

## Può un ancorante post-installato resistere al sisma? La corretta selezione e calcolo di ancoranti per applicazioni sismiche

In presenza di azioni sismiche la vulnerabilità globale di una costruzione può essere fortemente condizionata dalla scelta dei dettagli costruttivi come, per esempio, i sistemi di ancoraggio post-installati con ancoraggi chimici (Fig. 1) o meccanici.



Fig. 1 – Sistema di ancoraggio chimico HIT-Z con Marcatura CE per carichi sismici. Per un elenco aggiornato degli ancoranti per applicazioni sismiche visita il sito [www.hilti.it/sismico](http://www.hilti.it/sismico)

È importante sapere che:

- in accordo agli attuali standard europei, non tutti gli ancoranti post-installati sono qualificati da una valutazione ETA e Marcatura CE per condizioni di carico sismiche;
- un ancorante sottoposto a sisma può avere resistenze sensibilmente inferiori a quelle previste in condizioni statiche ed è importante per il professionista entrare nel dettaglio della valutazione ETA e procedere con un calcolo sismico.

### Bozza provvisoria Norme Tecniche per le Costruzioni 2014

Nella bozza provvisoria delle Norme Tecniche per Le Costruzioni del 14 novembre 2014, par. 11.4.1., viene indicata la categoria sismica **ETA C2** per ancoranti strutturali (Fig. 2). Qualora il testo entrasse in vigore nell'attuale versione, sarà necessario valutare attentamente la tipologia di ancorante da utilizzare per il fissaggio su calcestruzzo di elementi strutturali.

#### **11.4.1. ANCORANTI PER USO STRUTTURALE**

Per la qualificazione degli ancoranti per uso strutturale si applica quanto specificato al punto C) del § 11.1, sulla base della Linea guida di benessere tecnico europeo ETAG 001, la quale vale anche per le modalità di esecuzione delle prove di accettazione. Con riferimento alla tabella 1.1 del paragrafo 1.2 dell'Annesso E della citata Linea guida ETAG 001, riguardante le categorie minime raccomandate per la qualificazione degli ancoranti in presenza di azioni sismiche, per tutte le classi d'uso di cui al punto 2.4.2 delle presenti norme, la categoria di prestazione da soddisfare è la C2, definita nella predetta Linea guida.

Fig. 2 – Estratto Bozza provvisoria NTC2014, paragrafo 11.4.1. – Versione 14/11/2014.

**Cosa si intende per ETA C1 e C2?** L'articolo vuole fare chiarezza sullo stato dell'arte, evidenziando le novità introdotte dagli attuali riferimenti tecnici per la selezione e dimensionamento di ancoranti in condizioni sismiche.

## Qualifica sismica ETA C1 e C2 degli ancoranti su calcestruzzo

L'introduzione nel 2013 dell'**Annesso E** delle **Linee Guida Europee ETAG001** ha definito le procedure per i test e la qualificazione ETA degli ancoranti sottoposti ad sisma, definendo due categorie di prestazione (C1 e C2), da cui il produttore può pervenire alla specifica Marcatura CE. Il Technical Report **EOTA TR045** definisce i campi di applicazione (Fig. 3):

- **ETA C1** (bassa sismicità), adatta per alcune applicazioni non strutturali, in funzione della Classe d'uso e dell'accelerazione al suolo ( $a_g S$ );
- **ETA C2** (alta sismicità), con test sismici più severi, qualifica un ancorante come adatto per applicazioni strutturali e non strutturali soggetti ad azione sismica.

Applicazioni strutturali				
Accelerazione al suolo ( $a_g S$ )	Importanza della costruzione			
	I	II	III	IV
< 0.05 g	Nessuna richiesta aggiuntiva			
0.05 g ÷ 0.10 g	C1	C2	C2	C2
> 0.10 g	C1	C2	C2	C2

Applicazioni non strutturali				
Accelerazione al suolo ( $a_g S$ )	Importanza della costruzione			
	I	II	III	IV
< 0.05 g	Nessuna richiesta aggiuntiva			
0.05 g ÷ 0.10 g	C1	C1	C1	C2
> 0.10 g	C1	C2	C2	C2

Fig. 3 – Campi di applicazione secondo EOTA TR045 per le due categorie di prestazione C1 e C2. Per i riferimenti normativi è possibile visitare il sito [www.hilti.it/normativa-linee-guida-riferimenti](http://www.hilti.it/normativa-linee-guida-riferimenti)

## Comportamento a sisma di un ancoraggio post-installato

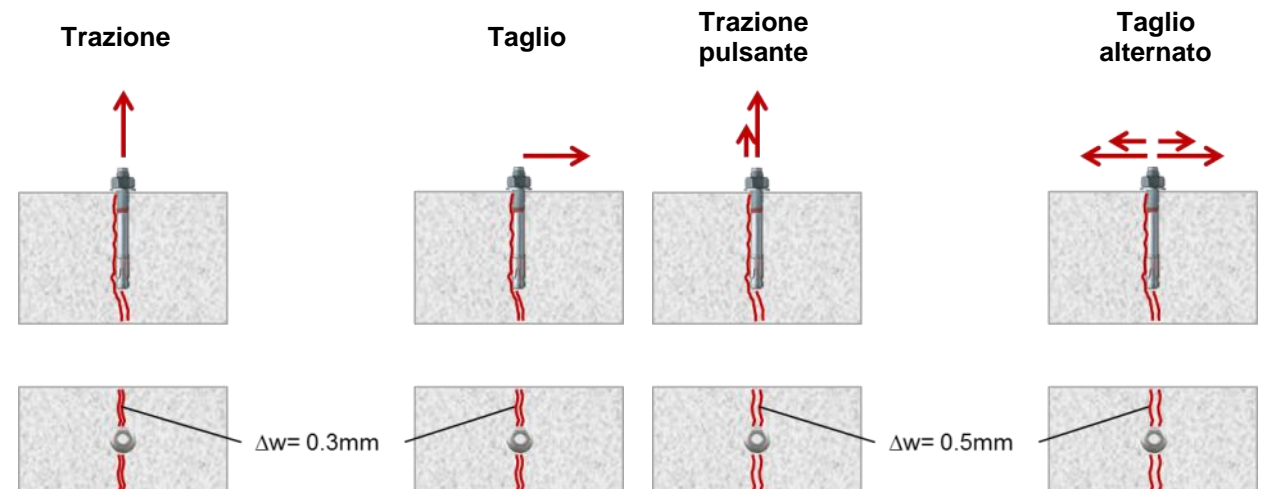
A differenza di altri elementi costruttivi, la resistenza caratteristica di un ancoraggio può variare in funzione della natura del carico e delle condizioni del materiale base, essendo la prestazione del fissaggio fortemente condizionata dall'**ampiezza delle fessure nel calcestruzzo**.

Mentre per la qualificazione di ancoraggi per carichi statici i test vengono effettuati su cricche di ampiezza 0.3 mm nella configurazione fessurata, per ottenere la qualificazione sismica la fessura viene portata a 0.5 mm per la categoria ETA C1 e **0.8 mm per la categoria ETA C2** (Fig. 4).

Per un ancorante chimico con barre filettate tradizionali M16 la perdita di tensione di aderenza caratteristica può essere del 40% nella categoria C2 rispetto alla condizioni statica fessurata (Opzione 1) e il 75 % rispetto alla condizione statica non fessurata (Opzione 7), a seconda del prodotto selezionato.

### Test per la qualificazione ETA statico Opt. 1

### Test per la qualificazione ETA sismico cat. C1



### Test per la qualificazione ETA sismico cat. C2

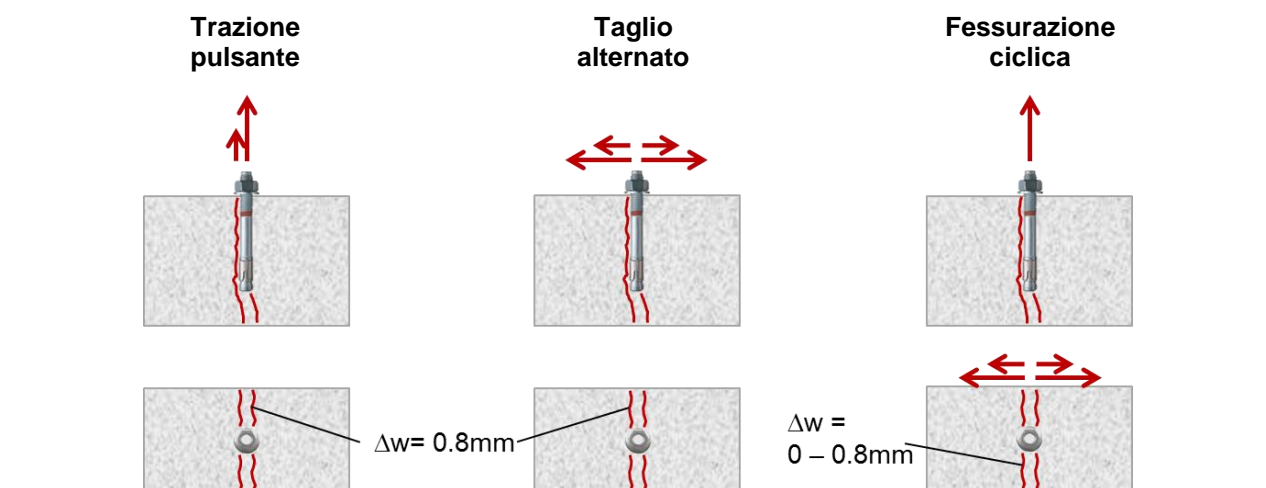


Fig. 4 – Confronto tra modalità di prova di ancoranti per carichi statici su calcestruzzo fessurato (ETA statico opzione 1), carichi sismici in bassa sismicità (ETA C1) e in alta sismicità (ETA C2).

L'ancoraggio chimico a controllo di coppia Hilti HIT-HY 200-A con barre tronco-coniche Hilti HIT-Z grazie alla conformazione della barra metallica (Figg. 5 e 6), mantiene elevate prestazioni anche nelle condizioni sismiche previste per la categoria sismica più gravosa ETA C2.

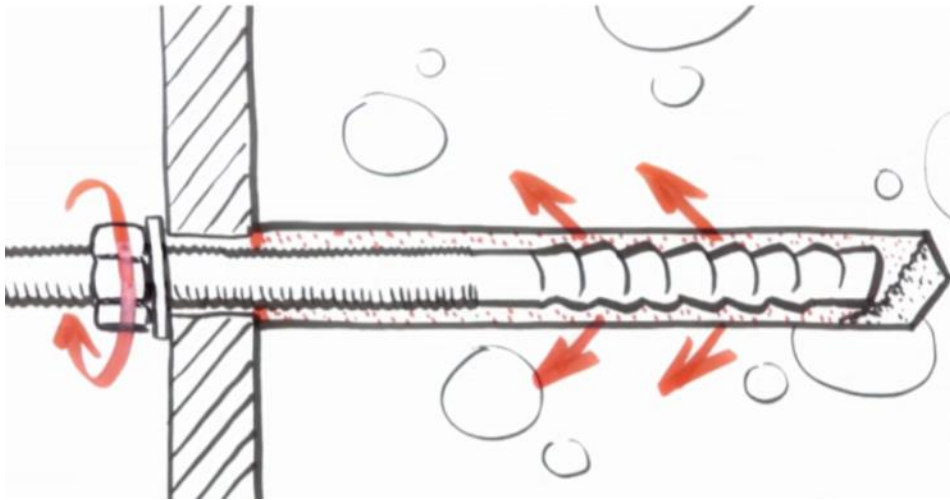


Fig. 5 – Funzionamento dell'ancorante chimico a controllo di coppia HIT-HY 200-A con barre HIT-Z. Durante il serraggio viene azionata la spinta dei coni, creando una precompressione sull'interfaccia resina-calcestruzzo e migliorando sensibilmente l'adesione dell'ancorante chimico.



Fig. 6 – Prove di pull-out dell'ancorante chimico a controllo di coppia HIT-HY 200-A con barre HIT-Z su pilastri di un capannone industriale. Grazie alla conformazione tronco-conica della barra, il sistema mantiene un'elevata resistenza di estrazione anche a ridotte profondità. Scopri di più su HIT-Z <https://www.hilti.it/sistemi-ancoraggio>

## Scelta del sistema di ancoraggio idoneo

La selezione del sistema di ancoraggio dovrebbe prevedere le seguenti fasi:

1. consultazione della **Dichiarazione di Prestazione (DoP)**, per una prima verifica delle condizioni di applicabilità;
2. consultazione della Valutazione ETA, per un'analisi più dettagliata della resistenza dell'ancorante in condizioni sismiche (Fig. 7);
3. calcolo del sistema, considerando le caratteristiche dei materiali, i parametri di interferenza (bordi, interassi, eccentricità) e di interazione delle sollecitazioni;

**Table 14: Characteristic values of resistance under tension loads in case of seismic performance category C2**

HIT-HY 200-A with HIT-Z-...			M12	M16
<b>Steel failure</b>				
Characteristic resistance for HIT-Z / HIT-Z-R	$N_{Rk,s,seis}$	[kN]	55	96
Partial safety factor <sup>1)</sup>	$\gamma_{Ms,seis}$	[-]	1,5	
<b>Combined pull-out and concrete cone failure</b>				
Characteristic bond resistance in cracked concrete C20/25				
Temperature range I: 24°C / 40°C	$\tau_{Rk,seis}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	13	19
Temperature range II: 50°C / 80°C	$\tau_{Rk,seis}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	12	17
Temperature range III: 72°C / 120°C	$\tau_{Rk,seis}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	10	16
Partial safety factor <sup>1)</sup>	$\gamma_{Mp,seis}$	[-]	1,5	
<b>Concrete cone failure <sup>2)</sup></b>				
Partial safety factor <sup>1)</sup>	$\gamma_{Mc,seis}$	[-]	1,5	
<b>Splitting failure <sup>2)</sup></b>				
Partial safety factor <sup>1)</sup>	$\gamma_{Msp,seis}$	[-]	1,5	

Fig. 7 – Estratto della Valutazione ETA-12/0006 del 15 marzo 2013 del sistema HIT-Z per la condizione Sismica C2. In evidenza i valori di tensione di aderenza caratteristica per il calcolo sismico.

## Calcolo del sistema di ancoraggio

Il calcolo di un sistema di ancoraggio su calcestruzzo sottoposto ad azioni sismiche è definito dal **Technical Report EOTA TR045**. Il documento viene preso come riferimento per il dimensionamento delle connessioni acciaio-calcestruzzo antisismiche fino alla pubblicazione dell'Eurocodice EN 1992-4. Quali sono le principali differenze rispetto ad un calcolo statico?

Come esposto precedentemente, in primo luogo è necessario considerare la resistenza caratteristica relativa alla categoria sismica, C1 o C2 ed i relativi coefficienti parziali di sicurezza per l'azione sismica. Inoltre si applica un coefficiente riduttivo della resistenza  $\alpha_{seis}$ , con una riduzione massima del 25%.

Un'attenzione particolare viene data nei confronti del **martellamento tra piastra e ancorante**, con l'introduzione del coefficiente  $\alpha_{gap}$  da applicare al carico di progetto (EOTA TR045, par. 5.6.2.). Il coefficiente comporta una riduzione del 50% della resistenza a taglio qualora il giunto tra il foro della piastra e la barra metallica non fosse opportunamente riempito. Per evitare la riduzione della resistenza di progetto è possibile utilizzare il **Sistema Hilti Dynamic Set**, (Fig. 8) composto da una rondella per l'iniezione di resina nello spazio interstiziale.

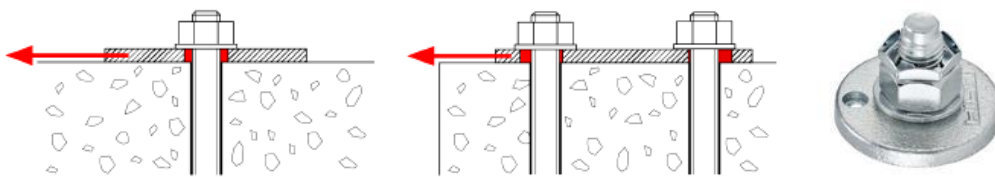


Fig. 8 – Sistema Hilti Dynamic Set per il riempimento con resina del giunto anulare tra barra metallica e piastra di ancoraggio.

A seconda del metodo di calcolo (elastico o plastico) dell'elemento da collegare è richiesto il controllo del meccanismo di collasso, considerando diversi approcci alla progettazione (fig. 9)

### Approcci al calcolo sismico



#### Calcolo elastico - EOTA TR045 par. 5.3 a1)

L'ancoraggio è calcolato per il carico massimo ottenuto presupponendo un comportamento elastico del fissaggio stesso e della struttura.



#### Calcolo per gerarchia delle resistenze - EOTA TR045 par. 5.3 a2)

L'ancoraggio è calcolato in base alla forza corrispondente allo snervamento o alla forza massima che può essere trasferita dalla piastra o elemento fissato.



#### Calcolo per rottura duttile dell'ancorante EOTA TR045 par. 5.3 b)

L'ancoraggio è calcolato per il cedimento dell'acciaio duttile, occorre progettare scegliendo un ancorante classificato come duttile. Questo approccio è applicabile solo per la componente di trazione e nell'osservanza di disposizioni aggiuntive per poter accertare che il cedimento è stato causato dall'acciaio.

Fig. 9 – Approcci di calcolo previsti da EOTA TR045, par. 5.3.

In aggiunta, il Technical Report TR045 prevede un'interazione lineare tra la sollecitazione di trazione e quella di taglio (Fig. 10), più restrittiva rispetto all'interazione non lineare nel caso statico.

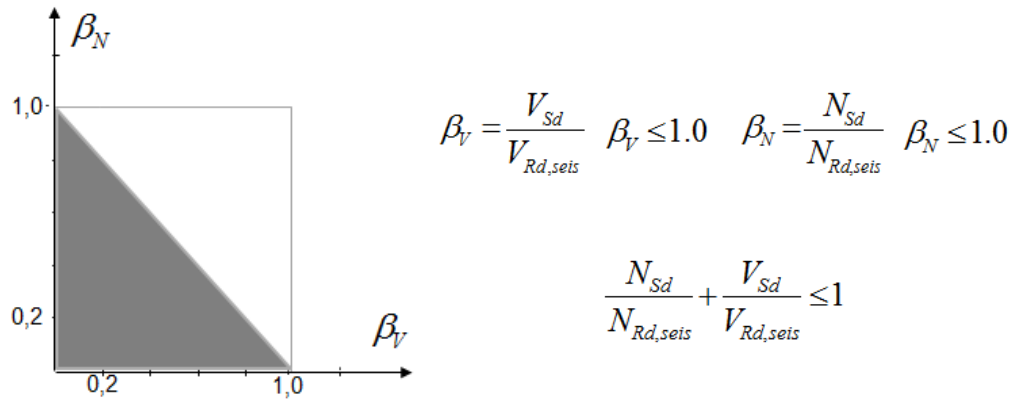


Fig. 10 – Dominio di resistenza per carichi sismici secondo EOTA TR045 par. 5.6.3.

## Software PROFIS Anchor per il calcolo sismico

PROFIS Anchor (Scaricabile gratuitamente dal link <http://www.hilti.it/profis-software>) consente di modellare l'intero sistema di fissaggio composto dal materiale base, la piastra, gli ancoranti e le sollecitazioni (Fig. 11) e di effettuare il calcolo sismico in conformità allo standard europeo EOTA TR045 (Fig. 12). In presenza di più combinazioni di carico (statico, al fuoco e sisma) è possibile impostare più scenari in un unico modello (Fig. 13) e, alla fine del dimensionamento, stampare un report di calcolo dettagliato (Fig. 14).

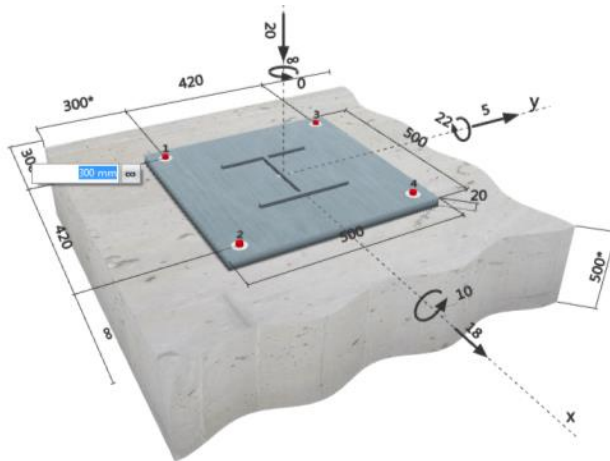


Fig. 11 – Modellazione del sistema di ancoraggio in PROFIS Anchor.

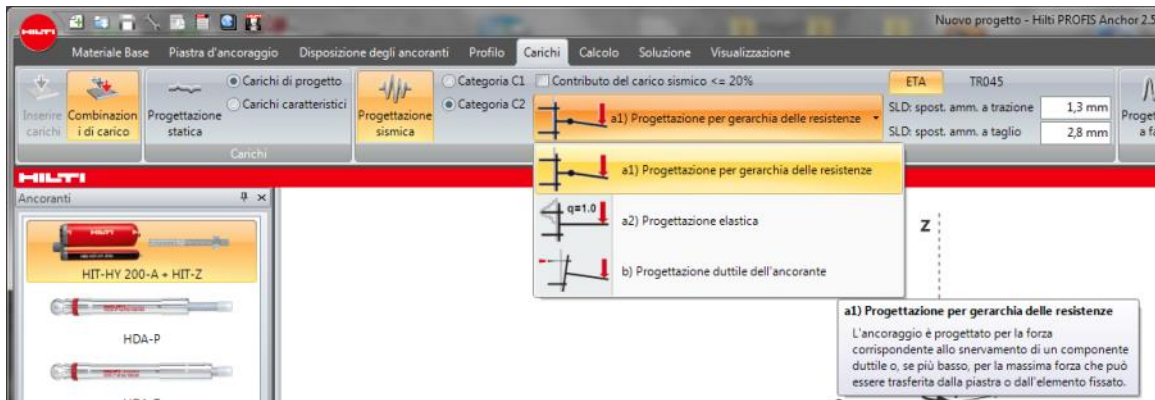


Fig. 12 – Impostazione del calcolo sismico secondo EOTA TR045 in PROFIS Anchor.

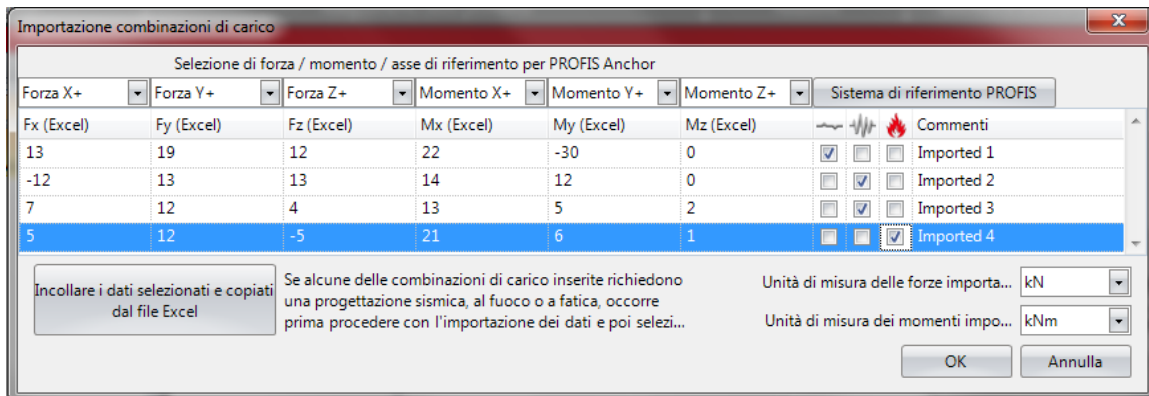


Fig. 13 – PROFIS Anchor consente di impostare più combinazioni di calcolo contemporaneamente, incollando i dati da un foglio di calcolo Excel.



## 2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

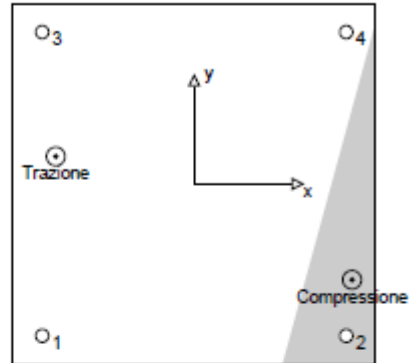
Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	17,646	4,670	4,500	1,250
2	0,000	4,670	4,500	1,250
3	23,533	4,670	4,500	1,250
4	1,919	4,670	4,500	1,250

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,21 [‰]  
Max. sforzi di compressione nel calcestruzzo: 6,29 [N/mm<sup>2</sup>]  
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(-191/38): 43,097 [kN]  
risultante delle forze di compressione (x/y)=(218/-133): 63,097 [kN]



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	23,533	64,000	37	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	43,097	85,743	51	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	43,097	72,361	60	OK
Fessurazione**	43,097	96,313	45	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{tik,0}^0$ [kN]	$\alpha_{app}$	$\alpha_{sola}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$\gamma_{M,0,app}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$N_{tik,0,app}$ [kN]
96,000	1,000	1,000	96,000	1,500	64,000	23,533
$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$N_{tik,0,app,red}$ [kN]				
1,90	1,90	64,000				

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk,ser,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{sola}$ [mm]	$h_{ef,red}$ [mm]
248832	82944	24,00	288	144	300	96
$V_{c,app}$	$f_{tk,app}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$V_{c,Np}$	$V_{c,sola}$		
1,000	19,00	2,300	1,000	1,000		
$e_{c1,N}$ [mm]	$V_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$V_{ec2,N}$	$V_{c,N}$	$V_{c,sola}$	
121	0,634	32	0,868	1,000	1,000	
$N_{tik,0}^0$ [kN] <th><math>\alpha_{app}</math></th> <th><math>\alpha_{sola}</math></th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th> <th><math>\gamma_{M,0,app}</math></th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th>	$\alpha_{app}$	$\alpha_{sola}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$\gamma_{M,0,app}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$N_{tik,0,app}$ [kN]
91,684	1,000	0,850	128,614	1,500	85,743	43,097
$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$N_{tik,0,app,red}$ [kN]				
1,90	1,90	85,743				

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
716825	275625	283	525			
$e_{c1,N}$ [mm] <td><math>V_{ec1,N}</math> <td><math>e_{c2,N}</math> [mm] <td><math>V_{ec2,N}</math> <td><math>V_{c,N}</math> <td><math>V_{c,sola}</math> <td><math>k_1</math></td> </td></td></td></td></td>	$V_{ec1,N}$ <td><math>e_{c2,N}</math> [mm] <td><math>V_{ec2,N}</math> <td><math>V_{c,N}</math> <td><math>V_{c,sola}</math> <td><math>k_1</math></td> </td></td></td></td>	$e_{c2,N}$ [mm] <td><math>V_{ec2,N}</math> <td><math>V_{c,N}</math> <td><math>V_{c,sola}</math> <td><math>k_1</math></td> </td></td></td>	$V_{ec2,N}$ <td><math>V_{c,N}</math> <td><math>V_{c,sola}</math> <td><math>k_1</math></td> </td></td>	$V_{c,N}$ <td><math>V_{c,sola}</math> <td><math>k_1</math></td> </td>	$V_{c,sola}$ <td><math>k_1</math></td>	$k_1$
121	0,684	32	0,891	1,000	1,000	7,200
$N_{tik,0}^0$ [kN] <th><math>\alpha_{app}</math></th> <th><math>\alpha_{sola}</math></th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th> <th><math>\gamma_{M,0,app}</math></th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th> <th><math>N_{tik,0,app}</math> [kN]</th>	$\alpha_{app}$	$\alpha_{sola}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$\gamma_{M,0,app}$	$N_{tik,0,app}$ [kN]	$N_{tik,0,app}$ [kN]
91,296	1,000	0,750	108,541	1,500	72,361	43,097
$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,red(DLS)}$ [mm]	$N_{tik,0,app,red}$ [kN]				
1,90	1,90	72,361				

Fig. 14 – Estratto dal report di calcolo sismico del sistema di ancoraggio con PROFIS Anchor.

## Riferimenti normativi

- European Committee for Standardization CEN. EN 1990:2002 (2002) Eurocode – Basis of structural design. Brussels, Belgium.
- European Committee for Standardization CEN EN 1998-1:2004 (2004), Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, Brussels, Belgium.
- European Organization for Technical Approvals (2013). EOTA TR045, Design of Metal Anchors Under Seismic Actions. Brussels. Belgium.
- European Organization for Technical Approvals (2013). ETAG 001 Annex E, Assessment of metal anchors under seismic actions. Brussels. Belgium.
- European Organization for Technical Approvals (2013). ETAG 001, Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete. Brussels. Belgium.
- European Organization for Technical Approvals (2010). EOTA TR029, Design of Bonded Anchors. Brussels. Belgium.
- European Committee for Standardization CEN (2009). CEN/TS 1992-4 series, Design of fastenings for use in concrete, Brussels, Belgium.
- Bozza Provvisoria Norme Tecniche Costruzioni 2014, versione 14 novembre 2014 (2014), paragrafo 11.4.1. Ancoranti per uso strutturale. Rome, Italy
- Hilti Corporation (2013). Build a future safer from earthquakes: New EU guidelines. Schaan. Liechtenstein.
- Gramaxo, J. (2012). Engineering judgement on the use of American's anchor performance provisions along with the European seismic action definition. 15<sup>th</sup> World Conference Earthquake Engineering. Portugal.
- Hilti Corporation (2011). Build a future safer from earthquakes. Schaan. Liechtenstein.
- European Committee for Standardisation (2004). EN 1998:2004, Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Brussels. Belgium.
- Hilti Corporation (2004). Guideline for earthquake resistant design of installations and non-structural elements. Schaan. Liechtenstein.

## Link utili

- [www.hilti.it/sismico](http://www.hilti.it/sismico)
- [www.hilti.it/profis-software](http://www.hilti.it/profis-software)
- [www.hilti.it/sistemi-ancoraggio](http://www.hilti.it/sistemi-ancoraggio)
- [www.hilti.it/normativa-linee-guida-riferimenti](http://www.hilti.it/normativa-linee-guida-riferimenti)

**Hilti Italia S.p.A.**  
P.zza Montanelli, 20  
20099 Sesto San Giovanni - MI



**E tecnici@hilti.com | www.hilti.it**

Cap. Soc. E 50.000.000 i.v.  
R.E.A. Milano 426659 I C/C Postale n.20851200  
Registro imprese I Codice fiscale e Partita IVA n. 00822480158  
Società soggetta a direzione e coordinamento ai sensi  
dell'art. 2497 e seguenti del C.C. da parte di Hilti Aktiengesellschaft  
RAEE N. IT08020000001827 del 18/2/08