

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

INDICE

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1. | PREMESSA | 2 |
| 2. | RIFERIMENTI..... | 2 |
| 3. | INQUADRAMENTO SISMICO..... | 3 |
| 4. | DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA..... | 5 |
| 5. | ACCELEROGRAMMI ARTIFICIALI..... | 14 |
| 6. | SPOSTOGRAMMI | 28 |
| 6.1 | Correzione della linea di base..... | 29 |
| 6.2 | Variabilità spaziale del moto..... | 32 |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | Relazione di calcolo <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

1. PREMESSA

La presente relazione descrive le modalità con cui si è determinata l'azione sismica di progetto e le storie temporali per le analisi dei viadotti appartenenti alla linea ferroviaria Ferrandina-Matera.

2. RIFERIMENTI

- [1] D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 42) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 – Ponti e Strutture
- [4] P. Fajfar, 2002. “Structural analysis in earthquake engineering – a breakthrough of simplified non-linear methods” Published by Elsevier Science Ltd. All rights reserved 12th European Conference on Earthquake Engineering Paper Reference 843
- [5] Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. 2006 – IUSS Press: “Displacement based seismic design of structures”, Pavia, Italy
- [6] Progetto DOC-Reluis 2005-2008 – linea 3: Valutazione e riduzione del rischio sismico di ponti esistenti – “linee guida e manuale applicativo per la valutazione della sicurezza sismica e il consolidamento dei ponti esistenti in c.a.” marzo 2009

| | | | | | | |
|---|--|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A | FOGLIO 3 di 41 |

3. INQUADRAMENTO SISMICO

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale V_N e la classe d'uso C_u . Sulla base del MDP [4] i parametri indentificativi dell'opera sono:

| Vita Nominale | Classe d'Uso | Coeff. D'uso |
|---------------|--------------|--------------|
| 50 | II | 1 |

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

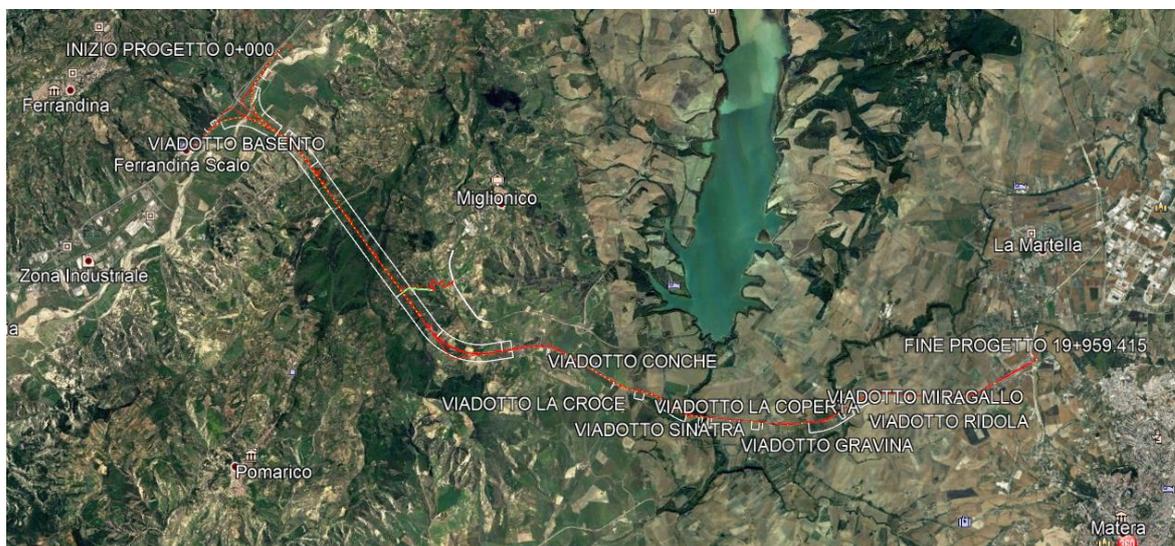


Figura 1 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

Nella tabella riassuntiva si può osservare come i parametri indipendenti per le forme spettrali di riferimento abbiano una variazione spaziale lungo la linea poco influente, per cui la definizione dell'input sismico è basata, a favore di sicurezza, sulla base dell'accelerazione massima al suolo di riferimento (PGA) più intensa.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

Tabella 1 - Sezione tipo esistente in viadotto (rifare la tabella N,E, ag Te* ..tutti i parametri sismici)

| | N° CAMP | Hmin | Hmax | Tipo Fond. | Rcurv. | Nord | Est | agH/SLV | agV/SLV |
|-----------------------|---------|------|-------|------------|----------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| VI01 BASENTO | 40 | 3.85 | 11.8 | P | 800-805 | 40° 31' 41" | 16° 28' 13" | 0.1510 | 0.079 |
| VI02 CONCHE | 1 | - | - | P | 1200 | 40° 34' 21" | 16° 32' 10" | 0.1582 | 0.085 |
| VI03 CROCE | 6 | 5.65 | 7.1 | P | oo/RP | 40° 35' 14" | 16° 33' 1" | 0.1590 | 0.086 |
| VI04 SINATRA | 19 | 5.4 | 11.8 | P | RP/oo/RP | 40° 35' 48" | 16° 33' 31" | 0.1587 | 0.085 |
| VI06 DRAGONE | 6 | 6 | 7.5 | D cons | oo | 40° 36' 10" | 16° 33' 40" | 0.1580 | 0.085 |
| VI07 LA CHIESA | 5 | 5.7 | 7.1 | P | oo | 40° 36' 23" | 16° 33' 44" | 0.1573 | 0.084 |
| VI09 LA COPETE | 20 | 5.9 | 15.3 | P | 900 | 40° 37' 38" | 16° 33' 42" | 0.1540 | 0.082 |
| VI10 MARCHESE | 9 | 6.9 | 16.25 | P/D cons | oo | 40° 37' 59" | 16° 33' 47" | 0.1533 | 0.081 |
| VI11 MIROGALLO | 3 | 7.4 | 7.9 | P | oo | 40° 38' 17" | 16° 33' 53" | 0.1525 | 0.080 |
| VI12 RIDOLA | 12 | 6.1 | 17.3 | P | oo/RP | 40° 38' 32" | 16° 33' 57" | 0.1519 | 0.080 |

| | | | | | | |
|--|--|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|
|  | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale | | | | | |
| | PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A | FOGLIO 5 di 41 |

4. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Secondo le NTC2018 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico del 2019, i terreni in esame sono prevalentemente di tipo E, C e B, pianeggianti o leggermente acclivi, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

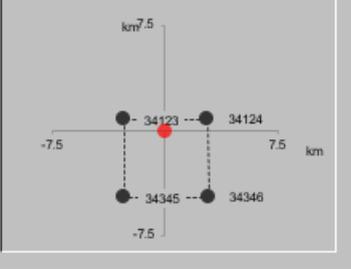
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione

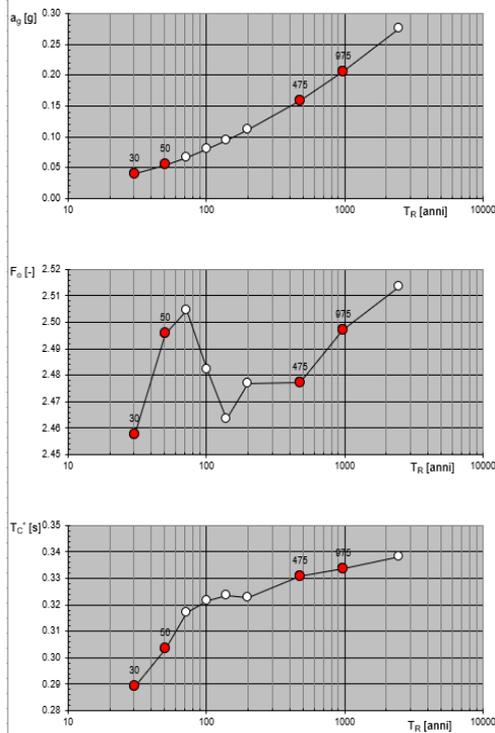


La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

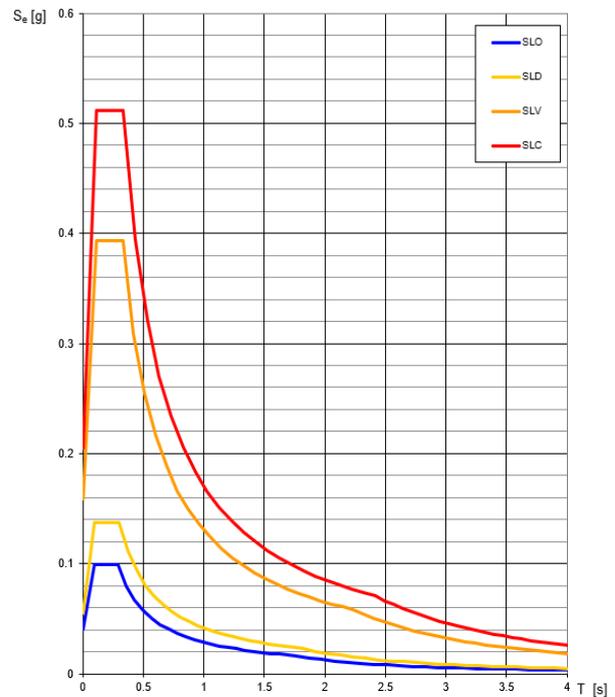
Figura 2 - Sito di riferimento secondo "Spettri_NTC"

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_C^* in funzione del periodo di ritc



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 3 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri_NTC"

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO | 30 | 0.040 | 2.458 | 0.289 |
| SLD | 50 | 0.055 | 2.496 | 0.303 |
| SLV | 475 | 0.159 | 2.477 | 0.331 |
| SLC | 975 | 0.205 | 2.497 | 0.334 |

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 4 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

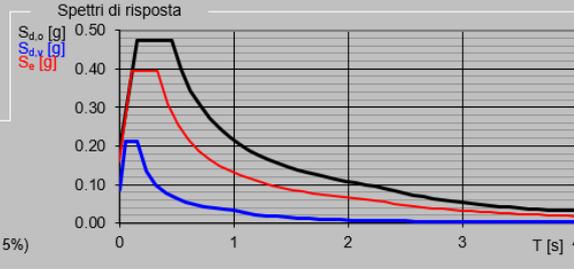
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **B** info $S_s = 1.200$ $C_c = 1.372$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : **1** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 5 - Definizione della domanda sismica allo SLV per terreno B

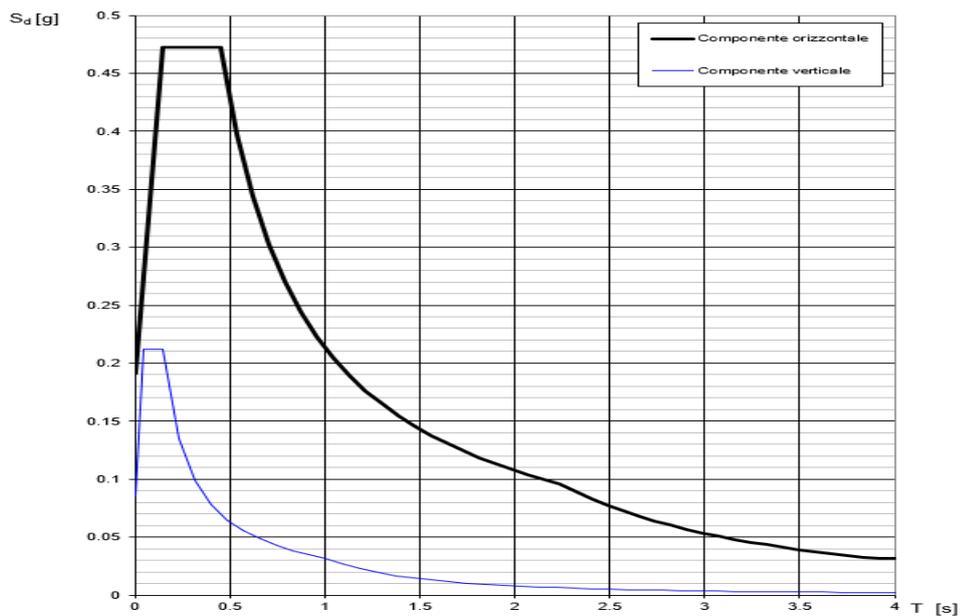


Figura 6 - Spettro in accelerazione SLV orizzontale e verticale, terreno B

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.159 g |
| F_0 | 2.477 |
| T_c | 0.331 s |
| S_s | 1.200 |
| C_c | 1.372 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.200 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.151 s |
| T_C | 0.454 s |
| T_D | 2.236 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.191 |
| T_B | 0.151 | 0.473 |
| T_C | 0.454 | 0.473 |
| | 0.539 | 0.398 |
| | 0.624 | 0.344 |
| | 0.708 | 0.303 |
| | 0.793 | 0.270 |
| | 0.878 | 0.244 |
| | 0.963 | 0.223 |
| | 1.048 | 0.205 |
| | 1.133 | 0.189 |
| | 1.218 | 0.176 |
| | 1.302 | 0.165 |
| | 1.387 | 0.155 |
| | 1.472 | 0.146 |
| | 1.557 | 0.138 |
| | 1.642 | 0.131 |
| | 1.727 | 0.124 |
| | 1.812 | 0.118 |
| | 1.896 | 0.113 |
| | 1.981 | 0.108 |
| | 2.066 | 0.104 |
| | 2.151 | 0.100 |
| T_D | 2.236 | 0.096 |
| | 2.320 | 0.089 |
| | 2.404 | 0.083 |
| | 2.488 | 0.077 |
| | 2.572 | 0.073 |
| | 2.656 | 0.068 |
| | 2.740 | 0.064 |
| | 2.824 | 0.060 |
| | 2.908 | 0.057 |
| | 2.992 | 0.054 |
| | 3.076 | 0.051 |
| | 3.160 | 0.048 |
| | 3.244 | 0.046 |
| | 3.328 | 0.043 |
| | 3.412 | 0.041 |
| | 3.496 | 0.039 |
| | 3.580 | 0.037 |
| | 3.664 | 0.036 |
| | 3.748 | 0.034 |
| | 3.832 | 0.033 |
| | 3.916 | 0.032 |
| | 4.000 | 0.032 |

Figura 7 - Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV, terreno B

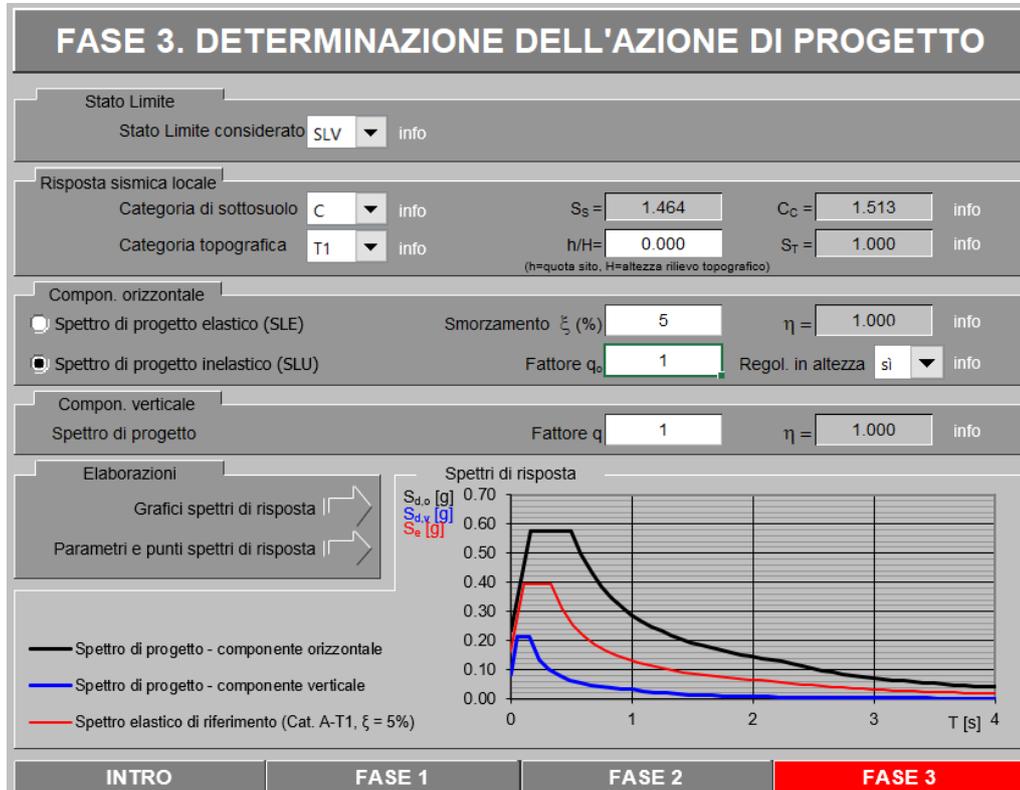


Figura 8 - Definizione della domanda sismica allo SLV per terreno C

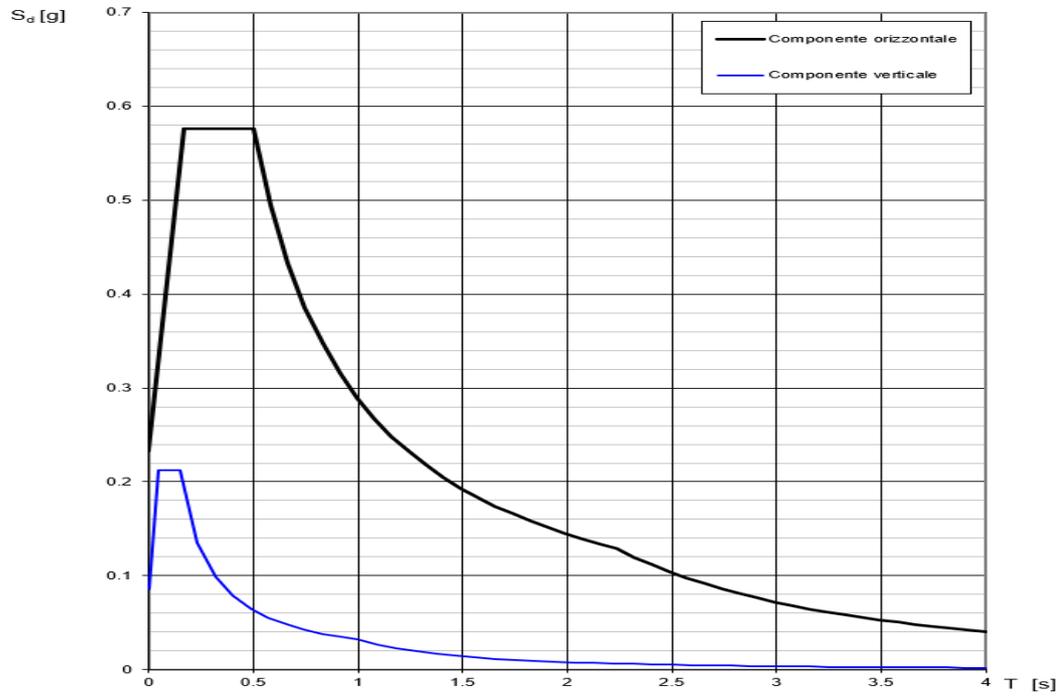


Figura 9 - Spettro in accelerazione SLV orizzontale e verticale, terreno C

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.159 g |
| F_0 | 2.477 |
| T_C | 0.331 s |
| S_S | 1.464 |
| C_C | 1.513 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.464 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.167 s |
| T_C | 0.500 s |
| T_D | 2.236 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_o(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_s(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.233 |
| T_B ← | 0.167 | 0.576 |
| T_C ← | 0.500 | 0.576 |
| | 0.583 | 0.495 |
| | 0.666 | 0.433 |
| | 0.748 | 0.385 |
| | 0.831 | 0.347 |
| | 0.914 | 0.316 |
| | 0.996 | 0.289 |
| | 1.079 | 0.267 |
| | 1.161 | 0.248 |
| | 1.244 | 0.232 |
| | 1.327 | 0.217 |
| | 1.409 | 0.205 |
| | 1.492 | 0.193 |
| | 1.575 | 0.183 |
| | 1.657 | 0.174 |
| | 1.740 | 0.166 |
| | 1.823 | 0.158 |
| | 1.905 | 0.151 |
| | 1.988 | 0.145 |
| | 2.071 | 0.139 |
| | 2.153 | 0.134 |
| T_D ← | 2.236 | 0.129 |
| | 2.320 | 0.120 |
| | 2.404 | 0.112 |
| | 2.488 | 0.104 |
| | 2.572 | 0.097 |
| | 2.656 | 0.091 |
| | 2.740 | 0.086 |
| | 2.824 | 0.081 |
| | 2.908 | 0.076 |
| | 2.992 | 0.072 |
| | 3.076 | 0.068 |
| | 3.160 | 0.065 |
| | 3.244 | 0.061 |
| | 3.328 | 0.058 |
| | 3.412 | 0.055 |
| | 3.496 | 0.053 |
| | 3.580 | 0.050 |
| | 3.664 | 0.048 |
| | 3.748 | 0.046 |
| | 3.832 | 0.044 |
| | 3.916 | 0.042 |
| | 4.000 | 0.040 |

Figura 10 - Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV, terreno C

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

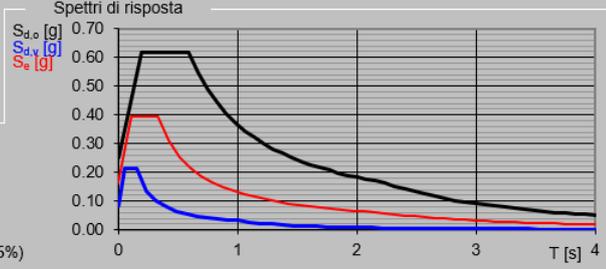
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **E** info $S_B = 1.567$ $C_C = 1.790$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : **1** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : **1** $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



$S_{d,o}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

T [s] 4

FASE 3

Figura 11 - Definizione della domanda sismica allo SLV per terreno E

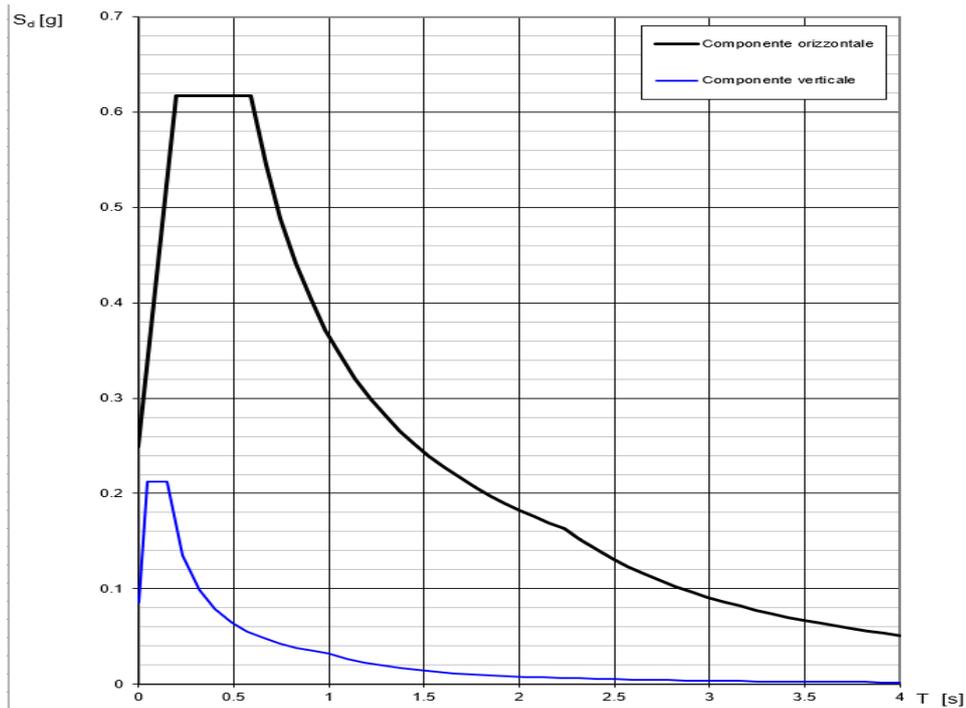


Figura 12 - Spettro in accelerazione SLV orizzontale e verticale, terreno E

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.159 g |
| F_o | 2.477 |
| T_C^* | 0.331 s |
| S_S | 1.567 |
| C_C | 1.790 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.567 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.197 s |
| T_C | 0.592 s |
| T_D | 2.236 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.$$

Lo spettro di progetto $S_s(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.249 |
| T_B ← | 0.197 | 0.617 |
| T_C ← | 0.592 | 0.617 |
| | 0.670 | 0.545 |
| | 0.749 | 0.488 |
| | 0.827 | 0.442 |
| | 0.905 | 0.404 |
| | 0.983 | 0.371 |
| | 1.062 | 0.344 |
| | 1.140 | 0.320 |
| | 1.218 | 0.300 |
| | 1.297 | 0.282 |
| | 1.375 | 0.266 |
| | 1.453 | 0.251 |
| | 1.531 | 0.239 |
| | 1.610 | 0.227 |
| | 1.688 | 0.216 |
| | 1.766 | 0.207 |
| | 1.844 | 0.198 |
| | 1.923 | 0.190 |
| | 2.001 | 0.183 |
| | 2.079 | 0.176 |
| | 2.158 | 0.169 |
| T_D ← | 2.236 | 0.163 |
| | 2.320 | 0.152 |
| | 2.404 | 0.141 |
| | 2.488 | 0.132 |
| | 2.572 | 0.123 |
| | 2.656 | 0.116 |
| | 2.740 | 0.109 |
| | 2.824 | 0.102 |
| | 2.908 | 0.097 |
| | 2.992 | 0.091 |
| | 3.076 | 0.086 |
| | 3.160 | 0.082 |
| | 3.244 | 0.078 |
| | 3.328 | 0.074 |
| | 3.412 | 0.070 |
| | 3.496 | 0.067 |
| | 3.580 | 0.064 |
| | 3.664 | 0.061 |
| | 3.748 | 0.058 |
| | 3.832 | 0.056 |
| | 3.916 | 0.053 |
| | 4.000 | 0.051 |

Figura 13 - Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV, terreno E

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

5. ACCELEROGRAMMI ARTIFICIALI

Come descritto dalla NTC18 §3.2.3.6 la definizione di un'accelerogramma deve rispettare alcune condizioni: la durata minima della parte pseudo-stazionaria deve essere di 10 secondi e seguita da tratti ad ampiezza crescenti e decrescenti in modo da ottenere una durata complessiva non inferiore a 25 secondi.

Per la definizione delle storie temporali si è deciso di generare, per ogni tipologia di terreni in esame, una storia minima di 25 secondi, una intermedia 30 secondo ed una di 40 secondi per un totale di tre, requisito minimo per la valutazione della risposta sismica (§7.3.5).

Si è utilizzato il programma SIMQKE_GR per l'identificazione delle storie temporali appena descritte. Nello specifico tale operazione è stata condotta per entrambe le componenti in funzione dello stato limite di riferimento e della tipologia di terreno. Si riporta come riferimento l'estrazione della sola componente orizzontale per il terreno di tipo C.

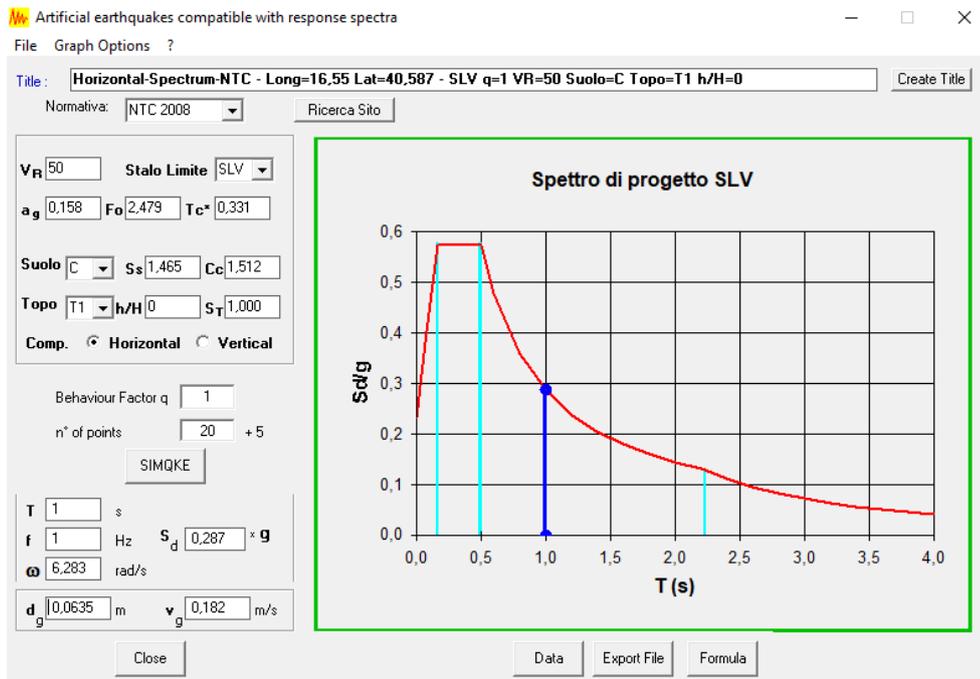


Figura 14 - Identificazione Spettro di riferimento

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

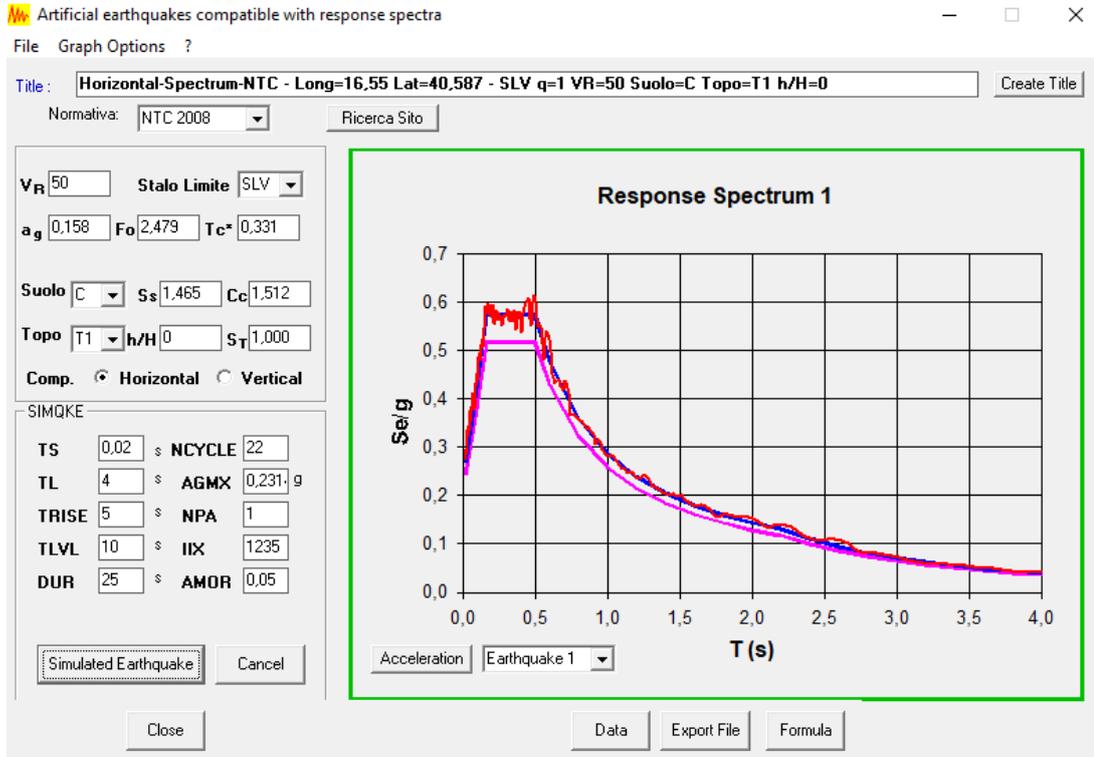


Figura 15 - Definizione del primo input temporale con durata di 25 sec

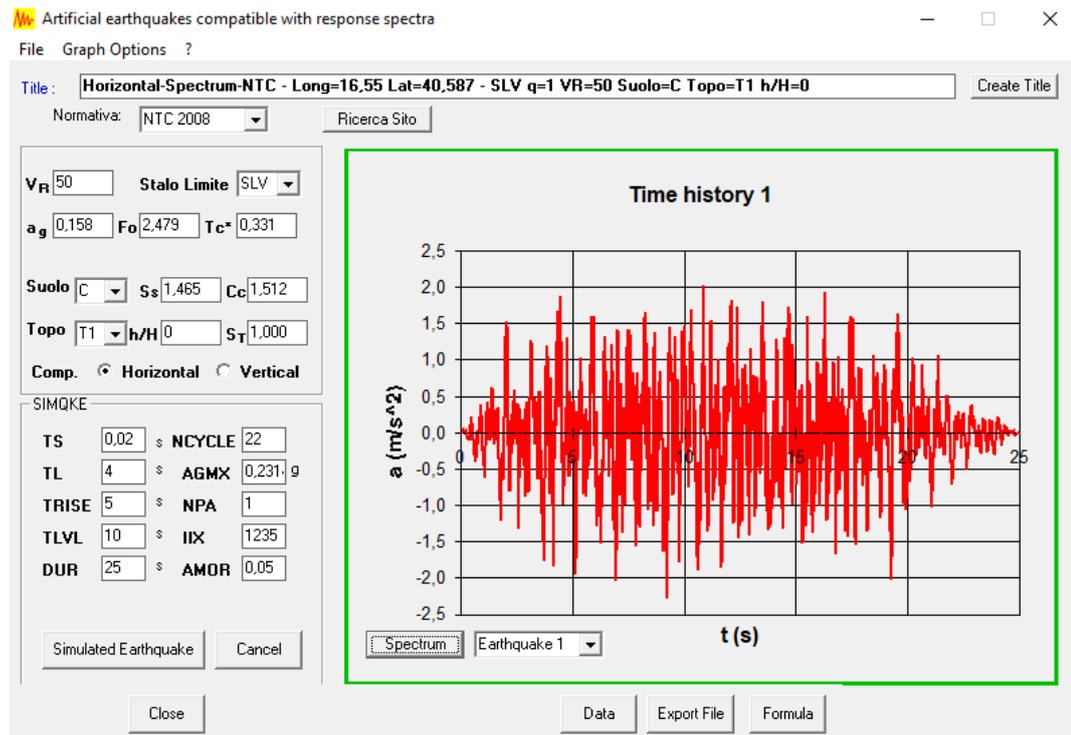


Figura 16 - Storia temporale associata con durata di 25 sec

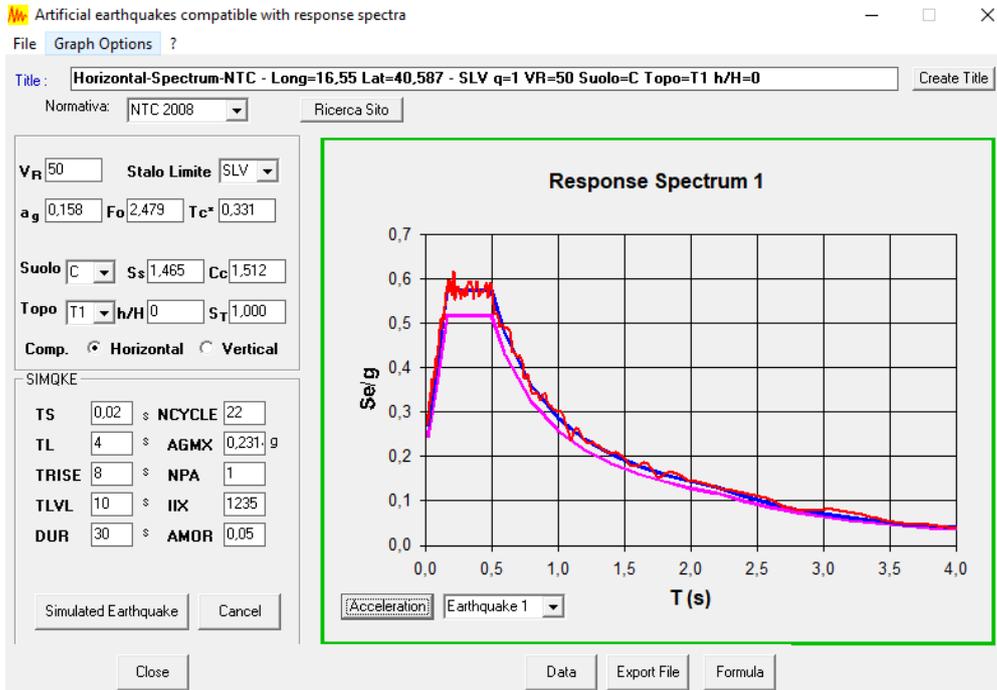


Figura 17 - Definizione del primo input temporale con durata di 30 sec

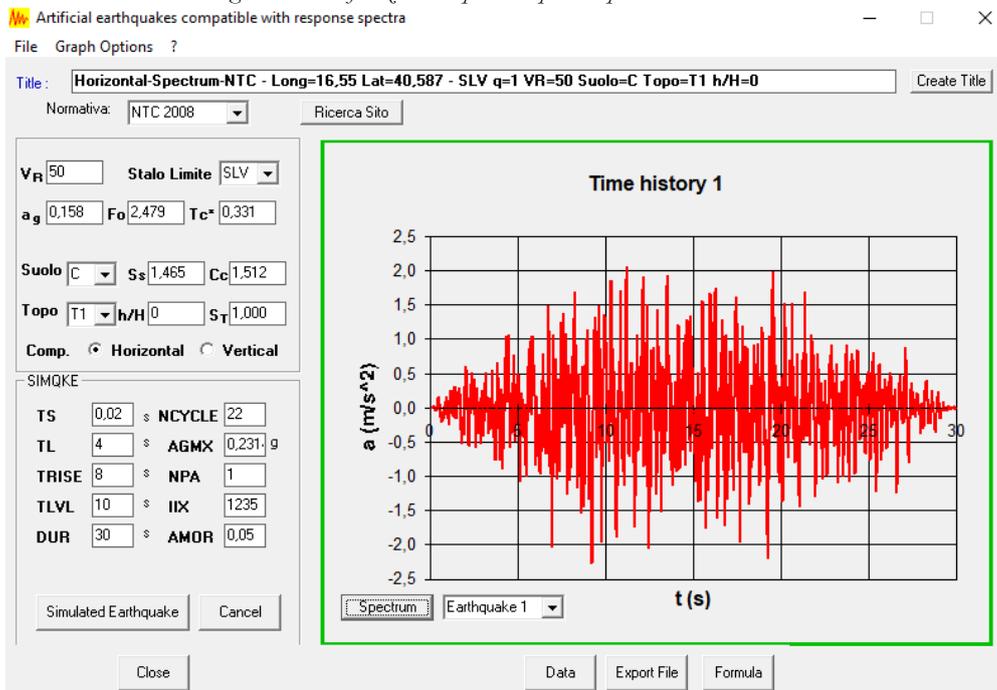


Figura 18 - Storia temporale associata con durata di 30 sec

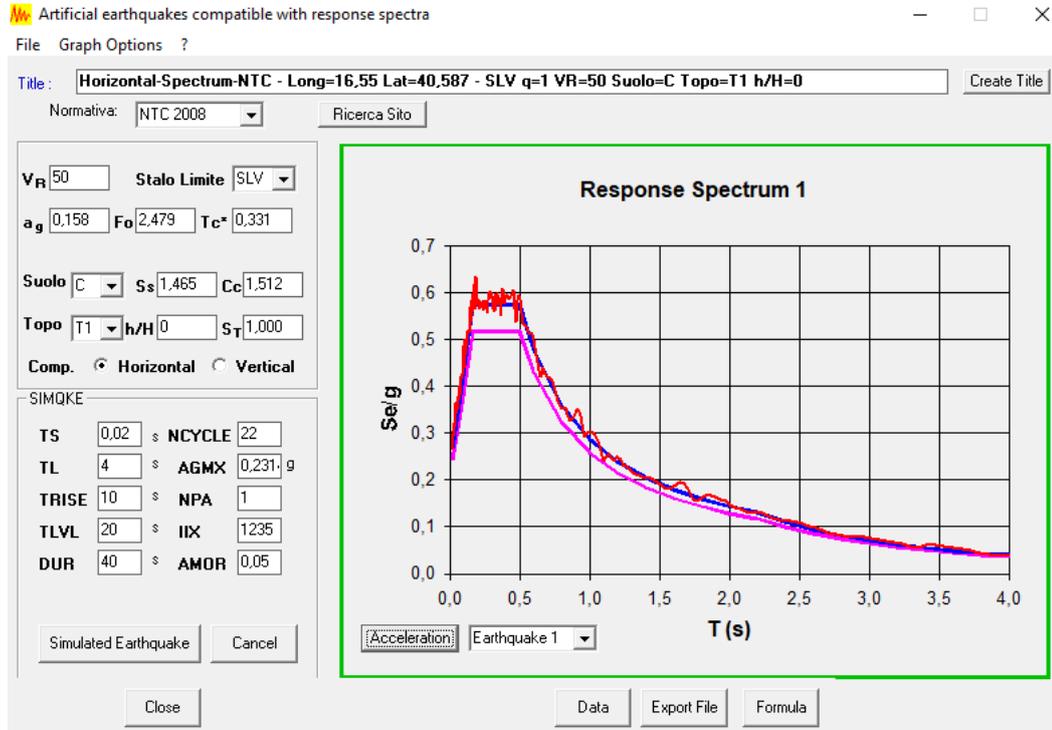


Figura 19 - Definizione del secondo input temporale con durata di 40 sec

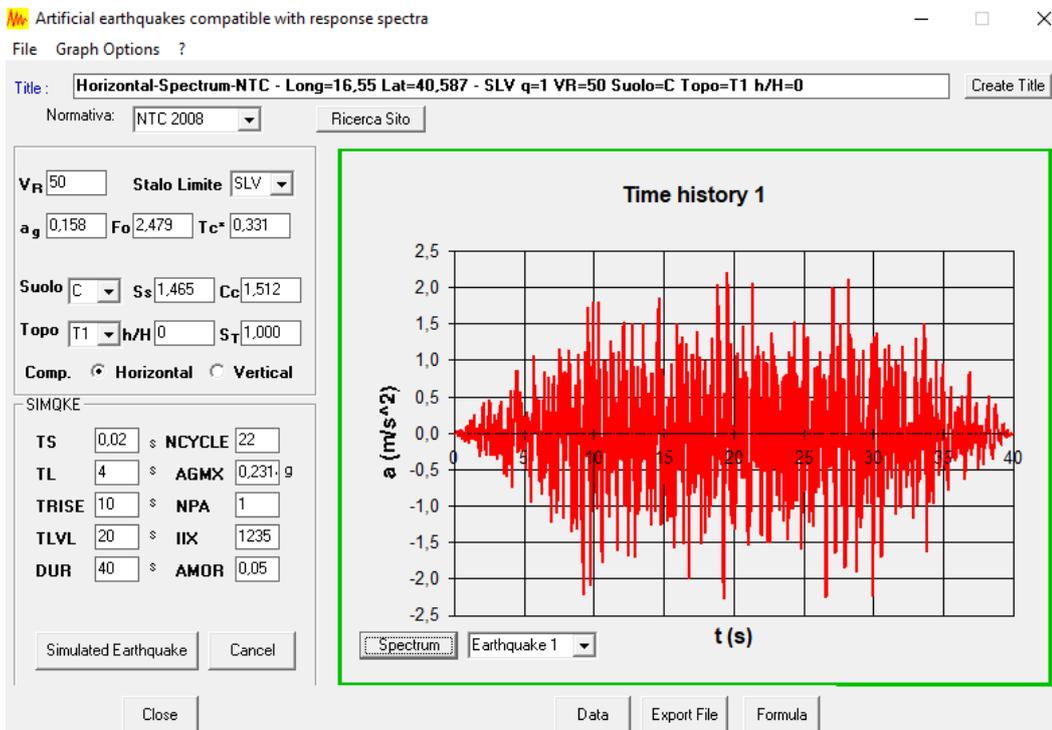
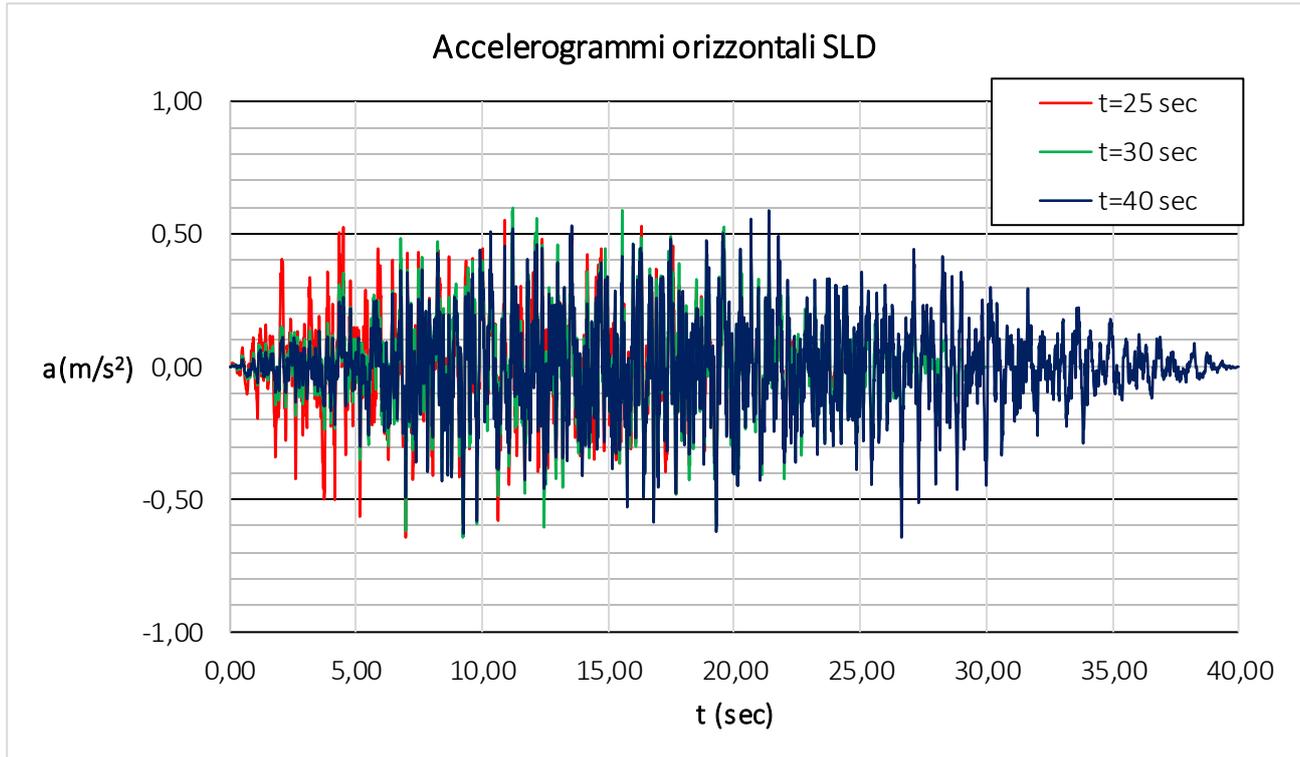


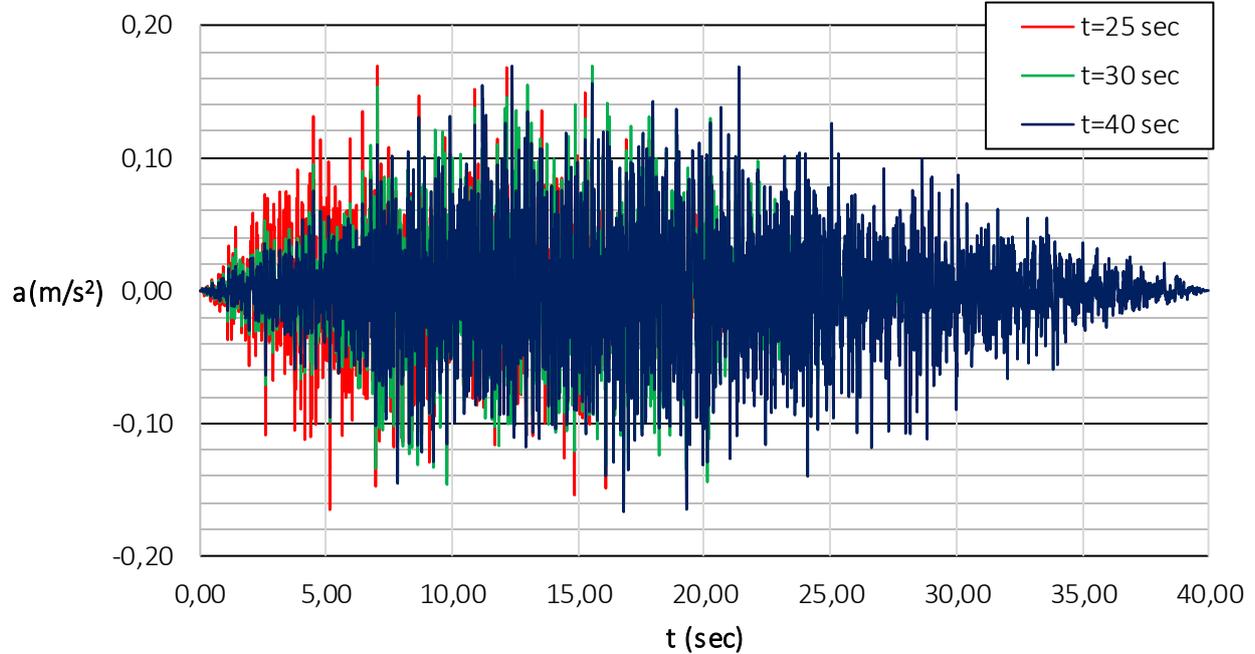
Figura 20 - Storia temporale associata con durata di 40 sec

Si riportano per completezza gli accelerogrammi utilizzati per le successive analisi.

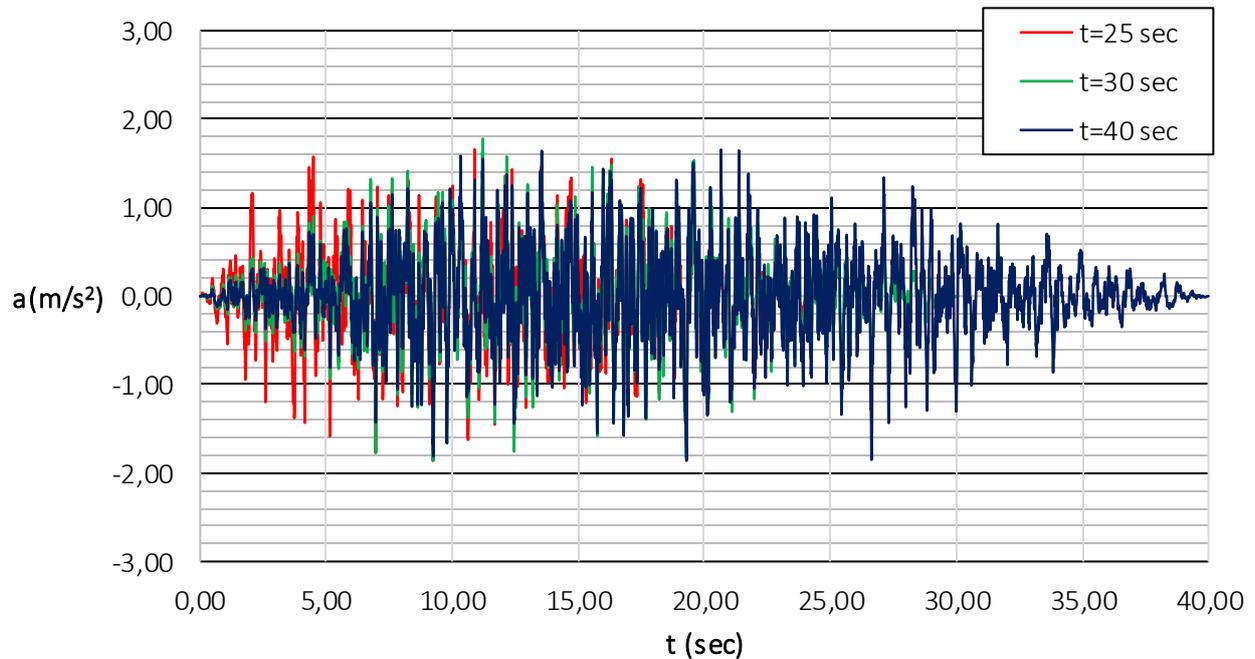
Terreno B



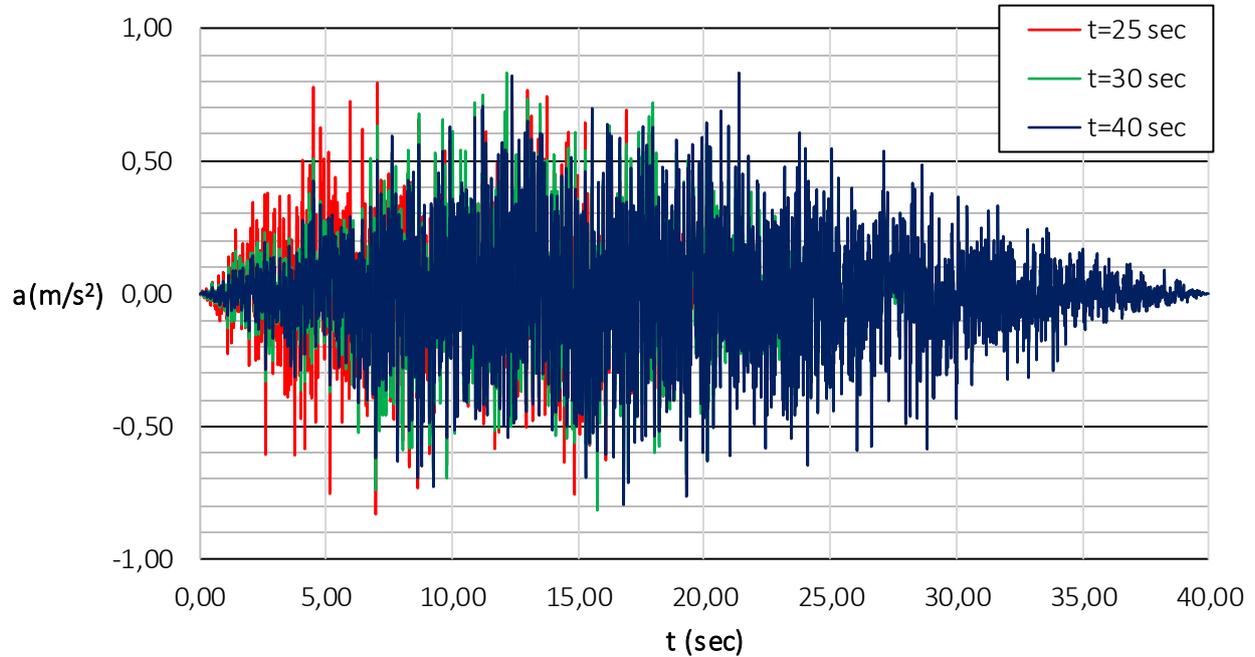
Accelerogrammi verticali SLD



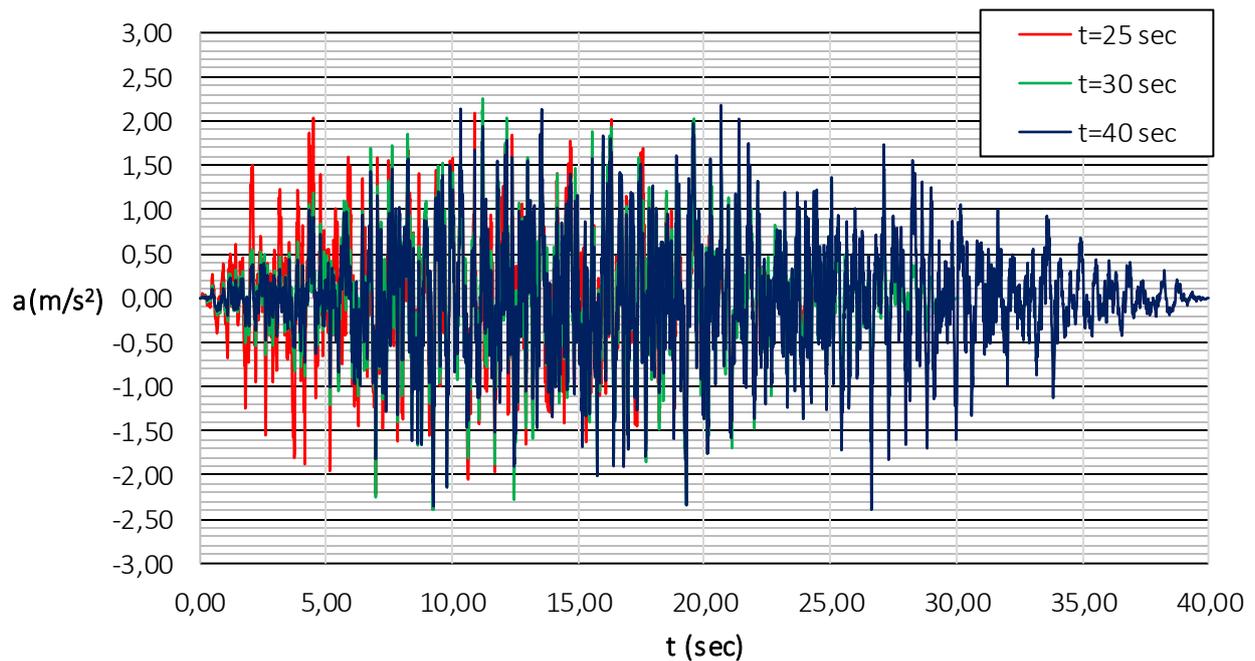
Accelerogrammi orizzontali SLV

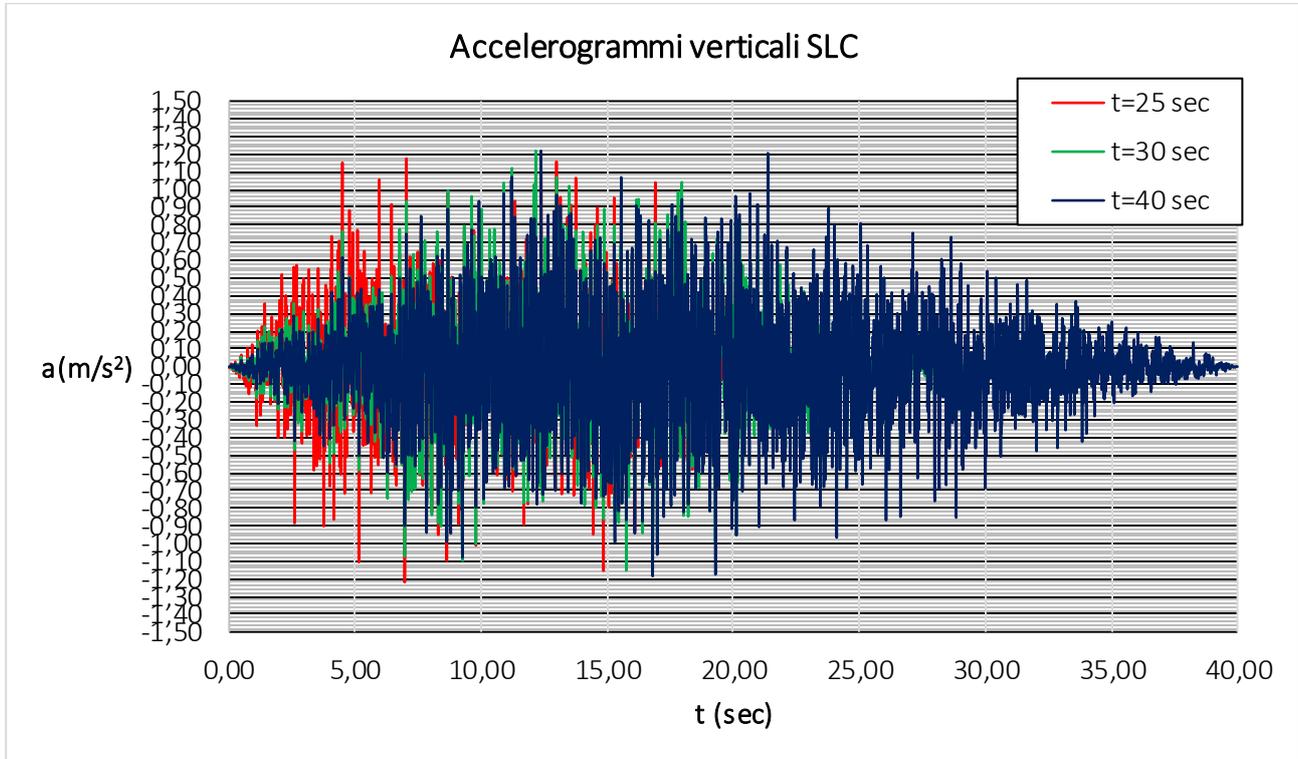


Accelerogrammi verticali SLV



Accelerogrammi orizzontali SLC

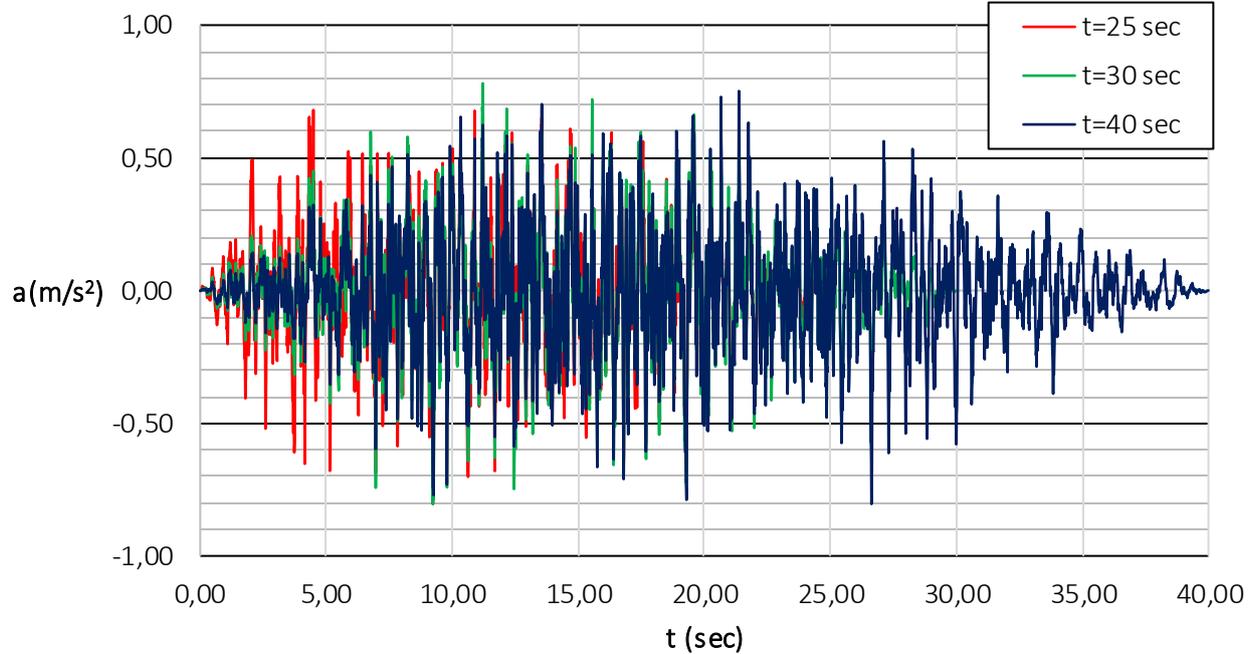




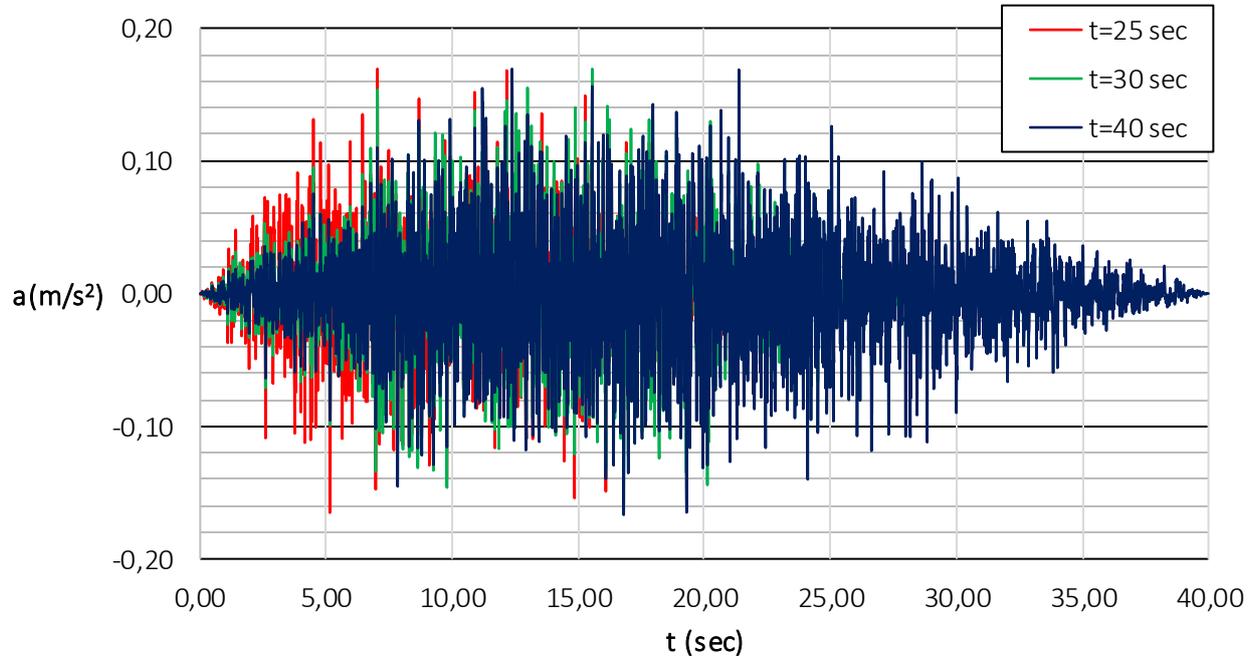
Seguendo lo stesso procedimento illustrato per il terreno B si riportano gli accelerogrammi utilizzati per il terreno C.

Terreno C

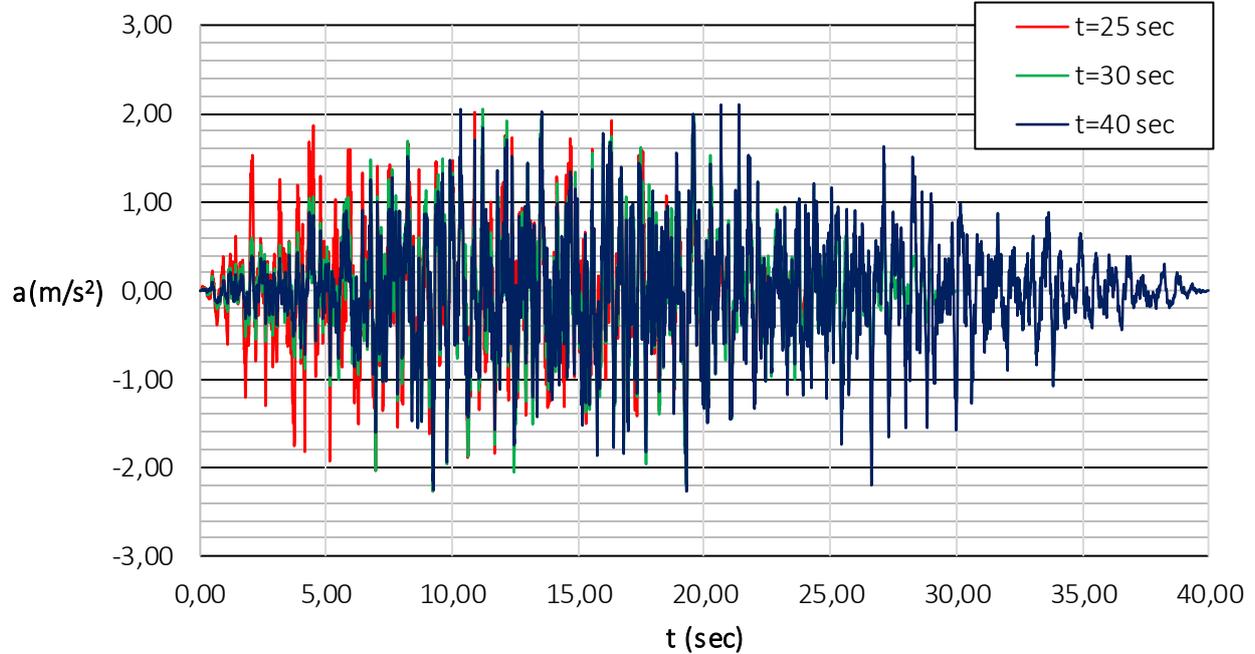
Accelerogrammi orizzontali SLD



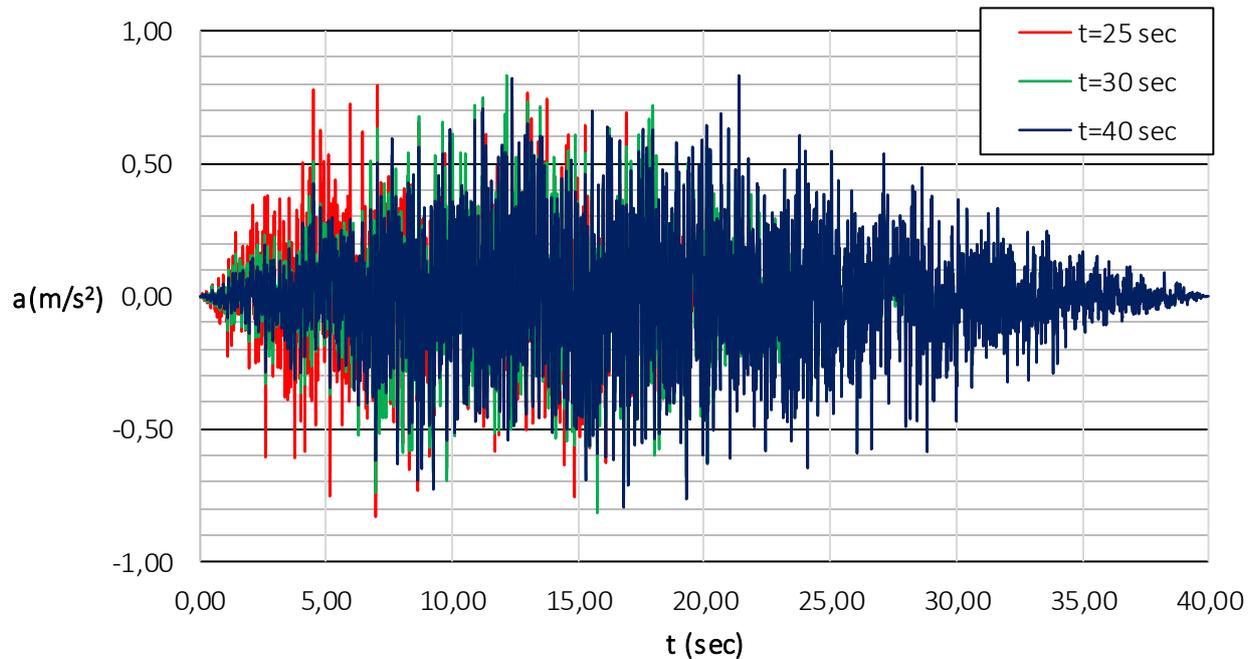
Accelerogrammi verticali SLD



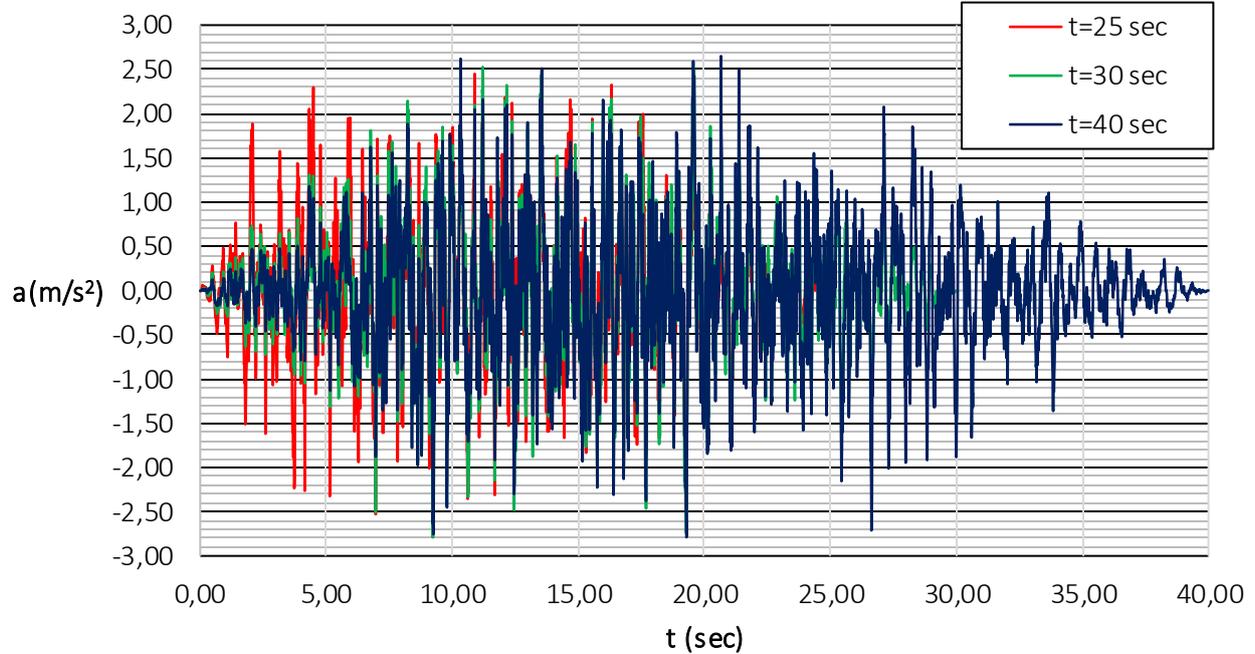
Accelerogrammi orizzontali SLV



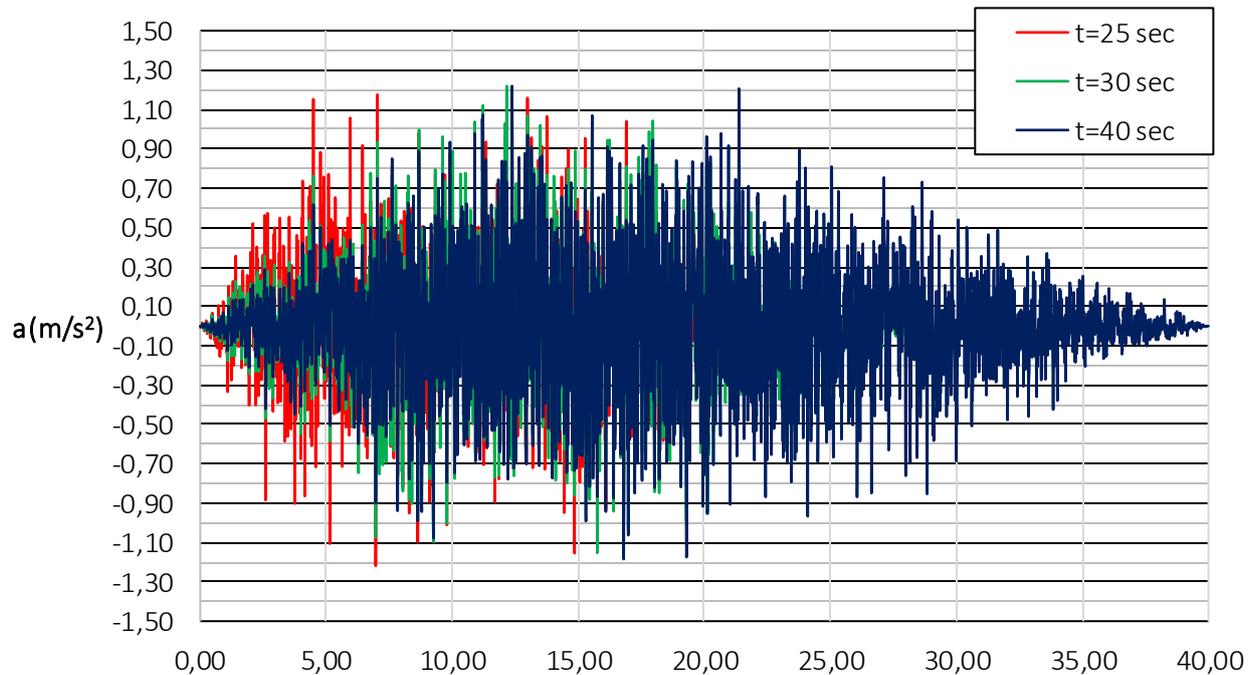
Accelerogrammi verticali SLV



Accelerogrammi orizzontali SLC



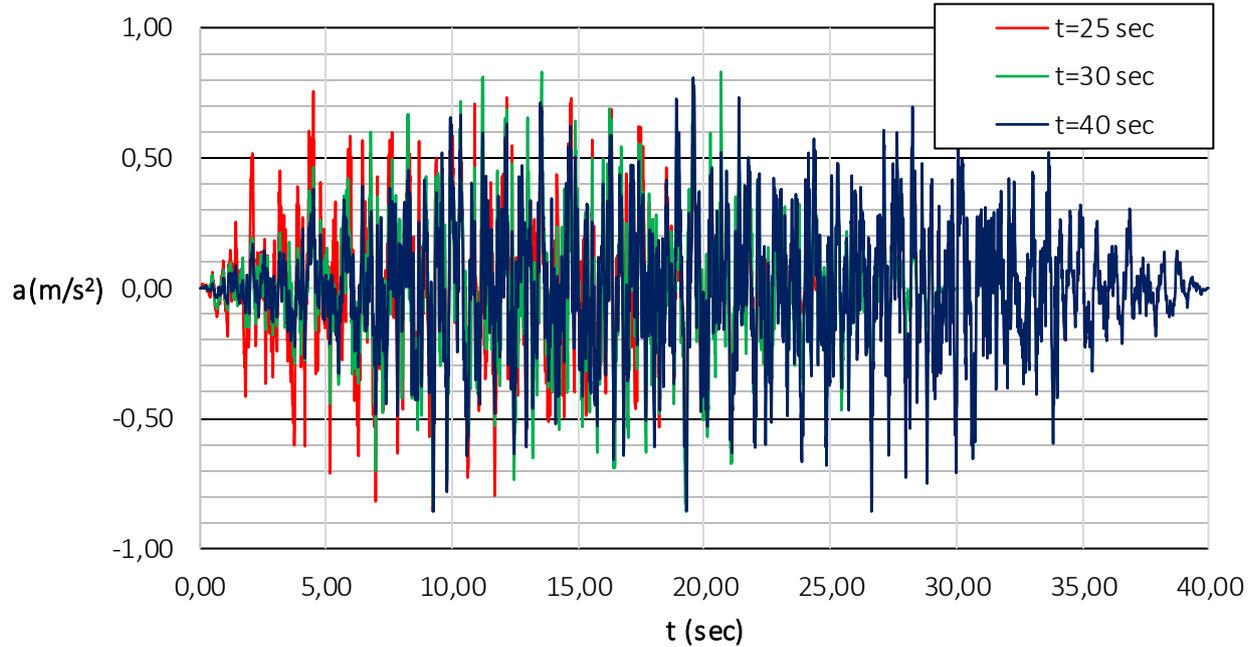
Accelerogrammi verticali SLC



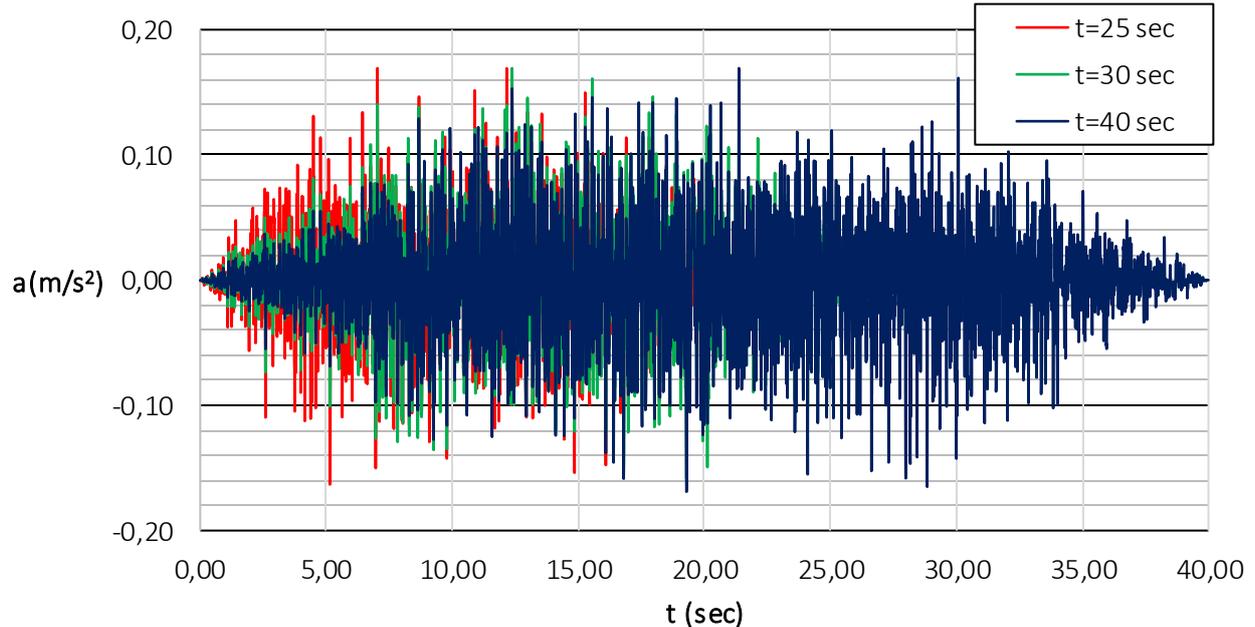
Seguendo lo stesso procedimento illustrato per il terreno B si riportano gli accelerogrammi utilizzati per il terreno E.

Terreno E

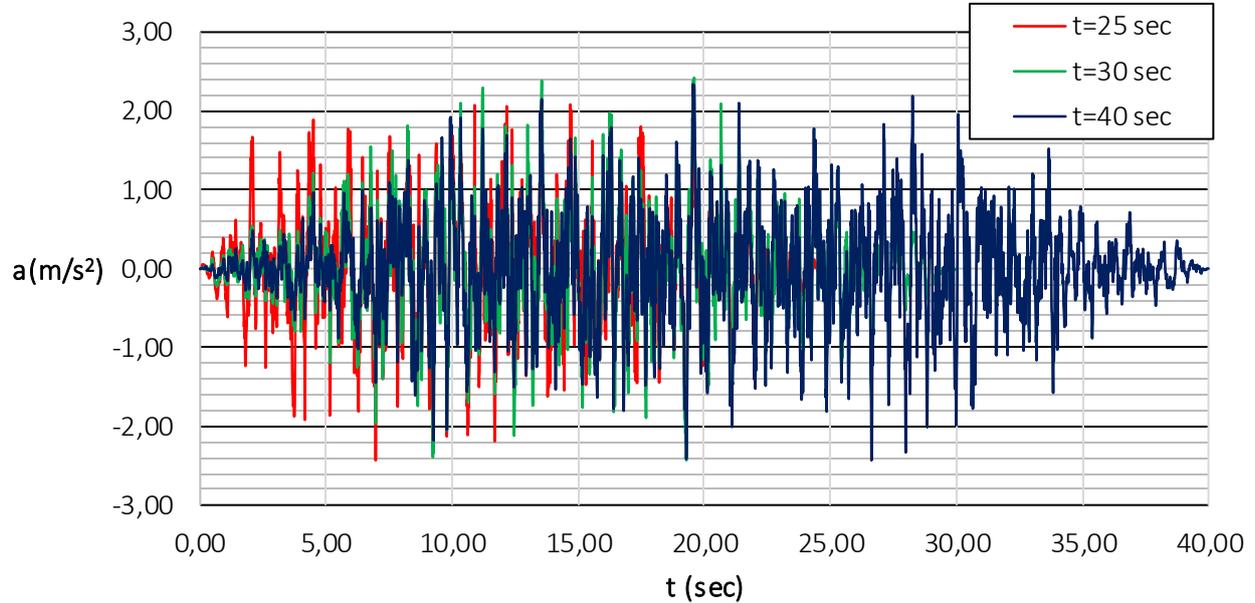
Accelerogrammi orizzontali SLD



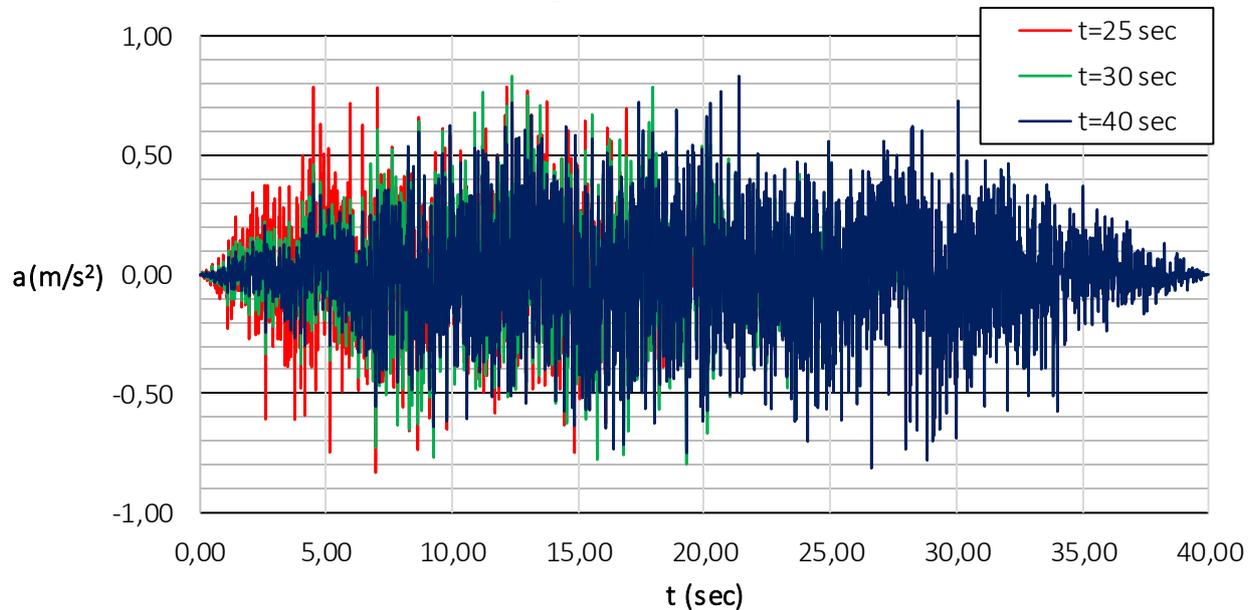
Accelerogrammi verticali SLD



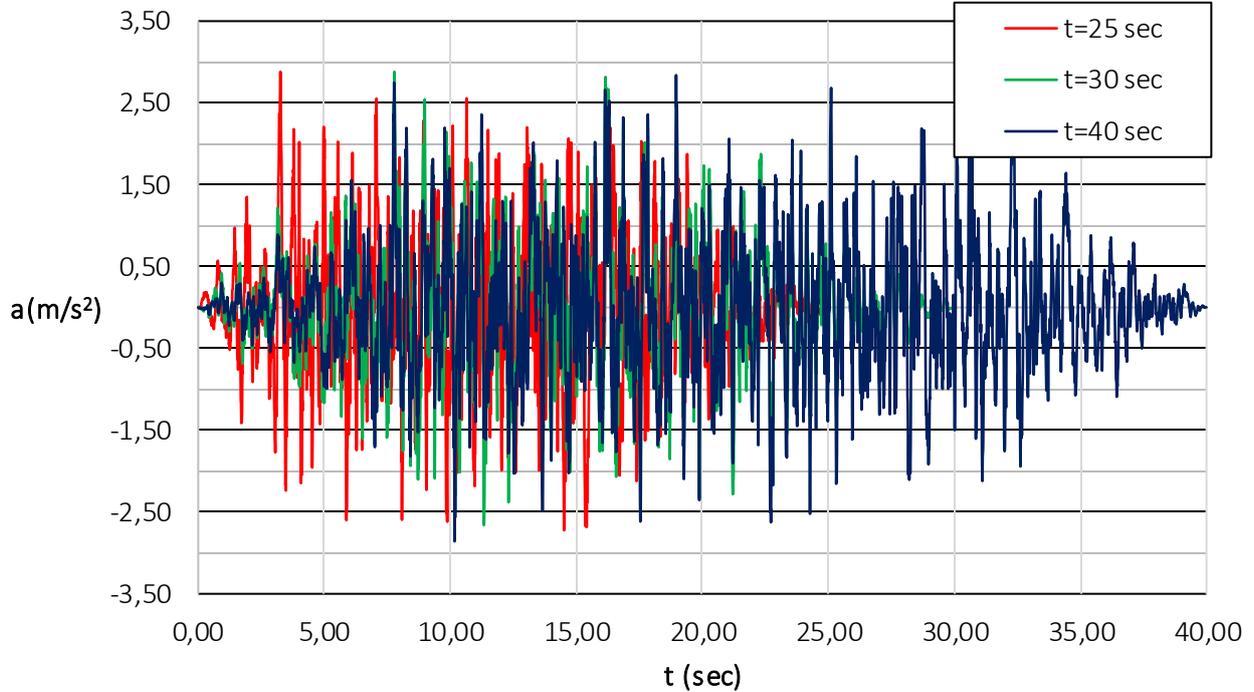
Accelerogrammi orizzontali SLV



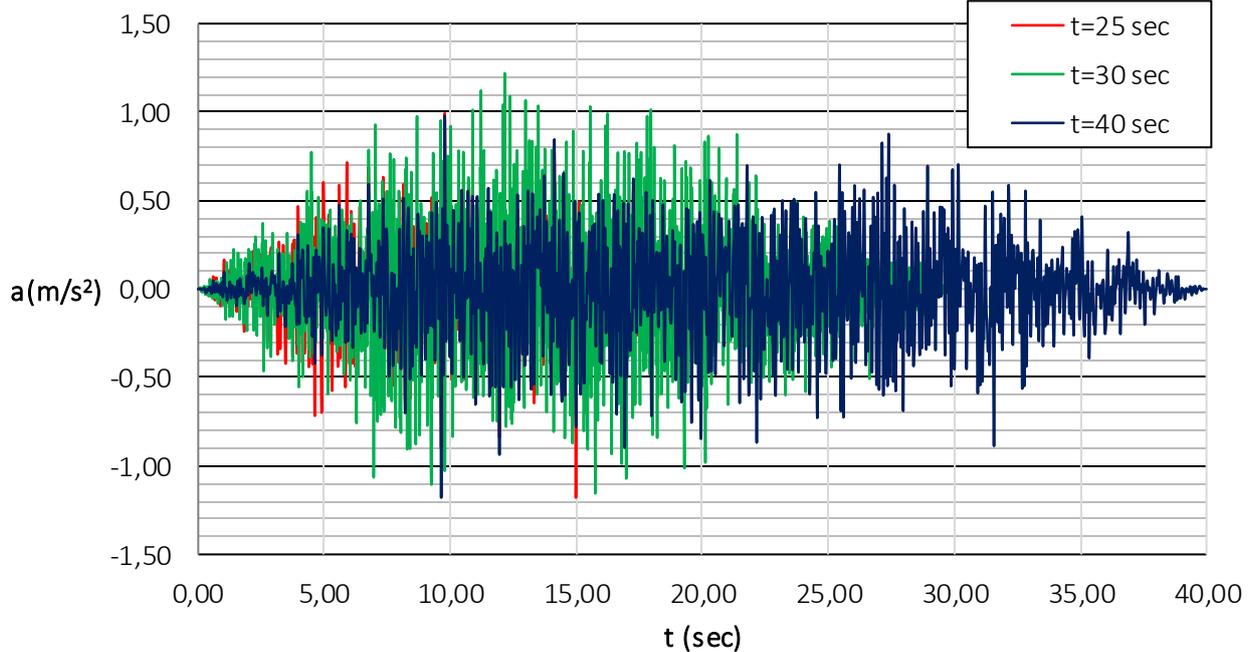
Accelerogrammi verticali SLV



Accelerogrammi orizzontali SLC



Accelerogrammi verticali SLC



| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|
|  ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| | <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA IA5F | LOTTO 03 | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI1000009 | REV. A |

6. SPOSTOGRAMMI

In riferimento alle storie temporali per la progettazione e la verifica dei viadotti, si sono prese in considerazione le storie temporali in spostamento oltre quelle generate in accelerazione.

La scelta dell'utilizzo degli spostogrammi è legata alla valutazione spaziale dell'input sismico, ovvero per la valutazione asincrona della risposta strutturale. Nello specifico, la modellazione mediante il software MIDAS CIVIL permette di tenerne in conto sfasando di un tempo T l'azione al piede delle sottostrutture (spostogrammi).

Per quanto riguarda la trasformazione dell'accelerogramma in spostogramma si è integrato due volte mediante il programma SISMOSIGNAL, del quale si riporta un esempio:

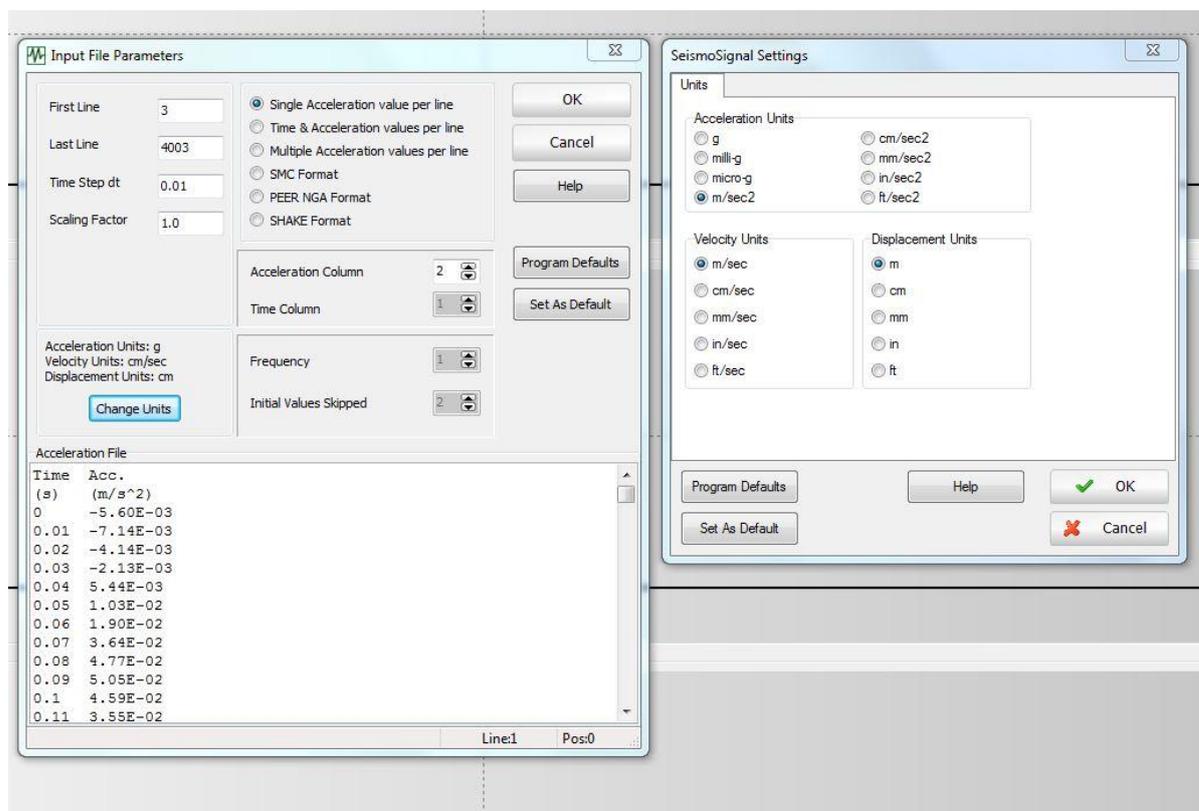


Figura 21 - Introduzione dell'accelerogramma

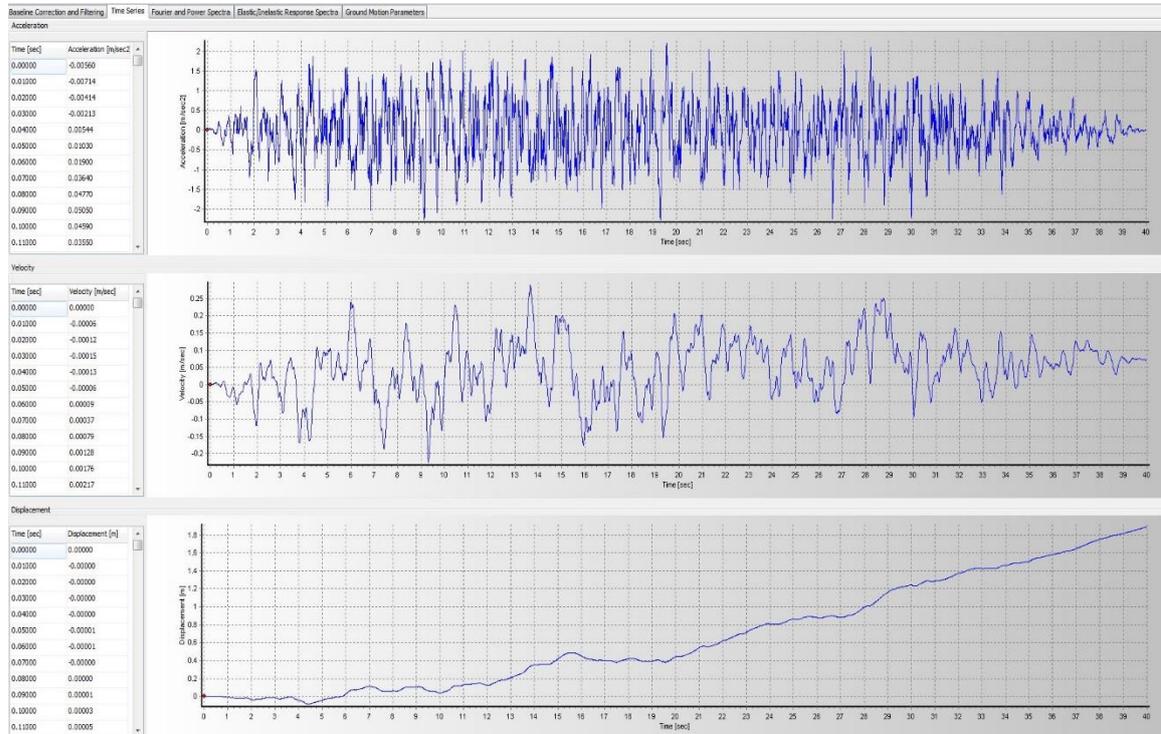


Figura 22 - Accelerogramma, velocigramma e spostogramma

6.1 Correzione della linea di base

La generazione della storia temporale tramite integrazione comporta uno scostamento dall'asse delle ascisse che rappresenta uno spostamento puramente matematico introdotto dalle costanti d'integrazione. Per pulire lo spostogramma da questo residuo esistono diversi metodi implementati.

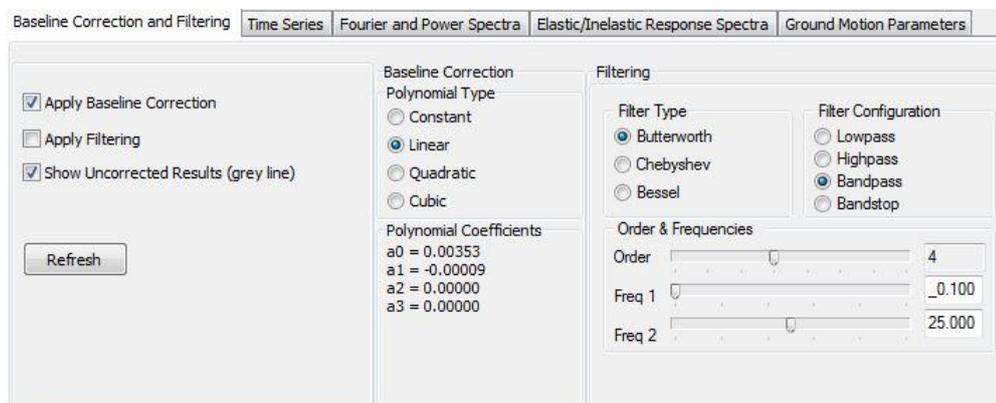


Figura 23 - Metodi correttivi della linea di base

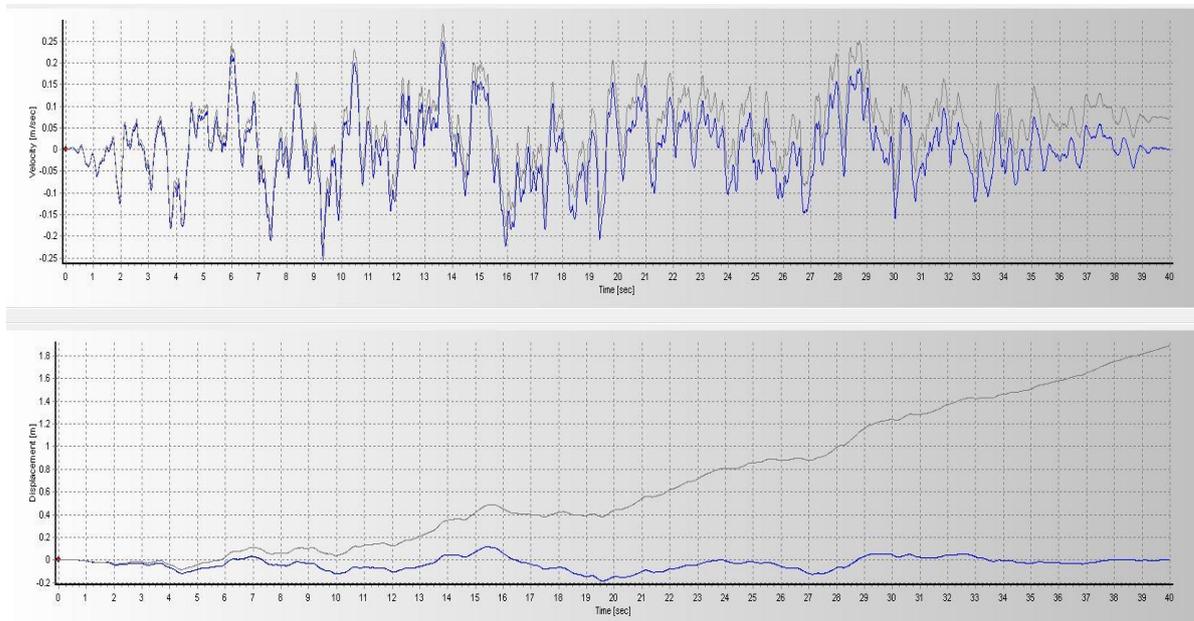


Figura 24 - Visualizzazione comparativa prima e dopo la correzione di base

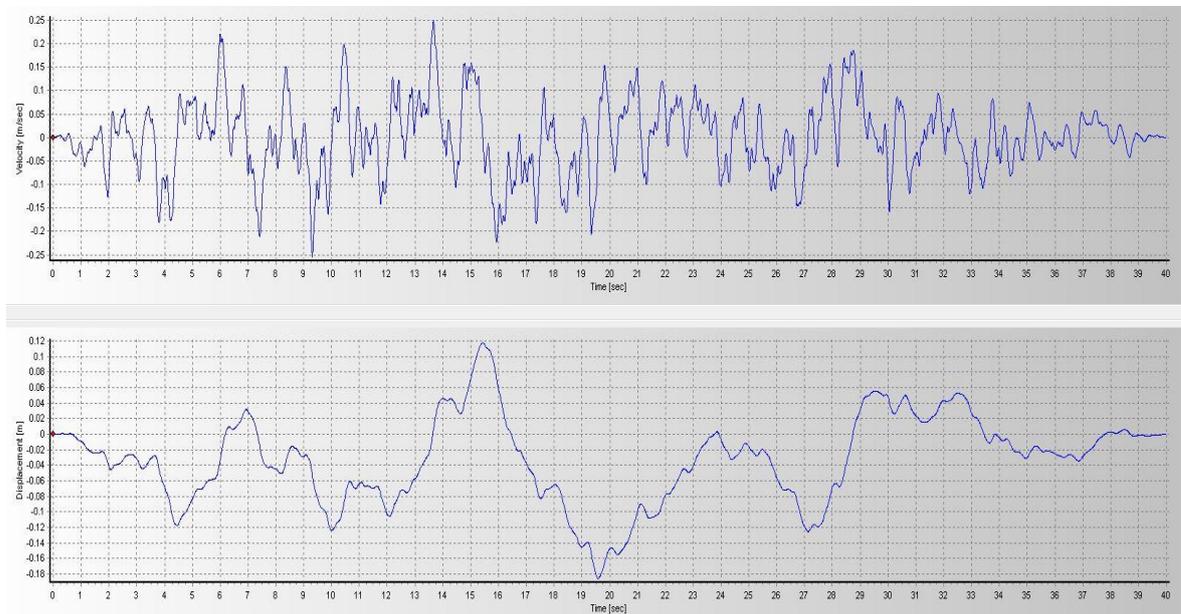
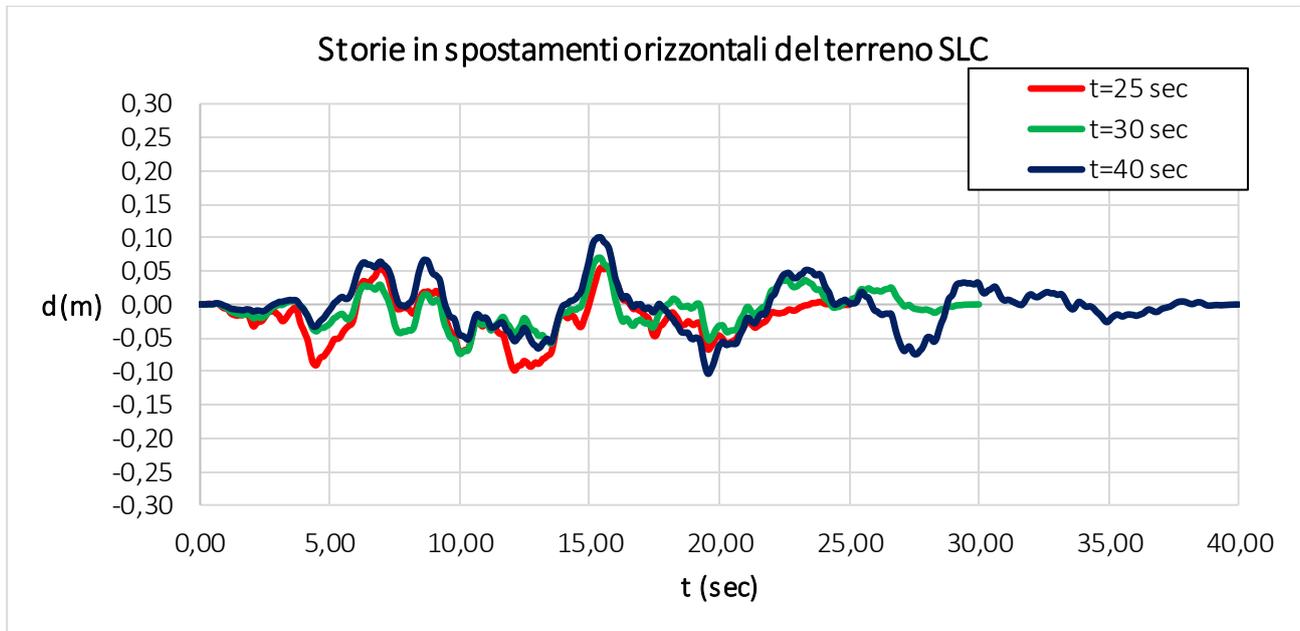


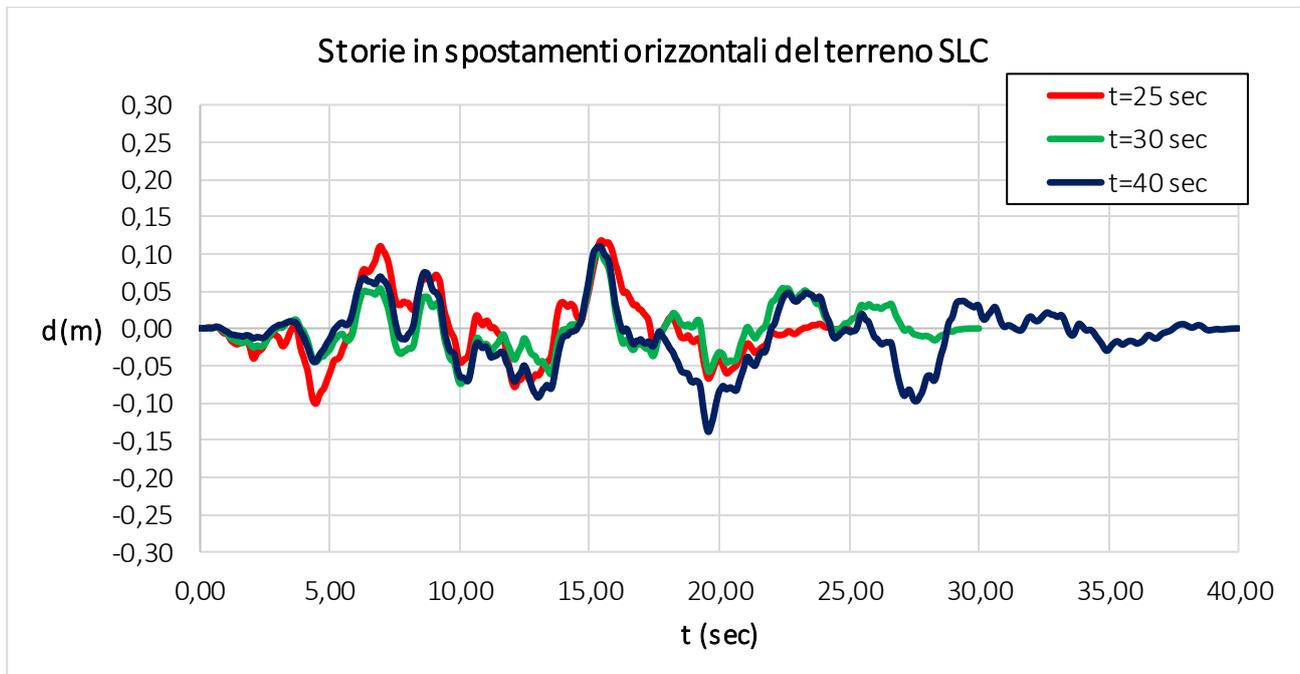
Figura 25 - Visualizzazione della sola correzione finale

Come per gli accelerogrammi si riportano di seguiti gli input utilizzati per le analisi e le verifiche strutturali. L'utilizzo delle storie temporali in spostamento è stata adottata per le verifiche dei dispositivi d'isolamento (§7.10.6.2.2), quindi per il solo stato limite di collasso.

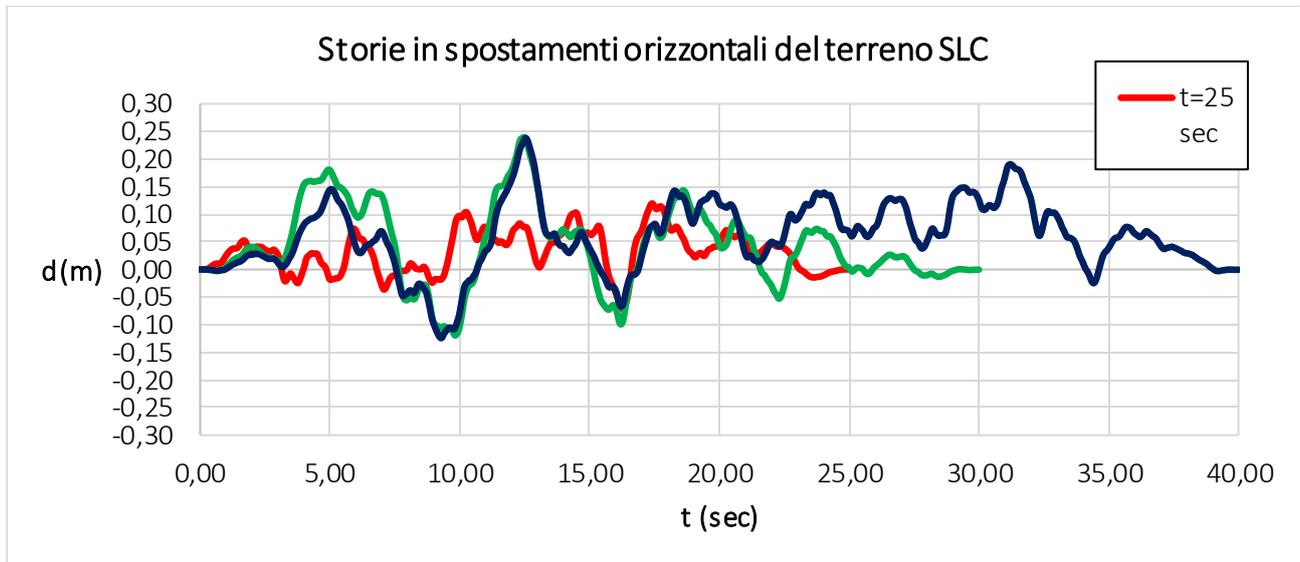
Terreno B



Terreno C



Terreno E



6.2 Variabilità spaziale del moto

Una volta generati i singoli spostogrammi, in funzione della categoria di terreno e dello stato limite, si è identificato il tempo di sfasamento dell'input in modo tale da rispettare il massimo spostamento relativo tra due punti i e j (§3.2.4.2).

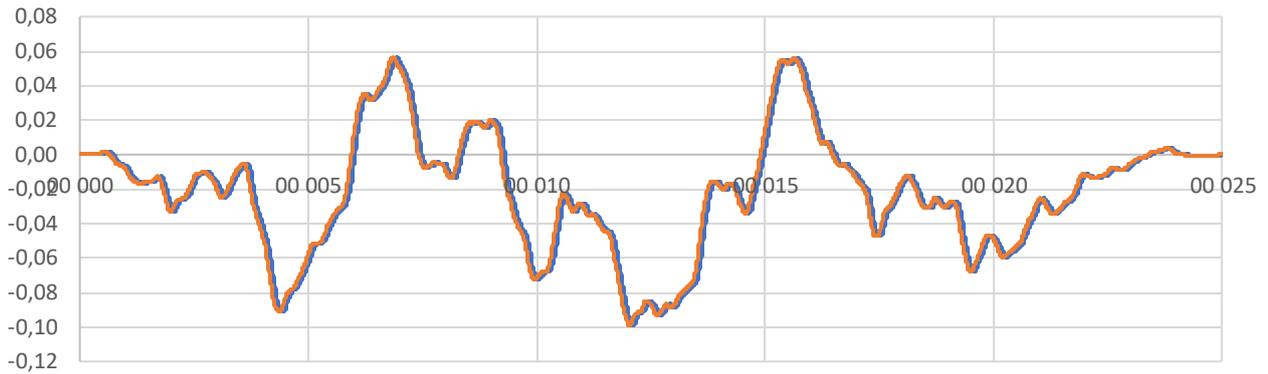
Terreno B

| | | | |
|---|------|----------|-----|
| categoria di terreno | | B | |
| periodo inizio tratto velocità costante | TC | 0.457 | s |
| periodo tratto a spostamento costante | TD | 2.420 | s |
| coef. categoria e topografia terreno | S | 1.195 | |
| accelerazione orizzontale max al sito | ag | 0.205 | g |
| | | | |
| spostamento massimo orizz. del terreno | dg | 0.066 | m |
| spostamenti massimi terreno punto i | dji | 0.066 | m |
| spostamenti massimi terreno punto j | dji | 0.085 | m |
| | | | |
| velocità prop. onde di taglio nel terreno | vs | 580 | m/s |
| distanza tra i punto i j (dist. Pile) | x | 30 | m |
| | | | |
| per suoli differenti o distanza <20m | dij0 | 0 | m |

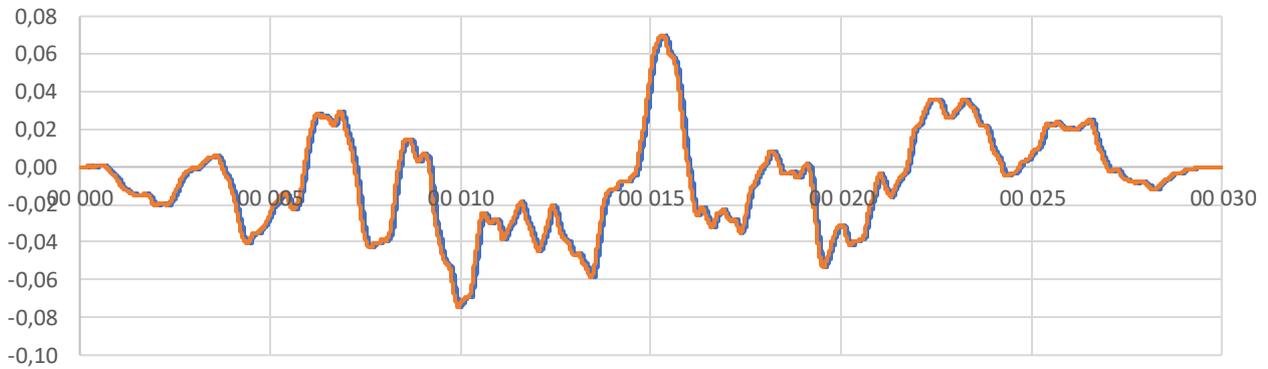
spost. relativo tra due punti dipendenti

| | | | |
|----------------|-------|---|----------|
| $d_{ij, \max}$ | 0.117 | m | (3.2.13) |
| $d_i(x)$ | 0.018 | m | (3.2.14) |

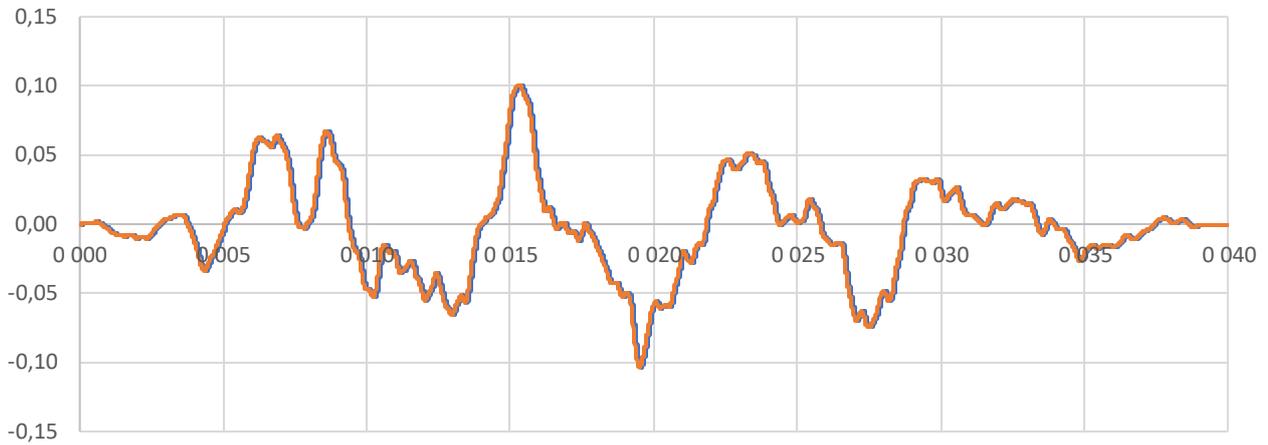
Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono

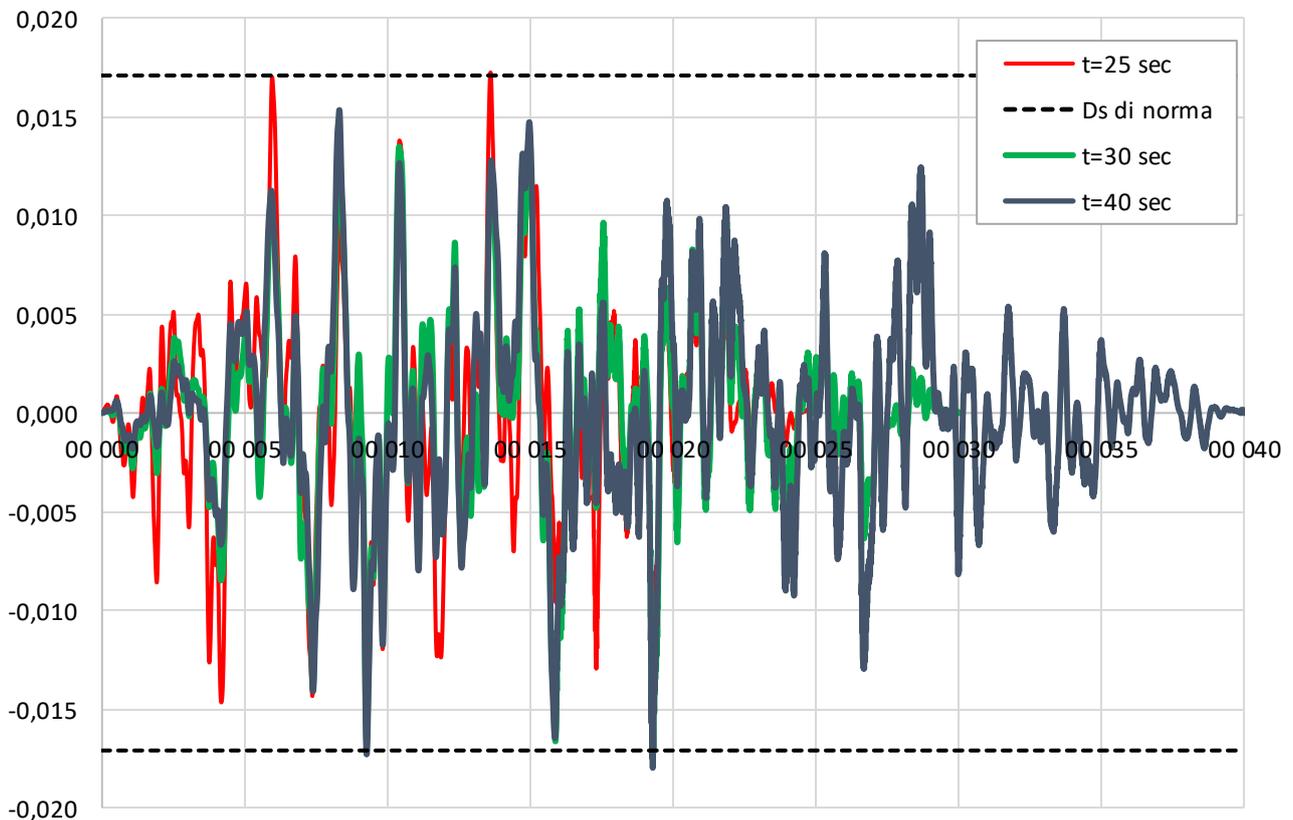


Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Riportando in un unico grafico il Δs è possibile tarare il tempo di sfasamento:

Delta in spostamento fra spostogrammi sfasati



| | <i>Tempo di sfas. [s]</i> | <i>Δ max [m]</i> |
|-----------------|---------------------------|------------------------------------|
| <i>t=25 sec</i> | 0.08 | 0.0172 |
| <i>t=30 sec</i> | 0.08 | 0.0174 |
| <i>t=40 sec</i> | 0.08 | 0.0180 |

Terreno C

categoria di terreno

| |
|---|
| C |
|---|

periodo inizio tratto velocità costante

| | | |
|----|-------|---|
| TC | 0.503 | s |
|----|-------|---|

periodo tratto a spostamento costante

| | | |
|----|-------|---|
| TD | 2.420 | s |
|----|-------|---|

coef. categoria e topografia terreno

| | |
|---|-------|
| S | 1.393 |
|---|-------|

accelerazione orizzontale max al sito

| | | |
|----|-------|---|
| ag | 0.205 | g |
|----|-------|---|

spostamento massimo orizz. del terreno

| | | |
|----|-------|---|
| dg | 0.085 | m |
|----|-------|---|

spostamenti massimi terreno punto i

| | | |
|-----|-------|---|
| dji | 0.085 | m |
|-----|-------|---|

spostamenti massimi terreno punto j

| | | |
|-----|-------|---|
| dji | 0.085 | m |
|-----|-------|---|

velocità prop. onde di taglio nel terreno

| | | |
|----|-----|-----|
| vs | 270 | m/s |
|----|-----|-----|

distanza tra i punto i j (dist. Pile)

| | | |
|---|----|---|
| x | 30 | m |
|---|----|---|

per suoli differenti o distanza <20m

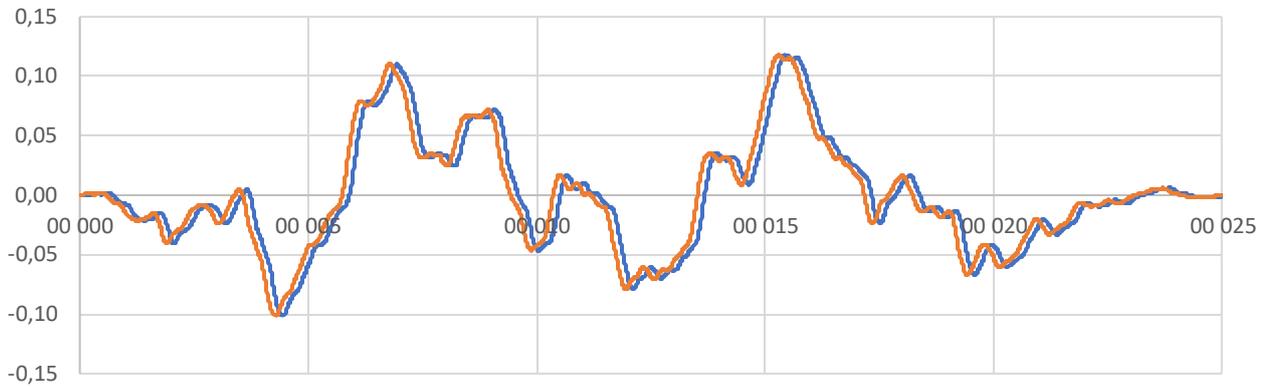
| | | |
|------|---|---|
| dij0 | 0 | m |
|------|---|---|

| | | | |
|----------|-------|---|----------|
| dij, max | 0.151 | m | (3.2.13) |
|----------|-------|---|----------|

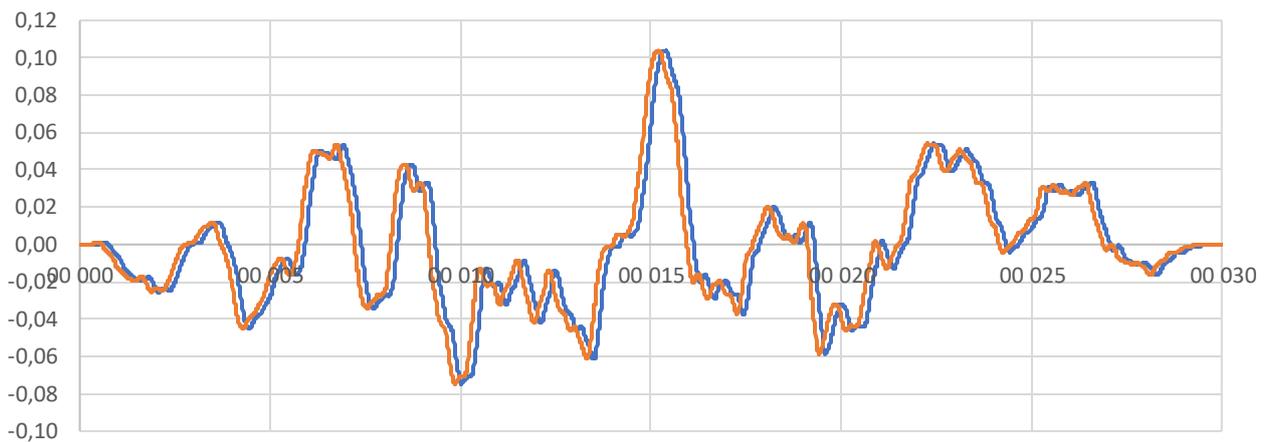
spost. relativo tra due punti dipendenti

| | | | |
|--------------|--------------|----------|----------|
| di(x) | 0.037 | m | (3.2.14) |
|--------------|--------------|----------|----------|

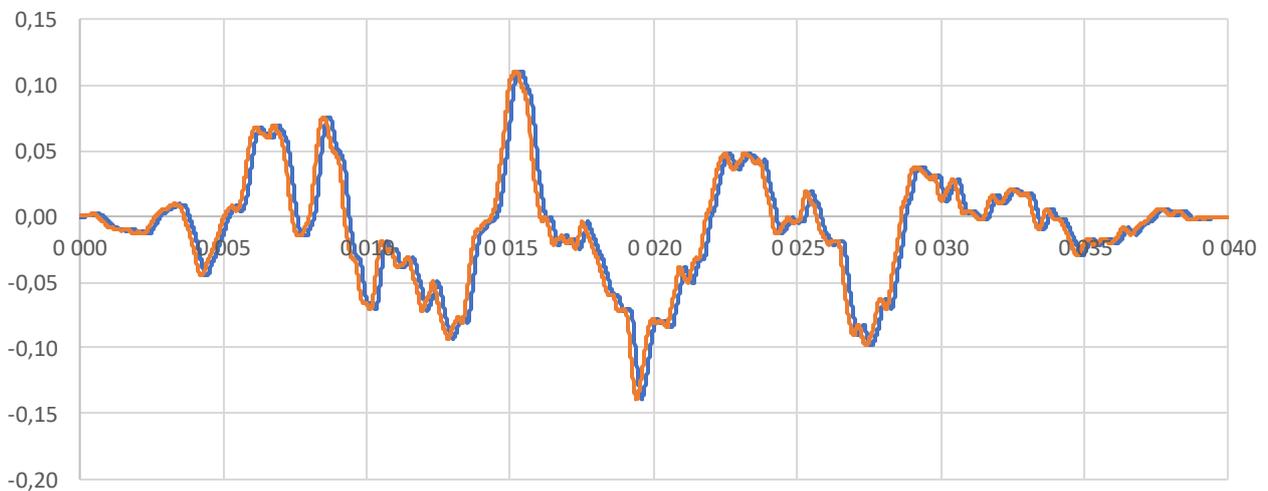
Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono

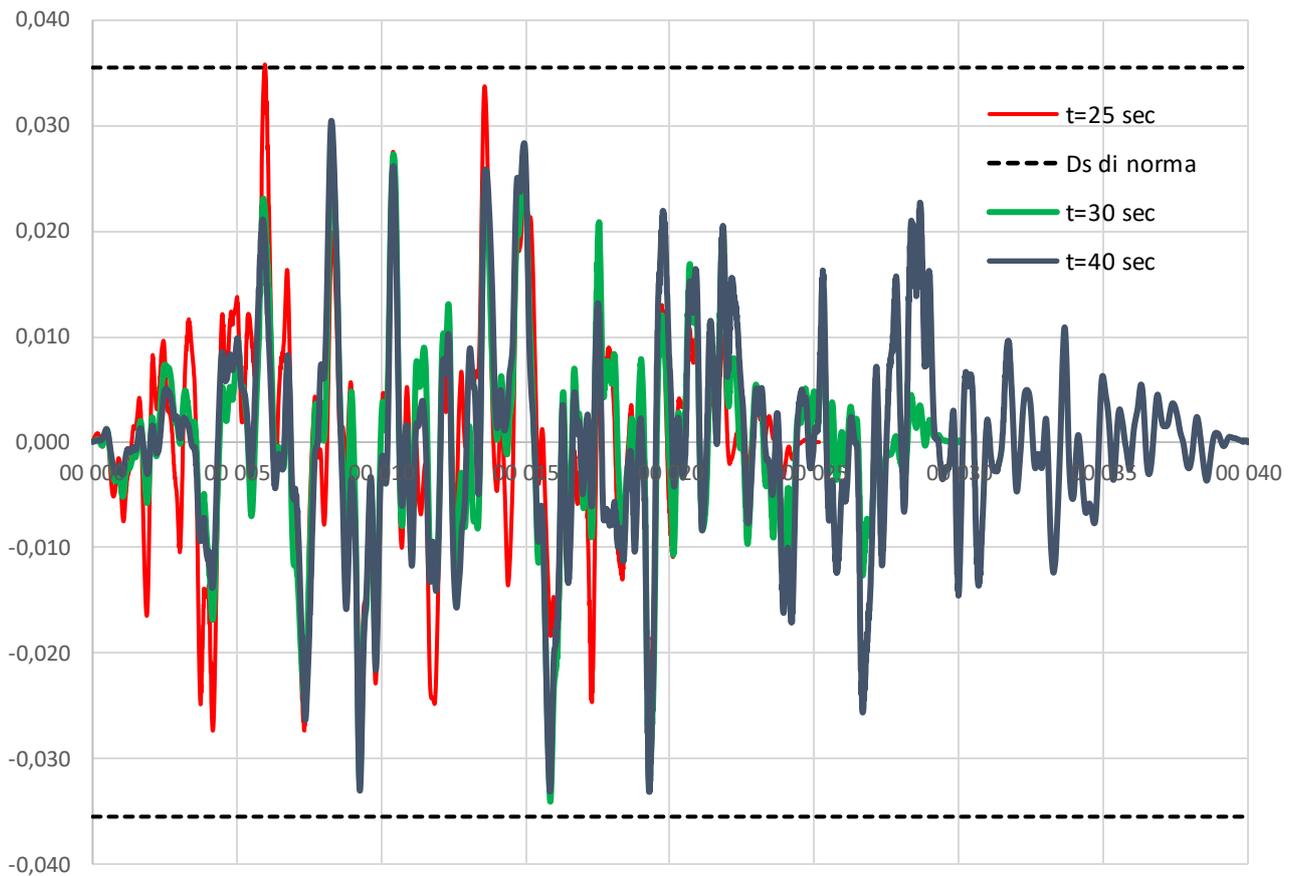


Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Riportando in un unico grafico il Δs è possibile tarare il tempo di sfasamento:

Delta in spostamento fra spostogrammi sfasati



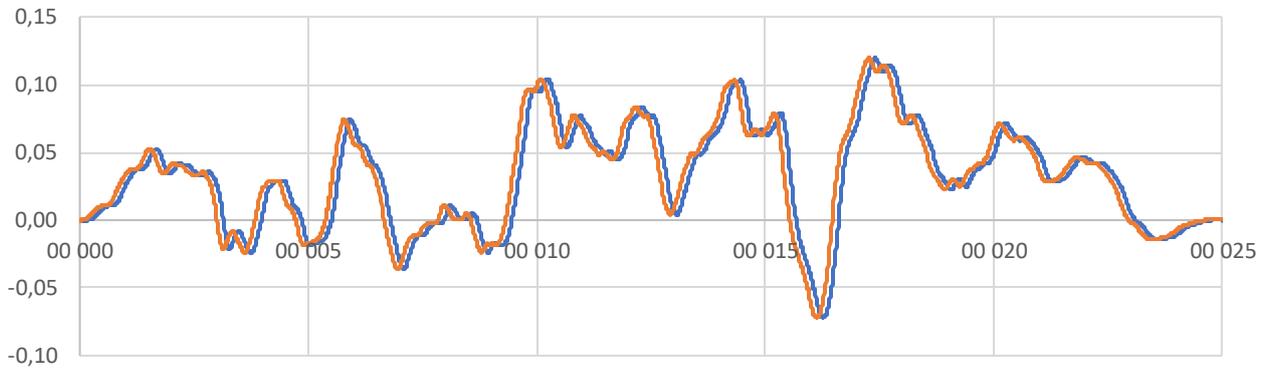
| | <i>Tempi di sfas. [s]</i> | <i>Δ max [m]</i> |
|-----------------|---------------------------|------------------------------------|
| <i>t=25 sec</i> | <i>0.13</i> | <i>0.0331</i> |
| <i>t=30 sec</i> | <i>0.13</i> | <i>0.0341</i> |
| <i>t=40 sec</i> | <i>0.13</i> | <i>0.0354</i> |

| | | | | | | |
|---|----------|-------|----------|-----------|------|----------|
| <i>Relazione di calcolo</i> <i>Definizione input sismici</i> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| | IA5F | 03 | CL | VI1000009 | A | 38 di 41 |

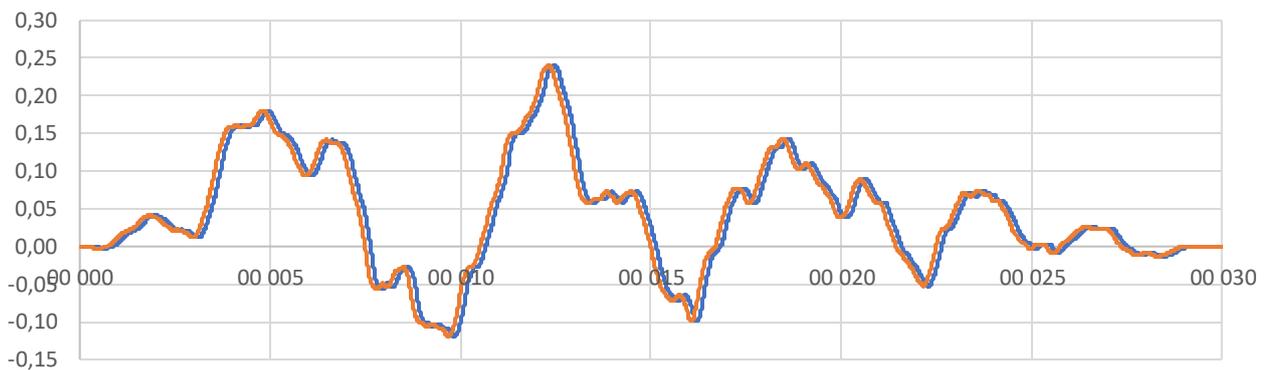
Terreno E

| | | | | |
|---|--------------|--------------|----------|-----------------|
| categoria di terreno | | E | | |
| periodo inizio tratto velocità costante | TC | 0.595 | s | |
| periodo tratto a spostamento costante | TD | 2.42 | s | |
| occf. categoria e topografia terreno | S | 1.437 | | |
| accelerazione orizzontale max al sito | ag | 0.205 | g | |
| spostamento massimo orizz. del terreno | dg | 0.104 | m | |
| spostamenti massimi terreno punto i | dji | 0.104 | m | |
| spostamenti massimi terreno punto j | dji | 0.104 | m | |
| velocità prop. onde di taglio nel terreno | vs | 180 | m/s | |
| distanza tra i punto i j (dist. Pile) | x | 30 | m | |
| per suoli differenti o distanza <20m | dij0 | 0 | m | |
| | dij, max | 0.184 | m | (3.2.13) |
| spost. relativo tra due punti dipendenti | di(x) | 0.057 | m | (3.2.14) |

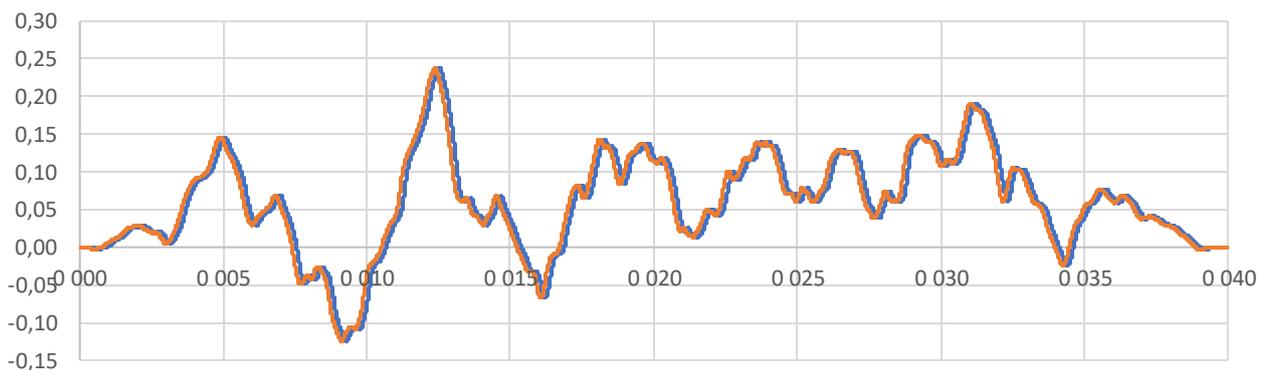
Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono

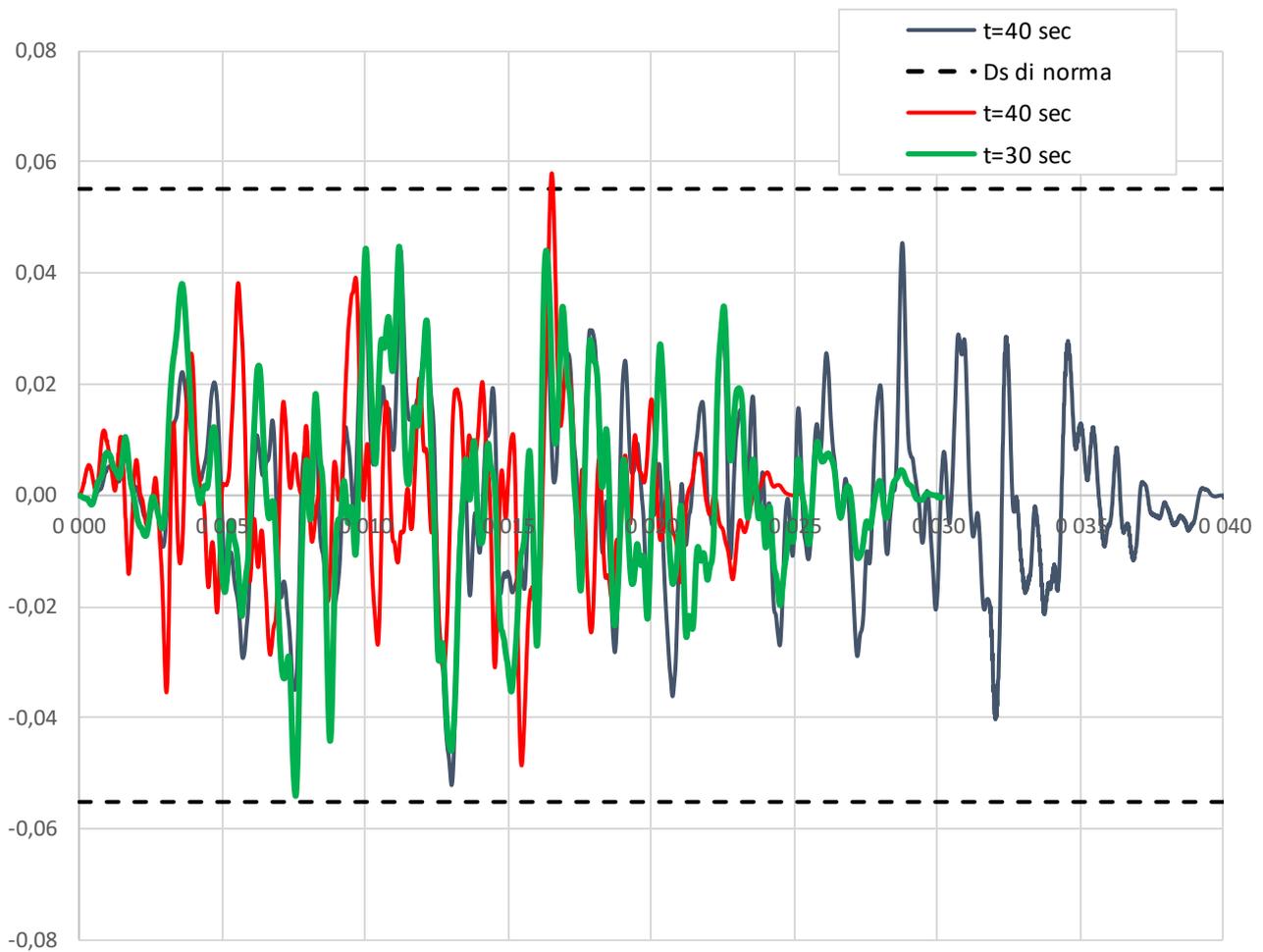


Definizione spostogrammi SLC per moto asincrono



Riportando in un unico grafico il Δs è possibile tarare il tempo di sfasamento:

Delta in spostamento fra spostogrammi



| | <i>Tempo di sfas. [s]</i> | <i>Δ max [m]</i> |
|-----------------|---------------------------|------------------|
| <i>t=25 sec</i> | 0.16 | 0.0580 |
| <i>t=30 sec</i> | 0.16 | 0.0541 |
| <i>t=40 sec</i> | 0.16 | 0.0522 |