

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GALLERIE

PROGETTO PRELIMINARE L.O. N.443/01

NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE SPECIALE VIA (prot. CTVA-2011-0002183 del 09/06/2011)

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

D040 00 R 07 RH SA020X 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	P.Pitolli	Dic. 2011	A.Sciotti	Dic. 2011	M.DellaVedova	Dic. 2011	A.Pigorini	Dic. 2011

ITALFERROVIE
U.O. GALLERIE
Dot. Ing. Andrea PIGORINI
Credite Ingegneri di Roma
n. 19370

File: D040 00 R 07 RH SA020X 001A.doc

n. Elab.: 1

Questo progetto è cofinanziato dalla Comunità Europea

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	2 di 16

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	EFFETTI DELLE VIBRAZIONI	4
3	LE GALLERIE DELLA NLTL: ZONE DI STUDIO E RICETTORI SENSIBILI	6
4	STIMA DELLE VIBRAZIONI INDOTTE DALLA TBM.....	9
5	STIMA DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLE VIBRAZIONI DELLE TBM	13
6	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	16

1 PREMESSA

Per lo scavo delle gallerie naturali di linea e d'interconnessione della della Nuova Linea Torino-Lione (NLTL) - Tratta Nazionale è previsto l'impiego di macchine TBM-S (Tunnel Boring Shield-Machine) con "fronte chiuso in pressione" (tipo EPB o Hydroshield), in grado di equilibrare la spinta del terreno e le pressioni dell'acqua interstiziale al procedere dello scavo stesso.

In generale, durante lo scavo con TBM una parte della potenza istantanea applicata dalla macchina viene dissipata sotto forma di vibrazioni nel terreno a contatto con la testa fresante: l'energia immessa nel terreno dalla sorgente (TBM) si propaga nel mezzo circostante, modificandosi in relazione alla diverse caratteristiche fisico-meccaniche del mezzo attraversato. Il fenomeno si traduce, nella generalità dei casi, in un'attenuazione dell'intensità del moto, man mano che ci si allontana dalla sorgente, per effetto delle proprietà dissipative del terreno e per effetti geometrici. Tra i vari metodi di scavo per opere in sotterraneo, l'utilizzo di macchine TBM-S è in ogni caso quello che consente di minimizzare le emissioni di vibrazioni nel terreno durante l'avanzamento.

Oggetto del presente studio è l'analisi dell'effetto delle vibrazioni indotte dalle macchine previste per lo scavo delle gallerie della NLTL-Tratta Nazionale sui terreni di fondazione dei fabbricati posti in prossimità del tracciato, ai fini della valutazione della possibilità di innesco di locali fenomeni di subsidenza.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	4 di 16

2 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI

Nello Studio di Impatto Ambientale condotto nell'ambito del Progetto Preliminare della NLTL sono stati analizzati gli effetti delle vibrazioni indotte dallo scavo con TBM, in termini di disturbo alle persone (rif. UNI 9614) e di danni agli edifici (rif. UNI 9916).

In tale studio, a cui si rimanda per completezza, si conferma che l'effetto dello scavo con TBM in termini di vibrazioni indotte di pavimenti e pareti degli edifici è di intensità tale da non produrre disturbo alle persone. In particolare, con riferimento ai risultati del monitoraggio condotto durante lo scavo delle gallerie della nuova metropolitana di Torino, eseguito con lo stesso tipo di macchina previsto per le gallerie della NLTL ed in contesti analoghi per coperture e terreni, si osserva che i livelli equivalenti delle accelerazioni (misurate con postazioni installate all'interno degli edifici) non hanno mai superato i valori limite indicati dalla UNI 9614 (per edifici residenziali: limite diurno: 77 dB – limite notturno: 74 dB). Il rispetto dei limiti imposti dalla UNI 9614 implica di fatto anche il rispetto anche del limite della norma UNI 9916.

Le analisi condotte nell'ambito del SIA giungono alla conclusione che la tecnologia TBM non produce disturbo alle persone esposte alle vibrazioni e non genera danni strutturali agli edifici.

Come specificato dalla stessa norma UNI 9916, i valori limite di riferimento (desunti dalle norme DIN 4150 e BS 7385) al disotto dei quali si ritiene che non si abbiano danni strutturali agli edifici, riguardano solo l'effetto diretto delle vibrazioni, ma non gli effetti indiretti prodotti da una eventuale modifica delle caratteristiche del terreno di fondazione tali da produrre cedimenti delle fondazioni.

La propagazione di vibrazioni all'interno dei terreni produce, infatti, oltre a variazioni delle caratteristiche delle onde stesse (contenuto energetico e geometria del moto), anche sollecitazioni e deformazioni dei terreni attraversati, i cui effetti sono da valutare caso per caso in funzione della natura del terreno, delle condizioni di stato iniziali e del livello di deformazione dinamica prodotta dalle vibrazioni.

Infatti, nel caso di terreni granulari con basso grado di addensamento le vibrazioni possono produrre una variazione dell'indice di porosità, nel caso di terreni coesivi saturi le azioni cicliche possono causare un decadimento della resistenza al taglio. Molteplici studi hanno dimostrato che tali fenomeni dipendono dal valore delle deformazioni di taglio indotte dalle vibrazioni.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	5 di 16

Nel presente studio, quindi, l'effetto delle vibrazioni sui terreni di fondazione dei fabbricati posti in prossimità del tracciato della NLTL, è stato analizzato valutando il livello delle deformazioni associate alle vibrazioni generate dalle TBM.

3 LE GALLERIE DELLA NLTL: ZONE DI STUDIO E RICETTORI SENSIBILI

Per le gallerie della NLTL-Tratta Nazionale, lo studio degli effetti delle vibrazioni indotte in fase di scavo dalle TBM è stato condotto focalizzando l'attenzione sulle tratte di galleria caratterizzate da coperture (distanza della calotta della galleria dal piano campagna) inferiori a 30m. In corrispondenza di tali tratte è stata inoltre analizzata una fascia di territorio di ampiezza in pianta pari a 60 m a cavallo degli assi del tracciato ferroviario.

Tale criterio, analogo a quello già adottato in sede di Analisi Multi Criteria per la valutazione degli effetti sul sistema urbanistico-insediativo (cfr. AMC-Criterio 4), individua il volume di terreno significativo da considerare ai fini della stima di eventuali cedimenti indotti dalle vibrazioni della fresa.

Tali tratte sono state quindi suddivise in zone omogenee, sia dal punto di vista delle coperture delle gallerie (distanza della calotta della galleria dal piano campagna), sia dal punto di vista geotecnico (natura e caratteristiche dei terreni).

All'interno di queste zone sono state esaminate le aree caratterizzate dalla presenza di fabbricati residenziali e/o ad altra destinazione d'uso, individuando per ciascuna zona il fabbricato con la minima distanza planimetrica ed altimetrica dal tracciato delle gallerie. Tale fabbricato, di seguito definito ricettore sensibile di riferimento, individua, con riferimento ai fattori geometrici, la condizione più suscettibile alle vibrazioni indotte dallo scavo. In corrispondenza di tale fabbricato è stata tracciata una sezione stratigrafica trasversale al tracciato delle gallerie, che illustra le condizioni geotecniche rappresentative dell'intera zona con riferimento ai valori minimi di copertura nell'ambito di quella zona.

Nella Tabella 1 per ciascuna zona sono indicati in sintesi i terreni di fondazione, il ricettore sensibile di riferimento, l'ubicazione riferita alla progressiva di tracciato e la distanza dalla calotta della galleria.

Le sezioni stratigrafiche in corrispondenza dei ricettori sensibili di riferimento sono illustrate nell'elaborato grafico "Sezioni stratigrafiche in corrispondenza dei ricettori sensibili di riferimento", (cod. D040 00 R 07 WZ SA020X 001 A), a cui si rimanda anche per i dettagli planimetrici.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	7 di 16

Tabella 1. Zone di studio e ricettori sensibili di riferimento

ZONA	da p.k.	a p.k.	LITOLOGIA	RICETTORE SENSIBILE DI RIFERIMENTO	p.k.	DISTANZA DA GN [m]
1 – “Stazione di Avigliana”	5+000	6+000	- Depositi fluviali prevalentemente ghiaioso sabbiosi (Fi)	V362	5+520	14,6
2 – “Collina Morenica”	10+080	10+750	- Depositi Morenici costituiti da clasti e blocchi in matrice limo-sabbiosa (Mi) - Argille limose con livelli sabbiosi - Villafranchiano (Vc)	V085	10+175	20,9
3 – “Corso Marche”	27+680	33+000	- Depositi fluvio glaciali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti (Fg)	V229/226	27+890	18,2
4 – “Stura di Lanzo”	35+975	39+800	- Depositi fluviali prevalentemente ghiaioso sabbiosi (Fi) - Depositi fluvio glaciali costituiti da sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose con clasti e blocchi eterometrici lapidei (Fg) - Alternanza di argille limose e sabbia - Villafranchiano (Vc)	V331	36+620	29,5

Di seguito sono riassunte le principali caratteristiche dei terreni richiamati in Tabella 1. Per i dettagli si rimanda alla Relazione Geologica e alla Relazione Geotecnica del Progetto Preliminare 2011.

- Depositi fluviali (Fi):

sono prevalentemente costituiti dalle alluvioni antiche e recenti che bordano la Dora Riparia e il torrente Stura di Lanzo. Sono terreni ben classati e selezionati dalla elevata energia di trasporto del corso d’acqua. Sono costituiti da ghiaie e sabbie con rari ciottoli e intercalazioni limose.

- Depositi glaciali dell’Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana (depositi morenici - Mi):

a causa dell’azione non selettiva operata dai ghiacciai, sono in genere costituiti da elementi grossolani (ciottoli, ghiaie e sabbie) in una matrice fina limo-argillosa, a volte con trovanti lapidei. Per la deposizione di legante carbonatico ad opera delle acque di circolazione sotterranee, questi depositi presentano un grado di cementazione fortemente variabile, che ha dato origine in alcuni casi a veri e

propri livelli lapidei (conglomerati). All'interno dei depositi glaciali possono essere presenti i cosiddetti massi erratici.

- Depositi fluvio-glaciali (Fg):

derivano dall'azione dei corsi d'acqua originatisi nelle fasi interglaciali a seguito dello scioglimento dei ghiacciai. A causa della variabile capacità di trasporto del corso d'acqua, legata alle condizioni climatiche, questi depositi sono caratterizzati da livelli alterni grossolani (sabbie e ghiaie) e fini (limi e argille). Sono presenti livelli cementati, ma è difficile ricostruire l'andamento spaziale sia verticale, sia orizzontale in quanto il grado di cementazione ha una spiccata variabilità. I livelli cementati sono stati intercettati in numerose perforazioni in tutto il settore della Dora Riparia posto all'esterno dell'Anfiteatro Morenico fino alla città di Torino. Nella città di Torino questi livelli si incontrano usualmente a profondità comprese fra 20 e 40 metri e spesso si localizzano al di sopra del livello piezometrico medio della falda. Spostandosi verso ovest questi livelli cementati, discontinui in senso verticale, si ritrovano su spessori via via più elevati.

- Depositi continentali del Villafranchiano ("Villafranchiano" - Vc):

sono presenti lungo il tracciato, alla base dei depositi morenici e dei depositi fluvio-glaciali, nei due termini, indicati come "complesso inferiore" e "complesso superiore". Il complesso inferiore è costituito limi argillosi con livelli sabbiosi a prevalente comportamento coesivo; il complesso superiore, costituito in netta prevalenza da ghiaie fini, con intercalazioni di sabbie limose e limo, ha prevalente comportamento incoerente. I due termini si presentano con frequenti e variabili interdigitazioni.

4 STIMA DELLE VIBRAZIONI INDOTTE DALLA TBM

L'analisi della propagazione nei terreni delle vibrazioni indotte da una TBM è un problema complesso, che richiede l'utilizzo di sofisticati modelli di calcolo, basati su una approfondita caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati. Tuttavia, nella letteratura scientifica sono stati recentemente proposti diversi modelli semplificati di natura empirica, basati su dati sperimentali di casi reali, che consentono di stimare analiticamente la velocità delle vibrazioni in superficie. L'equazione per la determinazione della velocità delle vibrazioni, espressa attraverso il parametro *Peak Particle Velocity* (PPV), presenta in questi modelli la medesima forma:

$$PPV(r) = Cr^{-\alpha}$$

dove:

$PPV(r)$ = peak particle velocity in mm/s alla distanza r ,

r = distanza del punto d'interesse in superficie dalla sorgente di vibrazione,

C , α = costanti legate alle caratteristiche del terreno.

Tale formula esprime il fatto che la velocità delle vibrazioni che si generano in corrispondenza della testa fresante e che si propagano nel terreno al contorno del cavo, si riduce con la distanza dalla sorgente per un duplice effetto di smorzamento:

- smorzamento geometrico: proporzionale alla distanza dalla sorgente (la TBM),
- smorzamento materiale: funzione delle caratteristiche del mezzo attraversato.

Si osservi, in particolare, che essendo il tipo di macchina scelta in funzione delle caratteristiche del materiale da scavare, lo smorzamento materiale può di fatto considerarsi sostanzialmente funzione della tipologia di TBM (es. TBM da roccia, EPB, Slurry-shield).

In Tabella 2 è riportata una raccolta di dati sperimentali relativi a misure di velocità di vibrazioni indotte dallo scavo di gallerie, per specifiche condizioni di copertura, contesto geotecnico e tipologia di TBM. Nella stessa tabella sono inoltre riportate, ove proposte, le equazioni di propagazione tarate sui valori di velocità misurati in superficie.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	10 di 16

Tabella 2. Misure di vibrazioni indotte da scavi con TBM

Rif. N°	Progetto	Litologia	Tipologia TBM	Diametro di scavo TBM [m]	Copertura [m]	PPV misurata in superficie [mm/s]	PPV= Cr ^{-α} [mm/s]
1	Jubilee Line Extension	Sabbia / Argilla	Mixed shield	5.13	21.2	0.020	0.15r ^{-0.66}
2	Holywell Coombe Channel Tunnel	Argilla/Gesso	Full face TBM	8.72	22.6 - 55	0.372	3.4r ^{-0.71}
3	Cardiff Cable Tunnel	Argilliti	Full face TBM	2.44	11	1.210	133r ^{-1.96}
4	Odori Emergency Tunnel	Rioliti	Open shield	4.5	100	0.173	0.6r ^{-0.27}
5	Suzuka Pilot Tunnel	Arenaria	Open shield	5	70	0.020	7.6r ^{-1.4}
6	Dublin Port Tunnel	Calcere	TBM scudata da roccia	11.77	23-30	1-1.5	1362r ^{-2.02} 36r ^{-1.16}
7	MetroWest Water Supply Tunnel	granodiorite / quarzite / scisto	TBM da roccia	4.9	100	0.006	-
8	Raddoppio della S.S. 47 della Valsugana (Variante di Martignano)	Calcere Rosso Ammonitico / Calcari Grigi	TBM scudata da roccia	12.1	-	0.01-0.1	-
9	Prima Tratta della Metropolitana di Torino (Collegno-Torino Porta Nuova)	Depositi fluvioglaciali e glaciali	TBM-S	7.82	15	0.015	-

Inoltre, sono state proposte in letteratura (Nishimatsu (2000) cfr. [Rif.1] Godio (1992) cfr. [Rif.2]), sulla base di dati sperimentali, le seguenti formulazioni per la previsione della velocità PPV in superficie, associata ad uno scavo con TBM:

	Nishimatsu:	Godio:
<i>upper bound:</i>	$PPV(r) = 176r^{-1.18}$	$PPV(r) = 180r^{-1.3}$
<i>lower bound:</i>	$PPV(r) = 7.4r^{-1.07}$	$PPV(r) = 18r^{-1.3}$

Tali equazioni definiscono i limiti superiore (*upper bound*) e inferiore (*lower bound*) dei valori di velocità di vibrazione che è possibile prevedere in funzione della distanza *r* dalla sorgente (TBM), per qualsiasi

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	11 di 16

mezzo attraversato ("upper bound" e "lower bound" sono rappresentativi, rispettivamente, di scavi in roccia e in terreni) e, quindi, per le diverse tipologie di TBM (per roccia o per terreni).

In Figura 1 le equazioni di Nishimatsu e Godio sono poste a confronto con le equazioni riportate in Tabella 2, tarate su misure dirette in superficie. Il grafico mostra come, a parità di distanza dalla sorgente, le vibrazioni indotte da TBM in ammassi rocciosi, presentino una velocità decisamente maggiore rispetto al caso di vibrazioni prodotte dallo scavo con TBM in terreni. In particolare, per distanze dalla sorgente comprese tra zero e 30 m (condizioni di bassa copertura) si osserva che negli ammassi rocciosi la velocità (PPV) può assumere valori compresi nell'intervallo 10÷15 mm/s (in prossimità della TBM) ÷ 0,3÷2 mm/s (a 30 m), mentre nei terreni la velocità (PPV) è compresa nell'intervallo 0,1 mm/s (in prossimità della TBM) ÷ 0,015 mm/s (a 30 m).

Nel grafico è stato riportato anche il valore di PPV di 0,015 mm/s misurato durante lo scavo della metropolitana di Torino con macchina EPB all'interno dei depositi fluvio-glaciali con una copertura di 15 m (cfr. [Rif.3]) ed è stata estrapolata la relazione PPV- r (cfr. Figura 1 - "curva ipotizzata").

I dati riportati nel grafico di Figura consentono, definita la distanza di interesse e la tipologia dei terreni, di stimare i range di PPV attesi durante uno scavo con TBM. Pertanto, nel caso in esame, sulla base del contesto geotecnico (vedi sezioni stratigrafiche rappresentative - capitolo 3) e delle coperture associate ai ricettori di riferimento (variabili tra i 15 m e i 20 m - vedi Tabella 1) è possibile prevedere nel volume significativo di terreno che va dal contorno di scavo alle fondazioni degli edifici sottoattraversati, velocità di vibrazioni che nel caso di depositi fluviali e fluvio-glaciali sono comprese nell'intervallo di valori 0,2 mm/s (a pochi metri dalla TBM) ÷ 0,05 mm/s (in superficie) e nel caso dei depositi pleistocenici e morenici potrebbero essere comprese tra 1,5 mm/s (a pochi metri dalla TBM) e 0,3 mm/s (in superficie).

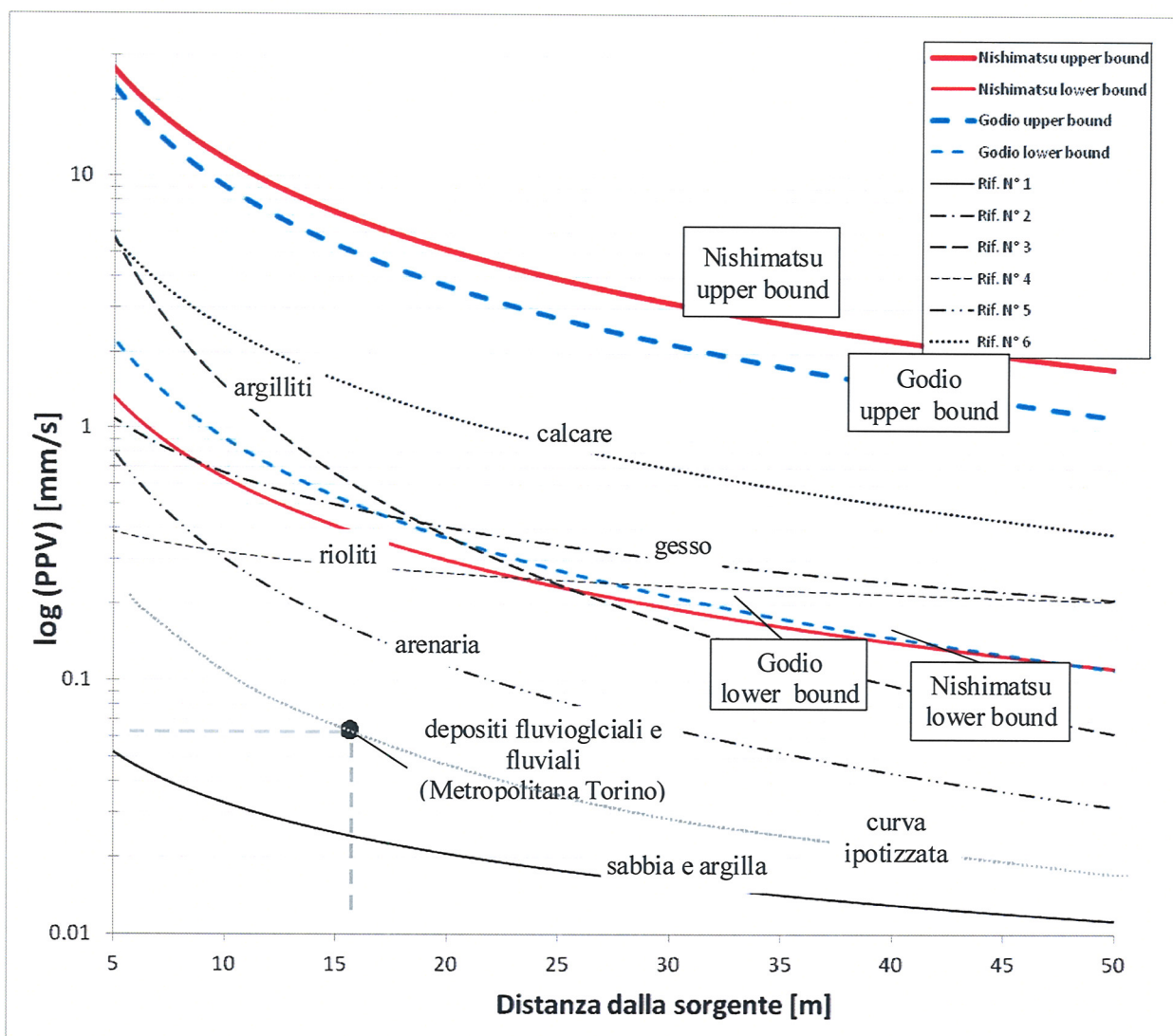


Figura 1. Andamento delle velocità delle vibrazione (PPV) indotte dallo scavo con TBM.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	13 di 16

5 STIMA DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLE VIBRAZIONI DELLE TBM

Definito il probabile e pertinente campo di valori di PPV, è possibile calcolare i valori delle deformazioni di taglio indotte dalle vibrazioni, mediante la seguente formula:

$$\gamma = \frac{PPV}{v_s}$$

dove:

γ = deformazione di taglio prodotte dalle vibrazioni nel terreno ,

PPV= peak particle velocity,

$v_s = (G_{din}/\rho)^{0.5}$ = velocità delle onde di taglio ($G_{din} = E_{din}/2(1+\nu)$ con $E_{din} \approx 10E$)

Per le sezioni di riferimento caratterizzate da depositi incoerenti (fluviali, fluvio-glaciali) (cfr. capitolo 3), la stima delle deformazioni di taglio attese può essere condotta ipotizzando che:

- la velocità delle vibrazioni (PPV) sia pari al valore di 0,1 mm/s (estrapolando i dati registrati per la Metropolitana di Torino nel punto medio del volume significativo di terreno per le coperture di interesse) (vedi Fig.1),
- il volume di terreno compreso tra la TBM e la fondazione dell'edificio sottoattraversato sia omogeneo e caratterizzato dal valore minimo di rigidezza ($E=60$ MPa) tra quelli previsti per i terreni interessati dagli scavi (cfr. Progetto Preliminare 2011).

Quest'ultima ipotesi consente in particolare di minimizzare le corrispondenti velocità delle onde di taglio che risultano essere pari a circa 350 m/s. (Tale valore è in accordo con quanto ricavato dalle indagini geofisiche realizzate per la caratterizzazione del sottosuolo interessato dallo scavo della Metropolitana di Torino).

Sotto tali ipotesi, dalla formula di cui sopra, si ricava un valore massimo di deformazione di taglio pari allo 0,00003% .

Per le sezioni di riferimento caratterizzate dai depositi del Villafranchiano e morenici, in mancanza di dati sperimentali specifici, con un approccio cautelativo si può stimare un valore più elevato di PPV pari a 0,6 mm/s in accordo con le correlazioni di *lower bound* di Nishimatsu e Godio (nel punto medio del volume significativo per le coperture di interesse). In questo caso si ottiene un valore più elevato di deformazione di taglio pari allo 0,0003%

Livelli di deformazioni di taglio così esigui corrispondono ad una risposta del terreno in campo elastico: le deformazioni sono infatti al di sotto della soglia critica a cui corrisponde l'insorgere di deformazioni plastiche, responsabili delle variazioni dello stato di addensamento o del decadimento della resistenza. Tale soglia critica per gran parte dei terreni si colloca intorno a valori di deformazione pari a 0,01%.

Per maggiore chiarezza, si riporta di seguito un abaco, basato su dati sperimentali, per la valutazione della possibilità di compattazione o riduzione di resistenza in funzione del livello di deformazione di taglio, associata al valore della velocità delle vibrazioni e alle proprietà del terreno espresse dalla velocità delle onde di taglio (Fig.2). Il valore soglia della deformazione di taglio alla quale corrispondono possibili variazioni di volume dei terreni o degrado della resistenza è pari a 0,01%. Sul grafico sono riportati con il simbolo rosso i risultati del presente studio: si osserva che le deformazioni di taglio stimate nell'ambito risultano notevolmente inferiori al valore limite di 0,01% (Fig.2), quindi non vi sono rischi di significative deformazioni o degrado della resistenza nei terreni interessati dallo scavo.

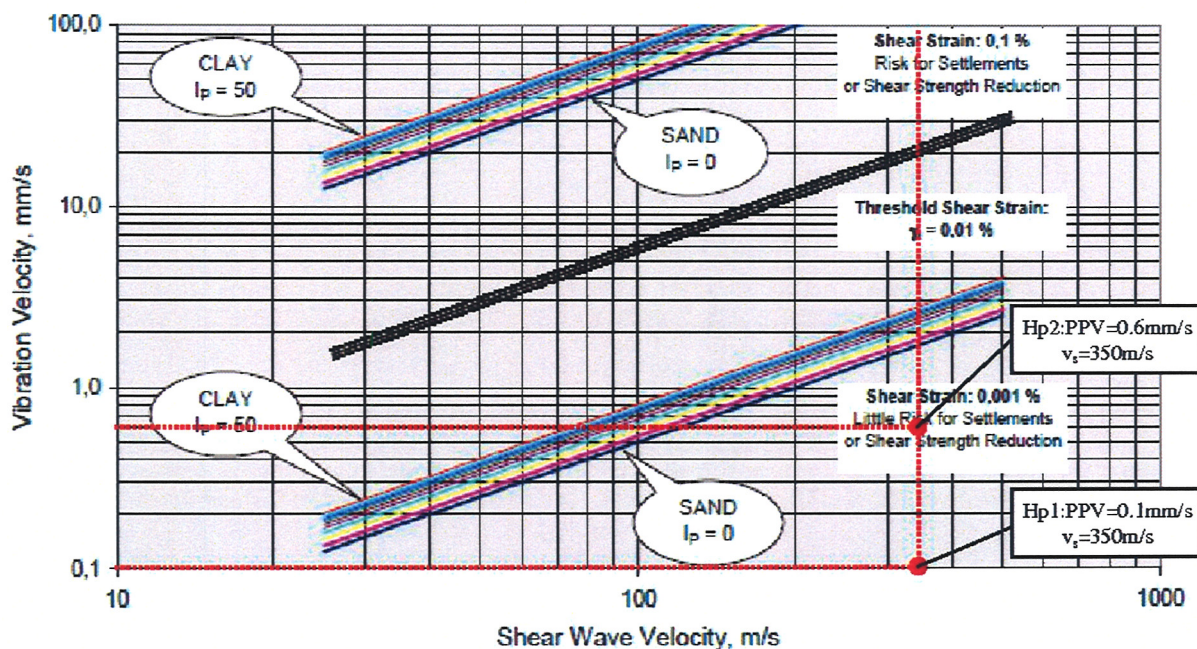


Figura 2. Stima del rischio di cedimenti o riduzione di resistenza per diversi valori della PPV e della velocità delle onde di taglio in funzione del livello di deformazione (cfr. [Rif.4]).

E' importante ribadire, d'altra parte, che le analisi sono state condotte con un approccio decisamente conservativo, ovvero sovrastimando gli effetti delle vibrazioni, sia riguardo ai valori di PPV considerati

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	15 di 16

(costanti su tutto il volume significativo), sia riguardo alla scelta dei parametri geotecnici di riferimento, espressi dalla velocità delle onde di taglio, trascurando, ad esempio, la presenza di livelli cementati frequenti nei depositi fluvio-glaciali e morenici. Parimenti, non è stato considerato l'effetto degli interventi di consolidamento del terreno, previsti in sede di Progetto Preliminare, che migliorano le caratteristiche geotecniche dei terreni.

Si può quindi concludere che lo scavo delle gallerie delle NLTL con TBM non produce vibrazioni tali da poter causare significative deformazioni di volume e/o riduzione di resistenza al taglio nei terreni di fondazione dei fabbricati posti in prossimità del tracciato. Pertanto la possibilità di innesco di locali fenomeni di subsidenza non rappresenta una criticità.

In ogni caso, lo scavo delle gallerie della NLTL sarà eseguito predisponendo uno specifico piano di monitoraggio geotecnico volto al controllo della risposta deformativa del terreno alle azioni indotte dallo scavo, con particolare cura nelle tratte caratterizzate da basse coperture e da fabbricati in prossimità del tracciato.

Relazione tecnica di risposta al quesito n.2

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 02 0X 001	A	16 di 16

6 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Rif. [1] NCC (2000) Internal report, unpublished, Nishimatsu Construction Corporation.
- Rif. [2] Hillar, D. M. and Crabb, G.I., (2000), "Groundborne vibration caused by mechanised construction works", TRL Report No. 429, 1-79.
- Rif. [3] Crova, R., Strobba, C., Sambuelli, L., (2003). "Indagini geofisiche per la caratterizzazione del sottosuolo della costruenda Metropolitana di Torino" – GNGTS - Atti del 22° Convegno Nazionale / 12.13.
- Rif. [4] Massarsch, K.R., (2000). "Settlements and damage caused by construction-induced vibrations" – Proceedings, Intern. Workshop Wave 2000, Bochum, Germany 13–15 December 2000, pp. 299 – 315.