

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 – *Atti reperiti*

2.2 – *Identificazione delle proprietà interessate*

PARTE TERZA: Risposte ai quesiti

3.1 – **QUESITO N°1: Accertare l'esatta identificazione del confine delle rispettive proprietà**

3.1.1 – *Stato dei luoghi*

3.1.2 – *Procedura topografica utilizzata per il rilievo*

3.1.3 – *Identificazione del confine delle rispettive proprietà*

3.2 - **QUESITO N°2: Individuare le cause del crollo del muro**

3.2.1 – *Descrizione del muro crollato e dell'andamento del terreno*

3.2.2 – *Indagini sul terreno*

3.2.3 – *Cause del crollo*

3.2.4 – *Calcoli di verifica relativi al muro prima del crollo*

3.2.5 – *Conclusioni al quesito N°2*

3.3 - **QUESITO N°3: Descrivere le caratteristiche del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte, fornendo il relativo progetto ed indicando il relativo costo**

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

3.3.2 – *Costo del muro di sostegno da realizzare*

RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA D'UFFICIO

III.mo Signor Giudice Dott. ANTONIO SAMMARRO

TRIBUNALE ORDINARIO DI COSENZA

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

PARTE PRIMA

Incarico e cronologia delle fasi di indagini

1.1 - Incarico

Con provvedimento del 23.03.2002 il 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, veniva nominato Consulente Tecnico d'Ufficio nella vertenza in oggetto, ed invitato a comparire all'udienza del 07.05.2002 per il prescritto giuramento e la formulazione dei quesiti.

Dopo aver prestato giuramento, la S.V. formulava il seguente quesito:

"Accerti il C.T.U., l'esatta identificazione del confine, sulla base dei titoli di acquisto delle rispettive proprietà, fornendo adeguata rappresentazione planimetrica, individuare la causa del crollo del muro in oggetto, appurare se il crollo sia da ricondurre ai lavori di sbancamento eseguiti dal proprietario del fondo superiore ovvero alla intrinseca inadeguatezza dello stesso, descrivere le caratteristiche del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte, fornendo il relativo progetto ed indicando il relativo costo."

Per il deposito per il deposito della relazione peritale, la S.V. concedeva 90 giorni.

Nello stesso giorno fissavo l'inizio delle operazioni peritali per il giorno 11.05.2002 alle ore 16:30 sui luoghi di causa.

I verbali delle visite di sopralluogo e delle indagini esperite sono allegati alla presente relazione con il N°1.

1.2 - Cronologia delle fasi di indagini

Nel primo sopralluogo (11.05.2002), il sottoscritto CTU avvalendosi dell'aiuto del tecnico ausiliario geom. Fabrizio Fortunato, autorizzato dal Sig. Giudice, provvedeva ad una prima ricognizione dei luoghi, effettuando fotografie e misure, in modo da poter rappresentare in maniera esauriente il terreno interessato (Verb. N°1).

In data 20.05.2002 il sottoscritto si è recato presso l'Agenzia del Territorio di Cosenza (ex UTE) per il reperimento della cartografica catastale necessaria per eseguire il rilievo topografico, finalizzato alla esatta individuazione del confine, così come richiesto dal sig. Giudice.

In data 05.06.2002, sul luogo di causa è stato effettuato un ulteriore sopralluogo (Verb. N°2) al fine di esperire i rilievi topografici ed indagini più dettagliate dello stato dei luoghi, utilizzando uno strumento topografico elettrottrico (Mod. Trimble DR 5600 - stazione totale); i risultati di detto rilievo, condotti sotto la continua sorveglianza del sottoscritto, sono allegati alla presente relazione con il N°3 (Rilievi topocartografici – Tavole N°1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11).

In data 11.07.2002, sul luogo di causa, in presenza delle parti, con l'ausilio della strumentazione topocartografica, si è proceduto all'apposizione dei termini di confine, materializzati in loco con picchetti in ferro verniciati in rosso e/o segni di minio e chiodi (Verb. N°3).

In data 19.07.2002 il sottoscritto chiedeva al signor Giudice una proroga di 45 giorni del termine per il deposito del proprio elaborato peritale.

Al fine di reperire atti e documenti non contenuti nel fascicolo di causa e ritenuti necessari per lo svolgimento dell'incarico, il sottoscritto CTU si è recato anche presso l'Ufficio Urbanistica del Comune di Montalto Uffugo in data 05.09.2002.

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

PARTE SECONDA

Atti reperiti ed identificazione delle proprietà interessate

2.1 – Atti reperiti

In occasione del primo sopralluogo, il sottoscritto CTU invitava le parti a produrre "ogni documentazione tecnica in loro possesso relativa alle costruzioni esistenti, con particolare riferimento alle eventuali indagini geologico-tecniche allegate ai vari atti autorizzativi rilasciate dagli Enti competenti" (confr. Verb. N°1).

Nel secondo sopralluogo, la parte attrice provvedeva a consegnarmi, in copia, i seguenti documenti:

-relazione geologico-tecnica relativa al fabbricato in ditta(concessione edilizia n°.....);

-fotocopia concessione edilizia n°..... in ditta

-elaborati progettuali relativi alla concessione edilizia n°....., riguardanti il fabbricato in ditta

Considerato alcuni dei suddetti atti sarebbero stati prodotti come allegati alla relazione peritale, il sottoscritto si recava presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Montalto Uffugo al fine di richiederne copia autenticata nonchè ogni altra documentazione tecnica ritenuta utile ai fini di causa (All. N°2 - "Atti tecnici reperiti"). La suddetta documentazione è stata ritenuta utile al fine di potere inquadrare con certezza gli interventi edilizi realizzati nella

zona oggetto di causa, il loro ordine temporale di realizzazione, i relativi atti autorizzativi, nonchè per rilevare ogni altro elemento utile ai fini di causa.

Tali atti sono i seguenti:

Tav. N°1: concessione edilizia n°..... del 09.09.1978 rilasciata a (già agli atti di causa);

Tav.N°2: elaborato progettuale allegato alla concessione edilizia n°1.....;

Tav. N°3: concessione edilizia n°..... rilasciata a

Tav. N°4: autorizzazione all'esecuzione di movimento terra rilasciata a relativa ai lavori di cui alla concessione edilizia n°.....

Tav. N°5: elaborato progettuale allegato alla concessione edilizia n°.....

Tav. N°6: concessione edilizia n°.....rilasciata a

Tav. N°7: elaborato progettuale allegato alla concessione edilizia n°1.....

Tav. N°8: concessione edilizia n°.....rilasciata a (già agli atti di causa);

Tav. N°9: elaborato progettuale allegato alla concessione edilizia n°.....

2.2 - Identificazione delle proprietà interessate

a) Proprietà (mq 1.120)

Il terreno di proprietà è individuato in C.T. al foglio di mappa n°....., particelle n°.... (mq 1.050), n°.... (mq 70), ed è stato acquistato con atto di compravendita del 1..... a rogito del notaio Pantano rep. n°.....; in tale atto la proprietà veniva così testualmente descritta: "appezzamento di terreno, con entrostante fabbricato colonico, sito in agro del Comune di Montalto Uffugo alla località Destre-S. Raffaele, esteso are undici e centiare venti, confinante nella sua interezza ad ovest con terreno di proprietà di, a nord con muro esterno di una *vasca in cemento e con canale di irrigazione*, ad est con restante proprietà del venditore (.....) che meglio si identifica a metri sei dal corrispondente muro esterno della suddetta vasca in cemento, dal quale punto limite, poi, il confine scende in verticale a sfinire verso sud fino a raggiungere una pianta di cedrus atlantico prima ed un numero imprecisato di piante di rose dopo, oltre le quali è posta la stradella di accesso, ed a sud, infine, con rete metallica e con due pilastri in cemento armato, oltre i quali insiste la stradella di accesso servente la restante proprietà del venditore e l'appezzamento di terreno compravenduto".

Di fatto, come si evince dai rilievi fotografici (All. N°4 - foto N°3 e 7) tale canale di irrigazione (sebbene riportato nella mappa catastale) nello stato dei luoghi non è più esistente.

A seguito della concessione edilizia n°133 del 09.09.1978 (All. N°2 – Tav. N°1), il sig.realizzava, su tale terreno, un struttura destinata a "Fabbrica di strofinacci

e grembiuli a due piani con strutture portanti in c.a.” (a tutt’oggi non riportato in mappa), posizionato per come risulta dal rilievo effettuato (All. N°3 -Tav. N°1, 4, 5, 6, 7).

Il confronto del suddetto rilievo con l’elaborato progettuale (planimetria particolareggiata) allegato alla suddetta concessione edilizia (All. N°2 – Tav. N°2) mostra che in realtà il fabbricato è stato posizionato in modo difforme rispetto al progetto approvato.

Prima osservazione sulle identificazione della proprietà del sig.

L’elaborata descrizione del terreno riferisce di un canale di irrigazione e di una vasca di irrigazione, posta lungo il confine nord, dei quali non è stata riscontrata la presenza sia nella relazione di consulenza tecnica d’ufficio redatta dal geom.in data 20.07.1991 (agli atti di causa) nè in quella redatta dal CTU redatta in data 13.02.93 (anche questa agli atti di causa). Ed ancora detto canale di irrigazione (o fosso di scolo) risulta non più esistente nello stato dei luoghi già all’epoca del rilascio della concessione edilizia n°97 del 21.07.1990 (All. N°2 – Tav. N°3) relativa alla costruzione di una “Villetta bifamiliare a due piani” in ditta; tanto risulta dall’elaborato progettuale (planimetria catastale e dei servizi) allegato alla suddetta concessione edilizia (All. N°2 – Tav. N°5)

Seconda osservazione sulle identificazione della proprietà del sig.

Dagli atti reperiti (All. N°2 - Tav. N°1 e 2) non risulta riportato l’andamento altimetrico del terreno oggetto dell’intervento, nè risulta progettata alcuna opera di sostegno a monte del fabbricato.

Pertanto il muro realizzato dal sig.è stato realizzato in assenza di qualsiasi atto autorizzativo.

b) Proprietà (mq 634 - ora proprietà

Il terreno che, all’epoca dei fatti, risultava di proprietà è individuato in C.T. al foglio di mappa n°....., particelle n°.. di mq 634, pervenutogli a seguito di atto di donazione del 15.07.1993, a rogito del Notaio N°.....

Nel suddetto atto si legge che “l’appezzamento di terreno confina nel suo insieme (ivi compresa la particella n°.....di mq 1960) con proprietà del donante (.....), con proprietà Vigna, con proprietàe con terreno già assegnato a”.

Successivamente, con atto del 19.07.2000, a rogito del Notaio n°1....., parte del suddetto terreno (ove nel frattempo era stato edificato il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°49 del 12.07.1996) è stato venduto è stato

venduto ai signoriche ne sono gli attuali proprietari; per effetto della denuncia di cambiamento avvenuta con tipo mappale n°....., il fabbricato e la particella di terreno al N.C.T. n°..... su cui esso era stato realizzato, veniva censito al NCEU al foglio, p.lla n°..... – Cat. A07, cl. 1 – Rendita €720,46.

Si precisa che di seguito, per evitare confusione, si continuerà ad indicare tale terreno indifferentemente come “proprietà o ex proprietà”.

Prima osservazione sulla identificazione della ex proprietà del sig.

Nell'atto di donazione non si fa riferimento al confine sud, ove catastalmente insisteva il canale di irrigazione che divideva la suddetta proprietà con quella di proprietà, posta a valle.

Seconda osservazione sulla identificazione della ex proprietà del sig.

Dagli atti di causa esaminati, nonché da quelli reperiti, si evince con certezza che lo sbancamento effettuato dal sig. è stato realizzato prima del rilascio della concessione edilizia N°..... (All. N°2 – Tav. N°8 e 9), probabilmente a seguito di una ampliamento dello sbancamento che si era reso necessario per la realizzazione del fabbricato di cui alla concessione edilizia(All. N°2 – Tav. N°4 e 5).

PARTE TERZA

Risposte ai quesiti

Il quesito formulato dal sig. Giudice, di fatto, si articola in tre quesiti come di seguito esplicitati:

- 1) *accertare l'esatta identificazione del confine delle rispettive proprietà*
- 2) *individuare la causa del crollo del muro in oggetto*
- 3) *descrivere le caratteristiche del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte, fornendo il relativo progetto ed indicando il relativo costo*

3.1 – QUESITO N°1: *Accertare l'esatta identificazione del confine delle rispettive proprietà*

Per comodità di lettura e per un organico raccordo con la presente relazione, è stata prodotta una planimetria generale dei luoghi (All. N°3 – Tav. N°1) nella quale si riportano i fabbricati esistenti sull'area oggetto di causa, numerati progressivamente secondo l'ordine temporale della loro realizzazione realizzati. In tal modo, con particolare riferimento ai fabbricati, viene prospettato correttamente lo stato dei luoghi

attuale ed è evincibile, altresì, quello relativo al momento dell'intervento di sbancamento che il ha effettuato a monte della proprietà

In particolare in detta tavola sono stati riportati:

- con il N°1 il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°.....
- con il N°2 il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°.....
- con il N°3 il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°.....
- con il N°4 il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°.....
- in tinta verde l'area interessata dal crollo del muro:
- i punti di vista fotografici (All. N°4 foto dal N°1 al N°8).

3.3.2 Stato dei luoghi

Percorrendo la strada provinciale "Benedettina", direzione Montalto centro, dopo circa 5 Km dall'incrocio con la s.s. 19 delle Calabrie, l'area interessata si raggiunge imboccando una stradella che si imbecca direttamente dalla suddetta strada provinciale, in direzione nord, seguendo l'andamento altimetrico del terreno, fino a servire un gruppo di fabbricati, ivi compresi quelli circostanti l'area oggetto di causa (All. N°3 - Tav. N°1; All. N°4 - foto N°2).

Nello specifico, la zona interessata dai fatti di causa è quella compresa tra il fabbricato del e quello di (All. N°4 – foto N°3 e 7; All. N°3 –Tav. N°1; All. N°3 – Tav. N°9 profilo stato attuale).

Il muro in questione, o meglio i suoi resti, sono ubicati quasi a ridosso della parete nord del fabbricato del sig. ed ingombrano un'area di circa mq 80, pari allo spazio preesistente tra detto fabbricato ed il muro prima del crollo.

Detto muro, a tutt'oggi, si presenta completamente ribaltato, diviso in più tronconi e ricoperto da detriti e da vegetazione spontanea cresciuta sui detriti stessi (confr. All. N°4, foto N°4, 5, 6,).

Nel corso dei sopralluoghi condotti dal sottoscritto CTU, al fine di espletare l'incarico affidatogli, ha eseguito dettagliate indagini e misurazioni al fine di raccogliere tutti i dati tecnici relativi al muro ed al terreno costituente il sito.

Le indagini catastali ed i rilievi topografici effettuati in loco, inoltre, hanno permesso di identificare l'esatta linea di confine delle rispettive proprietà per come rappresentato esaurientemente nell'allegato N°3 che comprende 11 tavole di contenuto tecnico.

3.1.2 Procedura topografica utilizzata per il rilievo

Il rilievo è stato eseguito con procedura celerimetrica, con strumentazione elettroottica stazione totale, Modello Trimble DR 5600, servoassistito (All. N°4 - foto n°1)

Tutte le misure assunte in loco sono riferite a spigoli di fabbricati riportati in mappa

già dall'impianto del N.C.T., ed all'attualità ancora esistenti perché verificati (All. N°3 - Tav. N°2)

Si premette che il sito interessato dalla identificazione dei rispettivi confini, già dal primo sopralluogo effettuato, non risultava materializzato in alcun modo. Considerato che compito del sottoscritto era quello di individuare e materializzare i rispettivi confini, che catastalmente sono separati da un "canale di irrigazione" (non più esistente nello stato dei luoghi), riportato sulla vigente mappa catastale sin dall'impianto del Nuovo Catasto Terreno., si è reso indispensabile visionare, presso il competente Ufficio del Territorio di Cosenza (ex U.T.E.), il foglio originale n°43 all'impianto N.C.T.. Da tale visura ci si è accertati della corrispondenza del foglio visura (comunemente usato per gli atti di aggiornamento) e quello d'impianto risalente ad epoca dei primi anni '20-'30.

La suddetta operazione ha avuto lo scopo di verificare che nessuna variazione geometrica fosse avvenuta, nel tempo, nel tratto di "canale di irrigazione" che separa le due proprietà. Avuta certezza di tale corrispondenza, il lavoro è stato organizzato in modo da procedere, con rilievo topografico, a riconfinare il tratto interessato secondo le buone norme dettate dalla topografia. All'uopo si sono individuati gli spigoli di fabbricati, riportati sul foglio d'impianto del N.C.T., esistenti in loco e non variati nel tempo, al fine di utilizzare gli stessi quali punti di riferimento (punti di appoggio) per le successive operazioni di rilievo.

Il sottoscritto C.T.U. si è fornito del grafico dell'area interessata ivi compresi gli spigoli dei fabbricati esistenti e verificati in loco; detti spigoli presi a riferimento e che costituiscono punti di appoggio delle successive operazioni, sono stati seguenti:

-spigolo sud-ovest particella n°.....

-spigolo sud-ovest particella

Nell'All. N°3 -Tav. n°3 è riportato lo stralcio del foglio di mappa n°..... numerizzato per come esistente all'attualità.

3.3.2 Identificazione del confine delle rispettive proprietà

Sulla base dei titoli di proprietà, della documentazione cartografica catastale prima descritta, il sottoscritto CTU ha proceduto alle operazioni di rilievo per come descritto anche nei verbali di causa (All. N°1).

Effettuato il primo rilievo planoaltimetrico (Verb. N°2), si è provveduto, successivamente, ad elaborare, con procedura informatizzata, tutte le informazioni metriche assunte in loco (confr. All. n°3 – Tav. N°11).

Si è proceduto, di conseguenza, alla restituzione topocartografica del rilievo e con un successivo sopralluogo (Verb. N°3), si sono apposti i termini di confine che sono stati materializzati con picchetti in ferro e/o segni di minio e chiodi così come riportato nell'allegato N°3 - Tav. N°7. Tale apposizione di termini è stata ulteriormente verificata

topocartograficamente a tavolo, con il sistema della sovrapposizione grafica con la mappa dei termini apposti ed gli appoggi utilizzati per il rilievo. Quest'ultima operazione ha confermato la validità del lavoro eseguito, e comunque abbondantemente nei limiti previsti dalle norme in materia.

Nell'allegato N°3 - Tavole n°4, 5, 6 vengono riportati i particolari del rilievo, in scale diverse, al fine di una migliore lettura dei risultati.

Nell'allegato N°3 – Tav. N°7 vengono riportati in dettaglio i picchetti di confine apposti, opportunamente monografati, le relative linee di confine, nonché i fabbricati presenti e le relative distanze. Inoltre detti picchetti, nonché i segni di minio e chiodo, sono stati opportunamente fotografati ed evidenziati con cerchiatura di colore giallo nei rilievi fotografici (confr. All. N°4 - foto N°9-10-11-12-13 – N.B.: in tali foto viene indicato il riferimento alla Tav. N°7 che è da intendersi quella contenuta nell'All. N°3).

Si fa rilevare che il rilievo ha evidenziato un tratto di recinzione realizzato dal sig. ricadente in parte sulla vecchia sede del canale di irrigazione, con prolungamento, per altro tratto, nella proprietà

(All. N°3 – Tav. N°7, evidenziato in tinta azzurra ed All. N° 4 – foto N°8).

3.2 – QUESITO N°2: *Individuare la causa del crollo del muro*

Al fine di rispondere esaurientemente a questo quesito, il sottoscritto CTU ha eseguito un'attenta ricognizione dei luoghi, spinta anche verso i “vuoti sottostanti e retrostanti le macerie” che i tronconi murari hanno generato, al fine di rilevare le caratteristiche geometriche originarie del paramento murario in elevazione.

Sono state altresì attentamente studiate e vagliate le perizie esistenti agli atti, sia quelle di parte che quelle disposte dal Tribunale di Cosenza, intercorse dall'inizio del contenzioso e si è ricostruita la cronologia degli interventi edilizi e di sistemazione del terreno che hanno interessato il sito.

Non è stata indagata la fondazione del muro, sia perchè è apparso impervio ed oneroso eseguire gli scavi necessari, ma soprattutto perchè non avendo essa stessa seguito il muro nel crollo, risulta inessenziale ai fini preposti, per cui i resti del muro sono da riferirsi esclusivamente alla parte fuori terra.

3.2.1. *Descrizione del muro crollato e dell'andamento del terreno*

Il muro oggetto di causa, come già scritto, salvaguardava la scarpata originata dallo sbancamento per portare in piano l'area di ubicazione del fabbricato realizzato dal sig.

Esso, secondo le prove testimoniali agli atti di causa, è stato realizzato nell'anno 1978; tale data risulta verosimile in quanto la concessione edilizia per la costruzione del fabbricato immediatamente a valle del muro, reca la data del 1978 (All. N°2 – Tav.

N°1).

Le indagini condotte in loco hanno evidenziato che il muro era costituito da blocchi in calcestruzzo del tipo con vuoti, uniti con malta cementizia; misure condotte sui suoi resti del mostrano che la sua sezione alla base era spessa cm 40, costante in altezza per ml 3,00, ove risegava a cm 20 per ulteriori 60 cm e si sviluppava per circa ml 16,50 di lunghezza, pari a quella della scarpata che salvaguardava, per come evincibile dai luoghi, e risultava confinato lateralmente da altre due scarpate, ad altezza decrescente, anch'esse salvaguardate da muri in blocchi.

I dati geometrici del muro sopra riportati sono stati confermati anche da misure eseguite in corrispondenza di entrambi gli spigoli, N-E e S-O dello stesso, ancora intatti; in particolare, in riferimento alla sua altezza, il dato esposto è stato ulteriormente confermato anche dai risultati ottenuti dal piano quotato.

Dall'esame dei detriti ricoprenti i resti del muro e dal terreno circostante, non emergono accumuli di pietrame o tubazioni di qualsiasi tipo o resti di cunette per la raccolta ed accompagnamento delle acque. Questo presuppone che il muro realizzato era scevro da ogni misura di drenaggio atto a convogliare ed accompagnare le acque al di fuori del muro ed impedirne l'accumulo a tergo del muro stesso.

Anzi a tale proposito vi è da rilevare (come risulta dalla testimonianza, agli atti di causa, del costruttore del muro stesso e del perito di parte del) che la posa di "sabbione" a tergo del muro come misura di drenaggio, nel caso d'imbibimento di acqua, abbia aggravato ulteriormente le condizioni statiche del muro.

Le misurazioni ed i rilievi effettuati hanno permesso di ricostruire anche l'andamento dell'insieme terreno-muro prima del crollo di quest'ultimo.

Nell'allegato N°3 - Tav. N°8 viene riportato il piano quotato eseguito su un ampio tratto dell'area interessata e nello stesso allegato, Tav. N°9, viene ricostruito il presumibile profilo del terreno originario (linea in tinta verde) e quello attuale (linea in tinta rossa), entrambi effettuati lungo la trasversale passante per lo spigolo N-E del muro.

Analizzando il piano quotato allegato, nonché dallo stato dei luoghi, si arguisce che il profilo effettuato lungo la trasversale passante nella zona centrale del muro di cui è causa, rivelerebbe una quota del terreno posto a tergo del muro (limitatamente alla estensione trasversale della striscia di terreno costituente il "canale di irrigazione) sensibilmente più bassa della corrispondente quota (traslata seguendo la linea del paramento murario) risultante dalla trasversale passante per lo spigolo N-E del muro.

Questa constatazione deriva dal fatto che il crollo ha generato uno "smottamento" del terreno concentrato per lo più nella zona mediana del preesistente fronte longitudinale di terreno a tergo del muro.

Confrontando e sovrapponendo i due profili si può valutare anche l'entità dello scavo effettuato dal D'Alessandro e quello effettuato dal Inoltre si deduce che:
-il dislivello ad oggi esistente tra la quota del suddetto spigolo ed il cortile pavimentato del fabbricato, più a monte, risulta di ml 1,84;
-effettuato lo sbancamento, il, per la sistemazione dell'area antistante il suo fabbricato, ha di certo riportato del terreno nell'area compresa tra l'estradosso della fondazione e la linea di confine che delimitava la sua proprietà con la sede del preesistente canale di irrigazione. Tale quantità di terreno, sebbene di entità non rilevante, non è quantificabile con certezza.

Prima osservazione sulla causa del crollo

E' importante sottolineare che tale dislivello e la relativa scarpata furono realizzati artificialmente dal per portare in piano il terreno su cui doveva sorgere il fabbricato di cui alla concessione edilizia n°133/78 (fatto già acclarato dagli atti di causa).

Pertanto il muro realizzato doveva avere le caratteristiche di un vero e proprio muro di sostegno, che doveva essere staticamente calcolato, autorizzato e progettato secondo le allora vigenti Norme Tecniche per le costruzioni in zona sismica di seconda categoria (nella fattispecie L. 5.11.1971, n°1086; L. 02.02.1974, n°64; D.M. 03.03.1975 e Circ. Min. LL.PP. 9.11.1978, n°18591).

Infatti, in proposito, un'attenta ricerca di sentenze emesse dalla Cassazione così recitano:

1) Cass. Il 15.06.2001 n°8144:

Il muro di sostegno di un terrapieno, in quanto costituente vera e propria costruzione ai fini delle distanze legali, deve considerarsi come muro di fabbrica e non come muro di cinta che, a norma dell'art. 878 Cod. civ., è quello destinato alla protezione e delimitazione del fondo con altezza non superiore a tre metri e con le due facce isolate. (omissis).... non può essere considerato come costruzione, ai fini dell'osservazione delle distanze legali il muro che, nel caso di dislivello naturale, oltre a delimitare il fondo, assolve anche la funzione di sostegno e contenimento del declivio naturale; mentre nel caso di dislivello di origine artificiale deve essere considerato costruzione in senso tecnico-giuridico il muro che assolve in modo permanente e definitivo anche alla funzione di contenimento di un terrapieno creato dall'opera dell'uomo (e così anche Cass. Il 11.07.1995, n°7594).

2)Cass. Il 21.05.1997 n°4541:

In caso di fondi a dislivello non può considerarsi "costruzione" ai fini e per gli effetti dell'art. 873 del C.c. il muro di contenimento realizzato per evitare smottamento o frane. Nel caso invece di dislivello derivante dall'opera dell'uomo devono, invece, considerarsi

costruzioni in senso tecnico-giuridico il terrapieno ed il relativo muro di contenimento che lo abbiano prodotto o che abbiano accentuato quello già esistente per la natura dei luoghi.

3) Cass. Il 25.05.2001 n°7131

La fattispecie prevista dall'art. 887 C.c. (a norma del quale nei fondi a dislivello negli abitati il proprietario del fondo superiore deve sopportare per intero le spese di costruzione e di manutenzione del muro di sostegno dalle fondamenta fino all'altezza del proprio suolo) presuppone che il dislivello tra i due fondi sia di origine naturale; se il dislivello, invece, è stato causato dal proprietario del fondo inferiore, l'obbligo della costruzione e della conservazione del muro di sostegno incombe su quest'ultimo.

3.2.2 Indagini sul terreno

Le indagini sul terreno mostrano come esso sia di tipo quasi completamente incoerente (sciolto) costituito da limo sabbioso debolmente argilloso (come da caratterizzazione granulometrica eseguita dal laboratorio geotecnico Geodia di Rende, agli atti di causa) con un certo grado di umidità naturale, scevro da falde permanenti od significativi accumuli idrici (si confr. la relazione di Consulenza Tecnica d'Ufficio redatta dell'ing. Ernesto Infusino, agli atti di causa).

3.2.3 Causa del crollo

Per l'altezza della scarpata, per la natura del terreno e per le caratteristiche costitutive e dimensionali, il muro prima descritto poteva utilmente assolvere la sola funzione di rivestimento, mentre era intrinsecamente inidoneo ad assolvere compiti di contenimento e di sostegno del retrostante terreno.

Questa affermazione è ampiamente dimostrabile anche in termini analitici con il calcolo di verifica di seguito allegato che, benchè condotto con assunzioni ampiamente favorevoli alla statica del muro (assenza di sovrappressioni, assenza di sovraccarichi a monte, considerazione dell'attrito terra-muro, alto angolo di attrito del terreno), mostra come un simile manufatto era inetto a resistere al minimo accenno di spinta del terreno a monte.

D'altronde in merito alla funzione del muro di solo rivestimento essa è esplicitamente riconosciuta anche dal perito di parte del D'Alessandro (confr. dichiarazione agli atti di causa e nella sua relazione di parte), imputando all'altra parte la colpa di aver variato le condizioni del terreno a monte, causando delle sollecitazioni e spinte sul muro che ne avrebbero indotto il crollo.

Di fatto può affermarsi che finchè il terreno a tergo del muro è rimasto inattivo, il muro non si è mosso; appena esso è entrato in condizioni di spinta attiva (cioè si è addossato al muro) il muro si è ribaltato.

Che di ribaltamento si tratti (ciò di rotazione del muro intorno alla linea esterna di appoggio della base) lo dimostra il fatto che i tronconi di muro sono a terra per intero, senza mostrare una traslazione in avanti (che avrebbe denunciato una mancanza di aderenza fondativa) e senza mostrare schiacciamento del terreno in fondazione.

Per questo, come avanti detto, non si è indagato sulle fondazioni.

In riferimento ai lavori di sbancamento effettuato dal (che la parte ora convenuta pone come la causa originante il crollo del muro), si è appurato che lo sbancamento, non effettuato al piede del versante in parola (e pertanto se mai avrebbe potuto dare problemi a monte del settore interessato), è avvenuto con asportazione del terreno che, come si arguisce, ha provocato un alleggerimento del pendio, di per sé non peggiorativo delle condizioni di lavoro del muro.

Tutt'al più esso avrebbe potuto favorire una maggiore imbibizione dell'area sbancata (vista l'assenza delle vegetazione alberatura preesistente), ma di certo tale effetto è minore del benefico apportato alla stabilità del pendio, a seguito dell'alleggerimento di una cospicua quantità di materiale in posto (dagli atti di causa l'asportazione di 500 mc di terreno – quantità condivisa dal sottoscritto - equivalgono ad un peso di circa 500 mc x 1,89 t/mc = 934 t); nè tanto meno, per le stesse motivazioni, risulta rilevante il terreno di riporto movimentato dalper come già descritto.

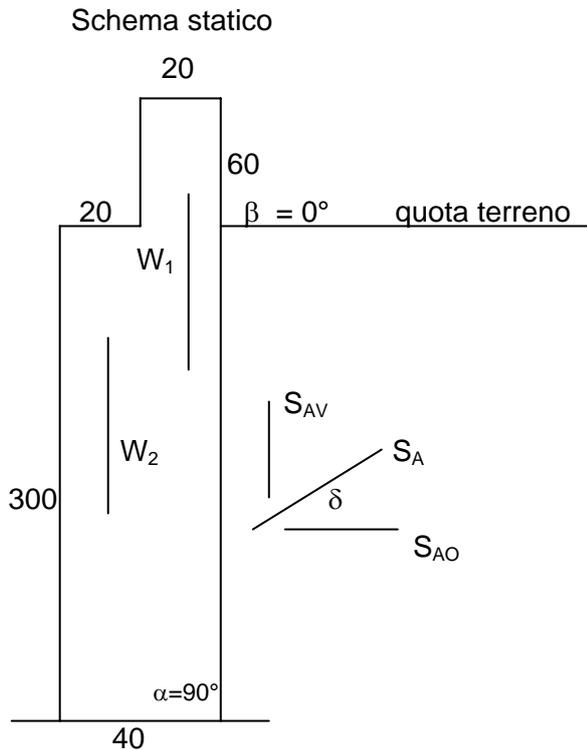
Anche l'influenza del carico dinamico indotto sul muro dal mezzo che ha attuato lo sbancamento non è attendibile, perchè il ribaltamento si verifico non immediatamente dopo o durante lo sbancamento, ma solo successivamente ad essi, ed è logico come da un'azione dinamica ci si attenda un effetto immediato o immediatamente prossimo, ma non tanto differito nel tempo.

Pertanto, si arguisce che l'equilibrio terreno-muro, fin dalla costruzione di quest'ultimo, era precario, affidato cioè al fatto che le condizioni del terreno non variassero, cosa questa aleatoria dato che le condizioni di variabilità dipendono non solo dall'intervento dell'uomo, ma anche dagli eventi naturali, quali condizioni climatiche, movimenti sismici, assestamenti naturali, ecc.. Per questo un'opera che non è concepita e progettata per tutte le variazioni di sollecitazioni che può subire nel tempo, è essa stessa aleatoria ed a rischio. **Per cui è ragionevole pensare che ancor prima dei lavori di sbancamento e di spianamento, le condizioni di equilibrio terra-muro erano spinte al limite e solo casualmente esse precipitarono dopo lo sbancamento.**

3.2.4 Calcoli di verifica relativi al muro prima del crollo

La sezione del muro per come ricostruibile dai dati acquisiti, è riportata nel calcolo di verifica al ribaltamento pari a cm 40 e l'altezza della scarpata viene posta a ml 3,00 pari

all'altezza della parte di muro con spessore più consistente.



Dati terreno

φ = angolo di attrito interno del terreno 32°

$\delta = 2/3 \varphi$ angolo di attrito terra-muro 21°

$\gamma = 1,75$ t/m peso unità di volume del terreno in situ

$\gamma_M = 1,5$ t/mc peso unità di volume muro in blocchi di calcestruzzo

$\beta = 0^\circ$ inclinazione del piano di campagna del terreno a monte

$S_{AV} = S_A \cos \delta$

$S_{AO} = S_A \sin \delta$ (ambedue applicate sul paramento interno del muro ad $h/3$)

$M_r = S_{AO} \times h/3$

Tali dati sono assunti a favore della statica del muro, essendo stati scelti tra i più favorevoli alla sua stabilità, tra quelli desunti dagli atti di causa (prove di laboratorio eseguite dalla Geodia di Rende), giudicati attendibili dal sottoscritto. Parimenti si è trascurato di caricare il muro con l'incremento di spinta sismica, previsto dalle norme vigenti per muri alti oltre i 3,00 ml.

Per la verifica si applica la teoria di Mohr-Coulomb, che permette di utilizzare a vantaggio della statica del muro una componente della spinta.

Si applica la formula della spinta attiva (*per ml di muro*):

$$S_A = \frac{1}{2} \gamma h^2 \frac{K_a}{\sin \alpha \sin \beta}$$

$$\text{ove } K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi) \cos \delta}{\sin \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \text{rad. quadr.} \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)} \right]^2}$$

Sostituendo i dati a disposizione si ottiene $K_a = 0,257$, per cui la spinta sul muro e le sue componenti risultano:

$$S_A = 2,016 \text{ t/m}$$

$$S_{AO} = 2,02 \text{ t/m}$$

$$S_{AV} = 0,774 \text{ t/m}$$

Il momento ribaltante è uguale a: $M_r = S_{AO} \times h/3 = 2,02 \times 1,0 = 2,02 \text{ t/m}$

Le forze stabilizzanti sono:

$$W_1 = 0,20 \times 3,60 \times 1,5 = 1,08 \text{ t/m}$$

$$W_2 = 0,20 \times 3,00 \times 1,5 = 0,90 \text{ t/m}$$

$$S_{AV} = 0,774 \text{ t/m}$$

Il momento stabilizzante risulterà: $M_s = W_1 \times 0,30 + W_2 \times 0,10 + S_{AV} \times 0,40 = 0,7236 \text{ t/m}$

Con questi dati si ricava il coefficiente di sicurezza la ribaltamento:

$$\eta = M_s/M_r = 0,7236/2,02 = 0,358$$

ben inferiore al valore minimo di 1,5 imposto dalla normativa italiana ($\eta \geq 1.5$).

3.2.5 CONCLUSIONI AL QUESITO N°2.

Riepilogando:

- il muro era stato costruito come solo paramento di rivestimento ed era inadatto a resistere alla benchè minima spinta sul terreno;
- il muro era stato costruito a salvaguardia di una scarpata artificiale creata dal

- D'Alessandro nel terreno di sua proprietà;
- c) il muro fu costruito in zona sismica di seconda categoria, vigente la Legge n°64/74 e D.M. 3.3.1975, che regolamentava i calcoli e le verifiche da eseguire per la sua corretta realizzazione;
 - d) il muro fu costruito senza nessun progetto preventivo contenente i suddetti calcoli;
 - e) dall'esame degli atti reperiti, risulta che l'esecuzione dei lavori di sbancamento a monte del muro (effettuati da) furono eseguiti senza una specifica autorizzazione, atteso che l'autorizzazione rilasciata dal Corpo Forestale dello Stato (Nulla Osta Idrogeologico – All. N°2 – Tav. N°4) si riferiva ai soli lavori di sbancamento del terreno limitrofo a quello interessato per la realizzazione del fabbricato di cui alla concessione edilizia n°97/90 rilasciata a (riportato con il N°2 nell'All. N°3 - Tav. N°1);
 - f) le variazioni delle condizioni di lavoro del terreno sul muro, già in equilibrio precario, potevano essere indotte dagli eventi prima menzionati (quali apporti meteorici, assestamenti naturali, eventi sismici, ecc...), e dunque il ribaltamento si sarebbe potuto verificare nel tempo, indipendentemente dalle opere di sbancamento operate.

Pertanto, con riferimento a tutti fatti ed alle indagini già esposte, nonché agli studi ed ai calcoli effettuati, il sottoscritto CTU ha appurato che il crollo del muro è da ricondurre alla intrinseca inadeguatezza dello stesso.

3.3 – QUESITO N°3: *Descrivere le caratteristiche del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte, fornendo il relativo progetto ed indicando il relativo costo*

3.3.1 *Progetto del muro di sostegno da realizzare a perfetta regola d'arte*

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

Il calcolo del muro di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno sul muro in presenza di sisma (Metodo di Coulomb)

- Verifica a ribaltamento ($M_s/M_r \geq 1,5$)

- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa ($F_r/F_s \geq 1,3$)

- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite $Q_u/R \geq 2$)

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

Geometria muro e fondazione

Altezza del paramento(m)	3.20
Spessore in sommità (m)	0.30
Spessore all'attacco con la fondazione (m)	0.52
Inclinazione paramento esterno (°)	0.00
Inclinazione paramento interno (°)	4.00
Lunghezza del muro (m)	18.00

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle (m)	0.50
Lunghezza mensola fondazione di monte (m)	1.25
Lunghezza totale fondazione	2.27
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00
Spessore fondazione (m)	0.40

Carichi in testa al muro

Forza verticale [positiva verso il basso] (Kg)	0
Forza orizzontale [positiva verso valle] (Kg)	0
Momento [positivo se ribaltante] (Kgm)	0

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico	2500 Kg/m ³
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	250 Kg/cm ²
Tensione ammissibile a compressione σ_c	85.0 Kg/cm ²
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	5.3 Kg/cm ²
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	16.9 Kg/cm ²

Acciaio

Tipo FeB44K
 Tensione ammissibile σ_{fa} 2600 Kg/cm²

Geometria e carichi terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in metri

Y ordinata del punto espressa in metri

F carico concentrato sul punto espresso in Kg

Q carico distribuito sul tratto precedente il punto espresso in Kg/m²

N	X	Y	F	Q
1	0.25	0.00	0.00	0.00
2	2.00	0.00	0.00	0.00
3	7.00	0.00	0.00	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 (m) 0.00

Caratteristiche terreno a monte del muro

Descrizione Terrapieno
 Peso di volume γ 1650 Kg/m³
 Angolo di attrito interno ϕ 32°
 Angolo di attrito terra-muro δ 21°
 Coesione c 0.000 Kg/cm²
 Adesione terra-muro c_a 0.000 Kg/cm²

Caratteristiche terreno di fondazione

Descrizione Terreno fondazione
 Peso di volume γ 1650 Kg/m³
 Angolo di attrito interno ϕ 32°
 Angolo di attrito terra-muro δ 21°
 Coesione c 0.000 Kg/cm²
 Adesione terra-muro c_a 0.000 Kg/cm²
 Costante di sottofondo(Winckler) K 2.17 Kg/cm³

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (esprese in metri) positive verso monte

Ordinate Y (esprese in metri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Coulomb
Calcolo del carico limite	metodo di Terzaghi
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva
Coefficiente di intensità sismica (Percento)	7
Partecipazione spinta passiva (Percento)	0
Calcolo riferito ad 1 metro di muro	
Lunghezza del muro	(m) 18.00

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X= 1.47 Y= -3.60
Punto superiore superficie di spinta	X= 1.47 Y= 0.00
Altezza della superficie di spinta	(m) 3.60
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	(°) 0.00
Valore della spinta statica	(Kg) 2941.74
Componente orizzontale della spinta statica	(Kg) 2746.35
Componente verticale della spinta statica	(Kg) 1054.23
Punto d'applicazione della spinta	X= 1.47 Y= -2.40
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	(°) 21.00
Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche	(°) 0.2751
Incremento sismico della spinta	(Kg) 492.29
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X= 1.47 Y= -1.22
Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche	(°) 0.3202

Peso muro	(Kg) 5568.83
Baricentro del muro	X= 0.08 Y= -2.42
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	(Kg) 7190.74
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X= 0.79 Y= -1.56
Inerzia del muro	(Kg) 389.82
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	(Kg) 503.35

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	(Kg) 4099.12
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	(Kg) 13990.22
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	(Kgxm) 5878.74
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	(Kgxm) 19168.60
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	(Kg) 13990.22
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	(Kg) 4099.12
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	(m) 0.19
Risultante in fondazione	(Kg) 14578.37
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	(°) 16.33
Momento rispetto al baricentro della fondazione	(Kgxm) 2615.38
Carico ultimo della fondazione	(Kg) 133141.51

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	(m) 2.27
Tensione terreno allo spigolo di valle	(Kg/cm ²) 0.92
Tensione terreno allo spigolo di monte	(Kg/cm ²) 0.31

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 44.04$	$N'_c = 44.04$
$N_q = 28.52$	$N'_q = 28.52$

$$N_{\gamma} = 27.33$$

$$N'_{\gamma} = 27.33$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.26
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.31
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.52
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.44

Sollecitazioni paramento

L'ordinata Y(espressa in metri) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Sforzo normale positivo di compressione

Taglio positivo se diretto da monte verso valle

Nr.	Y(m)	N(Kg)	M(Kgm)	T(Kg)
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.15	116.31	3.71	45.51
3	0.30	236.68	15.61	99.12
4	0.46	361.09	37.01	160.83
5	0.61	489.56	69.25	230.63
6	0.76	622.09	113.64	308.52
7	0.91	758.66	171.53	395.32
8	1.07	899.29	244.25	490.48
9	1.22	1043.97	333.13	593.73
10	1.37	1192.70	439.49	705.08
11	1.52	1345.49	564.66	824.53
12	1.68	1502.33	709.97	952.61
13	1.83	1663.22	876.75	1089.32
14	1.98	1828.16	1066.34	1234.12
15	2.13	1997.16	1280.07	1387.03
16	2.29	2170.21	1519.25	1548.02
17	2.44	2347.31	1785.22	1717.38
18	2.59	2528.46	2079.31	1895.65
19	2.74	2713.67	2402.86	2082.00
20	2.90	2902.93	2757.19	2276.46
21	3.05	3096.24	3143.63	2479.01
22	3.20	3293.61	3563.50	2689.65

Sollecitazioni fondazione di valle

L'ascissa X(espressa in metri) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori

Taglio positivo se diretto verso l'alto

Nr.	X(m)	M(Kgm)	T(Kg)
1	0.00	0.00	0.00
2	0.06	12.56	450.78
3	0.11	49.93	893.31
4	0.17	111.66	1327.61
5	0.22	197.29	1753.67
6	0.28	306.36	2171.48
7	0.33	438.42	2581.06

8	0.39	592.99	2982.39
9	0.44	769.64	3375.49
10	0.50	967.90	3760.34

Sollecitazioni fondazione di monte

L'ascissa X(espressa in metri) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori

Taglio positivo se diretto verso l'alto

Nr.	X(m)	M(Kgm)	T(Kg)
1	0.00	0.00	0.00
2	0.14	-29.31	-413.47
3	0.28	-112.47	-775.43
4	0.42	-242.32	-1085.90
5	0.56	-411.72	-1344.87
6	0.69	-613.51	-1552.33
7	0.83	-840.54	-1708.29
8	0.97	-1085.65	-1812.76
9	1.11	-1341.70	-1865.72
10	1.25	-1601.52	-1867.18

Stabilità globale muro + terreno

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in Kg

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in Kg/cm²

b larghezza della striscia espressa in metri

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in Kg/cm²

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di striscie 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X(m)= -0.80 Y(m)= 0.00

Raggio del cerchio R(m)= 4.26

Ascissa a valle del cerchio Xi(m)= -3.61

Ascissa a monte del cerchio Xs(m)= 3.46

Larghezza della striscia dx(m)= 0.28

Coefficiente di sicurezza C= 1.44

Le striscie sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle striscie

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	356.10	79.50	350.13	1.55	32.00	0.000	0.000
2	850.97	64.57	768.51	0.66	32.00	0.000	0.000
3	1090.09	56.67	910.80	0.51	32.00	0.000	0.000

4	1269.73	50.23	975.96	0.44	32.00	0.000	0.000
5	1414.06	44.59	992.62	0.40	32.00	0.000	0.000
6	1533.40	39.45	974.31	0.37	32.00	0.000	0.000
7	1633.34	34.67	929.16	0.34	32.00	0.000	0.000
8	1717.32	30.16	862.74	0.33	32.00	0.000	0.000
9	1787.62	25.84	779.23	0.31	32.00	0.000	0.000
10	1845.82	21.68	681.93	0.30	32.00	0.000	0.000
11	1893.03	17.64	573.58	0.30	32.00	0.000	0.000
12	1930.08	13.68	456.56	0.29	32.00	0.000	0.000
13	1957.53	9.79	332.99	0.29	32.00	0.000	0.000
14	905.38	5.95	93.86	0.28	32.00	0.000	0.000
15	491.87	2.13	18.31	0.28	32.00	0.000	0.000
16	492.40	-1.67	-14.38	0.28	32.00	0.000	0.000
17	484.13	-5.49	-46.30	0.28	32.00	0.000	0.000
18	466.95	-9.33	-75.68	0.29	32.00	0.000	0.000
19	440.63	-13.21	-100.69	0.29	32.00	0.000	0.000
20	404.77	-17.16	-119.39	0.30	32.00	0.000	0.000
21	358.82	-21.19	-129.68	0.30	32.00	0.000	0.000
22	302.01	-25.33	-129.22	0.31	32.00	0.000	0.000
23	233.24	-29.63	-115.30	0.33	32.00	0.000	0.000
24	151.02	-34.11	-84.69	0.34	32.00	0.000	0.000
25	53.16	-38.85	-33.35	0.36	32.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 24063.45 \text{ Kg}$

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 8852.04 \text{ Kg}$

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 12755.21 \text{ Kg}$

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0.00 \text{ Kg}$

Armature e tensioni nei materiali del muro

L'ordinata Y (espressa in metri) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B base della sezione espressa in cm

H altezza della sezione espressa in cm

A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in cm^2

A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in cm^2

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in Kg/cm^2

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in Kg/cm^2

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in Kg/cm^2

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in Kg/cm^2

Nr.	Y(m)	B(cm)	H(cm)	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.00	100.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.15	100.00	31.07	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00
3	0.30	100.00	32.13	8.04	8.04	0.15	0.04	0.05	2.00
4	0.46	100.00	33.20	8.04	8.04	0.30	0.06	1.54	3.94
5	0.61	100.00	34.26	8.04	8.04	0.55	0.09	6.25	6.81
6	0.76	100.00	35.33	8.04	8.04	0.88	0.11	15.13	10.53
7	0.91	100.00	36.39	8.04	8.04	1.28	0.14	28.33	14.97

8	1.07	100.00	37.46	8.04	8.04	1.76	0.17	45.86	20.09
9	1.22	100.00	38.52	8.04	8.04	2.30	0.20	67.72	25.89
10	1.37	100.00	39.59	8.04	8.04	2.91	0.23	93.96	32.36
11	1.52	100.00	40.66	8.04	8.04	3.58	0.26	124.63	39.50
12	1.68	100.00	41.72	8.04	8.04	4.31	0.29	159.76	47.30
13	1.83	100.00	42.79	8.04	8.04	5.11	0.32	199.42	55.78
14	1.98	100.00	43.85	8.04	8.04	5.96	0.36	243.64	64.91
15	2.13	100.00	44.92	8.04	8.04	6.87	0.39	292.47	74.70
16	2.29	100.00	45.98	8.04	8.04	7.83	0.42	345.93	85.14
17	2.44	100.00	47.05	8.04	8.04	8.85	0.46	404.06	96.23
18	2.59	100.00	48.11	8.04	8.04	9.93	0.49	466.88	107.96
19	2.74	100.00	49.18	8.04	8.04	11.05	0.53	534.44	120.33
20	2.90	100.00	50.25	8.04	8.04	12.23	0.57	606.75	133.32
21	3.05	100.00	51.31	8.04	8.04	13.46	0.60	683.82	146.94
22	3.20	100.00	52.38	8.04	8.04	14.74	0.64	765.69	161.17

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in cm
H	altezza della sezione espressa in cm
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in cm^2
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in cm^2
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in Kg/cm^2
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in Kg/cm^2
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in Kg/cm^2
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in Kg/cm^2

Fondazione di valle

(L'ascissa X, espressa in metri, è positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle)

Nr.	X(m)	B(cm)	H(cm)	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.06	100.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
3	0.11	100.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00
4	0.17	100.00	40.00	0.00	8.04	52.99	0.42	0.00	573.90
5	0.22	100.00	40.00	8.04	8.04	1.25	0.56	71.39	11.46
6	0.28	100.00	40.00	8.04	8.04	1.94	0.69	110.86	17.80
7	0.33	100.00	40.00	8.04	8.04	2.78	0.82	158.64	25.47
8	0.39	100.00	40.00	8.04	8.04	3.76	0.95	214.57	34.45
9	0.44	100.00	40.00	8.04	8.04	4.88	1.07	278.49	44.71
10	0.50	100.00	40.00	8.04	8.04	6.14	1.20	350.23	56.22

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in metri, è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X(m)	B(cm)	H(cm)	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.14	100.00	40.00	0.00	0.00	0.00	-0.13	0.00	0.00

3	0.28	100.00	40.00	8.04	8.04	0.71	-0.25	6.53	40.70
4	0.42	100.00	40.00	8.04	8.04	1.54	-0.35	14.08	87.68
5	0.56	100.00	40.00	8.04	8.04	2.61	-0.43	23.92	148.98
6	0.69	100.00	40.00	8.04	8.04	3.89	-0.49	35.64	222.00
7	0.83	100.00	40.00	8.04	8.04	5.33	-0.54	48.83	304.14
8	0.97	100.00	40.00	8.04	8.04	6.89	-0.58	63.06	392.84
9	1.11	100.00	40.00	8.04	8.04	8.51	-0.59	77.94	485.49
10	1.25	100.00	40.00	8.04	8.04	10.16	-0.59	93.03	579.50

Nella Fig. N°1 viene rappresentata l'ubicazione del muro progettato e la Fig.N°2 si riguarda gli esecutivi di cantiere per la sua realizzazione. In fase di esecuzione dei lavori si **raccomanda l'osservanza delle seguenti prescrizioni:**

- 1) la realizzazione del muro dovrà avvenire "a tratti" al fine di scongiurare l'interessamento del fabbricato posto immediatamente a monte di esso (ovviamente anche i lavori di rimozione dei detriti esistenti nonché lo scavo della fondazione dovranno essere, parimenti, realizzata "a tratti" – si consigliano tratti di 5,00 ml al massimo); in alternativa dovrà essere valutata l'ipotesi della realizzazione preventiva di una fila di pali in c.a. accostati (paratia), il cui ulteriore costo non è stato valutato nella presente relazione;
- 2) dovrà essere realizzata una cunetta in calcestruzzo armato posta in sommità ed a tergo del muro idonea al convogliamento ed allontanamento delle acque superficiali;
- 3) dovranno prevedersi fori di drenaggio nel paramento murario e la posa di ciottolame a tergo del muro (confr. Fig. N°2);
- 4) dovrà effettuarsi la scarificazione ed il livellamento del terreno a tergo del muro per una larghezza ed una lunghezza pari alla sede del preesistente canale di irrigazione che si sviluppava nell'area interessata dal crollo;
- 5) dovranno usarsi materiali (ferro, calcestruzzo) le cui caratteristiche rispettino quelle contenute nella relazione di calcolo.
- 6) dovrà prevedersi un adeguato inerbamento della scarpata a monte del muro per evitare che la porzione più fine del terreno (limo) possa essere dilavata dalle acque meteoriche.

3.3.2 Costo del muro di sostegno da realizzare

N.B.: i prezzi sono stati desunti dal prezzario di riferimento della Regione Calabria, opportunamente aggiornati ed adattati al caso e sono comprensivi degli oneri di sicurezza

Scavo a sezione aperta per sbancamento o di splateamento, eseguito con mezzo meccanico, compreso la rimozione dei

detriti di muro esistenti e del relativo terreno, nonché la configurazione e profilatura della parete a monte, anche se a gradoni, il carico ed il trasporto alla discarica del materiale di risulta (€4,13/mc):

$$16,00 \times 5 \times 3,00 / 2 + 16,35 \times 1,77 \times 3,20 = \text{mc } 212,60 \times \text{€ } 4,13 \dots\dots\dots = \text{€ } 878,04$$

Scavo di fondazione o a sezione obbligata in terreno di qualsiasi natura e consistenza, esclusa la roccia da mina, compreso la demolizione e rimozione della fondazione esistente, fino alla profondità di ml. 2,00, eseguito con mezzo meccanico, compreso il carico diretto sui mezzi, il trasporto alla discarica del materiale asportato (€8,26/mc):

$$16,35 \times 2,47 \times 0,55 = \text{mc } 22,21 \times \text{€ } 8,26 / \text{mc} \dots\dots\dots = \text{€ } 183,45$$

Calcestruzzo cementizio classe 100 per opere in sottofondazione dato in opera entro il vano dello scavo in spessori da cm 10 a cm 20 senza impiego di casseforme compresa la battitura e pigiatura (€49,00/mc):

$$16,35 \times 2,47 \times 0,15 = \text{mc } 6,05 \times \text{€ } 49,00 / \text{mc} \dots\dots\dots = \text{€ } 296,45$$

Calcestruzzo cementizio di resistenza caratteristica cubica $R_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$, dato in opera per muri in cemento armato, sia in fondazione che in elevazione, di qualsiasi sagoma, spessore e dimensione, compreso la vibratura, l'onere per la formazione dei fori di drenaggio ed escluso i casseri ed il ferro di armatura (€ 78,00/mc):

$$16,35 \times 2,27 \times 0,40 + 16,35 \times (0,30 + 0,53) / 2 \times 3,20 + 16,35 \times 0,60 \times 0,15 = \text{mc } 38,02 \times \text{€ } 78,00 / \text{mc} = \text{€ } 2.965,56$$

Casseforme per getti di calcestruzzo, date in opera a qualsiasi altezza e profondità, compresi impalcature di sostegno e di controventatura, nonché ogni onere e magistero per montaggio e disarmo (€13,94/mq):

$$(2 \times 16,35 + 2 \times 2,27) \times 0,40 + 2 \times 16,35 \times 3,20 + 6,35 \times 0,20 + 0,60 \times 0,15 = \text{mq } 122,98 \times \text{€ } 13,94 / \text{mq} = \text{€ } 1.714,34$$

Ferro in barre ad aderenza migliorata, qualità FeB 44k, controllato in stabilimento, di qualsiasi diametro, dato in opera per armatura di strutture in cemento armato, compresi taglio, piegatura, legatura con filo di ferro ricotto, eventuali saldature, sfrido e quanto altro occorre (€0,88/kg):

$$\text{mc } 38,02 \times 55 \text{ Kg/mc} = \text{Kg } 2.091,10 \times \text{€ } 0,88 / \text{Kg} \dots\dots\dots = \text{€ } 1.840,17$$

Tout-venant di cava fornito e steso in opera a strati di idoneo spessore, sistemato e livellato anche a mano, con intasamento

del materiale minuto, per formazione di sottofondi, riempimenti, e simili, a qualsiasi altezza o profondità rispetto al piano di campagna (€12,75/mc).

16,35x1,20x0,20 = mc 3,92 x €12,75/mc.....= € 49,98

Riempimenti, drenaggi e simili in ciottolame a secco di pezzatura idonea sistemati anche a mano, dietro muri di sostegno (€15,50/mc):

16,35x1,36x3 = mc 66,70 x €15,50/mc.....= € 1.033,85

SOMMANO COSTO DEL MURO PROGETTATO I.V.A esclusa..... € 8.961,84
(euro ottomilanovecentosessantuno//84)

(N.B.: detto costo non comprende le spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, collaudo, prove materiali, ed oneri di cui al D. L.vo 494/96 e 528/99 – sicurezza cantieri)

Alla presente relazione sono allegati e fascicolati a parte:

ALLEGATO N°1 – Verbali delle visite di sopralluogo

ALLEGATO N°2 – Atti tecnici reperiti

- Tav. N°1: Concessione edilizia n°133 del 09.09.1978
- Tav. N°2: Elaborato progettuale allegato alla conc. ed. n°133/78
- Tav. N°3: Concessione edilizia n°97 del 21.07.1990
- Tav. N°4: Autorizzazione al movimento terra rilasciato dall'Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Cosenza
- Tav. N°5: Elaborato progettuale allegato alla conc. ed. n°97/90
- Tav. N°6: Concessione edilizia n°15 del 02.03.1994
- Tav. N°7: Elaborato progettuale allegato alla conc. ed. n°15/94
- Tav. N°8: Concessione edilizia n°49 del 12.07.1996
- Tav. N°9: Elaborato progettuale allegato alla conc. ed. n°49/96

ALLEGATO N°3 – Rilievi topografici

- Tav. N°1: Planimetria generale con indicazione dei punti di vista fotografici
- Tav. N°2: Stralcio del foglio di mappa catastale all'impianto
- Tav. N°3: Stralcio del foglio di mappa catastale numerizzato all'attualità
- Tav. N°4: Particolare del rilievo – sc. 1:2000
- Tav. N°5: Particolare del rilievo – sc. 1:1000
- Tav. N°6: Particolare del rilievo – sc. 1:200
- Tav. N°7: Risultato dettagliato del rilievo con indicazione dei confini
- Tav. N°8: Piano quotato relativo all'area interessata
- Tav. N°9: Profili del terreno (stato attuale ed originario)
- Tav. N°10: Planimetria con indicazione dei punti di vista fotografici

relativi ai picchetti apposti
Tav. N°11: Libretto del rilievo

ALLEGATO N°4 – Rilievi fotografici (foto dal N°1 al N°13)

Il sottoscritto, avendo assolto all'incarico conferitogli dal sig. Giudice, rassegna la presente relazione e rimane a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Cosenza, li 25.09.2002

IL CONSULENTE TECNICO D'UFFICIO
(Ing. Giuseppe Infusini)