

COMMITTENZA

COMUNE DI BORGO A MOZZANO

OGGETTO

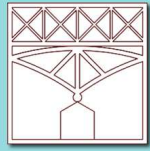
**ANALISI DEI FENOMINI DI ECCITAZIONE A CARATTERE DINAMICO DELLA
SCUOLA ELEMENTARE DI DIECIMO**

UBICAZIONE

VIA DELLA STAZIONE - DIECIMO

RELAZIONE DI SINTESI RELATIVA AI CONTROLLI

EFFETTUATI A TUTTO IL 15/04/2012



Premessa

La presente relazione illustra in via preliminare gli studi e le analisi a oggi condotte sull'edificio adibito a scuola elementare/materna di Diecimo (Comune di Borgo a Mozzano) e sono state effettuate a seguito di una serie di movimenti a carattere dinamico percepiti dagli utenti del suddetto edificio nel giorno 03/04/2012.

In particolare dalle testimonianze raccolte si evince che si sono riscontrati tre movimenti del fabbricato distinti nel tempo (intervallati di alcune ore) percepiti chiaramente dagli alunni e dal personale docente che era presente al piano primo dell'edificio con ossatura in cemento armato. Sempre dalle testimonianze raccolte il movimento del fabbricato è stato in principal modo di natura orizzontale.

1. Inquadramento delle strutture

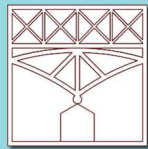
L'immobile in oggetto è composto da due corpi di fabbrica connessi tra loro da una serie di elementi a carattere edile/strutturale senza la presenza di giunti sismici opportunamente conformati che non permettano di scindere in via compiuta il comportamento dei due corpi di fabbrica.

Il primo corpo di fabbrica risale agli anni '50 i cui elementi strutturali sono così riassumibili:

- Fondazioni di tipo diretto a nastro;
- Strutture sismo-resistenti costituite da elementi in muratura (pietrame di fiume arrotondato e mattoni in laterizio del tipo pieno);
- Solai sono costituiti da:
 - piano I: tavelloni + IPN 120 (normal profili in acciaio)
 - copertura: travetti in latero-cemento

Il secondo corpo di fabbrica risale agli anni '80 la cui struttura in elevazione è costituita da elementi in cemento armato con funzionamento a "trave" e in particolare:

- fondazioni di tipo diretto (plinti per i pilastri centrali e travi rovesce senza cordoli di collegamento per gli elementi perimetrali);

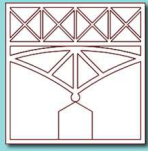


- le strutture sismo-resistenti fuori sono costituite da pilastri in c.a. le cui armature non sono conformate in modo da garantire una dissipazione di energia significativa in campo elasto-plastico;
- gli orizzontamenti sono costituiti da travi in cemento armato del tipo in spessore di solaio;
- i solai sono in travetti e pignatte e dalla documentazione acquisita non è presente una soletta collaborante armata.

2. Controlli e studi effettuati

Al fine di indagare il fenomeno e valutare la sicurezza dell'edificio sono state condotte le seguenti attività:

- a) controllo se le persone residenti/presenti in zona per attività lavorativa hanno percepito fenomeni analoghi;
- b) controllo delle attività delle cave limitrofe nella settimana in cui si è verificato il fenomeno;
- c) controllo della presenza di attività d'infissione di pali/diaframmi nella zona di Diecimo (entro un raggio di circa 3 km dalla scuola);
- d) controllo degli eventi sismici registrati dalla rete nazionale e locale nella settimana in cui si è verificato il fenomeno e sua correlazione con il sito in questione;
- e) analisi della documentazione tecnica relativa all'edificio;
- f) controllo a vista delle strutture e dei punti critici delle stesse;
- g) comparazione dello stato attuale delle strutture con un controllo eseguiti in precedenza;
- h) saggi per la verifica del pacchetto di pavimentazione;
- i) indagine del terreno a livello superficiale con il georadar;
- j) controllo dei sotto servizi;
- k) analisi delle prove sui terreni a suo tempo eseguite in occasione del programma di prevenzione sismica denominato VEL (Valutazione degli Effetti Locali) predisposto dalla Regione Toscana e finalizzato all'avvio di interventi di riduzione del rischio sismico;
- l) misure vibro-metriche.

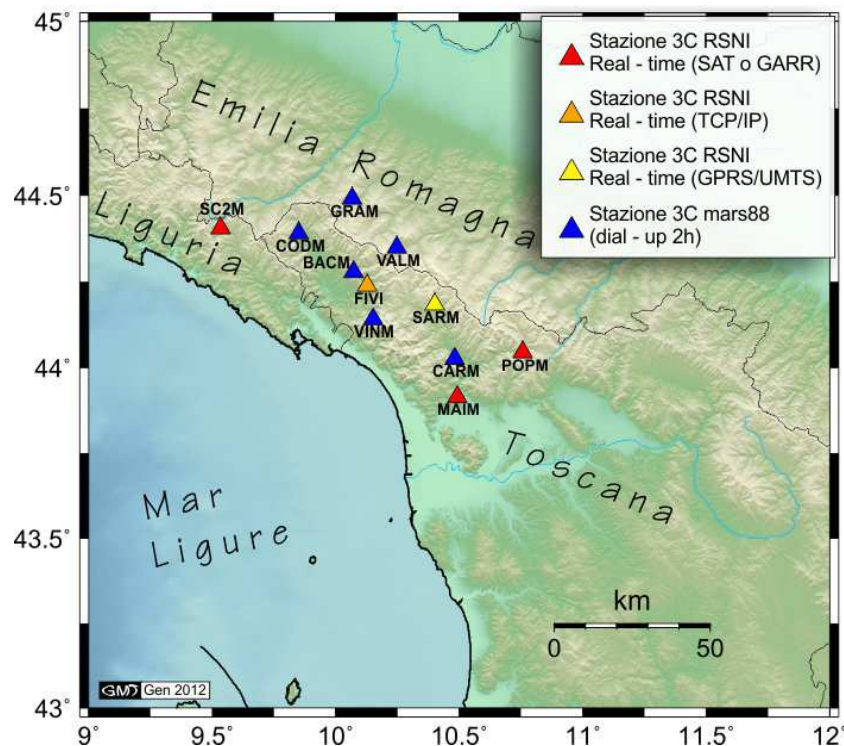


E' stato poi predisposto il monitoraggio visivo dell'edificio con cadenza settimanale da un punto di vista strutturale e il proseguimento delle attività di controllo delle vibrazioni essendo stata installata un'apparecchiatura di registrazione tarata su una soglia di velocità molto contenuta.

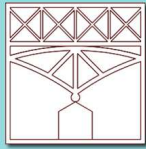
3. Primi risultati riguardanti le attività svolte

Per quanto riguarda i controlli relativi ai punti "a" + "b" + "c" + "d" l'esito è negativo ovvero:

- negli edifici limitrofi le persone non hanno percepito fenomeni analoghi;
- non ci sono state volate di mine in zona;
- non risultano presenti attività lavorative in zona per la infissione di pali/diaframmi con macchine battipalo o similari;
- non si sono verificate scosse sismiche correlabili con gli eventi percepiti dalle persone.



Stazioni di rilevamento della rete sismica locale



Eventi sismici del 03/04/2012 – entro 150 km dal Comune di Borgo a Mozzano

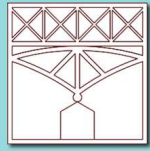
FONTI: ISIDE

“Italian Seismic Instrumental and parametric DatabasE”.



Data:	03/04/2012	ora UTC: 13:01:22	ora ITA: 15:01:22
coordinate:		Lat.43.638	Long. 12.282
Profondità:	8.4 km	Magnitudo: 1.3	
Località:	Sant'Angelo in Vado		

Data:	03/04/2012	ora UTC: 07:48:39	ora ITA: 09:48:39
coordinate:		Lat.43.638	Long. 12.282
Profondità:	10 km	Magnitudo: 1.8	
Località:	Forlì		



Per quanto riguarda i controlli relativi ai punti "f" + "g" l'esito è negativo ovvero:

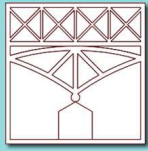
- lo stato fessurativo negli elementi edili connessi alla struttura non è variato rispetto a quanto rilevato in precedenza;
- non ci sono state nuove espulsioni di materiale (anche fine) dalle fessure presenti nelle tamponature;
- non sono comparse micro-fessure nelle zone critiche delle strutture;
- non sono comparsi rotture/distacchi negli elementi edili a comportamento fragile (mattonelle/rivestimenti);
- non si sono verificati fenomeni di fuori squadra agli infissi delle aule e della mensa.

Da queste evidenze si può affermare che la struttura esistente non risulta aver risentito degli eventi registrati, in particolare il movimento della stessa risulta essersi svolto in campo elastico. Trattandosi quindi di un edificio con ossatura in cemento armato e non essendosi verificati fenomeni di fessurazione significativi si può affermare che:

- la struttura è stata sollecitata in maniera molto modesta;
- non vi è stato quindi un possibile accumulo di degrado rispetto alla situazione pre-evento;
- da un punto di vista resistenziale (per le strutture) nulla è variato in maniera significativa rispetto alla situazione pre-evento in termini di coefficienti di sicurezza.

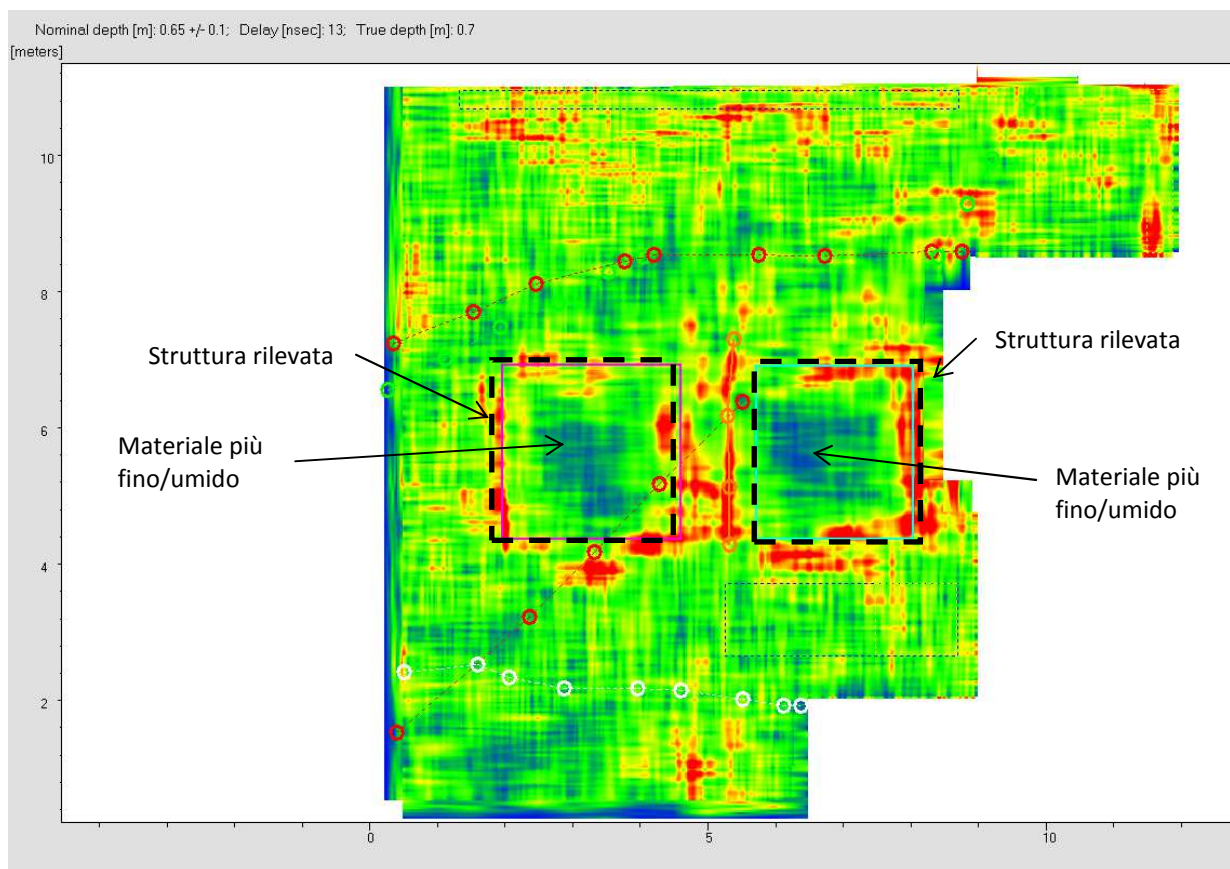
Per quanto riguarda i punti "h" + "i" + "j" le attività svolte indicano:

- che in fase di realizzazione dell'edificio il materiale utilizzato per i riempimenti dei vespai è di qualità media;
- che i sotto servizi presenti non hanno ad oggi provocato variazioni alla rigidità dei terreni sottostanti le fondazioni;
- che in fase di realizzazione, per i soli plinti (in corrispondenza di nr. 2 pilastri centrali), si è provveduto a riportare in quota gli scavi mediante un riempimento con materiale di



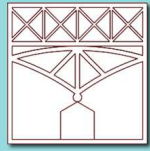
qualità non elevata e che tende risulta avere permeabilità inferiore a quella del deposito ove poggia l'edificio.

Da un punto di vista della sicurezza strutturale, visto anche il tempo di consolidazione trascorso, il terreno sotto i sopracitati plinti risulta comunque idoneo e non inficia la capacità portante della struttura. Si suggerisce comunque di risanare un domani la situazione, realizzando un drenaggio perimetrale, onde evitare la risalita di umidità dal sottosuolo.



Le analisi svolte con il georadar sono state eseguite sotto la supervisione del Dott. Geol. Antonio Liberato.

Il punto "k" riguarda un'analisi critica riguardante il terreno ove sorge la scuola ove furono realizzate delle prove nell'ambito del progetto in occasione del programma di prevenzione



sismica denominato VEL (Valutazione degli Effetti Locali). Le prove a suo tempo eseguite sono una prova Down-Hole nel sondaggio denominato S5 e un'indagine sismica a rifrazione (2 incroci)¹, tali prove sono pubblicate sul sito della regione Toscana (Programma VEL).

Entrambe le prove e i risultati del sondaggio indicano che siamo in presenti della seguente stratigrafia:

- primo strato terreno di riporto di buone caratteristiche meccaniche;
- banco di ghiaia (alluvionale) fino alla quota di circa 52 m s.l.m.;
- bedrock² oltre tale quota.

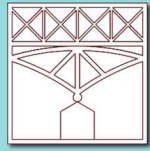
Lo strato di terreno di riporto non è presente sotto le fondazioni dell'edificio (visti i risultati ottenuti con il georadar che analizzano la situazione per i primi metri). Da un punto di vista sismico la differenza di velocità di propagazione delle onde (da 3500 m/s a 1150 m/s) porta a una maggiorazione dell'accelerazione attesa al suolo rispetto al livello standard di riferimento. Tale maggiorazione è comunque inquadrabile entro i range spettrali previsti dalla normativa Italiana e dalle raccomandazioni tecniche europee³.

¹ La prova down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione, P, e di taglio, S, con la profondità. Essa consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette, P ed S, alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto.

Per le indagini sismiche a rifrazione sfruttano i medesimi principi fisici abbinati alle leggi di rifrazione delle onde. In questo caso si genera in superficie una piccola onda sismica di compressione o di taglio nel terreno [colpo di mazza o di maglio, microcariche etc.) e si misura il tempo impiegato dalle onde per compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione.

² Roccia compatta, rigida, non alterata, in affioramento o alla base di rocce / terreni rigidi o di sedimenti sciolti. Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia / terreno diagenizzato / consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

³ Si precisa che la maggiorazione della accelerazione sismica di progetto è un fattore comune a circa il 65% degli edifici presenti nel territorio Italiano.



Le misure di controllo eseguite con il georadar (per i primi metri) e con alcune apparecchiature di misura delle vibrazioni confermano che non vi sono state variazioni significative nella stratigrafia del sito.

Il punto "I" riguarda il monitoraggio vibrazionale⁴ ad oggi in corso sotto la supervisione del Dott. Geol. Pietro Barsanti. Si precisa che le letture a oggi fatte (fino alle ore 13:30 del 16/04/2012) hanno dato esito negativo nonostante la soglia di taratura dello strumento sia stata impostata molto bassa e in via cautelativa per un parametro pari a 1.0 mm/s⁵.

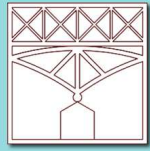
Nonostante la soglia di taratura impostata sia molto restrittiva le letture a oggi compiute hanno avuto esito negativo e di conseguenza la sorgente che ha prodotto una vibrazione dell'edificio risulta ad oggi esaurita o almeno in stato di quiete.

Tale apparecchiatura rimarrà comunque in funzione al fine di ottenere dei dati oggettivi in termini di spostamenti, velocità ed accelerazioni qualora si ripetessero fenomeni analoghi a quelli percepiti il giorno 03/04/2012.

⁴ In particolare è stata installata una strumentazione elettronica denominata "Vibraloc" prodotto dalla ditta Aben, apparecchio che registra la velocità nel punto di applicazione dell'apparecchio secondo tre direzioni tra loro perpendicolari e restituiscono, mediante post elaborazione software, velocità e frequenza di vibrazione.

⁵ Tale soglia è inferiore a quella indicata dalle raccomandazioni Italiane e a carattere internazionale che indicano per la categoria di edifici di grande valore intrinseco e nel contempo sensibili alle vibrazioni il limite di 8.0 mm/s (misura al solaio dell'ultimo piano).

Per gli edifici ordinari viene indicato il parametro di circa 15 mm/s (per evitare disturbi alle persone in posizione orizzontale) e per i restanti il parametro di circa 40 mm/s (presenza delle persone durante la sola giornata lavorativa).



4. Caratterizzazione dinamica

Per quanto riguarda l'aspetto dinamico dell'edificio si segnala che lo stesso ed il terreno che interagisce con il fabbricato hanno le seguenti caratteristiche (misure in situ):

- frequenza del terreno 4÷5 Hz
- frequenze dell'edificio (2Hz / ~ 5÷6÷9Hz / 25 Hz)

in particolare la frequenza del terreno è dovuta al contrasto delle impedenze sismiche tra il bedrock ed il banco di ghiaia e per quanto riguarda l'edificio le frequenze principali sono quelle a 6.5 e 25 Hz. Vi è quindi una banda intorno alle 4.5÷5.5 Hz di forte interazione tra terreno e edificio. Parallelamente si segnala che la soglia di percezione delle persone anche per piccole oscillazioni varia tra 0.5Hz e 5 Hz).

Di conseguenza eventi dinamici di tipo impulsivo a cui può essere stato soggetto il fabbricato o il sottosuolo risultano facilmente percepibili dalle persone che utilizzano il plesso scolastico.

5. Conclusioni

Da un punto di vista statico l'edificio non ha subito fenomeni di degrado della resistenza delle strutture rispetto alla situazione precedente agli eventi del 03/04/2012. Ad oggi le apparecchiature vibro-metriche non hanno registrato fenomeni analoghi comunque, in via prudenziale, si richiede di mantenere in funzione l'apparecchiatura di misura in modo che sia possibile registrare eventi anche non sensibili alla percezione umana o che si verifichino fuori dal normale orario di utilizzo dello stesso. Tutto ciò premesso si esprime parere positivo alla riapertura del plesso scolastico al normale utilizzo.

Borgo a Mozzano

16/04/2012

Ing. Fabrizio RISTORI