

CAVACINI
ROMA

Fig. 1. — Il colle di Volterra visto dalla ferrovia.

RIVISTA TECNICA

DELLE

FERROVIE ITALIANE

Gli articoli che pervengono ufficialmente alla *Rivista* da parte delle Amministrazioni ferroviarie aderenti ne portano l'esplicita indicazione insieme col nome del funzionario incaricato della redazione dell'articolo.

ING. PIETRO LANINO

LA COSTRUZIONE DELLA LINEA IN ADERENZA MISTA SALINE-VOLTERRA

(Vedi Tavole fuori testo X ed XI).

La linea Cecina-Volterra, in diramazione dalla Pisa-Grosseto, fa capo attualmente alla stazione di Saline, e per quanto questa appaia sugli orari indicata quale stazione di Volterra, essa è però in realtà separata dalla città medesima da un dislivello di quasi 500 metri, riescendone d'altra parte distante 11 chilometri circa di strada carrozzabile, a percorrere i quali le attuali diligenze impiegano, causa la forte pendenza, quasi due ore (fig. 1).

Volterra, per quanto conti una popolazione di poco superiore ai 7000 abitanti, è però città di grande interesse artistico. Essa è inoltre capoluogo di circondario e sede di tribunale, che ha giurisdizione su larga parte della Maremma Toscana sino oltre Piombino, facendo capo gli interessi amministrativi di questo importante centro industriale della Toscana precisamente a Volterra.

Una meno disagiata sistemazione delle proprie comunicazioni ferroviarie ed in specie il diretto congiungimento della città colla rete ferroviaria dello Stato furono quindi sempre più che naturale aspirazione, assoluta necessità per la popolazione di Volterra. Dopo lungo periodo di continue pratiche durate oltre un ventennio, grazie alla perseverante attività delle ultime Amministrazioni comunali ed in specie mercè l'opera indefessa dell'egregio rappresentante politico del Collegio, on. Principe Piero Ginori Conti, colla legge speciale n. 137 del 5 aprile 1908 fu approvata definitivamente la convenzione stipulata sin dal 23 giugno 1907 fra il Governo ed il Comune di Volterra, e così questo vide finalmente soddisfatte le proprie aspirazioni. Con tale convenzione il Comune stesso si rendeva diretto concessionario della linea, mentre l'esercizio

di questa veniva riservato all'Amministrazione delle Ferrovie di Stato, e ciò in base alla facoltà fatta al Governo coll'art. 1° della legge n. 137 del 1905 sull'esercizio ferroviario di Stato, per la quale si possono appunto avocare a questo quelle linee di nuova costruzione che riescano in diretto prolungamento di altra linea preesistente già facente parte della rete dello Stato stesso; e ciò per semplice decreto reale da convertirsi però regolarmente in legge.

L'Amministrazione comunale di Volterra, che già aveva addimosttrato mirabile spirito di sacrificio e raro ardimento di iniziativa stanziando in favore di quest'impresa una sovvenzione annua di L. 18.000 per 50 anni, avendo ottenuto in suo beneficio l'applicazione di questo particolarissimo trattamento ed essendo divenuto così in realtà semplice concessionaria della costruzione della linea che tanto l'interessava, seppe però essere tale di fatto e ciò fece non solo sottoscrivendo l'atto di concessione in proprio, ma anche mandando ad effetto senza intervento d'alcun subconcessionario la costruzione della linea. A tale fine l'Amministrazione stessa provvide direttamente tutti i capitali all'uopo occorrenti (circa un milione e mezzo di lire), mediante opportuna operazione di mutuo colla Cassa Depositi e Prestiti, garantendo questa pel periodo dei lavori sulle disponibilità ordinarie del proprio bilancio, salvo a valersi a linea ultimata pel successivo servizio di interessi ed ammortamenti delle sovvenzioni stanziata in favore della linea: dallo Stato (L. 4000 al km.), dalla Provincia di Pisa (L. 1000 al km.) e dal Comune stesso (L. 18.000 complessive). La direzione dei lavori fu affidata all'Ufficio tecnico comunale, che ripartì opportunamente le singole opere e le provviste fra i diversi assuntori e ciò mediante contratti d'appalto normale. Così organizzata la costruzione della linea i lavori relativi possono dirsi oramai prossimi al loro termine, poichè soltanto mancano alcuni consolidamenti e la definitiva sistemazione della massicciata e dell'armamento, sì che la consegna all'esercizio della nuova ferrovia potrà effettuarsi fra pochi mesi. Tale risultato costituisce indubbiamente un esempio degno di nota specialmente in quanto è stato raggiunto da una modesta Amministrazione comunale, che da sola ha saputo risolvere direttamente, senza intermediari di sorta, un'impresa finanziariamente e tecnicamente complessa e relativamente anche degna di nota. Di tutto questo va fatto, sopra ogni altro, merito speciale al Sindaco della città di Volterra, al chiarissimo Marchese Guido Incontri, che fu la vigile mente organizzatrice di tutta l'impresa, nonchè all'egregio ing. cav. Filippo Allegri, capo dell'Ufficio tecnico municipale, che fu l'attivo direttore dei lavori; e tale merito è in tanto maggiore in entrambi, in quanto contemporaneamente al problema della ferrovia il Comune risolveva pure, sempre per diretta condotta dei lavori mediante opportune municipalizzazioni, il problema della provvista dell'acqua potabile e quello dell'illuminazione elettrica della città.

* * *

L'abitato di Volterra sorge su un colle formato nella sua parte superiore da un affioramento d'arenaria, mentre tutta la sottoposta massa interna del monte è costituita da argilla compatta, vera e propria marna, considerato il suo elevato tenore di calcare. Detta marna di colore grigio verdastro, a frattura lucente, è di struttura estremamente compatta tanto che richiede per gli sbancamenti l'opera del piccone e nel dialetto locale porta il nome di *mattaione*.

La falda del colle, specialmente nella zona più alta immediatamente sottoposta alla città, è interessata da copiose acque latenti che riescono poco profonde, tanto che per l'appunto la provvista dell'acqua potabile in servizio della città, nella misura variabile dai 70 ai 100³ d'acqua al giorno, è ottenuta inalzando, mediante pompe mosse elettricamente, l'acqua che sgorga da alcune di queste sorgenti, in prossimità della città ed in contatto colla zona interessata dalla ferrovia.

Il terreno vegetativo che ricopre generalmente l'accennato banco marnoso, per spessori in alcuni punti di parecchi metri, è quindi naturalmente soggetto a smottamenti che in alcuni punti possono anche degenerare in veri franamenti. Quando poi il *mattione* si presenta denudato da detto terreno e quindi riesce esposto direttamente agli agenti atmosferici, sotto l'azione di questi subisce un progressivo disgregamento disponendosi sotto forma di conici contigui agglomerati (fig. 2) i quali costituiscono una delle più marcate caratteristiche della campagna che attornia Volterra e che contribuiscono ad aggravare la generale condizione d'instabilità dei terreni nella zona interessata.

La piazza principale di Volterra riesce alla quota di 550 m. s. l. m.; la stazione di Saline ha la quota di 70 circa. Fra questi due punti intercede in linea retta, sull'orizzontale, una distanza di poco superiore ai 6000 metri. Nelle suesposte condizioni di generale difetto di stabilità del terreno interessato sarebbe riescita poco prudente ogni ricerca di sviluppi artificiali in mezzacosta, al fine di raggiungere per tale via Volterra con una pendenza contenuta in limiti tali da consentire anche di fronte al forte dislivello accennato l'impiego della sola aderenza naturale. Le condizioni orografiche locali e quelle dei terreni relativi così accennate, congiunte anche alla necessità di contenere la spesa di costruzione in limiti compatibili colla disponibilità finanziaria data dallo sconto delle sovvenzioni ottenute, consigliavano quindi evidentemente per il caso in esame l'impiego dell'aderenza artificiale.

Il primo tratto della zona interessata dalla ferrovia, in immediato contatto colla stazione di Saline, ha una pendenza propria punto accentuata, nè era il caso di sopraelevare lungo di esso il piano stradale guadagnando artificialmente in altimetria al fine di poter poi diminuire la pendenza nel tratto successivo. Indipendentemente da ogni difficoltà proveniente dalla accennata generale instabilità dei terreni, tale provvedimento infatti non sarebbe riuscito, anche se costruttivamente attuabile, di alcun giovamento, nei riguardi della successiva disposizione altimetrica generale del profilo, in quanto che a circa metà del tracciato, in rispondenza del punto ove precisamente ha principio il tronco in aderenza artificiale, esiste al così detto colle Mazzocchio una depressione naturale del terreno, che tiene naturalmente obbligato alla propria quota, relativamente depressa, pure la quota della ferrovia. La pendenza di questa nel suo tronco più basso asseconda quindi senz'altro la pendenza naturale del terreno riuscendo contenuta nel massimo del 25 per mille. Detto tronco è di conseguenza disposto sull'aderenza naturale e la linea risulta necessariamente ad aderenza mista.

D'altra parte allo stesso modo che l'accennata depressione al colle Mazzocchio vincola l'altimetria di tutto il tronco basso, essa impone pure la pendenza media del successivo tronco in aderenza artificiale, poichè ne fissa la quota del punto di partenza dal basso. Fu così necessario applicare in tale tratto la pendenza del 100 ‰, mentre in riguardo alla limitata sufficienza dei mezzi di frenatura dei veicoli ferroviari ordi-

nari, che su esso debbono circolare in servizio cumulativo, sarebbe stato certamente preferibile poter contenere tale pendenza entro il limite dell'80 ‰.

Ci sono sembrati opportuni questi schiarimenti per porre in evidenza le ragioni locali che hanno impedito di generalizzare l'aderenza artificiale su tutto il tracciato come sarebbe stato certamente preferibile in tesi astratta, una volta che si era dovuto ricorrere ad una simile particolarità d'impianto, e ciò specialmente ci è apparso opportuno osservare in considerazione della limitata lunghezza del tratto così disposto in aderenza naturale e delle complicazioni che invece conseguono, sia al materiale mobile, che ai metodi d'esercizio, da ogni impiego di aderenza mista, in confronto anche al caso della applicazione della stessa aderenza artificiale quando questa è generale per tutta la linea.

La pendenza della falda del colle su cui sorge Volterra, già forte di per sè, si accentua sensibilmente nel tratto immediatamente sottoposto all'abitato, tanto che su di essa non era possibile adagiare una curva di 200 metri di raggio, almeno senza ricorrere ad artifici costruttivi inconciliabili pel loro costo colle prefissate disponibilità finanziarie del Comune di Volterra.

Per raggiungere la località prescelta per la stazione di Volterra, unica possibile nelle difficili condizioni locali, conducendo in questa la linea con sviluppo naturale in proseguimento diretto, sarebbe occorso l'impiego di un raggio di curvatura inferiore ai 100 metri, non compatibile collo scartamento ordinario e quindi col transito diretto sul nuovo tronco dei veicoli provenienti dalla rete ferroviaria dello Stato. Piuttosto che rinunciare a quest'ultima condizione, in quanto essa è essenziale a che la ferrovia in esame abbia a riescire di pieno soddisfacimento agli effettivi bisogni della città di Volterra, sembrò minor danno disporre l'accesso alla stazione stessa in regresso. Così fu proposto nel progetto di massima approvato dall'on. Consiglio Superiore dei LL. PP. all'atto della concessione, e così fu definitivamente confermato col progetto esecutivo compilato dall'on. Amministrazione delle Ferrovie di Stato.

Con quest'ultimo progetto il regresso in parola, a costo di qualche maggiore provvedimento costruttivo, fu però opportunamente condotto in immediato contatto colla stazione stessa, ottenendo anzi il suo piano di manovra in diretta prosecuzione del piazzale di stazione. Così disposto, il regresso oltre ad offrire una notevole semplificazione nei riguardi dell'esercizio, dà pure piena garanzia nei riguardi della sicurezza dei servizi di manovra di stazione, rendendo indipendente da questa la sezione in dentiera, e ciò in prevenzione del caso che questa possa essere eventualmente interessata da veicoli ordinari, che per falsa manovra avessero a sfuggire dal piano di stazione.

Non riuscendo la pendenza del 100 per mille, quale è applicata sul tronco di dentiera, compatibile come già si è accennato coi sistemi normali di frenatura dei veicoli ferroviari, e dovendosi d'altra parte far circolare su detto tronco pure veicoli ordinari, la locomotiva dovrà essere disposta costantemente sul tratto in aderenza artificiale all'estremità più bassa del treno, riuscendo essa in coda ai treni ascendenti e procedendo questi su tale tratto per spinta. Considerato il limitato sviluppo della sezione in aderenza naturale interposta fra la stazione di Saline ed il punto ove ha principio l'applicazione della dentiera, pel servizio ascendente il treno potrà quindi senz'altro partire da detta stazione colla locomotiva disposta in coda, richiedendo ogni eventuale spostamento, che si fosse previsto al piede della dentiera su un eventuale raddoppio di binario, maggior perdita di tempo, che non quella derivante dalle limitazioni di velo-



Fig. 2. — Coni di assetamento delle marni.

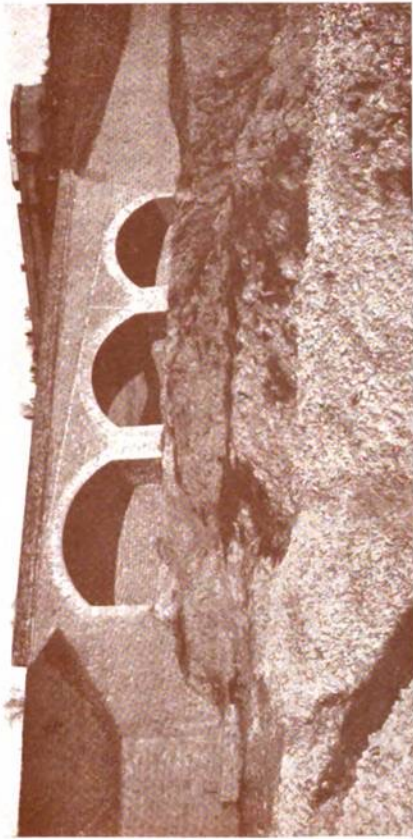


Fig. 4. — Muro ad archi alla Fonte Pippoli (da valle).

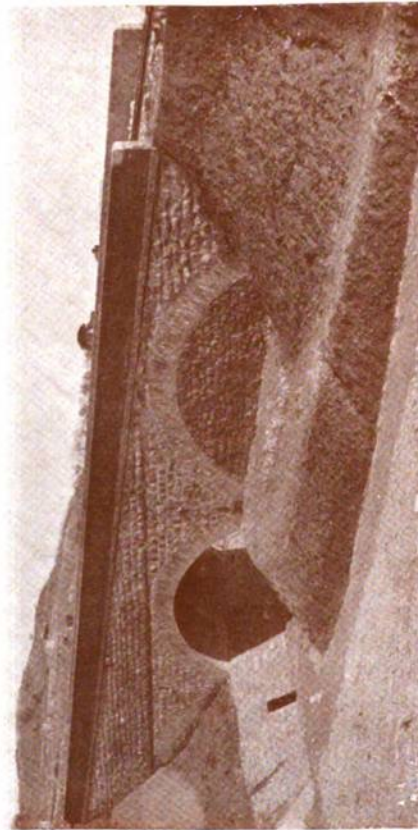


Fig. 5. — Muro ad archi alla Fonte Pippoli (da monte).

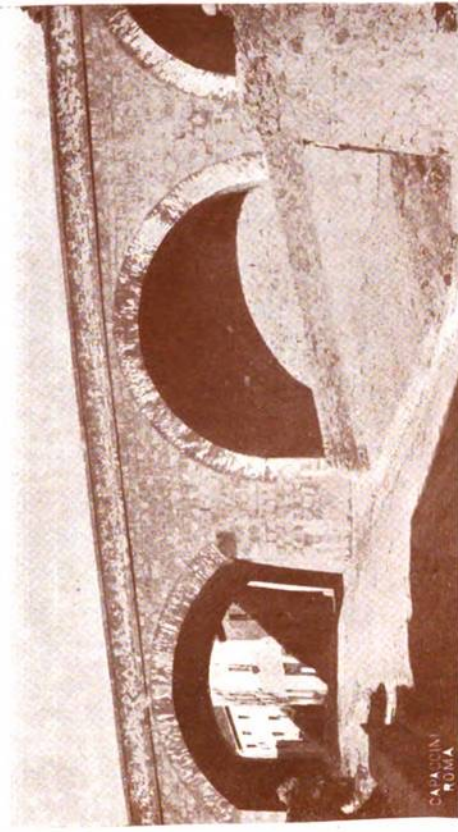


Fig. 6. — Sottovia a S. Lazzaro.

cità conseguenti alla circolazione sul tratto in aderenza naturale dal solo fatto che la locomotiva si troverà disposta in coda al treno. All'estremità superiore del regresso la locomotiva stessa risulterà invece per tal modo già orientata pel diretto proseguimento in stazione di Volterra senza bisogno di altra manovra.

I treni discendenti invece partendo dalla stazione di Volterra colla locomotiva in coda, percorso a marcia indietro il breve tratto di poco superiore ad un chilometro frapposto fra detta stazione ed il regresso, si troveranno partendo da questo colla locomotiva già disposta normalmente in testa pel diretto proseguimento sino alla stazione terminale di Saline, senza bisogno di alcuna manovra e senza alcuna restrizione in riguardo alla velocità di marcia sull'ultimo tratto in aderenza naturale.

La pendenza massima del 25 per mille sull'aderenza naturale riesce soddisfacentemente proporzionata nei riguardi dell'utilizzazione della prestazione della locomotiva a quella del 100 per mille introdotta sul tronco in aderenza artificiale. Con simile ripartizione generale delle livellette coordinatamente all'adozione della dentiera Strubb ed alle locomotive tipo FF. SS. capaci d'uno sforzo di trazione di kg. 6000 sulla dentiera e di kg. 6000 sulle rotaie, si rende possibile l'effettuazione di un treno di 70 tonn. utili sul tratto al 100 ‰ con velocità di 16 km. all'ora, potenzialità largamente sufficiente ai bisogni del servizio di Volterra, anche quando questo debba essere fuso in un tutto organico e continuo con quello della linea di Cecina per un diretto proseguimento su Cecina.

* * *

La linea Volterra-Saline misura km. 8.444,93 fra l'asse del F. V. della stazione di Saline e quello della stazione di Volterra essendo inclusi in tale sviluppo i metri 1035,25 del regresso.

La pendenza massima sul tratto in aderenza naturale è, come già si è accennato, del 25 per mille, quella sul tratto in dentiera è costantemente del 100 per mille.

La ripartizione generale delle livellette è la seguente:

	m.	Pendenza	Aderenza
1° Tronco. . . .	456,49	2 ‰	naturale
	1171,00	8 ‰	id.
	490,54	12 ‰	id.
	1472,51-3590,44	25 ‰	id.
2° Tronco. . . .	3719,24	100 ‰	artificiale
3° Tronco. . . .	1035,25	orizzontale	naturale

I raggi delle curve variano da un massimo di 200 m. ad un minimo di 400 m.

Lungo la linea sono costruite 4 cantoniere semplici; la seconda cantoniera cade in rispondenza all'ingresso nel tratto in dentiera, ove è disposta opportuna lama mobile, essendo la dentiera dell'ordinario sistema Strubb, costruita dalle fonderie Roll di Berna, e quale è adottata dalle Ferrovie dello Stato italiano come tipo normale per le proprie linee ad aderenza artificiale.

Le opere d'arte lungo la linea nulla hanno in genere di speciale, nè ci sembra sia il caso darne cenno particolare di sorta. La generale costituzione argillosa dei terreni interessati ha naturalmente imposte particolari cure nell'esecuzione dei movimenti di

materie e nella formazione dei grossi rilevati, nonché speciali preveggenze di drenaggio, di risanamento, ed in alcuni casi anche di consolidamento. Il concetto generale che ha informato la Direzione dei lavori è stato opportunamente quello di ricercare la sistemazione degli eventuali movimenti di falda, più colla eliminazione delle acque di infiltrazione e col ristabilimento dell'equilibrio delle masse, che non coll'adozione siste-

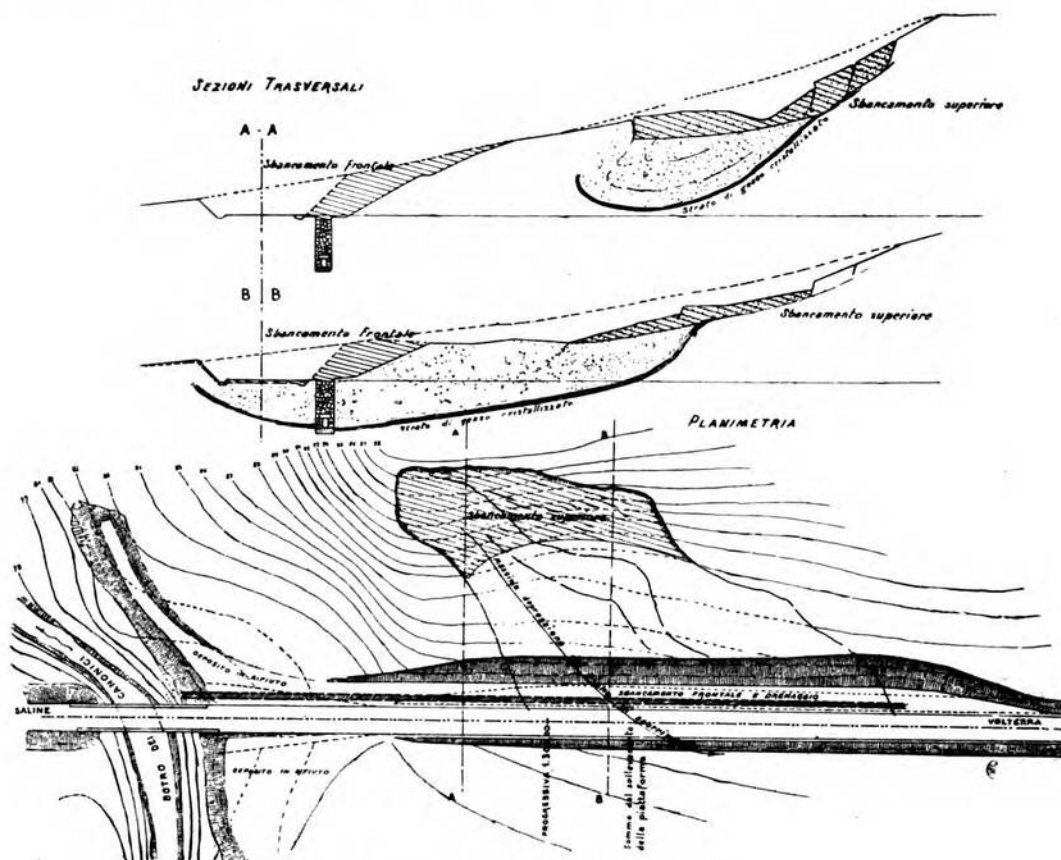


Fig. 3. — Frana a monte alla progr. 1+300.

matica di opere preventive di sostegno, riservando queste ai soli casi di constatata necessità.

Un caso tipico si è verificato alla trincea aperta alla progressiva 1+300 (fig. 3). Si riscontrò in questo tratto quale concomitante al movimento della falda a monte pure un accentuato rigonfiamento del fondo della trincea in rispondenza del piano di regolamento senza che il movimento stesso venisse ad interessare al di là di questo pure la falda a valle. Asportato in massa notevole il terreno sovrincombente dal lato di monte al ciglio della trincea, formando così sopra questo un'ampia banchina, cessò ogni ulteriore movimento anche in riguardo alla piattaforma, senza dover ricorrere a consolidamenti speciali, e ciò evidentemente per essersi ristabilito l'equilibrio delle masse, grazie allo sbancamento frontale e superiore così praticato.

Le sole opere degne di particolare nota sono localizzate nell'ultimo tratto della linea, in immediata prossimità del regresso dal lato dell'accesso inferiore a questo. Esse consistono più precisamente in un muro ad archi fra le progressive 6+600

e 6+800 nella località cosiddetta di Fonte Pippoli ed in un cavalcavia a doppio ramo sulla strada provinciale per Colle Val d'Elsa al sobborgo San Lazzaro (fig. 4, 5, 6). Di queste due opere speciali ci riserviamo dare qualche maggiore notizia in appresso.

Altre particolarità degne di speciale menzione non ravvisiamo esistere relativamente alla costruzione della linea di Volterra se non forse per quanto si riferisce alla posa della dentiera. Questa è come già si è accennato del tipo Strubb ordinario, nè è quindi il caso di dare in proposito particolari schiarimenti. Noteremo soltanto che

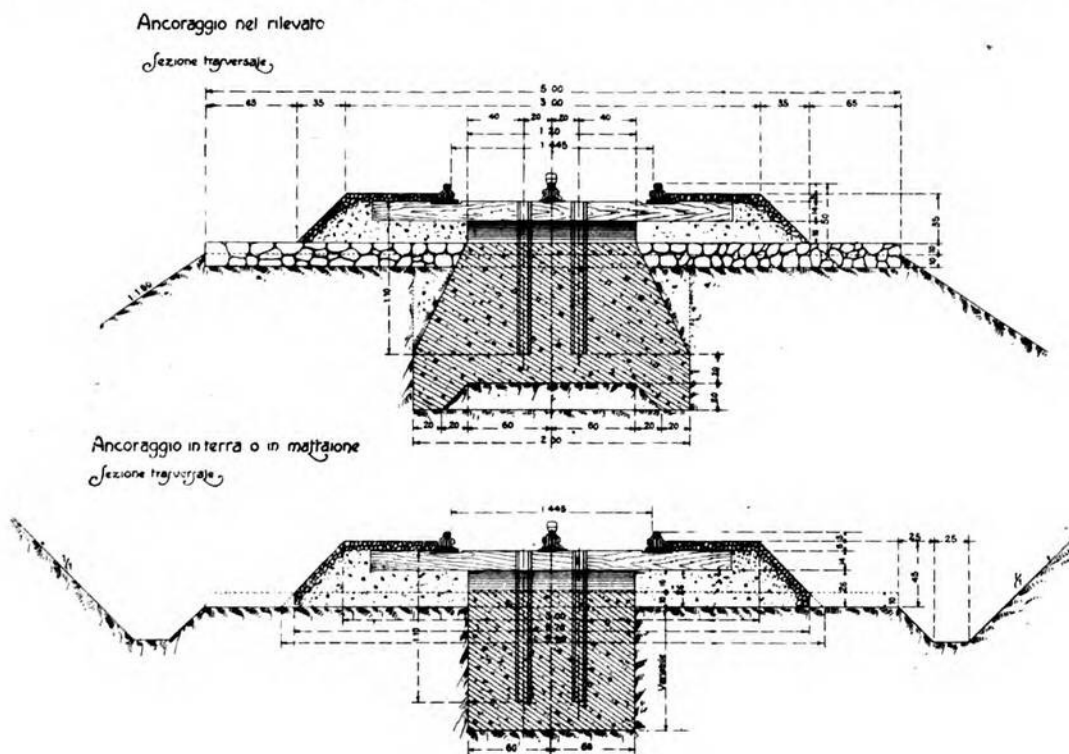


Fig. 7. — Ancoraggio della dentiera (tipi normali).

speciale cura fu necessaria nella scelta delle traverse d'armamento per il tratto interessato, e ciò in relazione delle esigenze speciali per la posa della piastra centrale d'appoggio della dentiera stessa, per la quale occorre che il lembo superiore della piastra in quanto è foggiato a flangia, possa impostarsi in modo soddisfacente sullo spigolo della traversa. Gioverebbe quindi che in tale punto la traversa si presentasse a spigolo vivo; per quanto simile condizione non sia impossibile ad ottenersi mercè un'accurata scelta delle traverse è però certo che essa può costituire qualche difficoltà negli approvvigionamenti. Conviene osservare che lo stesso risultato può essere d'altra parte raggiunto, quando si pratici un conveniente incasso nella traversa al punto di posa della piastra centrale. Naturalmente però con questo procedimento si viene ad incidere per la profondità di qualche centimetro la traversa, e se si considera che il piano di posa delle piastre di appoggio delle due rotaie ordinarie laterali deve essere 1 cm. più basso che non quello della piastra centrale portante la lama dentata, ne consegue che a tale artificio si può ricorrere solo in quanto le traverse possiedano dimensioni in altezza tali da consentire l'operazione accennata senza che ne riesca compromessa la loro resistenza

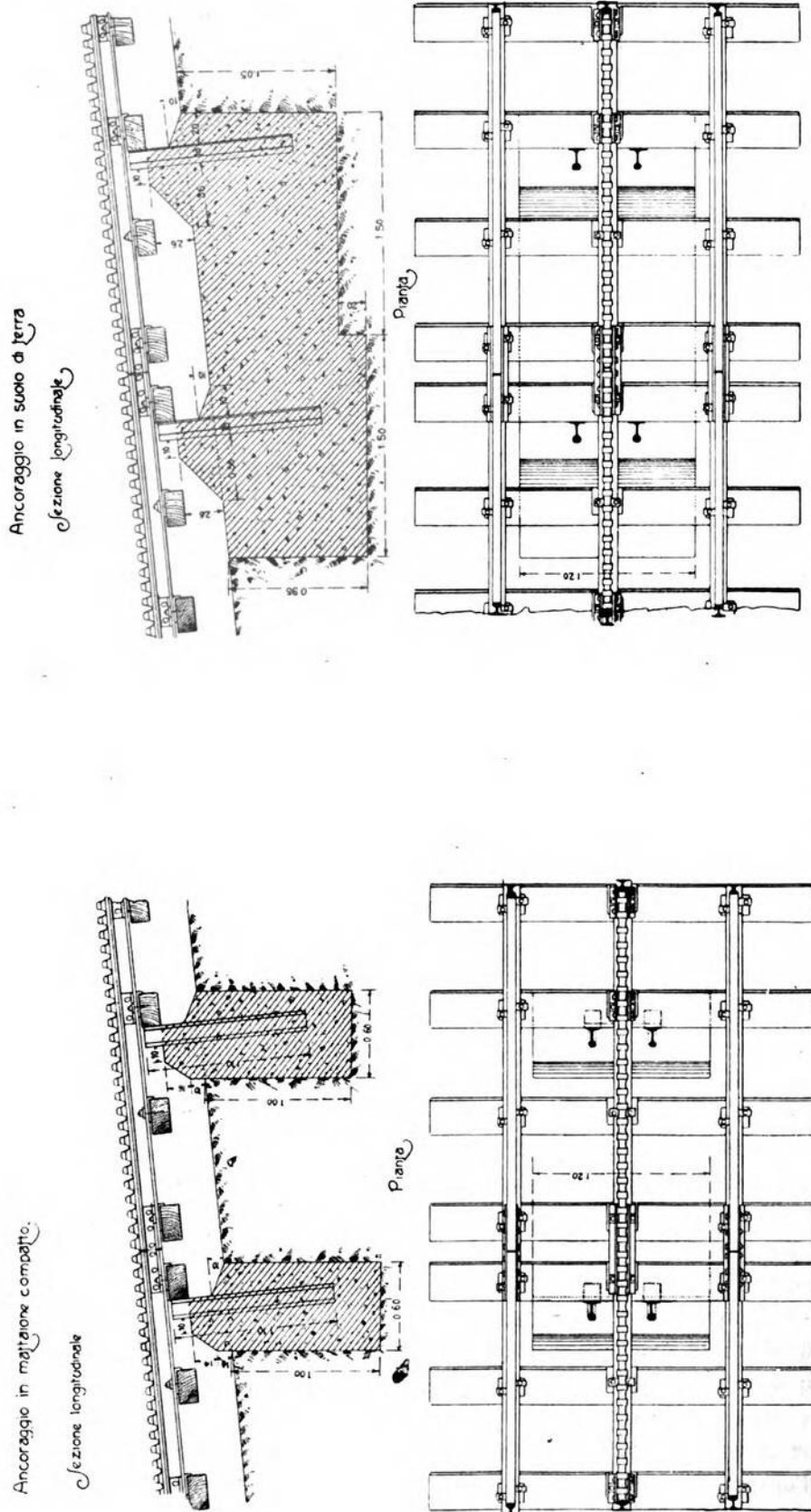


Fig. 8. — Ancoraggi della dentiera (tipi normali).

generale. Ad ogni modo l'accennata esigenza speciale per le traverse destinate a servire d'appoggio alle dentiere ci è sembrata degna di essere posta in evidenza per norma di chi dovrà occuparsi di consimili impianti, che ancora hanno un certo carattere di novità per il nostro paese.

Speciale cura fu posta dalla direzione dei lavori nella distribuzione e nella preparazione degli ormeggi della dentiera, avendo particolare riguardo alla natura non sempre stabile e tenace dei terreni interessati.

Le figure 7 e 8 danno un'idea generale delle disposizioni al riguardo introdotte in costruzione. Detti ormeggi riescono sui 3720 metri circa di linea armati in dentiera nel complessivo numero di 28. Essendo distribuiti nel concetto di mantenerli ad una distanza reciproca mai superiore ai 200 metri, tali ormeggi sono effettivamente riusciti ad una distanza media di 133 metri circa, essendo stata la detta distanza opportunamente diminuita sui tratti lungo i quali la natura meno favorevole del terreno dava a temere una minore resistenza nell'ormeggio, malgrado che questo fosse già opportunamente predisposto in riguardo alle condizioni del terreno interessato.

Non riteniamo superfluo avvertire come l'accentuata pendenza (100 per mille) dell'argine stradale nel tronco destinato all'aderenza artificiale, dia un'importanza affatto speciale a tutte le questioni relative ai trasporti dei materiali. Nell'esecuzione dei lavori in esame fu tuttavia sempre possibile l'utilizzazione a tale scopo dei carrelli Decauville normali. Speciali cure apparve richiedere, in considerazione sempre della pendenza, il rafforzamento delle cunette di scolo data la velocità che in esse assumono le acque correnti. A questo scopo senza ricorrere ad un generale rivestimento delle cunette stesse, nella costruzione della linea di Volterra, trattandosi di cunette scavate generalmente nel vivo del banco delle argille compatte, sembra essersi dimostrato sufficiente ad assicurarne il profilo di fondo il disporre, a distanza dai 2 ai 4 metri fra di loro, speciali briglie in semplice muratura a secco.

Muro di sostegno ad archi alla Fonte Pippoli (prog. 6 + 600-6 + 800).

Nell'agosto 1909 mentre era in corso di formazione l'argine stabilito in progetto per un'altezza di m. 4 circa, ed avendo il corpo del medesimo raggiunta un'altezza di circa 3 metri, si verificò un movimento generale nella falda sottoposta con conseguente cedimento del rilevato sovrincombente.

Le indagini, tosto praticate dalla Direzione dei lavori, fecero notare un accentuato rigonfiamento, avvenuto di fresco in tutto il terreno a valle del punto sul quale insisteva il rilevato, nonchè la presenza di generali infiltrazioni d'acqua a monte.

Praticate opportune trivellazioni generali ed aperti alcuni pozzi profondi in punti singolari si assodò che la falda instabile s'estendeva su amplissima zona tanto da spingersi a monte sino al sommo del colle su cui sorge Volterra, e che il punto particolarmente interessato dall'argine in movimento era più precisamente costituito dal sedimento di un'antichissima frana ivi assettata coll'adagiarsi entro una marcata increpatura del sottoposto banco del *mattaione*. Il complesso degli assaggi fatti permise anzi di stabilire la conformazione generale di tale banco, nel senso che esso si presentava disposto come su due avvallamenti contigui e successivi; l'uno più rapido e profondo

(6 a 7 metri) fra le progressive 6+680 e 6+700, con abbondante acqua raccolta in un cavetto di un vecchio drenaggio agricolo superficiale; l'altro più esteso, però meno profondo (2 metri circa), con infiltrazioni meno abbondanti, ma più diffuse. La disposizione generale della zona così studiata è rappresentata dalla planimetria a curve orizzontali in scala 1/500 riprodotta alla Tavola XI. Da questa appare evidente la presenza d'una estesa conca nel *mattaione* del sottosuolo, il cui fondo porta la quota di m. 431 mentre quella degli orli superiori è di m. 432,50, conca nella quale appunto aveva trovato assetto l'accennata antica frana, determinandovi un deposito di terre alluvionali dello spessore di 6 metri circa. L'equilibrio di queste doveva però riescire evidentemente precario causa il ristagno di acqua che inevitabilmente si doveva produrre sul fondo della conca stessa, data la natura assolutamente impermeabile del *mattaione* in cui questa era formata e dato che essa non possedeva alcuno sfogo di fondo per cavo naturale.

Di fronte ad un simile stato di cose, al fine di meglio condurre il corpo stradale della linea ferroviaria a poggiare sul banco stabile del *mattaione*, data la notevole profondità di questo, la Direzione dei lavori sostituì all'argine in terra, dapprima previsto, uno speciale manufatto. Il rilevato normale avrebbe infatti in simili condizioni assunte rilevanti proporzioni (20 metri di larghezza in base) ed avrebbe sempre lasciate sussistere non indifferenti preoccupazioni nei riguardi del sostegno della sua unghia a valle. L'opera accennata risultò invece costituita da un muro di sostegno di sottoscarpa nel primo tratto a valle e da tre arcate di 8 metri di luce ognuna per la successiva parte più a monte. Una di queste arcate fu utilizzata quale sottovia. Il piano di fondazione fu stabilito sul banco compatto del *mattaione* ed in alcuni punti le opere furono pure rafforzate con speroni di ritegno verso valle a fondazione molto profonda.

Alla costruzione di quest'opera fu pure coordinato un risanamento generale della falda a monte e ciò mediante una completa rete di drenaggi, sistema Sazilly, formati da cunicoli in muratura di pietrame a secco, disposti sopra una platea di base di calcestruzzo in cemento incastrata direttamente nel banco impermeabile del *mattaione*. Le acque copiose ricavate da questo drenaggio vengono scaricate a valle con acquedotti e tenuta; e così con altro ordine di cunicoli vengono pure convogliate rapidamente a valle tutte le acque superficiali e piovane senza che possano in alcun modo interessare la falda su cui posa l'opera in esame. (Vedi particolari Tavola XI).

Sottovia di S. Lazzaro (progr. 7 + 288).

Il sottovia di S. Lazzaro sulla strada provinciale per Colle Val d'Elsa, riesce disposto su due rami distinti aventi ognuno una diversa quota altimetrica ed essendo entrambi obliqui in quanto l'opera stessa coincide precisamente colla biforcazione del regresso. (Vedi Tavola X). Riesce inoltre tale opera addossata direttamente all'abitato di S. Lazzaro, sì che questo venne interessato anche da alcune demolizioni.

Il cavalcavia in parola è, come già si è accennato, una necessaria conseguenza del provvedimento introdotto per evidenti riguardi alla sicurezza dell'esercizio, di condurre cioè il regresso in immediato contatto col piazzale della stazione di Volterra

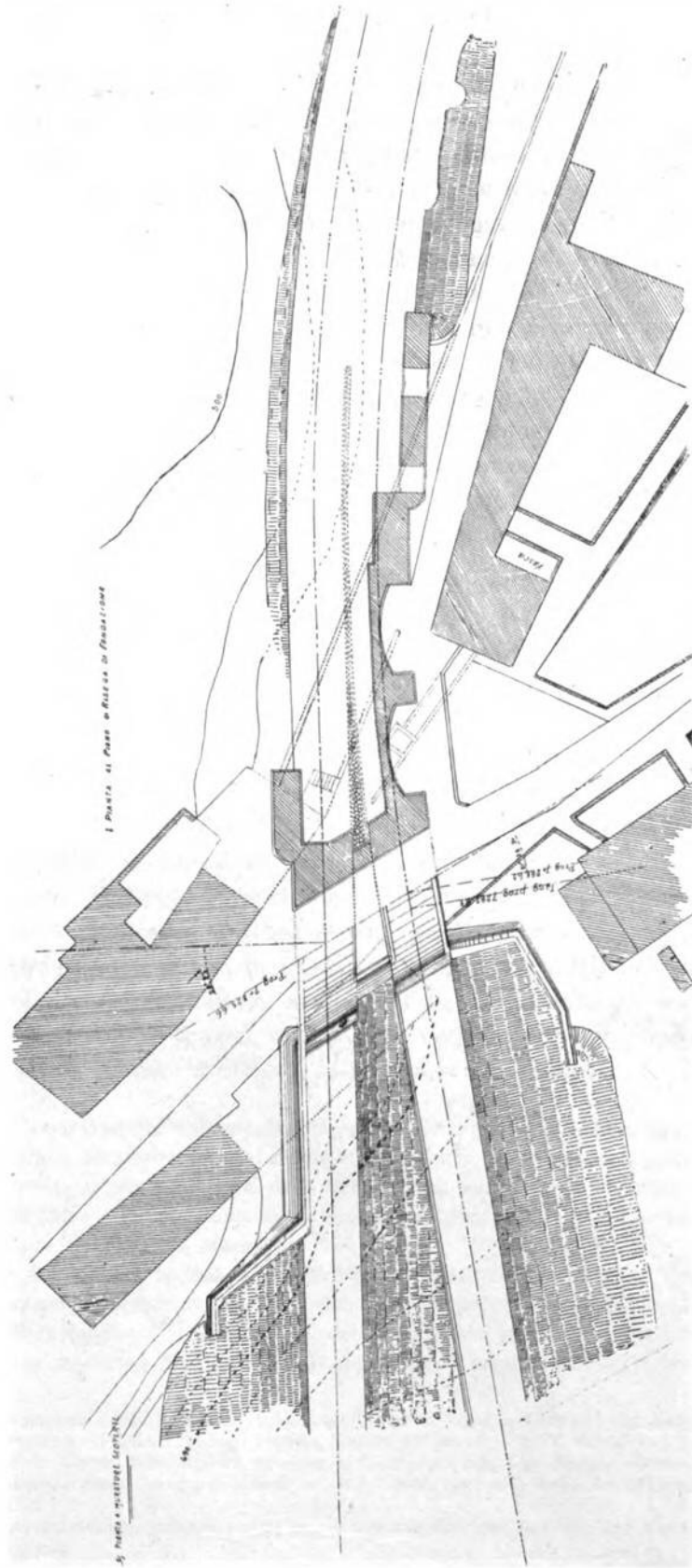


Fig. 9. — Sottovia obliquo alle progressive 7.298,85 e 7.825,66.

costituendo l'asta di manovra in diretto prolungamento e sulla stessa orizzontale di questa.

La strada provinciale di Colle Val d'Elsa viene attraversata in sopraelevazione dai due rami dell'opera accennata con due successivi archi in muratura di metri 8 di luce ciascuno, facenti un angolo d'obliquità coll'asse stradale, l'uno di $21^{\circ} 28' 30''$ e l'altro di $28^{\circ} 23'$. I due archi sono in dislivello fra di loro, come si è già accennato. Il sistema di archi si protende inoltre dal lato di monte, trasformandosi in un vero e proprio muro ad archi in sostegno dell'argine ferroviario per il primo tratto del piazzale del regresso.

La figura 9 dà meglio d'ogni altro cenno descrittivo un'idea generale di quest'opera veramente speciale per la sua complessa disposizione, sia planimetrica che altimetrica. Le fondazioni del cavalcavia in esame richiesero particolari cure essendo la zona da esse interessata punto esente dal difetto di stabilità generale per tutta la linea, ma particolarmente accentuato in quest'ultimo tratto in più diretto contatto coll'abitato di Volterra, ove l'affioramento dell'arenaria dal banco di *mattaione* costituisce un punto critico di discontinuità nella natura dei terreni interessati.
