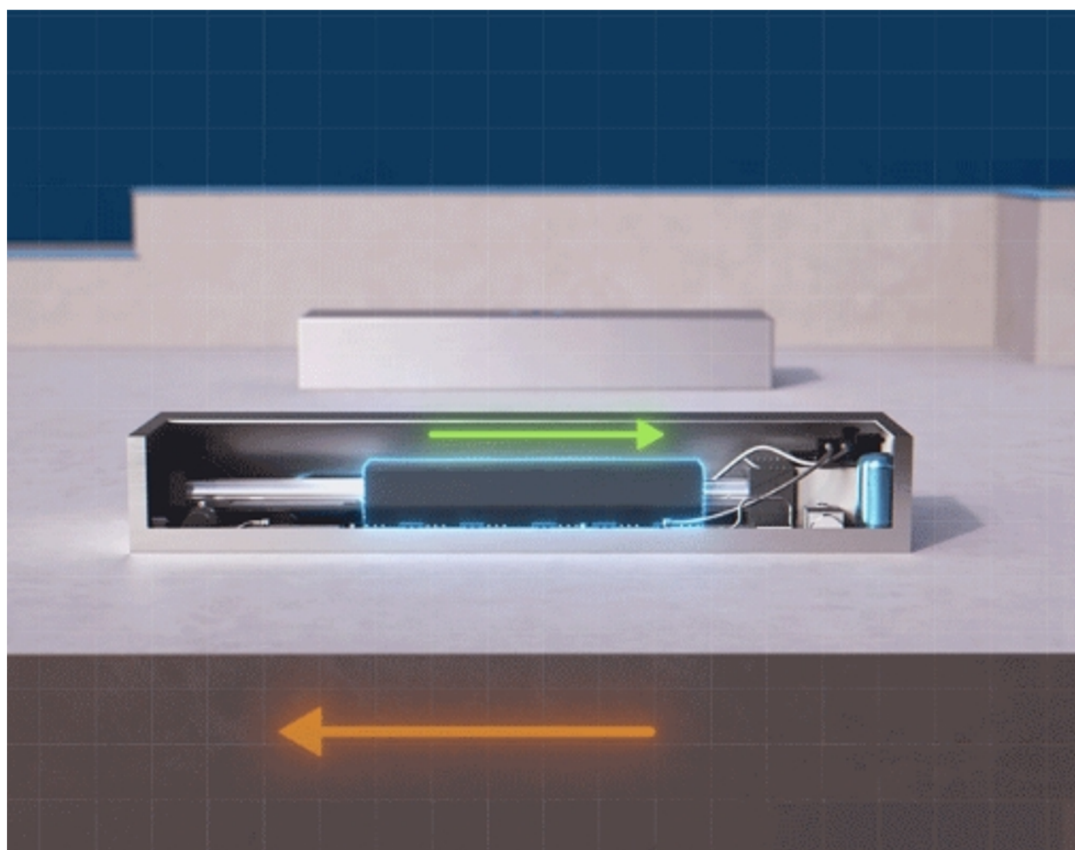


Analisi Time History con Dispositivo AMD in FataNext



GUIDA OPERATIVA

Analisi Time History con Dispositivo AMD in FataNext

1. Funzionamento teorico di un AMD

Un AMD (Active Mass Damper, o smorzatore attivo di vibrazioni in italiano) è un dispositivo finalizzato al controllo attivo delle vibrazioni di una struttura. Le vibrazioni possono essere indotte dal vento, dal traffico o nel caso più gravoso da un'azione sismica.

Il principio di funzionamento degli AMD si basa sul moto di una o più masse mobili su slitte di scorrimento dedicate impresso dai rispettivi attuatori, installati in punti specifici della struttura da proteggere (Figura 1).

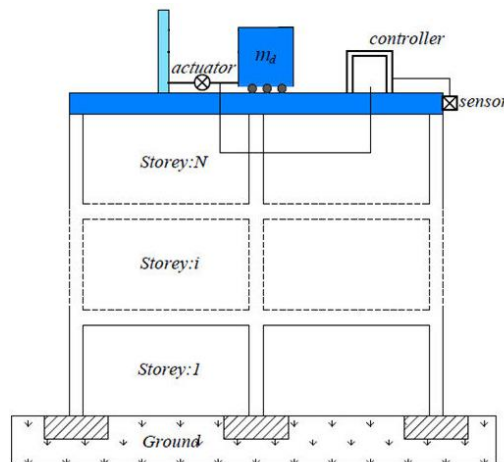


Figura 1 - Componenti di un sistema AMD

In questo modo, considerando ad esempio il sisma, l'insieme di tutte le unità macchina installate trasferisce alle strutture portanti dell'edificio una forza variabile nel tempo che contrasta il suo movimento, aumentando lo smorzamento complessivo, riducendo le ampiezze di oscillazione, e di conseguenza gli sforzi applicati agli elementi strutturali.

Perché l'andamento temporale della forza di controllo prodotta eserciti effettivamente un'azione di dissipazione dell'energia sismica, è necessario che questa venga calcolata ed erogata secondo uno specifico algoritmo di controllo che processi in tempo reale dati cinematici relativi alla struttura che subisce l'azione sismica, e campionati da un apposito sistema di sensori (Figura 2).

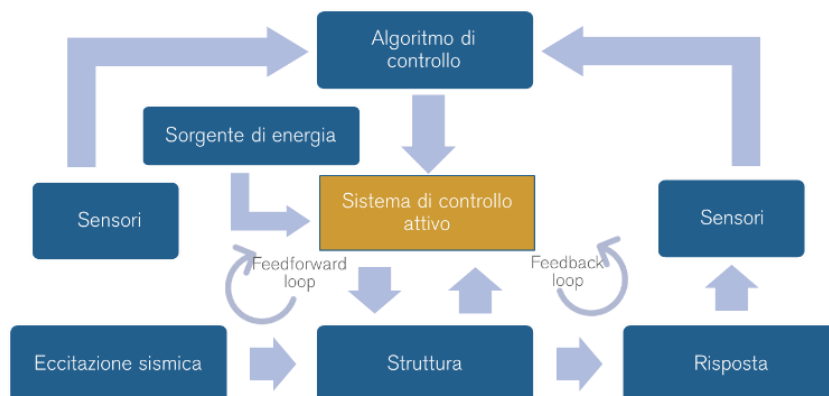


Figura 2 - Schema di funzionamento di un sistema AMD

L'algoritmo di controllo prevede infatti che all'arrivo dell'azione sismica (inteso come il superamento di un'accelerazione minima di soglia), l'eccitazione e la risposta della struttura vengano rilevate da sensori e che i segnali così acquisiti vengono elaborati in tempo reale da un computer centrale che restituisce in output il moto da imprimere alle masse mobili attraverso i rispettivi attuatori.

Una delle più comuni leggi di controllo, denominata "Sky-Hook" (in italiano, letteralmente, "gancio nel cielo"), permette di definire la forza di controllo (ovvero l'accelerazione da imprimere alle masse mobili) come il prodotto di una costante (G, Gain) per la velocità relativa tra la sommità dell'edificio ed il terreno, misurata dall'impianto di sensoristica accessorio:

$$F = -G \cdot v_{rel} = -G \cdot (\dot{x}_{roof} - \dot{x}_G)$$

Tale forza è poi fattivamente generata dal moto oscillatorio della massa mobile con un limite meccanico che attesta una forza massima erogabile F_{max} .

Per tali ragioni, l'AMD si differenzia dai classici dispositivi passivi che rispondono con forze stabilizzanti definibili con un preciso legame costitutivo di tipo meccanico. Tuttavia, in virtù di alcune assunzioni circa il comportamento dinamico della massa mobile, è possibile semplificarne la descrizione del comportamento dell'AMD ed assimilarlo a quello di un dissipatore viscoso equivalente con legge bilineare con $\alpha = 1$ ed un cut sulla forza massima F_{max} (vedasi Ref. [1] e Ref. [2]).

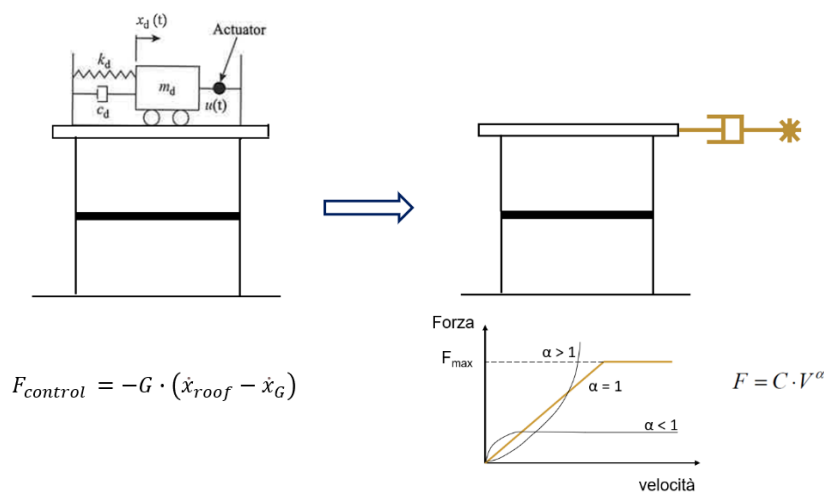


Figura 3 – Analogia tra l'AMD ed un dissipatore viscoso equivalente

Le assunzioni sono le seguenti:

- Velocità della massa mobile inferiore al limite meccanico v_{max} caratteristico dell'attuatore impiegato
- Spostamento della massa mobile inferiore ai limiti di corsa della slitta impiegata

Nell'ambito di tali assunzioni, la legge costitutiva del dissipatore viscoso equivalente bilineare descrive compiutamente la legge di variazione della forza di controllo dell'AMD. In altre parole, l'adozione del modello a dissipatore viscoso equivalente deve poi essere validata attraverso il calcolo dell'effettiva cinematica sperimentata dalla massa mobile (velocità e spostamenti massimi) che garantisce l'erogazione della forza di controllo dell'AMD simulato. Si veda il § 4.

2. Modellazione del link AMD

Per inserire il link AMD bisogna innanzitutto scegliere il nodo strutturale su cui insisterà il dispositivo e creare un secondo nodo incastrato al suolo vicino a quello strutturale. In questa fase bisogna tenere in considerazione che la posizione reciproca di questi due nodi deciderà la direzione di funzionamento

dell'AMD, il link infatti, sarà inserito tra i due nodi e funzionerà solo in direzione assiale, come mostrato in Figura 4.

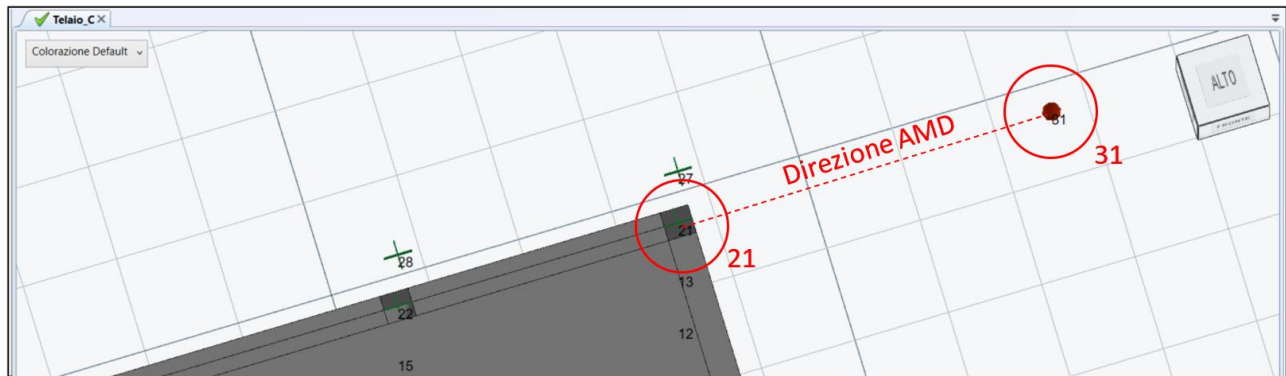


Figura 4 - Primo nodo strutturale (21) e secondo nodo incastrato (31)

I parametri del link AMD si trovano nel pannello “Dispositivi antisismici” (Figura 5).

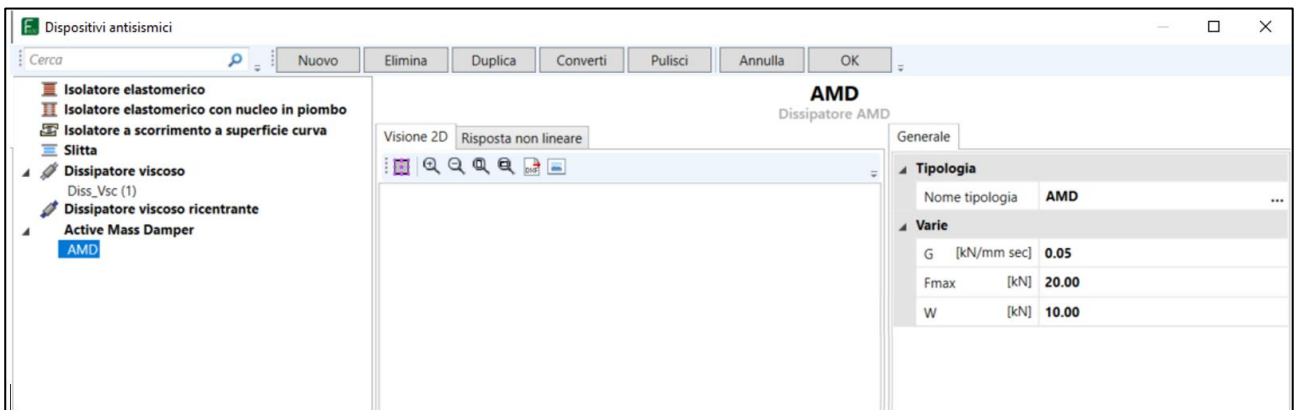


Figura 5 - Dispositivi antisismici

I parametri da impostare sono:

- G: Gain, espresso in $[kNs/m]$ è una grandezza che regola l'intensità della forza erogata dall'AMD. Va impostata in maniera tale da limitare le saturazioni del dispositivo e richiederà una taratura a posteriori da fare ad analisi terminata.
- F_{max} : Forza massima erogabile dall'AMD $[kN]$.
- W: Peso complessivo del dispositivo $[kN]$ che verrà scaricato sul nodo strutturale

A questo punto è sufficiente inserire il link tra i due nodi ricordando di scegliere come primo nodo il nodo strutturale e come secondo il nodo incastrato (Figura 6).

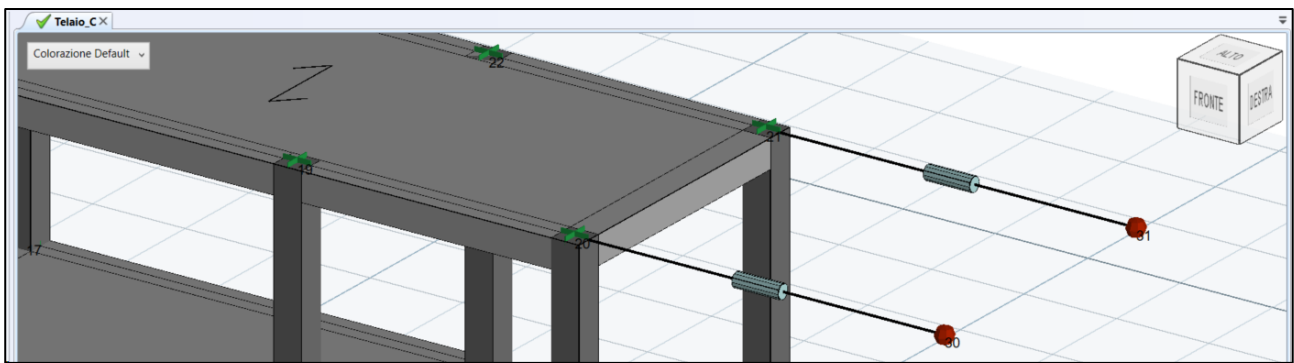


Figura 6 - Inserimento di due link AMD

3. Analisi Time History

L'utilizzo di un link AMD richiede un'analisi dinamica non lineare di tipo time history. Gli effetti del dispositivo, infatti, non sarebbero visibili con le altre tipologie di analisi. L'analisi dinamica non lineare si imposta dal pannello "Analisi, azioni e combinazioni-Analisi" (Figura 7).

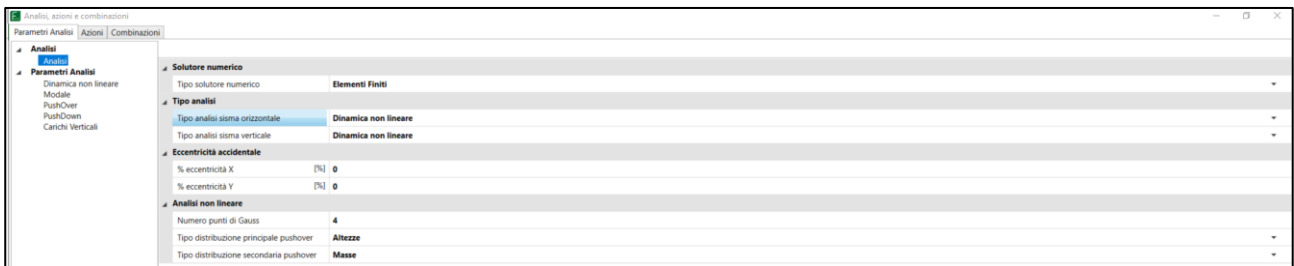


Figura 7 - Analisi, azioni e combinazioni-Analisi

I parametri dell'analisi time history si trovano nel pannello "Analisi, azioni e combinazioni - Dinamica non lineare" (Figura 8).

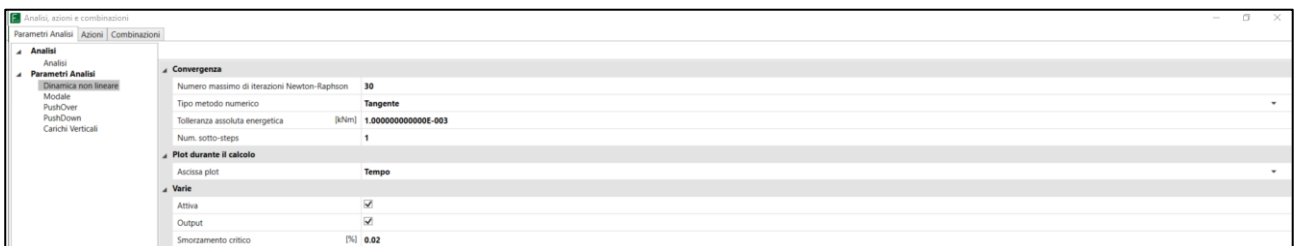


Figura 8 - Analisi, azioni e combinazioni-Dinamica non lineare

L'azione sismica è costituita da una serie di storie temporali di accelerazione del terreno inseribili nella sezione "Combinazioni" (Figura 9).



Figura 9 - Combinazioni

4. Output

Gli output legati all'AMD si trovano nel pannello “*Risultati di calcolo*” nel load case relativo all'analisi dinamica non lineare. Cliccando su ciascun link si può visualizzare la scheda “*Informazioni asta*” per lo specifico elemento.

In questa scheda sono contenute le informazioni e gli output dell'analisi. È possibile, per esempio, visualizzare il grafico forza assiale – spostamento assiale, nella scheda “*Output NL*” mostrato in Figura 10.

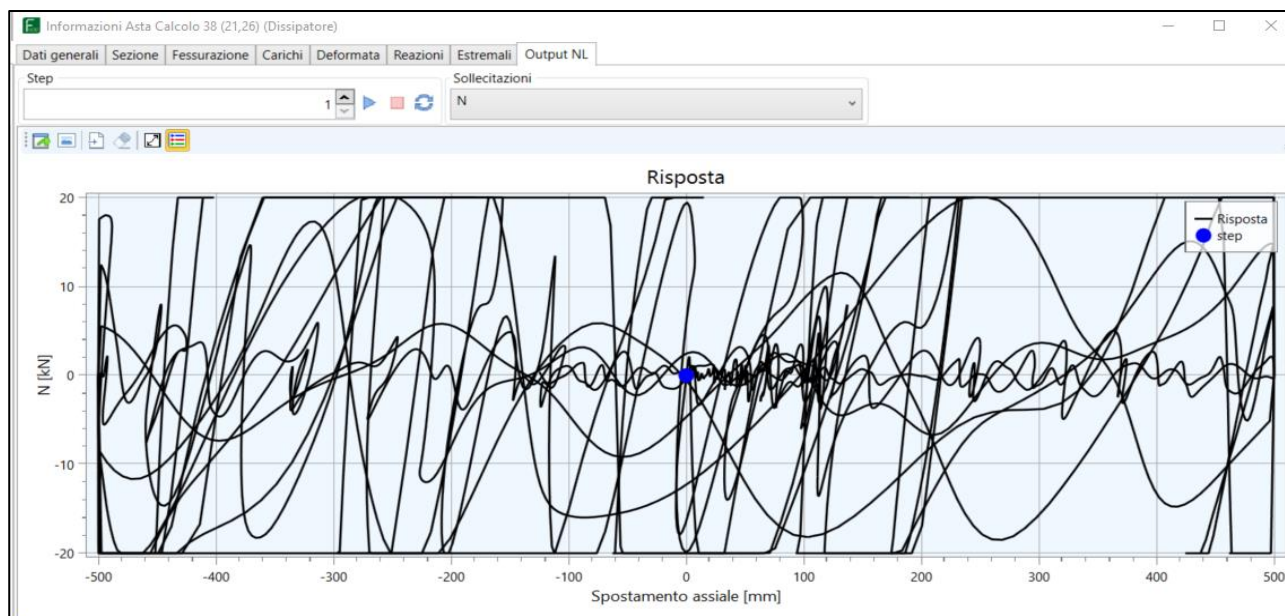


Figura 10 - Output NL

La curva può essere esportata e si possono stampare le due storie temporali di forza assiale in funzione del tempo (Figura 11).

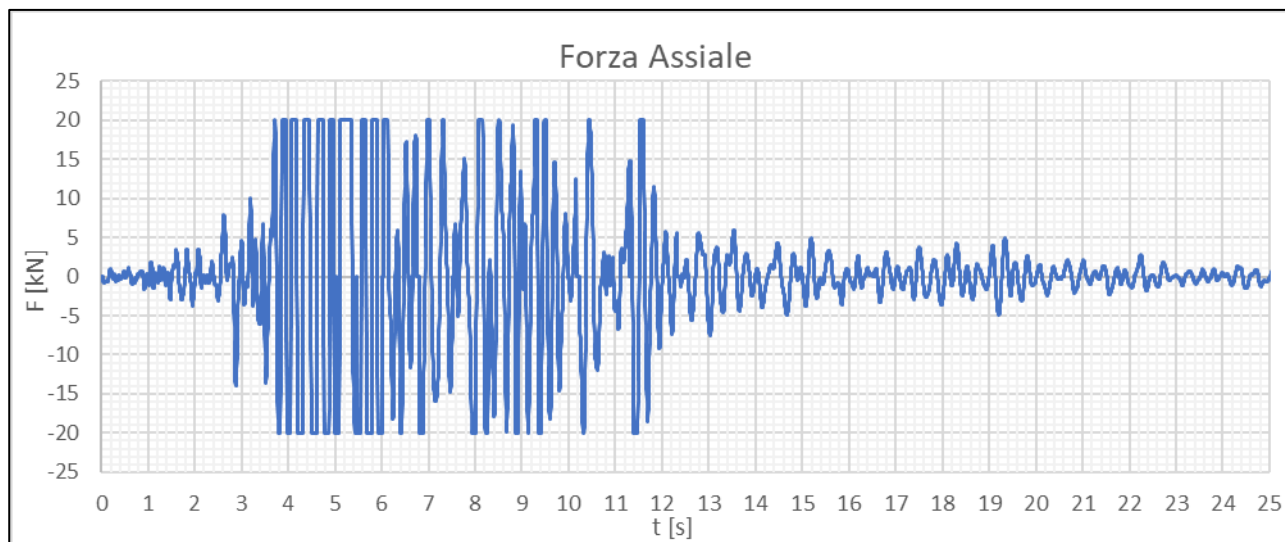


Figura 11 - Storia temporale di forza assiale

Di particolare interesse è la storia temporale di forza per la **fase di taratura del Gain**.

Da questo grafico si possono infatti vedere le saturazioni in forza del dispositivo, ovvero quei tratti della curva in cui viene raggiunta la forza massima impostata nell'AMD.

In caso di forze di controllo molto minori di F_{max} è consigliabile impostare il Gain a un valore più alto, così da ottenere una forza di reazione dell'AMD maggiore, incrementando lo smorzamento offerto dal sistema e la sua efficienza.

In caso di forze di controllo che diffusamente “saturano” F_{max} (come nel caso in Figura 11), è consigliabile abbassare il Gain per ridurre la risposta dell'AMD, in quanto in un AMD così dimensionato si potrebbero determinare condizioni di non rispetto dei limiti di velocità e spostamento della massa mobile (assunzioni dell'approccio di modellazione). In questi casi è necessaria l'analisi di post-processing che indaghi la cinematica della massa mobile (nei modi illustrati nel seguito).

Come accennato al termine del § 1, la fattiva corrispondenza tra la forza di controllo ottenuta dal link-dissipatore durante l'analisi e quella realmente erogabile dall'attuatore, e quindi la predittività dell'analisi stessa, è confermata a seguito di un controllo sulle performance richieste all'attuatore stesso; ISAAC mette a disposizione dei progettisti un software (*Check Forces Tool*) che assolve a tale funzione limitatamente ai propri prodotti. L'uso di questo applicativo viene illustrato spiegato nel video disponibile nel canale YouTube @isaacantisismica (Ref. [3]).

È opportuno infine osservare che, al solo scopo di dimensionamento preliminare del sistema di AMD (identificazione del numero di unità AMD), è possibile ignorare tali check di velocità e spostamento sull'attuatore se, per ciascun AMD modellato, si osserva che la massima forza di controllo non superi il valore della forza massima erogabile (nessuna saturazione).

5. Riferimenti

- [1] Rebecchi G., Bussini A. La protezione sismica attiva: prove sperimentali, simulazioni numeriche e strumenti per la progettazione. *Progettazione sismica* – Eucentre. 2021. Vol. 13, N. 6. E-ISSN 2532-1560. <https://doi.org/10.7414/PS.13.1.6>.
- [2] Rebecchi G., Menardo F., Rosti M., Bussini A., Calvi P.M. Full-scale shake table tests of a r.c. building equipped with an active mass damper: experimental results and numerical simulation, *Compdyn 2023, 9th ECOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, Athens, Greece, 12-14 June 2023.
- [3] Check Forces Tool - Come utilizzare il software https://youtu.be/mEDyPcLq-Ag?si=_LCufuv4e2eJ7ko ()