

lavori di straordinaria manutenzione edificio accessorio

Ubicazione: Via F. Briganti loc. "ex Pozzi) - Deruta (Pg)

Committente: COMUNE DI DERUTA

Elaborato tecnico della copertura

Relazione di calcolo relativa ai fissaggi dei
dispositivi di ancoraggio

Trevi, 23.09.2021

Il Tecnico

Arch. Franco Belli



Premessa

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le verifiche effettuate per i fissaggi dei dispositivi di ancoraggio che saranno installati, sulla copertura del fabbricato in oggetto. I principi di riferimento relativi alle misure preventive e protettive per l'accesso, il transito e l'esecuzione dei lavori in quota in condizioni di sicurezza, sono ispirati alle direttive della EN 795 recepiti dalla normativa nazionale UNI EN 795. Date le caratteristiche della copertura sono stati scelti dei sistemi di ancoraggio di classe "A" e classe "C".

Entrando nel dettaglio della soluzione tecnica adottata per il fissaggio, verranno utilizzati i seguenti ancoraggi strutturali suddivisi per tipologia, supporto e sistema di fissaggio:

- Torretta tipo PFP250/PFI250 come elemento in sistema di classe "A", da fissare con l'applicazione di n.2 contropiastre tipo C720 da posizionare sulla faccia di intradosso della trave in c.a.. I collegamenti della piastra di base della torretta a ciascuna contropiastre saranno effettuati con n.2 bulloni M12;
- Dispositivo tipo PSA2 come elemento in sistema di classe "A", da fissare con l'applicazione sulla piastra di base di n.4 barre da sigillare con resina sul tavolato e sottostante trave in legno della copertura.

La specifica dei requisiti, i metodi di prova e le istruzioni per l'uso e la marcatura del dispositivo, sono specificati nella scheda tecnica allegata, di seguito si riporta la verifica degli ancoraggi degli elementi sulla struttura esistente.

Normativa di riferimento

Per quanto riguarda i principi di riferimento relativi alle misure preventive e protettive per l'esecuzione dei lavori in sicurezza si è fatto riferimento alle seguenti normative e istruzioni tecniche:

- UNI EN 795:2002 del 01 Dicembre 2002 e successivi aggiornamenti: *Protezione contro le cadute dall'alto – Dispositivi di ancoraggio – Requisiti e prove.*
- D.Lgs n. 81 del 09 Aprile 2008: *Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 Agosto 2007 n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.*

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza dei materiali si è fatto riferimento alle seguenti normative e istruzioni tecniche:

- D.M. Min. delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 Gennaio 2008: *Nuove Norme Tecniche per le costruzioni.*
- C.M. Min. delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 02 Febbraio 2009: *Nuova circolare*

delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

- UNI EN 1993-1-10:2005. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-10: resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore.
- UNI EN 1993-1-1:2005. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-1: regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-8:2005. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-8: progettazione dei collegamenti.
- UNI EN 1993-1-9:2005. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-9: fatica.
- UNI ENV 1993-1-3:2000. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-3: regole generali – regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo.
- UNI ENV 1993-1-4:1999. Eurocodice 3: Progettazione delle strutture di acciaio. Parte1-4: regole generali – regole supplementari per acciai inossidabili.
- CNR UNI 10011:1988. *Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.*

Materiali impiegati e resistenze di calcolo

- *Acciaio da carpenteria tipo S235/S235H:*

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$
Fattore parziale del materiale	$\gamma_c = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 313 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\nu = 0.3$
Modulo di elasticità trasversale	$G = 80770 \text{ N/mm}^2$

- *Bulloni con viti normali classe 6.8:*

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yb} = 480 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tb} = 600 \text{ N/mm}^2$

Verifiche

Si verificano le tre tipologie di ancoraggio rappresentata dalla torretta PFP250/PFI250 rispettivamente in sistema di classe “C” e sistema di classe “A”, e dal dispositivo PSA2.

Torretta PFP250/PFI250 come elemento iniziale/finale e intermedio in sistema di classe “C” fissata su trave in legno con impiego di contropiastre

La torretta viene fissata alla struttura esistente, tramite l'utilizzo di due contropiastre tipo C720 da posizionare sulla faccia di intradosso della trave in legno. I collegamenti della piastra di base del dispositivo a ciascuna contropiastre saranno effettuati con n.2 bulloni M12 aventi classe di resistenza 6.8. Tale soluzione risulta compatibile con le misure rilevate a cura dell'installatore da verificare comunque prima del montaggio in modo da rendere veritiero le considerazioni più avanti descritte.

Verifica ancoraggio alla struttura esistente

La torretta viene utilizzata come elemento iniziale/finale e intermedio sulla linea vita LVO 01. Per quanto riguarda gli elementi estremi lo sforzo di verifica, in accordo alle indicazioni della UNI EN 795, viene assunto pari al massimo valore ottenuto tra le risultanze della prova di efficienza dinamica amplificato del fattore di sicurezza pari a 2, e a quanto stabilito per gli elementi di classe “A” con utilizzo di un solo operatore (in quanto non può essere escluso che l'operatore si agganci direttamente all'elemento).

Nel caso di elemento intermedio il carico di verifica è invece assunto pari a quanto stabilito per gli elementi di classe “A” ed utilizzo di un solo operatore.

Come si può notare dai risultati ottenuti dall'interpolazione delle prove di efficienza dinamica (si veda sopra), i valori dei carichi applicati al dispositivo estremo, risultano al massimo pari a 4.27 KN , pertanto tutte le verifiche saranno sempre condotte considerando una forza sollecitante pari a 10 KN .

Lo sforzo trasmesso alla base dipende sia dall'altezza della torretta che da come è eseguito il fissaggio sulla copertura: nel caso specifico la torretta risulta incastrata alla base, pertanto le sollecitazioni massime si hanno in corrispondenza di tale punto risultando di natura flessionale e tagliente. Nota l'altezza della torretta fuori dalla copertura, si ha:

$$T = 10\text{ KN} \quad \text{Taglio al vincolo di incastro}$$

$$M = 10 \times 25 = 250\text{ KNcm} \quad \text{Momento al vincolo di incastro}$$

avendo posto l'elevazione della torretta pari a 25 cm (altezza totale della torretta).

Tali sollecitazioni vengono trasmesse dapprima alla piastra di base e ai bulloni di fissaggio attraverso una combinazione di sforzi di compressione sulla piastra e trazione e taglio sui bulloni, le cui intensità dipendono dalla geometria dell'aggancio. Nel caso particolare si ha:

$n_b = 4$	Numero bulloni
$a = 240\text{ mm}$	Larghezza piastra
$b = 240\text{ mm}$	Lunghezza piastra
$c = 36\text{ mm}$	Distanza forature dal bordo

pertanto i carichi su bulloni sono i seguenti:

$$N_{E,d} = 6.20\text{ KN} \quad \text{Sforzo di trazione}$$

$$T_{E,d} = 2.50\text{ KN} \quad \text{Sforzo di taglio}$$

Le resistenze di progetto per i bulloni specificati sono le seguenti:

$$N_{R,d} = A_{res} \times f_{th} / \gamma_M = 84 \times 600 / 1.15 = 43.83\text{ KN} \quad \text{Trazione su ciascun bullone}$$

$$T_{R,d} = A_{res} \times f_{th} / (\gamma_M \times \sqrt{2}) = 84 \times 600 / (1.15 \times 1.41) = 31.08\text{ KN} \quad \text{Taglio su ciascun bullone}$$

essendo γ_M il valore del fattore di sicurezza indicato dalle NTC 2008 per l'acciaio.

La verifica risulta soddisfatta in quanto le resistenze di progetto degli elementi di fissaggio risultano superiori a quelle richieste dal dispositivo (alla rottura del dispositivo ciascun bullone presenta una riserva di resistenza).

Le contropiastre presentano una geometria di installazione che le sottopongono a sforzi di flessione esercitati dalla trazione dei bulloni e dal contrasto dell'elemento strutturale che non si presenta esteso all'intera sezione, pertanto non si può assumere a priori idonea all'utilizzo, se non a seguito della

verifica di seguito riportata. L'utilizzo delle contropiastre indicate (C720), permette di ottenere i seguenti risultati:

$A = 140 \text{ mm}$	Larghezza elemento di attacco
$B = 282 \text{ mm}$	Lunghezza piastra
$C = 73 \text{ mm}$	Larghezza piastra
$i = 168 \text{ mm}$	Interasse bulloni a cavallo della trave
$s = 10 \text{ mm}$	Spessore piastra
$r = 14 \text{ mm}$	Braccio della coppia
$M = N_{Ed} \times r = 87 \text{ KNmm}$	Momento massimo
$W = C \times s^2/4 = 1825 \text{ mm}^3$	Modulo di resistenza plastico
$\sigma_p = M/W = 48 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione massima a compressione</i>
$\tau_{p,amm} = T_p/A_{sez} = 3 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione massima a taglio</i>
$\sigma_{id} = 48 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione ideale secondo Von Mises</i>

Per il materiale impiegato (Fe360 secondo la classificazione della previgente Normativa, oppure S 235 secondo la classificazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni) risulta una tensione di rottura pari a 360 N/mm^2 , superiore alla tensione ideale appena calcolata e la verifica della piastra risulta soddisfatta in quanto il fissaggio presenta una riserva di resistenza rispetto al dispositivo.

Si precisa che possono essere utilizzate delle piastre aventi caratteristiche di resistenza non inferiori a quelle proposte, purché approvate dalla direzione lavori.

I carichi prodotti dalla condizione di utilizzo del sistema, sono trasmessi e diffusi sulla trave in legno tramite l'aggancio con contropiastre e diffusi sugli elementi strutturali verticali. D'altra parte l'utilizzo del sistema produce sulla struttura un carico classificabile come eccezionale, che combinato con i carichi assunti per le verifiche delle coperture, in virtù dell'entità per la zona di interesse, produce valori di sollecitazione inferiori a quelli che si otterrebbero in combinazione fondamentale. Pertanto, l'incremento di carico prodotto sulla struttura esistente a seguito dell'utilizzo del sistema può essere ritenuto inapprezzabile e mantiene inalterato il grado di sicurezza relativo alla statica della struttura di supporto.

Torretta PFP250/PFI250 come elemento in sistema di classe “A” fissata su trave in acciaio con impiego di contropiastre

La torretta viene fissata alla struttura esistente, tramite l'utilizzo di due contropiastre tipo C720 da posizionare sulla faccia di intradosso della trave in legno. I collegamenti della piastra di base del

dispositivo a ciascuna contropiastra saranno effettuati con n.2 bulloni M12 aventi classe di resistenza 6.8. Tale soluzione risulta compatibile con le misure rilevate a cura dell'installatore da verificare comunque prima del montaggio in modo da rendere veritieri le considerazioni più avanti descritte.

Verifica ancoraggio alla struttura esistente

La torretta come ogni elemento di classe “A”, deve essere idoneo ad assorbire un carico che la UNI EN 795, fissa in 10 KN, applicato in corrispondenza del foro e nella direzione più sfavorevole. Lo sforzo trasmesso alla base dipende sia dall'altezza della torretta che da come è eseguito il fissaggio sulla copertura: nel caso specifico la torretta risulta incastrata alla base, pertanto le sollecitazioni massime si hanno in corrispondenza di tale punto risultando di natura flessionale e tagliente. Nota l'altezza della torretta fuori dalla copertura, si ha:

$$T = 10 \text{ KN} \quad \text{Taglio al vincolo di incastro}$$

$$M = 10 \times 25 = 250 \text{ KNcm} \quad \text{Momento al vincolo di incastro}$$

avendo posto l'elevazione della torretta pari a 25 cm (altezza totale della torretta).

Tali sollecitazioni vengono trasmesse dapprima alla piastra di base e ai bulloni di fissaggio attraverso una combinazione di sforzi di compressione sulla piastra e trazione e taglio sui bulloni, le cui intensità dipendono dalla geometria dell'aggancio. Nel caso particolare si ha:

$$n_b = 4 \quad \text{Numero bulloni}$$

$$a = 240 \text{ mm} \quad \text{Larghezza piastra}$$

$$b = 240 \text{ mm} \quad \text{Lunghezza piastra}$$

$$c = 36 \text{ mm} \quad \text{Distanza forature dal bordo}$$

pertanto i carichi su bulloni sono i seguenti:

$$N_{E,d} = 6.20 \text{ KN} \quad \text{Sforzo di trazione}$$

$$T_{E,d} = 2.50 \text{ KN} \quad \text{Sforzo di taglio}$$

Le resistenze di progetto per i bulloni specificati sono le seguenti:

$$N_{R,d} = A_{res} \times f_{ik} / \gamma_M = 84 \times 600 / 1.15 = 43.83 \text{ KN} \quad \text{Trazione su ciascun bullone}$$

$$T_{R,d} = A_{res} \times f_{ik} / (\gamma_M \times \sqrt{2}) = 84 \times 600 / (1.15 \times 1.41) = 31.08 \text{ KN} \quad \text{Taglio su ciascun bullone}$$

essendo γ_M il valore del fattore di sicurezza indicato dalle NTC 2008 per l'acciaio.

La verifica risulta soddisfatta in quanto le resistenze di progetto degli elementi di fissaggio risultano superiori a quelle richieste dal dispositivo (alla rottura del dispositivo ciascun bullone presenta una riserva di resistenza).

Le contropiastre presentano una geometria di installazione che le sottopongono a sforzi di flessione esercitati dalla trazione dei bulloni e dal contrasto dell'elemento strutturale che non si presenta esteso all'intera sezione, pertanto non si può assumere a priori idonea all'utilizzo, se non a seguito della verifica di seguito riportata. L'utilizzo delle contropiastre indicate (C720), permette di ottenere i seguenti risultati:

$A = 140 \text{ mm}$	Larghezza elemento di attacco
$B = 282 \text{ mm}$	Lunghezza piastra
$C = 73 \text{ mm}$	Larghezza piastra
$i = 168 \text{ mm}$	Interasse bulloni a cavallo della trave
$s = 10 \text{ mm}$	Spessore piastra
$r = 14 \text{ mm}$	Braccio della coppia
$M = N_{Ed} \times r = 87 \text{ KNmm}$	Momento massimo
$W = C \times s^2/4 = 1825 \text{ mm}^3$	Modulo di resistenza plastico
$\sigma_p = M/W = 48 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione massima a compressione</i>
$\tau_{p,amm} = T_p/A_{sez} = 3 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione massima a taglio</i>
$\sigma_{id} = 48 \text{ N/mm}^2$	<i>Tensione ideale secondo Von Mises</i>

Per il materiale impiegato (Fe360 secondo la classificazione della previgente Normativa, oppure S 235 secondo la classificazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni) risulta una tensione di rottura pari a 360 N/mm^2 , superiore alla tensione ideale appena calcolata e la verifica della piastra risulta soddisfatta in quanto il fissaggio presenta una riserva di resistenza rispetto al dispositivo.

Si precisa che possono essere utilizzate delle piastre aventi caratteristiche di resistenza non inferiori a quelle proposte, purché approvate dalla direzione lavori.

I carichi prodotti dalla condizione di utilizzo del sistema, sono trasmessi e diffusi sulla struttura in c.a. o in travi di legno tramite l'aggancio con contropiastre e diffusi sugli elementi strutturali verticali. D'altra parte l'utilizzo del sistema produce sulla struttura un carico classificabile come eccezionale, che combinato con i carichi assunti per le verifiche delle coperture, in virtù dell'entità per la zona di interesse, produce valori di sollecitazione inferiori a quelli che si otterrebbero in combinazione fondamentale. Pertanto, l'incremento di carico prodotto sulla struttura esistente a seguito dell'utilizzo del sistema può essere ritenuto inapprezzabile e mantiene inalterato il grado di sicurezza relativo alla statica della struttura di supporto.

Dispositivo PSA2 come elemento in sistema di classe “A” fissato su trave di legno con applicazione di tasselli chimica

Il dispositivo viene fissato sull'elemento strutturale, tramite l'applicazione sulla piastra di base di n. 4 barre M12 di classe non inferiore alla 6.8, da sigillare con resina epossidica sula trave della copertura presente in copertura. Per la sigillatura delle barre si propone resina tipo Friulsider, serie KEM-UP 950/952, con profondità minima di posa della barra pari a 110 millimetri, spessore del materiale di supporto non inferiore a 160 millimetri e distanza minima dal bordo pari a 120 millimetri (da rispettare in fase di installazione). Nel caso non si riesca a soddisfare tali prescrizioni si raccomanda la segnalazione allo scrivente per individuare soluzioni alternative.

Verifica ancoraggio alla struttura esistente

Il dispositivo come ogni elemento di classe “A”, deve essere idoneo ad assorbire un carico che la UNI EN 795, fissa in 10 KN, applicato in corrispondenza del foro e nella direzione più sfavorevole. Alla base dell'elemento pertanto tale carico si traduce nelle seguenti sollecitazioni:

$T = 10 \text{ KN}$ Sforzo di taglio

$M = 10 \times 16.5 = 165 \text{ KNcm}$ Momento flettente

essendo pari a 16.5 cm l'altezza dell'elemento.

Tali sollecitazioni vengono trasmesse alla piastra di base e alle barre con una intensità dipendente dalla geometria dell'aggancio. Nel caso particolare si ha:

$n_b = 4$ Numero barre

$a = 190 \text{ mm}$ Larghezza piastra

$b = 190 \text{ mm}$ Lunghezza piastra

$c = 25 \text{ mm}$ Distanza forature dal bordo

La verifica di resistenza si riduce alla verifica dei fissaggi alla struttura esistente in quanto torrette e piastre sono marcate a seguito del buon esito delle prove eseguite su campioni come richiesto dalla normativa; di seguito si riportano i carichi trasmessi alle barre e all'elemento di supporto:

$N_{E,d} = 5.18 \text{ KN}$ Sforzo di trazione

$T_{E,d} = 2.50 \text{ KN}$ Sforzo di taglio

$\sigma_{E,m} = 5.91 \text{ N/mm}^2$ Compressione massima sul calcestruzzo

Per i tasselli proposti, nelle condizioni di applicazione su legno a classe non inferiore alla C20/25, vengono forniti dal produttore i seguenti carichi ammissibili:

$N_{amm} = 9.60 \text{ KN}$ Carico ammissibile a trazione

$V_{amm} = 8.80 \text{ KN}$ Carico ammissibile a taglio

Tali carichi sono ottenuti dai carichi medi di rottura comprensivi del coefficiente di sicurezza $\gamma = 4$ per la trazione e $\gamma = 3$ per il taglio. In accordo a quanto specificato dalle NTC 2008, la resistenza di progetto da confrontare con il carico sollecitante è assunta pari ai carichi di rottura ridotti del coefficiente parziale per il materiale (si assume il coefficiente γ_M per il calcestruzzo pari a 1.5). Si ha:

$$N_{R,d} = 25.60 \text{ KN} \quad \text{Resistenza di progetto a trazione}$$

$$V_{R,d} = 17.60 \text{ KN} \quad \text{Resistenza di progetto a taglio}$$

La verifica risulta soddisfatta in quanto le resistenze di progetto degli elementi di fissaggio risultano superiori a quelle richieste dal dispositivo (alla rottura del dispositivo ciascun tassello di ancoraggio presenta una riserva di resistenza).

Si precisa che per il fissaggio del dispositivo possono comunque essere utilizzati tutti quei tasselli/viti aventi caratteristiche di tenuta non inferiori a quelle possedute dalle viti appena indicate.

I carichi prodotti dalla condizione di utilizzo dell'installazione, risultano applicati ad una struttura che è in grado di diffonderli e di trasferirli attenuati alle membrature ad essa collegate. D'altra parte l'utilizzo del sistema produce sulla struttura un carico classificabile come eccezionale, che combinato con i carichi assunti per le verifiche delle coperture, in virtù dell'entità per la zona di interesse, produce valori di sollecitazione inferiori a quelli che si otterrebbero in combinazione fondamentale. Pertanto, l'incremento di carico prodotto sulla struttura esistente a seguito dell'utilizzo del sistema può essere ritenuto inapprezzabile ai fini della sicurezza statica dell'edificio.

Il Tecnico

