STUDIO ASSOCIATO ARCHIMEDE

Ingegneria e Architettura Via A. Doria, 16 – 41012 Carpi (MO) tel. 059/6229820 C.F. e P.I. 02799770363
e-mail: studioarchimede@studioarchimede.info web: www.studioarchimede.info

COMUNE DI BASTIGLIA (MO)

PST.6_RELAZIONE SULLE FONDAZIONI – GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI

INTERVENTO LOCALE

PER LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA CON RIFACIMENTO DELL'IMPIANTO FOGNARIO E RIPARAZIONE DI PORZIONE PREFABBRICATA (BLOCCO A) NEL CIMITERO COMUNALE DI BASTIGLIA POSTO IN VIA IV NOVEMBRE

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Analisi Storico-Critica
Elaborati Grafici Strutturali
Caratterizzazione Meccanica dei Materiali
Livello di Conoscenza e Fattori di Confidenza

METODO DI VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI: STATI LIMITE D.M. 17.01.2018

COMMITTENTE – PROPRIETA': ***COMUNE DI BASTIGLIA***
R.U.P. Geom. Adriana Barbieri
Piazza Repubblica n°57
41030 Bastiglia (Mo)

TECNICO PROGETTISTA
E DIRETTORE DEI LAVORI
DELLE OPERE STRUTTURALI:

Dott. Ing. FABIO GHELFI
Via Andrea Doria, 16
41012 Carpi (Mo)

Data
Maggio 2019

Pratica prot. n. 2018-0033

RELAZIONE SULLE FONDAZIONI – GEOTECNICA SULLE FONDAZIONI

1 IPOTESI ASSUNTE

- ***Introduzione – cedimenti delle fondazioni***

I cedimenti in fondazione possono avere significative influenze sullo stato di sollecitazione dei vari elementi strutturali.
Lo studio del comportamento del terreno e dell'interazione fra una struttura e il suolo è un problema in genere molto complesso, per cui l'ingegnere, per ottenere risultati di pratica applicazione, si trova spesso costretto ad adottare drastiche semplificazioni e ad attingere orientamenti dall'esperienza.
Come è noto, le fondazioni possono essere dirette o indirette, e si definiscono indirette quelle che trasferiscono i carichi al terreno tramite pali o, più raramente, di pozzi e di cassoni. Con i pali, i carichi vengono applicati a strati profondi di terreno aventi in genere caratteristiche di resistenza e deformabilità migliori di quelle degli strati superficiali, quindi i cedimenti delle fondazioni indirette sono, salvo rare eccezioni, sensibilmente inferiori a quelli delle corrispondenti fondazioni superficiali; e vengono di solito trascurati i loro effetti sullo stato di sollecitazione delle strutture in elevazione.
Con le fondazioni dirette le cose vanno in genere diversamente, e possono allora essere opportune alcune brevi considerazioni di carattere qualitativo sui principali aspetti concernenti il progetto delle strutture nei riguardi del problema dell'interazione fra le stesse strutture e il terreno.
Per un assegnato edificio occorre, in linea di massima, limitare sia i cedimenti totali sia quelli differenziali. Infatti, se un fabbricato ha cedimenti complessivi elevati, gli impianti sanitari della rete urbana, allacciati al fabbricato stesso, possono subire gravi danni. Ma, salvo rare eccezioni, i fabbricati, anche con elevato numero di piani, hanno cedimenti complessivi generalmente tollerabili, seguendo le consuete norme di calcolo (*); e nella maggioranza dei casi la limitazione dei cedimenti totali non pone problemi particolarmente delicati nel progetto delle fondazioni. Infatti i cedimenti del terreno (a parte quelli di natura • pseudo-elastica» conseguenti all'immediata applicazione del carico, di solito di entità relativamente modesta) si manifestano a causa del fenomeno della consolidazione. Però ogni terreno si trova consolidato, nel suo stato naturale di quiete, sotto l'effetto del proprio peso, e ulteriori assestamenti per consolidazione possono manifestarsi soltanto se, ad esempio per l'applicazione dei carichi, si varia lo stato di tensione; e a tale proposito è da notare che, salvo edifici di considerevole altezza, il peso dei fabbricati rapportato alla superficie coperta da origine a pressioni medie dì intensità limitata, di modo che lo stato di tensione conseguente al solo peso proprio del terreno non subisce in genere variazioni di grande rilevanza, specialmente se si ha la presenza dello scantinato.
I cedimenti differenziali, che per quanto piccoli sono sempre inevitabili, possono essere, al contrario di quelli totali, causa di dissesti sia per la struttura portante (se questa è iperstatica), sia per le opere complementari, quali, ad esempio, le tramezzature e le pareti di tamponamento: s'intende che, nel primo caso, può risultare diminuita la sicurezza della struttura; mentre nel secondo si tratta in genere di dissesti che possono nuocere soltanto all'utilizzazione del fabbricato.
Pertanto il problema che si pone è duplice: da un lato quello di valutare l'entità dei cedimenti differenziali tollerabili dalla struttura; dall'altro quello di dimensionare le fondazioni in modo da ridurre, nella misura conveniente, l'entità dei cedimenti.
L'esperienza ha mostrato che anche gli edifici con intelaiatura portante di calcestruzzo e con pareti di tamponamento rigide hanno una sorprendente possibilità di adattamento nei riguardi dei cedimenti differenziali; possibilità che soprattutto si spiega considerando che in genere i cedimenti del terreno attingono i loro valori estremi in tempi lunghi, mettendo così in gioco, come si è già accennato a proposito degli effetti termici, deformazioni viscose; ma con il vantaggio, rispetto ai ricordati effetti termici, che le fluttuazioni dei movimenti sono molto limitate, essendo circoscritte all'influenza dei carichi accidentali.

Sono stati rilevati i cedimenti differenziali che vari edifici hanno manifestato senza dar luogo ad appariscenti negative conseguenze, ricavando così i dati raccolti nella tabella seguente (in cui L indica la lunghezza del fabbricato o "la distanza tra due punti per i quali è noto il cedimento differenziale generato (**)"); dati che evidentemente debbono esser considerati appena orientativi, dipendendo il problema, come si è detto, da numerose e influenti circostanze.

TABELLA A

1) Strutture intelaiate in calcestruzzo senza pareti irrigidenti	*(0,0025-0,004)xL*
2) Strutture intelaiate in acciaio con nodi rigidi	*(0,002)xL*
3) Edifici con pannelli portanti in calcestruzzo o simili	*(0,003)xL*
4) Strutture intelaiate in acciaio con nodi a cerniera	*(0,005)xL*
5) Strutture intelaiate con pareti irrigidenti di muratura o simili	***(0,0005-0,001)xL***
6) Edifici in muratura a pianta allungata	*(0,0005-0,001)xL*

N.B." Introduzione - cedimenti delle fondazioni" e la "tabella A" sopra riportata sono stati tratti dal testo "Teoria e Tecnica delle Strutture" Volume II Sistemi di Travi pag. 249 di Piero Pozzati e Claudio Ceccoli
(*) Secondo vari Autori, orientativamente i cedimenti totali dovrebbero essere contenuti almeno nell'ordine di qualche centimetro, e anche meno per fabbricati alti e snelli, per evitare che cedimenti disuniformi del piano di posa delle fondazioni possano dar luogo a sensibili inclinazioni dell'edificio, rilevabili direttamente anche ad occhio nudo.
(**) Interpretazione di altri autori vedi Cestelli Guidi Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni 2 pag. 67.

- ***Modello adottato per studiare l'interazione "terreno – struttura"***

L'edificio oggetto della presente relazione di calcolo viene studiato tramite Software dedicato (Sismicad 12.13):
Tale Software permette lo studio lineare delle componenti di sollecitazione generate dai carichi applicati al modello in ambito statico (assenza di sisma) e permette di procedere con analisi sismica dinamica modale per valutare le componenti di sollecitazione derivanti da eventi sismici, inoltre è possibile inserire direttamente nel modello lo studio di interazione terreno struttura modellando le fondazioni come travi, plinti, o platee su suolo elastico alla Winkler. Tale schematizzazione permette di valutare le influenze che i cedimenti in fondazione provocano sulle sollecitazioni dell'intera struttura. Rimane però un certo grado di approssimazione legato alla determinazione del reale coefficiente di Winkler (K).
In questa relazione i cedimenti differenziali saranno valutati nella condizione di carico che descrive l'edificio durante la sua vita utile e che quindi non prende in considerazione il carico temporaneo della neve, del vento, o del sisma, e che mette in conto una sola percentuale dei carichi accidentali, questo è giustificato dal fatto che i cedimenti che si generano per effetto dei carichi sulle fondazioni, sono cedimenti che avvengono per consolidamento nel lungo periodo (come sopra specificato), e che fluttuazioni dei carichi temporanee e non a carattere permanente non possono indurre cedimenti apprezzabili.
Per le sopra citate ragioni la verifica viene condotta in Condizione Agli Stati Limite di Esercizio Quasi Permanente, che è la condizione che la Normativa prevede per descrivere lo stato di carico derivante dai carichi permanenti presi al 100% e da una frazione dei carichi accidentali, che ne esprime il carattere di permanenza delle azioni variabili assimilabili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

2 TIPOLOGIA DI FONDAZIONE

- ***Relazione geognostica e geotecnica***

Per le caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno, si è fatto riferimento ai parametri riportati nella relazione tecnica redatta nel Novembre del 2018 dal Dottor Geol. Marco Rolfini con studio a Lagosanto (FE) in via Valle Sabbionchi n°50.

Si riportano le conclusioni della relazione Geologica-Geotecnica, nella quale si parla di ***categoria di suolo Tipo C.***

8. CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha permesso di definire la tipologia ed il comportamento del sottosuolo presente nell'area oggetto di studio, portando a concludere quanto segue:

- Vincoli urbanistici e territoriali

  Sulla base degli strumenti urbanistici vigenti, Piano di Stralcio Comunale (P.S.C) ed i relativi piani e strumenti attuativi a supporto, quali: Piano Operativo Comunale (P.O.C.) e Regolamento Urbanistico Edilizio (R.U.E), il sito cimiteriale in relazione agli "Ambiti territoriali di interesse storico culturale – sistema delle risorse archeologiche" è classificato come "struttura di interesse storico testimoniale" (PTCP art. 44d). L'area inoltre in riferimento alle tutele paesaggistiche e storico culturali rientra all'interno del perimetro delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua tutelati di rilevanza paesaggistica (D.Lgs 42/04). Considerando gli "Elementi strutturanti la forma del territorio" il sito ricade in una porzione di territorio comunale classificata come "Paleodossi di modesta rilevanza" (PTCP art. 23°, comma 2, lettera C). Il sito in oggetto secondo quanto riportato nella Tavola PSC 2 "Tutele del PSC e rispetti" rientra nelle Unità di paesaggio (art. 4.24 PSC) di "Paesaggio perifluviale del fiume Panaro nella fascia di bassa e media pianura". Secondo la classificazione delle Strutture e aree di interesse storico tutelate dal PSC, l'area di intervento presenta un medio rischio archeologico

- Successione stratigrafica

  Trascurando il preforo, necessario per la corretta e sicura infissione del piezocono, entrambe le prove eseguite hanno incontrato prevalentemente terreni a tessitura fine come argille, argille limose e limi più o meno argillosi, talora localmente intercalati a subordinati livelli centimetrici limoso sabbiosi e di terreni organici. Le verticali di indagine entro i primi 20 metri di profondità, hanno messo in evidenza una successione stratigrafica abbastanza omogenea con una netta preponderanza di terreni a tessitura fine, caratterizzati da valori di resistenza all'avanzamento della punta (Qc) medi compresi tra 0,5 ÷ 2 MPa circa. Menzione particolare necessitano i sedimenti a tessitura fine che caratterizzano i primi metri di profondità, nel dettaglio per la prova SCPTU 1 l'intervallo compreso tra p.c. ÷ 3,0 m circa, mentre per la prova CPTU 2 l'intervallo compreso tra p.c. ÷ 2,50 m circa, i quali presentano elevati valori di resistenza alla punta compresi tra 3 ÷ 6 MPa e sono caratterizzati dall'assenza di pressioni neutre (prossime a zero), tali caratteristiche con tutta probabilità denotano condizioni di scarsa umidità e di ritiro. La prova SCPTU 1 ha attraversato entro i primi 20 metri di profondità depositi a tessitura granulare caratterizzati da potenze ridotte, alle quote di confinamento comprese tra 14,55 ÷ 15,00 e tra 20,75 ÷ 21,40 m circa, tali strati sono costituiti da limi sabbiosi e sabbie più o meno limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta compresi tra 4 ÷ 6 MPa circa. La prova CPTU 2 ha attraversato uno strato di terreni a tessitura granulare, costituito da limi sabbiosi e sabbie limose nell'intervallo di profondità compreso tra 1,40 ÷ 1,70 m, tale intervallo di potenza limitata presenta valori di resistenza

alla punta compresi tra 3 ÷ 6 MPa circa e risulta intercalato a terreni a tessitura fine caratterizzati da scarsa umidità e probabili condizioni di ritiro.

- Falda Freatica

  Al termine delle prove è stata rilevata la presenza di circolazione idrica superficiale con livello misurato variabile tra 3,50 ÷ 3,60 m da p.c.

- Classificazione sismica

  Per la natura dei terreni individuata, la collocazione geografica del sito ed a seguito dell'elaborazione delle indagini effettuate i principali parametri sismici risultano i seguenti:

  - Zona: 3 (da OPCM 3519/06 e DGR Emilia-Romagna N. 1164 del 23/07/2018);
  - Accelerazione massima di picco al suolo $A_{ref}(g)$ pari a 0,157 (da D.G.R. Emilia-Romagna n.2193 del 2015 e valutazioni sito specifiche);
  - F.A. P.G.A. pari a 1,7 (da D.G.R. Emilia-Romagna n.2193 del 2015 con bedrock sismico maggiore di 100 m di profondità da p.c.);
  - Categoria suolo tipo C con Vs30 pari a 204,74 m/s.

- Verifica del potenziale di liquefazione

  La modellazione effettuata, prende in considerazione tutti gli strati potenzialmente liquefacibili in cui non vi è certezza della composizione esclusivamente argillosa, ovvero tutti gli strati che mostrano un Indice di Classificazione (o di comportamento) Ic inferiore a 2,6. Oltre tale limite il terreno risulta coesivo, quindi la possibilità che avvengano fenomeni di liquefazione ciclica è praticamente nulla. Sulla base delle risultanze emerse dalle simulazioni e dal contesto stratigrafico che caratterizza l'area oggetto di intervento, il rischio relativo all'innesco di fenomeni di liquefazione per terremoti di magnitudo "usuale", considerando una Classe d'uso II e lo Stato limite di salvaguardia della vita (SLV) corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni, è da considerarsi compreso tra **basso e moderato**

- Cedimenti post sisma

  La stima dei cedimenti post sisma ha dato come esiti valori compresi tra 1,3 cm stimati per la prova SCPTU 1 e 0,5 cm circa stimati per la prova CPTU 2, Generalmente cedimenti di tale entità hanno ripercussioni scarse o nulle sia in superficie sia alla quota di appoggio delle fondazioni dirette.

Lagosanto (FE) 12/11/2018

dott. geol. Marco Rolfini

Firmato da:
ROLFINI MARCO
Motivo:

Data: 12/11/2018 09:44:29

- ***Parametri geotecnici***

Si riportano di seguito i parametri geotecnici per ciascuna delle 2 prove eseguite dal geologo.
Per l'esatto posizionamento delle prove eseguite si rimanda alla relazione geologica allegata alla presente documentazione.

SCPTU 1

Profondità dello strato (m da p.c.)	Litologia	γ (Kn/m3)	γ sat (Kn/m3)	σ_v (Kpa)	σ_v' (Kpa)	Cu (Kpa)	φ (°)	Dr (%)
p.c - 0,35	Preforo	/	/	/	/	/	/	/
0,35 - 1,40 (*)	Limi, limi argillosi	20,7	21,5	10,6	10,6	240,0	/	/
1,40 - 2,30 (*)	Limi argillosi, argille limose	20,9	21,7	30,6	30,6	263,3	/	/
2,30 - 13,65	Argille, argille limose, localmente intercalate a livelli centimetrici limoso argillosi	18,4	19,2	143,9	100,0	57,2	/	/
13,65 - 14,55	Limi argillosi, argille limose	19,8	20,5	256,6	152,6	127,2	/	/
14,55 - 15,00	Sabbie limose, limi sabbiosi	18,6	21,6	270,2	159,6	/	31,5	42,2
15,00 - 20,75	Argille, argille limose, localmente intercalate a livelli centimetrici limoso argillosi	18,5	19,2	327,8	186,8	52,9	/	/
20,75 - 21,40	Limi sabbiosi, sabbie limose	18,6	21,6	387,0	214,7	/	27,1	20,1
21,40 - 22,60	Limi argillosi, argille limose	18,8	19,6	404,6	223,2	66,1	/	/
22,60 - 24,40	Argille, argille limose	18,8	19,6	432,8	236,6	63,7	/	/
24,40 - 26,60	Limi argillosi, argille limose	18,8	19,6	470,4	254,6	64,9	/	/
26,60 - 30,00	Argille, argille limose, localmente intercalate a livelli centimetrici limoso argillosi	18,9	19,6	523,0	279,8	63,9	/	/

Via A. Doria n.16 – 41012 Carpi (MO)
Tel. +39 059 6229820 P.IVA
02799770363

CPTU 2

Profondità dello strato (m da p.c.)	Litologia	Υ (Kn/m3)	Υ sat (Kn/m3)	σ_v (Kpa)	σ_v' (Kpa)	Cu (Kpa)	φ (°)	Dr (%)
p.c - 0,35	Preforo	/	/	/	/	/	/	/
0,35 - 1,40 (*)	Limi argillosi, argille limose	20,2	21,0	10,9	10,9	170,6	/	/
1,40 - 1,70 (*)	Limi sabbiosi, sabbie limose	17,7	20,6	24,7	24,7	/	40,3	71,5
1,70 - 3,85 (*)	Argille, argille limose	19,2	20,0	48,1	48,1	93,4	/	/
3,85 - 4,80	Limi argillosi, argille limose, presenti rare intercalazioni centimetriche limoso sabbiose	19,3	20,1	77,4	70,3	99,8	/	/
4,80 - 6,20	Argille, argille limose	17,6	18,3	98,8	80,1	33,7	/	/
6,20 - 7,30	Argille, argille limose con probabili intercalazioni centimetriche di terreni organici	17,8	18,6	120,5	89,6	38,1	/	/
7,30 - 10,30	Argille, argille limose	18,4	19,2	157,4	106,4	54,5	/	/
10,30 - 11,05	Argille limose con possibili intercalazioni centimetriche di terreni organici	16,9	17,6	191,1	121,7	19,2	/	/
11,05 - 13,60	Argille, argille limose	18,2	19,0	220,4	134,9	46,6	/	/
13,60 - 15,00	Limi argillosi, argille limose	18,4	19,2	256,4	151,5	53,7	/	/
15,00 - 20,75	Argille, argille limose	18,4	19,1	321,9	181,9	49,0	/	/
20,75 - 20,92	Sabbie limose, limi sabbiosi	18,60	21,60	376,20	207,20	/	27,90	24,0

- ***Tipologia di fondazione***

La tipologia di fondazione diretta risulta a *PLATEA SU SUOLO ALLA WINKLER*.
Tale tipologia consente di:

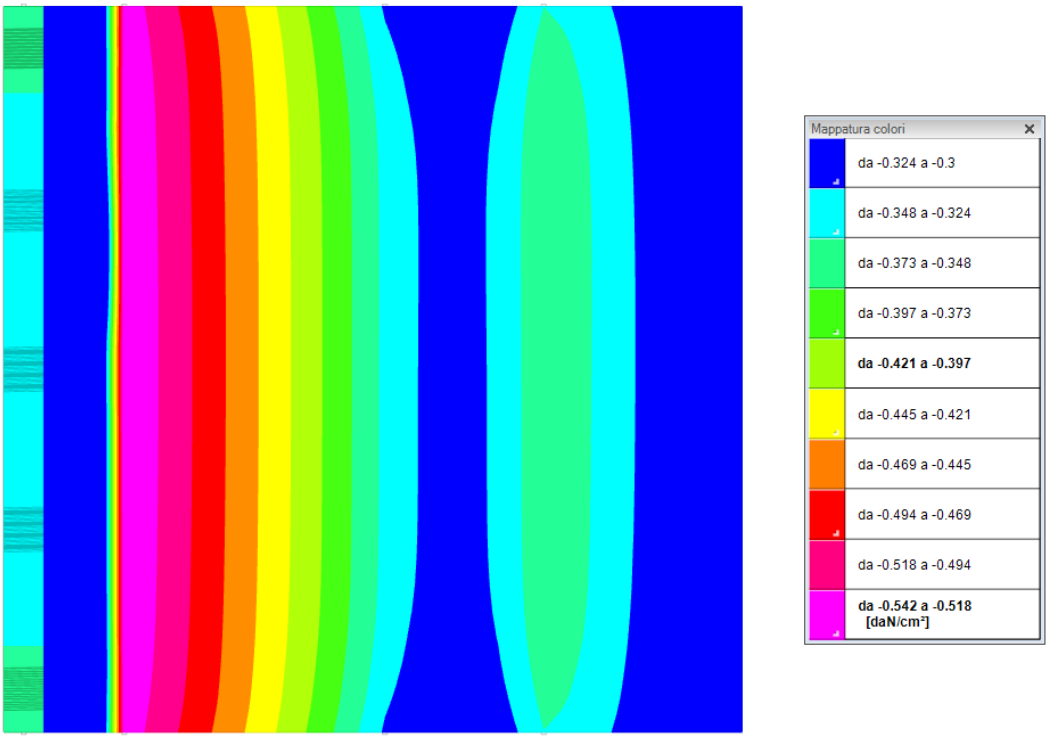
- ✓ Ottenere tensioni di contatto terreno fondazione nei limiti consigliati.
- ✓ Ottenere una buona ripartizione dei carichi sul terreno.
- ✓ Limitare i cedimenti totali e differenziali che risultano direttamente proporzionali alle tensioni di contatto.

3 CALCOLI SVOLTI E RISULTANZE DEL MODELLO STRUTTURALE

- ***Mappe cromatiche***

Verifica "Tensioni sul Terreno" le tensioni sul terreno vengono espresse tramite mappa di colore, nella quale si evince che lo stato tensionale complessivo del terreno al di sotto della fondazione, in condizioni Quasi permanente, è ampiamente verificato (valore massimo 0.542 daN/cmq).

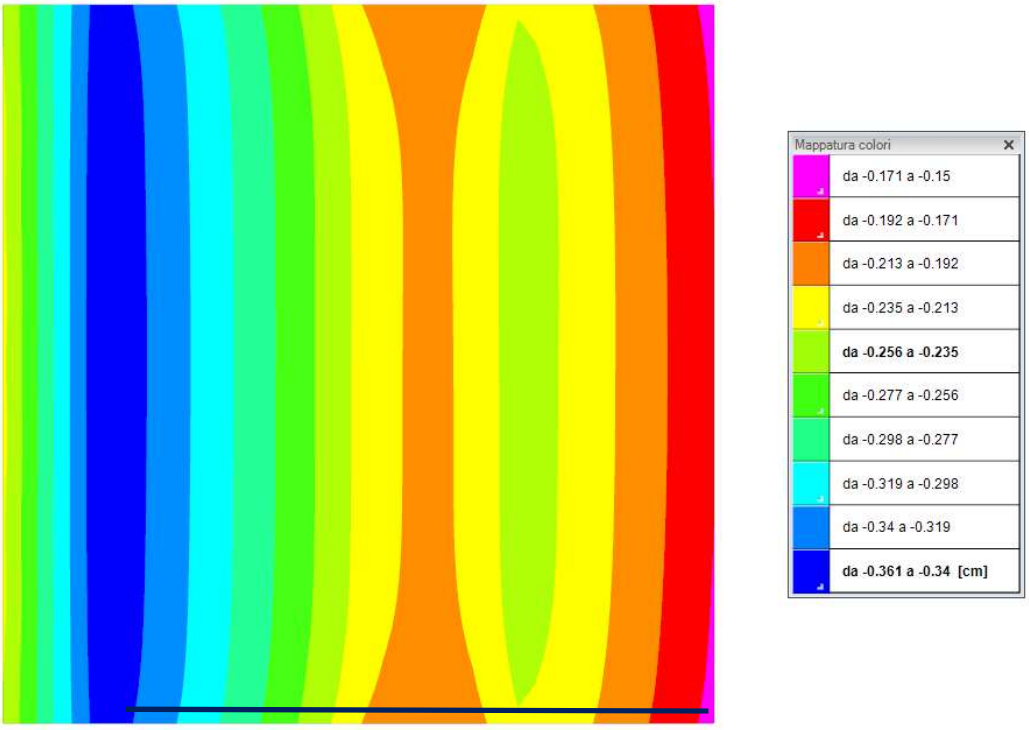
Mappa tensioni Condizione Quasi Permanente (scala di colore espressa in daN/cmq)



Pressioni terreno massime SLE QUASI PERM

Verifica soddisfatta.

Mappa cedimenti in fondazione Condizione Quasi Permanente (scala di colore espressa in cm)



D MAX

- ***Calcolo massimo cedimento differenziale***

Cedimento differenziale massimo = differenza tra cedimento max. e cedimento min. diviso la distanza tra i due punti.

Massimo cedimento Ammesso "vedi Tab. A" = valore preso dalla tabella A in funzione della tipologia costruttiva moltiplicato per la distanza tra i due punti *Lp*.

Tipologia costruttiva da tabella A.		= Punto 5
Distanza tra i due punti di cedimento Max. e Min = *Lp* =		= 1072 cm
Cedimento Massimo		= 0.36 cm
Cedimento Minimo		= 0.15 cm
Cedimento differenziale massimo ***Cdm***	*= 0.36 - 0.15*	*= 0.21 cm*
Cedimento differenziale ammesso ***Cda***	*= 0.0005x1072*	*= 0.54 cm*

La Verifica risulta soddisfatta siccome Cdm < Cda.