

Edifici in Muratura

Michele Vinci

Valutazione del tempo di ritorno per edifici esistenti

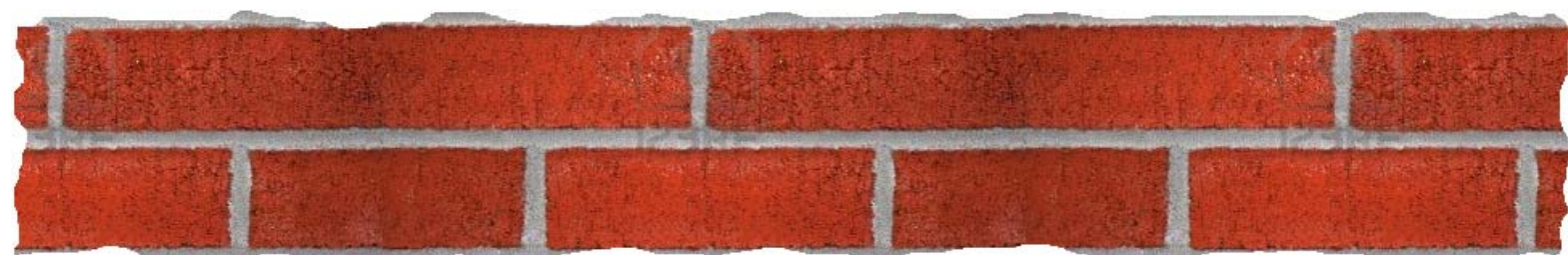
Collana
Calcolo di edifici in muratura
(www.edificiinmuratura.it)

Articolo 5 – Giugno 2014

Software: [STR](#) (*Spettro e Tempi di Ritorno – Sviluppato e distribuito gratuitamente da edificiinmuratura.it*)

Bibliografia:

[Michele Vinci – Metodi di calcolo e tecniche di consolidamento per edifici in muratura – Dario Flaccovio – 2012](#)



Valutazione del tempo di ritorno per edifici esistenti

In condizioni normali per edifici di nuova costruzione, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/2008, si inizia la progettazione del manufatto concordando con il committente la vita nominale (V_N) dello stesso manufatto. Dalla vita nominale, e note le caratteristiche dell'edificio e del suolo di fondazione, è possibile determinare tutti i parametri necessari per definire l'azione sismica, con la quale progettare l'edificio dal punto di vista strutturale. Per edifici esistenti, generalmente si procede all'inverso: nota la resistenza della struttura alle azioni sismiche, si determina la vita nominale della costruzione. Si fa riferimento a quanto riportato nei capitoli 2, 3 ed Allegato A del D.M. 14/01/2008.

1 – Azione sismica di riferimento

Per capire meglio il concetto di tempo di ritorno per un edificio esistente, introdurremo quanto previsto per edifici di nuova costruzione, secondo quanto riportato nei capitolo 2 e 3 del D.M. 14/01/2008.

1.2 – Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella 1 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPO DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 1 - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

La vita nominale è il periodo nel quale la struttura può essere considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegato. Il committente deve essere consapevole del significato della vita nominale, in particolare, delle future verifiche che dovranno essere nuovamente eseguite entro la scadenza del suddetto periodo temporale. La stragrande maggioranza degli edifici ricade nella categoria 2 ($V_N \geq 50$) delle tipologie di costruzioni riportate in tabella 1.

1.3 – Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

A seconda dell'importanza, gli edifici in muratura possono ricadere in tutte le quattro classi sopra riportate. Per esempio, nella classe I rientrano modesti edifici in muratura utilizzati spesso nelle zone agricole per deposito di attrezzi e macchinari, nella classe II rientrano gli edifici di civile abitazione, nella classe III rientrano costruzioni in cui si prevede affollamento ma senza svolgere funzioni pubbliche (per esempio biblioteche, palazzi importanti dove si svolgono attività culturali, scuole, ecc.) e nella classe IV rientrano gli edifici in cui si svolgono funzioni pubbliche o sono di importanza strategica (per esempio, edifici comunali, caserme, ospedali, ecc.).

1.4 – Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N (vedi punto 1.1) per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U \quad (1)$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in tabella 2.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 2 – Coefficiente d'uso in funzione della classe d'uso

Il periodo di riferimento V_R di una costruzione riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} (vedi punto 1.5)

corrispondente allo stato limite considerato, il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica a cui fare riferimento per la verifica.

1.5 – Tempo di ritorno

La pericolosità sismica può essere valutata attraverso il tempo di ritorno (T_R) espresso in anni. In funzione del periodo di riferimento (V_R) e dello stato limite considerato, a cui è associata una probabilità di superamento (P_{VR} – vedi tabella 3) del periodo di riferimento, si può valutare il tempo di ritorno attraverso la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (2)$$

Stati limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

Tabella 3 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

A titolo di esempio, si calcola il tempo di ritorno per una vita nominale $V_N = 50$ anni, Classe d'uso II ($C_u = 1$) per i quattro stati limite riportati in tabella 3. Dalle relazioni (1) e (2) e dalla suddetta tabella si ottiene:

$$\begin{aligned}
 T_{R,SLO} &= -\frac{50}{\ln(1-0.81)} = 30 \text{ anni} \\
 T_{R,SLD} &= -\frac{50}{\ln(1-0.63)} = 50 \text{ anni} \\
 T_{R,SLV} &= -\frac{50}{\ln(1-0.10)} = 475 \text{ anni} \\
 T_{R,SLC} &= -\frac{50}{\ln(1-0.05)} = 975 \text{ anni}
 \end{aligned} \quad (3)$$

1.6 – Azione sismica di riferimento

La pericolosità sismica di riferimento di un sito si valuta attraverso i seguenti tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale di picco del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

I parametri sopra riportati, riferito a sito rigido ed orizzontale, sono definiti su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento (la normativa fornisce la tabella in cui vengono riportati i parametri sismici di ogni punto che definisce il reticolo). Per ogni punto del reticolo, sono definiti i valori di a_g , F_0 , T^*_C per i tempi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni.

Ogni punto del territorio nazionale è circondato da quattro punti del reticolo che definiscono la maglia. I parametri sismici del generico punto si ottengono da quelli della maglia attraverso la seguente relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 d_i} \quad (4)$$

dove si indica con p la generica grandezza che definisce l'azione sismica ($p = a_g, F_0, T^*_C$) e con d_i la distanza dell' i -esimo punto della maglia dal punto di cui si vuole conoscere l'azione sismica di riferimento (vedi figura 1).

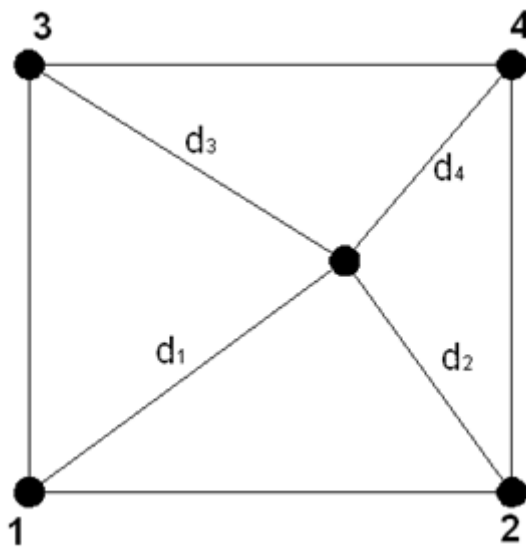


Figura 1 – Punti del reticolo che definiscono la maglia

Nei casi in cui si ha l'esigenza di calcolare i parametri a_g , F_0 , T^*_C per un generico tempo di ritorno (T_R) non contemplato dalla tabella fornita dalla normativa, è possibile determinare i suddetti parametri attraverso la seguente relazione:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \frac{\log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right)}{\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)} \quad (5)$$

dove p assume lo stesso significato visto per la (4). Nella precedente, con il pedice 1 si intendono i dati relativi al tempo di ritorno immediatamente inferiore a T_R tra quelli contemplati nella tabella fornita dalla normativa e con il pedice 2 quelli immediatamente superiori (per esempio, se il tempo di ritorno di cui si vuole conoscere i parametri sismici è

150 anni, con il pedice 1 si indicano i dati relativi a 140 anni e con il pedice 2 quelli relativi a 201).

2 – Tempo di ritorno per edifici esistenti

Come accennato sopra, per ovvi motivi, per gli edifici esistenti non si segue la stessa prassi progettuale vista per gli edifici di nuova costruzione, dove si stabilisce una vita nominale e si determina di conseguenza l'azione sismica con la quale progettare la costruzione. Gli edifici esistenti sono dotati di una determinata resistenza sismica che può essere maggiore o minore di quella di riferimento, in funzione della quale si può determinare la vita nominale. Se l'edificio non è adeguato alle prescrizioni di normativa, la vita nominale è sicuramente inferiore ai 50 anni previsti per gli edifici di nuova costruzione. Questo significa che l'edificio deve essere sottoposto a nuova verifica dopo un periodo inferiore dei 50 anni.

Per esempio, nota accelerazione di picco a_g che la struttura esistente riesce a sopportare (valutabile attraverso l'analisi), dalla relazione (5) è possibile estrapolare il tempo di ritorno corrispondente alla resistenza della struttura:

$$T_R = T_{R1} \cdot 10^\alpha \quad (6)$$

dove con α si indica la seguente quantità:

$$\alpha = \frac{\left[\log(a_g) - \log(a_{g,1}) \right] \cdot \log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)}{\log\left(\frac{a_{g,2}}{a_{g,1}}\right)} \quad (7)$$

Noto il tempo di ritorno, attraverso la (5) è possibile determinare le quantità F_0 e T^*_c . Attraverso le relazioni (1) e (2) è possibile determinare anche la vita nominale dell'edificio:

$$V_N = -\frac{T_R}{C_U} \cdot \ln(1 - P_{VR}) \quad (8)$$

La valutazione del tempo di ritorno e della vita nominale per edifici esistenti assume un ruolo molto importante nel caso di edifici di interesse storico monumentale, dove le possibilità di intervenire sono molto limitate (legati a vincoli di tipo storico-monumentale). Ipotizziamo che a seguito di un intervento non si riesce ad adeguare il manufatto alle esigenze di normativa, dalla (6) e dalla (8) è possibile determinare la vita nominale, che visto il non adeguamento, sarà sicuramente inferiore a quello previsto per le nuove costruzioni (50 anni). Questo significa che la costruzione deve essere sottoposta a nuova verifica dopo un periodo di anni inferiore (ipotizziamo per esempio 20 anni) a quello previsto per le nuove costruzioni. I vantaggi che si hanno in questo caso sono sostanzialmente due. Il primo è che si interviene sulla struttura in modo meno invasivo, il secondo è che trascorso il periodo dei 20 anni ipotizzati, si può fare affidamento a tecniche di consolidamento innovative e più efficaci, non disponibili all'atto della precedente verifica. I concetti sopra riportati sono validi per qualsiasi tipologia di analisi sismica svolta, che sia globale o locale.

Esempio 1

Data la struttura riportata in figura 2, valutare l'accelerazione di picco che la struttura riesce a sopportare a ribaltamento semplice secondo l'analisi cinematica lineare e determinare il corrispondente tempo di ritorno per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Dati

- Coordinate del sito
 - o Longitudine : 16.220598
 - o Latitudine : 38.272236
- Categoria di sottosuolo : C
- Categoria topografica : T1
- Classe d'uso : II
- Vita nominale : 50 anni

Risultati

Tenendo conto che la struttura riportata nell'esempio è stata già risolta nell'“Articolo 4 – Giugno 2014” della stessa collana del corrente documento¹, per evitare di essere ripetitivi, si riportano sotto i risultati calcolati nel suddetto documento:

$$\alpha_0 = 0.130 \quad (9.a)$$

$$M^* = 17.06 \text{ daNm} \quad (9.b)$$

$$a_0^* = 104.92 \text{ cm/s}^2 \quad (9.c)$$

$$T_1 = 0.216 \text{ s} \quad (9.d)$$

$$\psi(Z) = 0.5 \quad (9.e)$$

$$\gamma = 1.2 \quad (9.f)$$

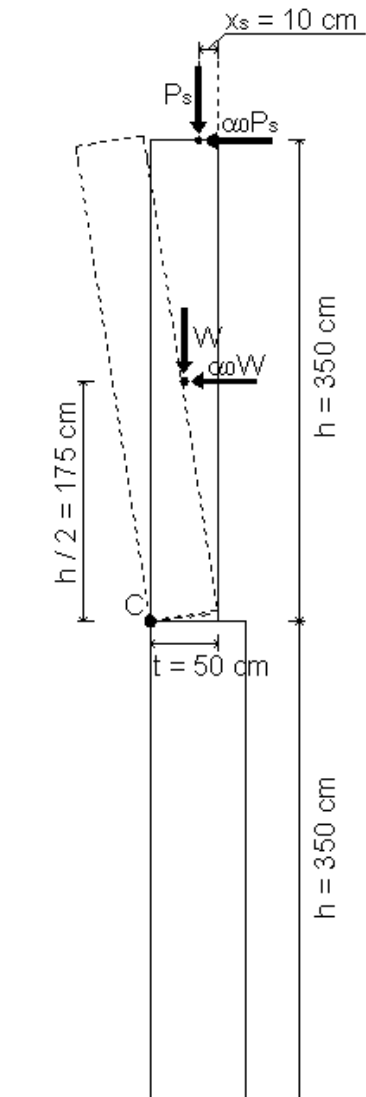


Figura 2

Date le coordinate del sito, attraverso il reticolo di riferimento è possibile individuare i quattro punti che definiscono la maglia, i quali distano dal sito di cui si vuole conoscere l'azione sismica delle quantità sotto riportate:

$$d_1 = 6.21517 \text{ km}$$

$$d_2 = 3.94450 \text{ km}$$

$$d_3 = 5.94450 \text{ km}$$

$$d_4 = 2.31073 \text{ km}$$

(10)

¹ L'articolo è scaricabile dal sito www.edificiimuratura.it dalla sezione “Articoli”

Nella tabella 4 si riportano i parametri sismici dei quattro punti per i tempi di ritorno 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni (ricavati dal reticolo di riferimento).

			$T_R = 30$ anni			$T_R = 50$ anni			$T_R = 72$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.0581	2.35	0.28	0.0768	2.31	0.30	0.0929	2.32	0.32
44332	16.224	38.301	0.0546	2.35	0.28	0.0717	2.32	0.30	0.0863	2.34	0.32
44333	16.159	38.252	0.0563	2.35	0.28	0.0742	2.31	0.30	0.0895	2.33	0.32
44334	16.222	38.251	0.0526	2.35	0.28	0.0689	2.33	0.30	0.0827	2.36	0.32
			$T_R = 101$ anni			$T_R = 140$ anni			$T_R = 201$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.1106	2.33	0.33	0.1298	2.34	0.33	0.1540	2.36	0.34
44332	16.224	38.301	0.1024	2.35	0.33	0.1203	2.36	0.34	0.1429	2.36	0.35
44333	16.159	38.252	0.1065	2.34	0.33	0.1251	2.34	0.33	0.1485	2.35	0.35
44334	16.222	38.251	0.0985	2.36	0.33	0.1159	2.36	0.34	0.1376	2.36	0.35
			$T_R = 475$ anni			$T_R = 975$ anni			$T_R = 2475$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.2241	2.42	0.37	0.2982	2.45	0.39	0.4158	2.50	0.43
44332	16.224	38.301	0.2088	2.41	0.37	0.2787	2.43	0.39	0.3881	2.48	0.43
44333	16.159	38.252	0.2166	2.41	0.37	0.2888	2.43	0.39	0.4025	2.49	0.43
44334	16.222	38.251	0.2013	2.41	0.37	0.2694	2.42	0.39	0.3732	2.48	0.43

Tabella 4 – Parametri sismici dei punti che definiscono la maglia per i diversi tempi di ritorno

Dalle relazioni (3), si deduce che il tempo di ritorno relativo allo stato limite SLV è di 475 anni, per cui attraverso la (4), i parametri della tabella 4 relativi al tempo di ritorno 475 anni (caselle gialle in tabella) e le distanze date dalle (10) si ottiene:

$$a_g = \frac{\frac{0.2241}{6.21517} + \frac{0.2088}{3.94450} + \frac{0.2166}{5.94450} + \frac{0.2088}{2.31073}}{\frac{1}{6.21517} + \frac{1}{3.94450} + \frac{1}{5.94450} + \frac{1}{2.31073}} = 0.2093 \quad (11.a)$$

$$F_0 = \frac{\frac{2.42}{6.21517} + \frac{2.41}{3.94450} + \frac{2.41}{5.94450} + \frac{2.41}{2.31073}}{\frac{1}{6.21517} + \frac{1}{3.94450} + \frac{1}{5.94450} + \frac{1}{2.31073}} = 2.412 \quad (11.b)$$

$$T^*_0 = \frac{\frac{0.37}{6.21517} + \frac{0.37}{3.94450} + \frac{0.37}{5.94450} + \frac{0.37}{2.31073}}{\frac{1}{6.21517} + \frac{1}{3.94450} + \frac{1}{5.94450} + \frac{1}{2.31073}} = 0.37 \quad (11.c)$$

Dalle (11), e da quanto prescritto nel punto 3.2.3.2.1 del D.M. 14/01/2008, è possibile ricavare i parametri che definiscono lo spettro elastico, i quali vengono riassunti nella tabella 5.

Parametri sismici							
S_s	S_t	S	C_c	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]	$S_{e,max}$ [cm/s ²]
1.40	1.0	1.40	1.46	0.18	0.54	2.44	693.1

Tabella 5 – Dati che definiscono lo spettro elastico

Poiché la parte di edificio che partecipa al cinematismo non è a contatto con la fondazione, l'esito della verifica si ritiene soddisfatto se sono verificate le seguenti relazioni (q si assume pari a 2; poiché si ha $T_B < T_1 < T_C$, $S_e(T_1)$ assume il valore massimo dello spettro, riportato nell'ultima colonna della tabella 5):

$$a_0^* \geq \frac{a_g \cdot S}{q} = 143.46 \text{ cm/s}^2 \quad (12.a)$$

$$a_0^* \geq \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 207.93 \text{ cm/s}^2 \quad (12.b)$$

L'accelerazione spettrale legata alla resistenza della struttura (vedi relazione (9.c)) è inferiore al valore minimo ammesso (207.93 cm/s^2) per l'esito positivo della verifica. Poiché il periodo fondamentale è compreso tra T_B e T_C (vedi tabella 5), il valore dello spettro elastico da sostituire nella (12.b) si ottiene dalla relazione (13) riportata nel capitolo 3 del D.M. 14/01/2008:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad (13)$$

Dalla relazioni (9.c), (12) e (13) si ottiene:

$$\frac{a_g \cdot S}{q} = 143.46 > a_0^* = 104.92 \text{ cm/s}^2 \quad (14.a)$$

$$\frac{a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \psi(Z) \cdot \gamma}{q} = 207.93 > a_0^* = 104.92 \text{ cm/s}^2 \quad (14.b)$$

Le due precedenti disuguaglianze possono essere considerate uguaglianze se si riduce l'accelerazione di picco a_g (si riduce il valore di a_g fino a quando il primo membro delle (14) uguaglia il secondo). Sostituendo i valori numerici nelle (14) ed esplicitando rispetto ad a_g si ottiene:

$$a_{g,SLV,1} = \frac{104.92 \cdot q}{S} = \frac{104.92 \cdot 2}{980.6 \cdot 1.40} = 0.153$$

$$a_{g,SLV,2} = \frac{104.92 \cdot q}{S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \psi(Z) \cdot \gamma} = \frac{104.92 \cdot 2}{980.6 \cdot 1.40 \cdot 1 \cdot 2.423 \cdot 0.5 \cdot 1.2} = 0.105$$

Dal minimo delle precedenti si ottiene l'accelerazione di picco che la struttura riesce a sopportare per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

$$a_{g,SLV} = \min(a_{g,SLV,1}; a_{g,SLV,2}) = 0.105 \quad (15)$$

Per poter procedere con la determinazione del tempo di ritorno che la parete riesce a sopportare, occorre valutare per il nostro sito, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per tutti i tempi di ritorno riportati in tabella 4. Occorre ripetere la procedura adoperata per ricavare le (11) per tutti gli altri periodi di ritorno. Applicando la relazione (4) per tutti i dati riportati in tabella 4 si ottengono i parametri sismici riportati nella tabella 6 (i parametri del sito ottenuti dai quattro punti che definiscono la maglia sono evidenziati con il colore giallo).

			$T_R = 30$ anni			$T_R = 50$ anni			$T_R = 72$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.0581	2.35	0.28	0.0768	2.31	0.30	0.0929	2.32	0.32
44332	16.224	38.301	0.0546	2.35	0.28	0.0717	2.32	0.30	0.0863	2.34	0.32
44333	16.159	38.252	0.0563	2.35	0.28	0.0742	2.31	0.30	0.0895	2.33	0.32
44334	16.222	38.251	0.0526	2.35	0.28	0.0689	2.33	0.30	0.0827	2.36	0.32
Parametri del sito			0.0546	2.35	0.28	0.0713	2.32	0.30	0.0863	2.34	0.32
			$T_R = 101$ anni			$T_R = 140$ anni			$T_R = 201$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.1106	2.33	0.33	0.1298	2.34	0.33	0.1540	2.36	0.34
44332	16.224	38.301	0.1024	2.35	0.33	0.1203	2.36	0.34	0.1429	2.36	0.35
44333	16.159	38.252	0.1065	2.34	0.33	0.1251	2.34	0.33	0.1485	2.35	0.35
44334	16.222	38.251	0.0985	2.36	0.33	0.1159	2.36	0.34	0.1376	2.36	0.35
Parametri del sito			0.1027	2.34	0.33	0.1207	2.36	0.34	0.1433	2.36	0.35
			$T_R = 475$ anni			$T_R = 975$ anni			$T_R = 2475$ anni		
ID	LON	LAT	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C	a_g	F_0	T^*_C
44331	16.161	38.302	0.2241	2.42	0.37	0.2982	2.45	0.39	0.4158	2.50	0.43
44332	16.224	38.301	0.2088	2.41	0.37	0.2787	2.43	0.39	0.3881	2.48	0.43
44333	16.159	38.252	0.2166	2.41	0.37	0.2888	2.43	0.39	0.4025	2.49	0.43
44334	16.222	38.251	0.2013	2.41	0.37	0.2694	2.42	0.39	0.3732	2.48	0.43
Parametri del sito			0.2093	2.41	0.37	0.2795	2.43	0.39	0.3885	2.48	0.43

Tabella 6 – Parametri sismici per i diversi tempi di ritorno del sito in cui è collocata la parete

Dalla relazione (15) e dalla tabella 6 si evince che il tempo di ritorno della nostra struttura è compreso tra 101 e 140 anni. Applicando le relazioni (6) e (7) si ottiene:

$$\alpha = [\log(0.105) - \log(0.1027)] \frac{\log\left(\frac{140}{101}\right)}{\log\left(\frac{0.1207}{0.1027}\right)} = 0.01945$$

$$T_{R,SLV} = 101 \cdot 10^{0.01945} = 105.6 \cong 105 \text{ anni} \quad (16)$$

Dalla relazione (8) si ottiene la vita nominale:

$$V_N = -\frac{105}{1} \cdot \ln(1-0.1) \cong 11 \text{ anni}$$

Dal rapporto tra il tempo di ritorno dato dalla (16) e quello di riferimento per lo stesso stato limite (SLV) si ottiene l'indicatore di rischio della struttura in termini di tempo di ritorno:

$$\alpha_{u,TR} = \frac{T_{R,SLV}}{T_R} = \frac{105}{475} = 0.22$$

L'indicatore di rischio in termini di accelerazioni si ottiene confrontando l'accelerazione che riesce a sopportare la struttura data dalla (15) e quella di riferimento data dalla (11.a):

$$\alpha_{u,ag} = \frac{a_{g,SLV}}{a_g} = \frac{0.105}{0.2093} = 0.50$$

Dalle precedenti si evince che l'indicatore di rischio in termini di tempi di ritorno è più gravoso di quello in termini di accelerazioni.