



**DIPERTIMENTO DI INGEGNERIA
CIVILE**

***Dottorato di Ricerca in Ingegneria
Civile, Edile-Architettura,
Ambientale e del Territorio***

XV CYCLE - N.S. (2014-2016)

Università di Salerno

DIPARTIMENTO ArGEnCo

***Dottorato di Ricerca in Ingegneria,
Scienze e Tecnologia***

Università di Liège

Abstract

***ROBUSTNESS AND SEISMIC BEHAVIOUR OF STRUCTURES EQUIPPED WITH
TRADITIONAL AND INNOVATIVE BEAM-TO-COLUMN CONNECTIONS***

Antonella Bianca Francavilla

Tutor

Prof. Gianvittorio Rizzano

Tutor

Prof. Jean-Pierre Jaspart

Coordinatore del dottorato

Prof. Ciro Faella

Coordinatore del dottorato

Prof. Frederic Nguyen

I telai resistenti a flessione sono strutture capaci di resistere alle azioni sismiche sviluppando stati tensionali essenzialmente flessionali. La maggiore risorsa in termini di rigidezza e resistenza laterale è data dalla resistenza flessionale delle membrature e delle connessioni e la capacità di dissipare energia in ingresso è fornita dalla formazione di un alto numero di zone dissipative che sono localizzate nelle travi, nelle colonne o nelle connessioni dipendentemente dalla filosofia progettuale applicata. Generalmente, le strutture sono progettate in modo da avere colonne forti, travi deboli e collegamenti a completo ripristino di resistenza in modo che l'energia sismica è dissipata tramite l'impegno in campo plastico dell'estremità delle travi e dalle colonne del primo impalcato.

L'obiettivo della tesi di dottorato è quello di investigare la possibilità di impiegare collegamenti trave-colonna di tipo innovativo caratterizzati da un appropriato valore di rigidezza quando in condizioni di servizio (SLE) ma capaci di esibire grande capacità dissipativa quando soggetti ad azioni sismiche e capaci di rendere robusta la struttura in caso di perdita di una colonna dovuta ad azioni eccezionali. In accordo alle tradizionali strategie di progetto in zona sismica, nel caso di eventi sismici frequenti e occasionali il cui periodo di ritorno è comparabile con la vita utile delle strutture, l'energia sismica in ingresso deve essere completamente dissipata tramite lo smorzamento viscoso. Pertanto, l'energia isteretica è pari a zero poiché, per tali eventi sismici, le strutture devono essere progettate in modo tale da rimanere in campo elastico. Al contrario, in caso di eventi sismici rari e molto rari il cui periodo di ritorno è di circa 500 anni ed anche più, gran parte dell'energia sismica in ingresso è dissipata per isteresi con conseguenti escursioni in campo plastico e danni strutturali. Questi ultimi devono risultare compatibili con le capacità dissipative e duttili della struttura poiché, anche se il danno strutturale è accettato, è necessario prevenire il collasso strutturale e garantire la salvaguardia delle vite umane. A tal scopo, è richiesta un'affidabile previsione del comportamento in ambito non-lineare della struttura quando soggetta ad eventi sismici severi. Sebbene ci siano molti programmi per l'analisi non lineare, l'accuratezza dei risultati dipende dalle assunzioni fatte nella caratterizzazione delle membrature. Pertanto, la ricerca sperimentale rimane il modo più affidabile per valutare le prestazioni sismiche ed è fondamentale per lo sviluppo di nuovi modelli analitici e di metodi di progettazione. Test quasi-statici possono fornire informazioni sul comportamento non lineare delle membrature o sotto assemblaggi ma è spesso difficile le forze imposte o la storia di spostamenti a quelli che possono essere azioni e spostamenti che si hanno durante un sisma reale. Questi metodi quasi-statici sono quindi principalmente usati per calibrare modelli analitici o per confrontare le capacità di componenti strutturali simili.

Partendo dalle considerazioni fatte, in questo lavoro, è stata analizzata la possibilità di equipaggiare la struttura con connessioni bullonate di tipo innovativo con l'obiettivo di dotare la struttura di dispositivi di smorzamento supplementari tramite connessioni trave-colonna opportunamente dettagliate. In particolare, con l'obiettivo di colmare le lacune delle tradizionali strategie di progetto, nella presente tesi è stata sviluppata una nuova strategia progettuale il cui obiettivo è la progettazione di connessioni capaci di sopportare eventi sismici frequenti, occasionali ma anche opportuno sottolineare che, a causa dello specifico comportamento delle connessioni ad attrito, si hanno miglioramenti significativi in relazione alle azioni catenarie che nascono nella struttura nel

caso, ad esempio, della perdita di una colonna a causa di un'esplosione o di un impatto. Inoltre, lo sviluppo di questa strategia di progetto è oggetto del progetto FREEDAM finanziato dalla Comunità Europea.

La tesi è suddivisa in sei capitoli.

Il **Capitolo 1** contiene un'introduzione generale circa il comportamento delle strutture resistenti a flessione, la loro classificazione e l'influenza su di esse dei collegamenti trave-colonna. In aggiunta, sono riportate le origini del tema affrontato e gli obiettivi della tesi. Successivamente, è stata focalizzata l'attenzione sulle procedure di progetto di collegamenti trave-colonna a completo ripristino di resistenza e duttilità. In particolare, nel **Capitolo 2**, sono riportati concetti generali circa il metodo delle componenti, così come riportato nell'ultima versione dell'Eurocodice 3, ed inoltre è riportata una proposta progettuale di collegamenti a completo ripristino di resistenza e duttilità validata tramite il confronto con i risultati ottenuti tramite analisi FEM eseguite con il software ABAQUS 6.13. Nel **Capitolo 3** vengono riportati i risultati di una campagna sperimentali sviluppata al laboratorio STRENGTH dell'Università di Salerno, orientata all'individuazione, con adeguato livello di accuratezza, del valore dei coefficienti di attrito statico e dinamico dei materiali ad attrito utilizzati nelle connessioni FREEDAM. È stata poi proposta una procedura progettuale per le connessioni trave-colonna ad attrito; tale procedura è stata applicata nel progettare due diverse tipologie di connessioni testate sperimentalmente al laboratorio STRENGTH dell'Università di Salerno. Il **Capitolo 4** riporta le diverse fasi della campagna sperimentale volta allo studio del comportamento delle connessioni FREEDAM. Vengono innanzitutto riportati il progetto dei provini e la descrizione del layout sperimentale. Successivamente vengono presentati e commentati i risultati ottenuti tramite prove cicliche e viene messo in evidenza come il ciclo di isteresi delle connessioni è fortemente governato dal comportamento della componente dissipativa.

Nella seconda parte della tesi, sono state analizzate le performance sismiche e di robustezza strutturale di una struttura equipaggiata con connessioni FREEDAM. Tali prestazioni sono state poi confrontate con quelle esibite dalla stessa struttura quando equipaggiata con connessioni a completo ripristino di resistenza (dogbone) e con una tradizionale connessioni con T-stubs rappresentativa di una più usuale tipologia di connessione a parziale ripristino. Le prestazioni sismiche di tali connessioni sono state sperimentalmente analizzate in passato all'Università di Salerno. In particolare, con l'obiettivo di valutare la risposta sismica della struttura al variare del dettaglio strutturale trave-colonna, nel **Capitolo 5** è riportato un modello accurato della struttura analizzata ed in particolare un modello accurato del collegamento trave-colonna. Sono poi illustrati i risultati ottenuti tramite l'esecuzione, considerando 8 diversi accelerogrammi spettro-compatibili, di Analisi Dinamiche Incrementali (IDA) eseguite tramite il software Seismotruct v.2016. Infine, nel **Capitolo 6**, è stata valutata la robustezza strutturale della struttura sismoresistente analizzata nel capitolo precedente. In particolare, sono state eseguite in SAP2000 analisi pushdown della struttura al variare del collegamento trave-colonna. In tal caso, il comportamento flessionale delle connessioni è stato analizzato tramite il metodo delle componenti in modo tale da considerare l'insorgere delle azioni assiali e in modo da introdurre la previsione delle capacità di duttilità delle singole componenti nodali.