

INDICE

PARTE PRIMA: Incarico e cronologia delle fasi d'indagine

1.1 – *Incarico*

1.2 – *Cronologia delle fasi di indagini*

PARTE SECONDA: Atti reperiti ed identificazione delle proprietà interessate

2.1 – *Identificazione delle proprietà interessate*

2.2 – *Documentazione già agli atti di causa*

PARTE TERZA: Esame ed osservazioni sulla documentazione in atti

3.1 - *Esame sulla documentazione in atti con osservazioni*

PARTE QUARTA: Elementi di letteratura tecnica utili per l'interpretazione dei dissesti

4.1 - *Il dissesto strutturale e sollecitazioni connesse*

4.2 – *Suddivisione delle lesioni nelle murature*

4.2.1 – *Lesioni da schiacciamento*

4.2.2 – *Lesioni da trazione*

4.3 - *Cedimenti in fondazione e lesioni connesse*

4.4 – *Sforzi nella masse del terreno prodotti dal carico trasmesso dalle fondazioni.*

Teoria di Boussinesq (1885)

PARTE QUINTA: Risposte ai quesiti

5.1 – QUESITO N°1: accertare, previa analitica descrizione dei luoghi, corredata da adeguata documentazione fotografica e planimetrica, se il muro di cinta realizzato dal ricorrente e la tubazione di adduzione generale del gas metano (installata dall'Italgas) che corre sul muro stesso, sono minacciati dal pericolo di aggravamento del danno già prodotto nei termini prospettati nel ricorso.

5.1.1 – *Premessa*

5.1.2 – *Stato dei luoghi*

5.1.3 - *Esito delle indagini*

5.1.4 - *Analisi del quadro fessurativo*

5.1.5 – *Risposta al quesito*

5.2 – QUESITO N°2: in caso di risposta affermativa al quesito n°1, determinarne la causa

5.3–QUESITO N°3: qualora la causa sia costituita dalla sopraelevazione del resistente, descrivere analiticamente le opere da eseguire per ovviare a tale pericolo, indicando il relativo costo mediante apposito computo metrico.

5.3.1 – Risposta al quesito: opere da eseguire

5.3.1.1 – Progetto del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte

5.3.1.2 - Costo del muro di sostegno da realizzare

5.4 - QUESITO N°4: accertare, altresì, la misura dell'altezza della sopraelevazione rispetto al corpo precedente

RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA D'UFFICIO

Ill.mo Signor Giudice Dott.ssa

TRIBUNALE ORDINARIO DI COSENZA

OGGETTO: causa civile N°..... vertente tra:
..... (attore) e (convenuto principale)

PARTE PRIMA

Incarico e cronologia delle fasi di indagini

1.1 - Incarico

Con provvedimento del 27.01.2012 la S.V. conferiva al sottoscritto Ing. Giuseppe Infusini, iscritto all'Albo Professionale degli Ingegneri della Provincia di Cosenza al n°890 ed all'Albo dei Consulenti Tecnici d'Ufficio del Tribunale di Cosenza al n°1391, l'incarico di svolgere le funzioni di Consulente Tecnico d'Ufficio nella causa civile in oggetto, ed invitato a comparire all'udienza del 21.03.2012 per il prescritto giuramento e la formulazione dei quesiti.

Dopo aver prestato giuramento, la S.V. formulava il seguente quesito così articolato (come da ordinanza del 26.01.2012):

"Accerti il C.T.U., previa analitica descrizione dei luoghi, corredata da adeguata documentazione fotografica e planimetrica, se il muro di cinta realizzato dal ricorrente e la tubazione di adduzione generale del gas metano (installata dall'Italgas) che corre sul muro stesso sono minacciati dal pericolo di aggravamento del danno già prodotto nei termini prospettati nel ricorso e, in caso affermativo, determini la causa e qualora sia costituita dalla sopraelevazione realizzata dal resistente, descriva analiticamente le opere da eseguire per ovviare a tale pericolo, indicando il relativo costo mediante apposito computo metrico".

Inoltre la S.V., sentite la parti, formulava il seguente ulteriore quesito:

"Accerti, altresì, la misura dell'altezza della sopraelevazione rispetto al corpo precedente".

Per la trasmissione alle parti costituite della Relazione di Consulenza, la S.V. disponeva il termine di 70 giorni.

Come riportato nel verbale di udienza, la S. V. *"fissava alle parti il termine di 30 giorni dalla ricezione della Relazione per la trasmissione al Consulente delle loro osservazioni sulla relazione stessa; fissava il termine fino a 15 giorni prima della prossima udienza (calendarizzata per il 19.09.2012) entro il quale il Consulente deve depositare in cancelleria la Relazione, le osservazioni delle parti ed una sintetica valutazione delle stesse".*

La parti provvedevano a nominare i propri consulenti e, precisamente, l'avv.nominava l'arch. e l'avv. Benevento, l'ing.

Nello stesso giorno (21.03.2012) il sottoscritto fissava l'inizio delle operazioni peritali per il 27.03.2012 alle ore 15:30 sui luoghi di causa.

I verbali delle visite di sopralluogo e delle indagini esperite sono riportati alla presente Relazione nell'All. N°1.

1.2 - Cronologia delle fasi di indagini

Nel primo sopralluogo (27.03.2012), il sottoscritto CTU avvalendosi dell'aiuto del tecnico ausiliario (autorizzato dal Sig. Giudice) arch. Franco Martino e del collaboratore di studio geol. Beniamino Falvo, alla presenza dei Consulenti Tecnici di Parte, sulla scorta degli atti di causa (ivi compresi i verbali di udienza), effettuava una prima ricognizione dei luoghi ed alcune fotografie. In particolare il sottoscritto rilevava ed annotava:

- a) la lunghezza e sezione del muro oggetto di causa e di quello adiacente realizzato dalla parte resistente;
- b) la posizione e tipologia delle lesioni a carico del muro oggetto di causa sia nel tratto interessato che in quelli rimanenti la recinzione del lotto;
- c) la pendenza del massetto in calcestruzzo cementizio realizzato dal resistente per la sistemazione superficiale del terreno, di sua proprietà, adiacente il muro oggetto di causa (*terreno di monte*), posto a maggiore quota rispetto a quello di proprietà del ricorrente (*terreno di valle*);
- d) la presenza di piccoli ceppi quali residui del taglio del tronco di alberi appartenenti alla famiglia delle Pinacee (*Pinus pinaster* o *Pinus pinea*) lungo l'aiuola adiacente il muro oggetto di causa, nella proprietà del ricorrente;
- e) l'aspetto plano altimetrico e geomorfologico del terreno circostante l'area interessata;
- f) l'assenza della tubazione di adduzione del gas metano che era fissata (come risulta dagli atti di causa) lungo il muro in questione.

Il sottoscritto, inoltre, effettuava alcune prove sclerometriche a carico del muro nel tratto oggetto di causa al fine di trarne ogni elemento utile ai fini di causa.

Nel corso del suddetto sopralluogo il sottoscritto, al fine di pervenire a dati certi, disponeva. in accordo con i CTP (nei punti riportati nell'All. N°3-Tav. N°4), l'esecuzione di n°4 scavi esplorativi di cui uno nella proprietà del resistente e due nella proprietà del ricorrente. Tali scavi, che le parti si dichiaravano disponibili ad eseguire a loro carico entro la data del prossimo sopralluogo, avrebbero dovuto portare alla luce l'altezza dei due muri e la larghezza delle rispettive fondazioni nonché ogni altro elemento geometricamente utile (All. N°1-Verb. N°2)

In data 23 aprile 2012, come stabilito a verbale nel precedente sopralluogo, venivano completate le operazioni peritali con ispezione di quanto risultava dagli scavi eseguiti dalle parti. Le misure effettuate e le relative note venivano riportate sui disegni

di massima che, all'uopo, il sottoscritto aveva già redatto (planimetrie, sezioni e tabella "quadro fessurativo"). In sintesi il sottoscritto effettuava i seguenti ulteriori accertamenti:

- g) rilevava l'altezza del paramento dei due muri e le larghezze delle rispettive fondazioni in corrispondenza dei punti in cui sono stati eseguiti gli scavi
- h) rilevava la perpendicolarità del paramento del muro oggetto di causa e le sezioni altimetriche;
- i) confrontava e ricontrollava i dati relativi alle lesioni riscontrate a carico del muro oggetto di causa, riportati su una prima stesura della tabella "quadro fessurativo" allegata alla presente Relazione;
- j) rilevava l'entità del distacco tra il massetto ed il muro realizzato dal resistente
- k) rilevava l'allineamento orizzontale della parte superiore del paramento del muro realizzato dal resistente, lungo il lato accostato al muro oggetto di causa.

Prima Osservazione

Lo scavo realmente effettuato dal resistente è stato realizzato in posizione diversa da quella indicata dal sottoscritto. Tuttavia il sottoscritto ha ritenuto tale posizione ancora più significativa ai fini del rilevamento della geometria del muro e della sua quota fondale.

Seconda Osservazione

Il sottoscritto ha chiesto, in occasione del primo sopralluogo, se qualcuno delle parti fosse in possesso di riprese fotografiche dell'area, effettuate prima della realizzazione delle costruzioni o prima della realizzazione del muro da parte del resistente, nonché di atti tecnici (progetto, planimetrie, ecc.), che rappresentassero lo stato dei luoghi originario. Come risulta dal verbale n°1, le parti hanno dichiarato di non essere in possesso di tale documentazione.

Terza Osservazione

Il CTP di parte resistente (.....) ha richiesto di allegare al verbale n°2, due foto tratte dal sito internet "Google maps" (confr. Foto n°1 e 2 al verbale) quale prova della presenza di pini marittimi all'interno dell'aiuola contigua al muro oggetto di causa, prima del loro taglio. Inoltre l'ing. ha rilasciato delle dichiarazioni attinenti i fatti di causa per le quali il sottoscritto fa rilevare che trattasi di esposizione di fatti e circostanze (ivi comprese le suddette foto) già agli atti di causa (relazione tecnica di parte, atti di comparso di costituzione, ecc.).

Sulla scorta di tutta la documentazione agli atti di causa, opportunamente vagliata e confrontata e degli esiti dei sopralluoghi e saggi effettuati, il sottoscritto ha tratto tutti gli elementi per poter rispondere ai quesiti formulati dal sig. Giudice.

PARTE SECONDA

Identificazione delle proprietà interessate. Documentazione già agli atti di causa

2.1 – Identificazione delle proprietà interessate

Le proprietà interessate dai fatti di causa sono ubicate nella frazione del Comune di(All. N°3-Tav. N°2), consistenti in due lotti di terreno, contermini lungo la dividente est-ovest, sui quali insistono i due fabbricati di civili abitazioni delle parti in causa, così identificati al N.C.E.U. (All. N°3-Tav. N°1):

a) foglio di mappa n°10, particella n°691, in ditta, (*attore*), confinante ad est con via, ad ovest con viaed a nord con la particella n°.....;

b) foglio di mappa n°....., particella, con corte esclusiva, in ditta (con diritto della nuda proprietà), confinante a sud con la particella n°....., ad ovest con Via, a nord con particella n°.....; su tale immobile grava il diritto di usufrutto a favore della sig.ra (*convenuto principale*).

Le suddette proprietà, tutte delimitate da recinzioni, presentano accessi indipendenti (All. N°3-Tav. N°3); alla proprietà del sig. si accede da Via (n°civ. 32-Foto N°1), mentre a quella del sig. vi si accede da Via (n°civ. 2-Foto N°2).

Lungo parte del confine che divide i due lotti (dividende est-ovest), insiste il muro di recinzione oggetto di causa del quale si relazionerà nella Parte Quinta della CTU.

2.2 - Documentazione già agli atti di causa

Nel corso della presente Consulenza, parte della documentazione già agli atti di causa è stata riprodotta in modo da poter organizzare un unico elaborato peritale di più agevole lettura.

A) Fascicolo parte attrice (....., *legale: avv.*)

a.1) verbale di sopralluogo effettuato dalla Polizia Municipale di prot. n°.....del

a.2) relazione di sopralluogo effettuato dal Responsabile del Servizio Tecnico del Comune di prot. n°..... del, con allegato servizio fotografico (All. N°2-Tav. N°1);

a.3) comunicazione inviata alla sig.ra, a firma del Responsabile del Servizio Tecnico del Comune di prot. n°..... del, nella quale si segnala "*l'avvio del procedimento amministrativo per l'accertamento di opere edilizie eseguite in assenza di titolo*";

a.4) Relazione Tecnica di parte a firma dell'arch. datata 24.01.2011.

a.5) Attestazione di deposito Denuncia di Inizio Attività prot. n°..... del
(All. N°2-Tav. N°4).

B) Fascicolo parte convenuta principale (..... legale: avv.)

a.1) comunicazione dell'ing. indirizzata al Comune di
..... del, prot. n°..... (All. N°2-Tav. N°2);

a.2) certificato di idoneità statica allegato alla D.I.A. in sanatoria presentata al Comune
di in data....., a firma del Tecnico ing. (All. N°2-Tav. N°3);

a.3) Consulenza Tecnica di Parte a firma dell'ing. datata 25.02.2011.

C) Fascicolo altra parte convenuta (....., legale: avv.)

Il sig. è intervenuto nella controversia in quanto all'udienza
del 02.03.2011 il Giudice disponeva l'integrazione del contraddittorio nei suoi confronti
quale litisconsorte necessario nel procedimento. Il relativo fascicolo di causa ripropone la
stessa documentazione di quella allegata al fascicolo di causa della sig.ra

PARTE TERZA

Esame ed osservazioni sulla documentazione in atti.

3.1 - Esame sulla documentazione in atti con osservazioni

Come già accennato al paragrafo 1.2, il sottoscritto ha attentamente esaminato la
documentazione agli atti di causa, ha eseguito i dovuti riscontri con lo stato dei luoghi, al
fine di dare ordine alle questioni poste in causa e rilevare ogni altro elemento utile ad
assolvere il suo mandato. Di seguito si riporta il risultato dell'esame effettuato.

La documentazione agli atti di causa non risulta sufficiente a definire con certezza la
geometria sia del muro oggetto di causa che di quello realizzato dal convenuto, né le
relative quote fondali rispetto ad un piano di riferimento. Allo stesso modo dalla suddetta
documentazione non si evince alcuna trattazione tecnico-scientifica sulle cause a cui
sono riconducibili i segni di dissesto del muro, né alcun elemento geologico utile alla
caratterizzazione del terreno interagente con i citati muri. Pertanto il sottoscritto, come già
evidenziato al paragrafo 1.2, dovendo fondare le sue determinazioni su dati certi con il
concorso di determinate cognizioni tecniche, ha inteso eseguire più approfondite indagini,
i cui risultati verranno trattati nella Parte Quinta della presente Relazione.

Ritornando all'esame degli atti, il sottoscritto rileva, specificatamente, quanto di
seguito riportato.

A) Fascicolo parte attrice

a.1) Sia nel verbale di sopralluogo effettuato dalla Polizia Municipale di che

nella successiva relazione di sopralluogo del Responsabile del Servizio Tecnico del Comune di (All. N°2-Tav. N°1), si evidenziano “*danni*” e “*cedimento del muretto sottostante*” riconducibili “*probabilmentealla realizzazione da parte del proprietario del cortile soprastante la proprietà del sig., di un muretto e conseguente livellamento del cortile mediante riporto di terreno e soprastante getto di cemento*”.

Prima Osservazione

La constatazione risultante dai suddetti verbali, anche se effettuata in maniera “*probabilistica*”, appare del tutto comprensibile in relazione allo stato dei luoghi. Infatti, come si dirà in seguito, la prima impressione che si ha osservando il muro oggetto di causa, è quella di un suo stato di precario equilibrio ed inadeguatezza rispetto al salto di quota tra le due proprietà.

a.2) La relazione tecnica a firma dell’arch. riporta un prospetto (pag. 12) dei due muri affiancati che non corrisponde alla realtà in quanto sembrerebbe che il muro realizzato dal resistente abbia la fondazione attestata in prossimità della testa del muro di cui è causa.

Seconda Osservazione

E’ utile sottolineare che il muro in questione, come risulta dagli atti di causa, non è nato come muro di sostegno, ma come muro di recinzione. Qualunque variazione dello stato dei luoghi che faccia assolvere a questo manufatto una funzione diversa è, evidentemente, del tutto impropria.

B) Fascicolo parte convenuta

b.1) Nella comunicazione del 28.09.2010 inviata al Comune di, l’ing. afferma “*....il sig. faceva presente che il muretto, con soprastante ringhiera, a delimitazione delle due proprietà, in corrispondenza dello spazio da pavimentare, si presentava fratturato e rischiava di danneggiare la condotta di gas metano.....per cui sconsigliava di eseguire lavori che avrebbero causato ulteriori spinte a questo muretto*”. A seguito di tale constatazione, **non si capisce come si sia potuto realizzare un secondo muro, affiancato al primo (quello oggetto di causa), già evidentemente “fratturato”,** senza pensare alle conseguenti sollecitazioni che, da questa, si generano¹⁸. Si poteva, tutt’al più, non considerare tali sollecitazioni solo se la fondazione del secondo muro fosse stata posata allo stesso livello di quella del primo (confr. parag. 4.4).

Terza Osservazione

Sia l’ing. (CTP parte convenuta e Tecnico redattore della D.I.A. in sanatoria di cui all’All. N°2-Tav. N°4) che l’ing. (Tecnico redattore della CTP di parte convenuta) classificano l’opera oggetto di causa come “*muretto di cinta*” (pag. 1, comma 5 della relazione Tecnica allegata alla citata D.I.A.) o “*muretto gradonato*” (pag. 1 della CTP), con ciò significando, evidentemente, che **esso non può assolvere alcuna funzione di sostegno**. Parimenti

entrambi i tecnici, prima che la parte convenuta realizzasse il nuovo muro, **ne constatano lo stato di dissesto** (All N°2-Tav. N°2, comma 4 e pag. della Relazione Tecnica allegata alla D.I.A.; pag. 3,4,5 della CTP a firma dell'ing.....) e di **precarietà** (pag. 2 del Certificato di Idoneità Statica a firma dell'ing. di cui all'All. N°2-tav. N°3; pag. 5 della CTP). Tali evidenti constatazioni **contrastano** con le successive affermazioni rese dai suddetti Tecnici i quali sostengono che *“le opere realizzate dalla sig.ra non hanno affatto peggiorato il grado di instabilità del muretto oggetto di studio anzi hanno congelato una situazione che si presentava di per se precaria”* (ing., pag. 5 della sua CTP) e che *“l'intervento realizzato è stato eseguito in modo tale da non gravare assolutamente su tale muretto di cinta”* (ing. in pag. 1 della sua Relazione Tecnica allegata alla già citata D.I.A.). Tali **imprudenti dichiarazioni** non tengono conto, inspiegabilmente, dell'andamento delle isobare di pressione che si generano nei terreni al di sotto delle strutture di fondazione (bulbo delle pressioni di Boussinesq – confr. successivo parag. 4.4).

L'ing., in tale documento, afferma ancora che *“...la sig.rarealizzò.....in aderenza al muretto fratturato, un muretto totalmente interrato, alto circa 1 metro e lungo circa 7 metri, dotato di platea di fondazione, sul lato interno, atta ad impedire qualsiasi movimento di ribaltamento e conseguente spinta sul muretto fratturato”*.

Questa affermazione non trova alcun riscontro sia per quanto attiene le misure rilevate a carico del suddetto muro (altezza paramento mt 1,20, larghezza ala di fondazione interna cm 25; confr. All. N°3-Tav. N°8) che per la sua stabilità, atteso che nessun tipo di calcolo risulta, agli atti, essere stato eseguito.

All'uopo giova ricordare (al contrario di quanto scritto a pag. 2, quarto comma, nella CTP di parte convenuta) che la realizzazione di un muro, quando questo assolve la funzione di contenimento (e non è di recinzione), anche se trattasi di dimensioni modeste, (come nel caso in questione) necessita della redazione di calcoli di stabilità, eseguiti secondo la Normativa Tecnica vigente al momento della sua realizzazione, da depositare presso il Settore Tecnico Decentrato Regionale (Genio Civile). Inoltre, trattandosi di una struttura in c.a., la pratica di deposito del progetto va corredata di altra documentazione tecnica quali lo studio geologico ed il collaudo statico.

Pertanto il Comune era tenuto a richiedere l'integrazione documentale della D.I.A. in sanatoria presentata dalla sig.ra, acquisita con prot. n°..... del

Quarta Osservazione

E'utile richiamare alcune sentenze che definiscono inequivocabilmente le caratteristiche di un muro per essere classificato di “cinta” e la relativa disciplina autorizzativa.

- **Cass. II n°8144 del 15.06.2001**

I requisiti essenziali del muro di cinta, che a norma dell'art. 878 Cod. civ. non va considerato nel computo delle distanze legali, sono costituiti dall'isolamento delle facce, l'altezza non superiore a metri tre, la sua destinazione alla demarcazione della linea di confine ed alla separazione e chiusura della proprietà

- **Cass. II n°8671 del 25.06.2001**

Un muro può essere qualificato come muro di cinta quando ha determinate caratteristiche:

destinazione a recingere una determinata proprietà, altezza non superiore a metri tre, emergere dal suolo ed avere entrambe le facce isolate dalle altre costruzioni.

- Cass. II n°9998 del 24.06.2003 e, similmente, Cass. II n°13628 del 04.06.2010

In tema di muri di cinta tra fondi a dislivello, qualora l'andamento altimetrico del piano di campagna – originariamente livellato sul confine tra i due fondi – sia stato artificialmente modificato, deve ritenersi che il muro di cinta abbia la funzione di contenere un terrapieno creato ex novo dall'opera dell'uomo e vada per l'effetto, equiparato a muro di fabbrica, come tale assoggettato al rispetto delle distanze legali tra costruzioni.

-Cass. III n°6906 del 14.07.1997

La Corte di Cassazione con questa sentenza ha indicato specificatamente l'ambito di operatività delle opere di recinzione, affermando che la denuncia di inizio di attività “riguarda opere che hanno la finalità comune di delimitare o circoscrivere un bene immobile, e quindi, anche un'area, ma non comprende opere eseguite per altre ragioni, quali i muri di contenimento”

In conseguenza di tali sentenze, la costruzione di un muro di sostegno è soggetta al rilascio di permesso di costruire.

b.2) L'ing., nella sua Relazione Tecnica allegata alla D.I.A. in sanatoria, nel ripetersi sulla constatazione dell'insufficienza statica del muretto oggetto di causa, afferma alcune imprecisioni:

a) valuta l'altezza del muro oggetto di causa in *un metro*;

b) dichiara che il *“nuovo muretto in c.a. è totalmente interrato, profondo circa un metro, dotato di platea di fondazione sporgente sul lato interno per cm 60, atta ad impedire qualsiasi movimento di ribaltamento e conseguente spinta sul muretto fratturato”*.

Per quanto attiene il secondo punto (lettera b) di esso si è già argomentato al precedente paragrafo.

Per quanto riguarda il primo punto, come risulta dagli scavi esplorativi il cui esito è riportato nell'All. N°3-Tav. N°5, 8) il muro oggetto di causa, nel tratto interessato, ha un'altezza di mt 1,50 ed un'ala esterna di fondazione di larghezza pari a cm 25. Inoltre nella parte terminale del tratto interessato, **il nuovo muro è più alto di cm 60 rispetto a quello esistente**; pertanto il nuovo muro non può definirsi *“ totalmente interrato”*.

Per quanto attiene le fratture e le loro cause generatrici, nel documento non si evince nessuna trattazione specifica (andamento, tipologia, entità, ecc..) e, di conseguenza, la loro riconducibilità alle preesistenti radici di alberi (la cui natura e consistenza non sono trattate) non trova un nesso causale.

Quinta Osservazione

La stessa cosa va detta per il contenuto della CTP di parte convenuta: le conclusioni a cui giunge affrettatamente il Consulente di Parte sono prive del nesso di causalità con lo stato di dissesto del muro (pag. 5 della CTP).

b.3) Il certificato di idoneità statica, nel riportare le stesse imprecisioni della citata relazione tecnica, accerta *“...che le strutture realizzate dalla signoranon*

presentano problemi di staticità al muretto di cinta della proprietà limitrofa". A parere del sottoscritto, ed ai giusti fini di causa, il contenuto di tale documento non fa che aggravare la considerazione della superficialità con la quale è stata realizzata una siffatta opera, omettendo di valutare tutte le ovvie conseguenze che essa avrebbe comportato sul muro esistente, già in precarie condizioni statiche, come affermato dallo stesso tecnico firmatario del certificato.

Sesta Osservazione

Il sottoscritto rileva la carenza tecnica del suddetto certificato in quanto in esso non si fa riferimento ad alcuna Normativa Tecnica, a nessuno schema statico, a nessuna reale dimensione delle strutture interessate (in particolare le rispettive quote dei muri).

PARTE QUARTA

Elementi di letteratura tecnica utili per interpretare i segnali di dissesto

N.B.: Il contenuto del presente paragrafo è stato desunto principalmente dalla consultazione dei seguenti testi:

- *“Diagnosi dei dissesti e consolidamento delle costruzioni “*, di Leopoldo Baruchello e Giorgio Assenza – Edizioni DEI
- *“Corso di consolidamento degli edifici”*, Armando Albi Marini
Università degli Studi di Napoli
- *“Dissesti statici delle strutture edilizie”*, S. Mastrodicasa - Ed. Hoepli Editore
- *“Restauro strutturale”*, Guido Sarà – Liquori Editore, Napoli 1989
- *“Geotecnia”*, K. Terzaghi –R. B. Peck – Utet Editore, 1984
- *“Elementi di geotecnica”*, Pietr Colombo – Ed. Zanichelli

4.1 - Il dissesto strutturale e le sollecitazioni connesse

L'insorgere di condizioni di dissesto in una struttura può essere dovuto sia a sollecitazioni esterne che interne, che possono agire anche contemporaneamente.

Le sollecitazioni esterne sono generate da cause indipendenti dalla struttura (per esempio: eventi sismici, smottamenti, opere di escavazione in prossimità delle strutture fondali, variazioni di utilizzo della struttura, incremento di carichi esterni ecc.); le sollecitazioni interne, invece, derivano da un "assestamento" degli elementi strutturali sottoposti al carico della costruzione, alla loro deformabilità o da sovraccarichi non calcolati in sede di progetto. In questo ultimo contesto (sollecitazioni interne) assume importanza la qualità dei materiali costituenti le membrature portanti che dovrà essere di livello confacente ai compiti statici o dinamici assegnati.

Tutti i dissesti statici, presenti in una struttura edilizia, sono generati, quindi da precise cause perturbatrici e le fessurazioni (o lesioni), deformazioni e spostamenti, rappresentano i segnali più comuni e tangibili degli effetti delle modifiche che si sono instaurate nella costruzione rispetto al momento della sua realizzazione.

La valutazione diretta dell'entità ed "andamento" delle varie lesioni presenti in una struttura (il quadro fessurativo) risulta utile solo per la diagnosi delle cause che le hanno generate. In base al quadro fessurativo verranno pertanto individuate diverse cause (perturbatrici) di innesco del danno, che potranno variare da zona a zona.

Per indagare invece sugli effetti in atto e programmare gli interventi di eliminazione delle cause occorre valutare la dinamica nel tempo del quadro fessurativo ed analizzare gli incrementi ed i decrementi dell'ampiezza delle fessure.

4.2 – Suddivisione delle lesioni nelle murature

4.2.1 – Lesioni da schiacciamento

Si verifica quando nel solido murario in una certa zona si produce per effetto dei carichi una tensione di compressione che supera la capacità di resistenza della muratura.

Le cause principali di tali dissesti risultano gli insufficienti dimensionamenti progettuali, il degrado della muratura e della malta di collegamento, gli imprevisti sovraccarichi localizzati dovuti a cedimento delle strutture sottostanti e l'aumento dei carichi dovuto a variazione di utilizzo o sopraelevazioni.

Le lesioni da schiacciamento si presentano con **andamento verticale ed in sequenze multiple** (fig. 1).



Fig. 1 – lesioni da schiacciamento

4.2.2 – Lesioni da trazione

Risultano le lesioni più comuni e diffuse **nelle strutture murarie che sono poco atte a reagire a tali sollecitazioni**. Nelle prime fasi del fenomeno tali lesioni risultano decisamente meno pericolose delle precedenti e soltanto in caso di vistosi spostamenti dalla verticale o di distacchi di elementi controventanti possono ridurre la capacità statica delle strutture. Le lesioni da trazione si manifestano anche per sollecitazioni di flessione pura, assumono andamento ortogonale all'asse dell'elemento sollecitato e si presentano sensibilmente piane.

Quando alla flessione si sovrappone anche una sollecitazione di taglio, la lesione assume una forma sinusoidale con un flesso e presenta la massima inclinazione sull'asse neutro. **Spesso le lesioni derivano da cedimenti delle fondazioni; in questo caso essi si presentano con un andamento tipicamente verticale o sub-verticale (lesioni da tranciamento, fig. 2) o inclinato di circa 45° nella direzione delle sollecitazioni di taglio (lesioni da taglio, fig. 3).**

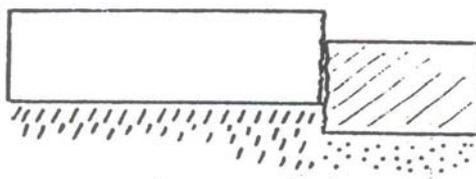


Fig. 2 – lesioni da tranciamento

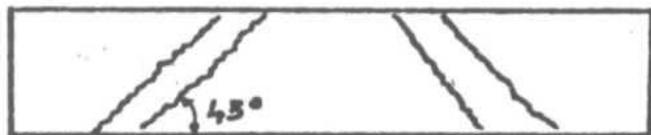


Fig. 3 – lesioni da taglio

4.3 - Cedimenti in fondazione e lesioni connesse

I cedimenti delle fondazioni superficiali sono il risultato delle deformazioni verticali del terreno sottostante la fondazione in grado di indurre il dissesto statico o la perdita di funzionalità di un'opera.

Le cause più ricorrenti di tali cedimenti possono essere (confr. Cestelli Guidi, 1975):

- un'errata valutazione del suolo
- il sottodimensionamento della fondazione
- il carico trasmesso da fondazioni vicine
- la variazione delle pressioni interstiziali, ad esempio per un abbassamento del livello di falda.

L'esame del comportamento delle fondazioni e l'analisi strutturale dei corpi in elevazione, forniscono utili elementi per comporre in forma coerente distribuzioni di spostamenti, di sforzi e per giustificare gli effetti che ne seguono in termini fessurativi.

Quando una costruzione, con le sue fondazioni, insiste su terreni compressibili o incoerenti, s'innescano **cedimenti differenziali** che portano ad uno scivolamento in basso di una parte della fondazione rispetto all'altra nel terreno fondale. **In tal caso le lesioni si presentano sulla facciata del muro (in mattoni o calcestruzzo) con la caratteristica forma diagonale, (o semi parabolica) seguendo la linea di minore resistenza, chiudendosi verso il basso.**

Quando, oltre al cedimento differenziale agiscono sul muro altre spinte (per es. concorrenza di muri d'angolo), si innescano cedimenti rototraslazionali, i muri che confinano le conseguenti lesioni (il cui andamento è sempre del tipo a 45°, da taglio - fig. 3) presentano le rispettive facciate non complanari e fuori piombo.

La stessa tipologia di lesioni si riscontrano anche a carico di muri isolati realizzati in muratura o calcestruzzo non armato, nelle condizioni sopra descritte (presenza di terreni

incoerenti, sottodimensionamento della fondazione, azione di carichi trasmessi da fondazioni vicine, inadeguatezza rispetto alle azioni agenti, ecc..).

Prima Osservazione

Come è noto anche il calcestruzzo non armato, come tutti i materiali lapidei, possiede una elevata resistenza a compressione ma una bassissima resistenza a trazione. Ecco perché anche bassi stati tensionali di trazione inducono fessurazioni locali.

Nel calcestruzzo armato, invece, i ferri d'armatura hanno lo scopo principale di assorbire gli sforzi di trazione sopprimendo così alle deficienze meccaniche del conglomerato.

4.4 – Tensioni nel terreno prodotte dal carico trasmesso dalle fondazioni.

Teoria di Boussinesq (1885)

Come già detto, con cedimento si indica l'abbassamento del piano di posa di una struttura a causa della deformazione del terreno sottostante. Di solito il progetto di una qualunque struttura è basato sull'ipotesi che essa poggi su una base non cedevole: cosa che in realtà non accade. Se la base della struttura rimane piana, il cedimento non è pericoloso perché le forze nella struttura non si alterano; se invece si incurva, l'intera ossatura della struttura tende a deformarsi causando delle nuove tensioni non considerate in progetto. Se la struttura poggia sopra uno o più strati di terreno molto compressibile, compresi fra strati di terreno relativamente incompressibile (come sabbia), il cedimento dipende principalmente dalle proprietà degli strati compressibili e dall'intensità e distribuzione della pressione verticale su questi strati.

E' evidente che l'intensità della pressione verticale su ogni piano orizzontale interno al terreno caricato decresce da un valore massimo in corrispondenza della verticale al punto di applicazione del carico fino ad annullarsi a grande distanza da tale punto.

La geotecnica indica diversi metodi per valutare la pressione che si esercita sulla superficie inferiore di un terreno nello strato sottostante l'area caricata. Per fondazioni quadrate o rettangolari la determinazione delle tensioni nel terreno può essere affrontata facendo riferimento al **bulbo di pressione** mostrato in fig. 4, ottenuto sulla base dell'**equazione di Boussinesq**. I bulbi di pressione sono delle **isobare** che si ricavano costruendo profili verticali delle pressioni per vari punti scelti nel senso della larghezza B della fondazione ed interpolando poi i punti caratterizzati da uguali valori di pressione.

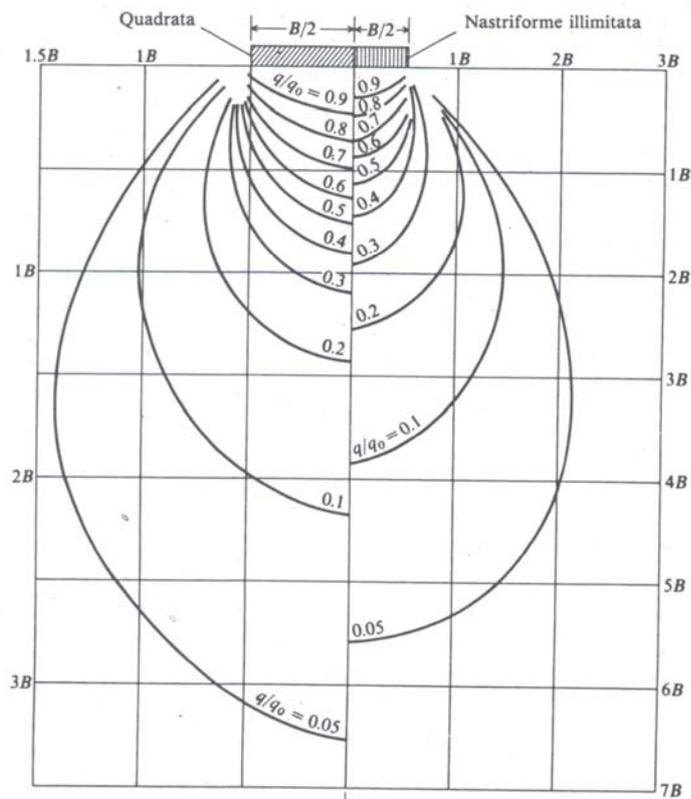


Fig. 4 - La ripartizione delle tensioni nei vari strati del terreno di sottofondazione avviene secondo curve (isostatiche) di pressione costante

Il suddetto metodo per il calcolo dell'incremento dello stato di sforzo prodotto dai carichi in fondazione, è diffusamente usato per ogni tipo di suolo, nonostante sia stato specificatamente sviluppato per un terreno assimilato ad un solido elastico in un semispazio omogeneo ed isotropo.

Seconda Osservazione

In questo paragrafo si esula dall'approfondimento matematico dell'equazione di Boussinesq in quanto si è voluto solo rappresentare (anche per una più agevole comprensione da parte del Giudice) **l'area di diffusione del carico nel terreno al di sotto della fondazione.**

Altri metodi correntemente usati consistono nel diffondere il carico in profondità secondo linee di pendenza 2:1 o con angolo di diffusione compreso tra 30° e 45° (confr. fig. 5).

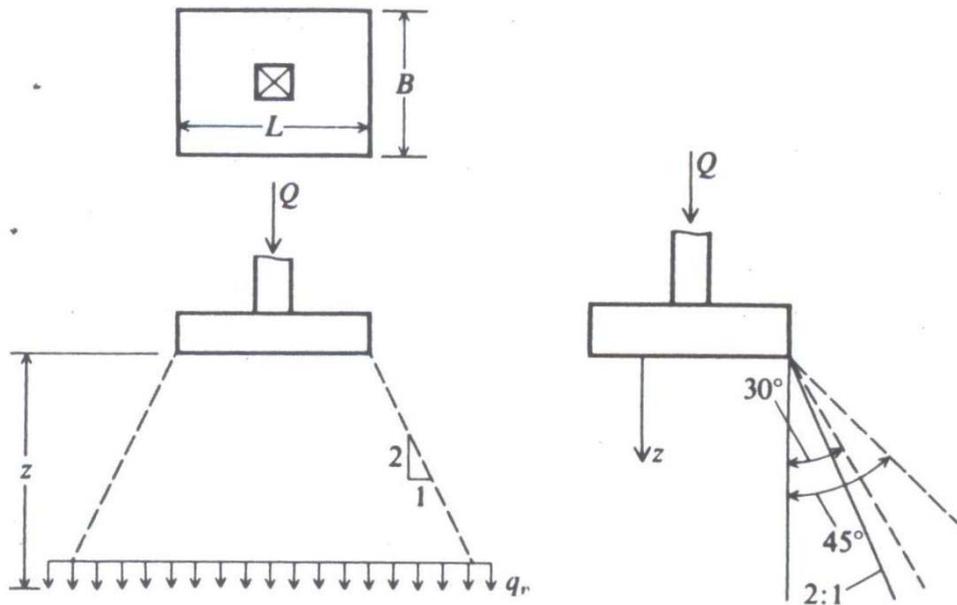


Fig. 5 - Metodi approssimati per ottenere l'incremento di sforzo q_v nel terreno a profondità z al di sotto di una fondazione

Terza Osservazione

Da quanto si evince in questo paragrafo, tratto dalla letteratura di settore, **l'esecuzione di una nuova fondazione in prossimità di una esistente non deve incrementare lo stato di tensione sotto quest'ultima.**

PARTE QUINTA

Risposte ai quesiti

L'articolato quesito formulato dal sig. Giudice, per comodità di lavoro, è stato suddiviso in cinque quesiti come di seguito esplicitati:

- 1) *accertare, previa analitica descrizione dei luoghi, corredata da adeguata documentazione fotografica e planimetrica, se il muro di cinta realizzato dal ricorrente e la tubazione di adduzione generale del gas metano (installata dall'Italgas) che corre sul muro stesso, sono minacciati dal pericolo di aggravamento del danno già prodotto nei termini prospettati nel ricorso;*
- 2) *in caso di risposta affermativa al quesito n°1, determinarne la causa;*
- 3) *qualora la causa sia costituita dalla sopraelevazione del resistente, descrivere analiticamente le opere da eseguire per ovviare a tale pericolo, indicando il relativo costo mediante apposito computo metrico;*
- 4) *accertare, altresì, la misura dell'altezza della sopraelevazione rispetto al corpo precedente.*

5.1 – QUESITO N°1: accertare, previa analitica descrizione dei luoghi, corredata da adeguata documentazione fotografica e planimetrica, se il muro di cinta realizzato dal ricorrente e la tubazione di adduzione generale del gas metano (installata dall'Italgas) che corre sul muro stesso, sono minacciati dal pericolo di aggravamento del danno già prodotto nei termini prospettati nel ricorso.

5.1.1 - Premessa

Nel corso dei sopralluoghi condotti dal sottoscritto CTU, al fine di espletare l'incarico affidatogli, ha eseguito dettagliate indagini e misurazioni, raccogliendo tutti i dati tecnici del muro oggetto di causa, di quello realizzato dal resistente ed dell'area circostante che gli hanno consentito di definire il quadro generale dello stato dei luoghi. Dette indagini sono state condotte secondo le seguenti principali fasi (confr. Verb. N°1 e 2):

- a) rilievo ed esame dell'area circostante il muro;
- b) esecuzione di scavi esplorativi e successivo rilievo geometrico-strutturale del muro oggetto di causa e di quello realizzato dal resistente;
- c) rilievo del quadro fessurativo a carico del muro sia nel tratto interessato dai fatti di causa che nei restanti tratti del muro di recinzione del lotto (Tabella N°1 e 2);
- d) verifica della linearità del paramento del muro realizzato dal resistente;
- e) verifica della presenza di strapiombi lungo il paramento del muro oggetto di causa;
- f) verifica dell'esistenza di segni di distacco da pertinenze non solidarizzate al muro.

Per tutte le suddette fasi si è proceduto con rilevazioni metriche ed i rilievi effettuati sono stati riportati su apposite planimetrie e prospetti contenuti nell'allegato N°3, Tav. N°1, 2, 3, 4, 5, 6 7, 8, 9; l'allegato N°5 riporta i rilievi fotografici dello stato dei luoghi (dal N°1 al N°20), con allegata la planimetria dei punti di vista fotografici. Il quadro fessurativo a carico del tratto di muro interessato ai fatti di causa è rappresentato graficamente nella Tav. N°6 dell'All. N°3. nonché nella tabella n°1 inserita nella presente Relazione.

5.1.2 - Stato dei luoghi

Per comodità di lettura e per un immediato riscontro con quanto descritto nella presente relazione, sono stati riprodotti vari disegni dell'area e dei manufatti interessati ai fatti di causa. Nella planimetria generale dei luoghi (All. N°3–Tav. N°3). vengono rappresentati i due lotti, fra di loro contigui, con i nominativi delle parti in causa, i relativi fabbricati, gli accessi, la recinzione esterna che delinea i rispettivi confini e l'ubicazione del muro oggetto di causa. Tale planimetria contiene, inoltre, le posizioni indicative delle lesioni riscontrate su tutto il muro di recinzione della proprietà

Dall'andamento del terreno all'esterno delle recinzioni e della sede stradale attigua si evince che l'intera area, in origine, si presentava sensibilmente acclive nelle due direzioni sud ed est (Foto N°1, 2). La costruzione dei due fabbricati e la conseguente sistemazione dei lotti, già individuati nel parag. 2.1, hanno comportato la realizzazione di aree in piano ed un modesto dislivello tra le rispettive corti nella direzione sud nord. In particolare la corte di pertinenza del fabbricato di proprietà del sig. è posta ad un livello leggermente inferiore a quella del fabbricato di proprietà della sig.ra, come risulta rappresentato nell'All. N°3.Tav. N°5 e Foto N°8).

Prima Osservazione

L'aiuola delimitata da un piccolo muretto, posta lungo questo tratto, nella proprietà, è servita a "mitigare" il dislivello esistente, evitando di ampliare la superficie pavimentata della corte fino alla base del muro. In tal caso si sarebbe "scoperta", imprudentemente, la fondazione del muro.

Lungo la via, il muro di recinzione della proprietà, presenta un marciapiedi ad esso adiacente (Foto N°1), mentre lungo viai la sede stradale è direttamente accostata al muro (Foto N°2). Da una valutazione visiva delle quote del terreno all'esterno ed all'interno della recinzione, si deduce che lungo viail marciapiedi si trova a quota superiore rispetto a quella del terreno entro stante, mentre lungo Via succede il contrario. Si tratta di differenze di quota minime e variabili lungo lo sviluppo del muro, a partire dall'accesso situato lungo via, fino ad arrivare al confine con la proprietà, su Via

All'interno del lotto un ulteriore muretto di modesta altezza variabile (da cm 50 a cm 110) delimita un'aiuola che "segue" il muro di recinzione per tutto il suo sviluppo, ivi

compreso il tratto oggetto di causa (Foto N°4). Evidentemente la realizzazione di tale aiuola si è resa necessaria per le motivazioni già esposte nella precedente osservazione.

All'interno della suddetta aiuola sono presenti degli alberi di altezza variabile dei quali tre sono del tipo ad alto fusto. Trattasi di una specie di pini ampiamente trattati negli atti di causa dei quali almeno due erano presenti anche nell'aiuola delimitante il tratto del muro oggetto di causa, non più presenti nello stato dei luoghi.

Seconda Osservazione

La presenza di questi pini, non messa in discussione nei fatti di causa, è documentata sia dalle foto allegate agli atti delle parti in causa, da quelle allegate al verbale n°2 e da ciò che resta del loro taglio (confr. Foto n°6).

Lungo il confine che divide le due proprietà delle parti in causa, insiste il muro di recinzione ad altezza variabile il cui tratto interessato è quello in cui detto muro presenta altezza maggiore, meglio individuato tra l'accesso pedonale alla proprietà e la posizione di un secondo muro in blocchi di calcestruzzo, direzionato ortogonalmente al primo (confr. All. N°3-Tav. N°5, 7, e Foto N°7, 8) e che delimita l'ampliamento dell'area carrabile effettuata dal convenuto.

Allo stato attuale il muro, in questo tratto, presenta due evidenti lesioni passanti (confr. Tab. N°1, lesioni 1, 3 e relative foto di riferimento N°10 e 12; All. N°3-Tav. N°6) una lesione di minore spessore (lesione n°4, Foto N°13) ed un distacco conseguente ad una ripresa di getto, non definibile come giunto tecnico (Foto N°11; All. N°3 -Tav. N°6).

Il paramento compreso tra tali lesioni ed il giunto strutturale, oltre che essere in disallineamento con le restanti estremità, presenta evidenti fuori piombo (All. N°3-Tav. N°8 e Foto N°16), ancora più evidenti con la semplice ispezione visiva della ringhiera di cui il muro è dotato (Foto N°9).

Terza Osservazione

La ringhiera in ferro che è posta lungo la testa del muro, anch'essa a gradoni, risulta sensibilmente incurvata quale ovvia conseguenza del movimento delle parti di muro che si sono distaccate e ruotate a seguito delle fessurazioni. Essa, tuttavia, è l'unico elemento, sebbene evidentemente precario, di continuità delle parti di muro dissestate.

Tutte le lesioni presenti sul muro sono state attentamente rilevate e rappresentate nelle loro particolarità (ampiezza, andamento, complanarità delle facciate, rotazioni) in modo da ottenere il relativo quadro fessurativo di Tabella N°1, indispensabile per risalire alle cause del dissesto. Il sottoscritto ha provveduto a rilevare, benché non interessati ai fatti di cui è causa, anche le lesioni presenti sugli altri tratti del muro di recinzione della proprietà del sig., al fine di ottenere un quadro più ampio dei fenomeni di dissesto nonché di effettuare gli opportuni confronti tra i fenomeni riscontrati..

Quarta Osservazione

Sotto l'aspetto geologico, la zona di espansione urbanistica ove ricade il luogo di causa, è costituita prevalentemente da unità litologiche di tipo argille, sabbie e conglomerati. Si tratta di terreni appartenenti al ciclo Plio – Pleistocenico che ricoprono, in trasgressione, gli elementi strutturali di base della media valle del Crati, al quale elemento strutturale il territorio in esame appartiene. In particolare è presente, in zona, una copertura conglomeratica costituita da elementi clastici immersi in una matrice di tipo sabbioso- limosa; detta formazione litologica è stata notevolmente manomessa dalla intensa urbanizzazione territoriale. Ne risultano così ampiamente modificati ed alterati la morfologia, i caratteri idrografici, gli elementi del paesaggio.

La intensa urbanizzazione ha indotto profonde modificazioni anche alla copertura superficiale costituita, allo stato attuale, da materiali di riporto e rimaneggiati, quindi, poco consistenti, di litologia eterogenea ed a struttura caotica. Di conseguenza anche la stabilità di tali terreni di copertura superficiale risulta compromessa, in quanto caratterizzata da cedimenti, riscontrabili, con frequenza, sia nella sede stradale che nelle strutture di recinzione in muratura o calcestruzzo non armato.

Nel tratto interessato (come sopra individuato), al muro oggetto di causa risulta accostato il muro in cemento armato realizzato dalla parte convenuta la cui sommità segue una unica quota, corrispondente a quella iniziale del muro della parte attrice, in corrispondenza dell'accesso pedonale alla proprietà Così che, proseguendo lungo il confine in direzione est, mentre il muro oggetto di causa realizza dei salti di quota di circa 30 cm ogni circa mt. 3,20 (gradoni del paramento), quello realizzato dal sig. mantenendo la sua sommità allo stesso e 15, dopo un primo tratto, lo "sormonta" prima di 30 cm e dopo di 60 cm (confr. All. N°3-Tav. N°5, sez. 3 e Tav. N°6 e 9; Foto N°7, 8).

Quinta Osservazione

Tra i due muri, come rappresentato anche negli elaborati grafici (All. N°3-Tav. N°5, 8) risultano interposti due fogli di polistirolo che occupano il giunto di cm 5-6 cm, in elevazione, tra le due strutture. Tra gli elementi che confinano il giunto (i paramenti dei due muri) non sono stati rilevati segni di distacco (confr. Foto N°15). Tale constatazione, ovviamente, non esclude che il movimento rotatorio di ribaltamento del paramento del muro di oggetto di causa non possa essersi verificato solidalmente a quello realizzato dalla parte convenuta (confr. seconda osservazione di parag. 5.1.4).

Oltre al muro prima descritto,, come ampiamente risulta anche dagli atti di causa, è stato realizzato un massetto in calcestruzzo cementizio armato, facilmente rilevabile dalla sua variazione cromatica e dalle linee di distacco tra vecchio massetto e sommità del muro (Foto N°5). Tale massetto, evidentemente posto sul riempimento a tergo del muro, ha ampliato di circa mq 21 l'area carrabile dell'accesso alla proprietà, come già risulta dagli atti di causa e per come rappresentato nell'All. N°3-Tav. N°7.

Sesta Osservazione

Al contrario di quanto rilevato nella quarta osservazione, tra il massetto sopra descritto e la testa del muro realizzato dalla sig.ra, è stato rilevato un distacco netto, non imputabile ad

un semplice ritiro del calcestruzzo, ed un lieve abbassamento dello stesso (confr. successivo paragrafo 5.1.3.d.).

Grazie agli scavi esplorati fatti eseguire dal sottoscritto nei punti riportati nell'All. N°3-Tav. N°4 (confr. paragrafo 1.2) è stato possibile acquisire con certezza i dati dimensionali dei due muri coinvolti nei fatti di causa nonché ispezionare gli scavi al fine di dedurre utili elementi per caratterizzare il terreno di fondazione e quello più superficiale. All'uopo, è stata utile la presenza, in loco, del geologo dott. Beniamino Falvo, collaboratore di fiducia dello studio tecnico del sottoscritto CTU.

Come già detto al paragrafo 1.2 si da atto che la tubazione di adduzione generale del gas metano (installata dall'Italgas) che correva sul muro oggetto di causa (come risulta dagli atti di causa) non è più presente in quanto rimossa, per precauzione, dalla parte attrice.

5.1.3 - Esito delle indagini

Considerato che l'indicazione delle indagini tecniche espletate sono state riportate nel paragrafo 1.2 (al quale si rimanda), secondo le fasi elencate al paragrafo 5.1.1., di seguito il sottoscritto tratterà esplicitamente gli esiti di tali indagini sulla cui rigorosa interpretazione tecnica si basano le risposte al quesito posto dal sig. Giudice.

5.1.3.a – Linearità e strapiombo del paramento del muro

Le indagini hanno permesso di accertare il marcato disallineamento sia del muro oggetto di causa che di quello realizzato da resistente. La misura è stata condotta, alla presenza dei CTP di parte, con l'uso di un semplice filo comunemente usato dai muratori, di chiodi infissi sulle due teste estreme del muro realizzato dalla sig.ra, di un metro ed una fettuccia metrica. Considerato che i due muri sono fra di loro accostati senza presenza di distacchi dell'interposto isolante (fogli di polistirolo) il risultato ottenuto è valido per entrambi i paramenti dei muri. La Tav. N°7 dell'All. N°3 è esaustiva dell'operazione eseguita, dalla quale risulta una freccia di circa cm 3,6 rilevata in prossimità del punto medio del tratto di paramento dissestato compreso tra la lesione n°3 ed il giunto (All. N°3- Tav. N°6).

Lo strapiombo del paramento del muro oggetto di causa è stato misurato con un livello in più parti, riscontrando un massimo di 6/7 cm nella sezione 2 di Tav. N°8 dell'All. N°3 (Foto N°16).

5.1.3.b – Rilievo geometrico-strutturale dei due muri

Gli scavi esplorativi fatti eseguire dal sottoscritto (All. N°3-Tav. N°4 con indicazioni fotografiche; Foto N°9), hanno permesso di accertare:

- le dimensioni dei due muri di che trattasi;
- l'assenza di opere di drenaggio a tergo del muro realizzato dal resistente;
- l'andamento delle lesioni N°1 e 3 per tutto il loro sviluppo fino alla base della fondazione (Foto N°14), le cui specifiche sono riportate nella tabella 1;
- le rispettive quote di imposta delle fondazioni dei due muri.

Il muro oggetto di causa, realizzato in calcestruzzo cementizio non armato, presenta un'altezza del paramento, nel tratto interessato, di mt 1,50 con tre salti di quota (a scendere) di circa 30 cm ognuno, con spessore costante di cm 30. In fondazione è stata rilevata la larghezza dell'ala esterna (verso proprietà), pari a cm 25. Lo sviluppo in pianta dei due muri viene riportato in forma particolareggiata nella Tav. N°7 dell'All. N°3.

Il muro realizzato dalla sig.ra, con struttura in calcestruzzo cementizio armato, presenta un lunghezza di mt 9,50, uno spessore del paramento variabile da cm 30 cm 32 ed un'ala esterna (verso proprietà) di cm 25. Le geometrie dei due muri sono chiaramente esposte nelle Tav. N°8 e 5 dell'All. N°3.

Come già detto, gli scavi esplorativi hanno messo in luce le diverse quota d'imposta delle fondazioni dei due muri, per come riportato in nelle sezioni n°2 e 3 di Tav. N°5, All. N°3.

Nella sua parte terminale, in direzione valle, è stato accertato che il muro realizzato dalla sig.ra supera quello oggetto di causa di circa cm 60, come già esposto dopo la quarta osservazione del precedente paragrafo (All. N°3-Tav. N°6; Foto N°20).

5.1.3.c – Rilievo del quadro fessurativo

Il quadro fessurativo, come già spiegato al paragrafo 5.1.1 è stato rilevato per tutto il muro di recinzione. In particolare nel tratto del muro oggetto di causa si evidenziano le lesioni di seguito descritte (confr. Tabella 1, e Tav. N°6 dell'All. N°3).

c.1) Lesione n°1: trattasi di una fessura con un andamento assimilabile ad una inclinata di 45°, di tipo passante, con ampiezza che va aumentando a partire dalla fondazione del muro fino alla sua sommità in corrispondenza dell'angolo formato dal gradone del paramento, ove la sua ampiezza è valutabile intorno ai 20 mm; le superfici delle facciate delimitanti la lesione non sono complanari, con strapiombo in direzione della proprietà, di misura maggiore a carico della facciata del muro ricompresa tra la lesione 1 e 2 (giunto di ripresa).

c.2) Lesione n°2: trattasi di un distacco da ripresa di getto e non di lesione, con andamento verticale, di ampiezza variabile, in aumento verso l'alto fino a raggiungere mm 15; anche in questo punto si rileva la non complanarità delle facciate del muro come nella lesione n°1.

c.3) Lesione n°3: le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione, del tipo passante, è assimilabile ad una inclinata di circa 10-15° ed ha origine alla base del muro e si estende fino alla sommità, oltre il terzo gradone.

c.3) Lesione n°4: trattasi di una lesione del tipo passante, di ampiezza pressoché costante (3-4 mm), con andamento quasi verticale; le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione, in prossimità della base del muro, è coperta dal muretto delimitante l'aiuola.

5.1.3.d - Segni di distacco da pertinenze non solidarizzate al muro.

L'attento rilievo eseguito dal sottoscritto CTU ha messo in evidenza un netto distacco tra il massetto descritto nella parte finale del paragrafo 5.1.2, ed il paramento del muro realizzato dalla sig.ra, di ampiezza costante pari a circa mm 18-20 (All. N°3-Tav. N°8; Foto N°17, 18, 19, 15) . Sulla circostanza che il calcestruzzo di cui è costituito il massetto sia stato "gettato" a diretto contatto con il muro non v'è alcun dubbio: infatti non ci sono segni di elementi interposti (tavole di carpenteria, fogli di polistirolo, ecc..). Inoltre è stato possibile rilevare anche un lieve abbassamento del massetto, stante la non complanarità dei segni presenti sulle rispettive linee di contatto tra le due strutture (Foto N°18).

Prima Osservazione

La congruenza delle cavità ed asperità presenti lungo i bordi delle due strutture (Foto N°18) sono segni inequivocabili del loro originario contatto.

L'accertamento di questo distacco (non ascrivibile assolutamente a fenomeni di ritiro del calcestruzzo), conseguente ad un movimento relativo tra strutture non solidarizzate, è prova certa dell'inadeguatezza anche del muro realizzato dalla sig.ra (confr. successiva Quarta Osservazione) e dell'azione esplicata dal terrapieno sul muro oggetto di causa.

5.1.3.e – Altri elementi utili ai fini di causa

Dalle indagini condotte sono emersi, inoltre, i seguenti ulteriori dati utili ai fini di causa:

- e.1 - le pendenze del massetto realizzato dal resistente, sebbene di limitata entità, evitano che le acque di precipitazione si riversino in direzione del muro oggetto di causa;
- e.2 – la presenza di ceppi conseguenti al taglio di due alberi provano quanto già asserito al paragrafo 5.1.2, nonché quanto dichiarato dalla parte convenuta (preesistenza di due pini marittimi lungo aiuola adiacente il muro oggetto di causa);
- e.3 – le prove sclerometriche effettuate dal sottoscritto a carico del paramento del muro oggetto di causa denotano che il calcestruzzo di cui esso è costituito non è del tipo

scadente o depotenziato, atteso che i valori di rimbalzo sono compatibili con un calcestruzzo attestabile ad una classe di resistenza non superiore a $R_{ck}=200$ Kg/mq, nonostante sia stato soggetto ad un naturale degrado per assenza di rivestimenti o vernici protettive.

Seconda Osservazione

Per determinare con esattezza la classe di resistenza del calcestruzzo in opera, la normativa tecnica impone il prelievo di provini (carote) dalla struttura, da sottoporre a prove di schiacciamento presso un laboratorio autorizzato, dalle quali si ricavano i valori caratteristici di resistenza. Tuttavia il sottoscritto CTU evidenzia che la consistenza del calcestruzzo del muro oggetto di causa non è elemento influente sulla risposta al quesito postogli, per le seguenti ragioni:

-il muro è stato realizzato (come già affermato) per assolvere esclusivamente funzioni di mera recinzione e non di contenimento;

-muri realizzati in calcestruzzo non armato, anche se di classe $R_{ck}=250$ Kg/cm² (valore imposto dalla normativa previgente per opere strutturali armate) non possono comunque resistere ad azioni che generino sollecitazioni di trazione/taglio (confr. parag. 4.3), quali, per esempio, quelle che si generano a causa di cedimenti differenziati del terreno di fondazione, del tutto simili a quelli riscontrati a carico del muro interessato.

Terza Osservazione

La carenza strutturale materiale in muri non armati può concorrere all'insorgere di lesioni solo per il fatto che esse possono insorgere prima rispetto ad un muro di migliore consistenza materiale, ma non le possono evitare. **Quindi nel nostro caso, non può dirsi (come invece è scritto a pag. 5 nella CTP di parte convenuta) che la carenza strutturale (tra l'altro non accertata), possa essere la causa delle lesioni.**

**TABELLA N°1: QUADRO FESSURATIVO RILEVATO SULLA FACCIATA DEL MURO LATO
..... (PROSPETTO SUD)**

B.: i numeri delle lesioni riportate in neretto si riferiscono a quelle riscontrate nel tratto di muro oggetto di causa

TRATTO MURO (rif. All. N°3-Tav. N°6)	LESIONE N°	TIPOLOGIA	POSIZIONE E DESCRIZIONE	FOTO DI RIFERIMENTO
Muro oggetto di causa	1	Lesione passante, ampiezza media mm 15	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione non sono complanari; il disallineamento ha origine alla base del muro, prosegue lungo la lesione, con costante aumento verso la sommità del muro fino ad un massimo di circa 20 mm in corrispondenza del primo gradone (salto di quota del paramento del muro). L'andamento è assimilabile ad una inclinata di 45°	10
“	2	Distacco di ampiezza variabile da 10 a 15 mm conseguente ad una ripresa di getto del calcestruzzo	In questo punto il paramento presenta un giunto verticale in corrispondenza del secondo salto di quota (gradone). Si rileva un'ampiezza del giunto variabile da 10 a 20 mm. Le superfici delle facciate delimitanti il giunto non sono complanari; il disallineamento ha origine alla base del muro, lungo il giunto, con costante aumento verso la sommità fino ad un massimo di circa 15 mm.	11
“	3	Lesione passante, ampiezza pressoché costante di circa 4-5 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione ha origine alla base del muro e si estende fino alla sommità, ove termina a circa 30 cm oltre il terzo gradone. L'andamento della lesione è assimilabile ad una inclinata di circa 10°.	12
Muro in continuità con il tratto oggetto di causa	4	Lesione passante, ampiezza pressoché costante di circa 4-5 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione, posta in corrispondenza del quarto gradone, in prossimità della base del muro, è coperta da un ulteriore muretto delimitante un'aiuola. L'andamento della lesione è pressoché verticale.	13
“	5	Lesione passante, ampiezza di circa 3-4 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione, ubicata in prossimità del sesto gradone, è ricoperta da intonaco ad esclusione della parte inferiore del muro ove essa è più visibile. L'intonaco presenta una lesione capillare in continuità con la lesione del muro; l'andamento è pressoché verticale.	
“	6	Lesione passante, ampiezza di circa 2-3 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari; la lesione, ubicata in prossimità del settimo gradone, è ricoperta da intonaco ad esclusione della parte inferiore del muro ove essa è più visibile. L'intonaco presenta una lesione capillare in continuità con la lesione del muro; l'andamento è pressoché verticale.	

N. TABELLA N°2: FACCIATA DEL MURO LUNGO VIA E (non interessata ai fatti di causa)				
TRATTO MURO (rif. All. N°3-Tav. N°3)	LESIONE N°	TIPOLOGIA	POSIZIONE E DESCRIZIONE	FOTO DI RIFERIMENTO
Muro di recinzione prop. H 90	7	Lesione passante, ampiezza media mm 4-5	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari. L'andamento è assimilabile ad una inclinata di 15° a partire dalla linea del salto di quota del gradone.	
“	8	Lesione passante, ampiezza media mm 3-4	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari. L'andamento è assimilabile ad una inclinata di 15° a partire dalla linea del salto di quota del gradone.	
“	9	Lesione passante, ampiezza pressoché costante di circa mm 4-5	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione non sono complanari per la presenza di un lieve disallineamento in corrispondenza della sommità del muro; l'andamento della lesione è quasi verticale ed ha origine dalla linea del salto di quota del gradone.	
“	10	A) Giunto per ripresa di getto B) Lesione passante, ampiezza pressoché costante di circa mm 4-5	In questa zona si rilevano: a) un giunto tecnico con disallineamento in testa al muro di circa 30 mm; b) una lesione con andamento di circa 45°.	
“	11	Lesione passante, ampiezza di circa 3-4 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione non sono complanari per la presenza di un disallineamento in testa al muro di circa 5 mm; L'andamento della lesione è assimilabile ad una inclinata di 10° a partire dalla linea del salto di quota del gradone.	
“	12	Giunto per ripresa di getto	Il giunto presenta un disallineamento in testa al muro di circa 10 mm	
“	13	Lesione passante, ampiezza di circa 3-4 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione sono complanari. L'andamento è di tipo verticale (salto di quota??).	
“	14	Lesione passante, ampiezza di circa 3-4 mm	Le superfici delle facciate delimitanti la lesione non sono complanari per la presenza di un disallineamento in testa al muro di circa 10 mm.	

NOTA BENE: i giunti rilevati non sono definibili come giunti tecnici, ma conseguenti a riprese di getto del paramento (confr. parag. 5.1.2)

Quarta Osservazione

In riferimento a quanto relazionato al paragrafo 5.1.3.d il sottoscritto CTU precisa che ha effettuato un calcolo di stabilità del muro realizzato dalla sig.raadottando le dimensioni rilevate a seguito degli scavi esplorativi ed i seguenti dati geotecnici compatibili con le caratteristiche del terreno descritto nella Quarta Osservazione di cui al paragrafo 5.1.2.

Peso del volume di terreno di riporto (a tergo del muro) $\gamma = 1600 \text{ Kg/mc}$

Angolo di attrito del terrapieno $\phi = 24^\circ$

Coesione = 0

Peso del volume di terreno alla base della fondazione $\gamma = 1700 \text{ Kg/mc}$

Angolo di attrito del terreno di fondazione $\phi = 27^\circ$

Coesione = 0

Altezza del paramento = mt 1,20

Spessore del paramento = cm 30

Lunghezza ala di monte della fondazione = cm 25

Spessore ala fondazione = cm 30

Calcestruzzo classe 250

Acciaio di armatura Fe b44k

Sovraccarico sul terreno = assente

Coefficiente di intensità sismica: 7%

Adottando la normativa tecnica DM. 16.01.1996, vigente al momento della realizzazione del muro, i risultati dimostrano che il muro per come realizzato, considerato isolato, anche in assenza di sovraccarichi, **è inadeguato** a reggere la spinta del terrapieno in quanto **risultano negative le verifiche: scorrimento, ribaltamento ed stabilità globale**.

E' evidente che a tale conclusione si perviene con qualsiasi sistema di calcolo che assuma i dati sopra esposti. Il sottoscritto, qualora richiesto, è in grado di fornire il tabulato dei calcoli che, per ragioni di spazio, qui non viene riportato.

L'inadeguatezza del suddetto muro a forma di L, privo dell'ala (denominata anche mensola) di fondazione di valle, deriva proprio dall'insufficienza della lunghezza dell'ala di fondazione di monte.

Le conseguenze di tale inadeguatezza ed instabilità, come si spiegherà nel prossimo paragrafo, si ripercuotono negativamente, a loro volta, sul muro oggetto di causa.

Quinta Osservazione

Non è stato possibile rilevare lo spessore della fondazione del muro realizzato dal resistente ma, considerato che agli atti esiste il Certificato di Idoneità statica a firma dell'ing. (All. N°2-Tav. N°3) che accerta lo spessore pari a cm 30 non c'è stato motivo di effettuare ulteriori indagini. Parimenti è stata accertata solo la larghezza dell'ala esterna di valle della fondazione del muro oggetto di causa. Anche in questo caso, considerato che trattasi di un muro "ideato" come recinzione e privo di armatura, si può ritenere (come di solito si usa "fare" in questo tipo di edilizia) che sia stato adottato in fondazione stesso spessore del paramento e, per l'ala di monte, la stessa dimensione dell'ala di valle rilevata. In ogni caso, come si arguisce, tale dato, in considerazione delle azioni agenti sul muro, è ininfluenza ai fini delle risposte ai quesiti posti per come già spiegato nella precedente seconda osservazione.

Sesta Osservazione

E' evidente che un calcolo di stabilità del muro oggetto di causa è perfettamente inutile atteso che (come già detto), esso è nato come muro di recinzione e non di sostegno. Le lesioni riscontrate su tutto lo sviluppo del muro (confr. Tabella n°2), sono compatibili con azioni derivanti da spinte e da cedimenti differenziati atteso che (come evidenziato nella descrizione dello stato dei luoghi di paragrafo 5.2.1) il muro, in più parti, è stato "costretto" ad assolvere funzioni di parziale contenimento.

5.1.4 - Analisi del quadro fessurativo

In riferimento a quanto già argomentato a carico delle lesioni generalizzate sul muro di recinzione della proprietà (parag. 5.1.2), sulla situazione geomorfologia del sito (Quarta Osservazione di parag. 5.1.2), sull'assenza di opera di regimazione delle acque di precipitazione nel tratto interessato (parag. 5.1.3.b) **il sottoscritto non esclude che non esistessero delle lesioni a carico del muro oggetto di causa ancor prima della esecuzione dei lavori da parte della sig.ra** Certo è, però, che tali lesioni non potevano assolutamente manifestarsi di entità e tipologia identiche a quelle ora riscontrate, in quanto esse dovevano presentare caratteristiche paragonabili a quelle riscontrate anche in altre parti del muro (lungo Via e Via A.), riconducibili al solo cedimento differenziale del terreno di fondazione in corrispondenza dei salti di quota fondali.

Prima Osservazione

E' certo che i cedimenti differenziati si sono verificati in corrispondenza dei salti di quota della fondazione del muro di recinzione. Infatti è proprio in questi punti che si registrano le variazioni delle caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione. Ciò avviene in quanto la fondazione del muro eretto lungo la direzione dell'acclività del terreno, posata su un unico livello, più a monte, poggia su terreno più solido (strato più profondo), più a valle, in corrispondenza del salto di quota, essa poggia (invece) su terreno meno consistente in quanto in tal punto la fondazione intercetta strati superficiali di terreno.

Ne consegue che in tali punti, cioè in corrispondenza dei salti di quota, si generano cedimenti differenziati del terreno dovuti al carico trasmesso dalle fondazioni e si registrano le lesioni tipiche da taglio lungo il paramento (confr. il trattamento di letteratura di parag. 4.2.2 e 4.3).

Seconda Osservazione

Per stimare i cedimenti attesi dal carico trasmesso dalla fondazione (necessaria per valutarne l'ammissibilità in condizioni di esercizio e quindi per valori del carico e delle tensioni indotte inferiori a quelli che producono la rottura del terreno), è necessario conoscere, fino alla profondità alla quale l'alterazione dello stato di tensione diviene trascurabile, ovvero nel volume significativo del sottosuolo:

- le condizioni stratigrafiche,
- lo stato tensionale iniziale e finale,
- le leggi costitutive tensioni-deformazioni-tempo per ciascuno degli strati presenti nel volume del terreno.

Ovviamente tale stima, che coinvolge argomenti di ingegneria geotecnica ed approfondite indagini geologico-tecniche, esula dall'incarico affidato al sottoscritto.

Dallo studio del quadro fessurativo rilevato (Tab. 1 ed All. N°3-Tav. N°6), risulta evidente che le lesioni riscontrate nel tratto di muro oggetto di causa sono state causate inizialmente da cedimenti fondali ma successivamente hanno assunto caratteristiche tipiche di lesioni riconducibili ad altre azioni agenti sul muro.

In particolare, richiamando la trattazione di parag. 5.1.3, l'eccessivo strapiombo del muro oggetto di causa nel tratto ricompreso tra la lesione n°1 e N°3 (confr. All. N°3-Tav. N°8), il disallineamento della testa del paramento, la non complanarità delle facciate che

delimitano la lesione N°1 e N°2 conseguente a movimenti rotatori differenziati, **denotano un stato di dissesto dovuto ad azioni esterne agenti sul muro e non al semplice cedimento fondale.**

Tali azioni sono identificabili innanzitutto nelle sollecitazioni da carichi verticali che si generano dalle pressioni esercitate dalla fondazione vicina (il muro della sig.ra), posta a quota superiore di quella del muro oggetto di causa. In tal caso, infatti (come ampiamente trattato al parag. 4.4), agiscono le pressioni secondo il bulbo di Boussineq le cui isobare non trovando terreno nella direzione della proprietà, si scaricano, a seconda della differenza di quota delle due fondazioni, o sul paramento o sulla fondazione del muro oggetto di causa. Per meglio comprendere tale fenomeno di seguito si riportano le figure n°1 e 2 dalle quali si evince come il muro oggetto di causa intercetti, inevitabilmente, il bulbo delle pressioni in corrispondenza delle sezioni n°1 e 2 di Tav. N°5 (All. N°3).

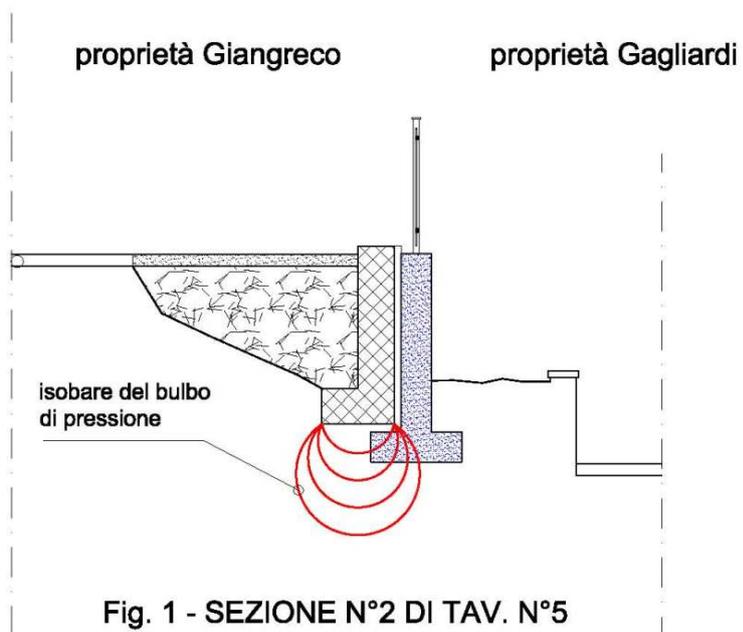
Terza Osservazione

Il cedimento roto-traslazionale del muro oggetto di causa in direzione della proprietà, è evidentemente compatibile sia con la direzione delle tensioni indotte che si generano dalla vicina fondazione del muro che con quella della spinta indotta dal terrapieno.

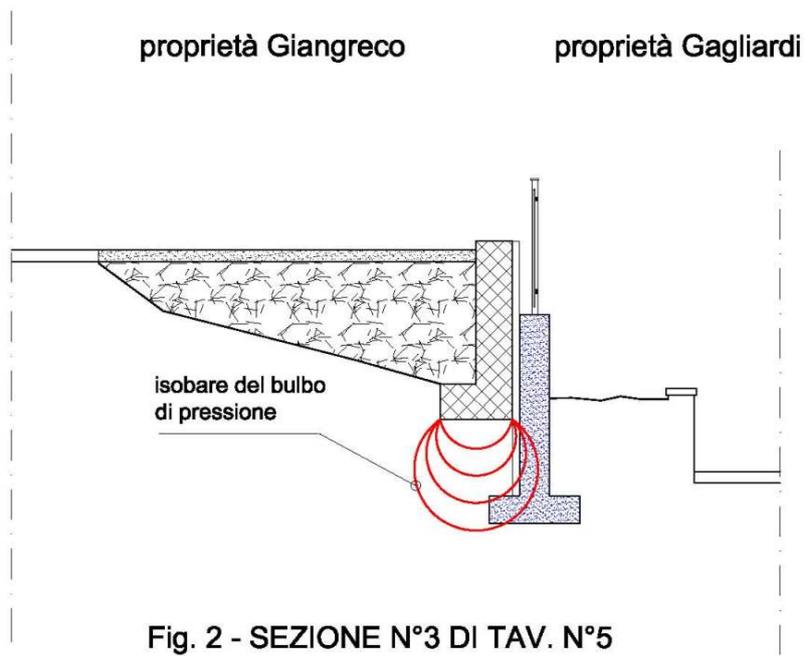
E' utile ricordare che, stante l'assenza di opere di drenaggio a tergo del muro, la parte delle acque piovane che si infiltrano nei distacchi esistenti lungo il perimetro del massetto realizzato dalla sig.ra, appesantiscono il terrapieno aggravando l'entità della spinta. Detto terrapieno è orientativamente raffigurato nelle sezioni 2 e 3 di tav. N°5 (All. N°3).

Quarta Osservazione

Sulla base degli accertamenti eseguiti, il sottoscritto ritiene di poter affermare che il muro oggetto di causa fosse già "costretto" ad assolvere una funzione di parziale contenimento in quanto la quota del terreno di monte (in proprietà) risultava ad una quota maggiore di quella della fondazione del muro. Tale affermazione trova il suo fondamento nella constatazione che lo scavo n°4 (All. N°3-Tav. N°4) ha messo alla luce che la quota dell'estradosso dell'ala di fondazione del muro realizzato dalla sig.ra è maggiore di circa 35-40 cm di quella della fondazione del muro oggetto di causa (All. N°3-Tav. N°5, sezione 2) e, pertanto, si arguisce che, per posare la fondazione del muro, la parte convenuta ha dovuto rimuovere del terreno superficiale per uno spessore non meno di 20-30 cm.



-  MURO OGGETTO DI CAUSA
-  MURO REALIZZATO DAL CONVENUTO



Oltre a tali sollecitazioni, in considerazione dell'inadeguatezza del muro realizzato dalla parte convenuta (già dimostrata nella Quarta Osservazione di parag. 5.1.3.e) **va considerata la spinta** che il terrapieno (e con esso il muro della) esercita sulla parete del muro oggetto di causa, spinta che si può calcolare adottando il metodo di Culmann o di Coulomb.

Quarta Osservazione

E' evidente, come già fatto osservare (Sesta Osservazione di parag. 5.1.3.e) che qualunque calcolo della suddetta spinta è perfettamente inutile, atteso che il tratto di muro oggetto di causa, **già in stato di collasso strutturale**, doveva assolvere la funzione di mera recinzione e non di sostegno.

5.1.5 – Risposta al quesito

In considerazione dello stato dei luoghi esaurientemente descritto al parag. 5.1.2, del contenuto della Quarta Osservazione di parag. 3.1, nonché di quanto ampiamente argomentato nei precedenti paragrafi di questa Parte Quinta della CTU, **è assolutamente certo che il tratto di muro in questione assolve, lungo la linea di confine tra le parti in causa, un'azione di contenimento del terrapieno e, con esso, delle opere realizzate dalla parte convenuta (massetto, muro di sostegno), in condizioni di inadeguatezza e di funzione impropria, con pericolo di aggravamento delle condizioni di già evidente instabilità strutturale.** Tale aggravamento può generarsi sia per l'assenza di un sistema di drenaggio delle acque superficiali a tergo del muro, la cui presenza genera un incremento di spinta (confr. Terza Osservazione di parag. 5.1.4), sia per l'eventuale presenza di sovraccarichi occasionali sul terrapieno quali, per esempio, la presenza occasionale od il transito di autovetture.

Per quanto attiene la tubazione di adduzione generale del gas metano (confr. parag. 5.1.2), essa non risulta più essere posizionata lungo il muro oggetto di causa e, di conseguenza, non è soggetta a pericolo di danni.

5.2 – QUESITO N°2: in caso di risposta affermativa al quesito n°1, determinarne la causa

Da quanto scientificamente dedotto dall'analisi del quadro fessurativo (parag. 5.1.4), la causa del dissesto del muro è riconducibile **esclusivamente alla realizzazione delle opere da parte della sig.ra**, ampiamente descritte nel parag. 5.1.2, dopo la Quarta Osservazione.

Osservazione

Le suddette opere costituiscono, di fatto, una sopraelevazione del piano di campagna originario, a tergo del muro oggetto di causa, con l'aggiunta, altresì, di opere edilizie (il massetto ed il nuovo muro di sostegno).

In riferimento a quanto asserito dal Consulente Tecnico della parte convenuta che, nella sua Relazione, attribuisce le cause del dissesto del muro alla sua "scadente qualità dei materiali" ed all'azione delle radici di "pini marittimi" preesistenti a "ridosso dello stesso", il sottoscritto precisa quanto segue:

- a) -i fenomeni di dissesto riscontrati a carico del muro non sono riconducibili ad una sua carenza materiale per le ragioni già esposte al paragrafo 5.1.3.e, Terza Osservazione;
- b) – l'azione delle radici di alberi appartenenti alla famiglia delle Pinacee (Pinus pinaster o Pinus pinea, rispettivamente pino marittimo e pino domestico) potrebbe essere presa in considerazione solo in **assenza delle azioni sul muro conseguenti alla variazione impropria dello stato dei luoghi effettuata dalla parte convenuta**; in ogni caso, se si considera l'assenza del terrapieno, **l'azione dell'apparato radicale caratteristico di tali alberi avrebbe indotto un'azione di ribaltamento del paramento del muro in direzione della proprietà**e non verso quella della parte attrice.

Osservazione

L'affermazione del CTP di parte convenuta riportata a pag. 5 della sua Relazione " ...che non sussiste un livello di urgenza tale da richiedere un intervento immediato ed improcrastinabile, considerato che sono trascorsi quasi due inverni da quando la sig.raha effettuato i lavori ed il muretto è ancora in piedi e nella posizione in cui era al momento della esecuzione dei lavori" è, alla luce di quanto accertato ed argomentato, del tutto arbitraria ed imprudente.

5.3-QUESITO N°3: qualora la causa sia costituita dalla sopraelevazione del resistente, descrivere analiticamente le opere da eseguire per ovviare a tale pericolo, indicando il relativo costo mediante apposito computo metrico.

5.3.1 – Risposta al quesito: opere da eseguire

L'entità del dissesto, la situazione particolare dei luoghi e la presenza del muro realizzato dalla parte convenuta, non consentono di intervenire con opere che possano convenientemente ripristinare la funzionalità originaria del muro oggetto di causa.

Pertanto il sottoscritto ritiene che sia necessario realizzare un unico nuovo muro in cemento armato, con funzioni di contenimento, per ovviare al pericolo di aggravamento del dissesto e di crollo del muro oggetto di causa.

La realizzazione di tale soluzione analiticamente, prevede (confr. All. N°4-Tav. N°1) le seguenti lavorazioni in ordine sequenziale:

- a) la rimozione della ringhiera posta sul muro oggetto di causa;
- b) la demolizione di parte del massetto (circa mq 9) e di parte del muretto in blocchi (circa 1,50 mt);
- c) lo scavo a sezione obbligata lungo il confine, nella proprietà
- d) la demolizione del muro realizzato dal convenuto (mt. 9,50) e del tratto di muro interessato ai fatti di causa per una lunghezza di mt. 10,95, con idonei mezzi meccanici;
- e) la parziale demolizione controllata del tratto di muro non interessato dal dissesto posto nelle vicinanze dell'accesso alla proprietà
- f) la demolizione della parte terminale dell'aiuola in proprietà
- g) la realizzazione della fondazione del nuovo muro, posta su due livelli e dotata di mensola di monte con dente e di mensola di valle;
- h) la realizzazione del paramento nella stessa posizione di quello del muro quello oggetto di causa, dotato di fori per il drenaggio delle acque, le cui quote (in altezza) siano esattamente a quest'ultimo sovrapponibili;
- i) riempimento a tergo del muro con materiale arido (ciottolame);
- l) sistemazione del terrapieno (in proprietà) in modo tale che il suo livello non superi quello del paramento di cui alla precedente lettera h) del nuovo muro;
- m) il riposizionamento della ringhiera di cui alla lettera a) con l'apporto di nuovo montanti;
- n) il ripristino dell'aiuola di cui alla lettera f).

Le caratteristiche tecnico-dimensionali del nuovo muro sono riportate nel successivo parag. 5.3.1.1 e graficamente rappresentate nelle Tav. N°1 e 2 dell'All. N°4.

Osservazione

Il sottoscritto ha ritenuto che il nuovo muro dovesse osservare le stesse altezze di quello oggetto di causa. Eventuali diverse determinazioni del sig. Giudice che prevedano il rispetto degli attuali livelli della corte nella proprietà, potranno essere osservate adottando la stessa tipologia di muro progettato, adeguandone l'altezza del paramento. In tal caso la maggiore altezza dovrà essere considerata nel computo metrico.

5.3.1.1 – Progetto del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte

N.B.: di seguito si riporta uno stralcio del tabulato dei calcoli eseguiti per la sezione di muro che presenta la maggiore altezza del paramento (mt. 1,80).

Normative di riferimento – Muro in cemento armato

- 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
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Normativa di calcolo: N.T.C. 2008 - Approccio 1

Software usato: vers. MAX10 della Aztec Informatica S.r.l. da Casole Bruzio (Cs) vers. 10.10d di cui il sottoscritto ne è licenziatario (Licenza AIS04116K)

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.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

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.

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.

DATI GENERALI

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	1,80 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	9,00 [m]
Fondazione	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,30 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,80 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,40 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,30 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]
Altezza dello sperone di fondazione	0,30 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0,30 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	Rck 250
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	300,0 [kg/cm ²]
Modulo elastico E	311769,15 [kg/cm ²]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	FeB44K
Tensione di snervamento σ_{fa}	4400,0 [kg/cm ²]

Geometria profilo terreno a monte del muro

N	X	Y	A
1	0,05	-0,10	-63,43
2	1,80	-0,10	0,00
3	2,80	-0,10	0,00
4	4,20	-0,10	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz. valle-paramento	0,00	[m]

Descrizione terreni (dati compatibili con quanto rilevato in loco, con la presenza del geologo dott. Beniamino Falvo)

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno 1	1600	1700	24.00	16.00	0,000	0,000
Terreno 2	1700	1800	30.00	20.00	0,000	0,000

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K_w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K_s	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	1,80	0,00	0,00	0,00	Terreno 1
2	4,00	0,00	1,11	0,00	Terreno 2

L'analisi sismica è stata impostata utilizzando i parametri sismici del sito, generando le combinazioni di carico previste dalla NTC 2008 (combinazioni SLU e combinazioni SLE) ed adottando la categoria C del sottosuolo. I risultati dimostrano che la verifica del muro è positiva:

COEFFICIENTI DI SICUREZZA relativi alla combinazione più sfavorevole)

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.11
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.47
Il muro risulta verificato anche alla stabilità complesso fondazione terreno (carico limite) ed alla stabilità globale (1,11)	

Armature e tensioni nei materiali del muro

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,18	100, 30	10,05	8,04	394203	-5762	2920,02	12941	--	--
2	0,72	100, 30	10,05	8,04	198464	-23450	367,53	12996	--	--
3	1,26	100, 30	10,05	8,04	43933	-14883	46,49	13051	--	--
4	1,80	100, 30	10,05	8,04	17362	-11778	12,86	13105	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Fondazione di valle

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,06	100, 30	8,04	8,04	0	7862	757,32	12213	--	--
2	0,18	100, 30	8,04	8,04	0	7862	86,31	12213	--	--
3	0,30	100, 30	8,04	8,04	0	7862	31,89	12213	--	--

Fondazione di monte

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,16	100, 30	8,04	8,04	0	-7862	245,33	12213	--	--
2	0,48	100, 30	8,04	8,04	0	-7862	33,92	12213	--	--
3	0,80	100, 30	8,04	8,04	0	-7862	17,08	12213	--	--

Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=30 [cm]
A_{fi}=8,04 [cmq] A_{fs}=8,04 [cmq]
Sollecitazioni M=571,4 [kgm] T=2855,6 [kg]
Momento ultimo sezione M_u = 7862,31 [kgm]
Coeff.sicurezza sezione = 13,76

Osservazione

La tipologia del nuovo muro impone, ai fini di sicurezza e di stabilità, la realizzazione di una fondazione con mensola di monte dotata di dente; tale mensola ricadrà, necessariamente, nel terreno di proprietà, ad una profondità non minore di mt 1,50 dall'attuale piano di campagna.

In fase di esecuzione dei lavori si **raccomanda** l'osservanza delle seguenti

prescrizioni:

- 1) gli scavi e le demolizioni dovranno essere realizzati con le dovute cautele e con mezzi adeguati;
- 2) il nuovo muro dovrà essere distanziato da due giunti tecnici (minimo cm 3) dalle restanti parti del muro esistente;
- 3) per ottenere la verticalità della testata del tratto del muro posto nelle vicinanze dell'accesso alla proprietà, la demolizione dovrà essere condotta con martello demolitore in maniera attenta ed adottando le dovute puntellature;
- 4) dovranno usarsi materiali le cui caratteristiche rispettino quelle previste nella relazione di calcolo:

Calcestruzzo: Classe di resistenza: **C 25/30 (resistenza cubica $R_{ck} \geq 300 \text{ Kg/cm}^2$)**, avendo adottato una classe di esposizione XC2 (secondo UNI EN 206-2001 integrata dalla UNI 11104-2004)

- Copriferro: 30 mm
- Classe di consistenza al getto: S4
- Diametro massimi dell'aggregato (inerti): 25 mm
- Min. contenuto di cemento: 300 Kg/mc
- rapporto A/C: $\leq 0,60$

ACCIAIO DI ARMATURA: si adotterà armatura tipo B450C

5.3.1.2 – Costo del muro di sostegno da realizzare

N.B.: I prezzi sono stati desunti dal prezzario di riferimento della Regione Calabria, (anno 2009- BUR Calabria del 07.07.2009). Per il costo del muro si è operata un'analisi dei prezzi al metro cubo, comprensivo dell'armatura e dei casseri, tenendo conto della particolarità dei luoghi ove si svolgeranno i lavori.

1) Scavo a sezione obbligata eseguito in zona ristretta con idonei mezzi meccanici, in terreno di qualsiasi natura e consistenza, eseguito fino alla profondità di mt 2,50, compresa l'estrazione e l'aggetto di eventuali acque, fino ad un battente massimo di 20 cm, il sollevamento del materiale di scavo e carico su mezzi di trasporto, il trasporto a di tutto il materiale di risulta; compreso gli oneri per lo smaltimento (€ 7,56/mc):

mt 10,95*1,60 mt *2,00 mt * € 7,56/mc +mt 10,95*0,30*0,30*€ 7,56.....= € 272,35

2) Riempimento a tergo del muro di sostegno, con pietrame a secco di pezzatura idonea (ghiaione, ciottoli), in modo da ottenere uno strato perfettamente drenante, sistemato con mezzo meccanico (€ 26,04)

mq 10,95* mt 1,60 * mt 1,00* € 26,04/mc.....= € 456,22

3) Conglomerato cementizio non strutturale da usarsi in sottofondazione (magrone), dosato a q.li 1,50 Kg/mc di cemento tipo R 325, avente qualsiasi larghezza e qualsiasi spessore, steso

astrati successivi ben battuti e pigiati, compreso eventuale impiego di casseformi, l'avvicinamento del materiale sul luogo d'uso e senza impiego di ferro (l'agglomerato è assimilabile ad un impastoformato di mc 0.800 di ghiaia o pietrisco, mc 0.400 di sabbia e q.li1,50 Kg/mc di cemento, € 88,72/mc):

mt 10,95*mt 1.6* 0,100* € 88,72/mc.....= € 155,44

4) Conglomerato cementizio durevole classe di esposizione XC2, per muri in cemento armato , Rck 30 N/mm², secondo UNI EN 206-2001 integrata dalla UNI 11104-2004, dimensione massima degli inerti 25 mm, classe di lavorabilità S4; eseguito sia in fondazione che in elevazione, compreso e compensato la formazione delle casseformi, l'armatura secondo i disegni esecutivi con acciaio B450C, il getto in opera, gli sfridi, il costipamento, la vibratura, i fluidificanti ed additivi di qualsiasi genere, il disarmo, la ripresa di eventuali cavernosità sul getto, le puntellature di qualsiasi tipo ed entità, le impalcature ed i ponteggi necessari, i mezzi d'opera ed il personale occorrente per la manipolazione e posa in opera del conglomerato. Il tutto eseguito secondo i particolari esecutivi, nonché comprensivo dell'esecuzione di fori per il drenaggio, ed ogni altro onere e magistero per dare il manufatto finito a perfetta regola d'arte (€ 300,00/mc)

(mt 10,95*mt 1,40*0,30+mt 10,95*0,30*0,30 +2*1,40*0.30*0.30)*€ 300,00/mc.....= € 1.750,95

(mt 1,20*mt 2,10+ mt 3,25*mt 1,80+2*mt 3,25*mt 1,50)*0,30*€ 300,00/mc.....= € 1.630,80

5) Demolizione o taglio controllato di calcestruzzo cementizio non armato o debolmente armato, eseguita con idoneo martello demolitore; compreso e compensato il sollevamento del materiale di demolizione fino al piano stradale ed il successivo carico sugli automezzi, il trasporto a rifiuto presso discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (ivi compresi gli oneri per lo smaltimento, € 172,58/mc)

(mq 9,00*0.10+mt 1.10*1.50*0.25)x€ 172,58/mc.....= € 226,51

mq 1,50*0.20*mt 1.2x€ 172,58/mc.....= € 62,13

6) Demolizione con idoneo mezzo meccanico dei muri esistenti, armati e non armati.. La voce prevede la demolizione, a tratti ed in spazio ristretto, rispettando le interferenze, delle parti in elevazione e fondazione, valutate per circa mc 12; compreso e compensato il carico e trasporto a rifiuto del materiale di risulta.

Compenso a corpo.....= € 2.000,00

7) Compenso per la rimozione, sistemazione e riposizionamento della recinzione esistente lungo il muro oggetto di causa; compreso il taglio, le saldature ed i nuovi montanti (lunghezza della ringhiera circa mt 11,00)

Compenso a corpo.....= € 500,00

8) Compenso per il ripristino di parte dell'aiuola interferente con gli scavi

Compenso a corpo.....= € 100,00

9) Ripristino massetto demolito, con calcestruzzo cementizio Rck 250, spessore cm 10, armato con rete elettrosaldata del fi 6, maglia 20x20ito, con formazione di idonee pendenze (€ 15/mq)

mq 12,00 * € 18,00.....= € 216,00

SOMMANO IL COSTO DEL MURO PROGETTATO I.V.A. (21%) esclusa..... € 7.370,40

(dicorsi euro settemilatrecentosettanta//40)

N.B.: detto costo non comprende:

- a)- le spese tecniche per la progettazione, direzione dei lavori, studio geologico, collaudo statico e funzioni di coordinatore in fase progettazione e di direzione lavori (D. Lvo 81/2008);
b) gli oneri per l'attuazione delle misure di sicurezza in cantiere (DLgs 81/2008 Allegato XV)

Inoltre si precisa che la realizzazione del suddetto muro è soggetta al rilascio del permesso di costruire da parte del Comune ed al deposito del progetto presso il STDR-Ufficio del Genio Civile di Cosenza.

4 - QUESITO N°4: accertare, altresì, la misura dell'altezza della sopraelevazione rispetto al corpo precedente

I lavori realizzati dalla parte convenuta, come si è ampiamente documentato e discusso (parag. 5.1.2 e 5.1.3.b), hanno comportato il riempimento ed il livellamento del terreno a tergo del muro oggetto di causa per un'altezza di circa 100-120 cm, valutata nella sua parte centrale. In conseguenza dei diversi livelli fra le due opere (muro oggetto di causa e quello realizzato dalla sig.ra si registra una sopraelevazione, rispetto al paramento del muro oggetto di causa, accertata in un massimo di cm 60, come indicato nell'All. N°3-Tav. N°5, sez. 3 ed All. N°3 -Tav. N°6 e nelle Foto N°19 e 20.

Alla presente relazione sono allegati:

ALLEGATO N°1 – Verbali delle visite di sopralluogo

ALLEGATO N°2 – Documenti già in atti

Tav. N°1: relazione di sopralluogo del Responsabile del Servizio del Comune diprot. n°..... del 08.09.2010

Tav. N°2: comunicazione dell'ing. del 28.09.2010

Tav. N°3: certificato di idoneità statica rilasciato dall'ing. del 31.01.2011

Tav. N°4: attestazione del deposito della D.I.A. prot. n°.....del

ALLEGATO N°3 – Rappresentazione dello stato dei luoghi

Tav. N°1: Planimetria catastale - Sc. 1:2000

Tav. N°2: Aerofotogrammetria della zona interessata – Sc. 1:2000

Tav. N°3: Planimetria generale dei luoghi – (non in scala)

Tav. N°4: Planimetria degli scavi esplorativi con viste fotografiche – Sc. 1:100

Tav. N°5: Sezioni trasversali - Sc. 1:100

Tav. N°6: Quadro fessurativo del muro oggetto di causa con viste fotografiche delle lesioni rilevate – Sc. 1:100

Tav. N°7: Planimetria particolareggiata del muro oggetto di causa e di quello realizzato dal convenuto – Sc. 1:50

Tav. N°8: Sezione tipo esplicativa dello strapiombo del paramento del muro oggetto di causa - Sc. 1:25

Tav. N°9: Assonometria dei luoghi di causa

ALLEGATO N°4 – Progetto delle opere da eseguire

Tav. N°1: Planimetria di progetto del nuovo muro; Sezione-Prospetto – Sc. 1:50

Tav. N°2: Disegni esecutivi del muro da realizzare - Sc. 1:50

ALLEGATO N°5 – Rilievi fotografici (foto dal N°1 al N°20)

La presente Relazione viene trasmessa alle parti ai sensi dell'art. 195 comma 3 c.p.c., precisando che, in accordo a quanto stabilito dal sig. Giudice nel verbale di giuramento del 21.03.2012, esse potranno trasmettere al sottoscritto CTU le loro osservazioni entro trenta giorni dalla sua ricezione

Il sottoscritto, ritenendo di aver assolto all'incarico conferitogli dal sig. Giudice con rigore scientifico e con la dovuta diligenza, rassegna la presente relazione e rimane a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Cosenza, li 12.06.2012

IL CONSULENTE TECNICO D'UFFICIO

(dott. ing. Giuseppe Infusini)