



COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE

INTERVENTI PER MESSA IN SICUREZZA DI FABBRICATO PERICOLANTE
IN VIA LUNGOMONTE, 131 – LOC. MONTECALVOLI

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO **RE_03**

REV. a

FASCICOLO CALCOLI STRUTTURALI

NB.: IL CALCOLO E LA VERIFICA SONO STATI CONDOTTI SECONDO LE LINEE GUIDA ELABORATE DA "RELUIS" - SCHEDE ILLUSTRATIVE DEI PRINCIPALI MECCANISMI DI COLLASSO LOCALI NEGLI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA E DEI RELATIVI MODELLI CINEMATICI DI ANALISI.

VERIFICA CINEMATISMI LOCALI: RIBALTAMENTO PARETE

0.1. CARATTERISTICHE GENERALI

<i>Tipo di costruzione:</i>	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
<i>Classe d'uso:</i>	II	
<i>Categoria di sottosuolo:</i>	C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti
<i>Categoria topografica:</i>	T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$

Vita nominale:	$V_N >$	50
Coefficiente d'uso:	$C_U =$	1
Periodo di riferimento:	$V_R = C_U \cdot V_N =$	50
Coefficiente di amplificazione topografica:	$S_T =$	1
Numero di piani:	$N =$	3
Coefficiente di partecipazione modale:	$\gamma_m = 3N/(2N+1) =$	1,29
Coefficiente di struttura per muratura:	$\gamma_s =$	2
Coefficiente di struttura:	$q =$	2

0.2. PRIMO PERIODO DI VIBRAZIONE DELLA STRUTTURA

Altezza fabbricato:	$H =$	10	m
Tipo di struttura:	altro tipo di struttura		
Coefficiente C1:	$C_1 =$	0,05	
Primo periodo di vibrazione della struttura:	$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4} =$	0,28	sec

0.3. PARAMETRI RELATIVI ALLA LOCALITA' IN OGGETTO

Valori tempi di ritorno T_R in base allo stato limite SLV, dell'accelerazione orizzontale massima al sito a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 , del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C^* , e del coefficiente funzione del sottosuolo C_C .

TABELLA RIEPILOGATIVA

		per $P_{VR}=10\%$			$T_R = 9,50 \cdot V_R$	
Stati Limite Ultimo	SLV	T_R	a_g/g	F_0	T_C^*	C_C
		475	0,141	2,477	0,24	1,68

PERIODI DI RIFERIMENTO DELLA CURVA IN OGGETTO:

$T_B =$	$T_C/3 =$	0,1345
$T_C =$	$C_C \cdot T_C^* =$	0,4036
$T_D =$	$(4 \cdot a_g/g) + 1,6 =$	2,164

0.4. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI

Cautelativamente si considera lo spettro riferito al periodo di riferimento compreso tra T_B e T_C

$$S_S = 1,49$$

coefficiente di amplificazione stratigrafica

$$S = S_S \cdot S_T = 1,49045$$

coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$$\xi \eta = \sqrt{10^{5\%} (5 + \xi)} = 1$$

coeff. di smorz. viscoso convenzionale
fattore che altera lo spettro elastico

Se

$$0 \leq T_1 < T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

Se

$$T_B \leq T_1 < T_C$$

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

Se

$$T_C \leq T_1 < T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

Se

$$T_D \leq T_1$$

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

Da cui:

$$S_e(T_1) = 5,11$$

PARETE 1 "STATO ATTUALE", CATENA ESTERNA TRASV.

Quota punto di ribaltam. a p. terra rispetto alle fond.:	Z _{b1} =	0,0	m
Quota punto di ribaltam. a p. primo rispetto alle fond.:	Z _{b2} =	3,2	m
Quota punto di ribaltam. a p. secon. rispetto alle fond.:	Z _{b3} =	6,4	m
Altezza fabbricato:	h _f =	10,0	m
Larghezza del setto:	a =	2,0	m
Angolo di crisi:	β =	30	°
Numero pareti di spina:	n _{sp} =	1	

1 .1. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO TERRA, "STATO ATTUALE"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:					LC 1	
					F _c	
Fattore di Confidenza:					= 1,35	
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0	
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0	
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	•	1,0	= 24,8	kg/cm ²
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58	•	1,0	= 0,58	kg/cm ²
Peso specifico parete:	w =	1.850				kg/m ³
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2				kg/cm ²
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21				kg/cm ²
Spessore parete sul prospetto:	s ₁ =	0,35				m
Altezza parete dalla base:	h ₁ =	3,2				m
Peso proprio della parete sul prospetto:	W ₁ =	4144				kg
Baricentro parete sul prospetto dalla base:	Z _{g1} =	1,6				m
Spessore parete di spina:	s _{sp1} =	0,35				m
Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:	$W_{spA} = n_{sp} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot tg(\beta) \right) \cdot s_{sp1} \cdot w$					= 888 kg
Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:	$z_{spt1} = \frac{2}{3} \cdot h_1$ $x_{spt1} = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot tg(\beta)$					= 2,13 m = 0,29 m

1 .2. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO PRIMO, "STATO ATTUALE"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:					LC 1	
					F _c	
Fattore di Confidenza:					= 1,35	
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0	
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0	
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	•	1,0	= 24,8	kg/cm ²
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58		1,0	= 0,58	kg/cm ²

Peso specifico parete:	w =	1.850	kg/m ³
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2	kg/cm ²
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21	kg/cm ²

Spessore parete sul prospetto:	s ₂ =	0,35	m
Altezza parete dalla base:	h ₂ =	3,2	m
Peso proprio della parete sul prospetto:	W ₂ =	4144	kg
Baricentro parete sul prospetto dalla base:	Z _{g2} =	4,8	m
Spessore parete di spina:	s _{sp2} =	0,35	m

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$W_{sp2} = n_{sp} \cdot \left[(h_1 \cdot \operatorname{tg}(\beta)) \cdot h_2 + \frac{h_2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\beta) \right] \cdot s_{sp2} \cdot w = 2665 \text{ kg}$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$W_{spp2} = n_{sp} \cdot \left(\frac{h_2^2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\beta) \right) \cdot s_{sp2} \cdot w = 888 \text{ kg}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$z_{spr2} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_2^2 + h_2 \cdot h_1}{h_2 + 2 \cdot h_1} + h_1 = 4,98 \text{ m}$$

$$x_{spr2} = \frac{\left(h_1^2 + h_1 \cdot h_2 + \frac{2}{3} \cdot h_2^2 \right) \cdot \operatorname{tg}(\beta)}{2 \cdot h_1 + h_2} = 0,76 \text{ m}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$z_{spp2} = \frac{2}{3} \cdot h_2 = 2,13 \text{ m}$$

$$x_{spp2} = \frac{1}{3} \cdot h_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta) = 0,29 \text{ m}$$

1 .3. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO SECONDO, "STATO ATTUALE"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:				LC	1
Fattore di Confidenza:				F _c	= 1,35
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	kg/cm ²	•	1,0 = 24,8
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58	kg/cm ²	•	1,0 = 0,58
Peso specifico parete:	w =	1.850	kg/m ³		
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2	kg/cm ²		
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21	kg/cm ²		

Spessore parete sul prospetto: $s_3 = 0,35$ m
 Altezza parete dalla base: $h_3 = 3,6$ m
 Peso proprio della parete sul prospetto: $W_3 = 4662$ kg
 Baricentro parete sul prospetto dalla base: $Z_{g3} = 8,2$ m
 Spessore parete di spina: $S_{sp3} = 0,35$ m

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$W_{sp\delta} = n_{sp} \cdot \left[(h_1 + h_2) \cdot tg(\beta) \cdot h_3 + \frac{h_3^2}{2} \cdot tg(\beta) \right] \cdot s_{sp\delta} \cdot w = 5122 \text{ kg}$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$W_{sp\beta} = n_{sp} \cdot \left[(h_2 \cdot tg(\beta)) \cdot h_3 + \frac{h_3^2}{2} \cdot tg(\beta) \right] \cdot s_{sp\beta} \cdot w = 3123$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano secondo:

$$W_{sp\alpha} = n_{sp} \cdot \left(\frac{h_3}{2} \cdot tg(\beta) \right) \cdot s_{sp\alpha} \cdot w = 1124$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$z_{sp\delta} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_3^2 + h_3 \cdot (h_2 + h_1)}{h_3 + 2 \cdot (h_2 + h_1)} + (h_1 + h_2) = 8,33 \text{ m}$$

$$x_{sp\delta} = \frac{\left[(h_1 + h_2)^2 + (h_1 + h_2) \cdot h_3 + \frac{2}{3} \cdot h_3^2 \right] \cdot tg(\beta)}{2 \cdot (h_1 + h_2) + h_3} = 1,19 \text{ m}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$z_{sp\beta} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_3^2 + h_3 \cdot h_2}{h_3 + 2 \cdot h_2} + h_2 = 5,22 \text{ m}$$

$$x_{sp\beta} = \frac{\left(h_2^2 + h_2 \cdot h_3 + \frac{2}{3} \cdot h_3^2 \right) \cdot tg(\beta)}{2 \cdot h_2 + h_3} = 0,81$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano secondo:

$$z_{sp\alpha} = \frac{2}{3} \cdot h_3 = 2,40 \text{ m}$$

$$x_{sp\alpha} = \frac{1}{3} \cdot h_3 \cdot tg(\beta) = 0,32 \text{ m}$$

1 .4. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO PRIMO, "STATO ATTUALE"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{11}

Totale
 $G_{11} = 250 \text{ kg/m}^2$

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{12}

Totale
 $G_{12} = 300 \text{ kg/m}^2$

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{11}

$$\begin{array}{l} \text{Totale} \\ Q_{11} = 200 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

Carichi totali P_G

$$\begin{array}{l} \text{Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.)} \quad h_{s1} = 3,2 \text{ m} \\ \text{Lunghezza di influenza del carico:} \quad d_1 = h_{s1} \cdot \text{tg}(\beta) = 0,86 \text{ m} \\ \text{Area di influenza carico:} \quad S = d_1 \cdot a = 1,7 \text{ m}^2 \\ \text{Totale } P_{G1} = G_{11} \cdot S = 429 \text{ kg} \\ \text{Totale } P_{G2} = G_{12} \cdot S = 514 \text{ kg} \\ \text{Totale } P_{Q1} = Q_{11} \cdot S = 343 \text{ kg} \end{array}$$

Categoria azione variab.: **Ambienti ad uso residenziale**

Coefficienti di combinazione per azioni variabili:
per combinazioni quasi permanenti $\psi_2 = 0,3$

$$\begin{array}{l} \text{Eccentricità carichi verticali:} \quad e_1 = 0,2333 \text{ m} \\ \text{Inclinazione solaio:} \quad i = 0 \\ \quad \quad \quad \alpha = 0,0^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Carico da solaio:} \quad P_1 = (P_{G11} + P_{G12} + \psi_2 \cdot P_{Q11}) \cdot \cos(\alpha) = 1046,1 \text{ kg} \\ \text{Spinta da solaio:} \quad S_{\text{tot1}} = (P_{G11} + P_{G12} + \psi_2 \cdot P_{Q11}) \cdot \sin(\alpha) = 0 \text{ kg} \end{array}$$

1 .5. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO SECONDO, "STATO ATTUALE"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{21}

$$\begin{array}{l} \text{Totale} \\ G_{21} = 250 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{22}

$$\begin{array}{l} \text{Totale} \\ G_{22} = 300 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{21}

$$\begin{array}{l} \text{Totale} \\ Q_{21} = 200 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

Carichi totali P_G

$$\begin{array}{l} \text{Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.)} \quad h_{s2} = 6,4 \text{ m} \\ \text{Lunghezza di influenza del carico:} \quad d_2 = h_{s2} \cdot \text{tg}(\beta) = 1,71 \text{ m} \\ \text{Area di influenza carico:} \quad S = d_2 \cdot a = 3,4 \text{ m}^2 \\ \text{Totale } P_{G1} = G_{21} \cdot S = 857 \text{ kg} \\ \text{Totale } P_{G2} = G_{22} \cdot S = 1.029 \text{ kg} \\ \text{Totale } P_{Q1} = Q_{21} \cdot S = 686 \text{ kg} \end{array}$$

Categoria azione variab.: **Ambienti ad uso residenziale**

Coefficienti di combinazione per azioni variabili:
per combinazioni quasi permanenti $\psi_2 = 0,3$

$$\begin{array}{l} \text{Eccentricità carichi verticali:} \quad e_2 = 0,2333 \text{ m} \\ \text{Inclinazione solaio:} \quad i = 0 \\ \quad \quad \quad \alpha = 0,0^\circ \end{array}$$

Carico da solaio: $P_2 = (P_{G21} + P_{G22} + \psi_2 \cdot P_{Q21}) \cdot \cos(\alpha) = 2092,1 \text{ kg}$
 Spinta da solaio: $S_{tot2} = (P_{G21} + P_{G22} + \psi_2 \cdot P_{Q21}) \cdot \sin(\alpha) = 0 \text{ kg}$

1 .6. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO TERZO, "STATO ATTUALE"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{31}

Totale $G_1 = 500 \text{ kg/m}^2$

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{32}

Totale $G_2 = 100 \text{ kg/m}^2$

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{31}

Totale $Q_1 = 100 \text{ kg/m}^2$

Carichi totali P_G

Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.) $h_{s3} = 10,0 \text{ m}$
 Lunghezza di influenza del carico: $d_3 = h_{s3} \cdot \text{tg}(\beta) = 2,68 \text{ m}$
 Area di influenza carico: $S = d_3 \cdot a = 5,4 \text{ m}^2$
 Totale $P_{G1} = G_{31} \cdot S = 2.679 \text{ kg}$
 Totale $P_{G2} = G_{32} \cdot S = 536 \text{ kg}$
 Totale $P_{Q1} = Q_{31} \cdot S = 536 \text{ kg}$

Categoria azione variab.:	Ambienti ad uso residenziale
Coefficienti di combinazione per azioni variabili: per combinazioni quasi permanenti	$\psi_2 = 0,3$

Eccentricità carichi verticali: $e_3 = 0,2333 \text{ m}$
 Inclinazione solaio: $i = 0$
 $\alpha = 16,7^\circ$

Carico da solaio: $P_3 = (P_{G31} + P_{G32} + \psi_2 \cdot P_{Q31}) \cdot \cos(\alpha) = 3340,4 \text{ kg}$
 Spinta da solaio: $S_{tot3} = (P_{G31} + P_{G32} + \psi_2 \cdot P_{Q31}) \cdot \sin(\alpha) = 490,26 \text{ kg}$

1 .7. TIRANTE IN ACCIAIO "STATO ATTUALE":

Tensione di snervamento acciaio: $f_{yk} = 2.400 \text{ kg/cm}^2$
 Al fine di evitare un eccessivo allungamento della catena si preferisce limitare la tensione della catena ad 1/3 di quella di snervamento
 Tensione limite della catena: $f_{yk}/3 = 800 \text{ kg/cm}^2$
 Coefficiente di sicurezza in condizioni sismiche: $\gamma_s = 1$
 Area resistente tirante piano primo: $A_{s1} = 0,00 \text{ cm}^2$
 Tiro esercitato dal tirante piano primo: $T_1 = 0 \text{ kg}$
 Area resistente tirante piano secondo: $A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2$
 Tiro esercitato dal tirante piano secondo: $T_2 = 0 \text{ kg}$
 Area resistente tirante piano copertura: $A_{s3} = 0,00 \text{ cm}^2$
 Tiro esercitato dal tirante piano copertura: $T_3 = 0 \text{ kg}$

1 .8. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO TERRA "STATO ATTUALE":

Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento:	$f_d =$	$9,2$	kg/cm^2
Arretramento del polo di rotazione:	$t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{spti}) / (3 \cdot f_d \cdot a)$	$=$	$0,1022$ m
Momento ribaltante 1:	$M_{rib1} = (\sum P_i \cdot h_{si} + \sum W_i \cdot z_{gi} + \sum W_{spti} \cdot z_{spti})$	$=$	17272 3 kg·m
Momento ribaltante 2:	$M_{rib2} = (\sum S_{tot,i} \cdot h_{si})$	$=$	$4902,6$ kg·m
Momento stabilizzante:	$M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{spti} \cdot x_{spti} + \sum T_i \cdot h_{s,i}$	$=$	10156 kg·m

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = 0,0304$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$d_{x,P3}$	$=$	1	$=$	$(h_1 + h_2 + h_3) \cdot \theta$	$=$	$0,1$
da cui:				θ	$=$	$0,1$
$d_{x,P2}$	$=$	$(h_1 + h_2) \cdot \theta$	$=$	$0,64$		
$d_{x,P1}$	$=$	$h_1 \cdot \theta$	$=$	$0,32$		
$d_{x,W3}$	$=$	$(h_1 + h_2 + h_3/2) \cdot \theta$	$=$	$0,82$		
$d_{x,W2}$	$=$	$(h_1 + h_2/2) \cdot \theta$	$=$	$0,48$		
$d_{x,W1}$	$=$	$(h_1/2) \cdot \theta$	$=$	$0,16$		
$d_{x,Wsp3}$	$=$	$(h_1 + h_2 + h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta$	$=$	$0,88$		
$d_{x,Wsp2}$	$=$	$(h_1 + h_2 \cdot 2/3) \cdot \theta$	$=$	$0,5333$		
$d_{x,Wsp1}$	$=$	$(h_1 \cdot 2/3) \cdot \theta$	$=$	$0,2133$		

Massa partecipante al cinematismo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{spti} \cdot d_{x,Wspti})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{spti} \cdot d_{x,Wspti}^2) = 23199 \text{ kg}$$

Frazione di massa partecipante della struttura: $e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{spti}) = 0,8255$

Accelerazione sismica spettrale: $a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC) = 0,0273 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido: $a_{1r} = a_g \cdot S/q = 0,1051 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo deform.: $a_{1d} = S_e(T) \cdot z_{b1} \cdot \gamma_m / (H_r \cdot q) = 0 \cdot g$

Massima accelerazione richiesta: $a_1^* = \max(a_{1r}; a_{1d}) = 0,1051 \cdot g$

Coefficiente di sicurezza: $\eta = a_0^* / a_1^* = 0,2597$

VERIFICA A RIBALTAMENTO NON SODDISFATTA

Accelerazione al suolo sostenibile SLV: $PGA_{ds1} = \eta \cdot a_g / g = 0,0366$

1 .9. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO PRIMO "STATO ATTUALE":

Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento:	$f_d =$	$9,2$	kg/cm^2
Arretramento del polo di rotazione:	$t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{sppi}) / (3 \cdot f_d \cdot a)$	$=$	$0,0664$ m
Momento ribaltante 1:	$M_{rib1} = \sum P_i \cdot (h_{si} - z_{b2}) + \sum W_i \cdot (z_{gi} - z_{b2}) + \sum W_{sppi} \cdot z_{sppi}$	$=$	77534 kg·m

$$\begin{aligned} \text{Momento ribaltante 2:} & M_{rib2} = (\sum S_{tot,i} \cdot (h_{si} - z_{b2})) = 3333,8 \text{ kg} \cdot \text{m} \\ \text{Momento stabilizzante:} & M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{sppi} \cdot x_{sppi} + \sum T_i \cdot h_{s,i} = 4639,7 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = 0,0168$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$$\begin{aligned} d_{x,P3} &= 1 \\ \text{da cui:} & \\ & (h_2 + h_3) \cdot \theta = 0,1471 \\ d_{x,P2} &= (h_2) \cdot \theta = 0,4706 \\ d_{x,W3} &= (h_2 + h_3/2) \cdot \theta = 0,7353 \\ d_{x,W2} &= (h_2/2) \cdot \theta = 0,2353 \\ d_{x,Wsp3} &= (h_2 + h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta = 0,8235 \\ d_{x,Wsp2} &= (h_2 \cdot 2/3) \cdot \theta = 0,3137 \end{aligned}$$

Massa partecipante al cinematismo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{sppi} \cdot d_{x,Wspi})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{sppi} \cdot d_{x,Wspi}^2) = 15305 \text{ kg}$$

$$\text{Frazione di massa partecipante della struttura:} \quad e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{spi}) = 0,8387$$

$$\text{Accelerazione sismica spettrale:} \quad a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC) = 0,0149 \cdot g$$

$$\text{Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido:} \quad a_{1r} = a_g \cdot S/q = 0,1051 \cdot g$$

$$\text{Accelerazione richiesta SLV su corpo deform:} \quad a_{1d} = S_e(T) \cdot Z_{b2} \cdot \gamma_m / (H_f \cdot q) = 0,1071 \cdot g$$

$$\text{Massima accelerazione richiesta:} \quad a_1^* = \max(a_{1r}, a_{1d}) = 0,1071 \cdot g$$

$$\text{Coefficiente di sicurezza:} \quad \eta = a_0^* / a_1^* = 0,1389$$

VERIFICA A RIBALTAMENTO NON SODDISFATTA

$$\text{Accelerazione al suolo sostenibile SLV:} \quad PGA_{ds1} = \eta \cdot a_g/g = 0,0196$$

1 .10. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO SECONDO "STATO ATTUALE":

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento:} \quad f_d = 9,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Arretramento del polo di rotazione:} \quad t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{spsi}) / (3 \cdot f_d \cdot a) = 0,0332 \text{ m}$$

$$\text{Momento ribaltante 1:} \quad M_{rib1} = \sum P_i \cdot (h_{si} - z_{b2}) + \sum W_i \cdot (z_{gi} - z_{b2}) + \sum W_{spsi} \cdot z_{spsi} = 23115 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Momento ribaltante 2:} \quad M_{rib2} = (\sum S_{tot,i} \cdot (h_{si} - z_{b3})) = 1764,9 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Momento stabilizzante:} \quad M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{spsi} \cdot x_{spsi} + \sum T_i \cdot h_{s,i} = 1691,2 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = -0,003$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$$d_{x,P3} = 1 = h_3 \cdot \theta$$

da cui:

$$\theta = 0,2778$$

$$d_{x,W3} = (h_3/2) \cdot \theta = 0,5$$

$$d_{x,Wsp3} = (h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta = 0,6667$$

Massa partecipante al cinematismo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{spsi} \cdot d_{x,Wspi})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{spsi} \cdot d_{x,Wspi}^2) = 8236,4 \text{ kg}$$

Frazione di massa partecipante della struttura: $e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{spsi}) = 0,9025$

Accelerazione sismica spettrale: $a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC) = -0,003 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido: $a_{1r} = a_g \cdot S/q = 0,1051 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo deform: $a_{1d} = S_e(T) \cdot Z_{b3} \cdot \gamma_m / (H_f \cdot q) = 0,2142 \cdot g$

Massima accelerazione richiesta: $a_1^* = \max(a_{1r}, a_{1d}) = 0,2142 \cdot g$

Coefficiente di sicurezza: $\eta = a_0^* / a_1^* = -0,012$

VERIFICA A RIBALTAMENTO NON SODDISFATTA

Accelerazione al suolo sostenibile SLV: $PGA_{ds1} = \eta \cdot a_g/g = -0,002$

PARETE 1 "STATO MODIFICATO", CATENA ESTERNA TRASV.

1 .11. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO TERRA, "STATO MODIFICATO"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:					LC 1
Fattore di Confidenza:					F _c = 1,35
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	kg/cm ² •	1,0	= 24,8 kg/cm ²
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58	kg/cm ² •	1,0	= 0,58 kg/cm ²
Peso specifico parete:	w =	1.850	kg/m ³		
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2	kg/cm ²		
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21	kg/cm ²		
Spessore parete sul prospetto:	s ₁ =	0,35	m		
Altezza parete dalla base:	h ₁ =	3,2	m		
Peso proprio della parete sul prospetto:	W ₁ =	4144	kg		
Baricentro parete sul prospetto dalla base:	Z _{g1} =	1,6	m		
Spessore parete di spina:	S _{sp1} =	0,35	m		

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$W_{sp1} = n_{sp} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_1 \cdot tg(\beta) \right) \cdot s_{sp1} \cdot w = 888 \text{ kg}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$z_{spr1} = \frac{2}{3} \cdot h_1 = 2,13 \text{ m}$$

$$x_{spr1} = \frac{1}{3} \cdot h_1 \cdot tg(\beta) = 0,29 \text{ m}$$

1 .12. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO PRIMO, "STATO MODIFICATO"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:					LC 1
Fattore di Confidenza:					F _c = 1,35
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	kg/cm ² •	1,0	= 24,8 kg/cm ²
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58	kg/cm ² •	1,0	= 0,58 kg/cm ²
Peso specifico parete:	w =	1.850	kg/m ³		
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2	kg/cm ²		
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21	kg/cm ²		
Spessore parete sul prospetto:	s ₂ =	0,35	m		
Altezza parete dalla base:	h ₂ =	3,2	m		
Peso proprio della parete sul prospetto:	W ₂ =	4144	kg		
Baricentro parete sul prospetto dalla base:	Z _{g2} =	4,8	m		
Spessore parete di spina:	S _{sp2} =	0,35	m		

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$W_{sp2} = n_{sp} \cdot \left[(h_1 \cdot \text{tg}(\beta)) \cdot h_2 + \frac{h_2^2}{2} \cdot \text{tg}(\beta) \right] \cdot s_{sp2} \cdot w = 2665 \text{ kg}$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$W_{spp2} = n_{sp} \cdot \left(\frac{h_2}{2} \cdot \text{tg}(\beta) \right) \cdot s_{sp2} \cdot w = 888 \text{ kg}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$z_{spr2} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_2^2 + h_2 \cdot h_1}{h_2 + 2 \cdot h_1} + h_1 = 4,98 \text{ m}$$

$$x_{spr2} = \frac{\left(h_1^2 + h_1 \cdot h_2 + \frac{2}{3} \cdot h_2^2 \right) \cdot \text{tg}(\beta)}{2 \cdot h_1 + h_2} = 0,76$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$z_{spp2} = \frac{2}{3} \cdot h_2 = 2,13 \text{ m}$$

$$x_{spp2} = \frac{1}{3} \cdot h_2 \cdot \text{tg}(\beta) = 0,29 \text{ m}$$

1 .13. CARATTERISTICHE DELLA PARETE A PIANO SECONDO, "STATO MODIFICATO"

Muratura esistente mista in pietrame, mattoni pieni e malta di calce (valori Tab C8.5.I):

Livelli di conoscenza:				LC	1
Fattore di Confidenza:				F _c	1,35
Coefficiente correttivo per f _m e τ ₀ :					1,0
Coefficiente correttivo per G e E:					1,0
Resistenza media a compressione:	f _m =	24,8	kg/cm ² •	1,0	= 24,8 kg/cm ²
Resistenza media a taglio:	τ ₀ =	0,58	kg/cm ² •	1,0	= 0,58 kg/cm ²
Peso specifico parete:	w =	1.850	kg/m ³		
Resistenza di calcolo a compressione:	f _d =	9,2	kg/cm ²		
Resistenza di calcolo a taglio:	f _{v0} =	0,21	kg/cm ²		

Spessore parete sul prospetto: s₃ = 0,35 m

Altezza parete dalla base: h₃ = 3,6 m

Peso proprio della parete sul prospetto: W₃ = 4662 kg

Baricentro parete sul prospetto dalla base: Z_{g3} = 8,2 m

Spessore parete di spina: s_{sp3} = 0,35 m

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$W_{sp3} = n_{sp} \cdot \left[(h_1 + h_2) \cdot \text{tg}(\beta) \cdot h_3 + \frac{h_3^2}{2} \cdot \text{tg}(\beta) \right] \cdot s_{sp3} \cdot w = 5122 \text{ kg}$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$W_{spp3} = n_{sp} \cdot \left[(h_2 \text{tg}(\beta)) \cdot h_3 + \frac{h_3^2}{2} \cdot \text{tg}(\beta) \right] \cdot s_{sp3} \cdot w = 3123$$

$$W_{sp3} = n_{sp} \cdot \left(\frac{h_3^2}{2} \cdot \text{tg}(\beta) \right) \cdot s_{sp3} \cdot w$$

Peso proprio della parete di spina con polo di ribaltamento a piano secondo:

$$= 1124$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano terra:

$$z_{spr3} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_3^2 + h_3 \cdot (h_2 + h_1)}{h_3 + 2 \cdot (h_2 + h_1)} + (h_1 + h_2) = 8,33 \text{ m}$$

$$x_{spr3} = \frac{\left[(h_1 + h_2)^2 + (h_1 + h_2) \cdot h_3 + \frac{2}{3} \cdot h_3^2 \right] \cdot \text{tg}(\beta)}{2 \cdot (h_1 + h_2) + h_3} = 1,19 \text{ m}$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano primo:

$$z_{spp3} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h_3^2 + h_3 \cdot h_2}{h_3 + 2 \cdot h_2} + h_2 = 5,22 \text{ m}$$

$$x_{spp3} = \frac{\left(h_2^2 + h_2 \cdot h_3 + \frac{2}{3} \cdot h_3^2 \right) \cdot \text{tg}(\beta)}{2 \cdot h_2 + h_3} = 0,81$$

Coordinate baricentro parete di spina con polo di ribaltamento a piano secondo:

$$z_{sps3} = \frac{2}{3} \cdot h_3 = 2,40 \text{ m}$$

$$x_{sps3} = \frac{1}{3} \cdot h_3 \cdot \text{tg}(\beta) = 0,32 \text{ m}$$

1 .14. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO PRIMO, "STATO MODIFICATO"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{11}

$$\text{Totale } G_{11} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{12}

$$\text{Totale } G_{12} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{11}

$$\text{Totale } Q_{11} = 200 \text{ kg/m}^2$$

Carichi totali P_G

$$\text{Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.) } h_{s1} = 3,2 \text{ m}$$

$$\text{Lunghezza di influenza del carico: } d_1 = h_{s1} \cdot \text{tg}(\beta) = 0,86 \text{ m}$$

$$\text{Area di influenza carico: } S = d_1 \cdot a = 1,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Totale } P_{G1} = G_{11} \cdot S = 429 \text{ kg}$$

$$\text{Totale } P_{G2} = G_{12} \cdot S = 514 \text{ kg}$$

$$\text{Totale } P_{Q1} = Q_{11} \cdot S = 343 \text{ kg}$$

Categoria azione variab.: **Ambienti ad uso residenziale**

Coefficienti di combinazione per azioni variabili:

$$\text{per combinazioni quasi permanenti } \psi_2 = 0,3$$

Eccentricità carichi verticali: $e_1 = 0,2333$ m
 Inclinazione solaio: $i = 0$
 $\alpha = 0,0^\circ$

Carico da solaio: $P_1 = (P_{G11}+P_{G12}+\psi_2 \cdot P_{Q11}) \cdot \cos(\alpha) = 1046,1$ kg
 Spinta da solaio: $S_{tot1} = (P_{G11}+P_{G12}+\psi_2 \cdot P_{Q11}) \cdot \sin(\alpha) = 0$ kg

1 .15. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO SECONDO, "STATO MODIFICATO"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{21}

Totale $G_{21} = 250$ kg/m²

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{22}

Totale $G_{22} = 300$ kg/m²

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{21}

Totale $Q_{21} = 200$ kg/m²

Carichi totali P_G

Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.) $h_{s2} = 6,4$ m

Lunghezza di influenza del carico: $d_2 = h_{s2} \cdot \text{tg}(\beta) = 1,71$ m

Area di influenza carico: $S = d_2 \cdot a = 3,4$ m²

Totale $P_{G1} = G_{21} \cdot S = 857$ kg

Totale $P_{G2} = G_{22} \cdot S = 1.029$ kg

Totale $P_{Q1} = Q_{21} \cdot S = 686$ kg

Categoria azione variab.: **Ambienti ad uso residenziale**

Coefficienti di combinazione per azioni variabili:

per combinazioni quasi permanenti $\psi_2 = 0,3$

Eccentricità carichi verticali: $e_2 = 0,2333$ m
 Inclinazione solaio: $i = 0$
 $\alpha = 0,0^\circ$

Carico da solaio: $P_2 = (P_{G21}+P_{G22}+\psi_2 \cdot P_{Q21}) \cdot \cos(\alpha) = 2092,1$ kg
 Spinta da solaio: $S_{tot2} = (P_{G21}+P_{G22}+\psi_2 \cdot P_{Q21}) \cdot \sin(\alpha) = 0$ kg

1 .16. ANALISI DEI CARICHI SOLAIO PIANO TERZO, "STATO MODIFICATO"

Classe di durata del carico distribuito: pesi propri G_{31}

Totale $G_1 = 500$ kg/m²

Classe di durata del carico distribuito: carichi permanenti G_{32}

Totale $G_2 = 100$ kg/m²

Classe di durata del carico distribuito: carichi accidentali Q_{31}

Totale $Q_1 = 100$ kg/m²

Carichi totali P_G

Quota carico solaio dalla base (dal punto di ribaltam.) $h_{s3} = 10,0$ m

Lunghezza di influenza del carico: $d_3 = h_{s3} \cdot \text{tg}(\beta) = 2,68$ m

Area di influenza carico: $S = d_3 \cdot a = 5,4$ m²

Totale $P_{G1} = G_{31} \cdot S = 2.679$ kg

Totale $P_{G2} = G_{32} \cdot S = 536$ kg

$$\text{Totale } P_{Q1} = Q_{31} \cdot S = 536 \text{ kg}$$

Categoria azione variab.:	Ambienti ad uso residenziale	
Coefficienti di combinazione per azioni variabili: per combinazioni quasi permanenti	ψ_2	0,3

Eccentricità carichi verticali: $e_3 = 0,2333 \text{ m}$
 Inclinazione solaio: $i = 0$
 $\alpha = 16,7^\circ$

Carico sismico da solaio: $P_3 = (P_{G31} + P_{G32} + \psi_2 \cdot P_{Q31}) \cdot \cos(\alpha) = 3340,4 \text{ kg}$
 Spinta da solaio: $S_{tot3} = (P_{G31} + P_{G32} + \psi_2 \cdot P_{Q31}) \cdot \sin(\alpha) = 490,26 \text{ kg}$

1 .17. TIRANTE IN ACCIAIO "STATO MODIFICATO":

Tensione di snervamento acciaio: $f_{yk} = 2.400 \text{ kg/cm}^2$

Al fine di evitare un eccessivo allungamento della catena si preferisce limitare la tensione della catena ad 1/3 di quella di snervamento

Tensione limite della catena: $f_{yk}/3 = 800 \text{ kg/cm}^2$

Coefficiente di sicurezza in condizioni sismiche: $\gamma_s = 1$

Area resistente tirante piano primo: $\varnothing 24$ $A_{s1} = 4,52 \text{ cm}^2$

Area resistente tirante piano secondo: $\varnothing 24$ $A_{s2} = 4,52 \text{ cm}^2$

Area resistente tirante piano copertura: $\varnothing 24$ $A_{s3} = 4,52 \text{ cm}^2$

Piastra a piano primo:

Base: $b_1 = 0,14 \text{ m}$

Altezza: $h_1 = 0,14 \text{ m}$

Spessore parete: $s_1 = 0,35 \text{ m}$

Tensione media per carichi vertic.: $\sigma_{01} = (\Sigma P_i + \Sigma W_i + \Sigma W_{spi}) / (a \cdot s_1) = 3,30 \text{ kg/cm}^2$

Resistenza a punzon.:

$$T_{punz1} = (f_{v0} + 0,4 \sigma_{01}) \cdot 2 \cdot s_1 \cdot (b_1 + s_1) + f_{v0} \cdot 2 \cdot s_1 \cdot (h_1 + s_1) = 5.983 \text{ kg}$$

Resistenza a compress.: $T_{comp1} = f_d \cdot b_1 \cdot h_1 = 1.797 \text{ kg}$

Resistenza del tirante: $T_{tirante1} = f_{yk} \cdot A_{s1} / \gamma_s = 3.616 \text{ kg}$

Numero di tiranti: $n = 1$

Tiro esercitato dal tirante piano primo: $T_1 = n \cdot \min(T_{punz1}; T_{comp1}; T_{tirante1}) = 1.797 \text{ kg}$

Piastra a piano secondo:

Base: $b_2 = 0,14 \text{ m}$

Altezza: $h_2 = 0,14 \text{ m}$

Spessore parete: $s_2 = 0,35 \text{ m}$

Tensione media per carichi vertic.: $\sigma_{02} = (\Sigma P_i + \Sigma W_i + \Sigma W_{spi}) / (a \cdot s_2) = 1,89 \text{ kg/cm}^2$

Resistenza a punzon.:

$$T_{punz2} = (f_{v0} + 0,4 \sigma_{02}) \cdot 2 \cdot s_2 \cdot (b_2 + s_2) + f_{v0} \cdot 2 \cdot s_2 \cdot (h_2 + s_2) = 4.052 \text{ kg}$$

Resistenza a compress.: $T_{comp2} = f_d \cdot b_2 \cdot h_2 = 1.797 \text{ kg}$

Resistenza del tirante: $T_{tirante2} = f_{yk} \cdot A_{s2} / \gamma_s = 3.616 \text{ kg}$

Numero di tiranti: $n = 1$

Tiro esercitato dal tirante piano secondo: $T_2 = n \cdot \min(T_{punz2}; T_{comp2}; T_{tirante2}) = 1.797 \text{ kg}$

Piastra a piano copertura:

Base: $b_3 = 0,14 \text{ m}$

Altezza:	$h_3 =$	0,14	m
Spessore parete:	$s_3 =$	0,35	m
Tensione media per carichi vertic.:	$\sigma_{03} = (\sum P_i) / (a \cdot s_3) =$	0,48	kg/cm ²
Resistenza a punzon.:	$T_{punz3} = (f_{v0} + 0,4 \sigma_{03}) \cdot 2 \cdot s_3 \cdot (b_3 + s_3) + f_{v0} \cdot 2 \cdot s_3 \cdot (h_3 + s_3) =$	2.116	kg
Resistenza a compress.:	$T_{comp3} = f_d \cdot b_3 \cdot h_3 =$	1.797	kg
Resistenza del tirante:	$T_{tirante3} = f_{yk} \cdot A_{s3} / \gamma_s =$	3.616	kg
Numero di tiranti:	$n =$	1	
Tiro esercitato dal tirante piano copertura:	$T_3 = n \cdot \min(T_{punz3}; T_{comp3}; T_{tirante3}) =$	1.797	kg

1 .18. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO TERRA "STATO MODIFICATO":

Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento:	$f_d =$	9,2	kg/cm ²
Arretramento del polo di rotazione:	$t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{spti}) / (3 \cdot f_d \cdot a) =$	0,1022	m
Momento ribaltante 1:	$M_{rib1} = (\sum P_i \cdot h_{si} + \sum W_i \cdot z_{gi} + \sum W_{spti} \cdot z_{spti}) =$	172723	kg·m
Momento ribaltante 2:	$M_{rib2} = (\sum S_{tot.i} \cdot h_{s1}) =$	4902,6	kg·m
Momento stabilizzante:	$M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{spti} \cdot x_{spti} + \sum T_i \cdot h_{s,i} =$	45371	kg·m

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = 0,2343$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$d_{x,P3} = 1$	=	$(h_1 + h_2 + h_3) \cdot \theta$	=	
da cui:		$\theta =$		0,1
$d_{x,P2} =$		$(h_1 + h_2) \cdot \theta =$		0,64
$d_{x,P1} =$		$h_1 \cdot \theta =$		0,32
$d_{x,W3} =$		$(h_1 + h_2 + h_3/2) \cdot \theta =$		0,82
$d_{x,W2} =$		$(h_1 + h_2/2) \cdot \theta =$		0,48
$d_{x,W1} =$		$(h_1/2) \cdot \theta =$		0,16
$d_{x,Wsp3} =$		$(h_1 + h_2 + h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta =$		0,88
$d_{x,Wsp2} =$		$(h_1 + h_2 \cdot 2/3) \cdot \theta =$		0,5333
$d_{x,Wsp1} =$		$(h_1 \cdot 2/3) \cdot \theta =$		0,2133

Massa partecipante al cinematisimo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{spti} \cdot d_{x,Wspi})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{spti} \cdot d_{x,Wspi}^2) = 23199 \text{ kg}$$

Frazione di massa partecipante della struttura: $e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{spti}) = 0,8255$

Accelerazione sismica spettrale: $a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC) = 0,2102 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido: $a_{1r} = a_g \cdot S/q = 0,1051 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo deform: $a_{1d} = S_e(T) \cdot Z_{b1} \cdot \gamma_m / (H_f \cdot q) = 0 \cdot g$

Massima accelerazione richiesta: $a_1^* = \max(a_{1r}; a_{1d}) = 0,1051 \cdot g$

Coefficiente di sicurezza: $\eta = a_0^* / a_1^* = 2,0008$

VERIFICA A RIBALTAMENTO SODDISFATTA

Accelerazione al suolo sostenibile SLV: $PGA_{ds2} = \eta \cdot a_g/g = 0,2821$

1 .19. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO PRIMO "STATO MODIFICATO":

Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento: $f_d = 9,2 \text{ kg/cm}^2$

Arretramento del polo di rotazione: $t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{sppi}) / (3 \cdot f_d \cdot a) = 0,0664 \text{ m}$

Momento ribaltante 1: $M_{rib1} = \sum P_i \cdot (h_{si} - Z_{b2}) + \sum W_i \cdot (z_{gi} - Z_{b2}) + \sum W_{sppi} \cdot Z_{sppi} = 77534 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Momento ribaltante 2: $M_{rib2} = (\sum S_{tot,i} \cdot (h_{si} - Z_{b2})) = 3333,8 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Momento stabilizzante: $M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{sppi} \cdot X_{sppi} + \sum T_i \cdot h_{s,i} = 22628 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = 0,2488$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$d_{x,P3}$	=	1	=	$(h_2 + h_3) \cdot \theta$	θ	=	0,1471
		da cui:					
				$d_{x,P2} = (h_2) \cdot \theta$		=	0,4706
				$d_{x,W3} = (h_2 + h_3/2) \cdot \theta$		=	0,7353
				$d_{x,W2} = (h_2/2) \cdot \theta$		=	0,2353
				$d_{x,Wsp3} = (h_2 + h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta$		=	0,8235
				$d_{x,Wsp2} = (h_2 \cdot 2/3) \cdot \theta$		=	0,3137

Massa partecipante al cinematismo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{sppi} \cdot d_{x,Wspi})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{sppi} \cdot d_{x,Wspi}^2) = 15305 \text{ kg}$$

Frazione di massa partecipante della struttura: $e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{sppi}) = 0,8387$

Accelerazione sismica spettrale: $a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC) = 0,2198 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido: $a_{1r} = a_g \cdot S/q = 0,1051 \cdot g$

Accelerazione richiesta SLV su corpo deform.: $a_{1d} = S_e(T) \cdot Z_{b2} \cdot \gamma_m / (H_f \cdot q) = 0,1071 \cdot g$

Massima accelerazione richiesta: $a_1^* = \max(a_{1r}, a_{1d}) = 0,1071 \cdot g$

Coefficiente di sicurezza: $\eta = a_0^* / a_1^* = 2,0525$

VERIFICA A RIBALTAMENTO SODDISFATTA

Accelerazione al suolo sostenibile SLV: $PGA_{ds2} = \eta \cdot a_g/g = 0,2894$

1 .20. VERIFICHE A RIBALTAMENTO POLO A PIANO SECONDO "STATO MODIFICATO":

Resistenza di calcolo a compressione nel punto di ribaltamento: $f_d = 9,2 \text{ kg/cm}^2$

Arretramento del polo di rotazione: $t = 2 \cdot \sum_i (P_i + W_i + W_{spsi}) / (3 \cdot f_d \cdot a) = 0,0332 \text{ m}$

Momento ribaltante 1:	$M_{rib1} = \sum P_i \cdot (h_{si} - z_{b2}) + \sum W_i \cdot (z_{gi} - z_{b2}) + \sum W_{spsi} \cdot z_{spsi}$	=	23115	kg·m
Momento ribaltante 2:	$M_{rib2} = (\sum S_{tot,i} \cdot (h_{si} - z_{b3}))$	=	1764,9	kg·m
Momento stabilizzante:	$M_{stab} = \sum P_i \cdot (e_i - t) + \sum W_i \cdot ((s_i/2) - t) + \sum W_{spsi} \cdot x_{spsi} + \sum T_i \cdot h_{s,i}$	=	8159,2	kg·m

Dal teorema dei lavori virtuali si ricava un moltiplicatore di collasso pari a:

$$\alpha_0 = \frac{M_{stab} - M_{rib2}}{M_{rib1}} = 0,2766$$

Prendiamo come punto di controllo quello relativo al carico posto alla quota maggiore:

$d_{x,P3}$	=	1	=	$h_3 \cdot \theta$	
da cui:				θ	= 0,2778
				$d_{x,W3} = (h_3/2) \cdot \theta$	= 0,5
				$d_{x,Wsp3} = (h_3 \cdot 2/3) \cdot \theta$	= 0,6667

Massa partecipante al cinematisimo:

$$g \cdot M^* = (\sum P_i \cdot d_{x,pi} + \sum W_i \cdot d_{x,Wi} + \sum W_{spsi} \cdot d_{x,Wspsi})^2 / (\sum P_i \cdot d_{x,pi}^2 + \sum W_i \cdot d_{x,Wi}^2 + \sum W_{spsi} \cdot d_{x,Wspsi}^2) = 8236,4 \text{ kg}$$

Frazione di massa partecipante della struttura:	$e^* = g \cdot M^* / \sum (P_i + W_i + W_{spsi})$	=	0,9025
---	---	---	--------

Accelerazione sismica spettrale:	$a_0^* = \alpha_0 \cdot g / (e^* \cdot FC)$	=	0,2271	·g
----------------------------------	---	---	--------	----

Accelerazione richiesta SLV su corpo rigido:	$a_{1r} = a_g \cdot S/q$	=	0,1051	·g
--	--------------------------	---	--------	----

Accelerazione richiesta SLV su corpo deform:	$a_{1d} = S_e(T) \cdot z_{b3} \cdot \gamma_m / (H_f \cdot q)$	=	0,2142	·g
--	---	---	--------	----

Massima accelerazione richiesta:	$a_1^* = \max(a_{1r}, a_{1d})$	=	0,2142	·g
----------------------------------	--------------------------------	---	--------	----

Coefficiente di sicurezza:	$\eta = a_0^* / a_1^*$	=	1,0602
----------------------------	------------------------	---	--------

VERIFICA A RIBALTAMENTO SODDISFATTA

Accelerazione al suolo sostenibile SLV:	$PGA_{ds2} = \eta \cdot a_g/g$	=	0,1495
---	--------------------------------	---	--------

1 .21. MIGLIORAMENTO IN TERMINI DI PGA:

Piano primo:	$\eta_{PGA} = PGA_{ds2} / PGA_{ds1}$	=	7,7034
--------------	--------------------------------------	---	--------

Piano secondo:	$\eta_{PGA} = PGA_{ds2} / PGA_{ds1}$	=	14,775
----------------	--------------------------------------	---	--------

Piano copertura:	$\eta_{PGA} = PGA_{ds2} / PGA_{ds1}$	=	-86,69
------------------	--------------------------------------	---	--------