

Sommario

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI E CRITERI DI PROGETTO	3
3	DESCRIZIONE DELLA COPERTURA E DEI RISCHI	4
4	ACCESSO, TRANSITO E MODALITÀ OPERATIVE.....	4
5	SISTEMA ANTICADUTA DI PROGETTO	5
5.1	LINEA DI ANCORAGGIO FLESSIBILE TIPO C	5
5.2	DISPOSITIVO PUNTUALE GR40R	5
6	DPI E VALUTAZIONE DELLA CADUTA	6
7	RELAZIONE DI CALCOLO	7
7.1	LINEA TIPO C – PIASTRA AP23T	7
7.1.1	<i>Dati di progetto</i>	<i>7</i>
7.1.2	<i>Geometria del gruppo di rivetti.....</i>	<i>8</i>
7.1.3	<i>Verifica a taglio dei rivetti</i>	<i>8</i>
7.1.4	<i>Verifica a trazione da momento</i>	<i>8</i>
7.1.5	<i>Verifica combinata trazione-taglio.....</i>	<i>9</i>
7.2	PUNTO FISSO GR40R	9
7.2.1	<i>Verifica a taglio</i>	<i>9</i>
7.2.2	<i>Verifica a trazione</i>	<i>9</i>
8	PRESCRIZIONI DI INSTALLAZIONE, USO E MANUTENZIONE	10
9	CONCLUSIONI	10

1 PREMESSA

La presente relazione costituisce parte integrante del progetto esecutivo relativo agli interventi di efficientamento energetico del Palazzo del Municipio di Santa Margherita Ligure e descrive **il sistema permanente di protezione contro le cadute dall'alto previsto per le future attività di accesso, ispezione e manutenzione della copertura, per la parte dove è previsto il nuovo impianto fotovoltaico**. L'elaborato comprende la descrizione della copertura e delle principali condizioni di rischio, l'individuazione dei dispositivi di ancoraggio, i criteri di utilizzo e la verifica delle azioni trasmesse ai sistemi di fissaggio.

I componenti di tipo di riferimento sono a marchio *TAU safe system* e sono costituiti da: linea di ancoraggio flessibile orizzontale di Tipo C su piastra AP23T e dispositivo puntuale GR40R, installati su copertura metallica mediante sistemi rivettati. Potranno essere utilizzati componenti equivalenti di altro marchio.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E CRITERI DI PROGETTO

La progettazione, l'installazione e l'utilizzo del sistema anticaduta devono essere coordinati con la normativa vigente in materia di lavori in quota e con la documentazione tecnica del fabbricante dei dispositivi. Ai fini della presente relazione sono assunti a riferimento, per quanto applicabili:

- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i., con particolare riferimento ai lavori in quota e ai sistemi di protezione contro le cadute dall'alto;
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, per i criteri generali di sicurezza e verifica delle strutture e degli elementi di collegamento;
- UNI 11560:2022 – Sistemi di ancoraggio permanenti in copertura: criteri per individuazione, configurazione, installazione, uso, ispezioni e manutenzione;
- UNI 11578:2015 – Dispositivi di ancoraggio destinati all'installazione permanente: requisiti e metodi di prova;
- UNI EN 795:2012 – Dispositivi individuali per la protezione contro le cadute: dispositivi di ancoraggio;
- UNI CEN/TS 16415:2013, ove applicabile per dispositivi destinati all'uso da parte di più persone contemporaneamente;
- UNI EN 361, UNI EN 355, UNI EN 354, UNI EN 360, UNI EN 362 e UNI EN 363 per i DPI e i sistemi individuali contro le cadute, in funzione della specifica configurazione adottata.

Per la determinazione delle azioni sui dispositivi e per la verifica delle resistenze dei componenti di fissaggio sono assunti i valori definiti dalla documentazione tecnica dei dispositivi e dai dati di progetto. Il coefficiente moltiplicativo $\gamma_q = 2,00$ è assunto quale parametro di calcolo per le verifiche sviluppate nella presente relazione.

Le verifiche riguardano i sistemi di fissaggio e gli elementi di collegamento dei dispositivi di ancoraggio. La capacità resistente del pannello di copertura, degli elementi strutturali di supporto e della relativa sottostruttura deve risultare compatibile con le azioni trasmesse dal sistema anticaduta e con le modalità di installazione previste dal fabbricante.

3 DESCRIZIONE DELLA COPERTURA E DEI RISCHI

La copertura del Palazzo del Municipio è sostanzialmente piana ed è costituita da porzioni con struttura differenziata. La zona centrale è realizzata mediante struttura metallica e pannello sandwich, mentre le porzioni laterali sono impostate su struttura in calcestruzzo con sovrastante pacchetto di copertura. Sono inoltre presenti superfici trasparenti e lucernari, nonché impianti tecnologici e moduli fotovoltaici.

Ai fini dell'accesso manutentivo la copertura è da considerarsi praticabile esclusivamente lungo i percorsi e le zone individuate dagli elaborati di progetto. I lucernari e le superfici trasparenti restano non calpestabili e devono essere considerati elementi di rischio specifico. La configurazione della linea vita è pertanto finalizzata anche a consentire il collegamento continuo degli operatori e a mantenere il transito nelle zone sicure, evitando l'accesso diretto alle superfici fragili.

I principali pericoli considerati sono la caduta oltre il bordo della copertura, la caduta attraverso superfici non praticabili, l'effetto pendolo in prossimità degli angoli e le interferenze con impianti e manufatti presenti in copertura. L'uso corretto del sistema richiede pertanto il rispetto dei percorsi, delle lunghezze massime dei cordini e delle modalità operative indicate nel manuale del fabbricante e nell'elaborato grafico della copertura.

4 ACCESSO, TRANSITO E MODALITÀ OPERATIVE

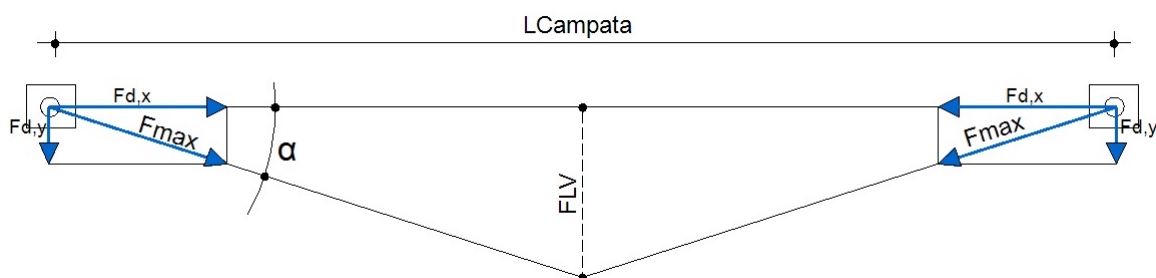
L'accesso alla copertura deve avvenire mediante il percorso previsto negli elaborati di progetto e con operatore già dotato dei DPI necessari prima dell'esposizione al rischio di caduta. Dal punto di accesso, il collegamento ai dispositivi deve avvenire senza soluzione di continuità, utilizzando gli ancoraggi puntuali di avvicinamento e, una volta raggiunta la linea principale, il relativo dispositivo scorrevole o connettore previsto dal sistema.

Durante il transito l'operatore deve mantenersi collegato in modo da non raggiungere, ove possibile, i bordi e le superfici non praticabili. Nei passaggi tra dispositivi puntuali e linea flessibile deve essere impiegato un sistema che consenta la continuità di protezione. Le modalità di utilizzo devono essere definite prima dell'accesso in funzione dell'attività manutentiva, delle condizioni meteorologiche, del numero di operatori e dell'eventuale necessità di predisporre un piano di emergenza e recupero.

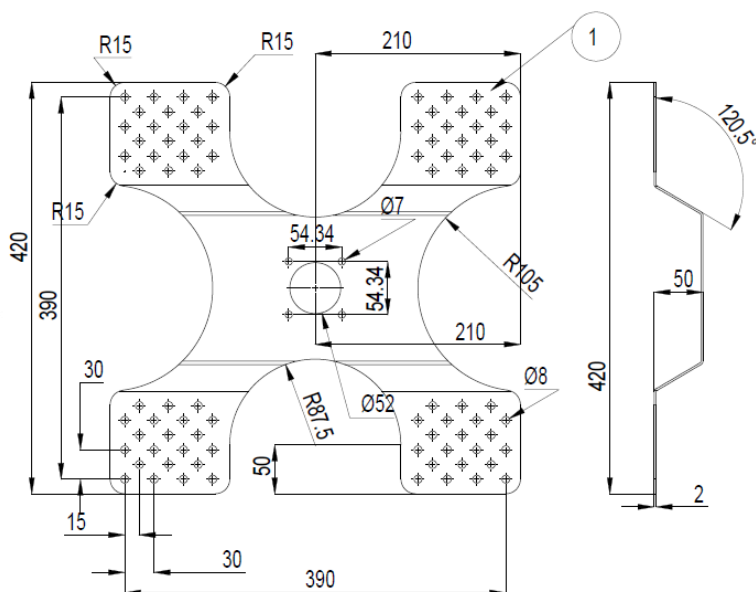
5 SISTEMA ANTICADUTA DI PROGETTO

5.1 LINEA DI ANCORAGGIO FLESSIBILE TIPO C

Il sistema principale è costituito da una linea di ancoraggio flessibile orizzontale di Tipo C, realizzata con cavo in acciaio, dispositivi terminali, elementi di tensionamento e assorbimento dell'energia, nonché paletti o supporti terminali installati sulla copertura metallica. La piastra di riferimento è il componente AP23T, utilizzato come supporto per l'installazione della linea su pannelli sandwich e lamiere grecate.



Schema geometrico della campata e scomposizione della forza sul terminale.



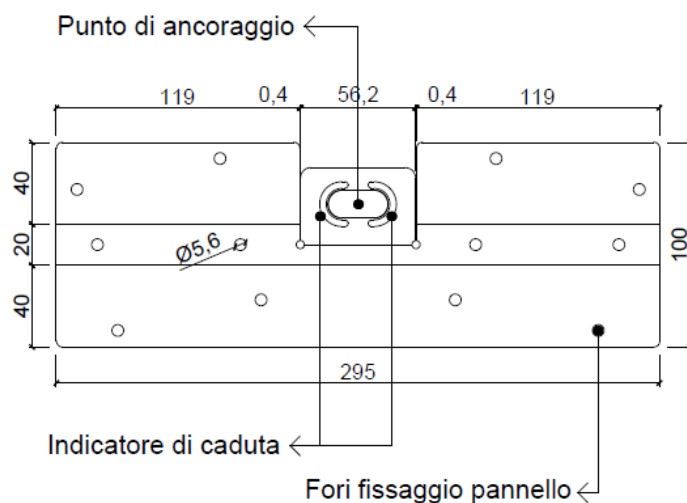
Geometria della piastra AP23T di riferimento.

La piastra AP23T è in acciaio inossidabile AISI 304 ed è configurata per differenti passi di greca. Il fissaggio di riferimento, assunto dall'elaborato di esempio, è realizzato con dodici rivetti a fiore con testa larga e rondella in EPDM. La geometria del gruppo di rivetti utilizzata nel calcolo è quella riportata nel capitolo 7.1.

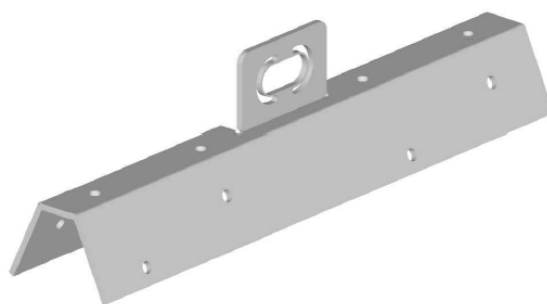
5.2 DISPOSITIVO PUNTUALE GR40R

A completamento del sistema sono previsti dispositivi puntuali multidirezionali GR40R, impiegati per l'avvicinamento alla linea principale, per il mantenimento della continuità di aggancio o per

specifiche zone operative indicate negli elaborati grafici. Il dispositivo di riferimento è idoneo all'installazione su pannelli sandwich con greca 40, secondo le condizioni dichiarate dal fabbricante.



Geometria del dispositivo puntuale GR40R.



Vista del dispositivo puntuale GR40R.

Per il fissaggio del GR40R si assume la configurazione dell'elaborato di riferimento: dodici rivetti tipo BRALO S-TREBOLD Ø 5,2 mm, lunghezza 20 mm, o equivalenti con caratteristiche non inferiori, fermo restando il rispetto integrale delle prescrizioni del fabbricante in relazione allo spessore della lamiera, alla posizione dei fissaggi del pannello e alla sottostruttura.

6 DPI E VALUTAZIONE DELLA CADUTA

Gli operatori devono utilizzare DPI anticaduta compatibili con il sistema installato e con la specifica attività. La dotazione minima comprende imbracatura per il corpo, connettori, cordini o dispositivi retrattili e, ove necessario, assorbitore di energia. La scelta della configurazione deve garantire la compatibilità reciproca dei componenti e il rispetto delle indicazioni del fabbricante.

- imbracatura anticaduta conforme alla UNI EN 361;
- connettori conformi alla UNI EN 362;
- cordini conformi alla UNI EN 354 e/o dispositivo retrattile conforme alla UNI EN 360;
- assorbitore di energia conforme alla UNI EN 355 quando richiesto dalla configurazione di arresto caduta;

- eventuale kit di recupero e attrezzatura di soccorso in funzione della valutazione operativa.

La presente verifica considera la deformazione della linea ai fini delle azioni trasmesse ai terminali. La verifica del tirante d'aria complessivo deve essere condotta sulla configurazione effettiva del DPI impiegato, sommando la freccia della linea, l'eventuale estensione dell'assorbitore, la lunghezza del collegamento, la quota dell'attacco dorsale e il franco di sicurezza. Il valore di freccia elastica assunto per la linea è pari a 0,80 m.

7 RELAZIONE DI CALCOLO

7.1 LINEA TIPO C – PIASTRA AP23T

7.1.1 Dati di progetto

Grandezza	Simbolo	Valore
Numero utilizzatori	N_u	2
Forza massima sul cavo	F_k	13,00 kN
Lunghezza campata	L	4,70 m
Freccia elastica linea	f	0,80 m
Altezza montante ancoraggio	H_p	0,095 m
Numero rivetti	n	12
Diametro nominale indicato nel foglio di calcolo	d	5 mm
Coefficiente di progetto	γ_q	2,00

La forza massima sul cavo è determinata secondo la relazione riportata nel foglio di calcolo, funzione del numero di utilizzatori:

$$F_k = 12 + N_u - 1 = 12 + 2 - 1 = 13,00 \text{ kN}$$

L'angolo della risultante rispetto alla direzione della linea è ricavato dalla geometria della campata deformata, considerando metà campata per ciascun ramo:

$$\alpha = \arctan[f / (L / 2)] = \arctan[0,80 / (4,70 / 2)] = 0,32812 \text{ rad} = 18,80^\circ$$

La forza di progetto assunta per la verifica del terminale è:

$$F_d = F_k \cdot \gamma_q = 13,00 \cdot 2,00 = 26,00 \text{ kN}$$

La scomposizione della forza nelle due direzioni principali fornisce:

$$F_{d,z} = F_d \cdot \cos \alpha = 26,00 \cdot \cos(18,80^\circ) = 24,61 \text{ kN}$$

$$F_{d,y} = F_d \cdot \sin \alpha = 26,00 \cdot \sin(18,80^\circ) = 8,38 \text{ kN}$$

Le reazioni alla base del paletto, assumendo $H_p = 0,095$ m, risultano:

$$\begin{aligned} V_s &= F_d = 26,00 \text{ kN} \\ M_{s,y} &= F_{d,z} \cdot H_p = 24,61 \cdot 0,095 = 2,34 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_{s,x} &= F_{d,y} \cdot H_p = 8,38 \cdot 0,095 = 0,80 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

7.1.2 Geometria del gruppo di rivetti

Per la ripartizione elastica delle trazioni da momento si utilizza la geometria della piastra AP23T riportata nell'elaborato di esempio. La piastra è assunta rigida e i dodici rivetti sono schematizzati su quattro gruppi, con coordinate simmetriche rispetto al baricentro:

$$z = \pm 150, \pm 165, \pm 180 \text{ mm} \quad ; \quad y = \pm 195 \text{ mm}$$

Gruppo	Coordinate assunte
Alto sinistra	$z = -180, -165, -150 \text{ mm} ; y = +195 \text{ mm}$
Alto destra	$z = +150, +165, +180 \text{ mm} ; y = +195 \text{ mm}$
Basso sinistra	$z = -180, -165, -150 \text{ mm} ; y = -195 \text{ mm}$
Basso destra	$z = +150, +165, +180 \text{ mm} ; y = -195 \text{ mm}$

7.1.3 Verifica a taglio dei rivetti

Il taglio risultante coincide con la forza di progetto. Ripartendo uniformemente il taglio sui dodici rivetti:

$$\begin{aligned} V_{\text{tot}} &= \sqrt{(F_{d,z}^2 + F_{d,y}^2)} = \sqrt{(24,61^2 + 8,38^2)} = 26,00 \text{ kN} \\ V_{\text{Ed,riv}} &= V_{\text{tot}} / n = 26,00 / 12 = 2,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Assumendo la resistenza nominale a taglio del singolo rivetto indicata nell'elaborato di esempio, $V_R = 4,30$ kN, l'indice di utilizzo è:

$$\eta_V = V_{\text{Ed,riv}} / V_R = 2,17 / 4,30 = 0,50 < 1,00$$

7.1.4 Verifica a trazione da momento

La trazione nel singolo rivetto è determinata con ripartizione elastica dei momenti sul gruppo di fissaggi. I momenti quadratici della distribuzione sono:

$$\begin{aligned} \Sigma z_i^2 &= 4 \cdot (150^2 + 165^2 + 180^2) = 328.500 \text{ mm}^2 \\ \Sigma y_i^2 &= 12 \cdot 195^2 = 456.300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Per il rivetto più sfavorito, posto a $z = 180$ mm e $y = 195$ mm, la trazione massima è:

$$\begin{aligned} N_{\text{Ed,max}} &= (M_{s,y} \cdot z / \Sigma z_i^2) + (M_{s,x} \cdot y / \Sigma y_i^2) \\ N_{\text{Ed,max}} &= (2.338.225 \cdot 180 / 328.500) + (795.992 \cdot 195 / 456.300) = 1.621 \text{ N} = 1,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

Assumendo la resistenza nominale a trazione del singolo rivetto indicata nell'elaborato di esempio, $N_R = 4,80$ kN:

$$\eta_N = N_{Ed, \max} / N_R = 1,62 / 4,80 = 0,34 < 1,00$$

7.1.5 Verifica combinata trazione-taglio

In assenza di una specifica legge di interazione del produttore, viene mantenuto il criterio lineare conservativo adottato nell'elaborato di esempio:

$$\eta = (V_{Ed, \text{riv}} / V_R) + (N_{Ed, \max} / N_R) = 0,504 + 0,338 = 0,842 < 1,00$$

$$FS_{\text{comb}} = 1 / \eta = 1 / 0,842 = 1,19$$

Verifica	Domanda	Resistenza nominale	Utilizzo	Esito
Taglio	2,17 kN	4,30 kN	0,50	VERIFICATO
Trazione da momento	1,62 kN	4,80 kN	0,34	VERIFICATO
Interazione lineare	-	-	0,84	VERIFICATO

La verifica del gruppo di rivetti risulta soddisfatta rispetto ai valori nominali assunti dall'elaborato di riferimento. Il margine della verifica combinata è pari a circa 1,19; la posa deve pertanto rispettare integralmente il numero, la tipologia e la geometria dei fissaggi previsti dal sistema certificato.

7.2 PUNTO FISSO GR40R

Per il dispositivo puntuale GR40R viene assunto il carico di progetto $F_d = 12$ kN indicato nell'elaborato di riferimento, già comprensivo del coefficiente adottato dal sistema. Il dispositivo è multidirezionale e viene verificato cautelativamente considerando l'intera azione alternativamente a taglio e a trazione.

$$F_d = 12,00 \text{ kN} ; \quad n = 12 \text{ rivetti}$$

7.2.1 Verifica a taglio

$$V_{Ed, \text{riv}} = F_d / n = 12,00 / 12 = 1,00 \text{ kN}$$

$$\eta_V = 1,00 / 3,00 = 0,33 < 1,00$$

7.2.2 Verifica a trazione

$$N_{Ed, \text{riv}} = F_d / n = 12,00 / 12 = 1,00 \text{ kN}$$

$$\eta_N = 1,00 / 1,70 = 0,59 < 1,00$$

Verifica	Domanda per rivetto	Resistenza nominale	Utilizzo	Esito
Trazione	1,00 kN	1,70 kN	0,59	VERIFICATO
Taglio	1,00 kN	3,00 kN	0,33	VERIFICATO

Le verifiche del singolo rivetto del dispositivo GR40R risultano soddisfatte rispetto ai valori nominali assunti dall'elaborato di riferimento. La verifica presuppone la corretta ripartizione del carico sui dodici fissaggi e la conformità della lamiera e della sottostruttura alle prescrizioni del fabbricante.

8 PRESCRIZIONI DI INSTALLAZIONE, USO E MANUTENZIONE

L'installazione deve essere eseguita da personale competente, nel rispetto delle istruzioni del fabbricante e degli elaborati grafici di progetto. Prima del montaggio devono essere verificate in sito la geometria delle greche, gli spessori delle lamiere, la posizione dei fissaggi del pannello alla sottostruttura, l'assenza di degrado e la compatibilità dei dispositivi con il supporto effettivamente presente.

- rispettare numero, posizione, diametro, tipologia e materiale dei rivetti previsti per ciascun dispositivo;
- evitare installazioni su pannelli deformati, corrosi o privi di adeguato collegamento alla sottostruttura;
- eseguire e documentare l'ispezione al montaggio e la corretta installazione del sistema;
- apporre la marcatura e la segnaletica prevista dal fabbricante, indicando numero massimo di utilizzatori e modalità di impiego;
- mantenere disponibile il manuale d'uso e manutenzione, la documentazione dei dispositivi e il registro delle ispezioni;
- porre fuori servizio il sistema dopo una caduta o un evento che possa averne compromesso l'integrità, fino a ispezione straordinaria e rimessa in servizio.

Le ispezioni periodiche e la manutenzione devono seguire la periodicità e le modalità stabilite dal fabbricante e dalla UNI 11560:2022. Devono essere controllati almeno lo stato dei cavi, dei terminali, dei dispositivi puntuali, dei fissaggi, delle sigillature, della copertura e della sottostruttura interessata.

9 CONCLUSIONI

Le verifiche sono valide per la geometria, i componenti e i valori di resistenza assunti nella presente relazione. La corretta esecuzione richiede che la posa reale corrisponda alla configurazione certificata del fabbricante e che il pannello di copertura e la relativa sottostruttura siano idonei a trasferire le azioni di progetto.

In fase costruttiva dovrà essere inoltre eseguita una **verifica in sito della capacità di tenuta del pannello di copertura e del relativo sistema di fissaggio**, mediante prova o test di estrazione/tenuta coerente con la configurazione effettivamente installata, al fine di confermare la capacità del supporto reale di trasferire le azioni previste dal sistema anticaduta. L'esito positivo di tale verifica costituirà condizione per la definitiva accettazione della posa.

I lucernari e le superfici trasparenti rimangono non calpestabili e devono essere esclusi dalle zone di transito degli operatori.

§ § §

Onore (BG), 16.09.2026

Il tecnico

dott. ing. Luca Fabrello