

vita di cava



casa editrice *la fiaccola* srl
Via Conca del Naviglio, 37
20123 Milano
tel.02/89421350
fax02/89421484
www.fiaccola.com

**Roberto Folchi, Marilena
Cardu, Emilio Valcozzena**

Volate con



Coltivazione a regola d'arte nella cava di Sossano, presso Vicenza, per quanto riguarda il contenimento dell'impatto sismico. La progettazione del brillamento delle volate entro valori di sicurezza e di tollerabilità per i manufatti edili e per il corpo umano, grazie al monitoraggio sismico continuativo

La Villaga Calce coltiva un giacimento di roccia carbonatica nel settore meridionale dei Colli Berici, nel Comune di Sossano, in provincia di Vicenza.

La coltivazione progredisce su gradoni mediante abbattimento con esplosivi in fori da mina verticali. In conformità alla normativa DIN 4150-3 (Le vibrazioni nelle costruzioni; parte 3: effetti sui manufatti, 1999) alle UNI 9916 (Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, 2004) e alle UNI 9614 (Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo, 1990), le volate sono state progettate, eseguite e controllate in modo che le vibrazioni prodotte presso le abitazioni più vicine siano contenute entro la soglia di non insorgenza dei danni ai fabbricati e di disturbo per i residenti. Per conservare evidenza documentale del rispetto delle condizioni di sicurezza e di tollerabilità attinte, è stata installata una rete di monitoraggio sismico continuativo. La rete consiste in 3 punti fissi e uno variabile. Gli eventi registrati sono analizzati e i valori confrontati con quelli limite previsti dalla normativa. Le misure, le analisi e i rapporti men-

monitoraggio

Esplosivo e fabbricati

La Villaga Calce ha adottato un programma di monitoraggio strumentale continuativo delle onde sismiche indotte dalle volate, con lo scopo di tenere sotto controllo costantemente l'attività di cava nell'interesse delle abitazioni e della popolazione insediata nelle vicinanze del sito di estrazione mineraria. Le misure sono eseguite in postazione nei fabbricati più vicini, tenendo conto anche di eventuali richieste degli abitanti nell'intorno. Il geofono, lavorando in continuo registra sul computer anche fenomeni sismici ambientali quali il terremoto.



sili di monitoraggio sono conservati presso la cava e sono a disposizione degli Enti preposti al controllo. Il presente articolo è a firma dell'ingegner Roberto Folchi della Nitrex srl di Sirmione (BS), consulente della Società Villaga Calce per il monitoraggio delle volate, dell'ingegner Marilena Cardu del Dipartimento DITAG del Politecnico di Torino e del Perito Minerario Emilio Valcozzena di Villaga Calce spa.

■ ■ Contesto geologico e geotecnico

Nell'area di cava si susseguono, in successione stratigrafica dall'alto verso il basso, formazioni rocciose carbonatiche (formazione di Priabona e Complesso calcareo) poggianti su una formazione di origine vulcanica. Le formazioni carbonatiche

sono coperte, in discordanza stratigrafica, da coltri detritiche e da depositi di riporto (la potenza della copertura è generalmente inferiore a 1 m, ma può raggiungere i 6 m). Le formazioni coltivate consistono in calcareniti, calcari marnosi e marne stratificate in banchi potenti. Localmente sono presenti cavità carsiche di dimensioni non rilevanti, talvolta riempite di ghiaia e sabbia. Le caratteristiche geo-meccaniche e strutturali delle singole formazioni si mantengono omogenee in un intorno di centinaia di metri.

Il fronte di cava si presenta stabile anche in tagli di elevata potenza. Il rock quality designation indica "qualità ottima" (indice variabile da 90 a 100). La resistenza a compressione della matrice rocciosa supera gli 80 MPa. La velocità di propa-

Valori di riferimento per la non insorgenza di danni nei fabbricati

VALORI DI RIFERIMENTO PER VELOCITÀ DI OSCILLAZIONE V_{MAX} IN MM/S					
RIGA	TIPI DI EDIFICIO	MISURA SULLE FONDAZIONI			MISURA SULL'ULTIMO SOLAIO ORIZZONTALE
		FREQUENZE			TUTTE LE FREQUENZE
		DA 1 A 10 Hz	DA 10 A 50 Hz	DA 50 A 100 Hz *)	
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	20	DA 20 A 40	DA 40 A 50	40
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5	DA 5 A 15	DA 15 A 20	15
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto protezione belle arti)	3	DA 3 A 8	DA 8 A 10	8

(*) PER FREQUENZE SUPERIORI AI 100 Hz POSSONO ESSERE ADOTTATI COME MINIMO I VALORI PER 100 Hz

figura 1 Posizionamento presso l'ingresso di un edificio abitato di una delle centraline Nomis Minigraph 7000 utilizzate da Nitrex per il monitoraggio delle vibrazioni indotte da volata

figura 2 Veduta panoramica della cava e degli edifici sulla linea pedemontana

figura 3 Veduta del fronte cava e degli edifici in prossimità

gazione delle onde sismiche in ammasso (frequenze intorno a 100 Hz) supera i 2.000 m/s. Il peso di volume in ammasso supera le 2,4 t/m³ (la massa volumica della matrice carbonatica essendo pari a 2,7 t/m³). L'angolo d'attrito della roccia in ammasso è pari a circa 45°. L'ammasso è interessato da giunti stratigrafici sub-orizzontali e da giunti tettonici sub-verticali che isolano volumi di roccia prismatica. I giunti sono ben serrati. Localmente sono visibili faglie a 45°, con fasce di piccola potenza di roccia tettonizzata.

Schema di coltivazione tipo

La volata tipo è costituita da 19 mine disposte su un'unica fila. La perforazione dei fori delle varie volate procede secondo uno schema a quinconce

e l'intestazione dei fori della fila successiva a quella che deve essere fatta brillare è tracciata prima di detto brillamento, per mantenere un riferimento certo. La carica al piede è continua, mentre quella di colonna è frazionata mediante borraggio intermedio. La continuità della carica intervallata è assicurata da miccia detonante con grammatura pari a 20 g/m. L'innesco della carica è dunque laterale, essendo effettuato dalla miccia detonante, a sua volta innescata da un detonatore elettrico a bocca foro.

La colonna di esplosivo viene intasata con risulta di perforazione asciutta. Il brillamento delle mine è microritardato, con tempo di ritardo pari a 25 ms: è questo il caso più generale nel quale, come detto, la volata è costituita da 19 mine.

Talora è però necessario ricorrere ad intervalli di tempo maggiori (50 o 75 ms) per ridurre il rischio di cooperazione fra le cariche e, conseguentemente, la sismicità indotta all'intorno: in tali evenienze, il numero di mine della volata si riduce rispettivamente a 9 o a 6, essendo la scala dei detonatori elettrici con successione di colpo 25 millesimi secondo limitata a 18 tempi.

La volata è aperta verso la superficie libera da un lato della fila.

Vibrazioni...

figura 4 Materiale abbattuto per mezzo di volata
figure 5 e 6 Mezzi meccanici (pala caricatrice ed escavatore cingolato) al lavoro sul fronte cava
figura 7 I livelli di tollerabilità delle vibrazioni per il corpo umano



■ ■ Programma di monitoraggio strumentale continuativo delle onde sismiche

Per la verifica del rispetto dei valori di riferimento della velocità di vibrazione imposti si è effettuato un controllo strumentale continuativo delle onde sismiche indotte dalle volate, in conformità alle norme UNI 9916, DIN 4150-3 e allo stato dell'arte. Il controllo è stato effettuato in continuo, così da rilevare anche le vibrazioni ambientali quali terremoti, eventi sismici ambientali.

Le misure sono state eseguite in postazione nei fabbricati più vicini, anche in funzione di esigenze di ordine pratico (quali accessibilità, significatività della misura, eventuali richieste degli abitanti nell'intorno...).

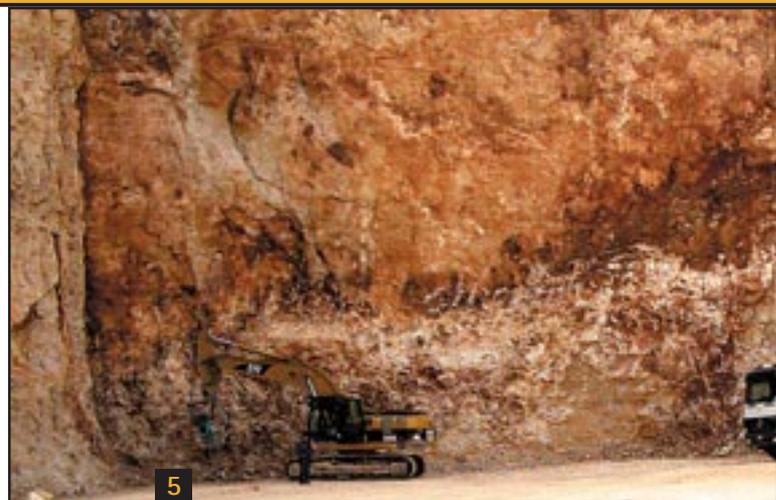
Attraverso interpolazione e/o estrapolazione dei

dati di misura, è stato possibile definire i valori di vibrazione in punti diversi da quelli di misura.

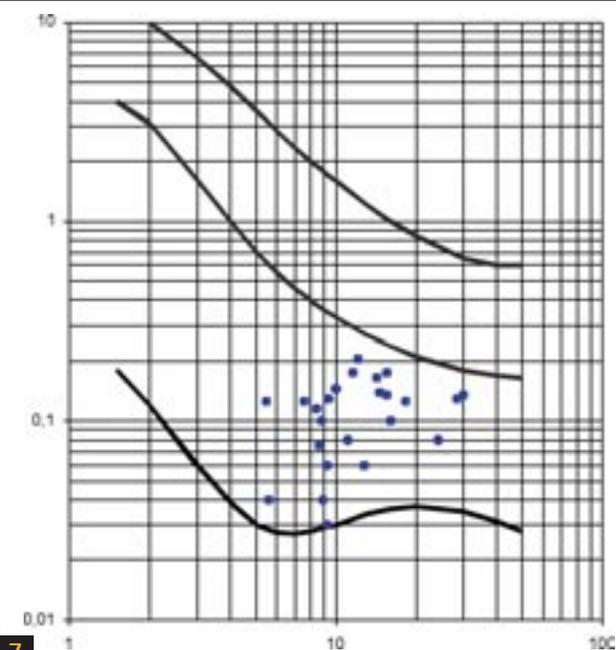
Le tabelle riepilogative dei dati misurati, le restituzioni su carta delle registrazioni sismiche, le elaborazioni statistiche dei dati delle volate sono conservati presso gli uffici di cava a disposizione dei funzionari degli Enti e delle Amministrazioni preposti al controllo dei lavori.

■ ■ Curva di decadimento per la cava di Sossano

Per la previsione dell'ampiezza probabile (50%) della velocità massima di vibrazione (componenti x, y, z) indotta al variare della distanza dal punto di sparo e della quantità di carica, è stata effettuata una regressione di potenza a due variabili indipendenti su un campione di 39 misure rap-

**5**

La tabella mostra i valori limite di accettabilità delle vibrazioni per persone nelle costruzioni (accelerazioni complessive ponderate in frequenza) valgono per non più di tre ripetizioni giornaliere dell'evento oscillatorio [UNI 9614]. Il riscontro dei livelli di tollerabilità delle vibrazioni in un mese di monitoraggio è fatto con riferimento al grafico di Goldman per la valutazione della risposta soggettiva del corpo umano ad un moto vibratorio (Goldman D.E., A review of subjective response to vibration motion of the human body in the frequency range of 1 to 70 cps, Naval Medical Res. Inst. Rept. N. 1, Project VM 004001, 1948)

**7**

..e corpo umano

■ ■ Contenimento delle vibrazioni entro il valore di non insorgenza di danni

Considerando una frequenza predominante del transiente sismico conseguente al brillamento della carica inferiore a 10 Hz, si è fatto riferimento ad un valore limite di "vR,V,T" sulle fondazioni del fabbricato più vicino, pari a 5 mm/s. Per una velocità limite 5 mm/s dalla legge di decadimento calcolata "vR,U,T (97.5%) = 70 * DS-1,59 si ricava una distanza scalata limite di:

$$DS = (5/70)^{1/1,59} = 5,3 \text{ m/MJ0,74}$$

presentative. Per garantire un margine di sicurezza nella previsione è stata anche calcolata la distribuzione di Student per la definizione dell'intervallo di confidenza al 97,5% della "vmax":

$$vR,U,T (50\%) = 35 * DS^{-1,59}, \text{ con}$$

$$DS = m/MJ0,74 \quad vR,U,T (97.5\%) = 70 * DS^{-1,59}$$

◎ Valori limite di accettabilità delle vibrazioni per persone nelle costruzioni

	COMPONENTE VERTICALE	COMPONENTI ORIZZONTALI
	(z = PASSANTE PER IL COCCIGIO E LA TESTA)	(X = PASSANTE PER LA SCHIENA ED IL PETTO, Y = PASSANTE PER LE DUE SPALLE) MM/S ²
	MM/S ²	
AREE CRITICHE*	5,0 * 10 ⁻³	3,6 * 10 ⁻³
ABITAZIONI (GIORNO)**	0,30	0,22
UFFICI E FABBRICHE	0,64	0,46

(*) CAMERE OPERATORIE OSPEDALIERE, LABORATORI, LOCALI NEI QUALI SI SVOLGONO LAVORI MANUALI DELICATI, ECC..

(**) DALLE ORE 7:00 ALLE ORE 22:00

Per garantire il non superamento del valore di 5 mm/s sulle fondazioni dei manufatti da salvaguardare, la massima carica ammessa per ritardo "QMAX" (in MJ), è dunque fatta variare, in funzione della distanza/percorso sismico dal punto di sparo "R" (in metri) dalle strutture da salvaguardare, secondo la legge matematica: $Q_{MAX} (MJ) = (R/5,3)^{1/0,74}$.

■ ■ Contenimento delle vibrazioni entro il valore per la non insorgenza di disturbo

Generalmente, le precauzioni prese per contenere i danni ai fabbricati sono anche idonee a contenere il

Cava di calcare di Sossano, Villaga Calce. La volata tipo, è costituita da 19 mine disposta su un'unica fila. Il brillamento delle mine è microritardato con un ritardo pari a 25 ms e talvolta intervalli di tempo maggiori (fino a 50 e 75 ms con riduzione delle mine a 9 o a 6) per ridurre il rischio di cooperazione fra le cariche e dunque la sismicità indotta all'intorno. Gli eventi indotti sono registrati in continuo; i valori confrontati con quelli previsti dalla normativa e i rapporti di monitoraggio conservati in cava a disposizione degli Enti di controllo

disturbo entro i valori indicati dalla norma. Il corpo umano è un buon rivelatore di vibrazioni, ma non un "misuratore", per cui, anche se i valori di vibrazione sono bassi, minori di quelli indicati dalla norma per la non insorgenza del disturbo, è raro che essi siano accettati senza reclami e lamentele, come la pratica conferma. È dunque stato eseguito il costante riscontro dei valori di riferimento per la non insorgenza del disturbo. ☉



Progettazione e monitoraggio delle volate

