



Fondata nel 1945

Impresa Pizzarotti & C.

**PREFABBRICATI
PIZZAROTTI**

SOCIETA' PER AZIONI – CAPITALE SOCIALE € 70.000.000 I. V.

DIVISIONE PREFABBRICATI
E ARMAMENTO FERROVIARIO
43010 Pontetaro di Fontevivo (PR)
Via Taroni, 4
Tel. 0521.2021
Fax 0521.202930

DIREZIONE E UFFICI
43100 PARMA - Via A. M. Adorni, 1
Tel. 0521.2021 - Fax 0521.207461

FILIALE DI ROMA
00185 ROMA
Via Parigi, 11
Tel. 06.4819371
Fax 06.4880362

SISTEMA DI ARMAMENTO INNOVATIVO SENZA BALLAST PER LINEE METROPOLITANE E FERROVIARIE IN GENERE



PROGETTO CREA SRL – VIA GANDHI 14 REGGIO EMILIA –

RELAZIONE GENERALE (GENNAIO 2008)

Federazione - Federation



a member of IQNet

SEDE LEGALE: 43010 Pontetaro di Noceto (Parma) – Via Emilia, 2 www.prefabbricatipizzarotti.it

STABILIMENTI: Pontetaro (PR) – Tel. 0521.2021 – Fax 0521.202930
Lucignano (AR) – Tel. 0575.83811 – Fax 0575.836162 / S. Nicola (Pz) – Tel. 0972.78222 – Fax
0972.78205

C.C.I.A.A. 43991 – CANC. TRIB. PR 23124 – COD. FISC. 01755470158 – P. IVA 00533290342



Certificati Sistema Qualità n. 92011 e 96119
Norma UNI EN ISO 9001



1. DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA

1.1 Principio di funzionamento del sistema

Il sistema di armamento senza ballast antivibrante "Pizzarotti" risolve le problematiche connesse agli armamenti senza ballast ottenendo al contempo un effetto "taglio delle vibrazioni" con ciò riducendo al minimo i disturbi vibro-acustici trasmessi all'intorno dell'opera ferroviaria dal transito dei treni.

Il principio generale di funzionamento del sistema è quello detto della "massa molle" che si sostanzia in pratica nell'interporre una "massa" sospesa di entità adeguata tra il binario (composto dalle rotaie, dagli attacchi ed a seconda dei casi anche dalle traverse) e la struttura della galleria.

L'energia connessa ai fenomeni vibratorii generati dall'imperfetto contatto tra le ruote e le rotaie durante la marcia dei treni viene dissipata in larga misura nel forzare la "massa" del sistema di armamento ad entrare in vibrazione – tanto più rilevante è la massa e tanto maggiore sarà la dissipazione di energia a parità di caratteristiche elastiche dei supporti.

A parità di massa la dissipazione di energia è funzione della elasticità dei supporti – aumentando la loro elasticità si ottiene un aumento della dissipazione di energia ma anche cedimenti del binario sotto esercizio più importanti.

La tecnica ferroviaria consiglia di non accettare cedimenti del binario sotto carico troppo rilevanti (è bene limitarsi ad un ordine di grandezza di massimo 4 mm.) - pertanto volendo aumentare la dissipazione è sempre più opportuno agire sulla massa piuttosto che sulla elasticità dei supporti.

Operando sulla entità della massa da un lato e sulle caratteristiche elastiche degli elastomeri di supporto del sistema dall'altro lato – con le opportune mediazioni tra i pregi ed i difetti delle singole scelte - si possono conferire al sistema stesso le più opportune caratteristiche elastico vibrazionali, sinteticamente rappresentabili con una frequenza propria del sistema intorno ai 17÷ 20Hz.

1.2 Criteri di base adottati nel progetto del sistema

I criteri che, una volta scelto il principio di funzionamento, hanno guidato la progettazione del sistema di armamento senza ballast antivibrante Pizzarotti sono stati:

- consentire, per quanto possibile, l'adozione di componenti e/o di materiali già da lungo tempo impiegati negli armamenti tradizionali e la cui idoneità sia stata collaudata in anni di esercizio;
- consentire la variazione di risposta elastico - vibrazionale del sistema in modo da adeguarlo alle diverse esigenze che la Committenza dovesse esprimere in



funzione del contesto esterno interessato dall'opera ferroviaria – il tutto con operazioni di minimo impatto sotto il profilo produttivo dei componenti

- non imporre alle opere civili, in particolare alla esecuzione del piano di regolazione del fondo delle gallerie, tolleranze di costruzione incompatibili con le metodologie e le tecniche costruttive usualmente adottate;
- non impiegare nella costruzione dell'armamento (messa in opera) - per quanto possibile in relazione al contesto - tecniche, metodologie di lavoro ed attrezzature inusuali.
- semplificare al massimo – banalizzandole - le operazioni di posa dell'armamento realizzando in stabilimento le parti di maggiore delicatezza produttiva.
- consentire una organizzazione del lavoro di posa dell'armamento che anticipi fuori galleria il maggior numero possibile di operazioni (pre assemblaggi).
- consentire eventuali future operazioni di manutenzione a carattere straordinario in condizioni di massima semplicità e rapidità per tutti i livelli ed i componenti del sistema;
- realizzare la pedonabilità e la carrabilità dell'estradosso del sistema di armamento.

1.3 Descrizione generale dell'armamento progettato

La “lastra” è il componente, insieme alla traversa, caratterizzante il sistema.

Le lastre sono realizzate in cemento armato ordinario e prefabbricate in stabilimento

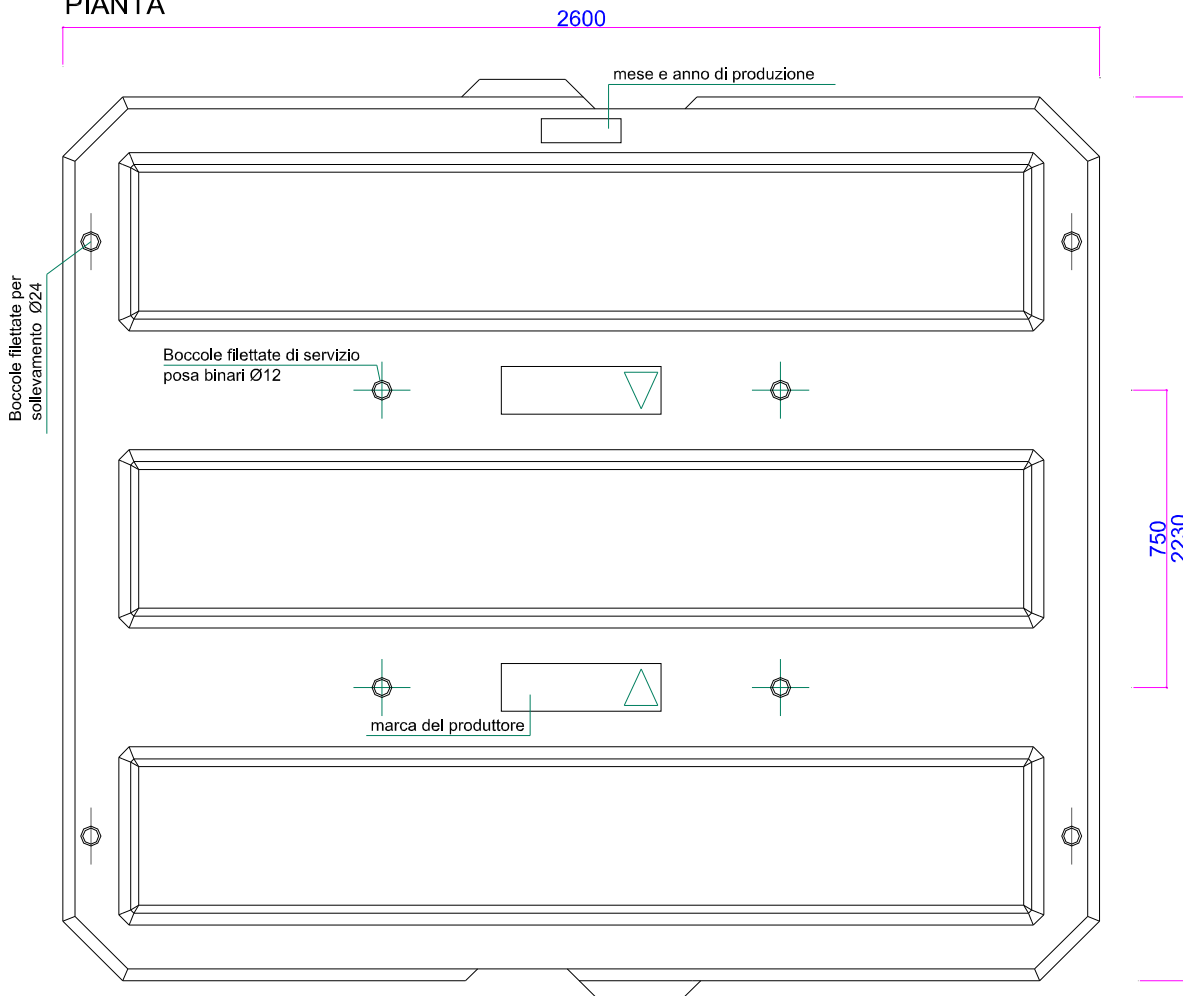
Una volta portate in galleria vengono installate su elementi elastomerici discreti sottolastra disposti in coppie distribuite direttamente ed a secco sul piano di regolamento.

Lungo la linea ferroviaria sotto ad ogni lastra, in corrispondenza degli allineamenti delle rotaie, vengono quindi a trovarsi:

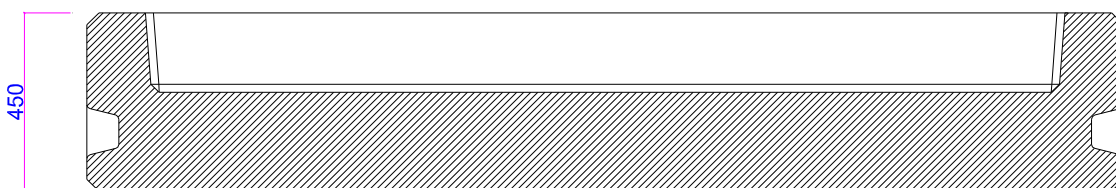
- due elementi accoppiati in corrispondenza della mezzeria della lastra, da un lato del binario (ad esempio la rotaia destra);
- due elementi in corrispondenza ognuno del giunto tra la lastra e le lastre attigue, dall'altro lato del binario (ad esempio la rotaia sinistra).

La disposizione degli elementi sottolastra che ne risulta, ai vertici di un triangolo, realizza un appoggio isostatico della lastra stessa che ne assicura un buon comportamento complessivo ed assicura inoltre un ottimale funzionamento degli elementi elastomerici sottolastra.

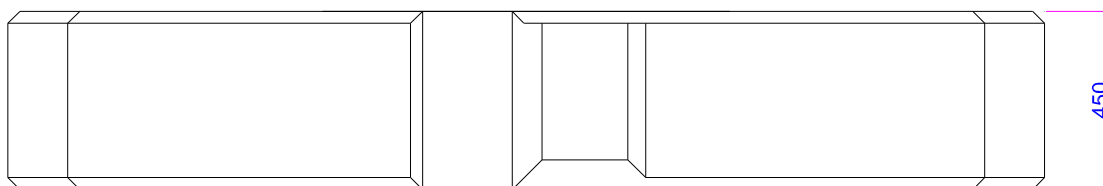
PIANTA



SEZIONE TRASVERSALE AL BINARIO



PROSPETTO FRONTALE





Sui lati esterni del binario realizzato con le lastre ed in corrispondenza del giunto tra di esse viene collocato un manufatto metallico chiamato “stopper” ancorato al piano di regolazione del fondo della galleria.

Al componente stopper, nell’ambito del sistema è assegnata una funzione di “garanzia” consistente nell’impedire eventuali spostamenti delle lastre sotto l’azione delle forze orizzontali (longitudinali e/o trasversali al binario) generate dalla marcia dei veicoli (serpeggiamento, accelerazioni e frenate nonché forze centrifughe in curva).

Lo stopper formato da una struttura metallica con riportato, a mezzo di viti autofilettanti, adeguati spessori di gomma vulcanizzati su di un piatto metallico a protezione degli angoli delle lastre.

Lo stopper viene fissato al piano di fondo mediante bulloni tirafondo e con la interposizione di uno spessore di gomma atto a regolarizzare il contatto calcestruzzo/acciaio.

Per tratti di linea in rettilineo od in curva con raggio superiore ai 500 metri è opportuno installare uno stopper ogni due lastre su entrambi i lati del binario opportunamente sfalsati su un lato rispetto all’altro.

In tratti di linea con raggi di curvatura inferiori ai 500 metri verrà installato uno stopper ogni giunto tra le lastre nel lato esterno curva ed uno stopper ogni due giunti tra le lastre dal lato interno curva.

La collocazione degli stoppers all’esterno del binario realizzato con le lastre del sistema consente la loro messa in opera una volta distribuite le lastre stesse sul piano di regolazione del fondo galleria in posizione definitiva (semplificando di molto le relative operazioni e riducendo i possibili errori)

Tale collocazione consente di realizzare la condizione di “ispezionabilità” immediata della funzionalità del componente stopper.

Sulle facce verticali delle lastre che si accostano tra loro nel senso longitudinale del binario compaiono dei rilievi del tipo a maschio e femmina che facilitano ed accelerano la messa in opera delle lastre stesse allineandole.

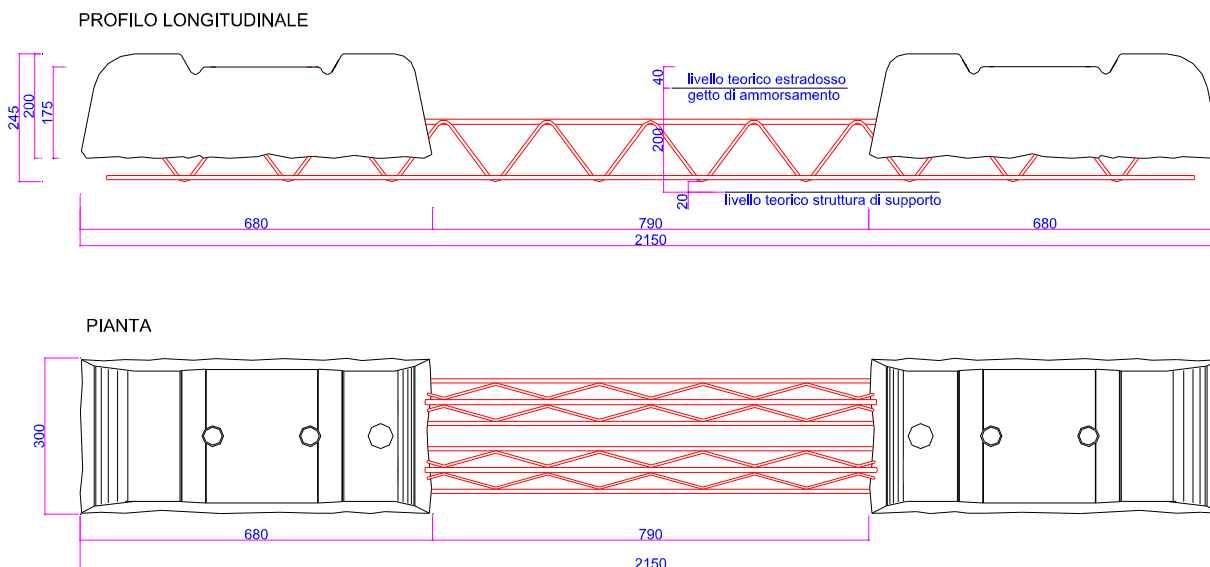
Ogni lastra è predisposta per alloggiare tre traverse, altro elemento caratterizzante il sistema, che verranno vincolate ad essa, ad operazione di costruzione del binario conclusa, tramite un getto di malta di allettamento.

Le traverse, sulle quali verranno installate le rotaie, consentono di effettuare una posa perfetta per quanto riguarda la geometria del binario, permettendo di recuperare le imperfezioni del piano di regolamento - imperfezioni che si sono trasferite agli elastomeri di appoggio della lastra (posati a secco) e dunque alla lastra stessa.

Quest'ultimo aspetto è particolarmente importante perché la possibilità di recuperare le tolleranze tipiche delle opere civili con operazioni semplici e rapide e realizzando

binari che rispettano le tolleranze ferroviarie è condizione imprescindibile per gli sviluppi applicativi di un sistema di armamento senza ballast.

La traversa è un manufatto in cemento armato prefabbricato in stabilimento appositamente studiato per lo specifico sistema di armamento - consta in pratica di due blocchi in calcestruzzo collegati da una armatura metallica formata di tralicci.



L'armatura metallica scoperta tra i blocchi consentirà un collegamento efficace tra la traversa stessa, la malta di allettamento e la lastra.

Le rotaie saranno fissate alle traverse tramite organi di attacco elastici diretti tipo Vossloh - a seconda dei risultati che si intendono ottenere quanto a taglio delle vibrazioni potranno essere utilizzati attacchi Vossloh serie E14 oppure i meno costosi attacchi Skl 14 di tipo standard (la sede che li riceve è perfettamente identica per i due modelli).

La relazione di calcolo statico e dinamico del sistema evidenzia la differenza di comportamento tra i due modelli di attacco prescelti.

Il sistema di fissaggio elastico diretto tipo Vossloh, di concezione e produzione tedesca, è impiegato regolarmente da decenni e da molte ferrovie in tutto il mondo, Italia compresa.

In particolare la DB lo ha installato su milioni di traverse in calcestruzzo nel corso degli ultimi vent'anni sia per posa con ballast che per posa senza ballast - si tratta quindi di un sistema largamente collaudato in svariate condizioni di esercizio e che ha evidenziato eccellenti risultati sia dal punto di vista tecnico che operativo.



2.DESCRIZIONE DEI COMPONENTI

Per tutte le informazioni tecniche di dettaglio riguardanti i singoli componenti del sistema di armamento quanto a dimensioni tolleranze, marcature, caratteristiche dei materiali, prescrizioni e relativi riferimenti normativi, si rimanda ai Documenti Tecnici che formano parte integrante del progetto.

A) componente **LASTRA PREFABBRICATA IN C.A.**

E' realizzata in cemento armato prefabbricato ed è il componente caratterizzante il sistema nella versione antivibrante.

La lastra, nella sua versione base ha dimensioni contenute (ingombro 260 x 223 x 45 cm.) ed un peso relativamente modesto (dell'ordine dei 5,10 KN che sale ai 5,65 KN quando la lastra viaggia con le traverse già introdotte nelle rispettive sedi) - caratteristiche tali da consentirne il trasporto, la movimentazione e la messa in opera con sufficiente semplicità e con attrezzature di uso corrente.

La lastra potrà avere dimensioni diverse in altezza per ottenere significative variazioni della risposta elastico vibrazionale del sistema – da un minimo di 35 cm. ad un massimo di 80 cm.

La lastra, per applicazioni ferroviarie in genere, avrà dimensione lungo l'asse del binario multiple del passo delle traverse (di norma 60 cm.) e quindi 178 cm. oppure 238 cm. (anziché 223 cm.)

La lastra presenta all'estradosso alloggiamenti trasversali per ricevere 3 traverse (eventualmente quattro nelle applicazioni ferroviarie con passo traverse di 60 cm.), sulle pareti laterali incavi per la movimentazione in sede di produzione e nei quattro angoli sagomature idonee a ricevere gli stopper.

La lastra presenta inoltre smussi accentuati sugli spigoli di tutte le facce che garantiscono dalle sbrecciature accidentali durante le fasi di produzione, trasporto e montaggio della lastra stessa.

Sulla superficie di estradosso della lastra trovano collocazione n. 4 boccole filettate di ancoraggio che vengono utilizzate in fase di movimentazione del pezzo (all'atto del trasporto e della posa in opera ma anche in caso di sostituzione nel tempo) ed altre 4 boccole che possono essere utilizzate durante le operazioni di costruzione del binario per il bloccaggio del binario stesso nella sua posizione definitiva prima e durante il getto di ammorsamento delle traverse.

L'armatura della lastra prefabbricata sarà realizzata in acciaio del tipo FeB 44K.

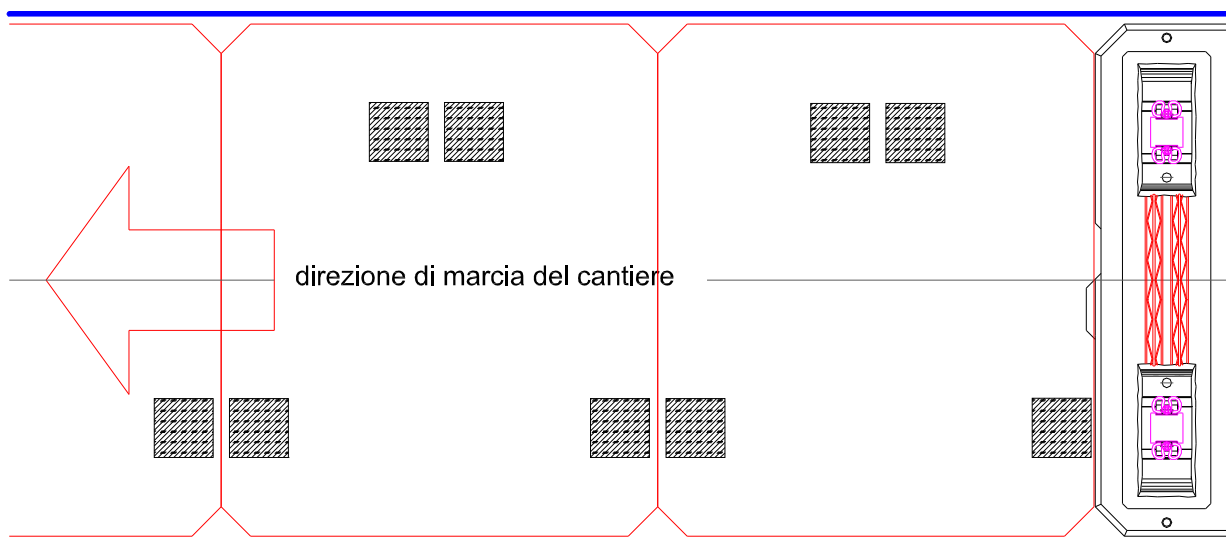
B) componente PAD

Le lastre del sistema sono completate da componenti sottolastra nel numero di quattro a lastra – altrimenti chiamati pads - su cui vengono appoggiate al momento della posa in galleria.

I pads sono costituiti da gomma sintetica.

La loro geometria, caratterizzata da forma prismatica, e le caratteristiche elastico-dissipative della mescola possono essere "calibrate" in funzione della applicazione specifica per fornire ai manufatti e quindi al sistema la deformabilità richiesta nelle specifiche condizioni di utilizzo – in particolare si dovrà ricercare una frequenza propria di sistema attorno ai $17 \div 20$ Hz.

POSIZIONAMENTO DEI PADS SOTTOLAISTRA



C) componente TRAVERSA IN C.A.

La traversa, secondo elemento caratterizzante il sistema, è un manufatto prefabbricato realizzato in cemento armato, del peso di circa 1,7 KN. (circa 1,8 KN con gli organi di attacco premontati) ed avente le dimensioni di cm. 2150 x 30 x 24,5~ 26 (a seconda delle versioni).

Nella sostanza si tratta di due blocchi in cemento collegati da una armatura a doppio traliccio che ne mantiene la forma complessiva (distanza tra i blocchi, allineamento sul piano verticale e sul piano orizzontale) nelle fasi di produzione, trasporto e posa.

L'armatura delle traverse sarà realizzata in acciaio del tipo FeB 44K.



L'estradosso di entrambi i blocchi è sagomato e predisposto per ricevere gli organi di attacco tramite i quali verranno fissate le rotaie.

Per linee tranviarie l'estradosso sarà realizzato per il montaggio delle rotaie (a gola o Vignole a seconda dei casi) in verticale mentre per linee metropolitane e ferroviarie in genere l'estradosso sarà realizzato per il montaggio delle rotaie con la inclinazione del 1/20 come da norma.

In entrambe le situazioni il profilo del piano di appoggio delle rotaie è studiato per l'alloggiamento dei componenti degli organi di attacco Vossloh (indifferentemente il modello Skl 14 od il modello E 14).

In ciascuna delle masse di calcestruzzo formanti la traversa ed in asse con questa sono presenti due tasselli in plastica Vossloh per l'avvitamento delle caviglie di serraggio dell'organo di attacco ed un tassello detto di "alzamento" sul lato interno al binario che assolve alla funzione di facilitare la messa in posizione del binario in fase di costruzione (regolazione del livello longitudinale e del livello trasversale).

In caso di particolari esigenze (posa in condizioni che obbligano al passaggio dei mezzi d'opera sul binario costruito ma non ancora fissato con il calcestruzzo di ammorsamento) è possibile inserire due tasselli di alzamento anziché uno per ognuna delle masse formanti la traversa.

D) componente STOPPER (componente di contrasto laterale)

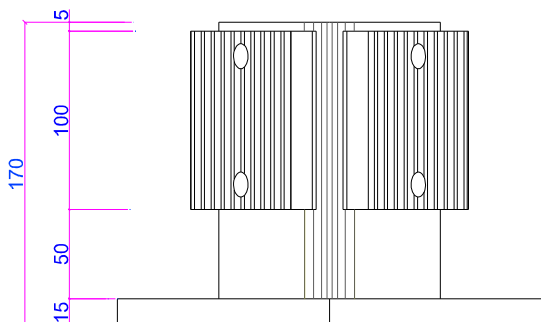
Lo stopper è un manufatto metallico formato da un tubo in acciaio, di forte spessore e di sezione quadrata, saldato ad una piastra di base, pure di acciaio, recante tre fori.

La funzione del componente stopper è esclusivamente una funzione di "garanzia" nel senso che deve impedire eventuali spostamenti delle lastre rispetto alla loro posizione originaria sia in senso longitudinale al binario che in senso trasversale, il tutto senza contrastare in alcun modo gli spostamenti verticali.

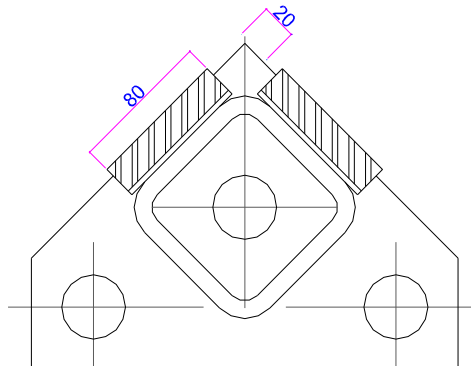
Sul tubo quadrato dello stopper vengono riportati, a mezzo di viti autofilettanti, due spessori di gomma vulcanizzati su di un piatto metallico a protezione delle superfici delle lastre con le quali verrà a contatto da un lato e dall'altro lati di evitare l'eventuale trasmissione di vibrazioni dalla lastra allo stopper e da questo all'intorno.

Lo stopper verrà fissato al piano di regolamento del fondo della galleria tramite tre bulloni di ancoraggio e con la interposizione dei componenti descritti nel seguito ai quali è demandata la funzione di isolamento elettrico dello stopper stesso rispetto alla struttura ed al binario.

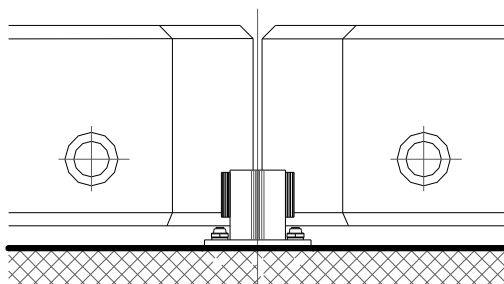
prospetto del componente con gomme applicate



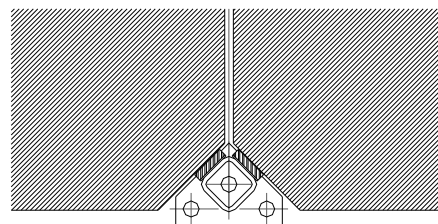
pianta del componente con gomme applicate



vista laterale stopper posizionato



vista in pianta stopper posizionato



- **SOTTOPIASTRA ISOLANTE STOPPER**

Questo sotto componente è costituito da una soletta in gomma, elettricamente isolante, con tre fori corrispondenti ai fori della base metallica dello stopper.

La soletta verrà interposta tra la piastra metallica di base dello stopper ed il piano di regolamento del fondo della galleria.

- **BULLONE DI ANCORAGGIO**

Il bullone di ancoraggio è costituito da una barra filettata di acciaio ad alta resistenza opportunamente sagomata antirotazione e protetta tramite zincatura galvanica.

Viene utilizzato (in numero di tre) per il fissaggio della piastra di base dello stopper al piano di regolamento del fondo della galleria – viene inserito in un foro del calcestruzzo del piano di regolamento, ottenuto per carotaggio o con trapano, e successivamente sigillato mediante resina (epossiacrilato) fornita in fiale od in cartucce preconfezionate.

- **BOCCOLA ISOLANTE**

Le boccole isolanti sono costituite da resina acetlica (poliossimetilene) e vengono utilizzate nei fori delle piastre di base degli stoppers isolando tra di loro la rondella metallica piana, la piastra di base ed il bullone di ancoraggio.

- **DADO AUTOFRENANTE**

I dadi autofrenanti, con anello in poliammide, vengono utilizzati con i bulloni di ancoraggio, per il fissaggio degli stoppers al solettone di regolamento delle gallerie.

- **RONDELLA METALLICA PIANA**

La rondella metallica piana viene utilizzata interposta tra il dado autofrenante e la boccola isolante.

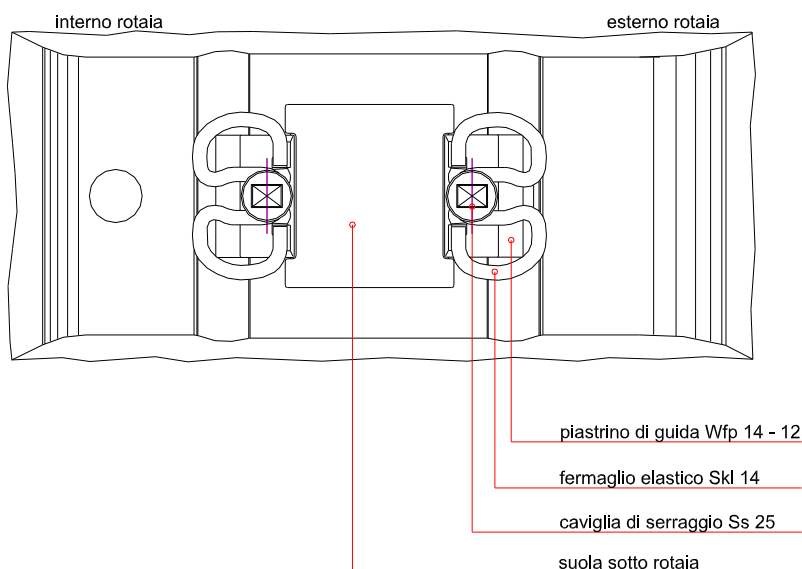
E) componente **ORGANI DI ATTACCO**

Come già anticipato in altra parte della relazione il sistema di armamento progettato prevede l'utilizzo degli organi di attacco Vossloh.

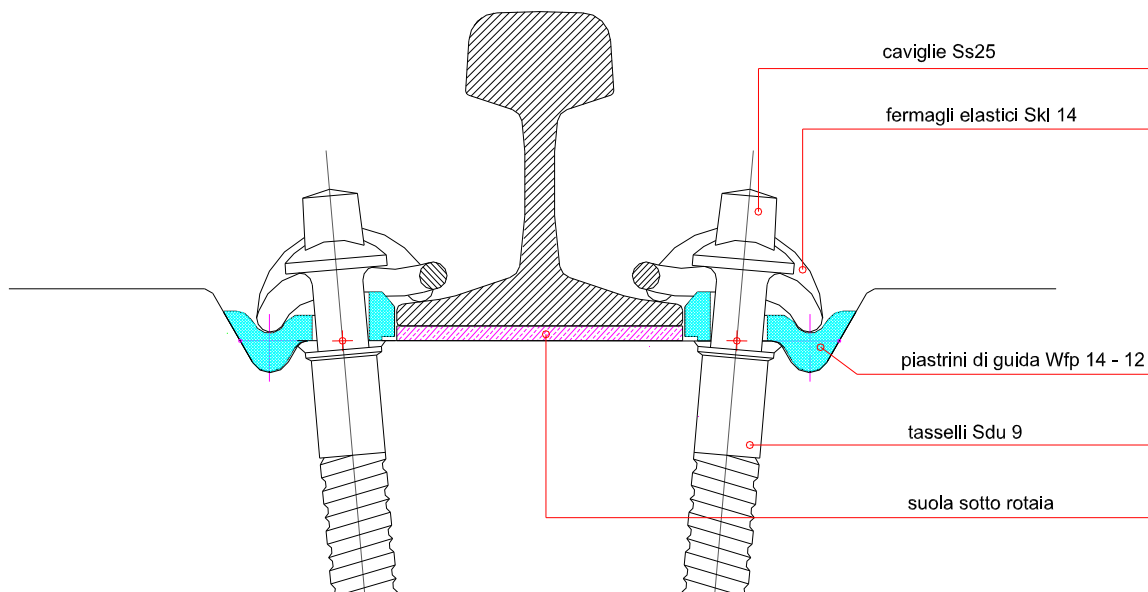
E1) – organi di attacco W14

Nella versione più semplice possono essere utilizzati gli organi di attacco Vossloh modello W 14 che hanno un proprio grado di elasticità modesto ed apportano di conseguenza un modesto contributo all'azione di taglio delle vibrazioni indotte dal transito dei veicoli.

TRAVERSA PZT
VISTA IN PIANTA -attacchi premontati



VISTA IN SEZIONE - attacchi serrati su traversa PZT



L'attacco Vossloh W14 consente, nella configurazione adottata, la possibilità di spostare lateralmente l'appoggio della rotaia sulla traversa di ± 5 mm. – tale fatto è particolarmente utile nella posa di binari su calcestruzzo che per loro natura sono, una volta realizzati, imm modificabili.

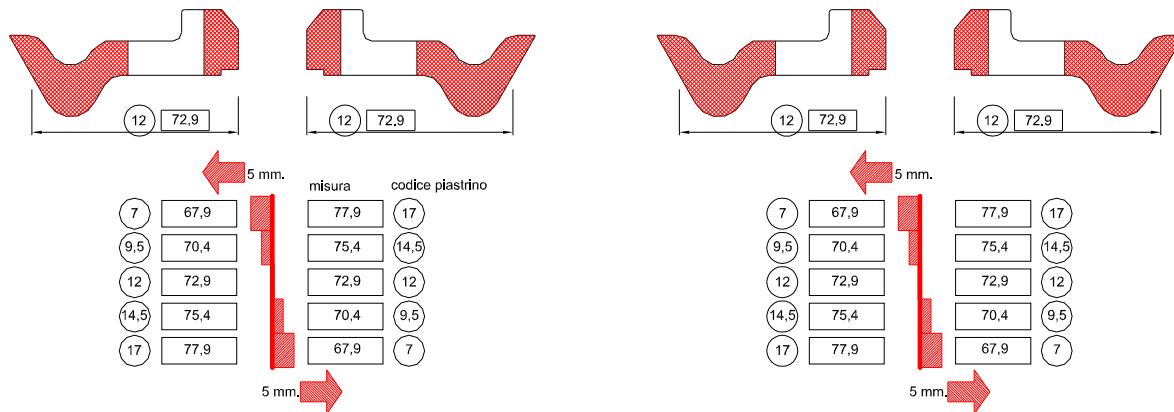
La anzidetta possibilità, che deriva dalla combinazione di diversi piastrini di guida Wfp 14 con dimensioni differenziate tra loro (step di 2,5 mm. nella versione standard) può essere sfruttata per fare fronte a due eventuali esigenze:

- Correzioni di allineamento delle rotaie che per qualsivoglia ragione risultino, dopo la messa in opera e l'ammorsamento del binario con il calcestruzzo, in posizione non corretta.
- Realizzazione di sovra scartamento nei tratti di binario in curve con raggio particolarmente ridotto ed ove la normativa lo richieda – il sovra scartamento realizzabile è complessivamente pari a +10 mm. (eventualmente anche +20 mm. ma solamente se predefinito prima della produzione delle traverse).

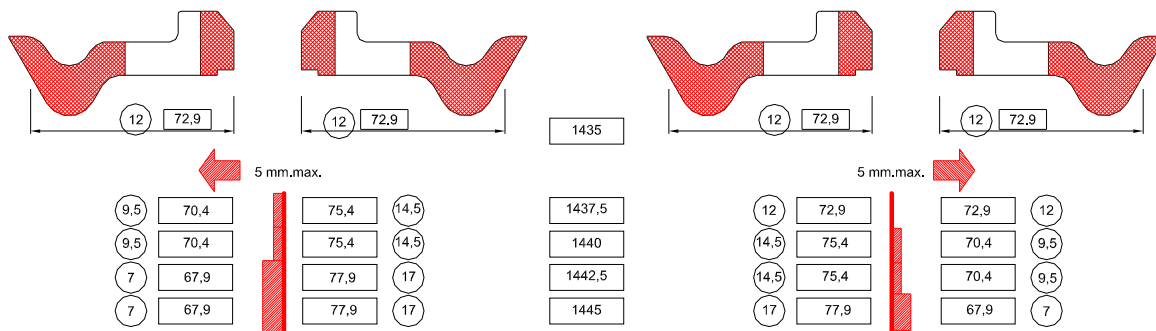
Nella tabella seguente si danno le indicazioni per la combinazione dei diversi piastrini di guida per l'ottenimento degli spostamenti di rotaia sopradetti.

Con specifico studio l'esistenza di piastrini di guida di diverse dimensioni può anche essere utilizzato, in via eccezionale ed allorquando ne emerga la necessità, per fissare su una traversa nata con piani di appoggio per una determinata rotaia, altra rotaia non molto dissimile (ad esempio una rotaia 50 UIC oppure una rotaia S49 al posto di una rotaia 60 UIC)

COMBINAZIONE PIASTRINI PER CORREZIONE ALLINEAMENTO

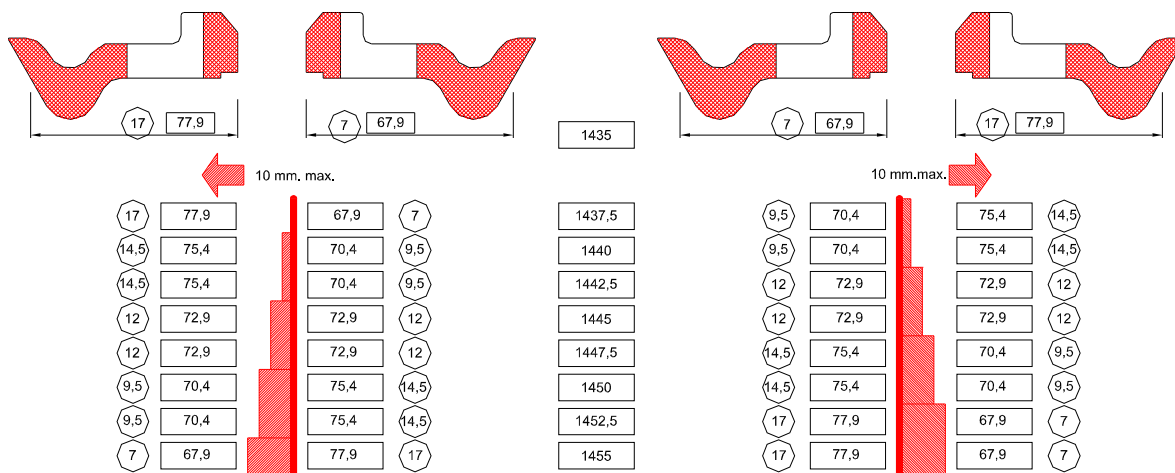


COMBINAZIONE PIASTRINI PER SOVRA SCARTAMENTO max 10 mm.



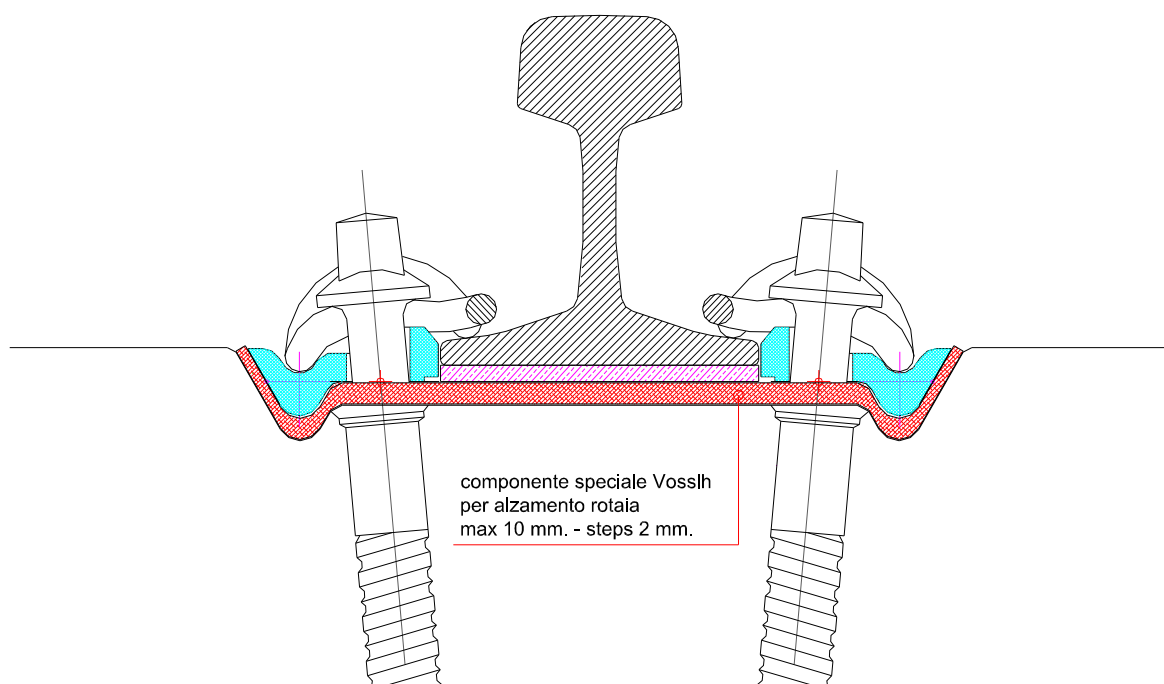
COMBINAZIONE PIASTRINI PER SOVRA SCARTAMENTO max = 20 mm.

AVVERTENZA: occorre che le traverse abbiano piani di appoggio appositamente configurati per la combinazione di partenza 17-7 / 7-17



L'attacco W14 consente inoltre, con l'adozione di componenti all'uopo predisposti dalla Vossloh, di realizzare anche correzioni in altezza del piano di appoggio delle rotaie per una dimensione massima di + 10 mm. (sono possibili in realtà anche correzioni maggiori ma è opportuno evitare l'insorgere di una tale esigenza operando correttamente al momento della costruzione del binario).

VISTA IN SEZIONE - correzione altimetrica



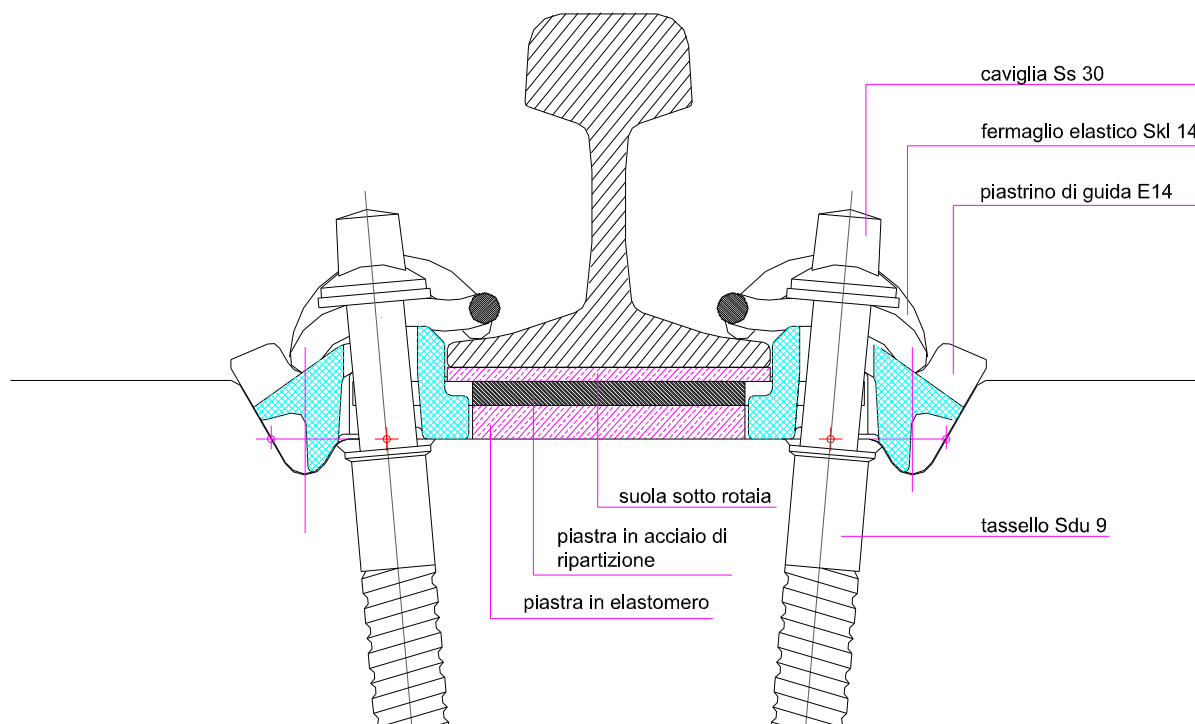
E2) – organi di attacco E 14

Avendo esigenze da soddisfare di una certa importanza, sotto il profilo vibrazionale, potranno essere utilizzati, sulla traversa predisposta per attacchi W14, organi di attacco Vossloh modello E 14 (anche nell'ambito della stessa linea possono essere utilizzati i due modelli al variare delle esigenze).

L'attacco E14 differisce dall'attacco W 14 per la presenza, al di sotto della sotto rotaia, di una piastra di acciaio di ripartizione che appoggia su una piastra in elastomero la quale appunto svolge la funzione di elasticizzare l'organo di attacco.

Il tutto naturalmente accompagnato dall'utilizzo di caviglie di maggior lunghezza e di piastrini di guida di opportuna conformazione.

VISTA IN SEZIONE - attacchi serrati



Il componente “piastra in elastomero” potrà essere dimensionato sotto il profilo elastico, rimanendo per altro all’interno del campo di lavoro dei fermagli elastici Skl 14, per ottenere una frequenza propria del binario attorno tra i 100 ed i 150 Hz, frequenza che viene ritenuta essere la più opportuna per contrastare i fenomeni di usura ondulatoria delle rotaie.

La elasticità di tale componente deve per altro, nel sistema massivo in progetto, essere correlata con l’insieme del sistema e quindi con la elasticità dei pads sotto lastra.

Relativamente alle possibilità di correzione dell’allineamento del binario, di realizzazione di sovra scartamenti e di correzioni altimetriche del binario si rimanda alle considerazioni svolte in precedenza per l’attacco W14 salvo avvertire che, in caso di necessità, si dovrà verificare con la ditta produttrice la disponibilità dei materiali (non si tratta di materiali pronti a magazzino).

Per la componentistica degli attacchi Vossloh sia modello Skl14 che modello E14 (disegni di dettaglio, caratteristiche tecniche e geometriche, capitolati di fornitura e collaudo) si rimanda alla documentazione specifica prodotta e fornita dalla società Vossloh Sistemi srl, filiale italiana della casa madre tedesca.



3. MODALITA' DI MESSA IN OPERA DEL SISTEMA

Le modalità generali di messa in opera del sistema di armamento senza ballast antivibrante "Pizzarotti" sono da determinarsi di volta in volta in funzione delle condizioni operative dei luoghi in cui si opera, delle caratteristiche peculiari del tracciato, dei punti e delle condizioni di accesso in galleria dei mezzi d'opera e dei materiali, della capacità operativa dell'Impresa incaricata della posa.

Competerà a quest'ultima formulare un programma lavori sia operativo che temporale nonché provvedere al reperimento dei mezzi d'opera più idonei.

Quanto sopra in collaborazione / contraddittorio da un lato con la Direzione Lavori e dall'altro lato con l'Azienda fornitrice del sistema e titolare del know-how relativo.

Si richiama per altro l'attenzione su alcuni elementi salienti connaturati con il sistema:

- La necessità, anche ai fini di evitare contenziosi in sede esecutiva tra l'Impresa di posa dell'armamento e l'Impresa esecutrice delle opere civili, che in via preventiva rispetto alle operazioni di posa vengano controllati i livelli del solettone di regolamento

Con riferimento alle quote del piano del ferro previste dal progetto, i livelli del solettone nei punti di collocazione dei pads di supporto del sistema devono differire dal dato teorico (tolleranze ammesse) di non più di +0 e - 2 cm.

Nella eventualità che tale campo di tolleranza venga superato dovrà essere cura della Direzione Lavori, a cui il fatto dovrà essere tempestivamente segnalato, indicare le modalità di superamento del problema (ridisegno delle livellette del binario, rialzo del solettone almeno nei punti di appoggio dei pads con materiali idonei ecc) ed ordinare la esecuzione dei conseguenti lavori di ripristino delle quote all'Impresa esecutrice del solettone stesso.

- La necessità di un controllo della distanza dall'asse teorico del binario di eventuali costruzioni laterali (marciapiedi, passaggi di servizio ecc) che possano interferire od anche impedire la posa del binario.
- La posa dei componenti sottolastra - pads - avviene a secco quindi per semplice appoggio sul solettone dei componenti stessi.

Onde evitare errori di posizionamento dei pads non correggibili quando la lastra viene calata dal mezzo di varo, si consiglia l'uso di una dima metallica leggera ma indeformabile con la quale tracciare o direttamente posizionare i pads stessi appoggiando la dima alla vasca precedente.

- La posa delle lastre non richiede particolari attenzioni se non quella di allineare le lastre posate in sequenza essendo in questo facilitati dalla presenza dell'incastro maschio-femmina delle lastre stesse.



- Onde facilitare ed accelerare il lavoro di posa delle lastre può essere opportuno, in via preventiva, tracciare sul solettone di regolamento linee guida (parallele all'asse del binario da costruire ma esterne alle lastre stesse) entro le quali collocare i manufatti prefabbricati.
- Il trasporto in galleria delle traverse è consigliabile avvenga insieme alle lastre.

Questo lo si ottiene o perché l'accoppiamento lastre-traverse è stato realizzato nello stabilimento di produzione e quindi prima del loro trasporto a piazzale o assiemandolo i componenti nei piazzali di lavoro fuori galleria.

- La costruzione del binario (collegamento tra le rotaie e le traverse) e la sua messa in posizione nel rispetto dei dati di progetto (livello longitudinale, livello trasversale, allineamento, curve, sopraelevazioni, raccordi parabolici e/o clotoidei, sovrascartamenti ecc) costituiscono le fasi più importanti ed anche più delicate della posa dovendosi rispettare le rigide tolleranze ferroviarie.

Ogni Impresa opererà secondo le proprie conoscenze e possibilità.

Il sistema prevede la presenza, nell'estradosso di tutte le lastre, di n. 4 boccole filettate alle quali è possibile fissare rigidamente contrasti metallici tramite i quali regolare l'allineamento del binario e mantenerlo durante la successiva fase di ammorsamento con calcestruzzo delle traverse alle lastre.

Il sistema prevede inoltre che le traverse siano tutte dotate di due inserti in plastica nei quali possono trovare sede appositi "vitoni" che consentono il movimento in verticale del binario (rotaie collegate alle traverse) e dunque la regolazione dei parametri concernenti il livello longitudinale ed il livello trasversale del binario stesso

- La fase di getto del calcestruzzo di ammorsamento del sistema e quindi del bloccaggio delle traverse alle lastre deve sempre essere preceduta da un controllo finale dei parametri geometrici del binario stesso ed essere seguita immediatamente dopo l'esecuzione del getto da un secondo controllo di verifica degli stessi parametri.

Si rammenta che una volta che il calcestruzzo di sigillatura abbia fatto presa non vi sono possibilità di correzione degli anzidetti parametri geometrici del binario al di fuori di quanto venga consentito dagli organi di attacco.



4. APPLICAZIONE DEL SISTEMA IN GALLERIA (sistema completo con funzione antivibrante)

Le lastre prefabbricate del sistema di armamento senza ballast antivibrante “Pizzarotti” hanno caratteristiche geometriche tali da poter essere inserite senza difficoltà nelle normali gallerie delle linee metropolitane sia di tipo classico che di tipo leggero (tranviario) anche tenendo conto delle opere accessorie normalmente presenti in galleria quali polifore, canali portacavi laterali, marciapiedi di servizio ecct.

Il piano del solettone di regolamento si colloca, in termini teorici di progetto, ad una distanza compresa tra 70 e 75 cm. dal piano del ferro a seconda che si operi con un tipo od un altro di rotaia, con attacchi Vossloh W14 o con attacchi Vossloh E14.

Il sistema ammette una tolleranza nella costruzione del solettone di regolamento pari a + 0 e -2 cm. rispetto al dato teorico – tali tolleranze sono del tutto compatibili con le usuali metodologie di lavoro che vengono adottate dalle imprese in siffatte costruzioni.

Il sistema consente il recupero delle tolleranze sopra dette nella fase di messa in posizione e successivo fissaggio delle traverse con il calcestruzzo di ammorsamento.

4.1 Gallerie a singolo ed a doppio binario in retta

I disegni di progetto illustrano l'inserimento del sistema di armamento senza ballast antivibrante “Pizzarotti” nelle gallerie a singolo e nelle gallerie a doppio binario in retta.

La presenza o meno di banchine laterali di servizio a livello del binario oppure in quota, la presenza di impiantistica speciale, la presenza dei marciapiedi di stazione e quant'altro di norma presente in galleria non ostacolano la posa del sistema di armamento il quale a sua volta non ostacola la realizzazione di tali opere.

In particolare si sottolinea che tutto quanto riguarda la posa del sistema rimane all'interno della dimensione della lastra trasversale al binario che pertanto definisce l'ingombro dell'armamento per tutte le sezioni dello stesso.

4.2 Gallerie a singolo e a doppio binario in curva

Si richiama l'attenzione sul fatto che la sopraelevazione, di norma prevista nelle curve delle linee metropolitane di minore raggio, deve essere realizzata con la corrispondente sopra elevazione del solettone di regolamento (da eseguirsi con la necessaria perizia costruttiva).

Le tolleranze di costruzione del solettone ammesse dal sistema (+0 e - 2 cm. rispetto al dato teorico) sono tali da non porre difficoltà operative particolari all'Impresa esecutrice delle opere civili nemmeno in queste condizioni.

4.3 Inserimento dell'armamento in curva

Nei tratti di linea in curva si procederà alla posa delle lastre in normale sequenza posizionandole per quanto possibile radialmente agendo sul giunto tra una lastra e la successiva.

Ciò comporterà che lo spazio tra le lastre (teorico di 2 cm.) tenderà ad annullarsi dal lato interno della curva e ad aumentare dal lato esterno curva (fino ad un massimo di 4 cm.).

Uno specifico studio teorico/grafico ha evidenziato che la curva con raggio più ridotto attrezzabile con le lastre standard, operando sul giunto come detto in precedenza e mantenendo il modulo in asse fisso a 2250 mm, è quella avente $R = 140$ ml.

Il sistema è comunque in grado di adattarsi anche a tracciati con raggi di curvatura $R < 140$ ml., eventualità che può presentarsi nelle linee metropolitane anche se eccezionalmente.

In tale eventualità si può procedere in due modi:

- utilizzando lastre speciali non rettangolari ma di forma trapezoidale più o meno accentuata in funzione del raggio della curva da attrezzare, con modulo fisso sull'asse del binario pari a 2250 mm. come per le lastre standard
- accettando che il giunto tra lastra e lastra assuma dimensioni di apertura lato esterno curva più significative (oltre i 4 cm.) – in questo caso però il modulo del sistema in asse al binario varierà in funzione del raggio della curva.

L'andamento perfetto del binario sia in retta che in piena curva che nei raccordi planimetrici ed altimetrici si ottiene al momento della costruzione del binario e quindi di posizionamento delle traverse adottando gli opportuni accorgimenti e andrà controllato prima della sigillatura delle traverse all'interno delle lastre e dopo la stessa sigillatura..

4.4 Zone di transizione

In linea generale nelle zone di transizione da un tipo di armamento ad un altro (ad esempio all'ingresso ed all'uscita dalle gallerie) deve essere condotto uno studio particolare mirante a raccordare, in una opportuna lunghezza di binario, le differenti rigidità degli armamenti che si susseguono.

Di norma (ma possono presentarsi anche situazioni diverse) nelle linee metropolitane si tratterà di transizione tra:

***armamento senza ballast
antivibrante Pizzarotti***



armamento su ballast



La graduazione della rigidità (in aumento quando si passa dal sistema Pizzarotti al sistema su ballast) viene ottenuta variando la quantità degli elastomeri sottolastra presenti sotto le lastre contigue alla zona di transizione e dunque la rigidità complessiva nell'ultimo tratto di armamento senza ballast.

4.5 Scarico delle acque di infiltrazione e/o lavaggio

Compete alla Progettista generale dell'opera ferroviaria nel momento in cui definisce la realizzazione del solettone di regolamento al fondo della galleria, definire il complessivo sistema di evacuazione dell'eventuale acqua di infiltrazione e/o dell'eventuale acqua di lavaggio della piattaforma del binario.

Il sistema di armamento antivibrante Pizzarotti a tale riguardo impone solamente che non vengano interessate dal sistema di scarico delle acque (pozzetti, tracciati superficiali di canalizzazioni ecc) le aree di posizionamento delle gomme sottolastra (pads) e degli stoppers definite nei disegni progettuali del sistema.

Al di fuori di queste zone nulla osta a qualunque soluzione venga proposta ed adottata dal Progettista generale dell'opera.

5. APPLICAZIONE DELLE SOLE TRAVERSE DEL SISTEMA SU PIATTAFORMA RIGIDA (con minima funzione antivibrante)

Le traverse formanti parte caratterizzante del sistema di armamento antivibrante "Pizzarotti" possono essere impiegate anche al di fuori del sistema stesso ammortate direttamente in un getto di calcestruzzo da realizzare su una fondazione di supporto (se in campo aperto) o sulla struttura dell'opera civile (se in galleria).

Il binario che in tal modo si realizza assume naturalmente caratteristiche significativamente diverse dal binario realizzato con l'applicazione integrale del sistema (a fronte di un minor costo).

Mentre in generale le prestazioni del binario realizzato (affidabilità, durata, manutenibilità, ecct) permangono inalterate, si riducono sensibilmente (mancando l'effetto "massa molle") le prestazioni dal punto di vista vibrazionale che deriveranno solamente dal comportamento in tal senso degli organi di attacco.

In questa configurazione applicativa assumono maggior rilievo gli organi di attacco modello E 14 analizzati in precedenza

Per incrementare le prestazioni vibrazionali, senza per altro raggiungere le prestazioni di un sistema massivo, si può anche far ricorso ad altri modelli di organi



di attacco presenti nella gamma Vossloh già conosciuti e sperimentati (300 UTS ad esempio – con aumento di costo passando dal W14 all'E14 ed infine al 300UTS).

6. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI

Per le caratteristiche tecniche dei materiali costituenti tutti i componenti del sistema in fornitura da parte dell'industria si rimanda al documento contenente "Capitolato di fornitura e collaudo".

Nel seguito si forniscono soltanto le caratteristiche tecniche dei materiali il cui utilizzo è previsto nelle operazioni di posa dell'armamento.

6.1 Calcestruzzo gettato in opera (per la realizzazione del solettone di regolamento e/o del suo completamento)

- resistenza caratteristica cubica a 28 gg. ≥ 30 N/mm²
- granulometria e tipo inerti: gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato.
D max. = 25 mm.
- cemento ad alta resistenza (con resistenza a compressione dopo 28 gg. non inferiore a 42,5 N/mm²) con dosaggio minimo 300 kg./mc.

In fase operativa, a seconda della disponibilità di materiale nelle zone limitrofe al cantiere e delle sue caratteristiche peculiari, saranno adottate specifiche ricette di impasto che dovranno essere sottoposte, dopo la effettuazione di opportuni test, ad approvazione da parte della Direzione Lavori.

6.2 Calcestruzzo di ammorsamento delle traverse nelle lastre

- resistenza caratteristica cubica a 28 gg. ≥ 35 N/mm²
- coefficiente di ritiro (non considerando l'effetto dell'agente espansivo) $\epsilon_{\infty} = 480 \times 10^{-6}$ – dovranno essere condotti opportuni studi e prove sugli impasti che si intendono adottare nei casi specifici e sugli additivi da utilizzare (per qualità e per quantità) al fine di garantire un buon risultato quanto a resistenza meccanica e quanto ad azzeramento del fenomeno del ritiro del calcestruzzo durante la presa.

I risultati di tali studi e test dovranno essere presentati alla Direzione Lavori per l'approvazione.



- granulometria e tipo inerti: gli inerti naturali o di frantumazione devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso in proporzioni nocive all' indurimento del conglomerato.

Tali inerti dovranno rispondere alla norma UNI 8520 per la classe A.
D max. = 8 mm.

- cemento ad alta resistenza (con resistenza a compressione dopo 28 gg. non inferiore a 42,5 N/mm²) con dosaggio minimo 350 kg./mc.
- rapporto acqua/cemento minore di 0,5