



L'analisi dei meccanismi locali



MC4SOFTWARE



Il software che ti consente di valutare i meccanismi locali su edifici in muratura secondo l'analisi cinematica lineare e non lineare.

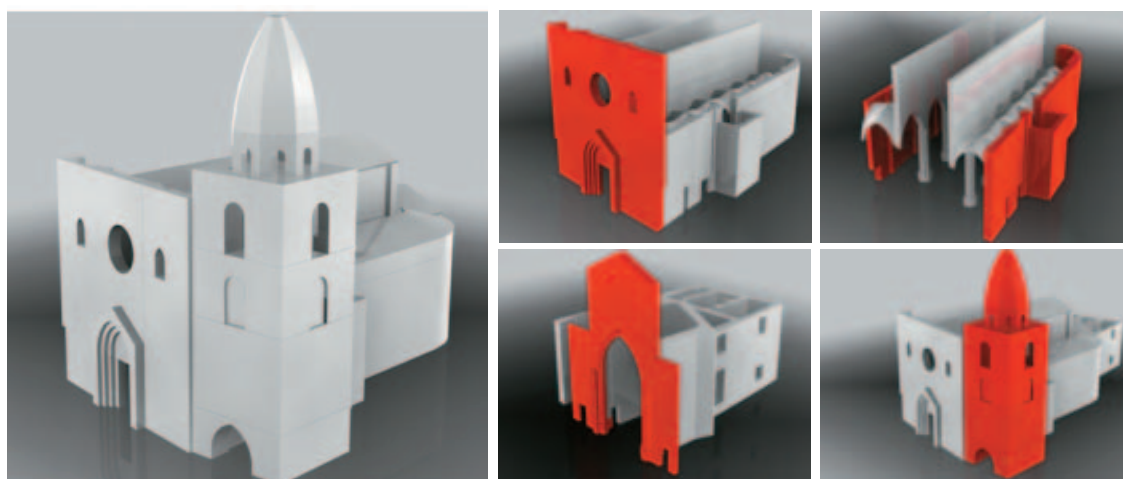
Il programma si pone l'obiettivo di analizzare la vulnerabilità sismica dei manufatti esistenti in muratura rispetto all'attivazione di meccanismi locali di collasso che risultano, anche in relazione agli ultimi eventi sismici, la modalità di danneggiamento più frequente e pericolosa per la sicurezza strutturale.

Oltre a verificare lo stato di sicurezza del manufatto rispetto allo stato di fatto (requisito fondamentale in un'ottica di miglioramento sismico), il programma è in grado di calcolare la riduzione di vulnerabilità a seguito di interventi di consolidamento, che possono essere progettati (quali il miglioramento dei collegamenti tramite catene metalliche o materiale FRP, nuovi ammassamenti tra le pareti, l'incremento delle caratteristiche meccaniche delle murature, ecc.).

Gli edifici esistenti in muratura, che rappresentano oltre 80% del patrimonio edilizio italiano, devono essere, infatti, verificati nei confronti dell'attivazione di meccanismi locali, come espressamente richiesto dal D.M. del 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e dalla relativa Circolare applicativa del 2 febbraio 2009 n°617, dal momento che la verifica globale non è sufficiente ed, in ogni caso, la sua attendibilità è subordinata alla verifica dei meccanismi locali.

Per moltissime tipologie di manufatti storici, inoltre, l'approccio connesso all'analisi limite dell'equilibrio risulta l'unico strumento di verifica applicabile (aggregati nei centri storici, edifici monumentali, patrimonio archeologico, palazzi caratterizzati da uno spiccato comportamento per parti). Per il patrimonio storico in genere, infatti, le soluzioni di continuità presenti costruttivamente all'interno dei manufatti determinano un comportamento strutturale che è caratterizzato in prevalenza da macroelementi tra loro indipendenti.

La recente DPCM del 9 febbraio 2011 "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008" (GU n. 47 del 26-2-2011 - Suppl. Ordinario n.54) consente, infatti, di effettuare l'analisi dell'intero manufatto attraverso lo sviluppo di modelli locali, sottolineando l'importanza e l'eshaustività di tale approccio.



Individuazione dei macro elementi

I modelli locali devono essere dedotti partendo dall'analisi del manufatto architettonico, in base alle sue caratteristiche costruttive ed alla sua reale geometria. Il ricorso a soluzioni che partono da una approssimativa modellazione del macroelemento non consente di fornire risultati affidabili nell'ottica della sicurezza strutturale.

Risulta molto importante in questo tipo di analisi la massima flessibilità nel identificare la porzione di fabbricato che si ritiene vulnerabile nei confronti di un azione sismica. In altri termini per identificare correttamente i macroelementi da analizzare è indispensabile avvalersi di un modellatore solido che non vincoli l'utente ad operare secondo gli elementi base del fabbricato (muri, solai etc.) ma garantisca la massima flessibilità proprio per tener conto delle diverse trasformazioni che possono avere interessato l'edificio e ne caratterizzano fortemente il comportamento strutturale.

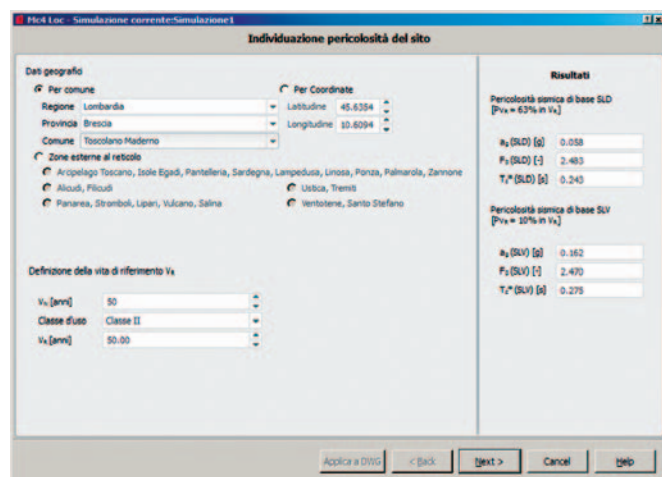


È per questo che il processo di analisi che viene proposto con Mc4Loc parte dalla modellazione 3D del manufatto che viene realizzata tramite il modellatore ACIS presente in AutoCAD del quale è applicativo. Il programma si installa, quindi, all'interno di AutoCAD e utilizza i modelli solidi 3D, che vengono creati dall'utente, come macroelementi da cui ricavare i baricentri, la massa, ecc. Le connessioni tra macroelementi ed il grado di vincolo sono, invece, rappresentati da simboli inseriti opportunamente.

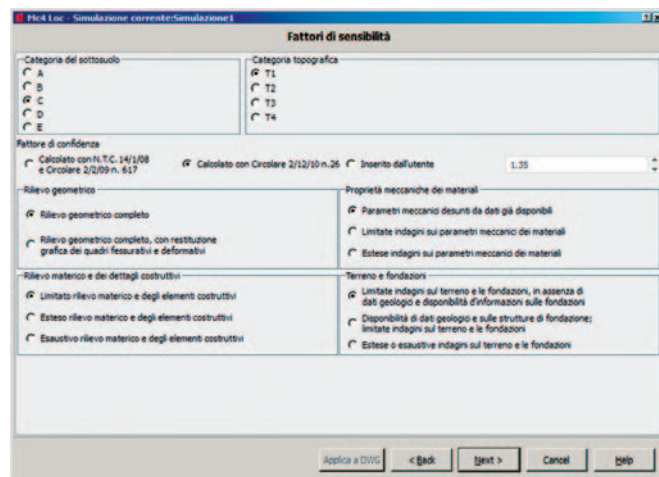
Input grafico del meccanismo di collasso

L'input dei dati avviene attraverso un assistente che guida l'utente passo passo.

In prima battuta si richiede l'individuazione della pericolosità del sito. Il programma mette a disposizione la mappa di pericolosità pubblicata sul D.M. 14 gennaio 2008. Si identifica il sito tramite coordinate geografiche che possono essere introdotte manualmente o in funzione del Comune in cui insiste il manufatto. Il programma determina la cella all'interno della quale cade la coppia latitudine-longitudine inserita e calcola i parametri di pericolosità rispetto lo stato limite di danno (SLD) e stato limite di salvaguardia della vita (SLV) tramite interpolazione lineare tenendo conto della vita nominale VN e del coefficiente d'uso CU del fabbricato. Sono inoltre richiesti la categoria del sottosuolo, la categoria topografica ed il fattore di confidenza.



Individuazione pericolosità del sito	
Dati geografici <input checked="" type="radio"/> Per comune Regione: Lombardia Provincia: Brescia Comune: Toscolano Maderno <input type="radio"/> Per Coordinate Latitudine: 45.5354 Longitudine: 10.5094	
Risultati Pericolosità sismica di base SLD $P_{SLD} = 63\% \text{ in } V_n$ $a_g(SLD) [g]$: 0.058 $F_g(SLD) [-]$: 2.483 $T_g^*(SLD) [s]$: 0.340 Pericolosità sismica di base SLV $P_{SLV} = 10\% \text{ in } V_n$ $a_g(SLV) [g]$: 0.352 $F_g(SLV) [-]$: 2.470 $T_g^*(SLV) [s]$: 0.275	



Fattori di sensibilità	
Categoria del sottosuolo <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E	Categoria topografica <input type="radio"/> T1 <input type="radio"/> T2 <input type="radio"/> T3 <input type="radio"/> T4
Fattore di confidenza <input type="radio"/> Calcolato con NTC 14/1/08 e Circolare 2/2/09 n. 617 <input checked="" type="radio"/> Calcolato con Circolare 2/12/10 n. 26 <input type="radio"/> Inserito dall'utente: 1.35	
Rilevo geometrico <input checked="" type="radio"/> Rilevo geometrico completo <input type="radio"/> Rilevo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformabili <input type="radio"/> Esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi <input type="radio"/> Esauritivo rilievo materico e degli elementi costruttivi	Proprietà meccaniche dei materiali <input checked="" type="radio"/> Parametri meccanici desunti da dati già disponibili <input type="radio"/> Limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali <input type="radio"/> Estese indagini sui parametri meccanici dei materiali

Successivamente è possibile creare tante simulazioni quante richieste dalla vulnerabilità di ogni singolo macroelemento. Ogni simulazione è caratterizzata dal disegno del macroelemento, caratterizzata da uno o più blocchi, dal sistema di coordinate, dai vincoli, interni od esterni, dalle forze che possono essere applicate (spinte di volte o carichi trasmessi da solai o coperture). Il programma, inoltre, consente di tenere in considerazione la presenza di eventuali presidi antisismici sia come elementi già presenti nello stato di fatto sia come eventuali interventi di miglioramento sismico: quali catene metalliche, fasciature in materiali polimerici, consolidamento della muratura, ecc...

Elenco simulazioni e definizione della simulazione corrente

Aggiungi Duplica Cancella

Elenco simulazioni

- ✓ Simulazione 1
- Simulazione 2 prog

Proprietà dell'elemento selezionato

Descrizione	Valore
Descrizione	Simulazione 1
Sistema Coordinate Simulazione	100 2:0.000 0:0.000 1:2.062 2:0.000
Direzione del sisma	<input checked="" type="radio"/> Concordo <input type="radio"/> Discordo
Origine (O)	px(0:0.000 1:0.000 2:0.000)
Asse Sisma (x)	px(0:0.725 1:0.000 2:0.000)
Asse Gravità (y)	py(0:0.000 1:2.062 2:0.000)
Quota piano campagna [m]	0.000
Altezza edificio [m]	11.504
T-Periodo fondamentale della struttura [s]	Valore imposto 0.31
Coefficiente partecipazione modale	Valore 1.200 N°Piani 0
Presenza di:	
Regioni esterne	<input type="checkbox"/>
Spostamenti che generano incompatibilità	<input type="checkbox"/>

Doppio click per rendere corrente la simulazione

I calcoli saranno effettuati considerando la scala corrente: Una unità AutoCAD = 1000.00 mm reali

Applica a DMS < Back > Next > Cancel Help

Definizione dei blocchi della simulazione corrente

Aggiungi blocco Cancella blocco

Elenco blocchi

- Blochi presenti nel progetto
- Blocchi della simulazione corrente

Descrizione	Valore
B1	
B2	
B3	
B4	
B5	
B6	
B7	

Proprietà dell'elemento selezionato

Descrizione	Valore
B1	
Baricentro [m]	x: 12.666 y: 3.718 z: 0.000
Materiale	Muratura in pietra a spacco con buona tessitura
Peso specifico [kN/m³]	21.00
Volume [m³]	7.84
Peso [kN]	164.67

Applica a DMS < Back > Next > Cancel Help

Definizione dei vincoli

Nuova Cerniera Cancella Cerniera

Elenco vincoli

- Cerniere
- Cerniera n°1
- Cerniera n°2
- Cerniera n°3
- Cerniera n°4
- Cerniera n°5
- Cerniera n°6
- Cerniera n°7
- Cerniera n°8
- Cerniera n°9
- Cerniera n°10
- Pendoli
- Bispendoli
- Appoggi

Proprietà dell'elemento selezionato

Descrizione	Valore
Cerniera n°1	
Punto d'inserimento [m]	1 y: -0.000 z: 0.000
Blocco 1	B1
Blocco 2	Assente

Selezionare: Un solo blocco se il vincolo è esterno; altrimenti selezionare DUE blocchi

Applica a DMS < Back > Next > Cancel Help

Definizione delle forze, dei pesi e delle catene della simulazione corrente

Nuovo PesoRi Cancella PesoRi

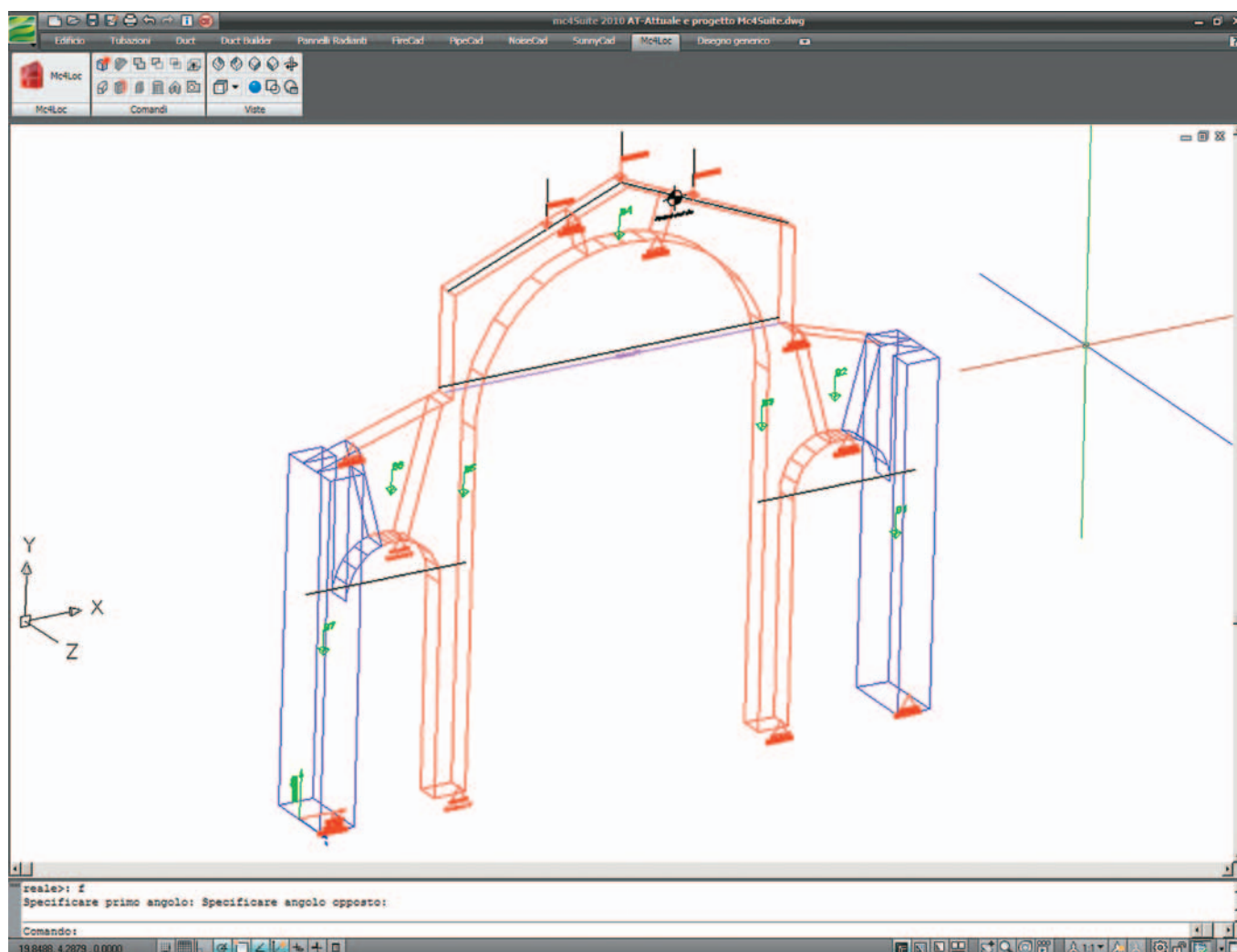
Elenco forze e catene

- Pesi applicati (Pi)
- Forza Ri n°1
- Forza Ri n°2
- Forza Ri n°3
- Pesi non applicati (Pj)
- Forze esterne (Ph)
- Catene

Proprietà dell'elemento selezionato

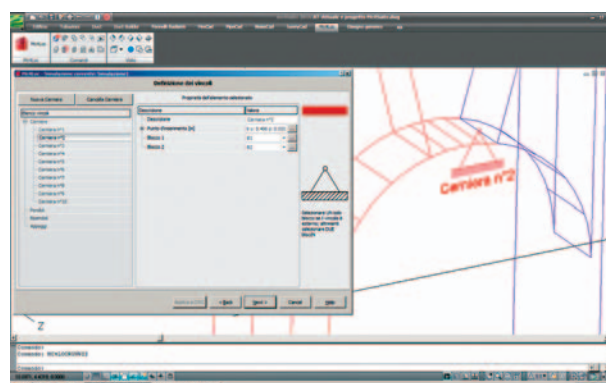
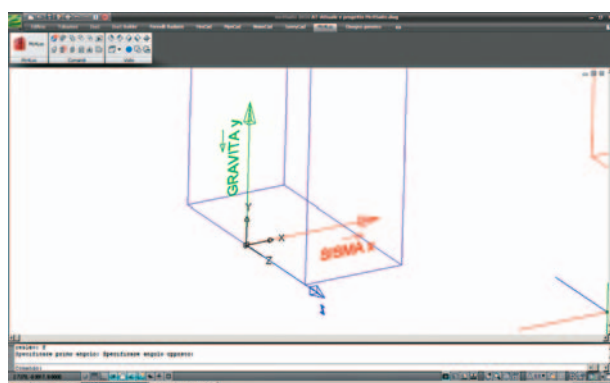
Descrizione	Valore
Forza Ri n°1	
Modulo forza [kN]	15.70
Azione persistente fino al collasso	<input checked="" type="checkbox"/>
Punto di applicazione [m]	y: 11.504 z: 0.000
Angoli di rotazione	PP: 0.000 Ri: 0.000
Blocco 1	B4

Applica a DMS < Back > Next > Cancel Help



Esempio di Simulazione composta da 7 blocchi, 10 cerniere, 3 forze peso ed una catena

La definizione dei parametri di progetto è estremamente semplice ed intuitiva. Ogni componente si inserisce attivando il pulsante corrispondente nella pagina del wizard. I dati richiesti sono generalmente precompilati o selezionabili da comode tendine che propongono le soluzioni più diffuse: le tipologie murarie (Circolare n° 617 del 2 febbraio 2009), i parametri meccanici degli acciai per catene, etc. La direzione ed il punto di applicazione dei vincoli e delle forze si inseriscono graficamente oppure se ne possono inserire le coordinate che sono sempre relative al sistema di coordinate della simulazione.



Posizione dei simboli relativa al sistema di coordinate.

Per facilitare la verifica di situazioni simili è possibile copiare le simulazioni, in modo da velocizzare le fasi di input, comuni ai diversi cinematismi di collasso ipotizzabili.

Output

Una volta configurato il sistema, il programma esegue le verifiche sia tramite l'approccio della cinematica lineare che non lineare e presenta i risultati nell'ultima pagina del wizard sottoforma numerica e grafica, evidenziando la curva di capacità e lo spettro adottato per la verifica in termini di spostamento.

Mc4Loc - Simulazione corrente: Simulazione1

Risultati dell'analisi (Z=0) Moltiplicatore Verifica S.L.V.

Risultati dell'analisi

Moltiplicatore di attivazione $\alpha_0 = 0.11$		Parametri dell'oscillatore equivalente $M^* = 46906.91 \text{ [kg]}$	
Spostamento finale (moltiplicatore di attivazione pari a 0) $d_{k,0} = 0.960 \text{ [m]}$		$e^* = 0.69$ $T_s = 1.404 \text{ [s]}$	

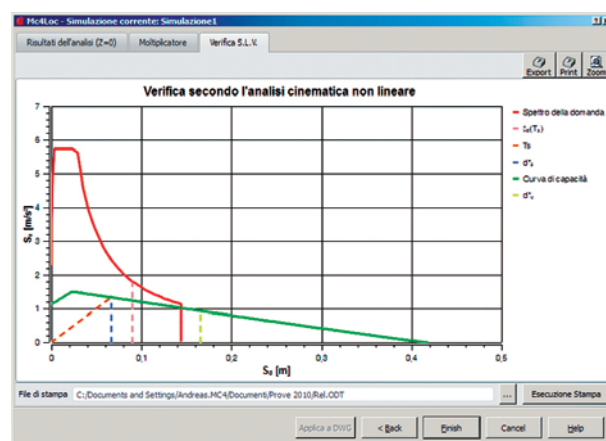
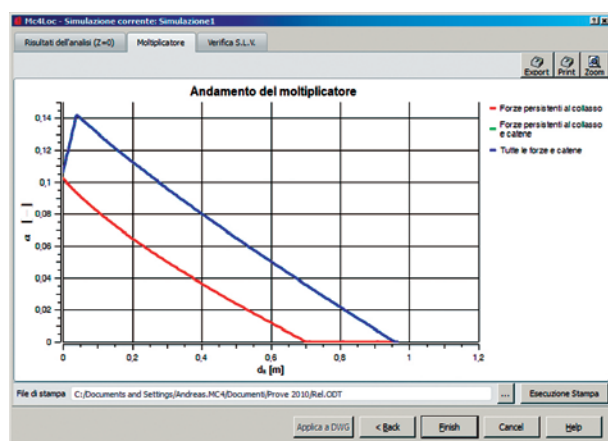
Verifica a stato limite di danno
 $\alpha_0^* \geq \alpha_0(P_{r,k}) \cdot S$
 $\alpha_0^* = 1.124 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $\alpha_{s,d} = 0.853 \text{ [m/s}^2\text{]}$ Stato: **Verificato**

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi cinematica lineare)
 $\alpha_0^* \geq \alpha_0(P_{r,k}) \cdot S/q$
 $\alpha_0^* = 1.124 \text{ [m/s}^2\text{]}$ $\alpha_{s,l} = 1.160 \text{ [m/s}^2\text{]}$ Stato: **Non Verificato**

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi cinematica non lineare)
 $d_u^* \geq S_{D5}(T_s)$
 $d_u^* = 0.166 \text{ [m]}$ $\Delta_c(T_s) = 0.090 \text{ [m]}$ Stato: **Verificato**

File di stampa: C:/Documents and Settings/Andreas.MC4/Documents/Prove 2010/Rel.ODT

Applica a DWG < Back Finish Cancel Help



I risultati possono essere, inoltre, inseriti all'interno di relazione tecnica che viene generata automaticamente e mette in evidenza i dati di input e di output di ogni singola simulazione

DATI GENERALI DI PROGETTO							
Località	Tuscolano Moderno						
Latitudine	45.6354						
Longitudine	10.6094						
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO							
Vita nominale - V_n [anni]	50						
Coefficiente d'uso - C_u	1						
Periodo di riferimento - V_r [anni]	50						
PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI							
	a_g [g]	F_g [-]	T_g [s]	T_R [anni]			
SLD	0.058	2.483	0.243	50			
SLV	0.162	2.470	0.275	475			
PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPETTRO (SLV)							
Z [m]	H [m]	γ [-]	T_1 [s]	S_1 [-]	T_2 [s]	T_3 [s]	T_0 [s]
0.000	11.504	1.2	0.310	1.46	0.147	0.442	2.248
CINEMATISMO							
Moltiplicatore di attivazione del cinematisismo - a_0						0.107	[-]
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore - $d_{0,0}$						0.960	[m]
Massa partecipante - M^*						46906.9	[kg]
Frazione di massa partecipante della struttura - e^*						0.689	[-]
Periodo secante - T_s						1.404	[s]

VERIFICHE			
VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO			
Formula	Parametri		
$a_0 \geq \frac{a_g(P_g)}{q} S = a_{SLD}$	a_0 [m/s ²]	a_{SLD} [m/s ²]	Stato
	1.124	0.853	Verificato
Verifica a stato limite di danno Soddisfatta			
VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)			
Formula	Parametri		
$a_0 \geq \frac{a_g(P_g)}{q} S = a_{SLV}$	a_0 [m/s ²]	a_{SLV} [m/s ²]	Stato
	1.124	1.160	Non Verificato
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) Non Soddisfatta			
VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)			
Formula	Parametri		
$d_0 \geq S_{Dn}(T_s) = \Delta_s(T_s)$	d_0 [m]	$\Delta_s(T_s)$ [m]	Stato
	0.166	0.090	Verificato
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) Soddisfatta			

Come si evince dalle immagini il programma esegue le seguenti verifiche:

- Verifica a stato limite di danno
- Verifica a stato limite di salvaguardia della vita tramite analisi lineare
- Verifica a stato limite di salvaguardia della vita tramite analisi non lineare

Versioni disponibili

Il prodotto è disponibile come applicativo di AutoCAD ed è compatibile con le versioni 2007-2011 sia a 32 bit che a 64 bit. Esiste inoltre la possibilità di averlo come componente di MC4Suite.



MC4SOFTWARE

Italia
Mc4Software Italia S.r.l.
Via Pio VII, 97
10135 Torino Italia
Tel. +39 011 3032370 - Fax +39 011 3032371
info@mc4software.com