



Il sistema brevettuale antisismico innovativo “PILASTRINO MIDOLLO” (Nucleo intelligente o “smart core”) prende spunto dalla struttura dell’albero e rappresenta la felice intuizione di un gruppo di professionisti vibronesi che ha pensato di inserire, nelle parti centrali di pilastri e travi, un’armatura metallica aggiuntiva rispetto a quella dettata dalla vigente



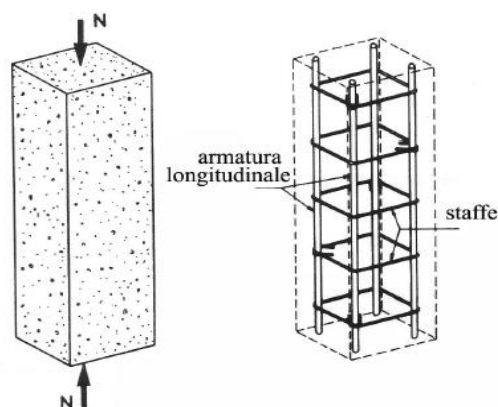
L'analogia con la struttura interna del tronco d'albero ha ispirato la ricerca brevettuale

normativa europea (NTC 2008) la quale prevede l’ubicazione dei ferri in posizione perimetrale, cioè sul bordo esterno.

Questo sistema antisismico di resistenza, che impedisce il collasso strutturale sotto le forti spinte orizzontali, è già esistente in natura, negli alberi appunto, che resistono anche alle fortissime spinte del vento e riescono a farlo perché, in milioni di anni di adattamento della loro vita sulla Terra, hanno sviluppato quale sistema migliore per resistere, nei tronchi e nei rami, proprio quello di dotarsi di successivi anelli concentrici di resistenza che vanno dalla corteccia esterna al nucleo centrale, il midollo appunto, collaborando tutti insieme durante le sollecitazioni violentissime dei venti.

Ed infatti, se osserviamo il taglio di un tronco d’albero si nota come i cerchi concentrici rappresentano le varie linee di difesa con al centro il midollo, appunto, che gli conferisce la solidità.

ARMATURA CONVENZIONALE DI UN PILASTRO



"ARMATURA" (linee di difesa) CONVENZIONALE DI UN ALBERO (pilastro naturale)

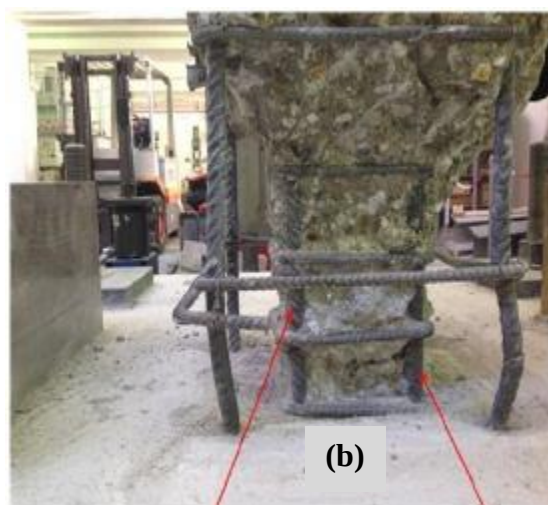
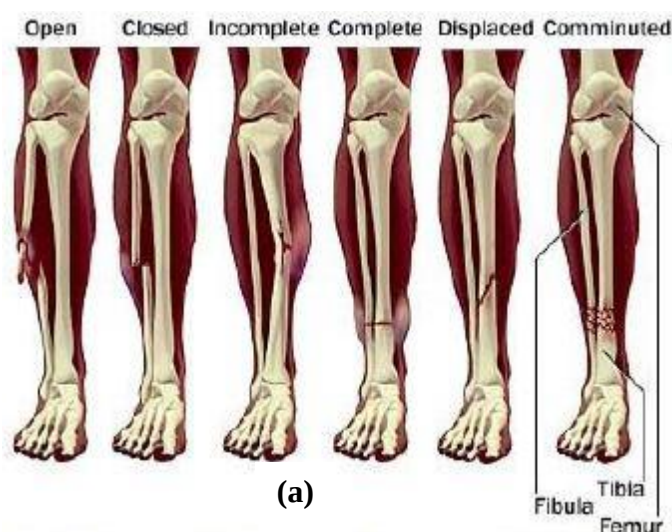


Facendo, quindi, l’analogia fra ciò che la natura realizza da sempre negli alberi ed il sistema costruttivo edilizio impiegato in ogni parte del mondo, si è avuta l’idea brevettuale di inserire una seconda armatura centrale in un pilastro in c.a. (debitamente calcolata e strutturata), di testarla (per confronto con un analogo pilastro convenzionale, armato secondo la vigente normativa antisismica) assoggettandolo a sollecitazioni dinamiche orizzontali (sforzi tangenziali) per osservarne il comportamento sotto evento sismico, ed ottenendo una serie di importanti informazioni/analogie/differenze fra il “classico” pilastro ed il pilastro dotato del dispositivo brevettuale.



Il sistema antisismico brevettuale è pensato, con idonei interventi specifici, anche per edifici vecchi, quelli costruiti da molti anni, con uno stato di ammaloramento visibile e/o occulto, e specialmente considerando il fatto che la vigente normativa indica una “vita nominale” del c.a., una sorta di scadenza, cioè il tempo attribuito ad una struttura in c.a. prima che debba essere considerata non più utilizzabile in termini di sicurezza e quindi da evacuare e demolire. Secondo alcune stime sembrerebbe che circa la metà del patrimonio edilizio esistente abbia da tempo superato tale limite.

Con l’impiego del “sistema midollo”, che rimane sempre indenne da terremoti e da ammaloramenti è possibile ricostruire le parti esterne deteriorate in analogia agli organismi viventi ottenendo pertanto la “rinascita” delle strutture in cemento armato, intervenendo e sanando anche possibili difetti di costruzione.



(a) analogia con le ossa di una gamba, **(b)** pilastro dotato del sistema centrale “PILASTRINO MIDOLLO” a fine test presso il Dipartimento di Strutture per l’Ingegneria dell’UNINA (Università di Napoli)

La tecnica per l’inserimento del sistema brevettuale antisismico nelle strutture portanti (cioè nelle travi e nei pilastri) dei fabbricati esistenti in c.a., avviene mediante perforazioni orizzontali e verticali, cioè “bucando” le strutture e tagliando una serie di ferri d’armatura specie nei nodi strutturali (all’incrocio trave-pilastro); ciò indurrebbe a pensare che si possa indebolire seriamente la struttura.

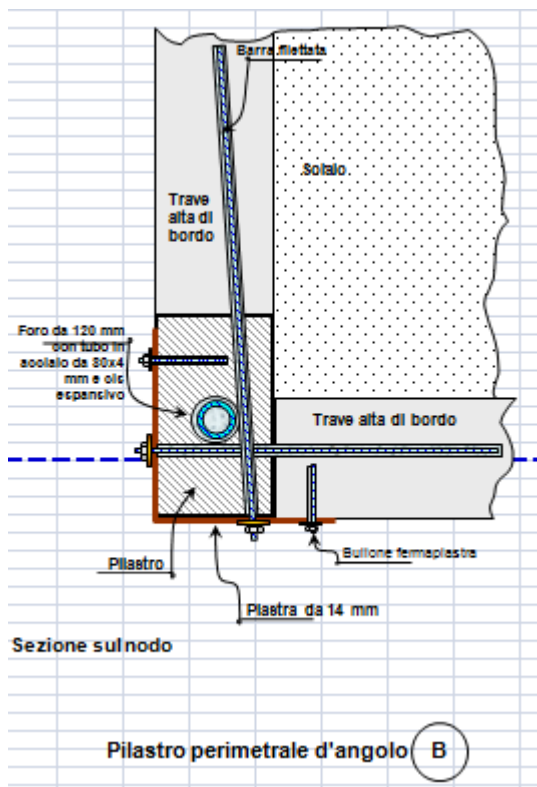
Ma la tipologia e il metodo di perforazione ed inserimento del sistema brevettuale, generano invece un cospicuo rinforzo delle strutture esistenti in c.a., specie in quelle ormai datate e non più conformi alle rinnovate norme antisismiche europee.

Si descrive di seguito la metodologia applicativa per migliorare notevolmente la stabilità strutturale di una costruzione esistente in cemento armato (ad esempio edifici, scuole, ospedali, ponti, etc.) formata da pilastri e travi che insistono su detti pilastri.

Anzitutto è necessario eseguire delle perforazioni orizzontali sulle facciate esterne della struttura, in corrispondenza delle travi ubicate ai nodi strutturali, per inserire un’armatura di pre-rinforzo in ogni trave che, a seguito delle successive perforazioni verticali dei pilastri, subirà un indebolimento in quanto verranno tagliati alcuni ferri; in tal modo ogni trave pre-rinforzata avrà modo di “entrare in azione”, cioè assestarsi ed entrare in carico contestualmente alla suddetta perforazione verticale.

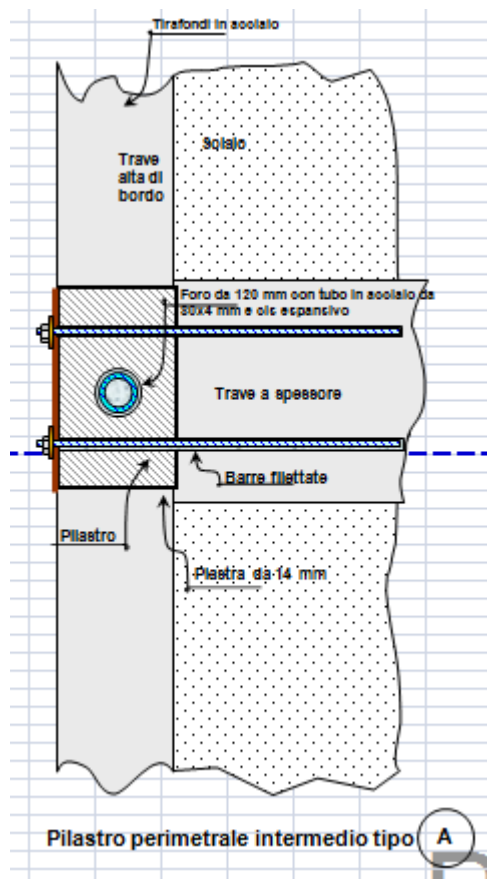
Detto metodo comprende i seguenti passi:

- a) eseguire una prima perforazione orizzontale secondo una direzione trasversale al rispettivo pilastro in maniera tale da interessare la trave che insiste su detto rispettivo pilastro; tale perforazione, a seconda del metodo, può essere “passante”, da una faccia all’altra della trave, oppure essere spinta per alcuni metri dentro la trave, da entrambe le facce di ogni trave;
- b) inserire una prima armatura (borra metallica o cavo armonico o trefolo o altro idoneo materiale) in detta prima perforazione;
- c) colare del materiale di riempimento cementizio, in particolare malta espansiva fluidificata, all’interno di detta prima perforazione; se viene inserito un cavo armonico od un trefolo non si dovrà iniettare alcuna malta;
- d) eseguire una seconda perforazione verticale in posizione sostanzialmente centrale e lungo l’asse longitudinale di ogni pilastro;
- e) inserire una seconda armatura (gabbia metallica o tubolare metallico pre-forato o altro idoneo materiale) in detta perforazione verticale presentante una pluralità di aperture atte a far defluire un materiale di riempimento cementizio dall’interno verso l’esterno di detta seconda armatura;
- f) colare detto materiale di riempimento cementizio, in particolare malta espansiva fluidificata, all’interno di detta seconda armatura fino al riempimento completo di detta seconda perforazione;



Si prosegue, in tal senso, dall'alto verso il basso, di piano in piano, partendo dal piano più alto, prima con le perforazioni orizzontali nelle travi (prima perforazione) e quindi con le perforazioni verticali nei pilastri (seconda perforazione), che fungono anche da controllo, nel pilastro e nella trave.

I pilastri perimetrali d'angolo vengono perforati allo stesso modo dei pilastri perimetrali intermedi con l'aggiunta di un'ulteriore seconda perforazione orizzontale, ortogonale all'altra facciata, sempre in corrispondenza della parte centrale della trave



Si precisa che ogni pilastro avrà la seconda perforazione (verticale) dalla sommità fino ai ferri della base della fondazione; detta seconda perforazione verticale verrà prolungata oltre la fondazione, fino al raggiungimento di un più idoneo substrato, per quei pilastri che non hanno appoggio ottimale.

I pilastri intermedi avranno, oltre la perforazione verticale a tutt'altezza, anche una prima perforazione (orizzontale), ortogonale alla facciata, in corrispondenza della parte centrale della trave; i pilastri d'angolo, infine, avranno, oltre alla seconda perforazione verticale a tutt'altezza, anche due prime perforazioni orizzontali, ciascuna ortogonale ad una delle due facciate d'angolo, in corrispondenza delle parti centrali delle due travi sostenute dallo stesso pilastro d'angolo. I diametri delle perforazioni orizzontali e verticali saranno stabiliti in base al calcolo strutturale.

La barra orizzontale di collegamento del pilastro alla trave (nel caso di pilastro perimetrale intermedio) od alle travi (nel caso di pilastro d'angolo) vengono inserite ad iniziare dal penultimo solaio e fino al primo solaio, ed operando la precompressione. Si prosegue, quindi, allo stesso modo scendendo da un solaio superiore a quello inferiore, fino al primo solaio.

Si passa quindi alla seconda perforazione verticale, all'inserimento dell'armatura metallica e della malta cementizia espansiva.

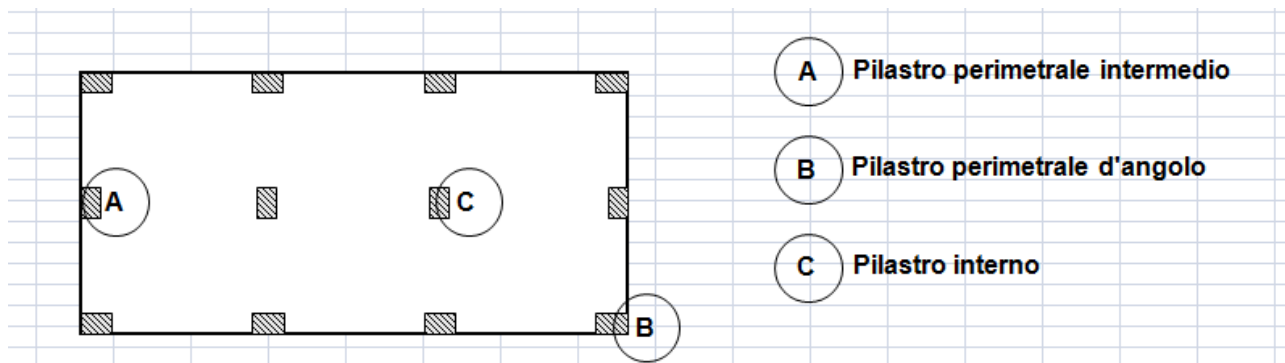
Così operando, il taglio dei ferri delle travi sul pilastro con la seconda perforazione verticale per inserire al centro del pilastro la seconda armatura 1 a tutt'altezza non porta alcun danno alla struttura, in quanto preventivamente pre-rinforzata e precompressa, mentre l'inserimento della seconda armatura le consente di acquisire caratteristiche antisismiche ed anti-crollo ad un livello altrimenti non raggiungibile.

Le perforazioni orizzontali e verticali dovranno essere eseguite a carotaggio continuo nelle travi e nei pilastri, al centro della loro sezione. Nelle perforazioni verticali nei pilastri, iniziano dalla sommità e proseguendo fino alla base della fondazione per inserirvi detta seconda armatura. Nel caso in cui il terreno immediatamente sotto la fondazione dell'edificio non presenti una sufficiente consistenza, la perforazione (e conseguentemente l'inserimento della armatura) può proseguire al di sotto della trave di fondazione fino allo strato di terreno che presenta la resistenza ritenuta necessaria, ottenendo, in tal modo, una migliore risposta del sistema terreno-struttura sotto evento sismico.



I pilastri delle costruzioni in cemento armato, su cui saranno eseguite le perforazioni verticali, per inserirvi dette seconde armature, possono essere interni o perimetrali. I pilastri perimetrali, a loro volta, potranno essere pilastri d'angolo o pilastri intermedi.

Nella figura sottostante i diversi tipi di pilastro sono indicati rispettivamente con: A pilastro intermedio, B pilastro perimetrale d'angolo e C pilastro perimetrale interno.



Le perforazioni saranno eseguite con modalità parzialmente diverse in base alle diverse ubicazione dei pilastri. I pilastri interni, saranno perforati ad iniziare dalla sommità e proseguendo, in maniera continua, per tutta l'altezza fino ai ferri inferiori della fondazione, od oltre. La precisione della perforazione nei pilastri interni verrà controllata anche con l'analisi pacometrica e georadar. Poiché nell'edificio sottoposto ad intervento i pilastri potranno essere vecchi ed avere una staffatura molto scarsa non si eccederà con l'espansività della malta in modo da non lesionarli. Inoltre sarà vantaggioso rendere molto scabra la parete della tubazione per migliorare l'aderenza tra calcestruzzo e armatura tubolare, specie nel caso di ristrutturazione di un pilastro.

I pilastri interni sono quelli che durante le sollecitazioni sismiche subiscono minori danni ai nodi.

Si descrivono di seguito le particolarità tecniche del sistema antisismico brevettuale

Punto 1: REALIZZAZIONE DI STRUTTURE ANTI-COLLASSO

a) Incremento di resistenza alle sollecitazioni cicliche, fino al 37%

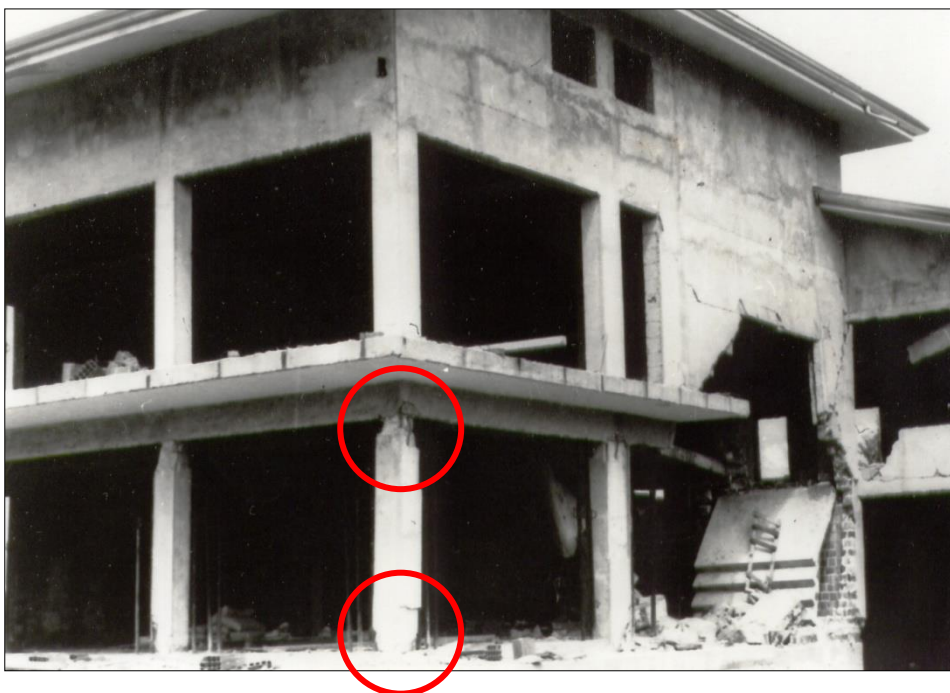
L'idea di inserire un'armatura centrale nei pilastri e nelle travi, in corrispondenza dei nodi strutturali, è nata dall'osservazione di come, in una costruzione terremotata che sta per crollare, un pilastro appare distrutto anzitutto al "piede", sopra le fondazioni e sopra ai solai, ed in "testa" sotto i solai dei piani superiori, mentre rimane integro nella parte centrale.

Se la costruzione fosse dotata, invece, di un'armatura centrale nel nodo, in modo da collegare le parti centrali del pilastro rimaste integre, la costruzione non crollerebbe perché si impedirebbe il distacco delle travi dai pilastri in quanto mantenute al loro posto dalle ulteriori armature centrali dei pilastri rimaste integre anche dopo la distruzione delle ferri perimetrali, con le quali attualmente vengono armate i pilastri, ai sensi della vigente normativa antisismica europea.



Quest'idea dell'armatura centrale nei pilastri e nelle travi trova analogia negli alberi che, in milioni di anni di adattamento sulla Terra, hanno sviluppato quale migliore sistema per difendersi dal vento, e per poi ricostruire le parti danneggiate, quello di avere più anelli concentrici – cioè successive linee di difesa – in modo che gli anelli più interni conservino integra la parte centrale (il cuore) e con quest'ultima rimasta integra possano rigenerare gli anelli esterni danneggiati (concetto di resilienza).

Alcuni test, inizialmente effettuati presso il C.T.M. (Centro Tecnologico Meridionale, un Laboratorio di prove sui materiali privato autorizzato dal Ministero dei LL.PP.) di Vibo Valentia, hanno confermato le previsioni: i pilastri dotati dell'armatura centrale, confrontati con gli omologhi armati secondo la normativa edilizia antisismica attuale, presentavano spostamenti in testa, e conseguentemente anche danni, inferiori dal 30 al 70 % circa.



Ulteriori prove e report, (Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria dell'Università "Federico II" di Napoli - Centro Ricerche "Casaccia" dell'Enea di Roma - Prof. Ayman Mosallam, Direttore del Laboratorio Sismico dell'Irvine University of California (USA) - Prof. Giacinto Porco, Responsabile Tecnico del SismaLab dell'Università della Calabria -e Stacec srl – Software e servizi per l'Ingegneria), hanno confermato i risultati già ottenuti.

In particolare il pilastro dotato del dispositivo antisismico del Pilastrino Midollo ha mostrato, a confronto col pilastro realizzato secondo la vigente normativa NTC2008, un incremento di resistenza pari al 37% sotto le azioni cicliche, un quadro fessurativo (e quindi danni) molti più ridotti ed inoltre il cuore del pilastro cioè il pilastrino midollo è rimasto perfettamente integro e indeformato.

b) Indeformabilità del nucleo interno, con possibile rigenerazione delle parti esterne compromesse da eventi naturali (sisma, salsedine, radiazioni, etc.)

L'indeformabilità del nucleo armato interno (Pilastrino Midollo) sotto le più violente sollecitazioni sismiche, è stato dai test eseguiti presso il C.T.M. (Centro Tecnologico



Meridionale, un Laboratorio di prove sui materiali privato autorizzato dal Ministero dei LL.PP.) di Vibo Valentia, il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria dell'Università "Federico II" di Napoli - Centro Ricerche "Casaccia" dell'Enea di Roma, il report del Prof. Ayman Mosallam, Direttore del Laboratorio Sismico dell'Irvine University of California (USA), il report del Prof. Giacinto Porco, Responsabile Tecnico del SismaLab dell'Università della Calabria e il report della Stacec srl – Software e servizi per l'Ingegneria.



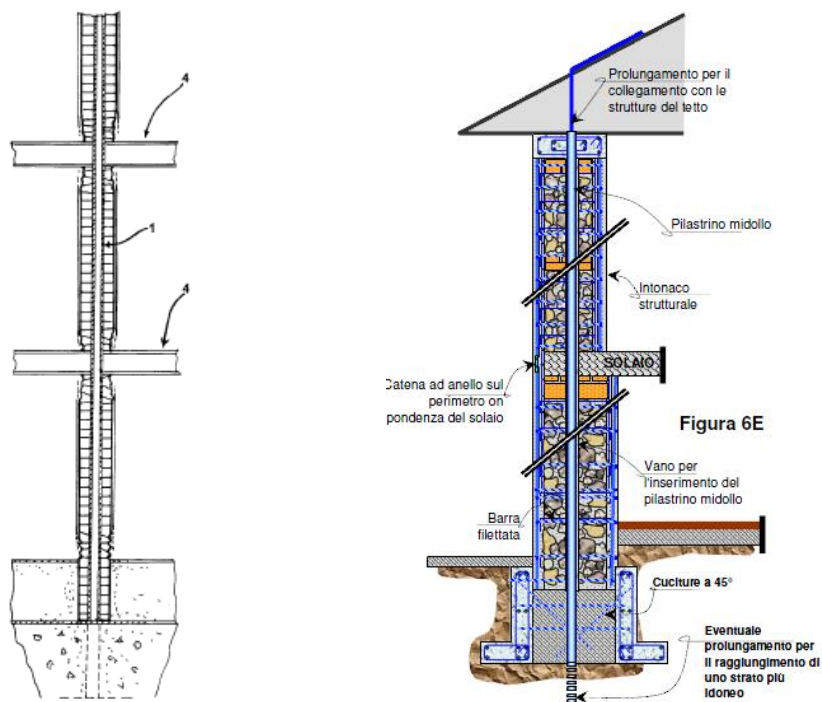
La sua grandissima resistenza all'azione di deterioramento di eventi naturali, dovuto anche al copri-ferro dell'armatura interna (Pilastrino Midollo) maggiore da 3 a 5 volte rispetto al copri-ferro dell'armatura convenzione, consente la riparazione delle parti esterne danneggiate.

Pertanto, il cemento armato si rigenera, nelle parti danneggiate, analogamente a come avviene negli organismi viventi: si ha la rinascita del cemento armato con un allungamento del ciclo vitale indefinito.

c) Aumento della connessione strutture/terreno, da dissesto o ribaltamento

Riguarda il campo delle costruzioni edili in cemento armato, in particolare si riferisce ad un metodo per migliorarne la stabilità strutturale e solidarizzare il sistema struttura/terreno in maniera da contrastare al meglio le sollecitazioni dinamiche in quanto l'armatura interna del pilastro, (il pilastrino midollo) prolungata al di sotto delle fondazioni, nel terreno sottostante, fino al raggiungimento dello strato ritenuto più idoneo, contribuisce a dare una valida resistenza alle strutture in cemento armato (dove esso è inserito) anche in caso di terremoti, frane, smottamenti, alluvioni, onde d'urto di qualsiasi tipo, ed altra qualsiasi calamità che determina spinte orizzontali contro l'edificio.

Le perforazioni dovranno essere eseguite a carotaggio continuo nei pilastri, al centro della loro sezione, iniziando dalla sommità e proseguendo oltre la trave di fondazione, fino allo strato di terreno che presenta la resistenza ritenuta necessaria, ottenendo, in tal modo, una migliore risposta del sistema terreno-struttura sotto eventi dinamici.



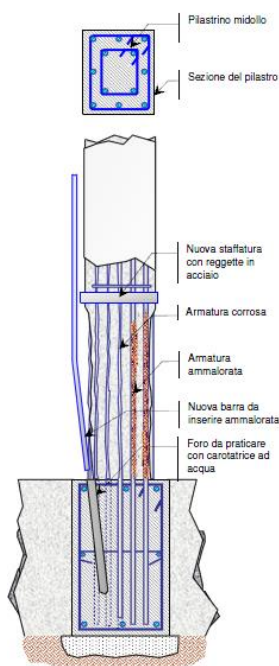
Punto 2: PROLUNGAMENTO DEL CICLO DI VITA DEL C.A. E RIDUZIONE DEI COSTI FINALI DI MANUTENZIONE

Con il nuovo sistema antisismico brevettuale, che prevede la struttura armatura al centro dei pilastri ed anche nelle travi, la durata del c.a. si allungherà notevolmente se non addirittura indefinitamente si avrà la rinascita del cemento armato.

Infatti la presenza del nucleo centrale armato (Pilastrino Midollo) che rimane perfettamente integro e indeformato anche dopo i terremoti più violenti (per come validato dal C.T.M. di Vibo Valentia, dal Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria dell'Università "Federico II" di Napoli, dal Centro Ricerche "Casaccia" dell'Enea di Roma, dal report del Prof. Ayman Mosallam, Direttore del Laboratorio Sismico dell'Irvine University of California (USA), dal report del Prof. Giacinto Porco, Responsabile Tecnico del SismaLab dell'Università della Calabria e dall'analisi non lineare redatta dalla Stacec srl – Software e servizi per l'Ingegneria), si possono sostituire e/o accoppiare le armature esterne danneggiate, risanando i pilastri e le travi e, conseguentemente, rigenerare la struttura terremotata con ovvi vantaggi anche economici.

Uno degli interrogativi che ci si pone oggi, dopo oltre 150 dall'avvento del c.a., è la durata nel tempo del c.a. stesso. Si assegna generalmente una vita nominale di circa 50 anni per le strutture comuni, mentre si indica in circa 100 anni per quelle pubbliche e strategiche (scuole, viadotti, etc.), e già parecchi edifici l'hanno superata. Ma terminata la vita nominale, cosa faranno le future generazioni? Si terranno edifici poco sicuri? Li demoliranno? Con quali soldi e con quanto inquinamento ambientale? Con il nuovo sistema antisismico si ha la possibilità di prolungare indefinitamente la durata del c.a.

Ciò vale anche per le strutture ammalorate dall'azione corrosiva della salsedine marina e/o dei campi elettromagnetici, dalla vetustà e dal deterioramento dovuto all'azione degli agenti esterni. Si otterrà quindi anche una cospicua riduzione dei costi finali di manutenzione.



Punto 3: PROTEZIONE DALLE INTERFERENZE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI, PER EFFETTO FARADAY, E RIPRISTINO OTTIMIZZATO DELLE GABBIE ESTERNE (SPECIFICAMENTE OPERE FERROVIARIE E SOTTOMARINE)

Gabbia Faraday è il nome di qualunque schermo elettrostatico; il nome deriva dalla gabbia di rete metallica su piedi isolanti all'interno della quale non si risentono azioni di cariche elettriche esterne. Si evidenzia che il cls ben secco è un buon isolante ed offre una grandissima resistenza al passaggio della corrente.

Dati di fatto:

- 1) i campi elettromagnetici danneggiano le strutture in c.a;
- 2) nel nuovo sistema antisismico col Pilastrino Midollo si ha un'armatura perimetrale esterna (quella prevista dalla normativa vigente) ed un'armatura al centro del pilastro e della trave: sistema costruttivo finora mai previsto;
- 3) l'armatura esterna potrebbe dare protezione dalle interferenze dei campi elettromagnetici all'armatura interna del Pilastrino Midollo, per effetto Faraday;
- 4) l'armatura interna (del Pilastrino Midollo) ha una protezione maggiore rispetto al copri-ferro dell'armatura convenzionale esterna, da 3 a 5 volte.

Si ritiene opportuno effettuare dei test di verifica e confronto al fine di apportare eventuali miglioramenti.

La presenza della doppia armatura e quindi dell'effetto Faraday può rivestire enorme importanza per la protezione delle opere ferroviarie e sottomarine.



Punto 4: PROTEZIONE DALLA CORROSIONE MARINA, DA OSSIDAZIONE E DA CARBONATAZIONE PER IL CONFINAMENTO INTERNO DEL NUCLEO (DOVUTO ALLO SPESSORE DEL COPRIFERRO DELL'ARNATURA INTERNA) E MINORE FESSURAZIONE ESTERNA. CONVENIENZA ANCHE IN AREE NON SISMICHE

La struttura armatura centrale del sistema antisismico Pilastrino Midollo, che ha un copri-ferro (cioè una protezione dall'esterno) maggiore da 3 a 5 volte rispetto a quella delle strutture previste dalla vigente normativa, assicura una migliore protezione dalla corrosione marina, dall'ossidazione e dalla carbonatazione.

La corrosione marina non può raggiungere il ferro della struttura armatura centrale, e comunque consente, una volta che l'armatura esterna è danneggiata, la riparazione della stessa riportando la struttura alle condizioni di sicurezza iniziali.

Per quanto riguarda l'ossidazione e la carbonatazione del cls si evidenzia che l'acciaio, in una soluzione alcalina, si ricopre di una patina di ossido e poi inizia un processo corrosivo che parte dalle micro fessure dello strato superficiale, si estende su tutta la superficie e prosegue in profondità.

Tutto ciò è causato dalla presenza della fessurazione che rappresentano la via dei processi corrosivi e di deterioramento.

Tutti i test effettuati hanno dimostrato che le parti strutturali dotate della struttura armatura centrale presentavano un quadro fessurativo di gran lunga inferiore a quello delle strutture senza Pilastrino Midollo.

Tutto ciò suggerisce l'applicazione generalizzata del Pilastrino Midollo anche nelle zone non sismiche per la protezione da tutte le altre azioni di deterioramento dagli agenti esterni.

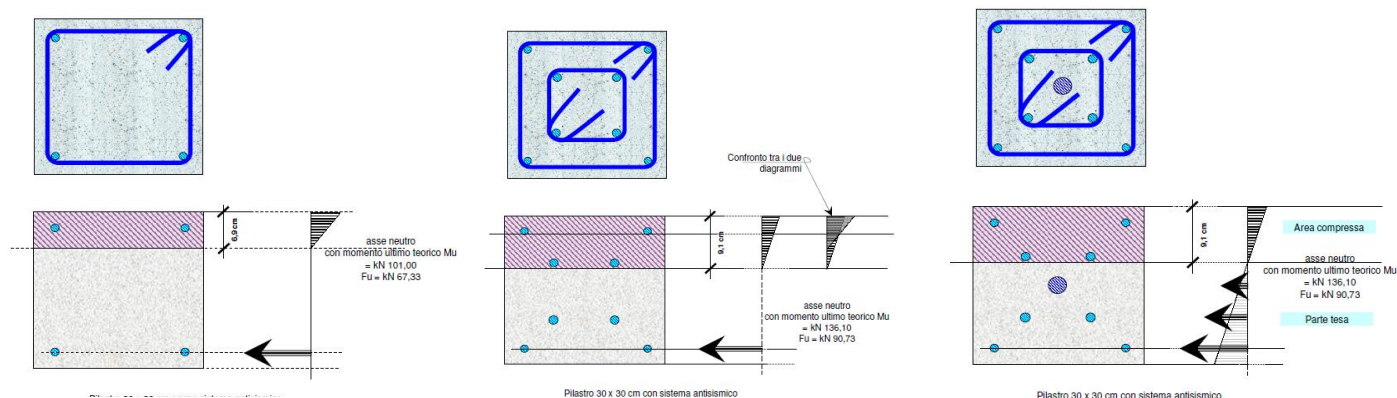
Punto 5: AUMENTO DELLA TENUTA DELLO SFORZO NORMALE E DEL TAGLIO, RIDUZIONE DEL FERRO DELL'ARMATURA TRADIZIONALE

Nelle prove fatte dal C.T.M. è risultato evidente che, aumentando le sollecitazioni, il pilastro senza armatura centrale veniva completamente distrutto sui bordi perché saltava il copri-ferro, i ferri entravano in carico di punta e la base del pilastro si spostava dalla fondazione, senza più possibilità di continuare a trasferire il carico su di essa. Al contrario, il pilastro dotato del dispositivo brevettuale, pur con una sollecitazione maggiore di circa il 30%, subiva la sola inclinazione, mantenendo pertanto l'allineamento con la fondazione e continuando a trasmettere il carico in fondazione. Il pilastro convenzionale subiva un taglio alla base con una traslazione orizzontale di ben 8 cm che rendeva il pilastro e quindi la struttura, collassato ed irrecuperabile. Il pilastro col Pilastrino Midollo, invece, non subiva nessun taglio o traslazione, ma solamente una inclinazione. Nelle prove presso l'UniNA è risultato che il pilastro col Pilastrino Midollo aveva l'asse neutro più spostato verso il baricentro rispetto a quello del pilastro convenzionale, con un aumento della superficie compressa di circa il 30%. Pertanto, il doppio confinamento consente anche una migliore distribuzione dello sforzo normale alla base del pilastro e così si evita, sia nelle zone sismiche che in quelle non sismiche, che negli edifici multipiano molto alti il pilastro possa scoppiare alla base.



Ulteriore test presso l'UniNA su un pilastro dotato del Pilastrino Midollo ma con una significativa riduzione dei ferri dell'armatura esterna convenzione (circa il 30%) ha dato come risultato un incremento di resistenza di circa il 16% rispetto al pilastro convenzionale ed la parte centrale (Pilastrino Midollo) è rimasta del tutto integra e in deformata.

Ciò evidenzia la possibilità di poter avere notevoli vantaggi, anche economici, per la riduzione della quantità di ferro.



Punto 6: IDONEITA' OPERATIVA NELLE COSTRUZIONI E MANUTENZIONI DESTINATE ALL'ENERGIA NUCLEARE

Gli spostamenti di interpiano (o drift) di una costruzione sotto l'effetto dell'azione sismica rivestono un ruolo importante nelle verifiche previste dalla vigente normativa (paragrafo 7.3.7.2 NTC08).

Da test effettuati dal Centro Ricerche dell'Enea di Roma su tre edifici bipiano in scala reale sottoposti a prove dinamiche su tavola vibrante, che hanno avuto la stessa configurazione di prove, è emerso che:



- la sequenza di prove è stata definita in modo da sottoporre la struttura ad una successione di input sismici crescente in modo che le accelerazioni massime spettrali fossero comprese nell'intervallo 5-10 Hz.;
- i segnali accelerometrici sono stati selezionati tra i principali terremoti italiani e mondiali degli ultimi 40 anni (Gilroy, Colfiorito, Mirandola, Aquila, Pettino e Tabas), con le tre componenti x, y, z; inoltre, è stato applicato l'input IEEE344 per le prove di qualifica per componenti nucleari.

Lo scopo è stato quello di portare gli edifici oltre il limite elastico fino ad evidenziare un conseguente danneggiamento plastico con un quadro fessurativo localizzato, in particolare, in prossimità della base dei pilastri del primo livello.

Al fine di un confronto più efficace del comportamento dei modelli A (edificio realizzato in c.a. con tecnica di costruzione convenzionale a norma NTC2008) e B (con "Pilastrino Midollo") il modello B ha mostrato mediamente una riduzione del drift orizzontale del -5.95% tra la base e il primo livello, e del -8.92% tra primo e secondo livello. Ed anche il quadro fessurativo si presentava in maniera del tutto diverso in quanto le lesioni presenti sul pilastro convenzionale erano molto pronunciate rispetto alle micro-fessure riscontrata sul pilastro col sistema midollo.

Punto 7: CONFORMITA' ALLE NORMATIVE NTC/2008/ITA

Punto 7 a: SONO IN APPROFONDIMENTO LE CONFORMITA' ALLE NUOVE NORME IN MATERIA ANTISISMICA

L' "armatura midollo" è un'armatura complementare, rispetto a quella dettata dalla normativa costruttiva, da inserire nelle costruzioni in c.a., nei pilastri e nelle travi, in corrispondenza dei nodi strutturali, che evita il distacco dei pilastri dalle travi anche con sismi violenti, da ubicare al di sopra e al di sotto del solaio, tale da collegare le parti nodali dei pilastri posti sopra e sotto le travi al fine di impedirne il distacco dei essi dalle travi d'appoggio e, conseguentemente, scongiurarne il collasso strutturale.

Si configura in una seconda armatura (complementare, coassiale, interna all'armatura convenzionale) di metallo o altro idoneo materiale, di forma, dimensione e geometria adeguata, da inserire nei nodi strutturali (trave-pilastro) di ogni livello, partendo dal nodo in fondazione.

Applicando detta tecnica antisismica ("armatura midollo") si ha un sostanziale incremento di resistenza, una cospicua riduzione del danneggiamento strutturale, con ulteriore vantaggio di poter riparare e recuperare l'edificio e prolungarne, quindi, il ciclo vitale.

L'applicazione dell'"armatura midollo" genera un effetto di tipo prestazionale e soddisfa il criterio della gerarchia delle resistenze nei nodi strutturali.

Tale criterio auspica che la formazione della cerniera plastica avvenga nelle travi prima che nei pilastri (pilastro forte - trave debole) in modo tale che il meccanismo di collasso venga attivato dopo la formazione di moltissime cerniere plastiche.



Una struttura in c.a., dotata dell'“sistema midollo”, non è in contrasto con nessuna parte della normativa vigente (N.T.C. 2008), anzi apporta agevolazioni ai punti di seguito indicati:

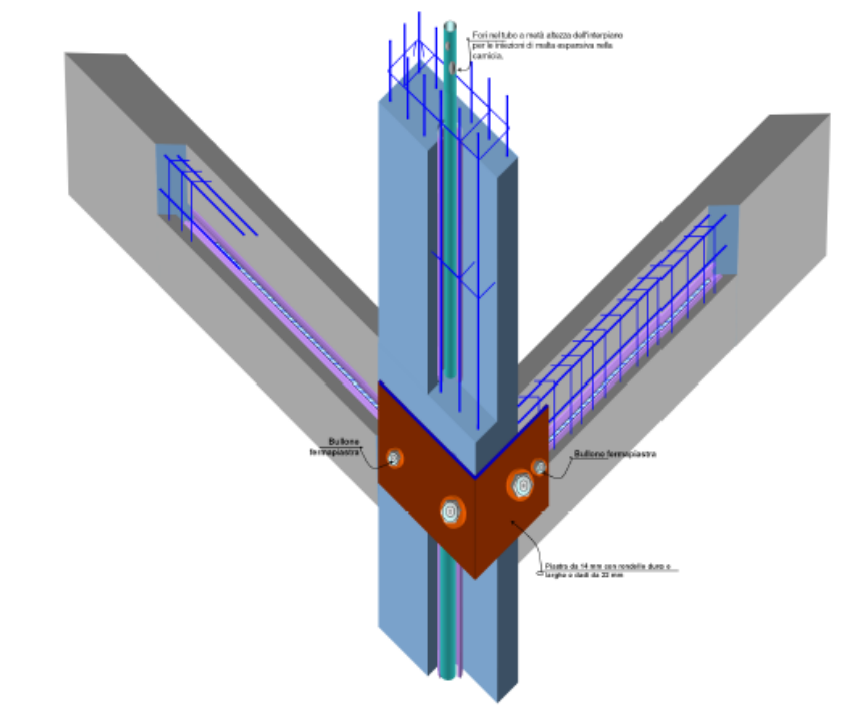
- 1) Sviluppa una cerniera plastica di classe 1 (NTC 2008, punti 7.4.4.3 e 7.5.4.2);
- 2) Inibisce l'azione di taglio alla base del pilastro (NTC 2008, punto 7.4.4.2) con formazione di cerniera plastica;
- 3) Consente un'azione di confinamento del cls molto più efficace, col centro del pilastro che rimane integro (NTC 2008, punto 7.4.6.2.2);
- 4) Attua al meglio la gerarchia delle resistenze: i pilastri del piano terra sono gli ultimi a cadere (NTC 2008, punto 4.1.2.1.5);
- 5) Riduce gli spostamenti (drift) di interpiano e quindi le deformazioni e i conseguenti danni (NTC 2008, punto 7.3.7.2).

Punto 7 b: SONO IN SPERIMENTAZIONE LE APPLICAZIONI ALLE STRUTTURE ESISTENTI

Per gli edifici esistenti dovrà essere creata, mediante il carotaggio continuo, la sede di alloggiamento dell'“armatura midollo” attuando la seguente procedura:

- prima è necessario operare dei fori orizzontali sulla faccia della trave del nodo (mediante carotaggio continuo con idonee attrezzature), di circa 1,5 metri, in posizione decentrata rispetto all'asse della trave, per inserire idonee armature orizzontali (complementari, di forma, dimensione, tipologia e materiale adeguati) che si accoppino alle armature ivi esistenti; tali armature aggiuntive hanno lo scopo di costituire un valido pre-rinforzo al nodo strutturale;
- successivamente, partendo dal tetto dell'edificio, si esegue il carotaggio continuo verticale al centro del pilastro, fino alle fondazioni (ed oltre, se necessario, per solidarizzare la struttura al terreno più idoneo) ed il successivo inserimento dell'“armatura midollo”, complementare, di forma, dimensione, tipologia e materiale adeguati; la malta per il gettito dovrà avere adeguate caratteristiche di espansione e ritiro controllati. Con la perforazione verticale e col conseguente taglio di qualche armatura orizzontale, i ferri del pre-rinforzo entrano in tensione (azione dinamica), senza dover attendere eventi (sismi, cedimenti, assestamenti vari) per l'assestamento strutturale che elimini il gap dovuto all'introduzione di nuove armature; si genera, quindi, una sorta di effetto di pre-compressione che rende immediatamente “pronta” dinamicamente la struttura alle azioni sollecitative.

Nel caso dinamico, durante la sollecitazione sismica, la struttura dotata del sistema brevettuale collabora efficacemente a contrastare e resistere al sisma in quanto si comporta solidamente, assumendo nel complesso il comportamento scatolare globale.



Il sistema di inserimento antisismico può essere dotato di un **monitoraggio continuo in tempo reale**, un'autodiagnosi del fabbricato, mediante idonei sensori, centraline residenti e non, da inserire durante la messa in opera dell'armatura brevettuale aggiuntiva e nei punti di maggiore interesse per il monitoraggio ed il controllo continuo, anche da remoto, di ogni ambito strutturale, con l'ulteriore possibilità di intervenire (dopo sismi e/o assestamenti vari) per "registrare" la struttura e renderla staticamente e dinamicamente attiva.

Quella di utilizzare dei sensori (a fibra ottica od altro tipo) quale attività di prevenzione, controllo e monitoraggio sugli ogni tipologia di edificio (case, ponti, viadotti, muri, etc.) nuovo ed esistenti rappresenta una ulteriore valenza scientifica sperimentale, da applicare durante ogni fase dell'intervento; tale applicazione strumentale rappresenta una specie di "termometro" per misurare costantemente, in tempo reale, l'eventuale "febbre" dell'"edificio ammalato".

Pertanto, mediante l'impiego congiunto del sistema midollo e del monitoraggio con i sensori si prospetta la possibilità di intervenire con la massima tempestività e risolutività, consentendo di recuperare strutture che hanno ormai superato il ciclo vitale, quelle cioè per le quali la vigente normativa ne prevede solamente la demolizione.

Punto 8: VANTAGGIO ECONOMICO, DA SOTTOPORRE ALLE PROCEDURE OTTIMIZZATE PER GLI OPERATORI PUBBLICI E PRIVATI, PER LE BANCHE E LE ASSICURAZIONI

L'utilizzo del sistema midollo durante la realizzazione delle nuove costruzioni e l'inserimento del sistema brevettuale nei fabbricati esistenti genera un elevato vantaggio di tipo economico in quanto, per le risultanze emerse dalla sperimentazione presso il C.T.M., l'UNINA. L'ENEA, si ha un incremento di resistenza alle azioni cicliche (durante i sismi) di ben il 37%, con la riduzione delle fessure e quindi dei danni, già dalle prime scosse sismiche meno forti e fino a



quelle più violente, inoltre il nucleo centrale armato (pilastrino midollo) rimane sempre integro e indeformato tale evitare il collasso strutturale e da consentire la riparazione delle parti esterne danneggiate in quanto da solo è in grado di sostenere temporaneamente il peso totale del pilastro stesso.

Pertanto non si ha più la demolizione e ricostruzione globale ma solamente delle riparazioni locali; ciò porta elevati vantaggi economici sia agli operatori pubbliche che a quelli privati.

Inoltre può rappresentare interesse per banche e assicurazioni in quanto l'erogazione di un mutuo e/o una polizza assicurativa sull'immobile riguarderanno beni che non collasseranno mai, i cui danni saranno di gran lunga inferiori e tali da consentire la rigenerazione dei pilastri danneggiati.

Punto 9: VANTAGGIO SOCIALE, IN TERMINI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO E DANNO SISMICO A PERSONE E/O COSE

L'utilizzo del sistema midollo durante la realizzazione delle nuove costruzioni e l'inserimento del sistema brevettuale nei fabbricati esistenti genera un elevato vantaggio di tipo sociale ed ecologico in quanto, per le risultanze emerse dalla sperimentazione presso il C.T.M., l'UNINA. L'ENEA, si ha un incremento di resistenza alle azioni cicliche (durante i sismi) di ben il 37%, con la riduzione delle fessure e quindi dei danni, già dalle prime scosse sismiche meno forti e fino a quelle più violente, inoltre il nucleo centrale armato (pilastrino midollo) rimane sempre integro e indeformato tale da evitare il collasso strutturale e consentire la riparazione delle parti esterne danneggiate in quanto da solo è in grado di sostenere temporaneamente il peso totale del pilastro stesso. Ciò evita la perdita sia di vite umane che del bene (casa).

Inoltre: si perseguono alcuni degli obiettivi dell'Unione Europea quali: ecologia (gli edifici non vengono demoliti ma messi in sicurezza e si evita quindi sia l'inquinamento da polveri che lo stoccaggio del materiale di risulta delle demolizioni); resilienza (organizzazione dopo l'evento catastrofico), agevolata dal fatto che gli edifici non cadono; migliore funzionalità delle vie di comunicazione (strade, ferrovie rese più sicure dal nuovo sistema antisismico).

Inoltre si agevolano gli obiettivi della Protezione Civile circa la prevenzione e la resilienza post-evento.

Punto 10: ASPETTI NORMATIVI (come si colloca il sistema "armatura midollo" nella vigente normativa)

Applicando la tecnica antisismica "armatura midollo" (armatura centrale interna da inserire nei pilastri e nelle travi in corrispondenza dei nodi strutturali, che evita il distacco dei pilastri dalle travi anche con sismi violenti) si ha una sostanziale incremento di resistenza, una cospicua riduzione del danneggiamento strutturale, con ulteriore vantaggio di poter riparare e recuperare l'edificio e prolungarne, quindi, il ciclo vitale.

L'applicazione dell'"armatura midollo" genera un effetto di tipo prestazionale e soddisfa il criterio della gerarchia delle resistenze nei nodi. Tale criterio auspica che la formazione della cerniera plastica avvenga nelle travi prima che nei pilastri (pilastro forte - trave debole) in modo



tale che il meccanismo di collasso venga attivato dopo la formazione di moltissime cerniere plastiche.

Una struttura in c.a., dotata del “sistema midollo”, non è in contrasto con nessuna parte della normativa vigente (N.T.C. 2008), anzi apporta una serie di agevolazioni.

Con riferimento ai Cap. 7 e 4 delle N.T.C. 2008, che disciplina la progettazione e la costruzione delle nuove opere soggette anche all’azione sismica e la resistenza dei corpi tozzi, si osserva che:

1. I punti 7.4.4.3 con titolo “nodo pilastro” e 7.5.4.2. dal titolo “colonne”, prevedono che i collegamenti devono avere una sovra-resistenza per consentire la formazione di cerniere plastiche. Un pilastro dotato di "armatura midollo", specie in caso di terremoti catastrofici, è in grado di sviluppare una cerniera plastica di classe 1, che impedisce il collasso della struttura e quindi evita il crollo dell’edificio (vedi Test C.T.M. e UniNA).
2. Il punto 7.4.4.2 con titolo “pilastri - sollecitazioni di calcolo” prevede quali accorgimenti adottare per contrastare l’azione di taglio durante l’evento sismico; la sperimentazione presso C.T.M. ha dimostrato che nel modello dotato di "armatura midollo" non si è avuta traslazione alla base del pilastro (all’attacco con le fondazioni) per effetto della sollecitazione di taglio, ma solamente flessione, con formazione di una cerniera plastica e, quindi, con continuazione della trasmissione del carico normale alle fondazioni. Invece, nel modello convenzionale realizzato secondo le N.T.C. 2008, con la stessa sollecitazione molto elevata si è avuta una traslazione alla base del pilastro di circa 8 centimetri; non si è quindi formata la cerniera plastica, indicata dalla normativa, bensì si è formato un carrello e pertanto il carico normale non veniva più trasmesso alle fondazioni.
3. Al punto 7.4.6.2.2 con titolo “armature trasversali - pilastri” prevede l’ubicazione di molte staffe con ganci esuberanti e risvoltati all’interno dei pilastri per ottenere un’azione di confinamento del calcestruzzo. Nei test effettuati presso il C.T.M., UniNA ed Enea, con simulazione di terremoti catastrofici, il cls si fessurava molto, si frantumava in piccoli pezzi, le staffe si aprivano e i ferri longitudinali si incurvavano o si rompevano. Nel modello dotato di "armatura midollo" si aveva un’azione di confinamento del cls molto più efficace; infatti, all’esterno si aveva una fessurazione e distruzione di minore entità mentre l’area dell’"armatura midollo" rimaneva integra e indeformata con staffe e armature verticali intatte.
4. Al punto 4.1.2.1.5 con titolo “resistenza di elementi tozzi nelle zone diffusive e nei nodi” prevede che si debba attuare al meglio la gerarchia delle resistenze in base alla quale i pilastri devono essere elementi a rovinarsi irreparabilmente e cadere e, tra tutti i pilastri, quelli del piano terra, devono essere gli ultimi. Nei test effettuati presso il C.T.M. e UniNA, si è visto che l’ "armatura midollo" rimane sempre integra al centro del pilastro e quindi con essa i pilastri non cadono mai, al più si inclinano. Si soddisfa, quindi, al meglio quanto auspicato dalla normativa.
5. Gli spostamenti di interpiano (drift) di una costruzione sotto l’effetto dell’azione sismica rivestono un ruolo importante nelle verifiche previste dalla vigente normativa (paragrafo



7.3.7.2 NTC08). Per tale motivo, durante i test svolti presso l'Enea, sono stati analizzati i dati di spostamento dei marker del 3D Vision per il calcolo dei drift, tra la base dei provini e il primo livello, tra il primo e il secondo livello. Dai test condotti si è potuto verificare una riduzione significativa degli spostamenti orizzontali tra il modello in cui era presente l'"armatura midollo" e quello senza.

Storicamente, nell'ambito della ricerca finalizzata all'adeguamento normativo delle strutture, alcune Università hanno effettuato test di confronto fra costruzioni in c.a. realizzate in epoche diverse: in base al Regio Decreto del 16 novembre 1939 n° 2229 e secondo la Legge 5 novembre 1971 n° 1086.

I risultati ottenuti, consultabili in internet, evidenziano come le costruzioni realizzate dopo il 1971 presentino il 30% circa di resistenza in più di quelle realizzate precedentemente.

Dalla sperimentazione effettuata sul sistema "armatura midollo" presso l'UniNA è risultato che: le strutture dotate dell'"armatura midollo" presentano un incremento di resistenza del 37% circa rispetto ad un'analoga struttura realizzata secondo le N.T.C. 2008. Inoltre il nucleo centrale del pilastro (il pilastro midollo, appunto) rimane integro e indeformato consentendone il recupero strutturale.

Riassumendo:

L' "armatura midollo" rappresenta una doppia armatura (complementare, coassiale, interna all'armatura convenzionale) di metallo o altro idoneo materiale, di forma, dimensione e geometria adeguata, da inserire nei nodi strutturali (trave-pilastro) di ogni livello, partendo dal nodo in fondazione, che produce una mirata salvaguardia delle persone e delle strutture dal rischio sismico e da qualsiasi ammaloramento strutturale, evitando il collasso strutturale e con la concreta possibilità di riparazione e recupero post-evento.

SI CONSIGLIA L'USO DELL'ARMATURA AGGIUNTIVA NEI NODI STRUTTURALI IN QUANTO:

- 6) [Sviluppa una cerniera plastica di classe 1](#) (NTC 2008, punti 7.4.4.3 e 7.5.4.2);
- 7) [Inibisce l'azione di taglio alla base del pilastro](#) (NTC 2008, punto 7.4.4.2) con formazione di cerniera plastica;
- 8) [Consente un'azione di confinamento del cls molto più efficace](#), col centro del pilastro che rimane integro (NTC 2008, punto 7.4.6.2.2);
- 9) [Attua al meglio la gerarchia delle resistenze](#): i pilastri del piano terra sono gli ultimi a cadere (NTC 2008, punto 4.1.2.1.5);
- 10) [Riduce gli spostamenti](#) (drift) di interpiano e quindi le [deformazioni](#) e i conseguenti [danni](#) (NTC 2008, punto 7.3.7.2).



POSSIBILI INTERESSI DELLE ISTITUZIONI

Oggettivamente si può ritenere che **le Istituzioni**, in primis le Protezioni Civili nazionali, **potranno avere un elevato interesse nell'applicazione del nuovo sistema antisismico "PILASTRINO MIDOLLO" negli edifici e nelle strutture pubbliche**, esistenti e nuovi, come **scuole, ospedali, ponti, viadotti**, etc.

Supponiamo d'avere un edificio scolastico costruito diverse decine di anni fa; esso non può possedere la sicurezza antisismica della nuova normativa in vigore né tanto meno quella che può garantirgli questo nuovo sistema antisismico brevettuale.

Il "PILASTRINO MIDOLLO" può essere inserito, con tecniche idonee, attualmente in corso di applicazione, anche negli edifici esistenti in c.a. Supponiamo di avere un ospedale o una scuola che non si trovano più in condizioni sicurezza per cui dovrebbe essere demoliti e ricostruiti; ciò incide molto su tempi e costi.

Inserendo il "PILASTRINO MIDOLLO", invece, si recupera l'edificio, si aumentano le condizioni di sicurezza e l'incidenza economica è di circa il 20%.

POSSIBILI INTERESSI DELLA UE

Il "PILASTRINO MIDOLLO" va incontro alle problematiche di prevenzione, ecologia, resilienza, recupero edilizio, etc, che la UE persegue.

Le costruzioni dotate del "PILASTRINO MIDOLLO" evitano la caduta degli edifici e la possibile morte di persone; pensando alle scuole, gli ospedali etc. la prevenzione che si può ottenere con il "PILASTRINO MIDOLLO" è davvero elevata.

La UE è anche molto sensibile all'ecologia ed invita a ridurre al minimo il consumo di suolo, la produzione di rifiuti, anche quelli derivanti dalle demolizioni.

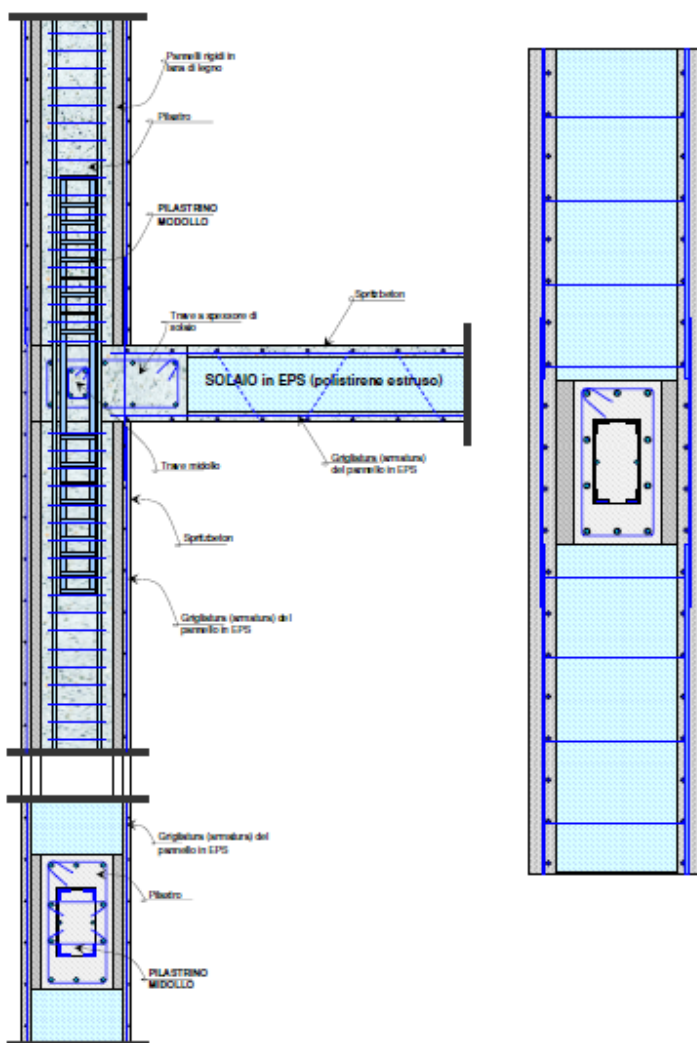
Con l'impiego del "PILASTRINO MIDOLLO" si ottengono contemporaneamente entrambi i risultati: non si demoliscono le costruzioni (quindi non si producono rifiuti da demolizione e inquinamenti da polveri), si recupera l'edilizia esistente evitando nuove edificazione e, pertanto, non si consumano nuovi suoli.

Altro interesse della UE riguarda la resilienza cioè la reazione, adattamento e riorganizzazione dopo qualsiasi evento catastrofico. Il "PILASTRINO MIDOLLO" può contribuire a risolvere anche questo problema, in quanto, impedendo la caduta delle costruzioni (case, ponti, viadotti, muri, etc.) in c.a. evita le morti e consente una migliore riorganizzazione dopo l'evento catastrofico.

**Sistema costruttivo combinato:****“SMART CORE” con CHIUSURE A PANNELLI IN EPS ARMATO****QUALE SISTEMA MIGLIORE PER LA SOPRELEVAZIONE**

La combinazione del sistema brevettuale antisismico innovativo **“SMART CORE”** (che rappresenta l'ossatura in c.a. anti-collasso strutturale) ASSOCIATO A chiusure (tompagnature, divisori e tramezzi) in **PANNELLI MODULARI IN EPS ARMATO** è un sistema costruttivo conveniente che offre una serie di vantaggi:

- resistenza sismica superiore (anti-collasso di struttura e pareti = comportamento scatolare globale)
- isolamento termico (elevato efficientamento energetico e termico)
- isolamento acustico (elevato efficientamento acustico)
- resistenza al fuoco
- economia
- velocità di realizzazione



I pannelli sono costituiti da un nucleo centrale in EPS e da uno strato di rete zincata su entrambi i lati, saldati insieme da diagonali in acciaio zincato che penetrano attraverso il nucleo EPS.

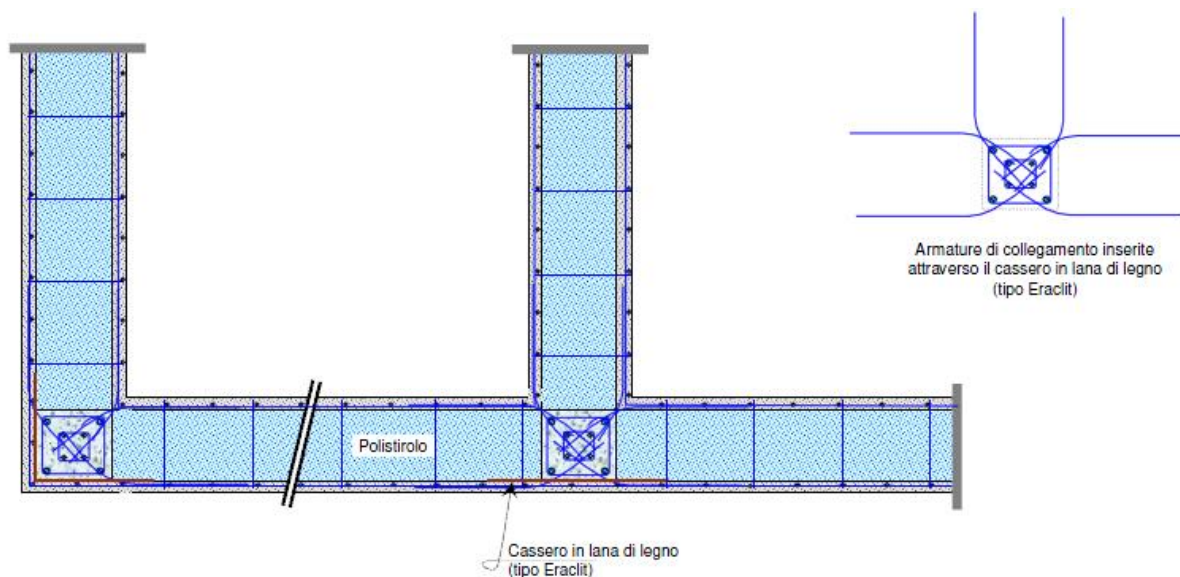
I pannelli sono uniti nella configurazione desiderata in cantiere e successivamente, dopo aver installato gli impianti (idrici, termici, elettrici, etc.) viene spruzzato del calcestruzzo per formare una struttura a sandwich.

Il sistema di costruzione combinato realizza un manufatto edilizio molto robusto e duttile anche durante terremoti catastrofici divenendo una struttura anti-collasso e perseguendo, pertanto, la istituenda normativa edilizia che sarà di tipo prestazionale.

Molto indicato per ampliamenti e sopraelevazioni per la velocità, l'efficacia, la leggerezza, la adattabilità a qualunque situazione limite.



Tutti i componenti costruttivi soddisfano pienamente ogni requisito dettato da norme e regolamenti edilizi nazionali ed internazionali.



La figura rappresenta una struttura realizzata con sistema misto di pannelli portanti e pilastri. Questi ultimi sono dotati del sistema "Midollo".

Il getto di cls nei pilastri può essere effettuato contemporaneamente al solaio.

Il vano del pilastro sarà chiuso con un pannello di lana di legno (tipo Eraclit da 6 mm) attraverso il quale saranno poste in opera delle armature di collegamento tra il rivestimento in cls dei pannelli e i pilastri in c.a.

La tipologia del sistema a pannelli è la seguente:

PANNELLO SINGOLO PORTANTE

Il pannello singolo portante un elemento modulare composto da una lastra di poliestere espanso opportunamente sagomata a due reti elettrosaldate collegate tra loro mediante fili connettori passanti in acciaio zincato.

Una volta completato in opera con la proiezione a pompa di 4 cm di calcestruzzo per parte, il pannello svolge la funzione di parete portante.





PANNELLO DOPPIO

Il pannello doppio è un elemento modulare composto da due lastre di poliestere espanso (di spessore variabile da 5 a 10 cm/cad), da due reti elettrosaldate interne a due reti elettrosaldate esterne collegate tra loro mediante fili connettori passanti in acciaio zincato.

Viene completato in opera gettando all'interno dell'intercapedine uno spessore di calcestruzzo variabile da 10 a 20 cm e applicando sull'esterno l'intonaco di finitura.

La parete così ottenuta, eventualmente integrata con l'inserimento di armature aggiuntive, può essere utilizzata per realizzare strutture portanti senza limitazioni di altezza.



PANNELLO SOLAIO

Il pannello solaio è un elemento modulare composto da una lastra di poliestere espanso di spessore variabile in funzione della luce e dei carichi, opportunamente sagomata per ricavare la forma dei travetti e degli alleggerimenti.

Ad essa è unita all'intradosso, mediante fili connettori passanti in acciaio zincato, una rete elettrosaldata porta intonaco.

L'entità delle armature aggiuntive, da porre in opera prima del getto, deriva dai tradizionali metodi di calcolo statico per travi a T, utilizzando un peso proprio mediamente inferiore del 20% rispetto a quello dei normali solai in laterocemento.

Ne consegue un effetto complessivo di alleggerimento di tutta la struttura e pertanto un risparmio nelle qualità di armatura e nel dimensionamento delle opere di fondazione.

Non necessita di ulteriori coibentazioni termiche.

I pannelli descritti ed i relativi criteri di calcolo sono in regola con le nuove normative sismiche e termoacustiche.

