

# COMUNE DI MOGLIANO

(PROVINCIA DI MACERATA)



## RIQUALIFICAZIONE AREA ADIACENTE EX-OSPEDALE DI SAN MICHELE Largo Cesare Battisti - 62010 MOGLIANO (MC)

### PIANO PARTICOLAREGGIATO Progetto Definitivo



Committente: **COAL Soc. Coop. art.**  
Ufficio Tecnico: Geom. Paolo FEDE

Progettazione:

**Dott. Arch. Vittorio Galanti**

**Studio Associato Galanti e Carlocchia Architetti**

**Dott. Ing. Normanno Lucantoni**

**Studio di Ingegneria Normanno Lucantoni**

oggetto della tavola:

**PROGETTO STRUTTURALE**

**Paratia Pali in C.A. :**

**RELAZIONE TECNICA GENERALE  
di SINTESI**

Ordine degli Ingegneri della provincia di ANCONA  
**Dott. Ing. Normanno LUCANTONI**  
A 620  
Ingegneria Civile e Ambientale,  
Industriale e dell'Informazione

agg.: **16 Gennaio 2017**

agg.:

scala:

**PD**  
PRELIMINARE  
DEFINITIVO

**ED**  
OPERE  
EDILI

Tav.

**PE-STR2.1**

# RELAZIONE DI CALCOLO GENERALE DI SINTESI OPERA DI SOSTEGNO SU PALI

## Indice:

- PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA A-C
- PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA B
- PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA D
- PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA E

**PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA A-C**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**Geometria paratia**

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra 6.00 [m]

Profondità di infissione 10.00 [m]

Altezza totale della paratia 16.00 [m]

Lunghezza paratia 17.00 [m]

Numero di file di pali 1

Interasse fra i pali della fila 1.10 [m]

Diametro dei pali 80.00 [cm]

Numero totale di pali 15

Numero di pali per metro lineare 0.88

**Descrizione terreni**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno di Riporto	1700.0	2000.0	30.00	0.00	0.000
2	Formazione	2000.0	2200.0	30.00	0.00	0.000

**Descrizione stratigrafia**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	$\alpha_M$	$\alpha_V$	Kw <sub>M</sub>	Kw <sub>V</sub>	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]		
1	4.40	0.00	0.00	0.66	0.66	Terreno di Riporto	Terreno di Riporto
2	12.00	0.00	0.00	3.46	3.46	Formazione	Formazione

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

**Impostazioni analisi sismica****Identificazione del sito**

Latitudine 43.186693  
 Longitudine 13.478370  
 Comune Mogliano  
 Provincia Macerata  
 Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera di importanza strategica  
 Vita nominale 100 anni  
 Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 150 anni

**Combinazioni/Fase**

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.224	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.459	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.343	0.000
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.825	0.825
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.080	0.080
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.415	0.415
Coefficiente di intensità sismica (percento)	1.407	0.000
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte  
 Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

**Spinta**

Spinta massima	Pa = 15021	[kg]	Y = 4.38	[m]
Resistenza passiva	Pp = -32077	[kg]	Y = 9.79	[m]
Controspinta	Pc = 17057	[kg]	Y = 14.54	[m]

**Sollecitazioni**

M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
69668	9.85	15421	7.10	17741	16.00	MAX
0	0.00	-17665	12.20	0	0.00	MIN

**Spostamenti**

U	Y <sub>U</sub>	V	Y <sub>V</sub>	
7.5020	0.00	0.0100	0.00	MAX
-0.2135	16.00	0.0000	0.00	MIN

**Stabilità globale**

Raggio del cerchio critico	R = 16.08	[m]
Centro del cerchio critico	(-1.60; 0.00)	
Intersezione cerchio-pendio a valle	(-16.52; -5.98)	
Intersezione cerchio-pendio a monte	(14.48; 0.00)	
Fattore di sicurezza	FS = 2.76	

**Verifiche strutturali paratia****Flessione**

Combinazione	3		
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	9.80	[m]
Momento ultimo	M =	78956	[kgm]
Sforzo normale ultimo	N =	12315	[kg]
Momento ultimo	Mu =	80031	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu =	12483	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS =	1.01	

**Taglio**

Combinazione	3		
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	12.20	[m]
Taglio	T =	-20021	[kg]
Taglio resistente	VRd =	23366	[kg]
Fattore di sicurezza a taglio	FS =	1.17	

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Dott. Ing. Normanno Lucantoni, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Evaluation copy valida fino al 13 gennaio 2017
Licenza	AIUEC4167E

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

16 GEN. 2017

Il progettista  
( Dott. Ing. Normanno Lucantoni )

Ordine degli Ingegneri della provincia di  
MATERA  
Dott. Ing. Normanno LUCANTONI  
A. 620  
Ingegneria Civile e Ambientale,  
Industriale e dell'Informazione

**PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA B**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**Geometria paratia**

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra 6.00 [m]

Lunghezza paratia 22.00 [m]

Numero di file di pali 1

Interasse fra i pali della fila 1.10 [m]

Diametro dei pali 80.00 [cm]

Numero totale di pali 19

Numero di pali per metro lineare 0.86

**Descrizione terreni***Simbologia adottata*

n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

N°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno di Riporto	1700.0	2000.0	32.00	0.00	0.020
2	Formazione	2000.0	2200.0	32.00	20.00	0.000

**Descrizione stratigrafia***Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp [m]	$\alpha_M$ [°]	$\alpha_V$ [°]	Kw <sub>M</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Kw <sub>V</sub> [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Terreno M	Terreno V
1	0.80	0.00	0.00	0.20	0.20	Terreno di Riporto	Terreno di Riporto
2	12.00	0.00	0.00	2.63	2.63	Formazione	Formazione

**Impostazioni di analisi**

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

### **Impostazioni analisi sismica**

#### **Identificazione del sito**

Latitudine 43.186693  
 Longitudine 13.478370  
 Comune Mogliano  
 Provincia Macerata  
 Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo

#### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera di importanza strategica  
 Vita nominale 100 anni  
 Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 150 anni

#### **Combinazioni/Fase**

	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.224	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.459	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.343	0.000
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.913	0.913
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.060	0.060
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.455	0.455
Coefficiente di intensità sismica (percento)	1.706	0.000
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte  
 Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

#### **Spinta**

Spinta massima	Pa = 28111	[kg]	Y = 4.68	[m]
Resistenza passiva	Pp = -88636	[kg]	Y = 11.83	[m]
Controspinta	Pc = 60525	[kg]	Y = 15.15	[m]

#### **Sollecitazioni**

<b>M</b>	<b>Y<sub>M</sub></b>	<b>T</b>	<b>Y<sub>T</sub></b>	<b>N</b>	<b>Y<sub>N</sub></b>	
149746	11.23	28108	7.61	16980	15.65	MAX
-7	12.51	-60520	14.15	0	0.00	MIN

#### **Stabilità globale**

Raggio del cerchio critico	R = 15.72	[m]
Centro del cerchio critico	(-1.56; 0.00)	
Intersezione cerchio-pendio a valle	(-16.11; -5.98)	
Intersezione cerchio-pendio a monte	(14.16; 0.00)	
Fattore di sicurezza	FS = 2.29	

#### **Verifiche strutturali paratia**

##### **Flessione**

Combinazione	2	
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y = 11.13	[m]
Momento ultimo	M = 173390	[kgm]
Sforzo normale ultimo	N = 13985	[kg]
Momento ultimo	Mu = 178296	[kgm]
Sforzo normale ultimo	Nu = 14381	[kg]
Fattore di sicurezza della sezione	FS = 1.03	

**Taglio**

Combinazione	2				
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo	Y =	14.15		[m]	
Taglio	T =	-70075		[kg]	
Taglio resistente	VRd =	79085		[kg]	
Fattore di sicurezza a taglio	FS =	1.13			
Tensione massima nel calcestruzzo	$\sigma_c =$	114.20	[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	9.22 [m]
Tensione massima nell'armatura	$\sigma_f =$	2203.34	[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	9.22 [m]
Tensione tangenziale massima nel calcestruzzo	$\tau_f =$	11.51	[kg/cm <sup>2</sup> ]	Y =	11.33 [m]

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Dott. Ing. Normanno Lucantoni, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Evaluation copy valida fino al 13 gennaio 2017
Licenza	AIUEC4167E

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

16 GEN. 2017

Il progettista  
Dott. Ing. Normanno Lucantoni  
ANCONA  
Dott. Ing. Normanno LUCANTONI  
Ingegnere Civile e Ambientale,  
Industriale e dell'Informazione

## PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA D

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	2,70	[m]
Profondità di infissione	9,30	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	9,50	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,70	[m]
Diametro dei pali	50,00	[cm]
Numero totale di pali	13	
Numero di pali per metro lineare	1.37	

### Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine

Descrizione

Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Terreno di Riporto	1700,0	2000,0	30.00	0.00	0,000
2	Formazione	2000,0	2200,0	30.00	0.00	0,000

### Descrizione stratigrafia

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V: strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V: strato di valle)

N°	sp	$\alpha_M$	$\alpha_V$	Kw <sub>M</sub>	Kw <sub>V</sub>	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]	[kg/cm <sup>2</sup> /cm]		
1	4,40	0.00	0.00	0.66	0.66	Terreno di Riporto	Terreno di Riporto
2	12,00	0.00	0.00	3.46	3.46	Formazione	Formazione

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

**Impostazioni analisi sismica****Identificazione del sito**

Latitudine 43.186693  
 Longitudine 13.478370  
 Comune Mogliano  
 Provincia Macerata  
 Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera di importanza strategica  
 Vita nominale 100 anni  
 Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose  
 Vita di riferimento 150 anni

**Combinazioni/Fase**

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.224	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.459	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.343	0.000
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.913	0.913
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.060	0.060
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.455	0.455
Coefficiente di intensità sismica (percento)	1.706	0.000
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

**Spinta**

Spinta massima	$P_a =$	3042	[kg] Y =	1,98	[m]
Resistenza passiva	$P_p =$	-5383	[kg] Y =	4,80	[m]
Controspinta	$P_c =$	2342	[kg] Y =	8,45	[m]

**Sollecitazioni**

M	$Y_M$	T	$Y_T$	N	$Y_N$	
7294	4,80	3144	3,258061	12,00		MAX
-58	10,55	-2361	6,35	0	0,00	MIN

**Spostamenti**

U	$Y_U$	V	$Y_V$
0,9798	0,00	0,0056	0,00MAX
-0,0231	7,95	0,0000	0,00MIN

**Stabilità globale**

Raggio del cerchio critico	$R =$	13,25	[m]
Centro del cerchio critico		(-1,20; 1,20)	
Intersezione cerchio-pendio a valle		(-13,87; -2,68)	
Intersezione cerchio-pendio a monte		(12,01; 0,00)	
Fattore di sicurezza FS =		4.83	

**Verifiche strutturali paratia****Flessione**

Combinazione 3  
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo  $Y = 4,80$  [m]  
Momento ultimo  $M = 5330$  [kgm]  
Sforzo normale ultimo  $N = 2356$  [kg]  
Momento ultimo  $M_u = 13713$  [kgm]  
Sforzo normale ultimo  $N_u = 6062$  [kg]  
Fattore di sicurezza della sezione  $FS = 2.57$

**Taglio**

Combinazione 3  
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo  $Y = 3,25$  [m]  
Taglio  $T = 2298$  [kg]  
Taglio resistente  $VRd = 12242$  [kg]  
Fattore di sicurezza a taglio  $FS = 5.33$

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Dott. Ing. Normanno Lucantoni, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008. L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni). La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Evaluation copy valida fino al 13 gennaio 2017
Licenza	AIUEC4167E

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

16 GEN. 2017

Il progettista  
(Dott. Ing. Normanno Lucantoni)  
Dott. Ing. Normanno Lucantoni  
Ingegnere Civile e Ambientale,  
Industriale e dell'Informazione

**PARATIA DI PALI IN C.A. TIPOLOGIA E****Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**Geometria paratia**

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	2,00	[m]
Profondità di infissione	6,00	[m]
Altezza totale della paratia	8,00	[m]
Lunghezza paratia	10,80	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,60	[m]
Diametro dei pali	40,00	[cm]
Numero totale di pali	17	
Numero di pali per metro lineare	1.57	

**Descrizione terreni**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine

Descrizione

Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

N°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi$	$\delta$	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>q</sup> ]
1	Terreno di Riporto	1700,0	2000,0	30.00	0.00	0,000
2	Formazione	2000,0	2200,0	30.00	0.00	0,000

**Descrizione stratigrafia**

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V: strato di valle)

Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V: strato di valle)

N°	sp	$\alpha_M$	$\alpha_V$	Kw <sub>M</sub>	Kw <sub>V</sub>	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cm <sup>q</sup> /cm]	[kg/cm <sup>q</sup> /cm]		
1	4,40	0.00	0.00	0.66	0.66	Terreno di Riporto	Terreno di Riporto
2	12,00	0.00	0.00	3.46	3.46	Formazione	Formazione

**Impostazioni di analisi****Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva  $K_a$  e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

**Impostazioni analisi sismica****Identificazione del sito**

Latitudine 43.186693

Longitudine 13.478370

Comune Mogliano

Provincia Macerata

Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo

**Tipo di opera**

Tipo di costruzione Opera di importanza strategica

Vita nominale 100 anni

Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

Vita di riferimento

150 anni

**Combinazioni/Fase****SLU****SLE**Accelerazione al suolo  $[m/s^2]$ 

0.224

0.000

Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale  $F_0$ 

2.459

0.000

Periodo inizio tratto spettro a velocità costante  $T_c^*$ 

0.343

0.000

Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )

1.200

1.200

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )

1.500

1.500

Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )

1.000

1.000

Spostamento massimo senza riduzione di resistenza  $U_s$  [m]

0.040

0.040

Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )

0.510

0.510

Coefficiente di intensità sismica (percento)

2.096

0.000

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)

0.00

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

**Spinta**

Spinta massima

Pa = 1671

[kg] Y =

1,47

[m]

Resistenza passiva

Pp = -2934

[kg] Y =

3,88

[m]

Controspinta

Pc = 1264

[kg] Y =

7,08

[m]

**Sollecitazioni**

M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	MAX
3108	4,15	1737	2,403956	8,00	0,00	MAX
0	0,00	-1323	5,65	0	0,00	MIN

**Spostamenti**

U	Y <sub>U</sub>	V	Y <sub>V</sub>
0,7469	0,00	0,0025	0,00MAX
-0,0239	8,00	0,0000	0,00MIN

**Stabilità globale**

Raggio del cerchio critico R = 8,84 [m]

Centro del cerchio critico (-0,80; 0,80)

Intersezione cerchio-pendio a valle (-9,19; -1,97)

Intersezione cerchio-pendio a monte (8,01; 0,00)

Fattore di sicurezza FS = 4.10

**Verifiche strutturali paratia****Flessione**

Combinazione 3  
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo  $Y = 4,10$  [m]  
Momento ultimo  $M = 1974$  [kgm]  
Sforzo normale ultimo  $N = 1288$  [kg]  
Momento ultimo  $M_u = 9672$  [kgm]  
Sforzo normale ultimo  $N_u = 6312$  [kg]  
Fattore di sicurezza della sezione  $FS = 4.90$

**Taglio**

Combinazione 3  
Ordinata della sezione con fattore di sicurezza minimo  $Y = 2,40$  [m]  
Taglio  $T = 1104$  [kg]  
Taglio resistente  $VRd = 9469$  [kg]  
Fattore di sicurezza a taglio  $FS = 8.58$

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto Dott. Ing. Normanno Lucantoni, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008. L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni). La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Evaluation copy valida fino al 13 gennaio 2017
Licenza	AIUEC4167E

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

16 GEN. 2017

Il progettista  
( Dott. Ing. Normanno Lucantoni )  
Ordine degli Ingegneri della provincia di ANCONA  
Dott. Ing. Normanno Lucantoni  
A. 620  
Ingegneria Civile e Ambientale,  
Industriale e dell'Informazione