

Adeguamento sismico del Başibüyük Marmara University Hospital di Istanbul

Mauro Sartori¹, Stefano Maraston², Ivica Zivanovic³, Burak Turkdonmez⁴ ■



Nome dell'opera/progetto:

Başibüyük Marmara University Hospital

Ubicazione:

Maltepe, Istanbul

Committente:

ZEK-SAN

Progettazione/Direzione Lavori:

Studio Prota (Ankara) e TIMA-STIPE (Istanbul)

Periodo di progettazione:

2012-2014

Durata lavori:

Inizio lavori gennaio 2015

Superficie utile complessiva:

112000 m²

Imprese appaltatrici:

ZEK-SAN (Ankara)

1. Introduzione

Gli edifici di importanza strategica come scuole, ospedali o caserme, rivestono un ruolo predominante nell'ambito della protezione civile al fine di garantire il funzionamento dei principali servizi alla cittadinanza, soprattutto nell'immediato post-terremoto.

Il continuo miglioramento delle conoscenze nel campo della protezione civile con particolare riferimento all'attività sismica porta necessariamente ad un aggiornamento della mappatura sismica locale e conseguentemente sia da un punto di vista legislativo che di sicurezza, l'adeguamento continuo alle norme sismiche vigenti di tali strutture risulta di primaria importanza al fine di fornire detti servizi.

Naturalmente anche le tecniche di protezione sismica hanno subito un miglioramento nel tempo, sia per i materiali impiegati che per le modalità applicative. Queste tecniche trovano impiego sempre più frequente nelle strutture aventi conformazione particolare e irregolare, sia in pianta che in altezza, soprattutto se queste sono realizzate in zone ad elevata sismicità o per le

¹ Technical Dept. Manager, ALGA S.p.a.
✉ m.sartori@alga.it

² Technical Dept., ALGA S.p.a.
✉ s.maraston@alga.it

³ Technical Dept Manager, Freyssinet
✉ ivica.zivanovic@freysinnet.com

⁴ Project Manager, Freysas
✉ burak.turkdonmez@freysas.com.tr

quali sono previste richieste di prestazione, dopo l'adeguamento, piuttosto severe.
 In questo contesto si colloca il Başibüyük Marmara University Hospital di Istanbul che è uno dei più importanti ospedali della città. Dato che la Turchia è notoriamente un paese ad alta sismicità per la presenza della faglia anatolica, il suo adeguamento sismico, progettato dallo Studio Prota di Ankara e in corso di realizzazione dall'impresa Zek-San ha richiesto l'utilizzo di tecniche particolari, tra le quali l'isolamento alla base con conseguente taglio dei pilastri come descritto nel presente lavoro.

tuato nel distretto di Maltepe, quartiere di Başibüyük nella parte asiatica della città sulla costa del mare di Marmara. L'edificio, costituito da 16 blocchi indipendenti di forma rettangolare che spiccano a differenti altezze e da un blocco adibito a parcheggio, non è mai entrato in servizio, nonostante sia stato costruito nel 1991. La conformazione dell'edificio avente una superficie totale di circa 112000 m² ed una capacità di circa 750 posti letto è rappresentata nelle seguenti Figura 1 e Figura 2.

2. Descrizione della struttura e richieste di prestazione

Il Başibüyük Marmara University Hospital è si-

I diversi blocchi, pur essendo regolari in pianta ed in altezza, presentano un differente numero di piani ed in particolare:

- i blocchi A1, A2 e A3 da 4 piani;
- i blocchi A4, A7, B4 e B8 da 12 piani;
- i blocchi A8 e B7 da 13 piani;

Figura 1
 Pianta dell'edificio con rappresentazione dei diversi blocchi (la colorazione rappresenta il differente numero di piani).

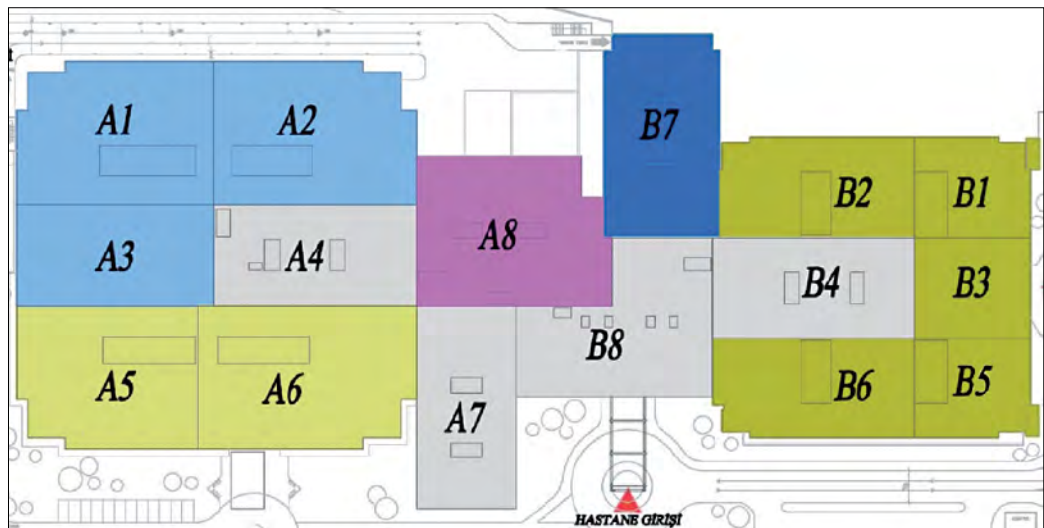
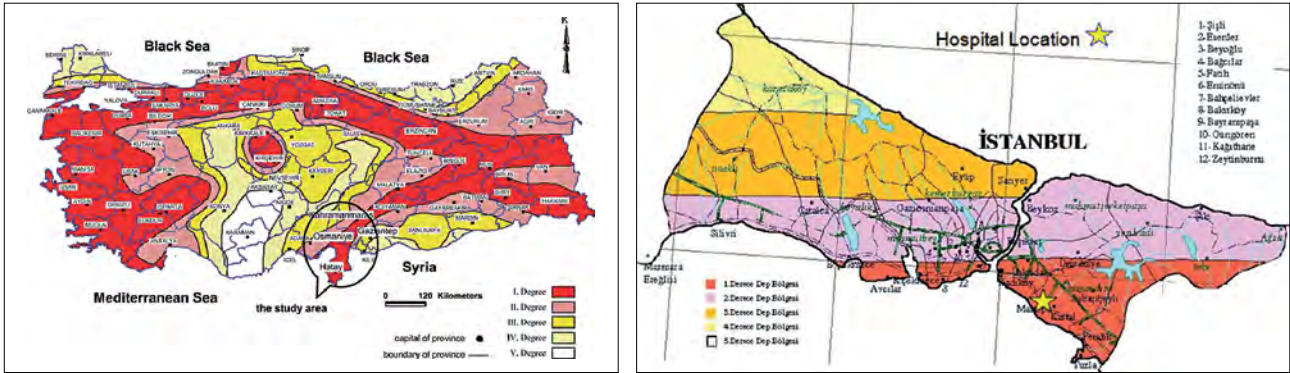


Figura 2
 Viste dell'edificio con indicazione dei diversi blocchi.





- i blocchi A5 e A6 da 2 piani;
- i blocchi B1, B2, B3, B5 e B6 da 3 piani;
- il blocco parcheggio da 2 piani.

La struttura globalmente è resa quindi irregolare in altezza dalla presenza di blocchi disomogenei anche perché il livello delle fondazioni non è costante ma suddiviso su tre differenti quote: -14.5 m, -8.96 m e ±0.00.

In seguito alla nuova normativa sismica del 1998, la costruzione fu ristrutturata nel 2002 attraverso l'introduzione di pareti di taglio in calcestruzzo e di rinforzi nei pilastri.

Tuttavia, in seguito all'emanazione nel 2007 dell'attuale normativa sismica, la ristrutturazione recentemente eseguita non è risultata sufficientemente adeguata al fine di soddisfare tutti i nuovi requisiti richiesti. L'unico blocco che, a seguito della valutazione sismica, è risultato idoneo per entrambi i livelli di sicurezza introdotti è il parcheggio, che pertanto non ha richiesto interventi di ristrutturazione addizionali. Per la restante parte di struttura è stato invece necessario ricorrere ad un intervento di adeguamento.

Le attuali norme sismiche vigenti in Turchia infatti prevedono che sugli edifici esistenti venga eseguita una valutazione basata sulle prestazioni di tutti gli elementi strutturali sotto almeno due differenti livelli di sicurezza. Il primo livello, detto Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Life Safety - LS), considera l'applicazione di uno spettro di risposta derivato da un terremoto con il 2% di probabilità di superamento in 50 anni (periodo di ritorno 2475 anni). Il secondo livello, detto Stato Limite di Occupazione Immediata (Immediate Occupancy - IO), considera invece l'applicazione di uno spettro di risposta avente il 10% di probabilità di essere superato in 50 anni (periodo di ritorno 475 anni).

La sismicità di Istanbul è definita mediante la suddivisione del territorio in un certo numero di zone sismiche. Quella in cui è ubicato l'Ospedale è di prima categoria, in accordo con la normativa attuale, con accelerazione al suolo di 0.4

g, come mostra la Figura 3.

Con riferimento ai periodi di ritorno dei due stati limite di interesse ed all'accelerazione al suolo definita dalla zona sismica di riferimento, vengono definiti i due spettri di risposta sulla base dei quali eseguire le valutazioni degli elementi portanti. Gli spettri sono illustrati nelle Figure 4 e 5. Sulla base degli spettri così definiti la valutazione sismica dell'edificio esistente ha considerato varie soluzioni per l'adeguamento strutturale. La prima prevedeva il rinforzo strutturale con metodi convenzionali. Questa soluzione è stata però ritenuta non applicabile in quanto sarebbe risultata troppo invasiva a livello architettonico e avrebbe generato lesioni agli elementi non strutturali non soddisfacendo quindi i requisiti dello stato limite di occupazione immediata (IO). La soluzione ottimale che è risultata invece in grado di soddisfare entrambi i requisiti di occupazione immediata (IO) e di salvaguardia della vita (LS) garantendo al tempo stesso un soddisfacente ingombro architettonico è consistita nell'isolamento sismico alla base applicato all'intera struttura, collegando quindi tutti i 16 blocchi dell'edificio in un unico corpo rigido ad eccezione del blocco adibito a parcheggio.

Ai fini dell'isolamento sismico alla base, gli isolatori vengono normalmente installati al piano delle fondazioni. Ciò è risultato pressoché impossibile nel caso del Başibüyük Marmara University Hospital, essendo l'edificio fortemente irregolare in altezza per la sua stessa conformazione, come descritto in precedenza. Essendo inoltre i diversi piani dell'edificio interrati a livelli differenti, non è stato pertanto possibile definire univocamente il primo solaio fuori terra. Si è quindi optato per un sistema di isolamento posto al secondo solaio in modo tale da assicurare che il movimento dell'edificio avvenisse all'esterno dei terrapieni (Figura 6). Tuttavia, i vani scala ed i vani ascensore, se non debitamente lasciati liberi di sfogare il loro movimento durante l'evento sismico, avrebbero potuto creare interferenze. A tal fine la soluzione scelta ha previsto di collegare i

Figura 3
Zone sismiche della Turchia e di Istanbul.

Figura 4
Spettri di risposta delle
accelerazioni (5% di
smorzamento).

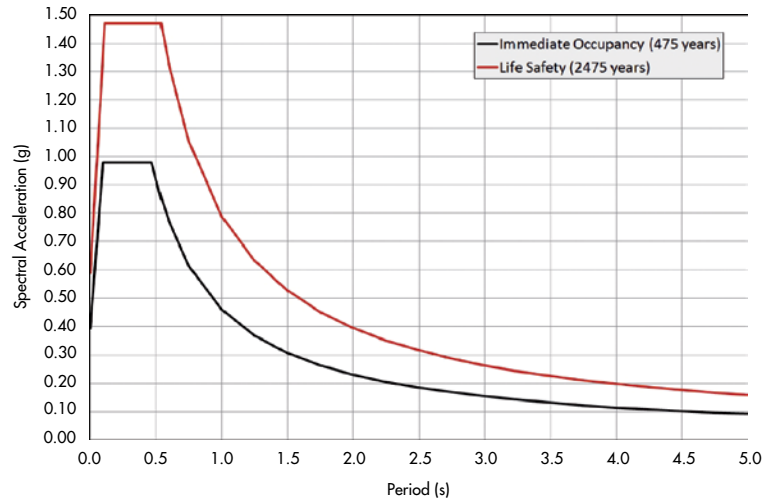


Figura 5
Spettri di risposta degli
spostamenti (5% di
smorzamento).

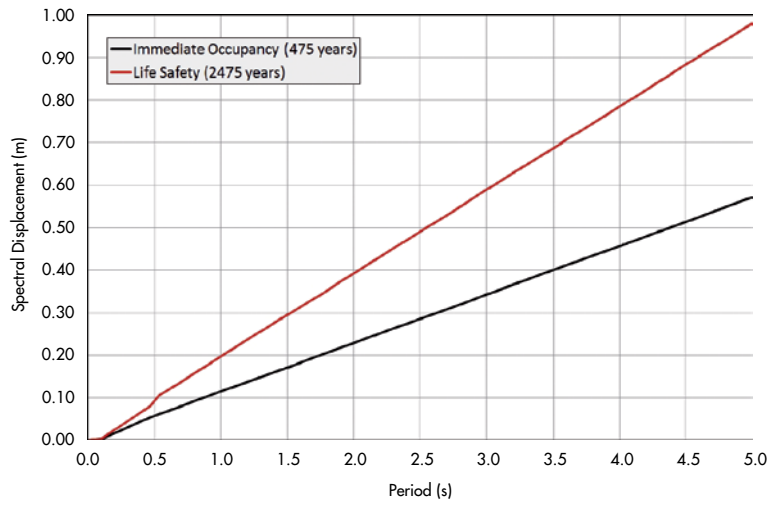
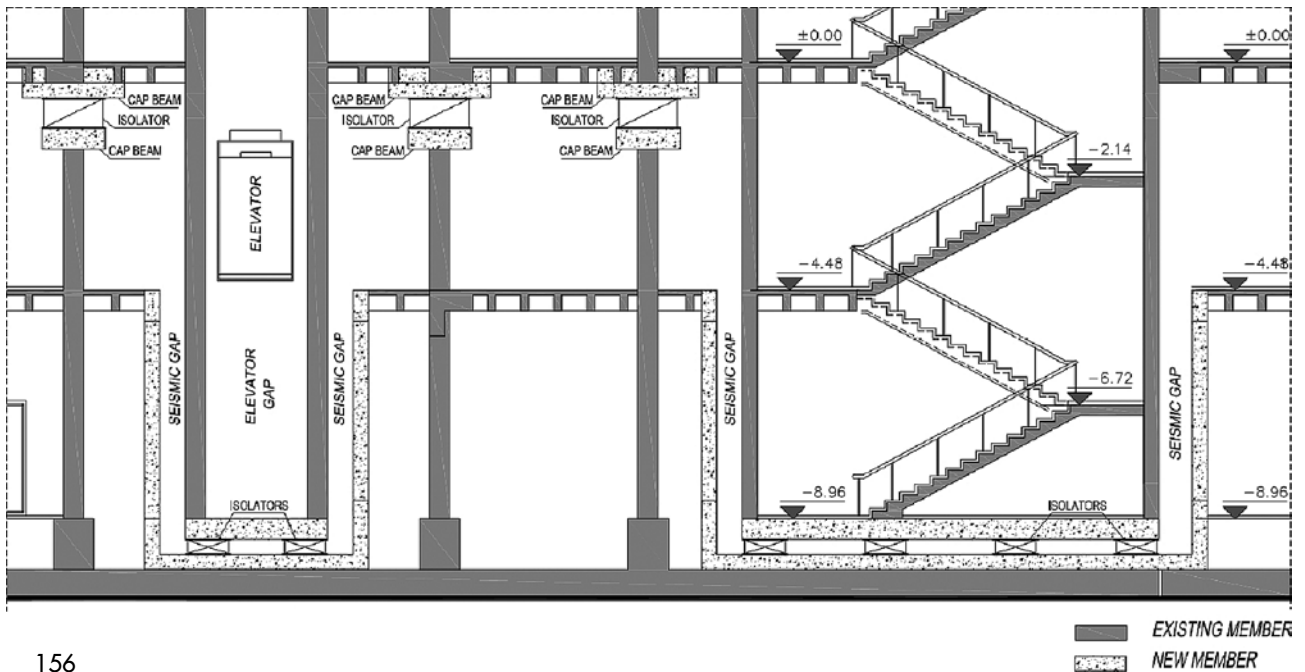


Figura 6
Posizionamento degli isolatori.



muri dei vani scala e ascensore al solaio isolato ponendo opportune slitte al livello della fondazione per sorreggerne il peso. Naturalmente una opportuna intercapedine è stata lasciata al fine di consentire il movimento della struttura.

Il Başibüyük Marmara University Hospital è tra l'altro considerato una struttura strategica e pertanto dovrà fornire i servizi essenziali alla città di Istanbul ed alle immediate vicinanze sia durante, sia immediatamente dopo l'evento sismico.

Il sistema di isolamento deve soddisfare opportuni requisiti previsti dai due stati limite precedentemente descritti. In particolare, per lo spettro di risposta definito con il 2% di probabilità di essere superato in 50 anni ($T = 2475$ anni) lo spostamento massimo del sistema di isolamento deve essere limitato a 500 mm, mentre il taglio alla base trasmesso dalle strutture sovrastanti il piano di isolamento non può superare il 15.27% del peso sismico della struttura, identificato in 1359973 kN. Per lo spettro di risposta avente il 10% di probabilità di essere superato in 50 anni ($T = 475$ anni) il taglio alla base è invece limitato al 9.58% del peso sismico sopra menzionato.

3. L'isolamento alla base

L'isolamento sismico del Başibüyük Marmara University Hospital, al fine di rispettare tutti i criteri di progetto sia in termini di spostamento per un sisma con periodo di ritorno di 2475 anni che in termini di taglio trasmesso dagli isolatori per entrambi i terremoti considerati, richiede necessariamente l'utilizzo di dispositivi molto flessibili ed al tempo stesso un elevato livello di smorzamento.

Per contenere il più possibile le sollecitazioni agenti sulle colonne, infatti, si è reso necessario limitare l'accelerazione sismica attraverso una riduzione degli spettri di risposta. Tale riduzione

è stata garantita facendo affidamento sia all'elevato livello di smorzamento introdotto dagli isolatori stessi, sia da un allungamento del periodo proprio di oscillazione ottenuto dall'introduzione di un sistema molto flessibile. La Figura 7 mostra infatti come i contributi di allungamento del periodo dovuto all'inserimento di un elemento dotato di bassa rigidezza e di smorzamento intrinseco del sistema contribuiscano ad abbassare l'accelerazione sismica e di conseguenza le sollecitazioni agenti sulle sovrastrutture.

Una prima analisi semplificata, eseguita attraverso i due spettri di risposta mostrati nel paragrafo precedente considerando l'intera struttura come un sistema semplificato equivalente ad un solo grado di libertà di massa M corrispondente all'intero peso sismico di 1359973 kN collegata al suolo mediante una molla di rigidezza K e da uno smorzatore in grado di fornire uno smorzamento viscoso equivalente ξ , è in grado di fornire una prima stima della risposta sismica del sistema. L'entità dei due parametri fondamentali del sistema di isolamento è indicata in Tabella 1 mentre la rappresentazione grafica sullo spettro di risposta del sistema è rappresentata in Figura 8.

La rigidezza e lo smorzamento indicati in tale figura sono rappresentativi dell'intero sistema di isolamento. Sulla base delle caratteristiche indicate il massimo spostamento generato dallo spettro con periodo di ritorno 2475 anni risulta di 380 mm. Le caratteristiche indicate sono state successivamente convalidate da un'analisi dinamica con accelerogrammi eseguita sull'intera struttura.

Le caratteristiche globali di rigidezza e smorzamento richieste possono essere efficacemente fornite da isolatori in gomma-piombo (LRB). Tali dispositivi, progettati da Alga e forniti dal gruppo Freyssinet, sono costituiti da una serie di strati di materiale elastomerico composto da una

Figura 7
Riduzione dell'azione sismica.

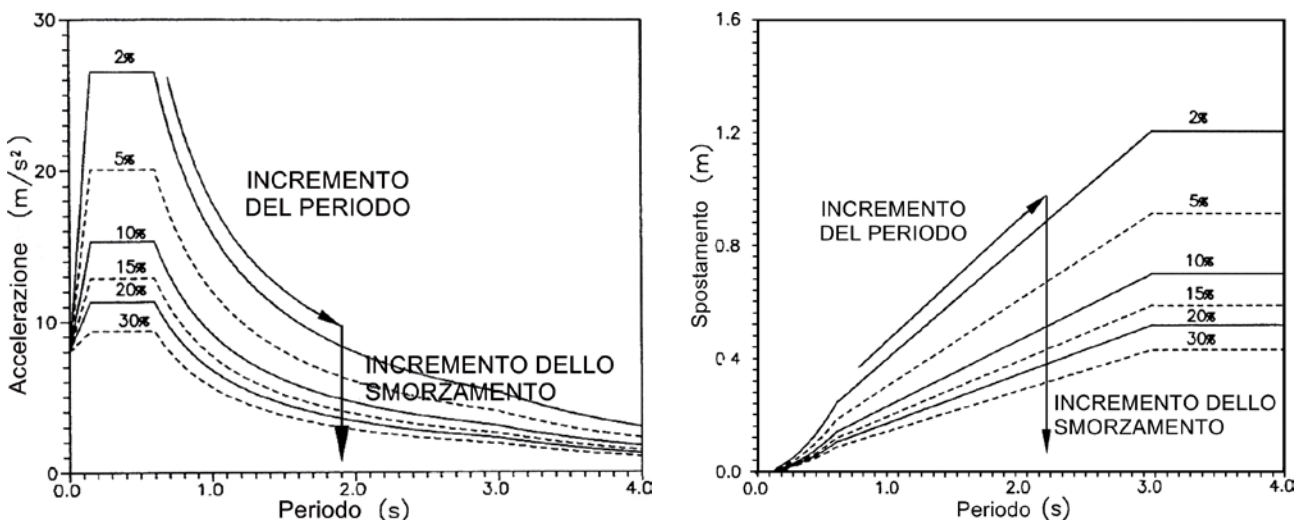
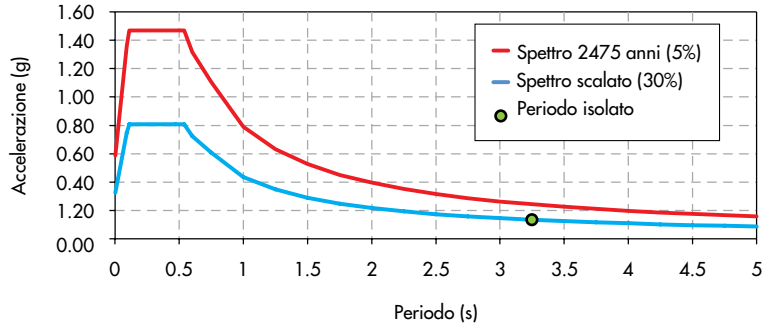


Tabella 1 - Parametri fondamentali del sistema ad un grado di libertà

Quantità isolatori	V_{sism} (G+0.3Q) (kN)	d_{max} (mm)	F_{max} (kN)	K_{eff} (kN/mm)	Energia dissipata ad ogni ciclo di spostamento EDC (kNm)	Smorzamento equivalente ξ
687	1359973	380	197856	521	140926	30%

Figura 8
Risposta sismica del sistema ad un grado di libertà (periodo di ritorno 2475 anni).



mescola dissipativa e da interposti lamierini in acciaio. Al centro del dispositivo è posto inoltre un nucleo in piombo che, snervandosi, consente di dissipare energia grazie al ciclo isteretico che è generato durante il movimento stesso. Questi dispositivi, oltre a fornire le caratteristiche di rigidità e smorzamento essenziali per l'isolamento sismico, hanno anche l'importante funzione di sopportare i carichi verticali agenti sui singoli pilastri dell'edificio, sia in condizioni statiche che durante l'evento sismico. La Figura 9 mostra un tipico isolatore in gomma-piombo ed un tipico ciclo isteretico ottenuto da prove sperimentali. In parallelo agli isolatori in gomma piombo,

sono stati installati anche appoggi elastomerici dotati di piastra di scorrimento (identificati con la sigla NTm). Questi appoggi, mostrati in Figura 10, sono costituiti da una serie di strati di gomma senza proprietà dissipative e da una piastra di scorrimento in acciaio. La superficie di scorrimento è costituita da PTFE accoppiato ad un foglio di acciaio inossidabile. L'installazione di questi appoggi elastomerici con piastra di scorrimento in parallelo agli isolatori in gomma piombo ha il grande vantaggio di garantire la portanza verticale in alcune colonne ma di non fornire rigidità al sistema di isolamento. Infatti, per questo tipo di appoggi scorre-

Figura 9
Isolatore in gomma-piombo e tipico diagramma forza-spostamento.

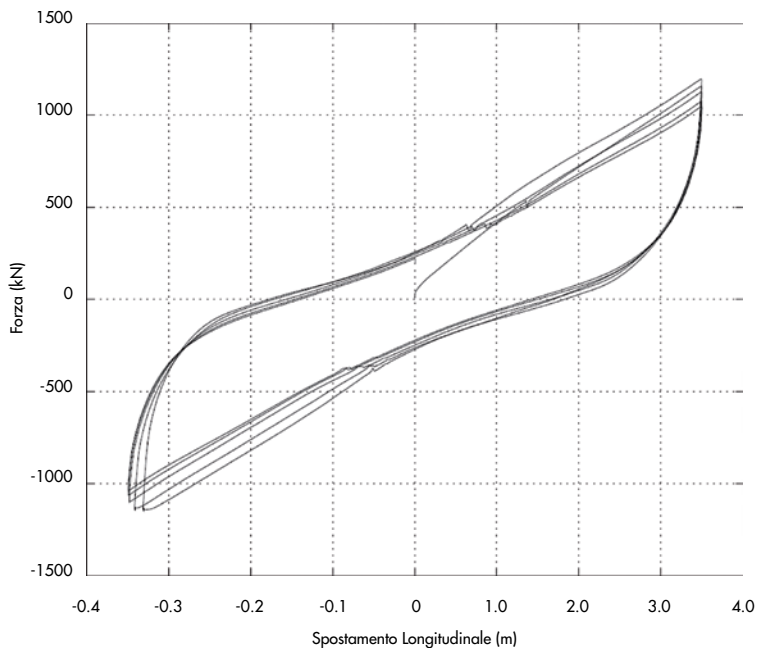
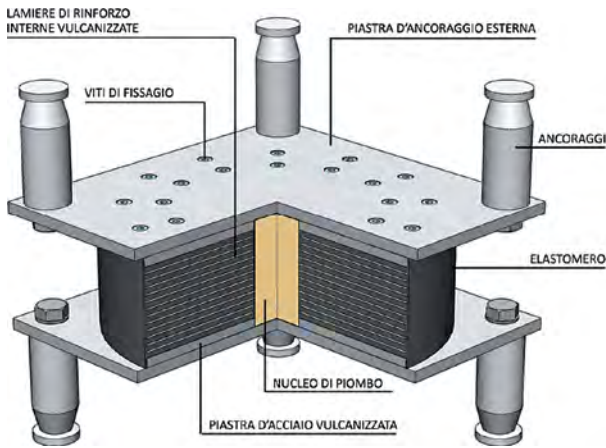
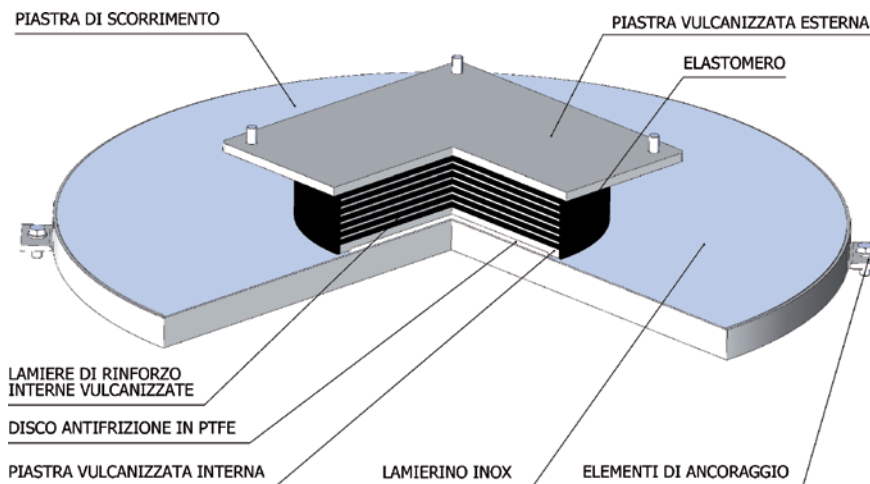


Figura 10
Appoggio NTM.

voli, il movimento non avviene per deformazione della gomma costituente l'appoggio ma su una superficie di scorrimento a basso attrito che non genera quindi apprezzabili forze di reazione.

L'utilizzo di appoggi scorrevoli nell'isolamento del Başibüyük Marmara University Hospital si è reso indispensabile a causa della bassa rigidità complessiva richiesta dai vincoli progettuali insieme all'elevato grado di smorzamento. Infatti, nel caso si fossero utilizzati solo isolatori in gomma-piombo, i singoli dispositivi sarebbero dovuti essere dimensionati per avere una rigidità molto bassa e contemporaneamente uno smorzamento elevato. Queste due caratteristiche risultano però essere incompatibili. Infatti per poter avere un isolatore LRB con bassa rigidità occorre aumentare il più possibile l'altezza di gomma ed allo stesso tempo limitare le dimensioni del nucleo di piombo. Al fine di avere invece un buon grado di smorzamento il nucleo di piombo dovrebbe avere dimensioni piuttosto grandi ed avere un'altezza limitata.

Di particolare importanza in un sistema di isolamento composto da dispositivi di diverso tipo come quello in oggetto, è il controllo della rigidità verticale dei dispositivi. Infatti i dispositivi elastomerici, siano essi isolatori in gomma-piombo o appoggi scorrevoli, hanno normalmente rigidità verticali tali da provocare piccoli abbassamenti verticali sotto carico. Gli isolatori di tipo LRB durante il movimento generato dal sisma, essendo caricati verticalmente dal peso della sovrastruttura, subiscono un ulteriore abbassamento verticale causato dalla deformazione della gomma; gli appoggi elastomerici con piastra di scorrimento invece non subiscono tale incremento di abbassamento in quanto il movimento avviene per traslazione della piastra stessa.

Mentre gli abbassamenti dovuti ai carichi statici possono facilmente essere controllati durante l'installazione provvedendo ad un'opportuna messa in carico dei dispositivi, gli spostamenti verticali differenziali che avvengono durante il movimento sismico possono provocare variazioni nei carichi assiali delle colonne, se non tenuti in debito conto durante la progettazione del sistema di isolamento.

Come descritto precedentemente, l'edificio è costituito da diversi blocchi aventi un differente numero di piani. Conseguentemente i carichi verticali agenti sui singoli pilastri nella combinazione sismica, incluse le componenti verticali derivate dall'analisi dinamica con accelerogrammi, hanno valori caratterizzati da una grande variabilità avendo una dispersione da circa 100 kN fino a circa 14000 kN. Una razionale distribuzione degli isolatori sulla pianta dell'edificio ha consentito di mantenere il centro di rigidità, ottenuto come baricentro delle rigidità dei singoli isolatori, molto vicino al centro di massa della struttura riuscendo ad ottenere un'eccentricità di solo 1.5 m, consentendo così di limitare al massimo gli effetti torsionali dell'edificio. Questo è stato possibile grazie ad un'ottimizzazione del sistema di isolamento ottenuta suddividendo il numero totale di isolatori in 5 classi di carico costituite da isolatori dimensionati al fine di pervenire ad una rigidità orizzontale proporzionale al carico verticale agente in condizioni sismiche. Le caratteristiche dei dispositivi per l'isolamento sismico del Başibüyük Marmara University Hospital sono indicate nella Tabella 2.

Tutti i dispositivi sopra indicati sono installati, come descritto nel paragrafo precedente sotto il secondo solaio. Al di sotto dei vani scala e ascensore sono invece state installate opportune

Tabella 2 - Valori caratterizzanti i dispositivi componenti il sistema di isolamento alla base

Tipo	qty	d_{max} (mm)	N_{max} statico (kN)	N_{max} sismico (kN)	F_{max} (kN)	K_{eff} (kN/mm)	Energia dissipata per ciclo (kNm)	Smorzamento atteso (%)
LRS 650 / 283	127	380	2017	1000	435	1.146	319	30.7%
NTm 300 / 44	145	380	2017	1000	-	-	-	-
LRS 750 / 363	92	380	3925	2000	433	1.140	332	32.1%
NTM 400 / 65	68	380	3925	2000	-	-	-	-
LRS 800 / 297	97	380	7470	4000	630	1.658	473	31.5%
NTm 500 / 102	81	380	7470	4000	-	-	-	-
LRS 850 / 301	36	380	11220	6000	819	2.156	645	33.0%
NTm 600 / 124	25	380	11220	6000	-	-	-	-
LRS 1000 / 314	10	380	15564	13068	1185	3.118	986	34.9%
NTm 700 / 127	6	380	15564	13068	-	-	-	-
Totale	687	380	-	-	197592	520	1.500E+08	31.8%

Figura 11
Appoggio tipo Pot (installato
sotto i vani scala e
ascensore).



slitte che consentono di sorreggerne il peso ed allo stesso tempo consentirne i movimenti dovuti al terremoto. Queste slitte (Figura 11) sono costituite da appoggi a disco elastomerico confinato dotati di piastra di scorrimento in acciaio e PTFE (identificati con la sigla Pot).

Si è optato per l'inserimento degli appoggi NTm (al posto dei Pot) al di sotto del secondo solaio in modo da poter tarare i valori di rigidità verticale rispetto agli isolatori LRB (data l'importanza di limitare i cedimenti differenziali tra appoggi adiacenti).

Gli appoggi Pot invece, concettualmente simili agli NTm, sono installati alla base dei vani scala e ascensore, dove non ci sono problemi di cedimenti differenziali, in quanto questi vani sono interamente costituiti da pareti di calcestruzzo armato aventi elevata rigidità (spessore 40 cm).

Tutti gli isolatori LRB utilizzati sono progettati e testati in accordo alla norma EN 15129 e dotati di marcatura CE. Le prove di qualifica dei dispositivi LRB sono state effettuate presso il laboratorio Eucentre di Pavia mentre le prove di accettazione sono in corso di svolgimento presso il laboratorio AlgaLab di Montebello della Battaglia (PV). Anche gli appoggi NTm e Pot, pur essendo dotati di marcatura CE, sono stati provati, anche se non espressamente richiesto dalla normativa di riferimento EN 1337, presso il laboratorio AlgaLab di Montebello della Battaglia, sia a carico verticale che sotto spostamento per verificare il coefficiente di attrito di progetto.

La Figura 12 mostra alcune fasi delle prove eseguite sui dispositivi LRB testati presso Eucentre, mentre la Figura 13 e la Figura 14 mostrano alcune fasi delle prove eseguite su appoggi NTm e Pot.

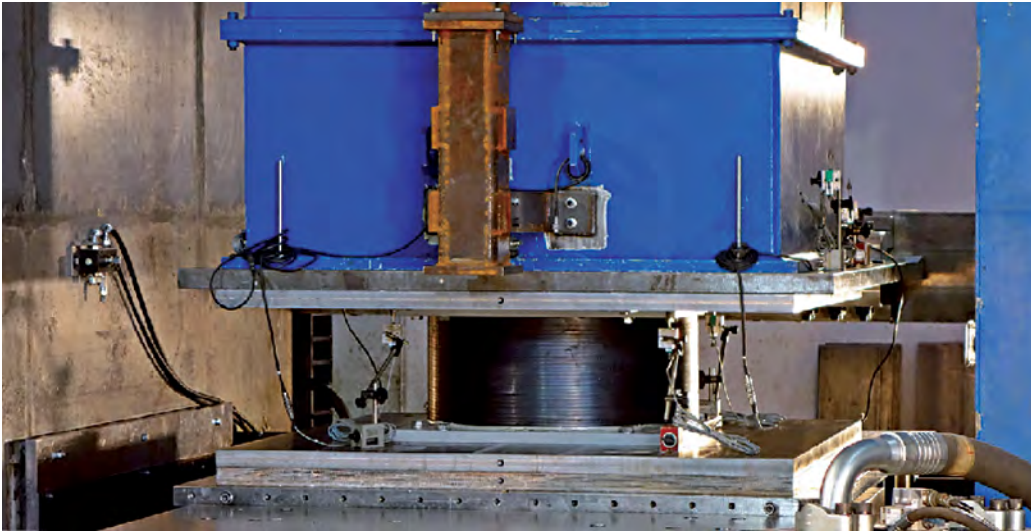


Figura 12
Prove sugli isolatori LRB
presso Eucentre.

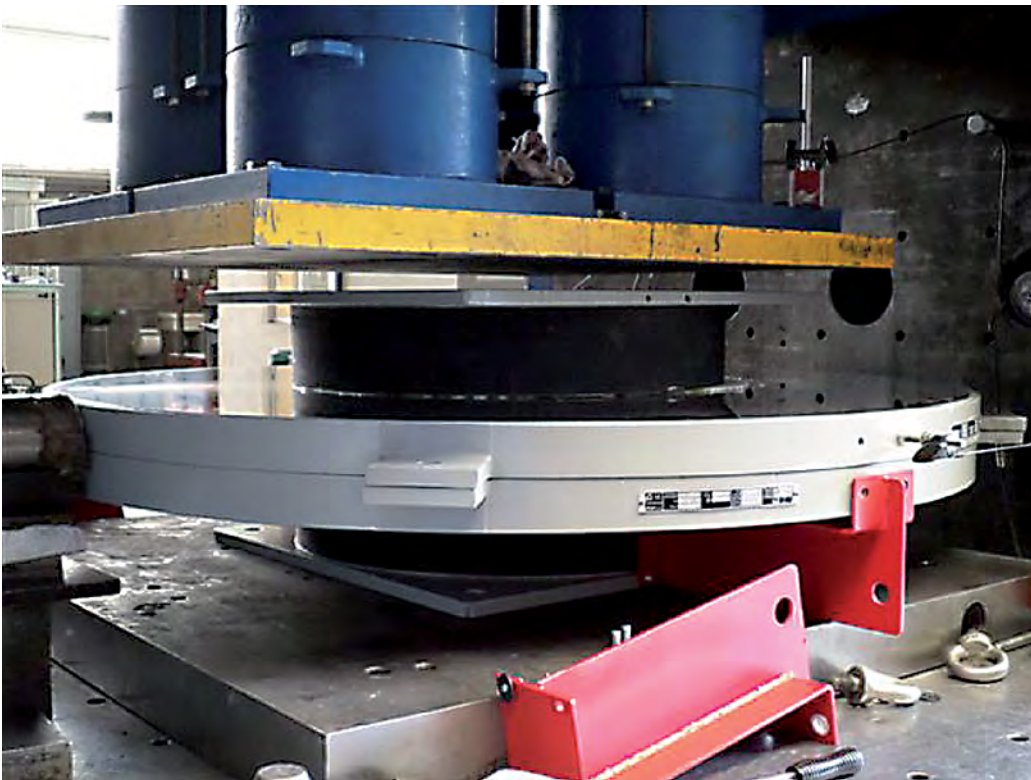


Figura 13
Prove sugli appoggi NTm.

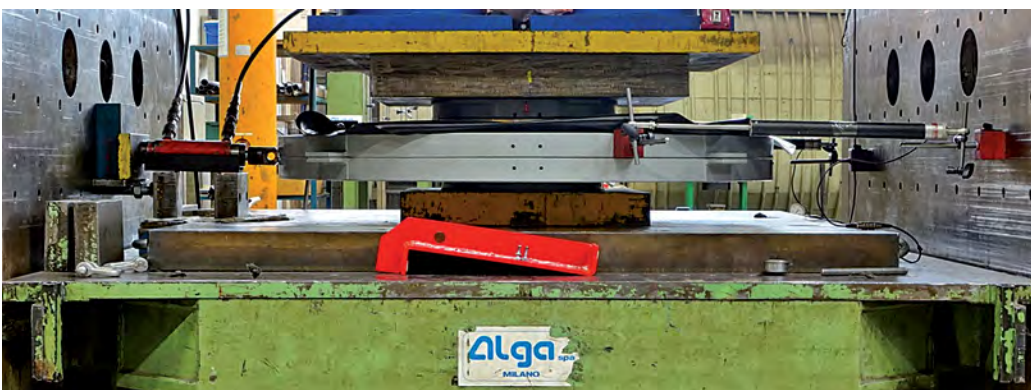


Figura 14
Prove sugli appoggi Pot.

4. Modalità d'installazione

4.1 Rinforzi strutturali preliminari

Usualmente, in un progetto di adeguamento sismico di un edificio esistente, la quota di posa degli isolatori è in testa oppure al piede del pilastro esistente. Per limitare gli effetti di spostamenti sismici differenziali, usualmente si realizza una soletta o un grigliato di travi aggiuntivo in modo da creare un diaframma rigido che distribuisca in modo uniforme le forze orizzontali.

Per questo progetto, usando la tecnica di installazione descritta in seguito, non si sono progettati i suddetti diaframmi orizzontali, bensì sono state rinforzate adeguatamente le sezioni in calcestruzzo per i primi due livelli, che in pratica costituiscono la sottostruttura.

L'allargamento dei pilastri e delle pareti è stato reso necessario per due motivi. Il primo è geometrico, dato che, in particolare per gli appoggi NTm (aventi piastre di scorrimento con diametro variabile da 106 cm a 146 cm) si ha fisicamente bisogno di un'area di appoggio. Il secondo motivo è legato al dimensionamento dell'armatura necessaria per resistere alle forze orizzontali in fase sismica. In merito a quest'ultimo punto, si vuole ricordare la differenza, in termini di eccentricità di carico, tra isolatori LRB ed appoggi NTm: i primi, durante un movimento sismico (d) offrono la stessa eccentricità sia alla sovrastruttura che alla sottostruttura ($e = d/2$); i secondi invece offrono un'eccentricità pari allo spostamento sismico tutta in una direzione, in base a come viene orientato l'appoggio. Per questo progetto la soluzione più conveniente è stata quella di installare gli NTm con piastra di scorrimento inferiore, così come mostrati in Figura 15, in modo che l'eccentricità sia tutta rivolta verso il basso.

4.2 Descrizione della modalità d'intervento

L'inserimento degli isolatori, eseguito da Freysaş,

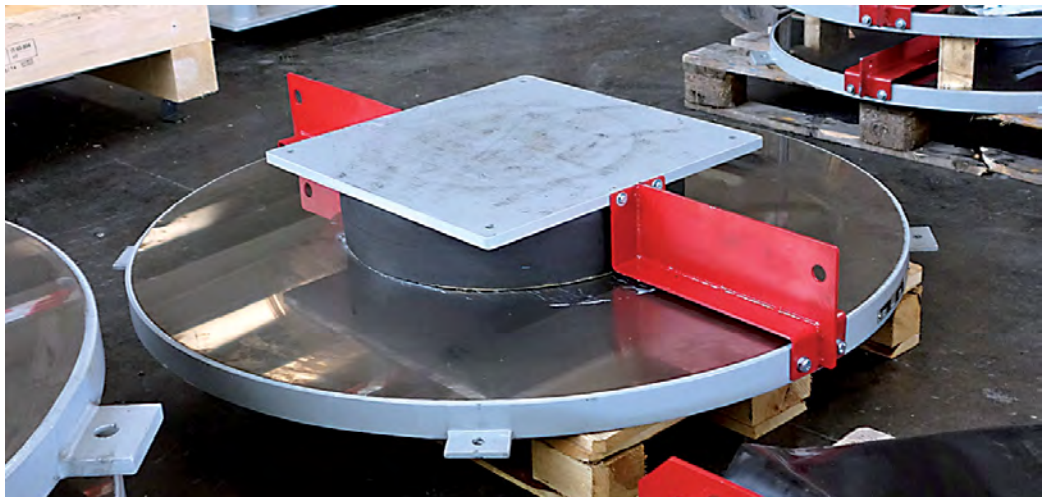
società del gruppo Freyssinet operante in Turchia, avviene secondo una tecnologia, sviluppata da Alga, che prevede il sezionamento dei pilastri, con il temporaneo sostegno del carico verticale mediante apposite carpenterie metalliche. Questo tipo di tecnologia consiste nell'applicazione, a ciascun pilastro, di due speciali morse in acciaio, poste ad una opportuna distanza tra di loro (circa 40 – 50 cm) che, dopo essere state accuratamente posizionate, vengono serrate al pilastro mediante apposite barre di precompressione in acciaio ad elevata resistenza. Successivamente, mediante appositi martinetti idraulici, si provvede a scaricare la parte di pilastro compresa tra le due morse.

Infine, per mezzo di una sega a filo diamantato, si rimuove una sezione di opportuna altezza del tratto di pilastro scaricato e si inserisce al suo posto il dispositivo di isolamento, previa la posa in opera delle relative carpenterie di ancoraggio al pilastro.

Ciascuna morsa è costituita, essenzialmente, da due traversi principali, disposti parallelamente al lato maggiore del pilastro, e da due traversi secondari, paralleli al lato minore. I traversi principali, tramite i quali si esercita l'80% circa della forza di serraggio, hanno anche la funzione di alloggiare 4 martinetti idraulici alle loro estremità, allo scopo di trasferire il carico verticale presente nel pilastro. I traversi secondari invece, tramite i quali si esercita il restante 20% della forza di serraggio, essendo più leggeri e maneggevoli, vengono posizionati per primi, consentendo un più agevole posizionamento dei traversi principali.

I grandi vantaggi di un intervento di questo tipo sono la semplicità e la rapidità di esecuzione delle operazioni sopra descritte: si tratta infatti di operazioni che richiedono una modalità di applicazione molto precisa e delicata (anche se molto

Figura 15
Appoggio NTm completo
di piastrelle di fissaggio
temporaneo.



semplice dal punto di vista teorico) per poter assicurare la perfetta funzionalità di tutto il sistema. Alga, grazie all'esperienza acquisita in lavori simili, già realizzati in passato, è in grado di offrire una perfetta efficienza nella messa in opera.

Inoltre, dal punto di vista della sicurezza, questo tipo di intervento non presenta alcuna criticità: infatti, il fatto di operare, contemporaneamente, su solo un paio di pilastri e la possibilità di minimizzare le deformazioni indotte nella struttura (il detensionamento dei pilastri richiede uno spostamento relativo dell'ordine dei 2 mm), ne garantiscono la stabilità strutturale per tutta la durata dell'intervento.

L'esperienza maturata in questo settore consente inoltre una buona velocità di intervento. Infatti si può considerare che i lavori possono richiedere circa 2-3 giorni per ogni pilastro. Le operazioni di inserimento di questi dispositivi avverranno, contemporaneamente, per non più di 2 o 3 pilastri non adiacenti: in questo modo si è certi di garantire ad ogni livello della messa in opera del sistema l'integrità strutturale della struttura stessa.

Tale metodologia è caratterizzata dalla poca invasività: infatti la sua applicazione è limitata ad un solo piano di tutta l'intera struttura e quindi tutti gli interventi di adeguamento (rinforzo lo-

cale dei pilastri e inserimento dell'isolatore) riguardano solo quel livello specifico. Tutti i livelli superiori a quello di isolamento non richiedono nessun intervento in quanto le sollecitazioni agenti sono notevolmente ridotte e quindi possono mantenere le caratteristiche architettoniche originarie. A differenza di altre tecniche, alla fine dei lavori non ci sono ingombri architettonici come mensole o altro. Il lavoro di taglio dei pilastri ed inserimento degli isolatori può essere effettuato senza interferire con le attività svolte ai piani superiori.

La tecnica descritta è adattabile a diverse casistiche, per esempio quando si vuole inserire il piano di isolamento al piede dei pilastri, oppure in testa ad essi, subito al di sotto di un dado di rinforzo. In questi casi, piuttosto frequenti, l'installazione è ulteriormente semplificata. In presenza di pareti in c.a. infatti l'applicazione delle morse non è nemmeno necessaria in quanto possono essere direttamente aperte apposite nicchie per l'alloggiamento degli isolatori completi di contropiastre.

4.3 Sequenza operativa

Nel seguito si descrive, dal punto di vista operativo, la sequenza adottata per l'inserimento degli isolatori all'interno dei pilastri degli edifici.

1. Rinforzo delle sezioni esistenti dei pilastri/pareti mediante camiciatura in c.a. di 15-20 cm a seconda dei pilastri considerati.
2. Applicazione delle morse secondarie superiori ed inferiori (Figura 16).

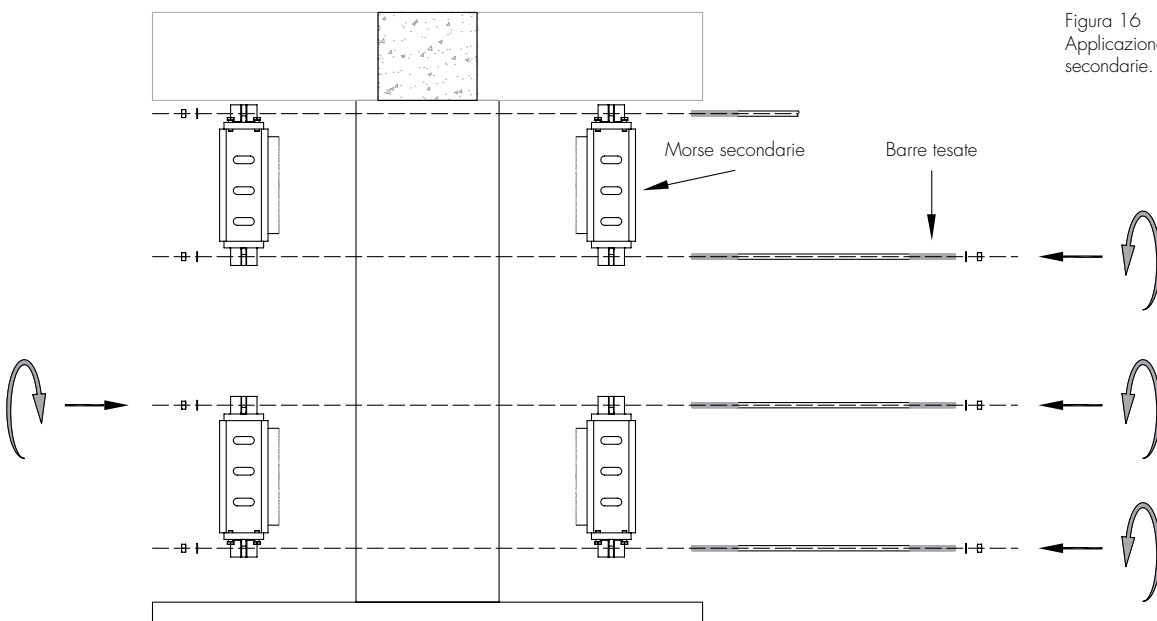
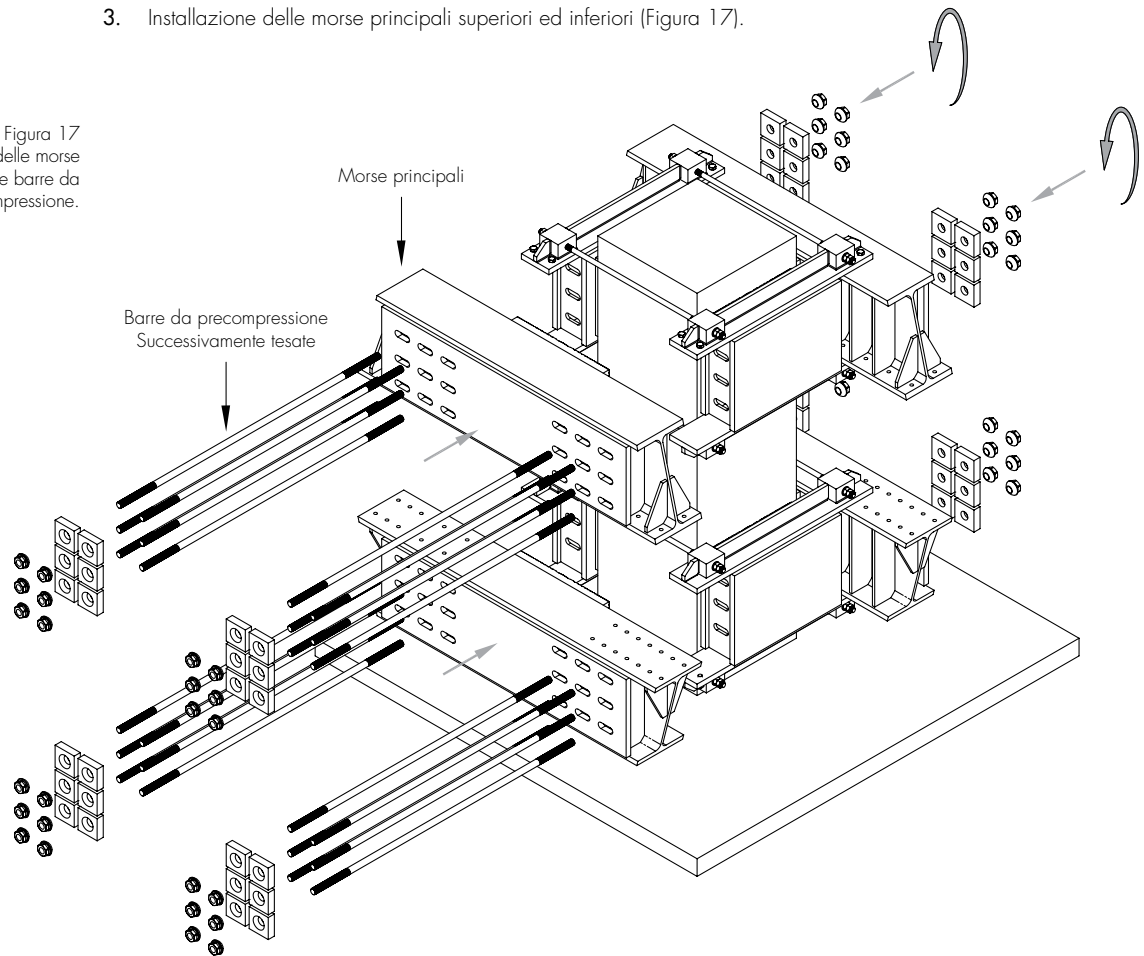


Figura 16
Applicazione delle morse secondarie.

3. Installazione delle morse principali superiori ed inferiori (Figura 17).

Figura 17
Applicazione delle morse principali e delle barre da precompressione.



4. Tesatura delle barre di precompressione per garantire l'attrito acciaio/calcestruzzo necessario alla portanza del carico verticale.
5. Posizionamento dei 4 martinetti di sollevamento e delle relative colonnine distanziali.
6. Collegamento di tutta l'attrezzatura oleodinamica (pompa di tiro, tubi alta pressione, ecc).
7. Scarico del pilastro (nella parte compresa tra le due morse) mediante messa in carico dei martinetti idraulici di contrasto e bloccaggio degli stessi con le apposite ghiera di sicurezza.
8. Installazione della macchina di taglio a filo diamantato (Figura 18).

Figura 18
Macchina di taglio a filo diamantato.



9. Esecuzione del taglio superiore ed inferiore e rimozione del blocco di calcestruzzo (Figura 19).

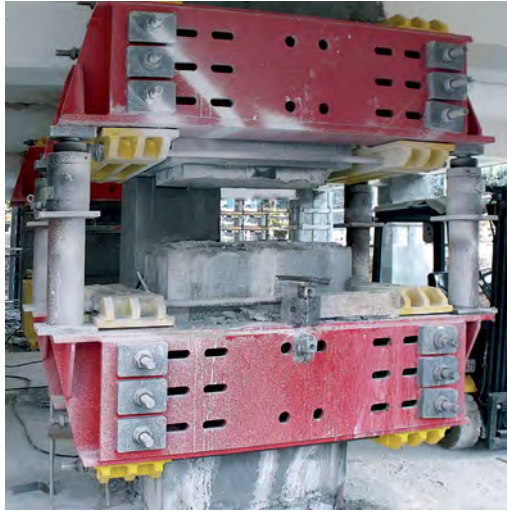


Figura 19
Estrazione del blocco di calcestruzzo.

10. Posa delle contropiastre metalliche superiori ed inferiori che collegano l'appoggio con la struttura (Figura 20).
11. Fissaggio mediante viti del dispositivo antisismico alle contropiastre metalliche (Figura 21).

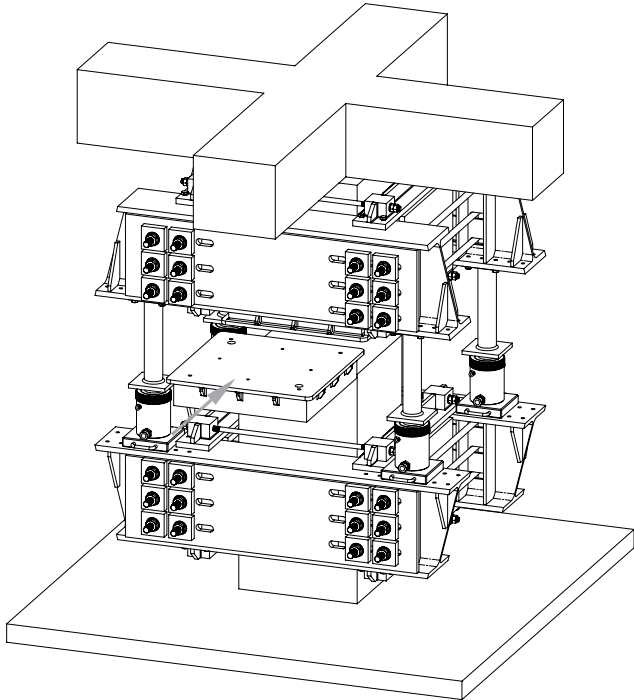


Figura 20
Posa contropiastre inferiori (a sinistra).

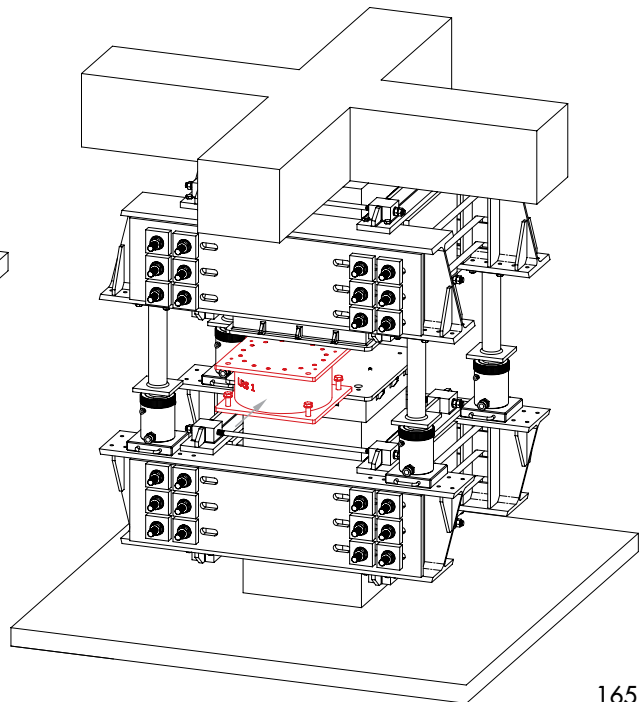
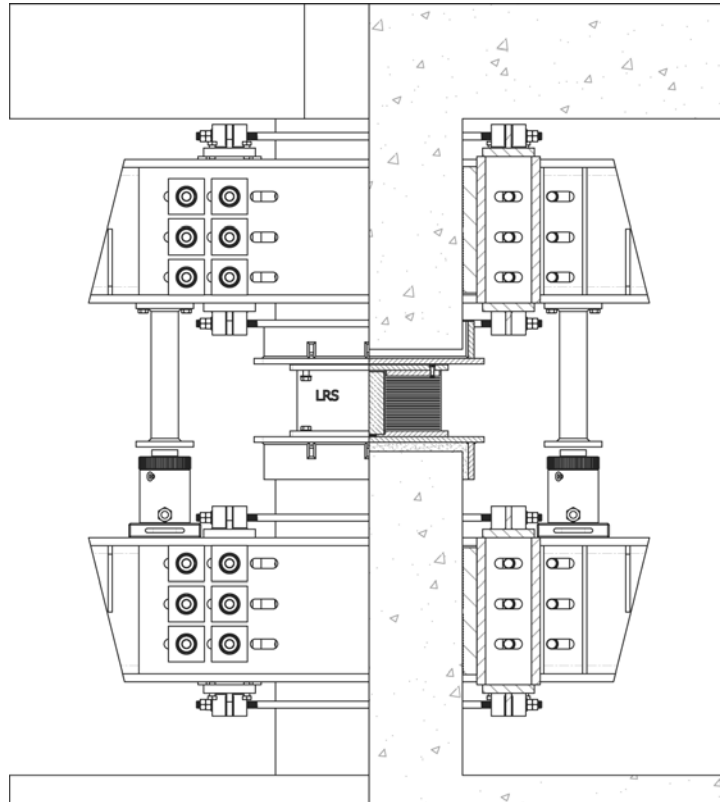


Figura 21
Inserimento dell'isolatore (a destra).

12. Getto della malta di livellamento (spessore circa 3 cm) all'interno delle contropiastre.
13. A maturazione avvenuta della malta, scarico dei 4 martinetti di contrasto, con conseguente trasferimento di tutto il carico verticale al pilastro contenente l'isolatore.

Figura 22
½ vista – ½ sezione
dell'isolatore installato.



14. Rimozione delle morse di serraggio e pulizia dell'area.

5. Conclusioni

La tecnica dell'isolamento sismico utilizzata per la protezione sismica nell'ambito dell'adeguamento alla nuova normativa turca del Başibüyük Marmara University Hospital di Istanbul è stata qui presentata e descritta. L'isolamento sismico ha permesso di risolvere in maniera agevole i severi vincoli in termini di taglio alla base e di spostamento dettati dai requisiti richiesti dallo standard sismico vigente.

Sono state presentate le tipologie di dispositivi impiegati corredati dalle loro caratteristiche e

dalle prove di laboratorio eseguite per dimostrarne la loro adeguatezza al problema strutturale. Sono state infine presentate le modalità di installazione e la descrizione della sequenza operativa necessaria a risolvere in maniera brillante le problematiche legate al taglio dei pilastri con una soluzione caratterizzata da facilità di esecuzione, flessibilità e poca invasività a livello strutturale ed architettonico.

Le operazioni di adeguamento strutturale dell'edificio, così come la fabbricazione dei dispositivi antisismici, sono al momento in corso.

Bibliografia

eN 15129 (2009) - Anti-Seismic Devices, European Committee for Standardization.
Guideline for Seismic Retrofit of School and Hospital Facilities in Istanbul (2008) - Istanbul Project Coordination Unit (IPCU), Istanbul, Turchia.
Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones

(2007) - Ministry of Public Works and Settlement, Government of Republic of Turkey, Ankara, Turchia.
Kubin J., Kubin D., Özmen A., Sadan O.B., Eroğlu E., Sucuoğlu H. (2012) - Seismic Retrofit of an Existing Multi-Block Hospital by Seismic Isolators. 15WCEE, Lisbona, Portogallo.