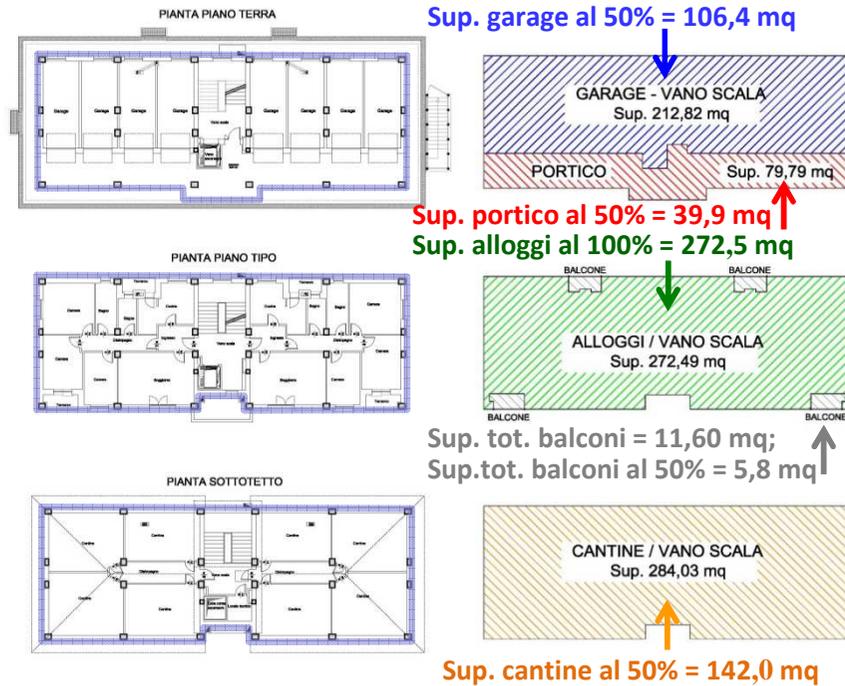
Sup. tot. balconi = 11,60 mq;

Sup. tot. balconi al 50% = 5,8 mq



Sup. cantine al 50% = 142,0 mq

La realizzazione di un edificio isolato ben costruito ha costi paragonabili se non addirittura inferiori ad un edificio tradizionale e con indubbi vantaggi soprattutto nei casi in cui esso venga realizzato, come nel caso in esame, in una zona ad elevato rischio sismico.

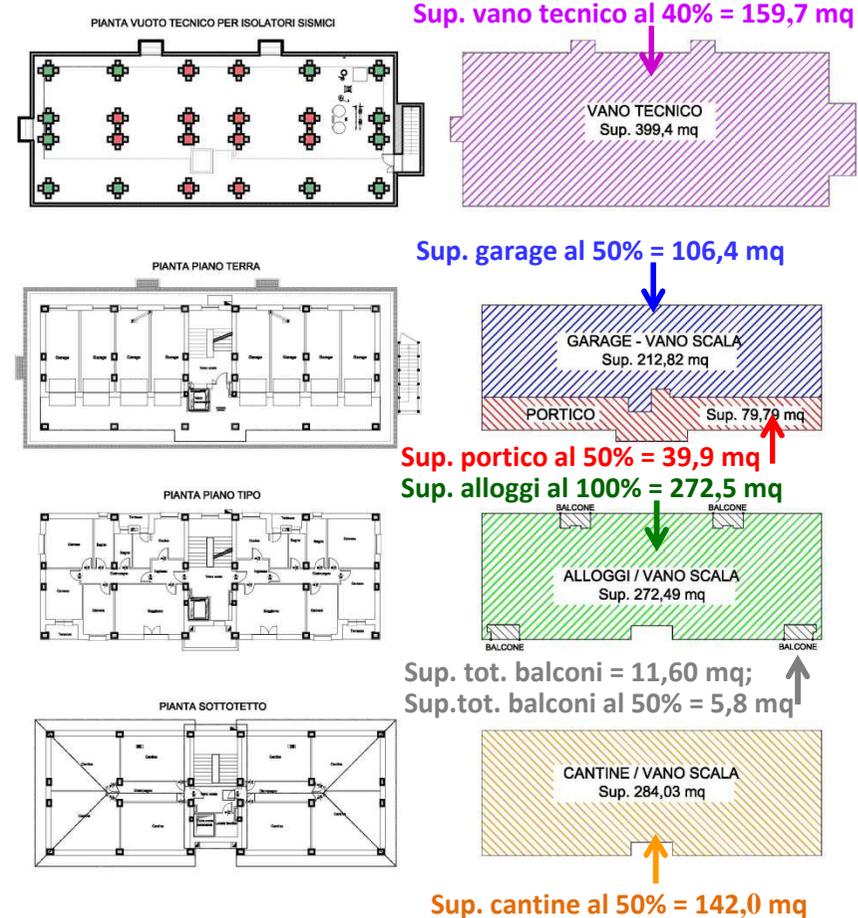


SUPERFICIE TOTALE:

1.401,4 mq

**COSTO UNITARIO ED. RICOSTRUITO CON
TECNICHE TRADIZIONALI:**

1.041 €/mq + IVA



SUPERFICIE TOTALE:

1.561,1 mq

**COSTO UNITARIO ED. RICOSTRUITO CON
SISTEMA DI ISOLAMENTO:**

1.060 €/mq + IVA



Cantiere innevato



Foto aerea cantiere – Via Francia n.26-28-30



Sottostruttura – vano interrato



Sovrastruttura – piano terra





Portico



Interno appartamenti – camera da letto

Interno appartamenti
camera da letto





Interno appartamenti – soggiorno

Interno appartamenti
bagno



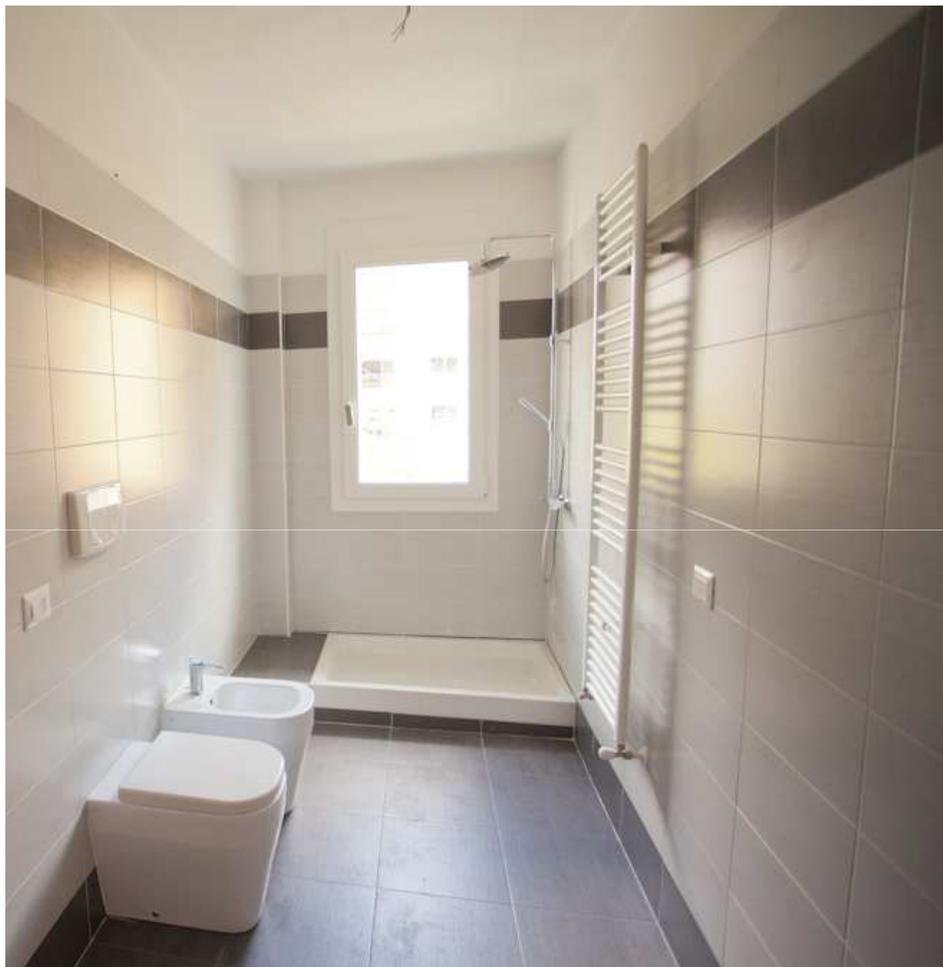
Interno appartamenti
bagno



Interno appartamenti – soggiorno



Interno appartamenti – camera da letto



Interno appartamenti – bagno

*...si ... perché
“il terremoto..... se lo
conosci lo isoli”*

Abbiamo le tecnologie .. Usiamole!

Grazie per l'attenzione