

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
GLIS – Isolamento ed altre strategie di progettazione anti-sismica
ASSISì – Anti-Seismic Systems International Society
Sezione Territoriale dell'Europa Occidentale

MODERNI SISTEMI PER LA PREVENZIONE SISMICA

I Sistemi anti-sismici: Storia, sviluppo e basi scientifiche

*Prof. Ing. Umberto SANNINO, past Professor of «Metallic construction»
and Teaching Professor «Anti-seismic Systems and Technologies» at Technical University of Civil Engineering
BUCHAREST (RUMENIA)*

La «preistoria» dei sistemi antisismici

- Alla fine dell'era quaternaria, l'uomo dell'epoca preistorica, privo di mezzi e tecnologie, braccato da animali giganteschi fu costretto a doversi proteggere da violenti, tremendi terremoti, in un periodo caratterizzato da una forte «attività sismica»;
- In quel frangente è in lui balenata l'idea di proteggersi allo interno della propria abitazione - isolata dal contesto del suolo - ed *eretta su «palafitte»*;
- Queste venivano costruite su «*piattaforme*» erette sulle acque litoranee di laghi, fiumi o stagni e sostenuti da un «*apparecchio di fondazione*»;
- Questi apparecchi erano formati da *serie di «pali verticali»* infissi sul fondo dell'acqua e spinti fino al suolo cedevole, melmoso-sabbioso.

La «preistoria» dei sistemi antisismici

- Palafitte abitazioni, costruiti su «piattaforme» erette sulle acque litoranee di laghi, fiumi, stagni e lagune e sostenute da «apparecchio di fondazione» sono state comuni a varie popolazioni di culture ed epoche diverse;
- La concentrazione di insediamenti preistorici, lacustri e palustri su palafitte, maggiormente studiata da storici ed archeologi si trova tra i laghi europei dell'attuale **Svizzera** e le rispettive aree confinanti della **Germania**, della **Francia** e dell'**Italia**;
- Importanti «insediamenti» sono ancora - allo stato - abitati da gruppi di Indiani d'America lungo gli estuari del fiume Orinoco e del grande Rio delle Amazzoni, nel **Sud America**, così come in tutte le aree umide, tropicali, litoranee ed insulari dei grandi continenti **Africano**, **Asiatico** e del **Pacifico**.

Analisi dei primi «sistemi di difesa antisismica»

- Nell'era quaternaria (due milioni di anni fa) su quali tipi di «strutture» si eressero le palafitte preistoriche è ancora oggetto di discussione;
- Gli studiosi hanno contribuito a ricostruire alcuni elementi delle culture materiali dei loro abitanti durante l'**Età della pietra**, del **bronzo** e la prima Età del **ferro**:
- Le prime erano tende o capanne di pelle trasferite dalla terra ferma su «piattaforme», formate da esili tronchi o robusti rami d'alberi accostati e tenuti insieme da filamenti e/o sterpi vegetali di arbusti, poi trasportate sulle palificate infisse nell'acqua;
- In seguito queste prime forme si andarono progressivamente sviluppando: prima dotate di pareti, formati da robusti rami assemblati con sterpi; in seguito, costruiti anche su due piani con pavimenti in pali o tavole di legno rozzamente lavorati e tetti di copertura in pelle o strati di paglia

Analisi della struttura della palafitta

- Analizzando la «*struttura della palafitta*» si può dedurre che trattasi di «struttura di legno», con fondazioni del tipo profonde su pali, che si attestano - per infissione - negli strati del sottosuolo sabbiosi-melmosi delle zone lacustri, palustri ed in corrispondenza del delta e delle golene dei fiumi, nonché in prossimità della deriva delle spiagge marine:
- Questo *tipo di «fondazione»*, appoggiata su pali profondi infissi, assume la funzione di primordiale e rudimentale «*sistema di isolamento*» e «*dissipativo*», che, in caso di terremoto è in grado di assorbire - anche se solo parzialmente - e smorzare l'energia sprigionata dal sisma, filtrando le componenti orizzontali del terremoto, che sono le più pericolose;
- Lo «*isolamento*» e la «*dissipazione*» si realizzano, quindi, mediante le *piccole oscillazioni* che il «sistema di pali» assume utilizzando quale materiale isolante e di smorzamento il *sistema naturale «melma-sabbia»* nel quale la punta dei pali è infissa. Si è trascurata ovviamente di considerare l'azione di attrito laterale sulla superfici del palo per la mancanza del terreno e la presenza dell'acqua, tenendo in conto la sola azione per attrito esercitata sulla punta:
- $Q = Q_1 + Q_p$, essendo Q il carico agente sul palo e $Q_1 = 0$

• *La preistoria dei «sistemi antisismici»*

- Seguono secoli bui della notte dei tempi..... al termine dei quali rinveniamo tracce di primi e rudimentali «sistemi antisismici, nell'epoca della «civiltà Ellenistica» ed «Ellenistico-Romana», ossia dall'anno 323 all'anno 30 a. C e fino all'anno 652 d. C

Epoca Ellenistica ed Ellenistico-Romana

- Nella *Naturalis Historia*, tramandataci da Gaio Plinio Secondo (detto il Vecchio) - Libro XXXVI, verso 95, leggiamo: «Una realizzazione della grandiosità Greca degna di autentica meraviglia è il tempio di Diana ad Efeso, la cui realizzazione vide impegnata tutta l’Africa per ben 120 anni. Lo eressero in una zona palustre, affinché non dovesse subire terremoti o temere fratture del suolo; in effetti, poiché non si voleva che le fondamenta di un edificio tanto imponente poggiassero su un suolo tanto sdrucchiolevole ed instabile, venne posto sotto di esse alternativamente uno strato di *«frammenti di carbone»* ed un altro di *«velli di lana»*.
- *«Graecae magnificentiae vera admiratio extat templum Ephesiae Dianae CXX annis factom a tota Asia. In solo id palustri fecere, ne terram motus sentiret aut hiatus timaret, rursus ne in lubrico atque instabili fundamenta tantae molis locarentur, calcatis ea substravere carbonicus, dein velleribus lanae»* Verso 95 del Libro XXXVI

Epoca Romana e del tardo Impero Romano

- Nelle epoche successive, Romana e tardo Romana, abbiamo riscontrato nelle strutture ulteriori applicazioni dei metodi di «isolamento sismico» a scorrimento. Questi metodi sono stati ritrovati nella realizzazione di strutture poggiate su uno «*strato di pietrisco*» ed *altri «tipi di materiali»*;
- In effetti un debole accoppiamento» fra «terreno» e «strutture di fondazione» può aver giocato un ruolo rilevante nella conservazione di molte colonne e pilastri Ellenici in Grecia ed in tutto il medio Oriente, fino alla costruzione della antica Roma
- Anche in altre Città italiane simili rudimentali «protezioni antisismiche» sono attribuite agli antichi abitanti, ad esempio nei templi di Paestum dove le «fondazioni» delle basiliche poggiano su «strati di sabbia» come nel *tempio di Poseidone*

Epoca del tardo Impero Romano: il Colosseo

- Nell'epoca della Roma Imperiale, nell'anno 72 d. C l'Imperatore Vespasiano iniziava i lavori per la costruzione dell'Anfiteatro Flavio, successivamente denominato Colosseo: per la sua costruzione vennero impiegati 12.000 prigionieri ebrei. Nell'anno 79 d. C moriva Vespasiano e nell'anno 80 d. C ci fu l'inaugurazione della imponente costruzione da parte dell'Imperatore TITO, figlio di Vespasiano;
- La costruzione del Colosseo fu danneggiata dal terremoto dell'anno 508, e da un successivo e più violento nell'anno 851; sisma, abbattutosi sui Castelli Romani. A causa di questo secondo terremoto si verificò il crollo di due ordini di arcate (quelle superiori apicali);
- Ancora nell'anno 1231 e nei successivi anni 1349 e 1349 e nell'anno 1703, la costruzione del Colosseo fu danneggiata da sismi verificatisi sempre lungo la traiettoria Castelli Romani-Roma;

Ripristino strutture Colosseo sotto Papa Pio VII

- Agli inizi dell'anno 1800 furono iniziati veri e propri «*interventi conservativi di ripristino*» delle strutture del Colosseo sotto il Pontificato Vaticano di Pio VII°;
- Gli incarichi, di alto prestigio data la levatura dell'architettura e la eccezionale monumentalità dell'opera furono affidati ad Architetti di prestigio: il CAMPORESI ed il VALADIER. I lavori di ripristino e restauro durarono fino all'anno 1822, sotto il Pontificato di Leone XII;
- Con questi lavori, durati oltre venti anni, fu eliminato un ampio «terrapieno» che circondava la costruzione del Colosseo e che ricopriva anche le rampe delle «*scale interne*»

Consolidamento strutture fondazioni Colosseo

- Opere di prosciugamento dei laghi artificiali, presenti nell'area dove oggi vi è la costruzione: fu scelta dagli Architetti incaricati quale sedime la «conca lacustre» che aveva quale fondo «argille azzurre» impermeabili: suolo molle e cedevole;
- La scelta di questo sedime si rivelò estremamente vantaggiosa per i costruttori, i quali procedettero ad effettuare uno scavo profondo circa 6 metri. Nello scavo profondo fu realizzata ed inserita una «*corona di forma ellittica*», larga 62,00 metri ed alta 6,00 metri e denominata «*ciambella*». Questa ciambella fu costituita da un «*misto di terreno pozzolanico*» compattato, a guisa di massicciata, con *getto di «caementa»*, ossia *impasto di calcestruzzo e leucite proveniente dai getti vulcanici dei Castelli Romani*.
- Queste prime fondazioni, alte 6 metri, furono elevate ancora per 6,50 metri raggiungendosi uno spessore (altezza) di complessivi (6,00 + 6,50) 12,50 metri,

Consolidamento strutture fondazioni Colosseo

- Questa immensa «struttura di sottofondazione» è stata contenuta esternamente da una massiccia «struttura muraria», avente uno spessore di 3 metri, composta da «conci di tufo» vulcanico (il c.d. «peperino») squadri ed allettati con malta pozzolanica con rivestimento in laterizio, mentre internamente è contenuta in una analoga struttura muraria, che delimita inoltre il perimetro dell'area ipogea;
- La struttura di sottofondazione è a sua volta appoggiata su un poderoso e massiccio «*banco di sabbia vulcanica*»;
- Il blocco di sottofondazione, formato dalle due strutture a ciambelle è assimilabile - in altezza - ad un moderno fabbricato alto complessivamente quattro piani, oltre al pianterreno (altezza dai 12 ai 14 metri);
- Queste strutture di fondazione (sottofondazione e fondazione), appartenenti al Colosseo, costituiscono senza dubbio alcuno uno dei primi esempi di «struttura protetta dalla «azione del sisma», da un primordiale «sistema anti-sismico» costituito da un poderoso «appoggio» formato da «fondazione su suolo sabbioso» e, nei dettagli, da uno «zatterone a ciambella», che - in chiave moderna - *precorre anche le attuali «fondazioni a platea».*

Fondazioni Colosseo ed isolamento sismico

- Questo «sistema antisismico», che anticipa anche i moderni sistemi e tecnologie antisismici, ha mostrato di poter fare fronte egregiamente ai numerosi terremoti, dovuti alla frattura ed all'assestamento dei Colli vulcanici dei Castelli Romani;
- La struttura del Colosseo, che ha il sistema di *sottofondazione e fondazione* innanzi descritto, ha fatto fronte anche in tempi recenti ad un sisma di magnitudo 4,5 - pari al IV° – V° grado della scala Mercalli. Questo *sisma si è verificato il 5 giugno con repliche il 22-23 agosto 2005*, epicentro sul litorale Laziale e direttrice Anzio-Torvajonica-Ostia-Ladispoli nonché con abbondante risentimento nel cuore della Città di Roma

Procedure tradizionali e Sistemi innovativi

- Il progettista che *segue le «procedure tradizionali»* affida la *«protezione sismica» alla sola resistenza delle strutture*, valutando tale resistenza rispetto agli effetti delle *«forze convenzionali»* indicate nelle Norme;
- Le «Norme» definiscono le «forze equivalenti» calibrandole rispetto alla intensità di un «sisma frequente», ritenuto probabile nel corso della «vita di servizio» del fabbricato;
- L'obiettivo di questa impostazione consiste nello evitare, per quanto possibile, il «danneggiamento della struttura» e/o della «costruzione» quando questa sia aggredita da un sisma di media intensità;
- Nei confronti dello «evento massimo atteso» nel sito, la risposta del fabbricato rimane però affidata alle generiche riserve di «sicurezza» delle strutture, accettandosi che queste possano subire una aliquota del danneggiamento;

Procedure tradizionali e Sistemi innovativi

- Questa metodologia non consente quindi di controllare direttamente il «comportamento estremo» delle strutture sottoposte agli «eventi più violenti, né consente di controllare gli effetti delle oscillazioni strutturali, rendendo problematica la salvaguardia degli oggetti ed opere d'arte più vulnerabili contenuti nell'edificio;
- Al fine di migliorare questi comportamenti, i Ricercatori ed i Tecnici delle Aziende produttive nazionali ed internazionali hanno studiato e messo a punto «SISTEMI e TECNICHE INNOVATIVI» che consentono di migliorare notevolmente il «grado di sicurezza» delle costruzioni;
- E' noto che lo «Adeguamento Sismico» di una struttura esistente può essere conseguito adottando una delle seguenti filosofie di intervento:

Procedure tradizionali e Sistemi innovativi

- A – Il «*rinforzo strutturale*»; B – lo «*isolamento della struttura*»; C – lo «*inserimento di «elementi strutturali Specializzati» a dissipazione concentrata*»;
- Queste tipologie di intervento presentano oneri progettuali e realizzativi molto differenti;
- Compito del «*progettista*» è dunque trovare la «*chiave di lettura corretta*» *al fine di ottenere i massimi benefici strutturali* con l'impiego di «*minori oneri finanziari*» per la Committenza; pur essendo necessaria la valutazione caso per caso, è possibile definire alcune linee di demarcazione tra i differenti approcci

Isolamento sismico

- E' noto che questi Sistemi e Tecniche, piuttosto che aumentare la «resistenza» dei singoli elementi strutturali e delle membrature, si basano sullo impiego di «Tecnologie» che hanno per effetto la drastica «riduzione delle azioni» trasmesse dal sisma alle strutture del fabbricato;
- Tra le più evolute di queste vi è oggi quella dello «*Isolamento Sismico*», consistente nel porre in opera un «*sistema di vincolo*» *alla base del fabbricato*, costituiti da «*dispositivi molto deformabili*», denominati «isolatori sismici» e che danno la proprietà di filtrare e dissipare l'energia sismica trasmessa, e provocando la *lenta oscillazione del fabbricato* assimilato ad un «*corpo rigido*»;
- Le altre «Tecniche Innovative» prevedono e sviluppano l'impiego di «dissipatori di energia», che posti opportunamente in opera nelle strutture interagiscano in modo da smorzare notevolmente l'ampiezza del moto derivante dal sistema;

Isolamento sismico

- Queste «tecniche» relative allo «Isolamento Sismico» ed alla «Dissipazione Energetica» sono oramai molto diffuse ed estremamente efficaci;
- Lo provano innumerevoli ricerche Teoriche e Sperimentali, che sono state condotte negli ultimi trenta anni;
- Ma vieppiù è stato documentato dagli eccellenti comportamenti delle costruzioni isolate che hanno subito gli effetti di tremendi terremoti, accaduti in USA – Los Angeles 1995, Ca; GIAPPONE – vari sismi tra cui quello tremendo di Kobe, e recentemente in ITALIA anno 2005 - 2009 e 2012.

Sviluppo Isolamento Sismico

- Nella fattispecie dell'accadimento di violenti sismi si è riscontrato (verifica sperimentale) che in alcuni edifici, «isolati alla base» e «monitorati», sono state registrate le risposte delle strutture *che anziché presentare le «normali amplificazioni» del moto sismico hanno evidenziato forti riduzioni di tutte le «accelerazioni di piano»;*
- Dopo gli eventi sismici classificati, dalla Storia della Ingegneria Sismica, più catastrofici quali il Terremoto-Maremoto di Messina-Reggio di Calabria nell'anno 1908 (28-12), furono ideati rudimentali sistemi che prendevano in considerazione la possibilità di separare gli edifici dalla loro fondazione (Base-Isolation = Isolamento alla Base) mediante «rulli cilindrici» (in legno o in acciaio) o con uno «strato di sabbia», come del resto era avvenuto nella antichità;

Sviluppo Isolamento Sismico

- In effetti era stata individuata la chiave di lettura con cui affrontare la complessa problematica, ma nel contempo ci si era imbattuti nella assoluta mancanza di adeguati «Sistemi Tecnologici» e per questi motivi la «Idea preliminare» non si è potuta concretizzare in «Soluzione esecutiva con la sviluppo di «Idoneo Progetto»;
- Ma la soluzione alla complessa problematica era stata solo rinviata di circa mezzo Secolo (ed esatti 68 anni)!
- In effetti nell'anno 1976 la realizzazione del «Viadotto SOMPLAGO» nella tratta autostradale Udine – Tarvisio (della Autovia Veneta Venezia - Udine), con struttura «Isolata Sismicamente» (prima struttura Italiana dotata di Isolamento), costituiva realtà e vanto per la Industria Italiana manifatturiera.

Sviluppo e basi scientifiche Isolamento Sismico

- L'Italia oggi si trova, per quanto riflette lo stato della «Ricerca e della Produzione» nel settore sismico e della produzione degli Isolatori, in una fase che può essere considerata avanzata e di avanguardia, avendo acquisita una posizione di leadership a livello della Unione Europea (Centrale e degli Stati dell'Est Europa) e di rilevanza a livello Mondiale;
- Questo livello è stato raggiunto grazie alla completa sinergia tra i settori della «Ricerca» e della «Produzione»;
- Ricerca, Università ed Industria nazionale si sono avvalsi, in associazione con altri partner europei, di cospicui finanziamenti della Unione Europea;
- Attendiamo la risposta delle Università Italiane, in particolare le Facoltà di Ingegneria ed Architettura, per la introduzione doverosa della disciplina sotto forma di Corso Ufficiale dei «Sistemi Anti-Sismici e Tecnologie» («Anti-Seismic Systems and Technologies»); Corso già esistente e diffuso in alcune nazioni dell'Est Europa

MODERNI SISTEMI PER LA PREVENZIONE SISMICA

I Sistemi anti-sismici: Storia, sviluppo e basi scientifiche

-

GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE