

**STRUTTURA METALLICA PER VANO CORSA IMPIANTO
ELEVATORE**

**OPERA FINALIZZATA ALL'ABBATTIMENTO DELLE BARRIERE
ARCHITETTONICHE**

DITTA COSTRUTTRICE:	DEMO
RIFERIMENTO:	DEMO
LUOGO DI INSTALLAZIONE:	Via - 00 - AA
PROGETTO N:	00000

IL PRESENTE DOCUMENTO CONTIENE I FASCICOLI SOTTO RIPORTATI:

- **RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

www.feme.biz

Indice

3	Relazione tecnica illustrativa sulle opere da eseguire	1
3.1	Generalità	1
3.2	Analisi fenomenologica ed interpretazione tecnica	2
3.3	L'oscillazione sismica di riferimento	3
3.4	Caratteristiche generali dell'impianto elevatore	4
3.5	La struttura metallica nel sito di installazione	4
3.6	Considerazioni sulla tipologia di intervento	5

www.feme.biz

3. Relazione tecnica illustrativa sulle opere da eseguire

3.1 Generalità

Oggetto della presente relazione tecnica di calcolo è una Struttura Metallica dedicata a Vano Corsa (SMVC nel seguito), adibita al sostegno di un impianto elevatore (ascensore o piattaforma elevatrice), dei tamponamenti e della copertura.

La SMVC è legata all'edificio cui l'impianto elevatore è dedicato; in prima approssimazione escludendo la massa mobile della cabina (e dei relativi accessori) e la massa delle guide, la torre metallica si presenta vuota al suo interno e poggia su una platea di fondazione propria. Le ipotesi alla base del calcolo statico e statico equivalente sono le seguenti:

- i carichi statici *verticali* agenti sulla SMVC derivano dal peso proprio e da quello dei tamponamenti; in aggiunta possono essere presenti carichi di manutenzione e montaggio applicati a ganci predisposti presenti al colmo della testata; in ultimo possono essere presenti i carichi da neve (nel caso di strutture installate all'esterno in zone esposte; considerando l'esiguità della superficie esposta questo carico viene generalmente trascurato).
- i carichi statici *orizzontali* agenti sulla torre derivano dall'intervento del paracadute, attraverso le guide e le relative staffe di ancoraggio alla SMVC; in aggiunta, nel caso di strutture esterne esposte, è considerato anche il carico da vento.
- i carichi statici equivalenti *orizzontali* agenti sulla torre derivano dalle azioni sismiche proporzionali alle masse degli elementi strutturali e non strutturali della SMVC.

Il compito della SMVC è dunque limitato al trasferimento delle sollecitazioni esterne (vento e sisma) ed interne (impianto elevatore ed accessori) alle strutture portanti dell'edificio cui l'impianto è dedicato ed alla platea di fondazione.

Per il calcolo delle azioni sismiche agenti sulla struttura è stato utilizzato l'approccio dinamico lineare definito secondo la normativa. Le 2 più importanti ipotesi alla base del calcolo sismico che verrà esposto nel seguito sono le seguenti ¹:

- in caso di evento sismico la SMVC seguirà, in termini di spostamento, le medesime vicissitudini dell'edificio cui la SMVC stessa è legata;
- in caso di evento sismico il comportamento dell'edificio non subisce modifiche apprezzabili dovute l'introduzione del nuovo elemento (la SMVC) all'interno o in adiacenza ad esso.

La previsione della reale oscillazione di un edificio esistente (e, di conseguenza, della SMVC) a seguito di un evento sismico è molto complessa e dipende da molteplici parametri. Questa valutazione richiederebbe già da sé indagini molto approfondite, sondaggi, rilievo e rimodellazione matematica dell'edificio e delle sue fondazioni; inoltre il gran numero di ipotesi che occorre comunque assumere alla base del calcolo condurrebbe inevitabilmente a risultati spesso molto lontani dalla realtà (con costi e tempi di verifica estremamente elevati).

Tuttavia, come verrà esposto nel seguito, una particolare interpretazione del *giunto tecnico* potrà, almeno in prima approssimazione, essere d'aiuto.

¹Le 2 ipotesi esposte sono certamente tanto più verificate quanto più la struttura metallica è leggera.

3.2 Analisi fenomenologica ed interpretazione tecnica

L'analisi numerica che verrà svolta prende spunto dalla osservazione di ciò che potrebbe accadere alla SMVC sia durante il normale esercizio dell'impianto sia durante un evento sismico.

Al verificarsi di un evento tale da mettere in azione il dispositivo paracadute, la struttura risulta sollecitata da forze orizzontali applicate in corrispondenza delle traverse più vicine ai pattini di cabina. Esaurito l'effetto impulsivo della presa (istantanea o progressiva) del paracadute sulle guide (ed il relativo trasferimento delle sollecitazioni dalle guide alla torre metallica), il sistema si presenterà come un insieme unico SMVC + cabina (a pieno carico) + accessori.

Se l'evento che ha azionato il paracadute è di natura sismica, il sistema subisce delle sollecitazioni dovute all'accelerazione del suolo e allo spostamento dell'edificio a cui la struttura è connessa.

Gli effetti dovuti all'azionamento del paracadute e all'evento sismico possono essere analizzati separatamente in quanto l'evento sismico ha generalmente una durata maggiore rispetto alla presa del paracadute².

I fenomeni fin qui descritti sono modellizzati attraverso l'applicazione alla struttura delle seguenti sollecitazioni:

- sollecitazioni verticali legate al peso degli elementi strutturali e delle tamponature del vano corsa³;
- sollecitazioni verticali applicate al colmo della testata dovute ad eventuali carichi esclusivi di montaggio e manutenzione (se presenti);
- sollecitazioni orizzontali dovute alla presa del paracadute⁴. In via conservativa, tali sollecitazioni sono applicate direttamente alle traverse della SMVC (in più punti distinti) in corrispondenza delle traverse più prossime ai pattini della cabina.
- sollecitazioni orizzontali legate al vento (presenti solo per strutture esterne esposte)⁵;
- sollecitazioni orizzontali agenti sulla struttura in presenza di un evento sismico. Queste sono ricavate da un'analisi dinamica lineare effettuata sul modello strutturale, tenendo conto delle indicazioni date dalla normativa di riferimento. In particolare, sono determinati i modi di vibrare della struttura (analisi modale) e, per ciascuno di essi, sono calcolati gli effetti dell'azione sismica proporzionali allo spettro di risposta di progetto e ai fattori di partecipazione modale relativi ai singoli modi. Infine, gli effetti dovuti ai modi di vibrare vengono combinati tra loro secondo normativa. A tale proposito, sono considerati i modi la cui massa partecipante sia superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

La massa sismica della cabina è modellizzata attraverso masse concentrate ai nodi del modello in corrispondenza dei punti di presa del paracadute posti all'ultimo piano;

Infine, l'effetto dovuto al movimento dell'edificio al quale è connessa la SMVC durante il sisma è considerato imponendo ai nodi vincolati all'edificio degli spostamenti di ampiezza pari all'oscillazione sismica di riferimento calcolata alla quota dei nodi.

Le forze dovute all'azionamento del paracadute e quelle sismiche dovute alla massa della cabina sono applicate in particolari punti del modello, in modo tale da ottenere due condizioni caratteristiche:

²L'intervento di un paracadute a presa istantanea riduce la velocità della cabina a 0 m/s in pochi decimi di secondo, mentre l'intervento di un paracadute a presa progressiva riduce la velocità della cabina a 0 m/s in pochi secondi. Un evento sismico in grado di provocare l'intervento del paracadute ha invece generalmente una durata più lunga, considerando anche il tempo di smorzamento successivo al picco massimo.

³Il peso proprio della cabina (completa di portata massima e di accessori) non è considerato perchè, nelle condizioni di normale esercizio, non è applicato direttamente alla struttura.

⁴Le sollecitazioni durante il normale esercizio dell'impianto sono inferiori a quelle che si manifestano alla presa del paracadute.

⁵Le sollecitazioni legate alla neve (solo per strutture esterne esposte) sono trascurate, come accennato, in forza della modesta superficie esposta al fenomeno.

- condizione di massimo sfruttamento per gli elementi strutturali;
- condizione di massimo spostamento sulle guide;

La ricerca delle due condizioni sopra elencate avviene attraverso lo spostamento delle forze dovute al paracadute lungo l'altezza del modello, in corrispondenza dei nodi di congiunzione tra gli elementi che modellizzano le guide di scorrimento e le traverse strutturali, in modo tale da simulare il movimento della cabina. Per ogni configurazione delle forze sono calcolati gli spostamenti dei nodi di applicazione e lo sfruttamento strutturale e sono individuati i loro valori massimi. Le due configurazioni sono poi utilizzate per le verifiche imposte dalla normativa. In particolare, la condizione di massimo sfruttamento viene impiegata per le verifiche agli stati limite e per l'analisi sismica, mentre la condizione di massimo spostamento è utile per verificare le limitazioni sulla freccia delle guide dettate dalla norma UNI EN 81-2.

3.3 L'oscillazione sismica di riferimento

Nella fase di analisi sismica della struttura, oltre all'applicazione delle forze sismiche dovute all'accelerazione al suolo e proporzionali ai modi propri strutturali, sono stati imposti degli spostamenti ai nodi di ancoraggio all'edificio per simulare il movimento di quest'ultimo sotto l'azione sismica. In assenza di dati certi (risultanti da una analisi sismica dedicata) l'oscillazione di riferimento della SMVC, imposta dall'edificio alla torre metallica, può essere calcolata a partire dalla valutazione del *giunto tecnico*, inteso, in questo caso, non come lo spazio vuoto da lasciare tra 2 costruzioni contigue per evitarne il reciproco martellamento, bensì come lo spostamento massimo sp_{max} che l'edificio *dovrebbe* manifestare sotto sisma, pari (come suggerito dal D.M. Infrastrutture 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”⁶ § 7.2.1⁷) ad $1/100$ dell'altezza dell'edificio, misurata dal piano di fondazione e moltiplicata per $a_g S/g$.

In termini numerici:

$$sp_{max} = \frac{1}{100} H_{edificio} \frac{a_g S}{g} \quad (3.1)$$

Gli spostamenti $sp(Z)$ da imporre ai nodi di connessione tra la struttura metallica e l'edificio sono quindi dati da:

$$sp(Z) = \frac{1}{100} Z \frac{a_g S}{g} \quad (3.2)$$

dove:

- Z è la quota alla quale viene calcolato lo spostamento;
- a_g è la accelerazione orizzontale massima al suolo indotta dal sisma⁸;
- $S = S_S S_T$ è un coefficiente di amplificazione sismica che tiene conto delle caratteristiche stratigrafiche (S_S) e topografiche (S_T) del terreno;
- g è l'accelerazione di gravità.

Con le ipotesi esposte lo studio che verrà presentato nel seguito consiste nel valutare il comportamento di una struttura metallica alla quale siano stati imposti lungo l'altezza, nelle direzioni principali X ed Y, gli spostamenti $sp(Z)$ sopra calcolati.

In relazione ai parametri dell'impianto elevatore, possono presentarsi 2 casi distinti:

1. l'altezza della torre metallica è pari o minore di quella dell'edificio: in tal caso la quota alla quale si manifesta lo spostamento massimo è $sp(Z_{max}) = fossa + corsa + testata$;

⁶Più brevemente richiamato nel seguito come “D.M. Infrastrutture”, oppure “D.M. 17.01.2018”, oppure “D.M. 2018”, oppure NTC 2018

⁷D.M. 17.01.2018 § 7.2.1 - Distanza tra costruzioni contigue - “... Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla base può essere stimato in $1/100$ dell'altezza della costruzione moltiplicata per $a_g S/g$ ”.

Con buona approssimazione la SMVC (legata alla costruzione esistente) subirà lo stesso spostamento e dovrà essere verificata in tali condizioni di deformazione.

⁸Il valore di a_g presente nelle 3.1 e 3.2 è espresso in m/s^2 , mentre nell'All. B al D.M. 2008 (per i valori dei parametri sismici il testo del D.M. 2018 rimanda all'allegato B del D.M. 2008) è espresso in $g/10$.

2. l'altezza della torre metallica è maggiore di quella dell'edificio (torri con testata libera, ovvero sia sporgente dal colmo dell'edificio): in tal caso la quota alla quale si manifesta lo spostamento massimo è $sp(Z_{max}) = \text{fossa} + \text{corsa}$.

Nei capitoli denominati "Relazione di calcolo della struttura" e "Fascicolo dei calcoli" sono contenuti considerazioni più particolari sull'analisi sismica eseguita e i risultati ottenuti.

L'installazione della torre metallica rappresenta un intervento strutturale che interessa una porzione limitata dell'edificio. Inoltre, la variazione di massa e di rigidità dell'edificio, a seguito dell'installazione della SMVC, è certamente di modesta entità. Nonostante ciò rimane facoltà del Genio Civile di competenza territoriale richiedere la verifica sismica dell'intero edificio esistente.

3.4 Caratteristiche generali dell'impianto elevatore

Sulla base dei dati forniti al progettista le principali caratteristiche meccaniche dell'impianto elevatore sono quelle riportate nella Tab. 3.1 ("ND" = valore non disponibile; "NP" = valore non pertinente).

Tipo impianto	Oleodinamico in taglia
Portata	250 kg
Capienza	3 persone
Corsa	6700 mm
Fossa	180 mm
Testata	2500 mm
Fermate	3
Velocità	0.15 m/s
Scartamento guide	510 mm
Passo ancoraggio staffe guide	800-1250 (lato meccanica) mm
Guide cabina dir. X	310 daN
Guide cabina dir. Y	40 daN
Guide cabina dir. Z	910 daN
Guide contropeso dir. X	NP daN
Guide contropeso dir. Y	NP daN
Guide contropeso dir. Z	NP daN
Ammortizzatori cabina	ND daN
Ammortizzatori contropeso	NP daN
Intervento della valvola di blocco	1270 daN
Ganci montaggio e manutenzione	NP daN

Tab. 3.1: Caratteristiche generali dell'impianto elevatore
(ND: valore non disponibile; NP: valore non pertinente)

3.5 La struttura metallica nel sito di installazione

La struttura metallica verrà installata all'interno di un edificio sito in Via - 00 - AA e presenta le seguenti dimensioni esterne complessive: $(864 \times 1595 \times 9320)$ mm; il passo delle staffe guide richiesto dalla SMVC coincide con il passo massimo di ancoraggio delle staffe guide (800-1250 mm) richiesto dalla meccanica d'impianto⁹.

⁹Si intende genericamente con *lato meccanica* quello che riceve le spinte orizzontali delle guide; negli impianti con arcata laterale il lato di ancoraggio delle guide è (generalmente) 1; diversamente, nel caso di arcata centrale, i lati di ancoraggio guide sono 2, da parti opposte.

Per la struttura ed il sito in esame, allo stato limite SLV, risulta: $a_g = 1.848 \text{ m/s}^2$; $S = S_S \cdot S_T = 1.419 \cdot 1.000 = 1.419$. Lo spostamento imposto alla SMVC nel/i nodo/i di connessione posto/i alla quota più elevata è pari a 24.91 mm.

I montanti della torre ancorati direttamente alle strutture portanti dell'edificio possono essere 1 (raramente) 2, 3 o 4. Il colmo della testata (porzione della SMVC al di sopra dell'ultimo sbarco) può essere anch'esso vincolato su 1 (raramente), 2, 3 o 4 montanti, oppure libero (0 vincoli).

Sulla base dei dati forniti al progettista nel caso in esame la configurazione prevede:

- montanti della SMVC ancorati direttamente all'edificio¹⁰: 4;
- montanti del colmo testata ancorati direttamente all'edificio: 2.

3.6 Considerazioni sulla tipologia di intervento

Le strutture metalliche che costituiscono il vano di corsa di un impianto elevatore (ascensore o piattaforma elevatrice) possono essere realizzate in 2 modi distinti:

- strutture autoportanti, ovverosia strutture che, indipendentemente dagli edifici cui sono dedicate, sopportano da sole tutti i carichi (statici, dinamici, sismici, da vento, etc. . .), contenendo inoltre gli spostamenti sotto carico al di sotto dei limiti consentiti dalla meccanica d'impianto¹¹;
- strutture legate all'edificio esistente.

In quest'ultimo caso la realizzazione della SMVC può essere considerata nuova costruzione che serve un edificio esistente in qualità di vano tecnico o impianto tecnologico.

Inoltre, le opere che realizzano il collegamento tra la SMVC e l'edificio esistente non richiedono la verifica di sicurezza globale dell'edificio in quanto non rientrano nella casistica riportata al cap.8 del D.M. Infrastrutture.

In particolare, al p.to 8.3 si legge:

“La valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:

- (*omissis*);
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza;
- (*omissis*).”

Sebbene, l'opera in questione sembri rientrare nel caso descritto dal punto delle NTC sopra riportato, a parere di chi scrive la realizzazione di una SMVC internamente od esternamente ad un edificio può essere considerata un intervento non dichiaratamente strutturale, che interagisce in parte con elementi aventi funzione strutturale (generalmente i solai dell'edificio le rampe delle scale, se portanti) ma che non riduce, in modo consistente, la capacità (portante) né modifica, in modo consistente, la rigidezza dell'edificio.

A questo proposito, il D.M. Infrastrutture non quantifica, in questa sede, il termine “consistente” sopra riportato; tuttavia, trattando in altra sede (§ 7.2.3) di elementi strutturali secondari, quale quello in argomento, stabilisce che il loro contributo alla rigidezza totale sotto azioni orizzontali non debba superare il 15% della analoga rigidezza degli elementi principali.

¹⁰Come verrà descritto nel seguito ad esempio nel caso di torri disposte in facciata (2 montanti ancorati all'edificio) possono talvolta essere utilizzati sistemi di irrigidimento e contenimento delle oscillazioni (staffe laterali, anelli) che legano *indirettamente* i montanti lontani dall'edificio all'edificio stesso, riducendo l'oscillazione della SMVC.

¹¹Trattandosi di fatto di strutture snelle, non appena l'altezza diviene significativa, per la realizzazione è richiesto l'impiego di profili molto robusti, controventature su tutti i lati della torre, adeguato dimensionamento del plinto di fondazione per impedire il ribaltamento della struttura (15 – 20 m³ di c.a. già per strutture di media altezza); per evitare fenomeni di martellamento reciproco tra edificio ed SMVC vanno inoltre valutate e previste le distanze di rispetto (giunto tecnico) e la realizzazione di passerelle scorrevoli per l'accesso e lo sbarco dalla cabina (quanto finora descritto spesso determina, già da sé, l'irrealizzabilità in vano scala di un impianto elevatore, con conseguente impossibilità di abbattimento delle barriere architettoniche ivi presenti).

A titolo esemplificativo non esaustivo sono stati eseguiti separatamente degli studi comparativi su SMVC standard (misure esterne $1.4 \times 1.4 \times h = 12.5$ m) realizzate all'interno di edifici standard in c.a. (misure esterne $12 \times 12 \times h = 14$ m): il risultato di queste analisi numeriche ha evidenziato come le forze sismiche e le rigidezze indotte dall'inserimento della struttura in acciaio abbiano comportato una variazione prossima all'1% della forza sismica e della rigidezza originaria dell'edificio; in aggiunta, la simulazione ha evidenziato che anche il rapporto tra le masse è, nell'esempio riportato, prossimo all'1%.

Inoltre, l'inserimento di una SMVC non comporta incremento dei carichi verticali sui solai dell'edificio, dal momento che, come sopra descritto, tutte le azioni verticali dell'impianto elevatore si scaricano direttamente sul fondo fossa.

Dunque, nelle condizioni sopra ipotizzate, l'inserimento di una SMVC non richiede, di per sé, una valutazione di sicurezza dell'intero edificio esistente.

Ciò premesso la struttura descritta nel seguito **deve essere legata all'edificio** cui la struttura stessa è dedicata.

A tal proposito si può fare riferimento alla Delibera Giunta Regionale n°606 del 21.06.2010 del comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico della Regione Toscana "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti" la quale, a proposito della realizzazione di scale esterne e impianti ascensori, afferma esplicitamente che "ai fini della trasmissione delle azioni orizzontali, sarà possibile ancorare tali manufatti alle strutture esistenti, senza procedere a verifiche globali (miglioramento o adeguamento) per l'edificio esistente. Gli effetti reciprocamente trasmessi devono essere sostanzialmente trascurabili sia in termini di massa che di rigidezza. Gli ancoraggi dovranno comunque essere correttamente dimensionati."

La stabilità strutturale della SMVC rimane condizionata alla stabilità strutturale dell'edificio cui essa è dedicata: in caso di crollo parziale o totale dell'edificio, o in caso di oscillazioni superiori a quelle valutate e descritte in questa sede, o qualora venisse a mancare il legame con l'edificio, non è possibile garantire la stabilità strutturale e/o l'integrità della SMVC.

Nel caso in cui venisse svolta una verifica sismica dedicata dell'edificio il cui risultato fornisse oscillazioni superiori a quelle sopra indicate e poste in questa sede come ipotesi iniziali di calcolo, occorrerà darne comunicazione al progettista che provvederà ad eseguire nuove calcolazioni ed a fornire nuovi risultati.

Le eventuali verifiche sismiche sopra menzionate (relative all'edificio esistente) esulano espressamente dalla presente relazione tecnica di calcolo.

In caso di sisma la SMVC reagirà comunque entro il limite della propria elasticità; oltre tale limite la SMVC potrà manifestare zone di incrudimento e di plasticizzazione; potranno manifestarsi deformazioni tali da compromettere il corretto funzionamento dell'impianto elevatore: in tal caso occorrerà porre immediatamente fuori servizio l'impianto e procedere alla verifica di tutti gli elementi e di tutte le giunzioni, prevedendone la sostituzione parziale o integrale. La tamponatura del vano corsa (in vetro di sicurezza o pannelli) e la meccanica d'impianto potranno subire danni tali da richiederne la sostituzione parziale o totale.

La SMVC descritta nel seguito non è idonea all'impiego in edifici dotati di supporti/giunti antisismici.

Nel caso in cui l'installazione della SMVC rientri in una ristrutturazione sostanziale o completa dell'edificio, l'intervento diviene, nel suo complesso, dichiaratamente strutturale ed occorre procedere alla valutazione della sicurezza dell'edificio esistente, come richiesto dal D.M 17.01.2018.