Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

COMUNE di GENOVA

Provincia di GENOVA

RELAZIONE IN MERITO AL MONITORAGGIO DELLE LESIONI SUL MURO CONTROTERRA – SITUAZIONE AGGIORNATA AL 03 GIUGNO 2009

IPF s.r.l.

Genova, 03 giugno 2009

Ing. Ranieri Costa

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

INDICE

1. CONSIDERAZIONI GENERALI RELATIVE AI PRIMI TRE ANNI DI MONITORAGGIO 3

2. LESIONI MONITORATE 5

2.1. Lesione 1 5

2.2. Lesione 2 6

2.3. Lesione 3 7

2.4. Lesione 4 9

2.5. Lesione 5 10

2.6. Lesione 6 11

2.7. Lesione 7 12

3. RISULTATI COMPLESSIVI DEL MONITORAGGIO 15

ALLEGATI 17

4. GRAFICI RELATIVI AI PRIMI 34 MESI DI MONITORAGGIO 18

5. GRAFICO RELATIVO AI DATI PLUVIOMETRICI ANNI 2006-2007-2008 22

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

1. CONSIDERAZIONI GENERALI RELATIVE AI PRIMI TRE ANNI DI MONITORAGGIO

La presente relazione riguarda l'interpretazione dei dati provenienti dal monitoraggio strutturale di un muro di intercapedine controterra in via Geirato, 81 in situazione di evidente dissesto statico.

Il monitoraggio, in corso dal 14 luglio 2006 è stato predisposto dalla committenza, d'accordo con il sottoscritto al fine di poter valutare l'evoluzione del quadro fessurativo del citato muro contro terra, costituente intercapedine a edifici usati per attività commerciali.

Sono state, in particolare, predisposte 9 stazioni di monitoraggio in corrispondenza delle lesioni più significative presenti nel citato muro di intercapedine ed è stato effettuato il monitoraggio delle variazioni di ampiezza delle lesioni con cadenza bimestrale tramite rilevazioni con deformometri millesimali e/o con estensimetri. Le letture effettuate permettono di individuare, al netto delle variazioni termiche o igrometriche, la velocità con cui aumentano o diminuiscono le ampiezze delle fessure, nonché di provare a individuare il tipo di moto in atto. Nelle precedenti relazioni si è ricercata la natura dei dissesti a partire dallo studio della forma e dell'evoluzione delle lesioni. Tale studio è risultato particolarmente complesso per i seguenti motivi:

1. Complessità strutturale del muro contro terra e della sua connessione strutturale al solaio del piano primo dell'edificio;
2. Ampia variabilità e presenza contemporanea di più azioni che hanno determinato il quadro fessurativo.

Per quanto riguarda il punto 1, il muro oggetto di studio si presenta, da un punto di vista strutturale, estremamente eterogeneo. Sono presenti numerosi giunti strutturali motivati dalla probabile ripresa di getto. Questi giunti spezzano il paramento del muro in numerosi conci che risultano slegati da quelli adiacenti. Tali interruzioni, influenzano e complicano l'interpretazione del quadro fessurativo osservato sul paramento del muro, poiché in alcuni casi non si riesce a capire se le fessure siano state create dal dissesto statico avvenuto oppure siano causa delle interruzioni di getto al momento della sua realizzazione.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

Il muro, risulta, inoltre connesso strutturalmente alla soletta del primo piano dell'edificio, anche se nell'edificio sono assenti evidenti fenomeni di dissesto statico, riconducibili al movimento del citato muro contro terra.

Per quanto riguarda il punto 2 si osserva che i quadri fessurativi osservati sono eterogenei e testimoniano la presenza simultanea di più cause perturbatrici (sovrapposizione di traslazioni longitudinali, trasversali, verticali) dovute a cedimenti fondazionali di porzioni di terreno.

Ancorché non sempre univocamente determinabile, appare evidente che la causa perturbatrice delle lesioni è la spinta del terreno a tergo del muro di caratteristiche scadenti e di tipo marcatamente argilloso. Sono stati inoltre, osservati movimenti relativi avvenuti in versi opposti a probabile testimonianza che il terreno a tergo e in fondazione risente di fenomeni di rigonfiamento (correlati all'aumento del tenore igrometrico dello stesso) alternati a fenomeni di contrazione durante i periodi secchi. Essendo la fondazione del muro poco profonda, e disposta su suolo argilloso, le dilatazioni e contrazioni del sottosuolo si propagano alla struttura muraria. I risultati provenienti dai primi tre anni di monitoraggio hanno comunque, evidenziato ***la ciclicità del dissesto statico osservato***, in relazione al contenuto di umidità del terreno a sua volta legato alla piovosità. In particolare, le fessure osservate hanno ampiezza massima nelle misurazioni di dicembre – gennaio al termine dei periodi autunnali, generalmente molto piovosi. Al contrario, l'ampiezza delle fessure si contrae nei periodi più caldi e secchi.

Queste affermazioni sono testimoniate dai grafici prodotti dal sottoscritto in base ai dati monitorati dalla 4M. In particolare si possono notare velocità di evoluzione di ogni fessura sia negative sia positive con media prossima allo zero e traiettorie delle linee indicatrici dell'ampiezza delle fessure di forma spiroidale.

L'ultimo anno di monitoraggio ha evidenziato, comunque, una complessiva evoluzione del quadro fessurativo, risultando le fessure monitorate ad esempio in dicembre 2008 più aperte rispetto alle stesse monitorate in dicembre 2007.

Questo dato, può comunque, essere spiegato tenendo conto dell'***eccezionale piovosità del periodo autunnale 2008 e invernale 2009*** come rappresentato nei grafici con i dati pluviometrici.

In particolare si evince che nel trimestre ottobre 2007 – dicembre 2007 sono caduti circa 115 mm di pioggia. Un anno dopo, nel trimestre ottobre 2008 – dicembre 2008 sono caduti circa 585 mm ovvero circa cinque volte quelli dello stesso periodo dell'anno precedente.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3
Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

Si fa presente che nel citato trimestre di fine 2008 sono caduti ben 210 mm in più rispetto a tutto l'anno precedente.

Si può pertanto, ipotizzare che, salvo rotture inelastiche verificatesi per la lesione n.6, non più recuperabili, si osserveranno movimenti di chiusura importanti non appena il terreno avrà smaltito l'eccezionale quantità d'acqua caduta nel periodo invernale considerato. Questa tendenza è stata osservata già nell'ultimo monitoraggio effettuato in data 12 maggio 2009.

2. LESIONI MONITORATE

Sono state monitorate 7 lesioni giudicate significative per la comprensione del dissesto statico in atto. La numerazione delle lesioni è progressiva e assegna il n. 1 alla lesione più esterna lato fiume; quella più distante dall'ingresso dell'intercapedine è la lesione 7 costituente, in oggi il più evidente segnale del dissesto statico avvenuto.

Si rileva che per la lesione n.1 a partire dal 24/01/2008, non è stato più possibile effettuare il monitoraggio, causa perdita delle basi deformometriche.

2.1. Lesione 1

La prima lesione è quella individuabile all'esterno dell'intercapedine. E' stata posizionata una base di lettura poiché erano evidenti recenti fenomeni di allargamento della lesione con andamento principalmente verticale. Il monitoraggio di questa lesione, può essere utile alla comprensione del dissesto in atto poiché viene monitorato, infatti il mutuo movimento fra il muro oggetto di studio e un altro corpo di muro esterno e non collaborante, e pertanto libero di muoversi. I dati del monitoraggio raccolti fino ad aprile 2008 indicano una netta tendenza di un mutuo allontanamento fra muro d'intercapedine dell'edificio e muro esterno alla stessa. La presenza di un consistente movimento orizzontale può implicare, alternativamente all'ipotesi di moto complessivo del concio esterno verso il rio, un incipiente cedimento fondazionale in fase iniziale in cui appunto il moto rotatorio (moto secondario) indica l'inizio del cedimento verticale del muro di intercapedine. La velocità massima del movimento relativo fra i due muri, misurata nell'ultimo monitoraggio effettuato il 23/11/2007, è significativa e pari a circa 3mm/anno. La linea congiungente le ampiezze monitorate mostra, comunque, inversioni di tendenza riconducibili ai fenomeni ciclici di cui si è detto al capitolo 1.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

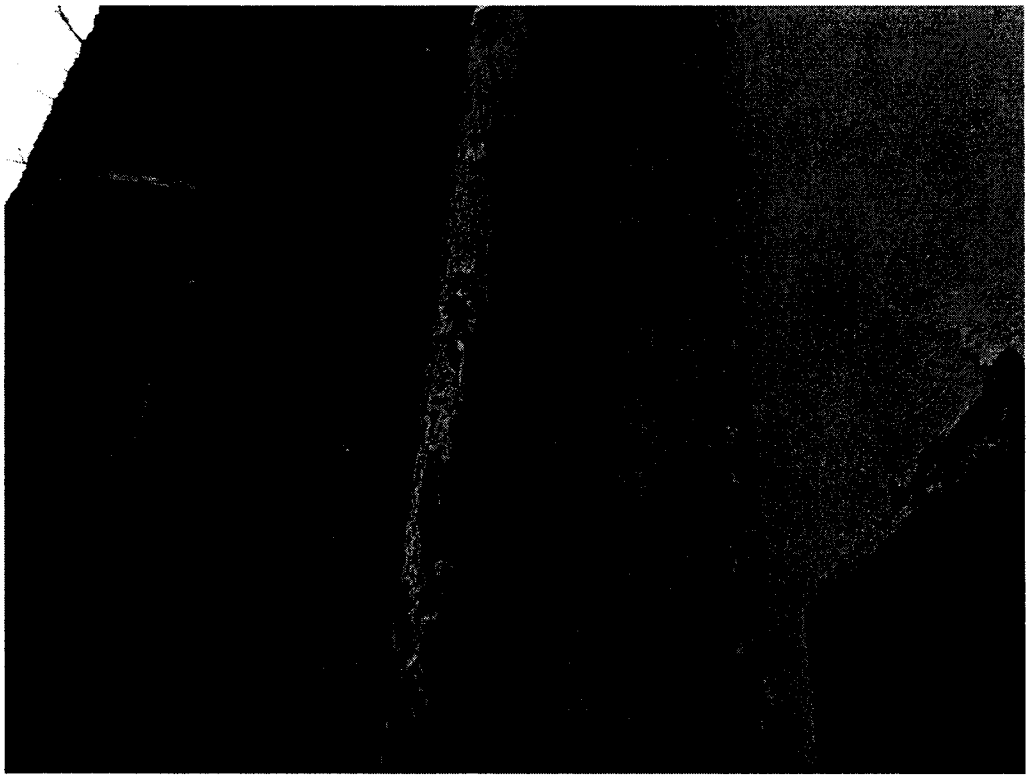


Foto 1 – Lesione n. 1 all'esterno dell'edificio cementata e non più disponibile al monitoraggio.

2.2. Lesione 2

Per quanto riguarda la lesione 2, ubicata all'interno dell'intercapedine nella parte alta del muro in corrispondenza dell'entrata dal lato del fiume, si ribadisce quanto detto nella relazione del 27 Aprile 2007. Dai risultati del monitoraggio si evidenzia che ***non vi è alcun significativo moto relativo fra i conci di muro monitorati.*** Tale risultato è graficamente rappresentato da una curva chiusa degli spostamenti medi (curva rosa – strumento 2 lesione 2) del *grafico 1* e da valori disposti al di sopra e al di sotto dell'asse delle ascisse della curva delle velocità *grafico 2,* tutti di valore prossimo allo zero. In sostanza, pertanto la fessura osservata è stabile, ***avendo ridottissimi movimenti di tipo ciclico.***

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

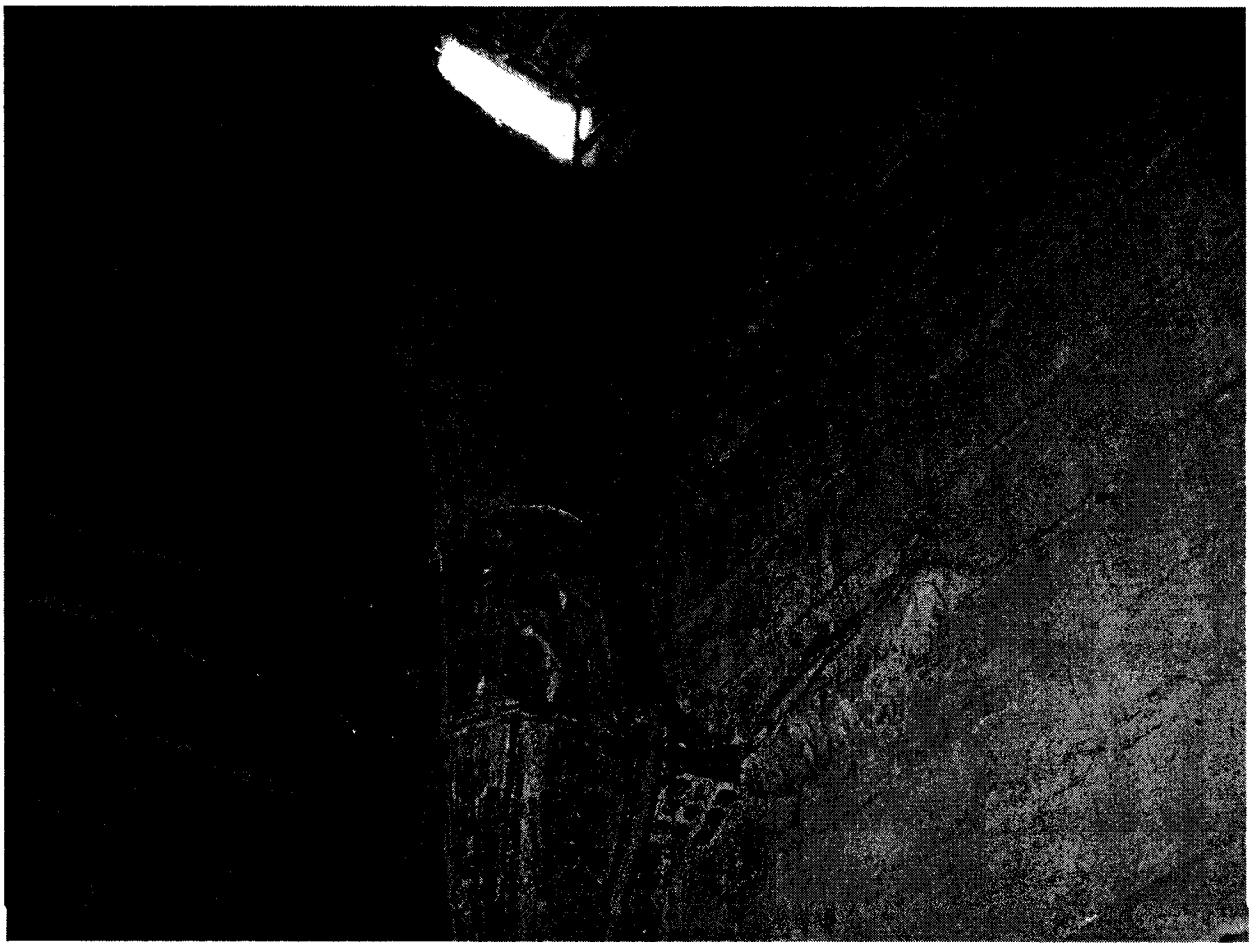


Foto 2 – Lesione n. 2 , all'interno dell'edificio, all'entrata dell'intercapedine, lato rio - ubicazione delle mire per misurare lo spostamento relativo nel piano.

2.3. Lesione 3

L'interpretazione del dissesto in corrispondenza della lesione n.3 conferma quanto ipotizzato in data aprile 2007. La lesione 3 è ubicata a poca distanza dalla lesione 2 e si estende con continuità dalla base del muro fino alla sua sommità, aumentando di ampiezza con la quota. La formazione di questa fessura non sembra essere legata ad una discontinuità del muro presente sin dalla sua realizzazione (giunto). Da queste osservazioni si era ipotizzato che stesse avvenendo ***un moto di rotazione oltre che di traslazione***. Si era infatti affermato che la fessura testimoniava un "dissesto potenzialmente in atto dovuto a cedimenti differenziali fondazionali fra i due conci di muro manifestantisi in movimenti di rotazione secondari rispetto a quelli principali di traslazione verticale.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

Gli ultimi risultati del monitoraggio indicano, infatti, una ***trasformazione del moto orizzontale in moto verticale*** confermando, almeno per questa fessura, una correlazione fra sviluppo delle lesioni e natura del dissesto.

La variazioni d'ampiezza più significative di questa fessura sono avvenute in corrispondenza dei periodi più piovosi. Si osserva che il ***movimento traslazionale verticale fra i due conci di muro è risultato in espansione anche nell'ultima lettura di maggio 2009***, in cui, invece, altre fessure hanno iniziato a richiudersi per il calo del contenuto di umidità nel terreno. Per questa fessura pare, pertanto, che non si sia ancora pervenuti a un equilibrio tensionale nel paramento del muro, dovendo lo stesso adeguarsi ai movimenti relativi del terreno in fondazione.

I movimenti netti sia in direzione x sia in direzione y, nel periodo monitorato sono, comunque, ridotti e pari a circa 0,4 mm, equivalenti ad una velocità di 0,13 mm/anno. Le velocità massime osservate sono invece prossimi a 6 mm/anno evidenziando pertanto, la facilità di movimento relativo fra i due conci e l'inversione di segno fra gli spostamenti misurati.



Foto 3 – Lesione n. 3 , ubicata vicino alla lesione n. 2, si estende con continuità dalla base del muro fino alla sua sommità.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

2.4. Lesione 4

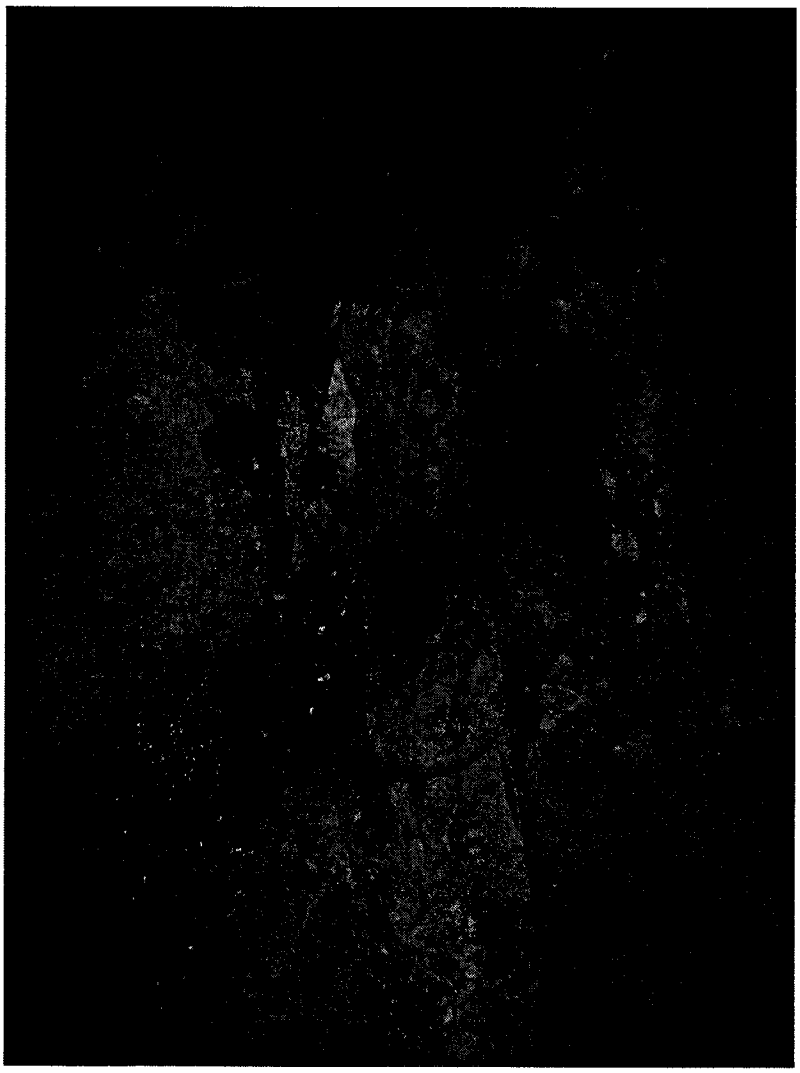


Foto 4 – Lesione n. 4 - mire per la misurazione (strumento n. 4) dello spostamento relativo nel piano.

La lesione 4 è una grossa fessura in corrispondenza di un giunto strutturale. L'andamento dei movimenti fra i due conci di muro ***è, sostanzialmente, analogo a quello della lesione 3***. Si osservano infatti, dopo gli iniziali movimenti di segno diverso in direzione longitudinale al muro, ***significativi movimenti relativi verticali***. A differenza della lesione n.3 si osserva che nelle

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

ultime due letture i movimenti si sono invertiti in ragione del minore contenuto di umidità del terreno. Anche per le velocità nette di apertura i risultati sono analoghi a quella della fessura n. 3.

2.5. Lesione 5

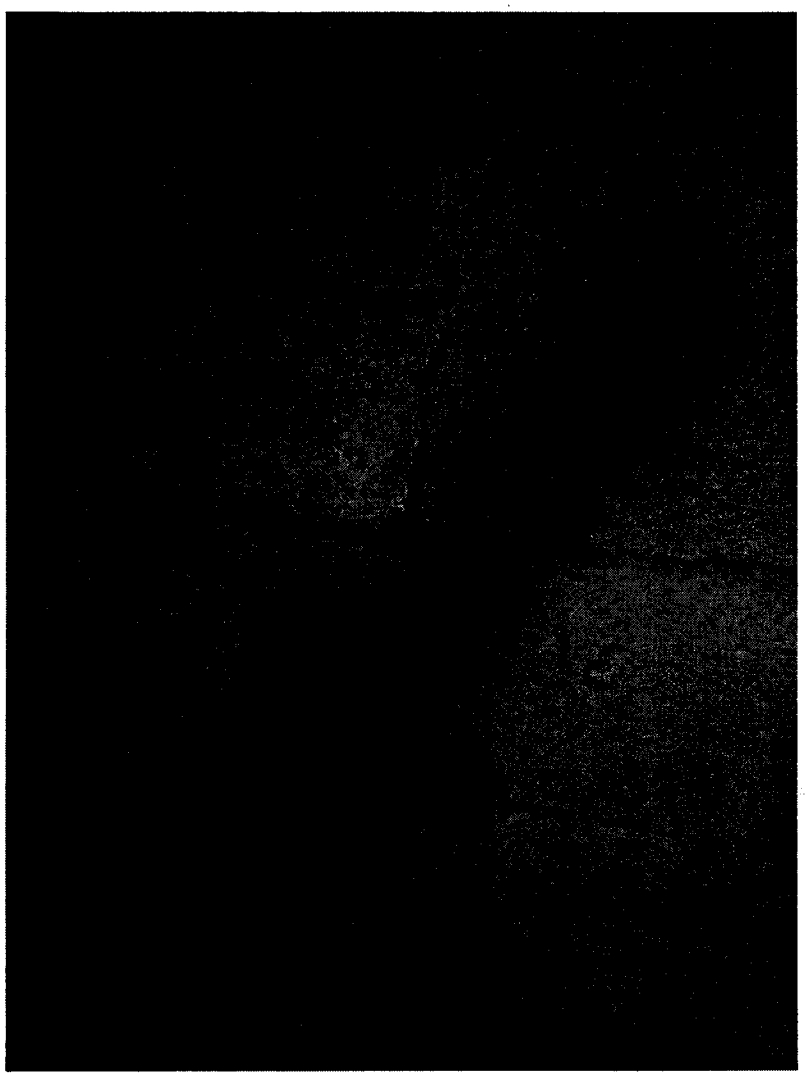


Foto 5 – Lesione n. 5 mire per la misurazione (strumento n. 5) dello spostamento relativo nel piano.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

La lesione 5 è una fessura verticale nel muro di intercapedine. Dai dati rilevati si osservano movimenti ciclici sia nella direzione y sia nella direzione x. Complessivamente si è avuto un allargamento della fessura in direzione x pari a 0,5 mm equivalente ad una velocità media di 0,167 mm/anno. In direzione y i movimenti netti rilevati, sono trascurabili.
Si nota che le ultime due ampiezze monitorate sono inferiori ai valori già riscontrati in letture precedenti (punti interni alla linea congiungente le ampiezze misurate). ***La tendenza evolutiva della fessura monitorata non è, pertanto, evidente, indicando assenza di fenomeni di dissesto temibili in atto.***

2.6. Lesione 6

La stazione di monitoraggio n. 6 analizza lo spostamento di due conci di muro sovrapposti che paiono slegati tra loro e liberi di muoversi in senso trasversale ai muri stessi. La frattura fra i due conci di muro, è pertanto orizzontale e longitudinale al muro, anziché essere, come negli altri casi, verticale. In particolare, il concio di muro superiore è aggettante dal paramento rispetto al concio di muro inferiore. Le osservazioni indicavano, una sostanziale assenza di spostamento fra i due conci. Gli ultimi dati del monitoraggio hanno evidenziato invece un ***brusco movimento di ampiezza pari a 1 mm, longitudinalmente allo sviluppo del muro rilevato in data 23 gennaio 2009 in cui si è riscontrata la traslazione del concio di muro superiore rispetto a quello inferiore.***
Tale deformazione, brusca e non preavvisata da altri cedimenti, ha carattere evidentemente irreversibile, ovvero non verrà più recuperata neanche nei periodi più secchi. Si osserva infatti, che a partire dalle successive misurazioni, non sono più stati rilevati movimenti significativi fra i due conci di muro. I dati evidenziano che il paramento murario è addivenuto ad una nuova situazione di equilibrio statico.
Lo scorrimento reciproco potrebbe essere avvenuto in ragione dell'allargamento della fessura n.7, che ha indotto i conci di muro ai lati della stessa a muoversi. Il movimento relativo fra il concio superiore e quello inferiore della lesione n.6 potrebbe essere avvenuto a causa dell'impossibilità di quello superiore di muoversi essendo solidarizzato all'edificio.
Non si può escludere a priori, comunque, che il movimento rilevato, sia causato dall'urto dell'operatore contro le basi deformometriche.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

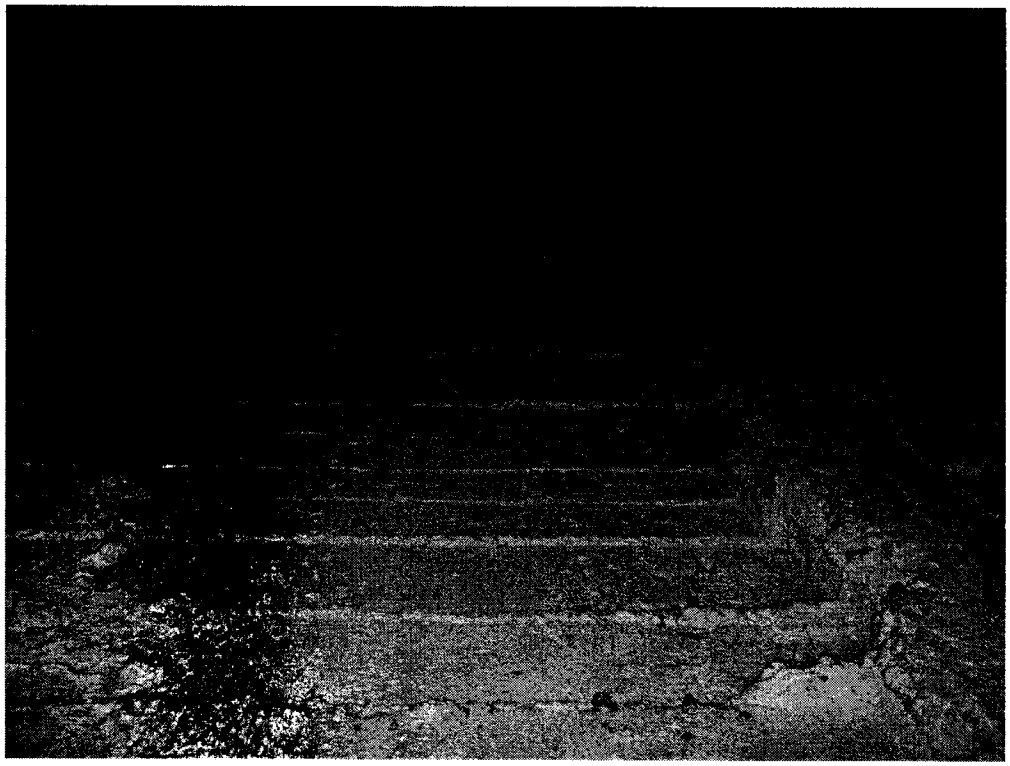


Foto 6 – Lesione n. 6 – mire per la misurazione (strumento n. 6) dello spostamento relativo fuori dal piano del muro

2.7. Lesione 7

La lesione 7 è quella senza dubbio più significativa per ampiezza ed estensione. La notevole ampiezza della fessura permette di avere una lettura del quadro deformativo di certa interpretazione e immediata comprensione. Essa riguarda un evidentissimo dissesto da traslazione trasversale. In particolare, osservando le *foto 5 e foto 7* si nota che il concio di muro di sinistra è in moto diretto verso l'edificio. La fessura è infatti inclinata verso la sede in posto a causa della torsione, e la frattura volge tangenzialmente al paramento per effetto del taglio e della flessione. Il problema consiste pertanto in una traslazione del concio murario di sinistra per una mancanza di resistenza allo scivolamento offerta dal terreno di fondazione.

Questa fessura è stata monitorata con tre strumenti diversi in maniera tale da poter rilevare i movimenti fuori dal piano, particolarmente temibili e già avvenuti, e quelli nel piano.

Per misurare lo spostamento fuori dal piano a diverse quote del muro, sono state poste due coppie di squadrette sui conci di muro a sinistra e a destra della fessura.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

I dati sinora raccolti, rilevano, per la parte superiore, assenze di movimenti significativi di traslazione trasversale come evidenziato dal deformometro 9 che ha dato valori delle letture sempre uguali a zero in tutti e tre gli anni di monitoraggio.

Infine per quanto riguarda l'allargamento della lesione nella parte sommitale della fessura dovuto a fenomeni di traslazione longitudinale dei due conci di muro, è stato installato il deformometro 7. Dall'analisi dei dati si evince che è avvenuta, complessivamente una dilatazione della fessura pari a 1,2 mm equivalente ad una velocità netta di 0,4 mm/anno. Si osserva, comunque, che nelle ultime quattro misure vi è stato un sostanziale arresto dell'allargamento della fessura. Gli spostamenti verticali sono trascurabili.

Per la parte inferiore della fessura (deformometro 8bis), si sono rilevati due spostamenti apprezzabili, ciascuno di mezzo millimetro, avvenuti nei periodi maggiormente piovosi. Il primo spostamento avvenuto in data 26 marzo 2008 è stato recuperato in data 30 luglio 2008. Il secondo spostamento, avvenuto in data 23 dicembre 2008 non è stato ancora recuperato.

Dai risultati dei primi 8 mesi di monitoraggio si può, dunque concludere, che nonostante la lesione nella muratura abbia dimensioni rilevanti, indicanti quindi un dissesto grave già avvenuto, nel periodo monitorato, considerando anche l'eccezionale piovosità del periodo considerato, non vi è stata un'evoluzione significativa del dissesto statico appena descritto.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

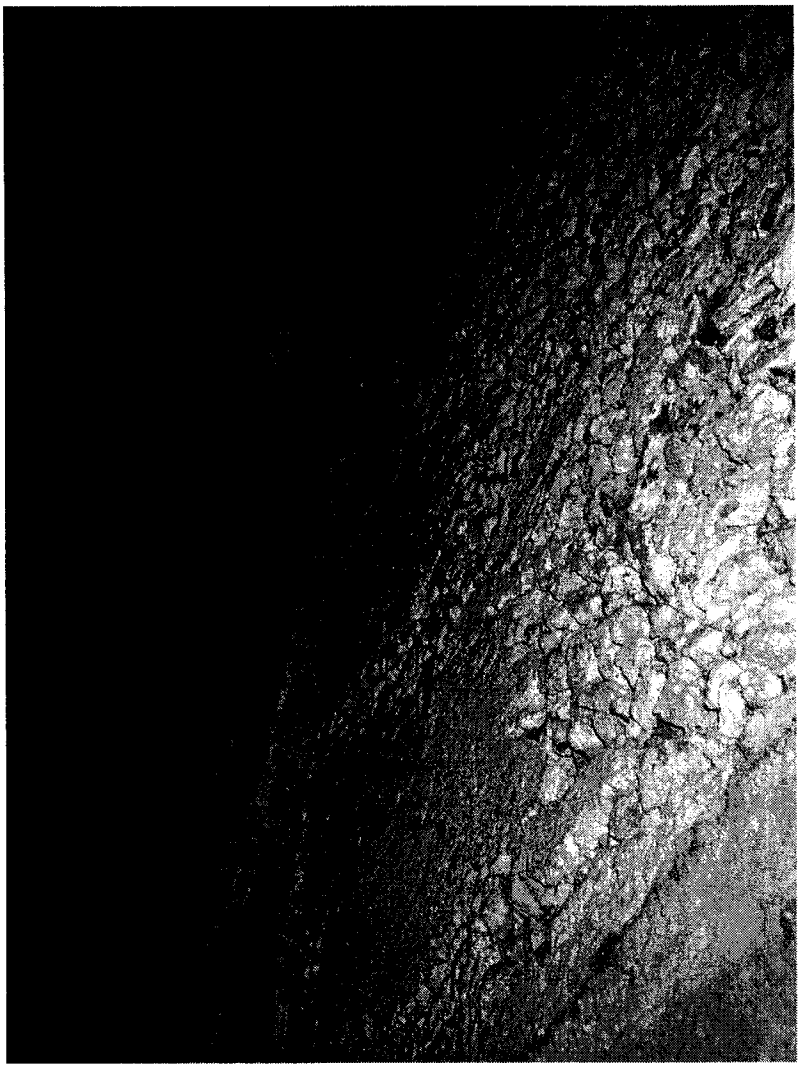


Foto 5 – Lesione n. 7 strumento n. 9 (squadrette) e n. 7 (mire) per misurare rispettivamente lo spostamento fuori dal piano e nel piano del muro.

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

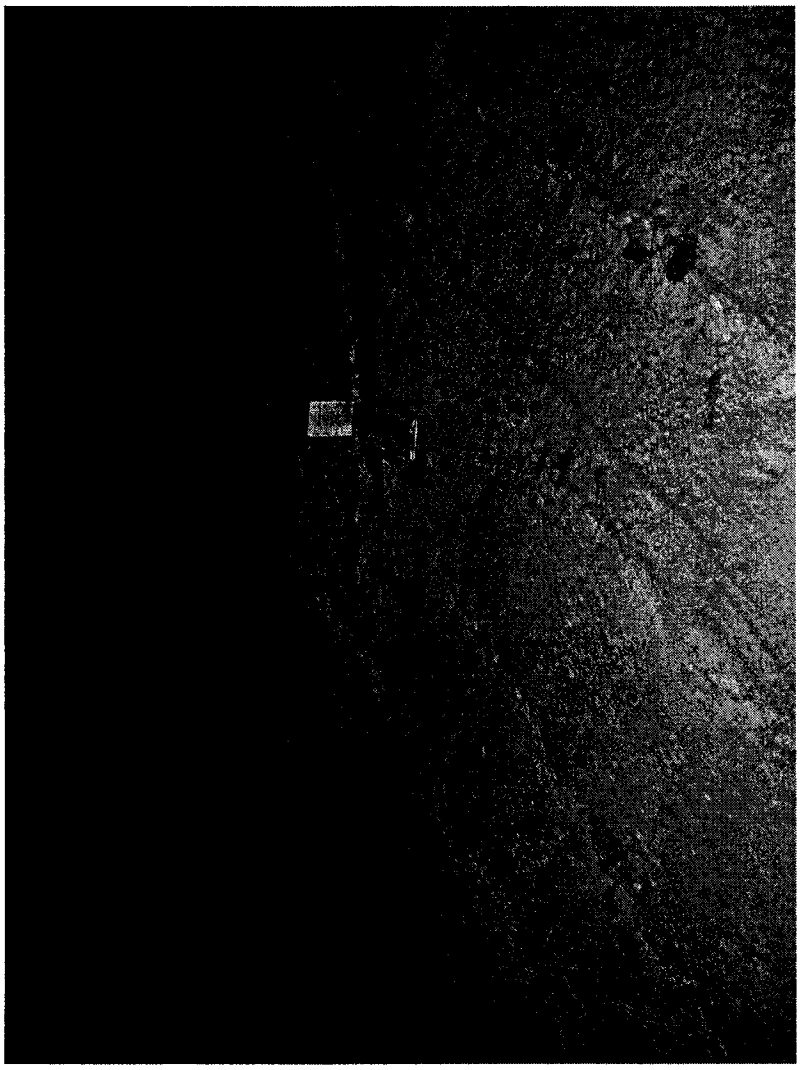


Foto 5 – Lesione n. 7 - strumento n. 8 per misurare lo spostamento relativo fuori dal piano.

3. RISULTATI COMPLESSIVI DEL MONITORAGGIO

Alla luce dei dati a disposizione dai primi 34 mesi di monitoraggio si può affermare che non sono state osservate chiare tendenze evolutive dei dissesti statici in atto. Si notano, per tutte le fessure, spostamenti relativi fra le mire installate di ampiezza massima sempre di gran lunga inferiori a 1,5 mm equivalenti, quindi, a velocità medie nette inferiori ai 0,5 mm/anno. Si rileva, inoltre che, una valutazione corretta dell'evoluzione del quadro fessurativo, andrebbe effettuata dopo la lettura di luglio in cui si osserveranno, probabilmente, valori di ampiezza delle lesioni inferiori a quelli misurati nell'ultima lettura di maggio 2009 in ragione della minore umidità del

Dott. Ing. RANIERI COSTA
Albo Ingegneri Prov. Genova N. 8004
16122 GENOVA - Via Palestro 25/3

Tel. (010) 83.14.728
Cell. (328) 5624957
Fax (010)4042244
nerocosta@libero.it

terreno durante i periodi estivi. Lo zero delle misurazioni è stato posto a luglio 2006, nel periodo più secco e pertanto con le fessure meno aperte. Come evidenziato dai grafici pluviometrici allegati si può inoltre osservare che la quantità d'acqua caduta nell'ultimo anno è di gran lunga maggiore a quella caduta antecedente l'inizio del monitoraggio determinando, perciò, nuovamente condizioni di raffronto particolarmente penalizzanti.

In conclusione, pertanto, dopo i primi 34 mesi di monitoraggio si può affermare, che l'evoluzione del quadro fessurativo, mantiene, sostanzialmente i caratteri di ciclicità evidenziati nelle precedenti relazioni a firma dello scrivente, essendo le variazioni nette delle ampiezze delle fessure assai contenute. Al momento, pertanto, non si ravvisano situazioni di pericolo ostative al normale svolgimento delle attività commericiali della I.P.F. in via Geirato, 81.

Si ritiene, infine, necessario proseguire il monitoraggio del muro in esame, riducendo, comunque, la cadenza delle misurazioni da bimestrale a trimestrale.

Genova, 03 giugno 2009

Ing. Ranieri Costa

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA
Dott. Ing. RANIERI COSTA N. 8004