

AUTOSTRADA PEDEMONTANA LOMBARDA
1° lotto della tangenziale di Varese: dall'autostrada A8
(Gazzada Schianno) al ponte di Vedano Olona

SCAVO CONTROLLATO CON ESPLOSIVI PER LA REALIZZAZIONE
DELLA GALLERIA MORAZZONE – LOZZA (Varese)

Lavoro eseguito per PEDELOMBARDA scpa (SALINI-IMPREGILO, ASTALDI, PIZZAROTTI, ITINERA), anno 2013

Planimetria da imbocco SUD
ubicazione dei punti di misura onda sismica – onda di
sovrappressione in aria



Il tratto iniziale, di roccia tenera, è stato scavato con martelli demolitori idraulici su escavatori a braccio rovescio. Gli esplosivi sono stati utilizzati per completare lo scavo, vista la presenza di roccia dura. Per la presenza di recettori a breve distanza è stato necessario adottare la tecnica dell'abbattimento controllato con esplosivi. Questa permette di minimizzare l'impatto indotto all'intorno (vibrazioni e rumore).

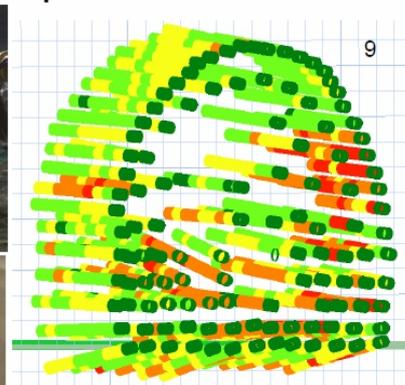
I lavori

Per la riduzione del carico veicolare per gli abitati di Morazzone e di Lozza, è stato previsto di realizzare una variante al vecchio asse stradale con passaggio a due corsie di marcia ed una di emergenza, in sotterraneo, su due gallerie di 2100 metri, una per ciascuna delle carreggiate Est ed Ovest. La metà del tracciato di questo nuovo asse è sottostante l'abitato di Morazzone, con distanze dalle case tra 30 e 100 metri.

La formazione geologica

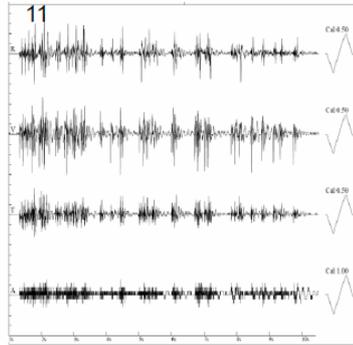
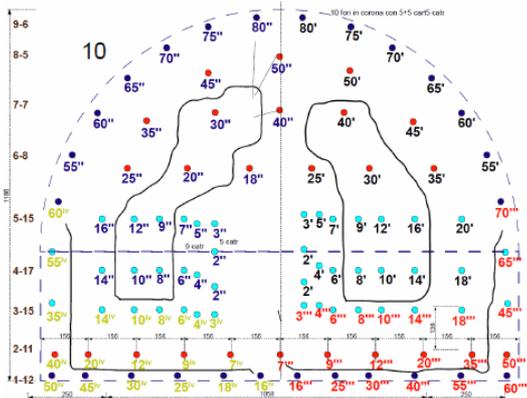
La formazione geologica attraversata, denominata "Gonfolite", consiste prevalentemente in conglomerato di origine torbiditica (Filsch), a clasti arrotondati di roccia ignea dell'ordine dei decimetri e matrice sabbiosa con grado di cementazione variabile. Il conglomerato è intervallato da un banco di arenaria grigia ben cementata, con giacitura da sub-orizzontali a circa 30° e potenza dell'ordine del metro. Questa formazione è una tra le più difficili da scavare a causa della commistione tra i clasti di roccia ignea, molto resistenti e rigidi ("UCS" resistenza a compressione uniassiale dell'ordine dei 300MPa, "E" modulo di Young dell'ordine dei 40GPa, "PV" peso dell'unità di volume dell'ordine dei 2,7t/m³) e della matrice arenacea, poco resistente e molto deformabile (UCS: 10MPa, E: 50MPa, PV: 2,2t/m³). Questa commistione rende l'ammasso, nel suo complesso, "sordo alla mina", ovvero molto resistente ai carichi impulsivi dovuti al colpo del martello o alla esplosione della mina. L'onda d'urto viene accu-sato dai clasti di roccia ignea che però possono assorbirlo in parte rilevante per la deformazione della matrice arenacea nella quale sono dispersi. In questo modo l'ammasso si comporta come un muro di gomma, richiedendo energie molto elevate per la sua frantumazione.

PERFORAZIONE AUTOMATIZZATA,
per la massima precisione



Misurazione dei parametri prevalenti della perforazione, per la ricostruzione di profili geomeccanici equivalenti ed adeguamento della caratterizzazione di progetto.

PROGETTAZIONE DELLA VOLATA ed OTTIMIZZAZIONE per il CONTENIMENTO DELLE VIBRAZIONI
(area sovrastante fortemente antropizzata - distanza minima dal recettore più vicino = 35m)



Successione di innesco e di brillamento dei fori da mina, per la minimizzazione delle vibrazioni.
85 fori su una sezione di 166m³.
Carica specifica di abbattimento: 0,75kg/m³
Brillamento sequenziale di un foro alla volta, in successione di 25 millesimi di secondo.

Onde sismiche ed onde di sovrappressione aerea prodotte dalla volata.
Misure effettuate a 10 metri dalla volata per la raccolta di dati utili all'ottimizzazione.

La tecnica esecutiva utilizzata

I tratti iniziali delle gallerie, la dove l'ammasso roccioso si presentava a ridotta consistenza, sono stati scavati con il martello demolitore idraulico. Con lo avanzamento dello scavo la consistenza dell'ammasso è andata progressivamente aumentando sino a rallentare l'avanzamento giornaliero al di sotto di 1,5 metri. In tali condizioni è stato necessario proseguire frantumando la roccia con cariche esplosive in fori da mina, così da ottenere velocità di avanzamento compatibili con le tempistiche di completamento dell'opera.
L'adozione della tecnica di scavo con esplosivi ha determinato anche una riduzione del disagio per la popolazione in quanto, oltre ad accelerare l'avanzamento del fronte, allontanandolo più rapidamente dal recettore, ha determinato un disturbo concentrato in due eventi al giorno, ciascuno della durata di pochi secondi, invece del disturbo continuo per le 24 ore determinato dall'uso del martello demolitore.

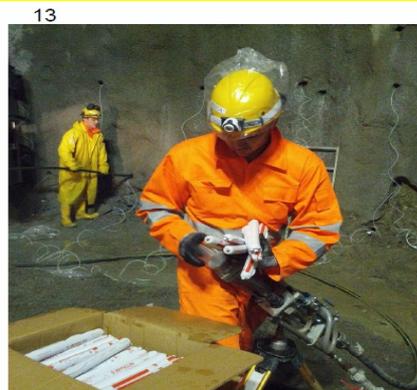
L'abbattimento controllato con esplosivi

L'esecuzione delle gallerie a ridosso dell'area antropizzata ha imposto particolare attenzione alle problematiche connesse alle vibrazioni prodotte dalle attività di scavo, sia quello meccanico che quello con esplosivi.
La progettazione è stata dunque mirata al contenimento delle vibrazioni al di sotto di valori tali da garantire, al 100%, la non insorgenza di danni nei manufatti sovrastanti.
Per garantire la non insorgenza di danni, incluso il lesionamento cosmetico degli intonaci, è stato fatto riferimento alle normative tedesche DIN 4150-3. Queste sono considerate le normative più restrittive al mondo perché indicano valori limite di vibrazione i più bassi tra tutte, molto minori di quelli delle equivalenti normative inglesi (le British Standard) oppure delle normative Statunitensi (U.S.M.B.) che pure, nella pratica esecutiva in tutto il mondo, confermano la loro validità con assenza di danni indotti.
La scelta di adottare una normativa così restrittiva è stata determinata dalla volontà della PEDELOMBARDA scpa, di confermare alla popolazione il proprio impegno per l'esecuzione dei lavori minimizzando disagi ed interferenze ambientali.
Per dare evidenza inconfutabile del rispetto nella pratica esecutiva dei valori limite di vibrazione, è stata prevista una estesa campagna di monitoraggio, con misurazioni effettuate in continuo in numerosi punti sopra lo scavo. Per le misure sono stati utilizzati dei sismografi con geofoni triassiali e microfono, attrezzati con modem per l'accesso in remoto. Le misure sono state effettuate dalla NTX.

L'esecuzione dei lavori di abbattimento controllato con esplosivi

Per l'esecuzione dei lavori d'abbattimento controllato con esplosivi è stata incaricata la NITREX Explosives Engineering, una società altamente specializzata in lavori con esplosivo che opera al livello internazionale per realizzazioni ad alto contenuto tecnologico. Per le sue referenze, la NITREX, è stata individuata, tra le società operanti con esplosivi, come una delle poche in grado di offrire garanzie di puntuale e corretta esecuzione dei lavori e l'unica in grado di presentare una copertura assicurativa ALL RISKS (5 Milioni di Euro) per lavori con esplosivo anche a distanze dalle strutture da salvaguardare pari a zero.

CARICAMENTO DELLA VOLATA PNEUMATICO E MANUALE

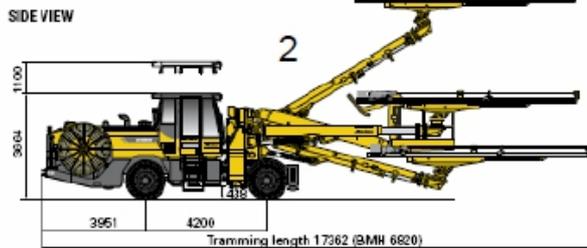


SEQUENZA INNESCO VOLATA



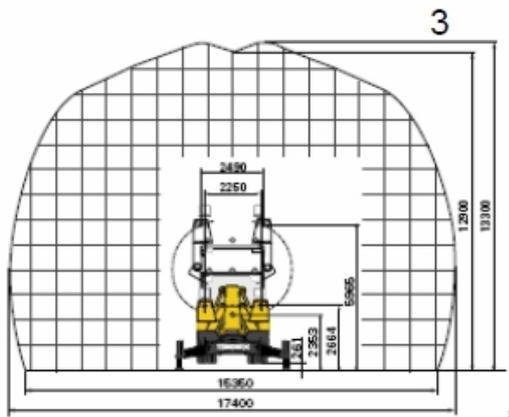
Carri di perforazione per le sezioni autostradali correnti e slargo piazzole

Measurements



Atlas Copco Boomer XE3 C

a tre bracci, attrezzato con sistema ABC *Advanced Boom Control total*, perforatrici programmabili COP 2238, bracci BUT 45 (sez. quadrata), slitte per perforazione utile 6,1 m, funzionamento interamente automatico e controllabile a distanza, precisione di intestazione foro attesa: circa 5 cm



Carri di perforazione per le sezioni ridotte, by-pass pedonali e carrabili

Atlas Copco T15, radiocomandato

Tecnica e tecnologie per lo scavo con esplosivi

Per l'esecuzione a regola d'arte dello scavo con esplosivi sono state adottati gli ultimi ritrovati della tecnica.

La perforazione dei fori da mina è stata eseguita con un carro di perforazione computerizzato, in grado di operare in modo automatico misurando e registrando i parametri della perforazione (tecnologia MWD – Measuring While Drilling).

Questo ha consentito la massima precisione possibile per l'esecuzione dei fori da mina e, conseguentemente, la massima aderenza possibile tra risultati dei brillamenti delle cariche con le previsioni del progetto delle volate.

Ha pure consentito l'ottimizzazione del progetto mediante l'affinamento puntuale del modello geomeccanico dell'ammasso roccioso costruito in fase di prospezione iniziale.

Le misure sismiche a distanza ravvicinata hanno consentito di ottimizzare la volata d'abbattimento.

Dagli iniziali 136 fori su una sezione di 166m², con carica specifica di 1,0 kg/m³ è stato possibile ridurre il numero di fori a 85 e la carica specifica a 0,75 kg/m³.

Per ridurre i tempi di caricamento sono state utilizzate caricatori pneumatiche costruite direttamente dalla NITREX.

Queste, oltre a ridurre i tempi di caricamento, consentono di riempire totalmente il foro da mina a differenza del caricamento manuale per il quale invece rimane un volume vuoto tra carica e foro di circa un cm.

Le cariche esplosive sono state di dinamite e di emulsione con alluminio.

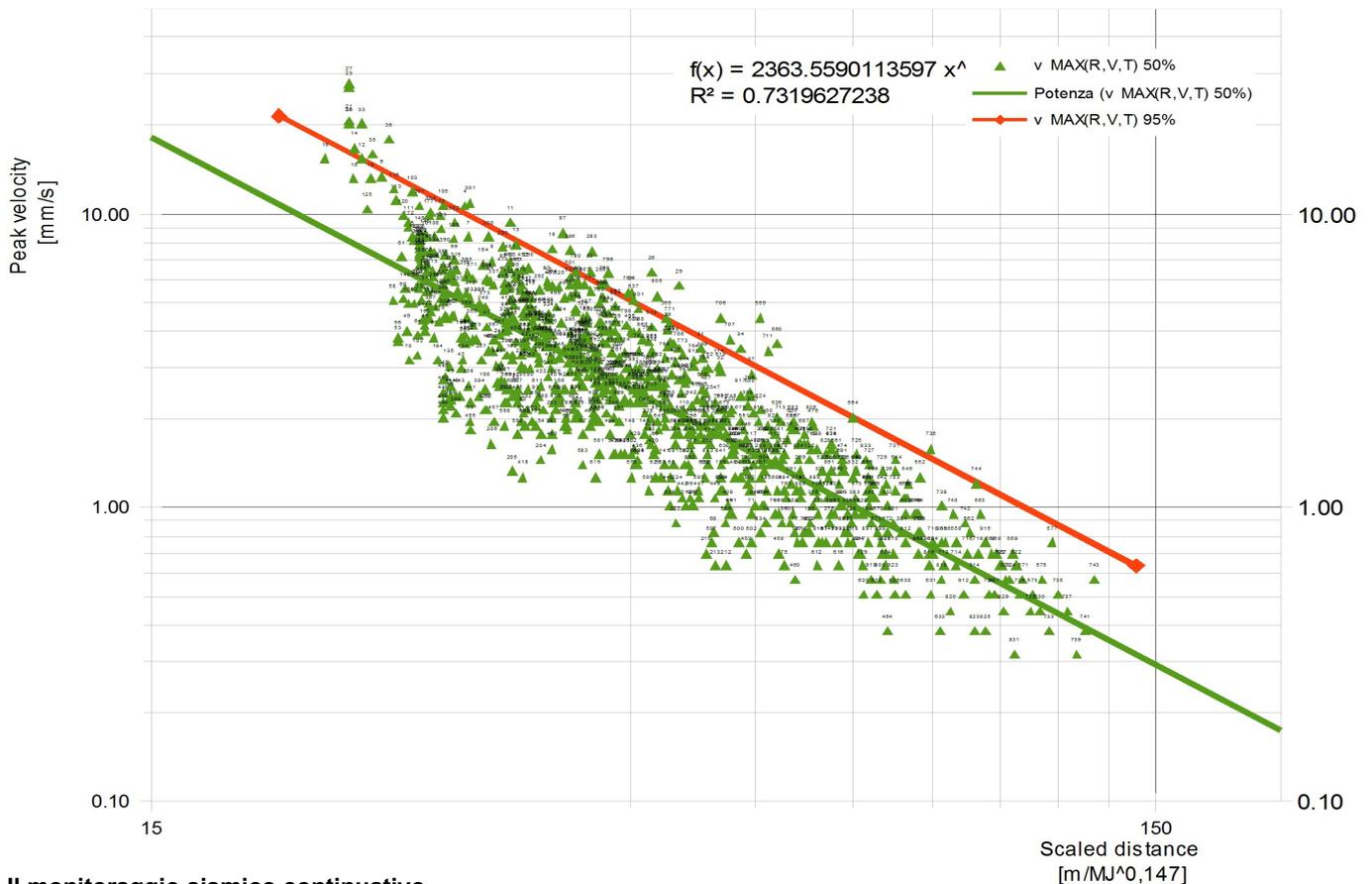
Gli inneschi utilizzati sono stati del tipo non elettrico, per motivi di sicurezza connessi alla presenza di macchine elettriche e trasformatori.

Il ciclo di perforazione, caricamento, sparo della volata e sfumo, ottimizzato, è stato ridotto a 3h 30'.

La velocità d'avanzamento media per ciascun fronte di scavo è stata di 120 metri/mese.



Maximum value among the 3 peak velocity components



Il monitoraggio sismico continuativo

Il monitoraggio sismico continuativo è stato effettuato con una procedura basata sulle normative tedesche [DIN 4150-1, 2001, Erschütterungen im Bauwesen - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen], sulle [DIN 4150-3, 1999, Erschütterungen im Bauwesen - teil 3: Einwirkungen im bauliche anlagen] e sulle specifiche internazionali [I.S.E.E. Field practice guidelines for blasting seismographs, 2009].

Le misure sono state effettuate sulle fondazioni dei recettori all'intorno così da poter confrontare i valori registrati con i quelli limite imposti dalla normativa DIN per la garanzia di non insorgenza danni.

Per avere garanzia della non interferenza del punto di misura con l'evento sismico prodotto dai lavori, è stata effettuata una preliminare caratterizzazione mediante energizzazione impulsiva. Da questa è stato possibile verificare che le frequenze di oscillazioni proprie del punto di misura non fossero di ampiezza confrontabile quelle dell'impulso sismico per la demolizione e che quindi, la risonanza non avrebbe alterato la significatività della misura.

Per ciascuna volata è stata calcolata la distanza minima da ciascuno dei recettori strumentati. I dati registrati per le volate e, comunque, per qualsiasi altri evento ambientale pure misurato (es. terremoti, traffico veicolare, attività antropiche o, comunque, indipendenti dallo scavo), sono stati acquisiti giornalmente, confrontati con i valori limite della normativa e compendati un un rapporto mensile.

Per determinare i valori di velocità di vibrazione anche in punti differenti da quelli di misura è stato adottato li metodo della interpolazione. I dati del monitoraggio sono stati compendati un una curva di decadimento calcolata con il metodo statistico della regressione di potenza. Con questa è possibile determinare, con elevata precisione, il valori di vibrazione prodotti in qualsiasi punto all'intorno dello scavo.



I team NITREX srl e NTX srl per i monitoraggi