

L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori

COSTRUZIONI CIVILI

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI FRANOSI ATTRAVERSATI DA STRADE ORDINARIE E FERRATE.

Memoria dell'Ing. LIBERTINO SODANO

Continuazione

(Veggansi le Tavole XI, XII, XIII e XIV)

Altri importanti consolidamenti sono stati eseguiti coi contrafforti in terra pigiata nelle linee siciliane e specialmente nella linea *Catania-Licata*. Vediamoli brevemente.

Consolidamento degli argini: 1° Savoca al chilometro 96 + 900; Tredici Salme, Coppola e S. Onofrio ai chilometri 80 + 500, 87 + 450, 95 + 000 (Tav. XI, fig. 1). — La scarpa a valle dell'argine 1° Savoca, costituito di materie argillose, ebbe a scoscendere dopo lunghe e prolungate piogge, essendosi formato nell'interno della massa un piano di scorrimento. Il consolidamento si è ottenuto con buon successo per mezzo di un contrafforte a più banchine di terra pigiata a cordoli, imbasato sopra uno strato o unghia di pietrame a secco, nel modo indicato dalla figura 1, Tav. XI.

Il rilevato Tredici Salme fu consolidato nello stesso modo, soltanto all'unghia di pietrame furono sostituiti strati alternati di fascine e di terra pigiata.

Quest'ultimo sistema ebbe però limitata applicazione, mentre col primo sistema furono con successo consolidati buon numero di rilevati fra i quali meritano essere specialmente menzionati il rilevato Coppola ed il rilevato S. Onofrio ai chm. 87 + 450 e 95 + 000 della linea *Catania-Licata*.

Consolidamento del rilevato al chm. 160 + 100 (da Catania) della linea Catania-Licata (Tronco Canicatti-Campobello) (Tav. XI, fig. 2). — Questo rilevato, costituito di materie argillose, provenienti dalle attigue trincee, fu impiantato sopra un terreno costituito da uno strato di argilla rimaneggiata, il quale a sua volta giace sopra un banco di argilla compatta, a profondità variabile sotto il piano di campagna fra m. 5 e m. 8.

Poco dopo aperta la linea all'esercizio nella scarpata a valle si manifestò un forte scoscendimento, accompagnato dalla traslazione dell'intero riporto, prodotta dalle peggiorate condizioni di stabilità del terreno rimaneggiato per effetto del sopraccarico aggiuntovi.

Fu necessario quindi spostare provvisoriamente il binario a destra dell'asse primitivo per procedere al consolidamento della frana; il quale si ottenne in modo soddisfacente con un robusto contrafforte di materie calcari provenienti da cave e basato a scaglioni sul banco di argilla compatta. Il lavoro fu ultimato nel luglio dell'anno 1884.

Nella linea *Benevento-Avellino* per consolidare talune trincee, scavate nelle argille, nelle quali trincee si manifestarono movimenti di fondo con lesioni del terreno fino a 150 m. o 200 m. dall'asse stradale, si praticarono dei contrafforti coi consueti impietramenti a secco per raccogliere le acque di filtrazione, ottenendo con tale sistema la stabilità del corpo stradale.

Nella linea *Taranto-Brindisi* dall'origine al chm. 2.00 si verificarono franamenti assai importanti, per la cattiva natura del terreno attraversato, costituito da argille con strati di roccia assai tenera permeabilissima all'acqua. Alcuni di tali franamenti si consolidarono con banchettoni di ghiaia muniti a tergo di ben combinati drenaggi, destinati a raccogliere le acque e dar loro sfogo mediante appositi canaletti.

Molti altri numerosi esempi si potrebbero citare di consolidamenti ben riusciti con opportuna disposizione di contrafforti in terra pigiata, specialmente nei rilevati troppo alti o impiantati sopra suolo fortemente inclinato, sia in via preventiva che repressiva e sarebbe troppo lungo enumerarli tutti.

Ciò tralasciamo di fare, sembrandoci che siano sufficienti gli esempi già addotti per non lasciare più alcun dubbio sulla utilità, nei consolidamenti sia delle trincee che dei rilevati, dei contrafforti ideati dal Bruère.

§ 3. — CONSOLIDAMENTI CON PROSCIUGAMENTI.

Scopo essenziale dei prosciugamenti è quello di arrestare il corso delle acque sotterranee e di filtrazione, di cui conosciamo i perniciosi effetti, e di convogliarle all'aperto in modo da renderle innocue.

A ciò miravano essenzialmente i drenaggi superficiali, le fogne Daigremont, le gallerie sotterranee e gli altri sistemi già descritti, nonchè le pietraie suggerite dal Sazilly e modificate in seguito dal Bruère.

Sulla utilità dei drenaggi superficiali e delle fogne Daigremont il Bruère nella sua pregiata opera ha esplicitamente manifestato il suo parere, dichiarandoli di nessuna efficacia, anzi dannosi alla stabilità del corpo stradale, e noi condividiamo completamente tale opinione.

Lo stesso è a dire per le gallerie sotterranee nel senso trasversale al corpo stradale ed isolate, quali furono descritte dal Perdonnet.

Le pietraie invece hanno dato sempre buoni risultati specialmente applicate lungo i banchi di stillamento dei terreni argillosi, ovvero dirette a raccogliere le acque di filtrazione nelle trincee aperte nei terreni permeabili.

Nella ferrovia ligure non poche trincee, e fra queste quella a levante di Alassio chm. 75 (Tronco Albenga Oneglia), furono consolidate con successo mediante una serie di pietraie nel senso trasversale, tra loro collegate nel senso longitudinale con altre disposte ad arco o in linea retta.

In Sicilia questo mezzo di prosciugamento ebbe anche esso la sua applicazione nell'intento di raccogliere le acque dei banchi di stillamento e così formare una base solida al terreno sovrastante ed impedire il deterioramento della ri-

manente scarpata per effetto delle filtrazioni superiori. Questa specie di prosciugamento prendeva però l'apparente forma di un rivestimento in muratura a secco, inclinato d'ordinario a 45° all'esterno.

Negli scoscendimenti di poca entità, cagionati da limitati banchi di stillamento, le pietraie hanno dato pure buoni risultati applicate lungo la linea dello stillamento stesso; ma in questi casi si ebbe cura di ricostituire la scarpa con terre pigiate.

Però è facile persuadersi che le pietraie non possono ricevere che limitata applicazione a casi molto semplici, giacchè se il terreno è deteriorato per considerevole profondità da abbondanti acque sotterranee e di filtrazione, bisogna evidentemente ricorrere a mezzi più radicali.

I drenaggi superficiali, e più specialmente le fogne del Daigremont, rappresenterebbero per così dire l'inizio del sistema di prosciugamento con fognature: infatti l'esperienza in seguito consigliava di sostituire allo scavo a pareti inclinate, quello a pareti verticali; al tubo di drenaggio un cunicolo in calcestruzzo; ed al riempimento con terra pigiata, un accurato riempimento di pietrame a secco di sufficiente grossezza.

Il riempimento di pietrame a secco dissipava completamente il fondato dubbio del Bruère sulla tendenza delle acque di attraversare le terre pigiate senza arrivare al tubo di drenaggio, ed il cunicolo eliminava ogni probabilità sul possibile ingorgo della fognatura quando questa però veniva costruita a dovere.

Le fognature in tal modo costruite ed impiantate sia longitudinalmente che trasversalmente, sia sotto forma di speroni e di diaframmi interni, ricevevano larga applicazione nel consolidamento dei terreni franosi, specialmente di quelli attraversati dalle superficie di scorrimento; e quando il cunicolo raccogliitore delle acque veniva impiantato al disotto di tali superficie, il successo era completo: frane di considerevole estensione furono arrestate nel loro movimento, talvolta molto sensibile.

D'altronde l'effetto non poteva essere dubbio se si considera che arrestato il corso delle acque latenti si aumentava sensibilmente l'attrito e la coesione della massa, forze già distrutte per effetto di quelle; e quindi queste forze riunite tornavano nuovamente a prevalere sull'azione della gravità ed a ristabilire di conseguenza l'equilibrio turbato, giacchè la massa prosciugata veniva a costituire come un potente contrafforte, che opponeva la sua inerzia ad ogni ulteriore spinta della massa sovrastante.

Come abbiamo già esposto, le fognature si costruirono in due modi distinti: a pozzi e gallerie, ed a cielo scoperto.

Le fognature, specialmente quelle a pozzi ed a gallerie, a quanto ci risulta, pare che abbiano avuto la loro più razionale e prima applicazione in Italia nella Ferrovia Ligure, alla costruzione della quale era preposto il Siben.

In seguito egli, insieme all'Imperatori, ne propose l'impiego su larga scala in Sicilia, dove i franamenti assunsero tali vaste proporzioni da richiedere l'applicazione delle fognature in modo svariatisimo, ottenendo sempre soddisfacente risultato: ciò quindi non deve lasciare alcun dubbio sulla loro efficacia.

Crediamo tuttavia indispensabile, per convalidare maggiormente tali risultati, esporre appresso alcuni dei principali e più importanti casi di consolidamenti, eseguiti con fognature nelle strade ordinarie e ferrate italiane.

FERROVIA LIGURE.

Le opere di fognatura eseguite in questa ferrovia consistono: in pozzi ed in piccole gallerie riempiti di pietrame a secco su platea in malta coi relativi canaletti, nei casi

in cui la grossezza dello strato di terreno mobile era considerevole; ed in speroni a secco pure su platea in malta coi relativi canaletti quando detta grossezza era minore.

I risultati ottenuti con tali opere furono soddisfacentissimi, essendosi così riuscito a prosciugare completamente una parte del terreno scosceso che servì poi di valido ritegno contro la restante massa.

Meritano di essere menzionati i seguenti lavori:

Consolidamento della frana di Guvano: chm. 77 + 686 della linea di Levante (Tav. XI, fig. 3). — Le roccie costituenti questa località sono arenarie generalmente marnose a tessitura un po' grossolana, facilmente alterabili sotto l'influenza degli agenti atmosferici. La stratificazione è diretta con forte pendio verso il mare che ne percuote e scalza il piede promuovendo estese lavine.

Presso il chm. 76 il macigno è alquanto micaceo e di tinta oscura, e le argille e gli schisti argillosi, che con qualche strato di calcare accompagnano le arenarie, sono anch'essi di colore bruno scuro. Gli strati in riva al mare pendono fortemente verso la montagna, ma vanno presto raddrizzandosi divenendo verticali, e presso la cresta di quella diramazione dell'Appennino sono inclinati in senso opposto, cioè verso il mare, presentando così la forma di un ventaglio.

Quivi nel dicembre del 1853 si manifestò una fortissima frana che si protese sino al mare; il quale, avendo con le sue corrosioni concorso a provocarla, impediva poi allo smottamento di mettersi in equilibrio.

La Ferrovia Ligure, ramo Levante, dovette attraversare questa frana con trincea profonda m. 14,50. Fu necessario quindi eseguire importanti opere di consolidamento che, per la loro posizione e per l'ufficio cui sono destinate, si possono dividere in due gruppi distinti, secondo che sono al di sotto od al di sopra del piano stradale.

Quelle al di sotto consistono in opere di difesa contro il mare per impedire ogni ulteriore corrosione, ed in opere di fognatura destinate ad asciugare il terreno che rimane a valle e sotto la ferrovia, nel fine di costituire una massa ferma e capace di opporre una resistenza sufficiente contro le terre della falda a monte, anche quando questa non si potesse consolidare in via definitiva.

Le opere di fognatura eseguite al di sopra del piano stradale consistettero: in gallerie longitudinali e trasversali seguenti l'andamento della superficie di scorrimento; in gallerie trasversali o di collegamento, ed in pozzi.

In complesso le opere di fognatura eseguite in questa frana risultano come appresso distinte:

4 gallerie longitudinali della totale	
lunghezza di m.	706,23
22 gallerie trasversali »	422,53
56 pozzi della profondità totale di m.	709,38

e quindi dello sviluppo totale di m. 1838,14

Sono formate di m³ 324 di muratura a malta e di m³ 7958 di muratura a secco.

Nelle opere di fognatura eseguite al di sotto del piano stradale le gallerie hanno la larghezza di m. 2,00 e l'altezza di m. 3 ed i pozzi la sezione quadrata di metri 2 di lato; in quelle che sono superiori al piano stradale le gallerie hanno m. 1,95 di altezza su m. 1,38 di larghezza ed i pozzi hanno la sezione quadrata di m. 1,86 di lato.

Consolidamento della trincea sotto la strada Civezza al chm. 113 + 150 della linea di Ponente (Tav. XI, fig. 4). — Il mare, corrodendo il piede del colle argilloso nel quale fu scavata detta trincea, provocò un forte scorrimento della massa sovrastante, che si estese anche

alla vicina rotabile. Si difese quindi il piede dagli scalzamenti del mare costruendo un muro di poca spessore e si prosciugò il terreno mediante pozzi e gallerie incassate al disotto del piano di scorrimento. Si ebbero risultati soddisfacenti.

Consolidamento della trincea a Levante di Capo Rolla: chm. 84 (Tronco Albenga-Oneglia). — La frana si vinse completamente con sole opere di fognatura consistenti in tre file di pozzi verticali uniti da gallerie.

Consolidamento della trincea a Ponente della galleria Capo Nero (Tronco suddetto). — Si eseguirono in questa frana dei lavori di fognatura consistenti: in n. 81 pozzi della profondità fra i m. 7 e m. 17,50 e del totale sviluppo di m. 843; ed in varie gallerie divise in 38 tratti formanti una lunghezza complessiva di m. 923.

Consolidamento della trincea ad Ovest della galleria di Ventimiglia al chm. 138 + 500. — Si eseguirono 16 pozzi di asciugamento, della profondità compresa fra m. 4 e m. 16,70, dello sviluppo totale di m. 168, e varie gallerie che formano insieme una lunghezza di m. 372.

FERROVIE SICILIANE.

I terreni dell'interno della Sicilia attraversati dalla ferrovia appartengono al periodo miopliocenico e vi predominano le argille sviluppatissime, le marne, le arenarie più o meno tenere, i gessi e talvolta i calcari compatti: tutte rocce che si rinvennero qua e là senza alcuna disposizione in relazione alla loro formazione e ciò per effetto di antichi fenomeni geodinamici.

Questi terreni quindi, a causa degli agenti atmosferici e dell'acqua che assorbono avidamente, o sono in movimento ovvero in equilibrio instabile; ed è bastata la più piccola modificazione per provocare estesi franamenti.

Nelle citate Memorie del Pessò, del Billia, del Croci sono esposti molti dei più importanti franamenti verificatisi sulle ferrovie Catania-Licata, Palermo-Porto Empedocle e sono descritte le opere di fognatura eseguite per consolidarli; ne illustreremo degli altri, per avere così un maggior numero di casi, nei quali le opere di fognatura hanno dato buoni risultati, e per potere servire di guida nelle varie circostanze della pratica.

Consolidamento della trincea Juso alle progressive chm. $\frac{64 + 435}{64 + 877}$ da Palermo (Tronco Montemaggiore-Roccapalumba) (Tav. XII, fig. 1). — Nella scarpa a monte ed a valle di questa trincea, sull'estesa di m. 450, si svilupparono frequenti frane, per effetto delle quali, in alcuni punti, trovavasi minacciata la continuità dell'esercizio, non bastando le opere precedentemente costrutte, consistenti in muri di sostegno, ad impedire i continui movimenti franosi.

La natura del terreno è costante per tutta l'altezza del taglio e precisamente riscontransi superiormente le solite argille sconvolte, e decomposte, frammiste a trovanti calcarei ed alle sabbie del miocene inferiore; al di sotto e ad una certa profondità trovavasi il terreno fermo ed impermeabile, l'argilla turchina del miocene inferiore.

Gli scoscendimenti a valle della ferrovia si verificarono là dove si erano eseguiti irregolari depositi di sterri.

Le opere di consolidamento che si eseguirono consistettero:

A monte: In una fognatura longitudinale per tutta la lunghezza della trincea incassando il fondo nell'argilla impermeabile;

In imbrancature ad Y nelle parti in cui la frana era più estesa;

In altra fognatura dietro le pareti interne dei muri di sostegno non lesionati dalla frana;

In speroni di muratura a secco, alcuni dei quali si estendono fino alla fognatura a monte.

A valle: In fognature nelle parti scoscese con imbrancature e speroni e nel regolarizzamento dei depositi e della scarpata.

Le opere furono completate nell'anno 1880 e diedero soddisfacente risultato.

Consolidamento della frana Fiaccati: chm. 66 + 000 da Palermo (Tronco Montemaggiore-Roccapalumba) (Tavola XII, fig. 2). — La frana, denominata di Fiaccati, esisteva prima che si costruisse la ferrovia da Montemaggiore a Roccapalumba, nello stabilimento della quale si cercò di evitarla, attraversandola verso il piede, alla distanza di m. 792 dal suo distacco principale a monte, con un viadotto, in muratura agli accessi ed in ferro nella parte centrale, della lunghezza complessiva di m. 230.

In seguito al dissodamento dei terreni sovrastanti ed a copiose piogge cadute nell'anno 1876, il movimento, lento fino allora, prese proporzioni allarmanti, e l'accennata importante opera d'arte, quantunque solidamente fondata, non potè resistere alla spinta dell'enorme massa in movimento, che trasportava seco la pila centrale e la spalla lato Girgenti.

Si fu costretti quindi di abbandonare tale opera, smontando la travata metallica e deviare provvisoriamente verso monte la ferrovia, impiantandola direttamente sul terreno in frana.

Gli spostamenti che subiva il binario erano così sensibili (m. 1 al giorno), che venne quasi meno la fiducia di rendere stabile quella traversata.

Tuttavia s'iniziò uno studio accurato delle condizioni generali di detta frana, per riconoscere se ed in che modo fosse possibile di consolidarla con opere aventi la necessaria stabilità.

Dai numerosi assaggi e rilievi praticati risultò che quella grande frana, costituita da una massa considerevole di argilla rimaneggiata, scorreva sopra una superficie liscia formatasi nella sottostante argilla bleu durissima con pendenza del 0.21 per metro nel senso normale alla ferrovia; e che in conseguenza di questo movimento il terreno in frana si abbassava continuamente presso lo stacco principale a monte, sollevandosi invece allo estremo a valle, precisamente dove si congiungono le due colline dette della Creta e della Volpe che costituiscono i limiti verso Palermo e verso Girgenti di detta grande frana.

In base a questi risultati, e dietro il parere della Commissione governativa Siben-Imperatori, si determinò di abbandonare definitivamente il viadotto e di intraprendere il consolidamento della sede stradale per mezzo di opportuni prosciugamenti.

Il modo di comportarsi di detta frana lasciava prevedere che in epoca non remota e senza il concorso di opere di risanamento si sarebbe rimessa in equilibrio, e ciò quando l'esterno profilo della enorme massa in movimento avesse raggiunto l'inclinazione dovuta al suo equilibrio, per modo che la gravità della massa non vicesse la resistenza di attrito.

Ma la costosa spesa per mantenere a posto il ferro e la necessità di assicurare la sede stradale prevalsero ad affrettare i necessari lavori, non potendosi d'altronde attendere che detta frana si rimettesse in equilibrio.

Le opere di prosciugamento che si eseguirono furono le seguenti:

Tre fognature parallele al binario, una a valle e due a monte del medesimo, destinate ad allacciare le acque sotterranee, le quali poi vengono smaltite per mezzo di un collettore sotterraneo, impiantato fuori della frana, lungo il piede della falda laterale verso Palermo;

Rete di cunette in muratura per raccogliere le acque superficiali e smaltirle, scaricandole nel collettore sotterraneo mediante due pozzi;

Tre fognature normali alla sede stradale sino ad attraversare il binario per scolare le acque piovane racchiuse fra le materie ghiaiose internatesi nella massa in movimento;

Piantagione fitta di eucaliptus e di acacie.

I lavori, iniziati nel 1878, furono ultimati nel 1880 e con essi si ottenne il consolidamento della zona occupata dal binario nell'attuale posizione, non che di tutta la parte a valle e del tratto a monte fino alla 3^a fogna.

Quantunque la Società, che ora esercita la Rete Sicula, abbia presentato un progetto per consolidare la zona di terreno fra lo stacco principale e la terza fogna, pure finora non sono stati riconosciuti necessari i lavori da essa proposti, preventivati in L. 344.400; e poichè non si è manifestato alcun indizio che possa far temere nuovi guasti, si può arguire che la frana si sia definitivamente consolidata.

Consolidamento della frana a monte ed a valle della traversata fra i chm. 64 + 877 e 65 + 230 da Palermo (Tronco Montemaggiore-Roccapalumba). — Aperta per 350 m. la trincea, si difese con robusti muri di sostegno al piede di entrambe le scarpate. Poco tempo dopo si svilupparono una grande quantità di frane a monte ed a valle, dovute sia alla cattiva qualità del terreno, sia alla improvvida disposizione di mettere a rifiuto le materie al disopra del ciglio delle scarpate.

Le frane, quantunque separate, dipendevano da un unico movimento del terreno ostacolato nello scendere dal muro di sostegno, il quale facendo da diga, perchè bene fondato, sollevava le materie franose rammollite e le versava nella trincea. Il piano di scorrimento dagli assaggi praticati risultò sottostante alla piattaforma stradale.

Le opere eseguite per consolidare detta trincea furono le seguenti:

Una lunga fognatura a m. 32 dall'asse stradale per tutta la trincea;

Un diaframma a secco dietro il muro di sostegno e vari speroni nelle parti più scoscese;

Fognature secondarie isolate con imbrancature nelle parti scoscese a valle;

Sbancamento e sistemazione delle terre, cunette sulle fognature e dietro il ciglio del muro a secco.

Consolidamento del rilevato detto del n. 25 al chilometro 66 + 864 da Palermo (Tronco Montemaggiore-Roccapalumba) (Tav. XII, fig. 3, 4 e 5). — Questo immenso riporto fu eseguito colle materie provenienti dalla prossima trincea Belvedere, le quali nel loro impiego ebbero la stessa distribuzione e lo stesso ordine che si seguì nello scavo; ed in fatti in corrispondenza al corpo principale dell'argine si utilizzarono le argille cretacee e gli schisti argillosi polverizzati; mentre lateralmente e per una certa altezza anche del nucleo stesso si impiegarono i detriti dell'arenario miocenico che costituiva il nucleo centrale dell'anzidetta trincea.

L'argine stesso attraversa una profonda e stretta convalle le cui falde laterali si uniscono al piede lungo una linea tortuosa che tracciava l'antico alveo del rivo; però l'acquedotto, anzichè seguire questo irregolare andamento, venne in massima parte innestato al piede della falda

Nord, per modo che le prime materie di riporto dovettero essere impiegate a riempimento della più profonda depressione del fosso.

Per l'accennata speciale distribuzione di materie e per la non favorevole disposizione planimetrica della campagna, le acque superficiali, assorbite dai detriti suddetti e dai primi strati di terreno argilloso, finirono per rendere completamente lubrica la massa di terreno argilloso che costituiva la base del rilevato. L'enorme peso degli strati superiori, comprimendo tale massa, resa eminentemente plastica e mobile, ne determinò uno spostamento, cui necessariamente conseguì l'abbassamento e la deformazione del rilevato.

Le opere di consolidamento che si escogitarono furono specialmente intese a risanare gli strati interni e più bassi del rilevato.

Si praticarono in galleria diverse fognature in senso longitudinale e trasversale al rilevato, attraversate da frequenti pozzi assorbenti, disposti in linea lungo le banchine a valle e sotto la piattaforma, nell'intento di prosciugare le terre, specialmente in quei punti dove i rilievi e gli assaggi indicarono la presenza dell'acqua.

Furono sistemate le banchine a valle ed a monte, con opportuni ricarichi, specialmente nel piede a valle collo scopo di contrastare ulteriori movimenti, e con cunette e scivole murate.

Durante l'esecuzione dei lavori, nella falda a monte del rilevato lato Palermo, si rinvennero abbondanti filtrazioni in terreno argilloso e sabbioso disciolto con indizi di stratificazione; e si poté constatare che tali filtrazioni provenivano dalla falda della collina soprastante, costituita di terreni alluvionali, nei quali prevalgono rilevanti ammassi di arenarie.

Fu quindi opportunamente costruita, lungo il piede della scarpata a monte del rilevato stesso verso Palermo, una fognatura la quale allaccia le acque sotterranee provenienti dalla montagna sovrastante e le conduce a versarsi nel pozzetto a monte dell'acquedotto.

Le opere ultimate nell'anno 1880 hanno dato splendidi risultati e meritano di essere menzionate per la loro specialità.

Consolidamento del rilevato detto del n. 63 e 63^{bis} al chm. 74 + 870 da Palermo (Tronco Roccapalumba-Lercara). — Questo rilevato della massima altezza di m. 8,00 nel 1875 era in frana per la lunghezza di metri 300 circa.

Le cause degli scoscescimenti, secondo il giudizio della Commissione Siben ed Imperatori erano le seguenti:

Cattiva qualità di parte delle materie impiegate nel rilevato;

Insufficiente stabilità e consistenza del terreno naturale incapace di sostenere il peso del rilevato, quando, dopo le piogge, trovavasi imbevuto d'acqua;

Corrosioni delle sponde dei rivi.

Le opere eseguite per il consolidamento consistettero:

1. Nella sistemazione dei corsi d'acqua a monte mediante rivestimenti dei fossi e con cunette murate;

2. Nel prolungamento dei due acquedotti sino ad incontrarsi e nel rivestimento in muratura dello scolo comune;

3. In una fognatura parallela a valle con vari speroni o fognature normali che si spingono a monte fin sotto il rilevato medesimo.

Consolidamento del rilevato detto del n. 42 al chilometro 70 + 738 (Tav. XII, fig. 6). — Questo rilevato è lungo metri 198, la sua altezza massima è di metri 20, l'altezza media di metri 13. È formato con gli schisti ar-

gillosi delle due trincee contigue e posa sopra un terreno costituito di argilla rossastra compatta non stratificata.

Presso l'estremità Palermo in corrispondenza di una rilevante depressione era stato in origine progettato un acquedotto che poi si sopprime e venne sostituito da un drenaggio quasi normale all'asse ferroviario; il quale drenaggio, per non essere stato eseguito con le debite cautele e non spinto a conveniente profondità, ben presto si otturò, e diede luogo ad un parziale scoscendimento che venne riparato nel 1872 con la costruzione di un muro a secco a forma di ferro di cavallo, al piede a valle del tratto di argine in frana.

Fino all'agosto 1875 questo grande argine non diede alcun segno di movimento e sembrava che l'accennata opera di consolidamento avesse fatto buona riuscita; ma poco dopo si manifestò un brusco movimento sopra una lunghezza di metri 70, la cui estremità verso Palermo coincideva collo stacco, già menzionato, verificatosi nel 1872.

La causa che determinò questo movimento fu l'acqua che, infiltrandosi lungo il piano di separazione fra gli schisti della montagna ed il terreno alluvionale sul quale poggia l'argine, rese lubriche le due superficie e ne promosse il distacco. Vi concorsero le acque racchiuse nell'antico drenaggio e quelle pluviali che filtravano lungo la scarpa a monte dell'argine.

Le opere pel consolidamento di detto rilevato consistettero essenzialmente:

In una fognatura, parallela a monte del binario, di metri 1,20 di larghezza e della profondità di metri 14 col fondo incastrato nell'argilla bleu, destinata a prosciugare la massa scorrente sottoposta alla piattaforma stradale e ad intercettare e raccogliere le acque provenienti dagli schisti a monte;

In una galleria nella massa del rilevato normale alla fognatura parallela, in modo da servire per prosciugare la massa e per lo scarico di detta fognatura parallela;

Nella sistemazione delle scarpate dell'argine a banchine;

Nel prolungamento dell'acquedotto;

Nella costruzione di cunette lungo l'incontro del terreno naturale col terreno di riporto.

I lavori completati nel 1880 diedero buoni risultati.

Consolidamento del rilevato al chm. 74,650 della linea Palermo-Porto Empedocle (Tronco Roccapalumba-Lercara) (Tav. XII, fig. 7). — Questo rilevato sovrasta due valloni che si riuniscono al piede della sua scarpa a valle, ha la lunghezza totale di circa 100 metri, l'altezza di metri 12 sul primo vallone e di metri 17,00 sul secondo, ed è formato con materie abbastanza buone, provenienti dall'attigua trincea di appoggio della Galleria del Contrafforte e dalla seguente trincea, scavate ambedue in arenaria alternata con argilla.

Dopo pochi mesi che il medesimo fu costruito, diede segni di lievi cedimenti, e fu necessità prolungare uno dei due acquedotti per poter rinfiancare il piede con buone terre; a valle si dovè costruire un muro di sostegno al piede ed una briglia attraverso il vallone per impedire i danni che avrebbero arrecati le acque del rivo scavando maggiormente il suo fondo e corrodendo il piede dell'argine.

Questi lavori diedero buoni risultati, ma non arrestarono del tutto il movimento, che continuò a manifestarsi, sebbene in piccola proporzione, coll'abbassamento del ferro per una lunghezza di circa metri 80.

Il riporto infatti scorreva, sebbene lentamente, sull'antico terreno di campagna, su cui si radunavano tutte le acque che filtravano attraverso la sua massa di natura permeabile; inoltre una grande quantità di acqua si era

raccolta nell'interno del rilevato stesso, e nella massa di ghiaia e pietrisco portato di continuo per rialzare il ferro.

La scarpa a monte però era ferma ed intatto il muro al piede a valle; ciò confermava la sopra citata causa del movimento.

Per consolidare quindi detto rilevato furono attuati i seguenti provvedimenti:

Fognatura parallela al ferro a valle, a distanza di metri 2,50 dal medesimo, nella massa del rilevato col fondo incassato nel terreno fermo, nel fine di raccogliere le acque contenute nella massa stessa e quelle filtranti nell'antico piano di campagna su cui scorreva il rilevato;

Sistemazione a banchine delle scarpate a monte ed a valle e costruzione delle relative cunette di scolo in muratura;

Prolungamento dell'altro acquedotto per far luogo alle accennate banchine e costruzione di un cunettone in prosecuzione dell'acquedotto così prolungato che accompagna le acque fino al fondo del vallone per impedire le corrosioni.

Le opere eseguite nell'anno 1881 diedero ottimi risultati.

FERROVIA CANDELA-FIUMARA D'ATELLA. TRONCO CANDELA-S. VENERA.

In questo tronco si dovette attraversare per necessità di tracciato una frana abbastanza estesa con un rilevato.

Il piano di scorrimento essendosi riconosciuto alquanto profondo, si costruì una rete di fognature parallele e trasversali per deviare le acque di filtrazioni dirigendole nel vicino Vallone Noce.

L'argine costituito con materie argillose venne prosciugato con scoline (vespai) a breve distanza, interpolate da fognature trasversali.

FERROVIA ROMA-SULMONA.

Il piazzale della stazione di Sulmona è in trincea dal lato a monte.

Il terreno costituito di strati brecciosi alternati con sedimenti argillosi è permeabilissimo all'acqua, la quale lubrificando le argille mise in movimento tutta la costa.

Fu consolidata con una lunga fognatura presso il ciglio della scarpa a monte (m. 707) e per prosciugare la sede del piazzale si praticò una rete di piccoli drenaggi trasversali e longitudinali dello sviluppo di mm. 4400.

FERROVIA LEGNAGO-MONSELICE.

Il piazzale della stazione di Monselice, aperto in trincea in un colle argilloso, dopo prolungate piogge manifestò sensibili indizi di movimento.

Fu consolidato con profonde fognature a monte della trincea.

FERROVIA BOLOGNA-VERONA.

In molti rilevati del tronco Bologna-San Felice furono nella costruzione impiegate terre argillose.

Col sopravvenire delle piogge si manifestarono estesi scoscendimenti talvolta uniti a scorrimenti del sottosuolo, il quale di sua natura era cattivo.

Si dovettero quindi rivestire detti rilevati con materie ghiaiose provenienti dal fiume Reno, praticando un sistema di fognatura costituito da fossetti scavati a distanza di 50 metri l'uno dall'altro nel nucleo della materia argillosa sottoposta al rivestimento di ghiaia, riempiti di ciottoli ed avviluppanti la sezione del nucleo stesso.

Queste fognature vanno poi ad allacciarsi ad una fognatura longitudinale per la quale le acque raccolte defluiscono in siti innocui.

STRADA PROVINCIALE DI 2ª SERIE, N. 50.

LERCARA-CHIUSA PER LA FILAGA.

TRONCO PALAZZO ADRIANO-SELLA CARDUCCIO.

Consolidamento degli argini a valle fra le normali di progetto 41-44 e 97-99 (Tav. XIV, fig. 1 e 2) (*) — In questi due rilevati, oltre allo scoscendimento della scarpata a valle si riconobbero indizi di movimento del terreno su cui gli argini stessi poggiavano.

I lavori di consolidamento eseguiti nell'anno 1885 con esito favorevole consistettero:

In una fognatura longitudinale sul ciglio a monte della strada per allacciare le acque sorgive che provocarono le frane;

Nella costruzione di speroni a secco con canaletti sottostanti per dar sfogo alle acque della fognatura, e prosciugare nel medesimo tempo il tratto di argine da ripristinarsi con buone materie pigiate.

Consolidamento della frana S. Marco fra le normali di progetto 64 e 80 (Tav. XIV, fig. 3). — Per effetto delle dirette piogge del mese di marzo 1885, una imponente frana si sviluppò in contrada S. Marco, la quale, distruggendo tre acquedotti di un metro, trasportò i due tratti di strada presso la curva di ritorno rendendone impossibile il transito.

Studiata bene la località, con esatti rilievi planimetrici ed altimetrici, e fatti eseguire taluni assaggi nel terreno in frana, si venne a riconoscere che vari depositi di acqua esistevano nella costa in movimento; le quali acque infiltrandosi avevano determinato il piano di scorrimento, e distrutta la coesione della massa, che scoscese cagionando gli accennati guasti.

La frana presentava un asse di depressione e si estendeva più nel senso della lunghezza, che in quello della larghezza, come facilmente può rilevarsi dalla planimetria (Tav. XIV, fig. 3).

Le opere che vennero proposte ed eseguite nell'anno 1886 per consolidare detta frana consistettero:

In una fognatura secondo l'asse di depressione con due imbrancature in prossimità dell'origine del distacco;

In nove speroni per prosciugare i tratti in argine scoscesi;

Nella sistemazione delle scarpate scoscese con buone materie e nella regolarizzazione del bacino della frana allo scopo di dare pronto e libero scolo alle acque piovane ed evitare i facili ristagni che vi si potessero verificare per effetto delle ondulazioni prodotte nel terreno della frana stessa.

TRONCO SELLA CARDUCCIO-CASE TORTORICI.

In questo tronco si verificarono molti scoscendimenti con piani di scorrimento a profondità variabile da 6 a 7 metri e furono eseguite le seguenti opere di consolidamento:

Nel rilevato fra le normali 35 e 40. — Fognatura a monte, sperone nella scarpata a valle e sistemazione della medesima;

Nella mezza costa Lissandro fra le normali 10 e 11. — Fognatura sotto la cunetta, uno sperone per lo scarico delle acque raccolte dalla fognatura, e sistemazione delle scarpate;

Nella mezza costa fra le normali 14 e 16. — Fognatura sotto la cunetta, uno sperone per lo scarico delle acque raccolte da questa, e sistemazione delle scarpate.

(*) Le figure riflettenti lavori per strade provinciali sono state tutte riunite nella Tav. XIV.

STRADA PROVINCIALE PALERMO-CORLEONE.

TRONCO PALERMO-MISILMERI.

Lavori di consolidamento della frana al chm. 13+000 (Tav. XIV, fig. 4). — In questa località, per effetto delle continue piogge dell'anno 1885, si sviluppò una estesa frana prima che a monte venisse costruita la ferrovia Palermo-Corleone.

Il piano di scorrimento era alquanto profondo essendo la costa molto ripida.

Per consolidarla fu eseguita una profonda fognatura parallela all'asse della strada col cunicolo di scolo.

§ 4. — CONSOLIDAMENTI A SISTEMA MISTO CON FOGNATURE E SOSTEGNI.

Nei casi di franamenti complessi, quando cioè riuniscansi insieme molte cause, come per esempio lo scoscendimento delle scarpate e lo scorrimento del sottosuolo, i costruttori hanno associato le fognature ai sostegni sia in muratura che in terra pigiata.

Questo sistema di consolidamento, cui hanno dato il nome di misto, ha avuto larghissima applicazione per rendere stabili le trincee ed i rilevati danneggiati dalle cause accennate.

Ai sostegni in muratura sono da applicarsi le stesse considerazioni già fatte quando furono discussi questi mezzi, che cioè bisogna ricorrere ad essi, associandovi, beninteso, le fognature, ed in casi affatto eccezionali, giacchè sono costosissimi. Invece sono da preferirsi i sostegni in terra pigiata nel modo indicato dal Bruère, perchè economici e di effetto sicuro.

Citeremo pertanto alcuni casi di consolidamenti di questo sistema che hanno fatto ottima prova.

FERROVIA LIGURE.

Consolidamento della trincea Fabbiani (Tav. XI, fig. 5). — Questa trincea è scavata in terreno argilloso misto a detriti ed a banchi distaccati di roccia, avanzo di antichissima frana, che fu messa al riparo dalle corrosioni del mare soltanto quando fu costruita la strada provinciale.

La falda, quantunque avesse una inclinazione più forte di quella che comportavano le condizioni di un equilibrio stabile, finchè rimase asciutta non diede alcun indizio di danni ai muri che erano stati costruiti a difesa della provinciale e della ferrovia.

Ma in seguito alle dirette piogge degli ultimi mesi del 1872, tutta quella massa di materie argillose si rammollì e gravitò col suo enorme peso sul muro di controriva, il quale per m. 2,45 fu gravemente danneggiato.

Essendosi riconosciuto, mediante opportuni assaggi, che quel terreno conteneva molta acqua, e che in alcuni punti era ridotto allo stato di fango, si decise di consolidarlo mediante gallerie di fognatura prolungate fino all'incontro del terreno fermo, e collegate alle loro estremità da altre gallerie, nel fine di ottenere il risanamento di tutto il terreno franoso interposto fra il muro e la roccia solida.

Il muro esistente fu poi rinforzato, elevato a maggiore altezza, e ricostruito nei tratti ove era maggiormente danneggiato.

Si sistemò poi la falda e si incanalavano le acque superficiali.

Consolidamento della trincea a Levante della stazione di Porto Maurizio sotto la villa Reinfeld al chm. 97+330 (Tronco Oneglia-confine francese). — Questa frana si rovesciò invadendo la sede della ferrovia e della strada provinciale sospendendo di entrambe l'esercizio.

Fu dapprima prosciugata con opportune opere di fognature a pozzi ed a gallerie; poscia, eseguito lo sgombrò, si costruì un robusto muro ad archi e pilastri per sostenere la sede della provinciale.

Le opere diedero splendido risultato.

Consolidamento della trincea a Ponente della torre Alagai al chm. 188 + 215. — Questa trincea fu consolidata con contrafforti di muratura a secco, che traversavano la piattaforma fino al piano di scorrimento, e con muro di sostegno.

FERROVIE SICILIANE.

LINEA PALERMO-PORTO EMPEDOCLE TRONCO MONTMAGGIORE-ROCCAPALUMBA.

Consolidamento della trincea Palma fra i chm. 64 + 055 e 64 + 239.90 da Palermo (Tav. XIII, fig. 1, 2 e 3). — La costa, attraversata dalla ferrovia colla trincea detta Palma fra i chilometri suddetti della linea Palermo-Porto Empedocle, presentava la forma di un ingente cono di deiezione, con la base nel fondo della valle ed il vertice sulla linea di compluvio delle due prossime falde. Tale speciale conformazione, ed i particolari caratteri geologici che si riscontrarono nella costa medesima, indussero a ritenere che il detto cono di deiezione era formazione di alluvionali depositi, determinati, in periodi remotissimi, da successivi movimenti franosi nelle sovrastanti colline e dai continui tributi dei rivi laterali. Questa induzione veniva avvalorata dalla disordinata e confusa presenza delle argille gialle dello eocene superiore colle sabbie ed arenarie del miocene inferiore. In corrispondenza quindi della ferrovia il terreno immobile si sarebbe dovuto incontrare al piano, un tempo scoperto, su cui poggiava il predetto cono; ed infatti tale piano, giusta i risultati degli assaggi praticati, fu rinvenuto a profondità non minore di metri 16 sotto la piattaforma stradale.

I movimenti delle due scarpate della trincea però non avvenivano sopra determinati piani di scorrimento, ma erano invece causati dalla imperfetta coesione della massa, i cui elemepti, esposti, a causa del taglio praticato, al contatto dell'aria, subivano i noti dannosi effetti, gonfiandosi e decomponendosi; mentre la presenza di abbondanti filtrazioni dava maggiori pretesti a pressioni considerevoli, contro le quali non poterono formare efficace ostacolo i muri di sostegno costrutti, che furono tuttavia danneggiati, tanto più poi che le fondazioni non raggiunsero il terreno solido.

L'esercizio era quindi continuamente minacciato, e le opere di consolidamento che si escogitarono per metterlo al sicuro furono le seguenti:

Demolizione dei muri di sostegno rovinati e conseguente sistemazione delle scarpate;

Costruzione di diaframma a secco dietro la parte interna di quelli che potevano ancora reggersi;

Fognature di piattaforma sotto le cunette;

Sperone in entrambe le pareti;

Banchettone di materie ghiaiose nella scarpata a monte nel tratto dove si manifestarono scoscendimenti.

Consolidamento della trincea Volpe fra i chm. 65 + 800 e 66 + 000 da Palermo. — Il movimento franoso a monte di tale trincea interessava la susseguente galleria per metri 15.

Il piano di scorrimento, all'altezza della piattaforma stradale, nel tratto dove interessava la suddetta galleria, si abbassava rapidamente verso Palermo, scendendo fino a sette metri sotto il piano del ferro.

Fu consolidata la galleria colla costruzione dell'arco rovescio.

Nella trincea si eseguirono le seguenti opere:

Sbancamento e sistemazione delle scarpate;

Fognatura parallela nel ciglio a monte;

Speroni nei tratti acquitrinosi;

Banchettone di materie ghiaiose con retrostante muro filtro in prossimità della galleria, essendosi in questo tratto, durante l'esecuzione dei lavori, manifestato un forte scoscendimento.

Questi lavori diedero eccellente risultato e furono ultimati nel giugno 1882.

Consolidamento della trincea Creta fra i chm. 65 + 230 e 65 + 587 da Palermo (Tav. XIII, fig. 4 e 5). — In questa trincea si svilupparono due importanti franamenti nella costa a monte con caratteri affatto diversi.

Il primo si effettuava sopra un piano che al piede della scarpata aveva l'ordinata della piattaforma stradale, ed il secondo era limitato ad un banco di terreno argilloso cretaceo scorrente sopra un contrafforte di argilla turchina gessosa del miocene inferiore, entro il quale venne scavato l'ultimo tratto di trincea verso Girgenti.

La prima frana fu consolidata con una fognatura a metri 30 dall'asse, che corre per tutta la trincea, sino a raggiungere il diaframma dietro il banchettone nella seconda frana e con speroni che non arrivano alla fognatura.

Lo strato argilloso costituente la seconda frana lunga metri 150 aveva la estrema superficie accidentata, e la sommità del banco di argilla turchina si trovava disposta con due diverse pendenze; la più forte da Palermo verso Girgenti e l'altra in senso normale alla ferrovia.

Lo strato in movimento versava le materie, specialmente nell'inverno, nella trincea senza interruzione.

Dalla Commissione Siben-Imperatori fu proposto di eseguire al disopra del banco argilloso e con rientranza di circa metri 10 un completo sbancamento delle materie franose e di rivestire quindi la fronte a monte di detto sbancamento con un contrafforte di terra battuta e ghiaia, coll'avvertenza però di interporre fra la stessa parete ed il contrafforte un muretto a secco munito inferiormente di regolare cunicolo pel pronto smaltimento delle acque di filtrazione.

Tali opere furono eseguite ed il diaframma del contrafforte fu raccordato colla fognatura della frana Fiaccati susseguente e con la fognatura della frana precedente, come abbiamo accennato.

Le opere stesse hanno finora regolarmente funzionato.

Consolidamento della trincea Belvedere al chilometro 65 + 500 da Palermo (Tav. XIII, fig. 6, 7, 8 e 9). — La profonda trincea Belvedere fra i chm. 65 + 300 e 65 + 800 è tutta scavata nelle argille, le quali, fin dall'inizio delle costruzioni, non presentavano i medesimi caratteri, giacchè quelle che si trovavano verso Palermo e nella parte centrale erano completamente rimaneggiate, le altre schistose e dotate di sufficiente coesione.

Per questa notevole differenza, nel tratto della trincea compreso fra l'origine verso Palermo e la linea di separazione delle due specie di argilla si verificarono incessanti ed imponenti franamenti della parete a monte ed importanti sollevamenti della piattaforma stradale, i quali guasti minacciavano la continuità dell'esercizio, che potè essere mantenuto mercè l'opera indefessa di numerose squadre di operai.

Per l'entità della frana si era proposto in corrispondenza di essa una variante a monte passandovi al disotto con galleria di metri 540. Questo progetto costoso, e che d'altronde in quella cattivissima costa non avrebbe messo al sicuro la ferrovia, fu scartato dal Ministero dei Lavori Pub-

blici, il quale incaricò la Commissione Siben ed Imperatori di studiare e proporre i più adatti mezzi per consolidare l'importante frana.

Le speciali e gravi condizioni della parte in movimento richiamarono più particolarmente l'attenzione della prefata Commissione, la quale prescrisse, in via di massima, i prosciugamenti atti a ristabilire l'equilibrio di quella enorme massa di terra.

Coi savi criteri di questa Commissione furono redatti nel 1877 i primi progetti ed iniziate le opere di fognatura; ma nel corso dei lavori le opere progettate subirono notevolissime variazioni per essersi trovato il piano di scorrimento ad una profondità maggiore di quella prevista.

Oltre le opere di fognatura fu riconosciuta in seguito la necessità di qualche tratto di banchettone nella parte scoscesa per evitare ulteriori movimenti.

Per dare un'idea dell'importanza di questo consolidamento si riassumono qui appresso le opere tutte compiute nel 1880:

1° Fognatura a taglio aperto lungo la linea di distacco collo scopo di intercettare tutte le filtrazioni provenienti dalla sovrastante montagna formata da sabbie del miocene inferiore insistenti sull'argilla bleu scagliosa dell'eocene superiore;

2° Fognatura a taglio aperto al piede della scarpata a monte per raccogliere e smaltire le acque sotterranee racchiuse nella massa in movimento;

3° Fognatura normale alla ferrovia nella parte estrema a monte (verso Girgenti), traversata da due fognature parallele a conveniente distanza per prosciugare quella falda che d'inverno diventava scorrevole;

4° Sistemazione a banchine della scarpata a monte;

5° Costruzione di speroni a secco internati nella scarpata ed in corrispondenza ai maggiori movimenti della costa;

6° Banchettone di materie ghiaiose con retrostante diaframma nei tratti dove erano più pronunziati gli scoscese della scarpata;

7° Regularizzazione dell'esterna superficie della massa in frana a monte ed a valle a piani inclinati;

8° Costruzione di cunette e fossi di guardia per dividere le acque che cadono sulla falda estesissima.

Nel 1885 il tratto della trincea costituita di argille schistose, che si erano soltanto regularizzate, cominciò a dare segni di movimento, i quali cresciuti negli anni 1886 e 1887 richiesero anche il consolidamento di questo tratto con le seguenti opere:

Prolungamento verso Porto Empedocle della fognatura di piattaforma e del banchettone esistente nel tratto consolidato;

Regularizzazione a piani inclinati e banchine della scarpata deformata;

Costruzione di altre cunette per regularizzare lo scolo delle acque superficiali.

LINEA CATANIA-LICATA.

Consolidamento del rilevato Grottarossa al chilometro 139 + 700 da Catania. — Questo rilevato fu costruito utilizzando materie argillose per il nucleo centrale e detriti rocciosi di calcare siliceo per le parti laterali. Questi ultimi permeabilissimi permisero alle acque di raggiungere la superficie del nucleo centrale e formare quivi dei piani di scorrimento, sui quali le parti laterali scoscesero.

Il rilevato fu consolidato con contrafforti in terra pigiata, con diaframmi e speroni di muratura a secco per

raccogliere le acque della massa interna, con pietraie longitudinali al piede.

Consolidamento del rilevato Paradiso al chm. 136 + 150 da Catania. — Questo rilevato, oltre ad essere stato costruito con materie di prima qualità, insiste sopra un suolo che, per uno spessore da m. 8 a m. 10, è costituito di terreno argilloso permeabilissimo, cui segue un substrato di argille e marne rimaneggiate di grande potenza.

I guasti che si verificarono furono:

1° la deformazione delle scarpate;

2° l'abbassamento della massa;

3° lo scorrimento della medesima verso valle.

A rimediare questi guasti si eseguirono i seguenti lavori:

Fognatura longitudinale a monte, parte costruita a cielo aperto, parte in galleria per intercettare le acque sotterranee e quindi impedire lo scorrimento del terreno;

Ricostituzione del rilevato con materie di buona qualità disposte a contrafforti con banchine intermedie.

Gli accennati due esempi, illustrati dall'ingegnere A. Croci nella sua pregevole Memoria, già citata, costituiscono due tipi di consolidamento di rilevati col sistema misto che bene si adattano ai casi di scosciamento di massa delle scarpate per cattiva costituzione del riporto; ed a quelli più complessi, quando cioè la deformazione delle scarpate è accompagnata dal cedimento del suolo e dallo scorrimento del sottosuolo (*).

FERROVIA CEVA-ORMEA.

La trincea Pievevite è scavata in un colle argilloso. Dopo aperta all'esercizio la linea si manifestò un potente scorrimento che impegnava la strada nazionale per Oneglia, la ferrovia ed il canale di un mulino.

Le opere eseguite per consolidare questa frana furono le seguenti:

Fognatura longitudinale a monte a m. 45 dalla strada carrettiera con collettore centrale;

Contrafforte in terra pigiata al piede con speroni;

Fosso di guardia per raccogliere le acque superficiali;

Sistemazione generale e piantagione della intera zona scoscesa.

LINEA CUNEO-MONDOVI.

La frana in vicinanza del fiume Pesio, denominata dei Revelli, prodotta dallo scalzamento di questo, fu consolidata con le seguenti opere:

Fognatura longitudinale a m. 15 dall'asse stradale;

Contrafforte di terra pigiata con speroni;

Fossi di guardia;

Sistemazione generale delle terre scoscese e piantagione.

LINEA ROMA-SULMONA.

La trincea Zappanotte dell'altezza massima di m. 10 venne prosciugata dalle filtrazioni di acque mediante fognatura a monte della lunghezza di m. 507, sostenendo la scarpata a monte con un muro ad archi e pilastri in malta con interposto pietrame a secco.

STRADA PROVINCIALE DI 2ª SERIE, N. 50.

LERCARA-CHIUSA PER LA FILAGA.

TRONCO PALAZZO ADRIANO-SELLA CARDUCCIO.

Consolidamento dell'argine a valle fra le normali di progetto 136 e 141 (Tav. XIV, fig. 5 e 6). — Questo im-

(*) Numerosi casi analoghi ai due citati sono esposti dal Pessio e dal Billia nelle loro pregevoli Memorie, già citate.

portante rilevato, poggiante sopra un terreno molto declive, fu costruito con materie argillose le quali per effetto di prolungate piogge scoscesero quasi interamente sul piano di campagna.

Avuto riguardo all'entità della frana si era giudicato dapprima più economica la costruzione di una deviazione a monte; ma esaminata meglio la località si riconobbe che lo smottamento andava sempre più aumentando per l'infiltrazione delle acque nel punto più depresso della frana.

Siccome adottando la deviazione, oltre ad assegnare alla strada un andamento stentato per la vicinanza della curva di ritorno, non ne sarebbe derivata tutta la garanzia di solidità, potendo in seguito lo smottamento estendersi fino a compromettere la nuova strada, così si riconobbe miglior partito consolidare l'argine.

I lavori a tale scopo eseguiti nell'anno 1885 con risultato soddisfacente furono i seguenti:

Contrafforti in terra pigiata con impietramenti.

Speroni a secco per raccogliere ed esitare le acque della massa dell'argine e quelle provenienti dai muri filtri.

§ 5. — CONSOLIDAMENTO DEI RILEVATI COSTRUITI SOPRA SUOLO COMPRESSIBILE.

Il consolidamento dei rilevati costruiti sopra suolo compressibile potrebbe trovare posto nel sistema dei consolidamenti con prosciugamenti. Però, siccome oltre questo sistema altri metodi hanno fatto anche buona prova, crediamo opportuno trattare a parte questo importante e speciale argomento.

Rilevati costruiti sopra suolo compressibile. — Il difetto di consistenza del suolo, su cui vengono talvolta costruiti grandi rilevati, produce ordinariamente il lento e progressivo abbassamento dei medesimi, sia in modo uniforme, sia in modo irregolare; ed il rigonfiamento del terreno al piede delle scarpate.

Nella ferrovia di Mulhouse il gran rilevato della Meance presso Provins, del volume di 500.000 m. c., e dell'altezza massima di 15 m., penetrò per m. 5 nel suolo su cui era poggiato, restando sotterrati circa 200.000 mc. della terra trasportata, ossia circa $\frac{2}{5}$ del volume dell'intero rialzo.

I terreni acquitrinosi, i torbosi, ed in generale tutti quelli in cui l'acqua ristagna, distruggendo la coesione, devono sempre richiamare l'attenzione del costruttore prima di stabilirvi un riporto nel fine di correggere preventivamente il vizio della compressibilità.

Per raggiungere tale scopo è ovvio che basta prosciugare la sede del rilevato ed impedire alle filtrazioni di penetrarvi nuovamente producendo i guasti cui si vuole riparare.

Ad evitare però la compressione del suolo sotto il peso del riporto si sono adoperati vari mezzi a seconda delle circostanze che si presentarono fra i quali citeremo:

Il prosciugamento per limitata altezza dello strato superficiale od il prosciugamento del sottosuolo, se è necessario, con fognature e pozzi assorbenti;

L'asportazione dello strato compressibile in tutto od in parte e la sostituzione di esso con materie di buona qualità;

La costituzione di una base artificiale con fascine, o pozzi ripieni di materie resistenti;

L'allargamento della base di appoggio del terrapieno nel fine di ripartire la pressione sopra una maggiore superficie e fare quindi equilibrio a quella del corpo principale;

La formazione del riporto con materie leggerissime;

L'esaurimento del limite di compressibilità della base sopracaricando il riporto fino a raggiungere l'equilibrio.

Tutti questi mezzi sono stati impiegati o isolatamente o combinati fra di loro; in generale però quelli che tornano più vantaggiosi ed economici sono: i prosciugamenti, la formazione dei rilevati con materiale leggero, ed anche talvolta l'esaurimento del limite di compressibilità del terreno.

Il Bruère per terreni torbosi consiglia di praticare le fognature a limitata profondità, longitudinali fuori e prossime al piede delle scarpate, e trasversali nella base opportunamente collegate con le prime; e di assegnare alle scarpate una maggiore inclinazione come per esempio 2 p. 1. Ritiene che un terreno torboso che si estende a grande profondità non dovrebbe comprimersi in modo sensibile se viene così prosciugato per lo spessore di 5 o 6 metri.

Riportiamo intanto qui alcuni casi di analoghi lavori già eseguiti che possono dare una idea dei trattamenti usati in tali terreni.

FERROVIA RAVENNA-RIMINI E DIRAMAZIONE LAVEZZOLA-LUGO.

Questa ferrovia attraversa in parecchi tratti terreni argillosi, melmosi e torbosi, che sono sommergibili in massimo grado.

Si ebbero quindi gravi difficoltà dove fu necessario stabilire grandi rilevati, perchè il suolo cedeva, il rialzo si sprofondava talvolta sensibilmente, sollevando la campagna ai fianchi.

Fu riconosciuto conveniente ed economico l'esaurimento del limite di compressibilità di quel terreno con successivi ricarichi.

Fra le stazioni di Volterra ed Alfonsine, a 17 chilometri da Argenta, il rilevato si abbassò di oltre un metro di altezza per due tratte di 100 metri di lunghezza.

L'abbassamento non si arrestò subito, ma fu lento e progressivo e fu accompagnato da un considerevole rialzo delle campagne laterali.

Per riparare a quest'inconveniente si ricorse a successivi ricarichi e coll'impiego di 11,000 mc. di materie ghiaiose si ottenne in tempo relativamente breve la stabilità del rilevato e dell'armamento.

FERROVIA ADRIA-CHIOGGIA.

Questa linea incontra nel suo percorso molti terreni torbosi e paludosi.

Si dovette costruire un rilevato per attraversare la risaia Smergoncino, il quale sparì per tre volte di seguito, sprofondandosi nel terreno paludoso.

Si pensò quindi di abbassare la livelletta per diminuire il volume del riporto, e soltanto con tale ripiego ed esaurimento il limite di compressibilità di quel terreno si poté ottenere la stabilità del riporto medesimo.

Nella località Conte, l'argine, alto m. 2, sprofondò per intero nel terreno paludoso, ed occorre 4 volte il suo volume per l'esaurimento del detto limite, dopo di che si ebbe l'equilibrio.

FERROVIA MANTOVA-LEGNAGO.

Questa ferrovia attraversa, con rilevato abbastanza alto, la valle del Tione e Tartaro, il di cui fondo è formato di uno strato di m. 1,50 di torba, susseguito da sabbie mobili estese a profondità rilevanti oltre 10 metri.

L'argine, dopo costruito, cominciò ad abbassarsi sensibilmente, producendo rigonfiamenti al piede.

La Direzione dei lavori, anzichè eliminare con costose opere di consolidamento l'inconveniente, si affidò all'opera

della natura, lasciando, anzi provocando l'esaurimento del fenomeno per raggiungere così l'equilibrio intrinseco della massa.

Ripristinate le scarpate deformate dal cedimento, si caricò la sommità del riporto con materie in modo da assoggettarlo così artificialmente ad una pressione pari a quella esercitata dai treni, rinnovando fino all'equilibrio i ripristini del rilevato. Raggiunto questo, si rispettò la conformazione del rilevato e si rivestirono le scarpe con piote per difenderle dagli agenti atmosferici e provocare l'inerbamento.

Tale sistema primitivo e sperimentale è riuscito economico anche in rapporto ai più economici mezzi di consolidamento.

FERROVIA LUCCA-VIAREGGIO.

Ecco quanto riferisce la Direzione dei lavori:

Questa ferrovia doveva attraversare il padule di Massaciuccoli, fra i chm. 14 + 400 e 19 + 500, con rilevato, il quale doveva necessariamente poggiare sopra suolo instabilissimo, formato di materie organiche putrefatte e disgregate, sormontate da un piccolo strato di terreno vegetale ed insistenti sopra un fondo sabbioso discendente sotto il livello medio del mare, a profondità di oltre 9 metri, mentre la superficie del suolo trovavasi alla quota di m. 0,70 sul livello del mare.

Nella costruzione del rilevato si ebbe di mira di disporre le cose in modo di farlo affondare entro le materie torbose fino a farlo posare nei banchi di sabbia.

A facilitare questo affondamento, fu previamente praticato un fosso lungo l'asse ferroviario, largo quanto doveva essere in base il rilevato, e di variabile altezza, coll'intento di asportare le materie terrose che ricoprivano la torba e mettere questa allo scoperto.

In tal modo il rilevato, il quale veniva pel momento ad avere una maggiore altezza, affondò nel sottosuolo, dove repentinamente, dove lentamente e progressivamente, a seconda della maggiore o minore resistenza della torba.

Ultimata la costruzione e quando non mancava altro che la sistemazione delle scarpate, furono fatti degli assaggi, e da essi risultò che le materie erano giunte in ogni punto a toccare la sabbia, ma però solo per una larghezza corrispondente a quella della piattaforma stradale, disponendosi poi con scarpa in senso opposto a quella della parte sopra terra dell'argine.

A garantire la stabilità di questo, evitando i possibili scoscendimenti delle scarpate, per effetto del passaggio dei treni e di ulteriore assetto delle materie, fu ideato di presidiare l'argine stesso con banchine larghe dai m. 2,50 ai m. 3, le quali furono elevate ad altezze variabili a seconda del bisogno; ed anzi in un tratto di m. 1500 vennero portate alla stessa altezza della piattaforma, che risultò così larga m. 11,50.

Per questo rilevato occorsero mc. 500,000 di terra, ma si ottenne colle accennate disposizioni un risultato soddisfacente.

§ 6. — GALLERIE ARTIFICIALI.

Prima che fossero ben noti i sistemi razionali di consolidamento, molti costruttori ritennero di poter vincere le frane di qualche importanza con gallerie artificiali, le quali, a guisa dei muri di sostegno, avevano lo scopo di contrastare la spinta del terreno in movimento e mettere la piattaforma stradale al sicuro da qualunque ingombro.

Nel continente ed in Sicilia, specialmente nella linea Catania-Licata, si costruirono molte gallerie artificiali allo scopo suaccennato; ma diedero risultati poco soddisfacenti:

alcune non resistettero alle spinte potenti delle masse in movimento, si deformarono e si fu costretti demolirle; altre si dovettero assicurare con opportune opere di consolidamento, ed in questo modo riuscirono costosissime.

La trincea Pombè, fra i chm. 97 + 150, 97 + 450 della linea Catania-Licata, fu consolidata con galleria artificiale, ma ben presto questo si riconobbe insufficiente e si dovettero eseguire importantissimi lavori di consolidamento, i quali da soli avrebbero potuto assicurare la stabilità di quella costa (1).

A questo costoso espediente converrà quindi ricorrere in casi affatto speciali, quando si può prevedere con sicurezza la sua riuscita e quando non sia assolutamente possibile adottare efficacemente gli altri mezzi già descritti. Notiamo tuttavia che nella ferrovia Belluno-Feltre-Treviso furono costruite 5 gallerie artificiali della complessiva lunghezza di m. 225 per difenderla dalle frane. (Continua).

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

SULLO SCOPPIO

DI UN RECIPIENTE DI ACIDO CARBONICO LIQUIDO avvenuto nello Stabilimento

della Società « La Carbonique » a Parigi.

Incaricato dal Tribunale di Parigi della perizia relativa allo scoppio di un recipiente di acido carbonico liquido, il signor ingegnere S. Périssé stese una particolareggiata relazione (*), che, per l'accuratissimo studio delle cause che produssero l'accidente e delle circostanze che lo accompagnarono, merita di essere riassunta per i nostri lettori.

In Italia non abbiamo nessuna speciale disposizione ministeriale che regoli, sia la fabbricazione, sia il trasporto per ferrovia di questa materia; siccome già ebbero a prodursi da noi, come all'estero, alcuni scoppi di bottiglie di gaz liquefatto, e molti altri potranno succedere in avvenire, perchè l'industria dell'acido carbonico, dell'ammoniaca e dell'acido solforoso liquidi tende a prendere sempre maggior sviluppo, sarà utile che, insieme al signor Périssé, deduciamo alcune considerazioni sulle precauzioni indispensabili che i fabbricanti e coloro che si servono dei gaz liquefatti dovranno prendere per la sicurezza dell'impiego dei recipienti.

Descrizione sommaria dell'accidente. — L'esplosione della bottiglia di ferro fucinato, contenente acido carbonico liquido, avvenne il 28 dicembre 1894 alle 13 1/4 nello stabilimento della Società « La Carbonique », via Tiphaine, 20, a Parigi. Centottantaquattro bottiglie di gaz liquefatto, pronte per la spedizione, erano disposte in piedi in due gruppi (figura 97) contro due opposte pareti nel deposito della fabbrica. Questo deposito era diviso dal resto del magazzino, mediante un assito alto m. 0,90. Contro l'assito, all'esterno e a destra della porta del deposito, lavorava un operaio, J..., ad una morsa; dall'altro lato della porta, verso l'estremità dell'assito, si trovava un altro operaio, davanti ad una tavola. Lo scoppio produsse come un colpo sordo di cannone; sessantaquattro bottiglie delle settanta che formavano in tre file il gruppo nel quale avvenne lo scoppio, furono rovesciate, due di esse perdettero il contenuto di gaz; quella che scoppiò fu trovata in A distante 3 metri dal luogo che occupava, senza cappello, col corpo spaccato su tutta la lunghezza e senza fondo, l'altra fu trovata vuota, senza accessori, col corpo intatto, in B, presso la parete sinistra del compartimento opposto, nel quale otto bottiglie erano cadute a terra.

L'operaio J..., colpito alla testa dal cappello della bottiglia scoppiata, ebbe il cranio spaccato, portato via per tre quarti, e insieme al cappello della bottiglia, sbattuto contro la parete di destra del magazzino, a m. 4,87 di altezza dal pavi-

(1) BILLIA, opera citata, pag. 41.

(*) Dai *Comptes-rendus de la Société des Ingénieurs civils de France*. — Bulletin de juillet 1895.

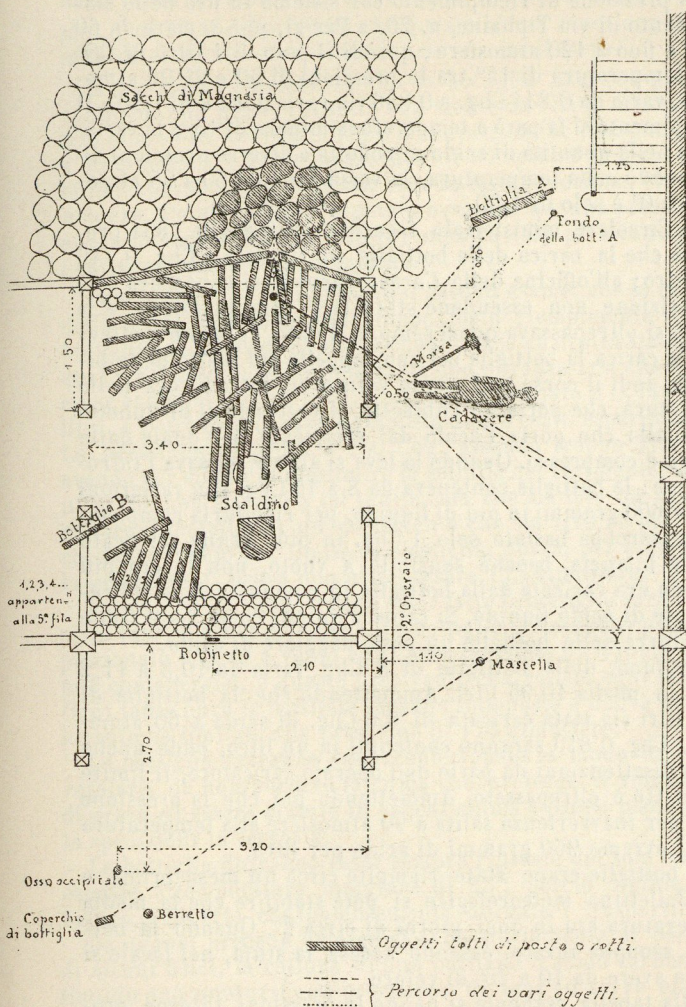


Fig. 97. — Planimetria del luogo dove avvenne lo scoppio.

mento; quivi rimbalzò e percorse 8 metri in senso opposto. Come sulla figura appare, il berretto della vittima e la calotta ossea, completamente denudata, furono trovati vicini al coperchio della bottiglia, ed a m. 2,5 dalla parete, da cui rimbalzarono, s'è trovato un pezzo di osso mascellare con tre denti. Il cadavere dell'operaio giaceva supino, coi piedi dalla parte dell'assito divisorio, poco distante dal luogo che occupava il J... presso la morsa; il suo cervello era stato proiettato in mille frantumi sul muro vicino e su sacchi di magnesite disposti dietro al deposito contro l'assito.

La parete contro la quale il proiettile battè era di legno, fatta con tavolette di 10 cm. di larghezza e 25 mm. di spessore; sette di esse furono staccate o rotte, e la traversa di legno contro la quale si appoggiavano, fu spezzata.

Il rubinetto che si staccò dalla seconda bottiglia incontrò la parete a m. 6,55 di altezza dal pavimento.

Ognuna delle 64 bottiglie che furono rovesciate, pesava da 45 a 48 Chg.; la maggior parte di esse giacevano come appare dalla fig. 97; alcune ricevettero colpi violenti e si trovarono tutte ammassate, dodici di esse perdettero il cappello; una fu lanciata fino all'angolo opposto più lontano dalla morsa e fece cadere tre bottiglie del gruppo di faccia.

L'assito di legno dietro al quale stavano i sacchi di magnesite, ebbe la traversa inferiore, di cent. 7×8 , rotta da una pressione orizzontale a m. 1,10 dall'angolo di destra, e fu spinta all'infuori; la bottiglia che la colpì lasciò un'impronta rossa (poichè essa era stata dipinta di quel colore poco tempo prima); così fecero altre due bottiglie che la toccarono a 24 e 32 cm. più a destra. La medesima traversa era poi spaccata verticalmente sopra una lunghezza di m. 1,10, ed in alto della fenditura si vedevano un segno rosso ed

un'ammaccatura, indicanti come la traversa fosse stata divisa in due da una bottiglia cadutavi sopra verticalmente. La traversa superiore, di cm. $11 \times 7 \frac{1}{2}$, era rotta a m. 1,20 dall'estremità e spinta all'infuori, meno però di quella inferiore.

La parete di destra dell'assito, che portava la morsa e la sua tavoletta, fu pure danneggiata. La tavoletta, di 50 cm. di lunghezza e 22 di larghezza, sostenuta da un ferro a squadra di 40×7 e di 20 di lunghezza, fu ridotta in piccoli pezzetti, e si riscontrò che fu colpita dall'alto al basso. La traversa superiore fu spaccata verso la sua metà per un colpo analogo, e verso il punto ove era attaccata la morsa, dimostrando come in quel punto fosse colpita tanto fortemente, che la morsa fu staccata e cadde all'esterno. La traversa inferiore fu spaccata pure e scheggiata dal fondo della bottiglia scoppiata.

I sacchi di magnesite, posti esternamente, furono respinti di 25 a 30 cm.; 15 di essi si spostarono: pesavano ognuno da 90 a 95 Chg. Uno di essi è macchiato di glicerina, che venne dalla bottiglia scoppiata, ove si trovava proveniente dalle pompe di compressione mescolata all'acido.

Descrizione delle due bottiglie proiettate. — La bottiglia scoppiata portava il n° 1336, ed era stata provata in Germania a 250 atmosfere il 23 novembre 1889; pesava 40 Chg.

La spaccatura si produsse lungo la linea della saldatura per una lunghezza di m. 0,58, ed a m. 0,29 dal fondo, ove il metallo presentava una sezione un po' difettosa; più in alto lo strappo si prolungava fuori della saldatura. Il diametro interno della bottiglia era di 115 mm. La lastra era spessa 11 mm.; però lo spessore era solo di 9 millim. a m. 0,30 dal fondo, e le labbra della spaccatura avevano da una parte 9 mm., dall'altra 11 mm., 9 dei quali corrispondenti alla parte rotta recentemente e gli altri 2 ad una porzione non saldata. La rottura avvenne lungo la linea interna della saldatura, secondo un raggio (fig. 98).

L'altra bottiglia che si trovò vuota di acido era stata provata in Germania il 20 giugno 1889: pesava Chg. 36,60; il suo rubinetto, che si ruppe nella parte filettata unita alla bottiglia, pesava 830 grammi ed aveva il diametro nella parte a vite di mm. 31,5; il fore del rubinetto aveva un diametro di circa 3 mm.

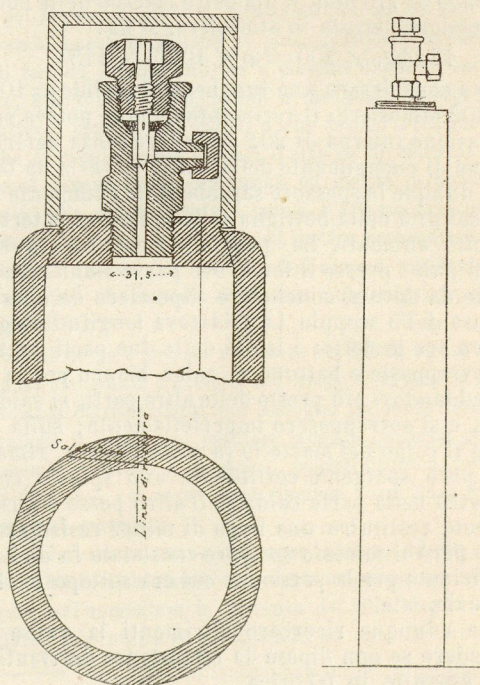


Fig. 98. — Particolari della bottiglia scoppiata.

Posizione e movimenti della bottiglia scoppiata. — Dall'esame degli effetti prodotti, dalle traiettorie seguite dai pezzi della bottiglia scoppiata, si deduce che essa doveva occupare il posto centrale fra le bottiglie della seconda fila. La spaccatura avvenne lungo una generatrice volta verso l'assito contro il quale si appoggiavano i recipienti, e incominciò a prodursi presso il fondo; il fondo, che era stato applicato a caldo e mediocrementemente saldato, dovette cedere subito dopo. La bottiglia si mosse dapprima nella direzione della morsa, e dopo che il fondo si fu staccato, essa si rialzò, e slanciata obliquamente verso il soffitto, spaccò per strada la testa dell'operaio e battè contro la parete di destra. In tal modo agì sopra molte bottiglie e principalmente sulle tre vicine di destra che, rovesciate, perdettero il cappello, e su quelle di sinistra, che spinse contro l'assito. La sua azione fu accresciuta dal getto acido, che stabilì una pressione verso il pavimento. È probabile che la bottiglia, nel suo elevarsi, abbia battuto contro una delle vicine, ed abbia rotto il suo rubinetto, dopo averle tolto la copertura.

Nel battere contro la testa dell'operaio si separò dal cappello, il quale seguì la traiettoria insieme alla calotta ossea ed al berretto, battè nella parete, rimbalzò e cadde con questi, mentre il fondo, sollevato dalla pressione dei gaz, girò su sè stesso di 150° e venne a colpire la traversa inferiore della morsa, rimbalzò e cadde.

Volendo in qualche modo farsi un'idea della velocità acquisita dal cappello della bottiglia, osservasi che il medesimo, dopo aver battuto contro la parete di tavole elastiche a m. 4,50 di altezza, cadde da quell'altezza percorrendo orizzontalmente 8 metri. Dalla formula:

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

si ricava:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = 1''$$

vale a dire la velocità del corpo era 8 m. al 1'', corrispondente a quella di un treno che percorra 29 chilometri all'ora: si capisce come anche con piccola massa il pezzo abbia prodotto la morte del povero operaio.

Causa probabile dello scoppio. — Abbiamo già detto come lo spessore della bottiglia fosse di 9 a 11 mm., cioè 10 mm. in media; ammettendo che il ferro possa resistere senza deformarsi a 12 Chg. per mm², dalla formula pel calcolo dello spessore da darsi ai corpi cilindrici soggetti a pressione interna, essendo di 115 mm. il diametro interno della bottiglia, ed x la pressione cercata in atmosfera, si ha:

$$12 \text{ Chg.} \times 200 = x \times 10,33 \times 115$$

prendendo a considerare una lunghezza di solido = 10 mm.; cioè $x = 202$ atmosfere; il recipiente dunque poteva sopportare la pressione interna di 202 atmosfere senza deformarsi. La pressione di riempimento delle bottiglie varia da 60 a 90 atmosfere, dunque lo spessore sarebbe stato sufficiente a garantire la solidità della bottiglia se la pressione interna non avesse subito aumenti. La qualità del metallo era buona, meno in un punto presso il fondo ove parve meno resistente, ma non tale da doversi concludere dipendere da questo difetto la causa dello scoppio. La saldatura longitudinale nella bottiglia non era perfetta: i lembi delle due parti tagliate a coltello, sovrapposte e battute al calor bianco per la bollitura, raffreddandosi più presto delle altre parti, si saldarono meno bene, e si sovrapposero imperfettamente; sulla faccia interna ove il colpo del martello fu meno efficace, rimase un lembo un poco sporgente costituente uno spigolo che più freddo penetrò nella parte calda dell'altro pezzo e formò un solco che potè costituire una linea di minor resistenza; nel nostro caso però il minimo spessore constatato fu di 9 mm., ancora sufficiente per la pressione cui era sottoposto il recipiente abitualmente.

Conviene adunque ricercare altrimenti la causa dello scoppio e vedere se non dipese da circostanze derivanti dalle operazioni eseguite in fabbrica.

La pressione statica nell'interno della bottiglia può dipendere dalla pressione di riempimento, dal grado di riempimento della bottiglia, e dalle variazioni di temperatura.

La pressione di riempimento col sistema in uso nello stabilimento di via Tiphaine, n. 20, a Parigi, può variare da 60 a 90 e fino a 120 atmosfere; quindi il peso di 1 litro di CO² alla temperatura di 15° tra le pressioni di 60 e di 90 atmosfere, varia da 0,844 Chg. a 0,886 (la variazione è di 1/20). Il riempimento si fa però a temperatura minore di 15°; la variazione nella quantità di acido introdotta a diverse pressioni diminuendo colla temperatura, la variazione da 60 a 90 atmosfere a 0° è solo di 1/30.

La Circolare ministeriale francese del 6 aprile 1894 prescrive che la carica delle bottiglie sia limitata a Chg. 0,746 per litro; all'officina della *Carbonique* non si conosceva tale disposizione non essendone stata fatta comunicazione, e la carica si oltrepassava quasi sempre. Infatti l'operaio metteva per la carica la bottiglia col suo cappello sul piatto della bilancia, indi il corsoio al punto voluto ed introduceva nella tubolatura, che porta un rubinetto, il raccordo di un tubetto in metallo che porta l'acido dal recipiente nel quale dalle pompe è compresso. Quando la leva si alzava, cessava l'introduzione: la bottiglia conteneva da 8 a 10 Chg. con variazioni sino a 600 grammi in più di liquido, per riempirla completamente sarebbe bastato solo 1 Chg. in più. Venne verificato che la bilancia, benchè sensibile a vuoto, non lo era più quando era caricata dalla bottiglia in comunicazione col recipiente di acido liquido. Si capisce quindi come fosse facile introdurre nelle bottiglie un peso maggiore di acido.

Il volume delle bottiglie di 8 Chg. varia da 10,5 a 11,2 litri, in media 10,96 litri. Ammettendo che la bottiglia di 10,5 litri sia stata caricata di 8,6 Chg. di acido a 60 atmosfere, Chg. 0,819 saranno contenuti in un litro, onde anche senza disattenzioni da parte dell'operaio caricatore, il limite prescritto è oltrepassato. Ammettendo poi che la pressione fosse per inavvertenza salita a 90 atmosfere alla temperatura di 2°; avremo 960 grammi di acido per litro.

Le bottiglie erano state riempite circa un mese prima, e dal Bollettino meteorologico si potè stabilire che la media temperatura era in quei giorni di circa 2°. Quando la bottiglia scoppiò invece, essendo accesa la stufa, nel locale si poteva avere da 10 a 20° di calore.

Dalla tabella seguente si hanno le pressioni interne prodotte dall'acido a tre differenti temperature, essendo la bottiglia di 10 1/2 litri riempita a 2° nei cinque casi:

1° Se il contenuto per litro è 0,746 come prescrive la Circolare ministeriale;

2° Se il contenuto per litro è 0,778, cioè se la bottiglia contiene 8 Chg. di acido;

3° Se il contenuto è 0,819 Chg., supposto cioè che la carica sia di 8,6 Chg., come può succedere sempre col sistema seguito per la pesatura e la carica;

4° Se il contenuto è 0,960 Chg., possibile se alla temperatura di 2° l'operaio nel caricare la bottiglia mantenne la comunicazione colle pompe sino alla pressione di 90 atmosfere;

5° Se il contenuto è 0,978 Chg., cioè per la pressione massima di 120 atmosfere.

Bottiglia di 10 1/2 litri.

Peso di acido contenuto in un litro	Peso totale dell'acido nella bottiglia	Pressioni interne prodotte dall'acido alle temperature di:		
		10°	15°	20°
0,746 Chg.	7,833 Chg.	45 atm.	50 atm.	57 atm.
0,778 »	8,000 »	45 »	50 »	60 »
0,819 »	8,600 »	45 »	51 »	76 »
0,960 »	10,080 »	160 »	200 »	245 »
0,978 »	— »	198 »	234 »	285 »

Risulta chiaro che la bottiglia riempita al di là del dovere per abitudine o per inavvertenza, potè, anzi dovette, trovarsi esposta a pressioni variabili da 160 a 245 atmosfere. La pressione di 200 atmosfere, stabilita come massima perchè essa potesse resistere, fu certamente oltrepassata. Essa, è vero, venne provata a 250 atmosfere nel 1889 e le pressioni cui nel caso nostro andò soggetta sono inferiori a tal limite; però, quel che è certo si è che tali pressioni di prova sono troppo forti. Il calcolo ci darebbe che per lo spessore di 10 millimetri lo sforzo cui andò soggetto il ferro al momento

della prova idraulica sarebbe stato di 14,85 per mm^2 , e per $\text{mm}.$ 9 di 16,45. È evidente che questo sforzo superiore al limite di elasticità snervò permanentemente il ferro.

È dunque da ammettersi che la bottiglia non era più in condizioni da poter resistere con sicurezza alla pressione di 200 atmosfere, corrispondente alla pressione di riempimento a 90 atmosfere e alla temperatura di 15° quand'anche il metallo fosse stato perfettamente sano in tutta la sezione, ciò che non era. Perciò la rottura poteva avvenire ad una pressione anche minore di 200 atmosfere; mentre tale pressione può benissimo essere stata raggiunta.

Conclusioni. — Risultando dal caso in esame, che la causa dello scoppio fu dovuta al troppo forte riempimento della bottiglia, ne viene di necessità che si debba anzitutto stabilire qual sia il peso di acido liquido da non oltrepassarsi che deve esser contenuto in un litro: esso venne limitato a 0,746 per litro, e potrà meglio essere stabilito dietro esatti esperimenti. La pressione di prova a 250 Chg. essendo troppo alta ed avendo per effetto di diminuire la solidità del recipiente, sarà utile che non s'arrivi a tal limite, ma che sia tale da assoggettare il metallo ad un coefficiente che sia 7/10 al più del coefficiente dato per limite di elasticità, dovrà, per esempio, la pressione di prova non oltrepassare 175 atmosfere.

La materia di cui dovranno esser fatte le bottiglie sarà l'acciaio fuso, e senza saldature. Le bottiglie dovrebbero portare punzonato il peso a vuoto ed il peso massimo di liquido che può contenervisi, e questo peso venir controllato ogni tanto. Ogni tanto pure le bottiglie saranno sottoposte a nuove prove idrauliche limitate alla pressione di 175 atmosfere.

Le bottiglie dovranno esser confezionate in modo da non rotolare, da non perdere la cuffia che protegge il rubinetto di presa ed essere riunite in vagoni chiusi a pareti piene per le spedizioni in ferrovia.

Le bottiglie dovranno esser sempre riparate dal sole e non esposte a temperatura maggiore di 15° ; perciò dipinte di bianco o coperte convenientemente durante i trasporti.

Da quanto precede emerge che, contrariamente al parere di alcuni fisici, la rottura di una bottiglia d'acido carbonico liquido può prodursi con proiezione di essa ed avere effetti dinamici assai notevoli; l'impiego di questi recipienti presenta dei pericoli per la sicurezza non solo del personale delle fabbriche ove si confeziona, ma anche nei luoghi dove l'acido viene adoperato, quando non siano prese le utili e necessarie precauzioni. Ma queste precauzioni possono essere prese dagli industriali stessi, i quali, risparmiarono così al Ministero un regolamento di più ed a se stessi una spesa di sorveglianza ufficiale non indifferente.

Torino, ottobre 1895.

L. DÉCUGIS.

Nota. — Le ferrovie italiane classificano per i trasporti i gas liquéfatti nella categoria delle materie infiammabili od esplodenti.

« I gas compressi ed allo stato liquido devono essere presentati in cilindri metallici atti a resistere alla tensione dei vapori quand'anche la temperatura si elevi di 50° del termometro centigrado; in caso diverso i recipienti devono essere muniti di valvola di sicurezza difesa contro i guasti ed inaccessibile dall'esterno.

« a) Le suddette merci si accettano per la spedizione a piccola velocità: e se il loro peso non eccede 60 Chg. per spedizione, anche a grande velocità;

« b) Le merci del primo gruppo che fermentano e svolgono gas la cui pressione può determinare lo scoppio dei recipienti che le contengono, devono esser presentate in doppio recipiente od anche in recipiente semplice; in questo caso però non interamente riempito e non ermeticamente chiuso;

« c) Il trasporto a carro ordinario completo delle merci di queste categorie si fa esclusivamente in carri aperti senza copertone;

« d) Pel rimanente si applicano le disposizioni in vigore per le merci ordinarie ».

In Francia pure nessun Regolamento esiste circa l'impiego dei recipienti contenenti l'acido carbonico liquido, mentre disposizioni ministeriali ne regolano il trasporto sulle ferrovie. L'ultima Circolare ministeriale 6 aprile 1894 contiene: « L'acido carbonico liquido è compreso nella categoria delle materie esplosive o infiammabili. Pel suo trasporto dovrà il prodotto essere esente d'aria, esser chiuso in recipienti di ferro fucinato o di acciaio dolce che saranno stati sottoposti a spese dello speditore ad una prova ufficiale di 250 atmosfere e vi avranno resistito senza deformazioni nè fughe. Tale prova sarà ripetuta ogni tre

anni. Ogni recipiente porterà una *marca* ufficiale punzonata dall'agente incaricato delle prove, indicante il peso del recipiente vuoto con tutti gli accessori, la carica in chilogrammi che può contenere e che non sarà superiore ad 1 Chg. di liquido ogni 1,34 litri di capacità, e la data dell'ultima prova.

« Le valvole e i rubinetti saranno protetti da cappelli dello stesso metallo della bottiglia e porteranno lo stesso numero punzonato su esse.

« Quando saranno caricati alla rinfusa, i recipienti saranno dipinti di bianco e confezionati in modo da non poter rotolare.

« Non potranno mai essere esposti al sole od al calore del fuoco.

« Il trasporto si effettuerà solo in vagoni coperti a pareti piene ».

L. D.

FISICA SPERIMENTALE

DI UN PENDOLO A PIÙ FILI E SUE APPLICAZIONI (1).

Nota di G. GUGLIELMO.

Il pendolo fisico ad un solo filo, il quale trova applicazione sotto varie forme e con varie forze direttrici, in molti strumenti di misura, quando viene deviato o oscilla, ruota attorno al punto fisso, cambiando direzione nello spazio. Ciò complica generalmente, e talora in grado notevolissimo, sia la legge delle deviazioni, sia quella delle oscillazioni, come apparirà manifesto nei casi considerati più oltre.

Se invece il corpo è sospeso mediante due fili di egual lunghezza, non troppo vicini, e se la distanza dei punti d'attacco nel corpo è uguale a quella dei punti d'attacco nel sostegno, si può evitare il suddetto inconveniente. In questo caso i fili si dispongono parallelamente, così si dispone la congiungente i punti d'attacco nel corpo rispetto a quella del sostegno, ed il centro di gravità si dispone nel piano dei fili. Se ora, mediante una forza orizzontale passante pel centro di gravità e giacente nel piano dei fili, il corpo viene deviato alquanto e poi lasciato libero, esso si muove lungo un arco di cerchio, parallelamente a sè stesso, senza ruotare; poichè nel quadrilatero formato dai punti d'attacco, i lati opposti essendo uguali, devono essere anche paralleli, quindi la linea dei punti d'attacco nel corpo deve rimanere parallela a quella del sostegno che è fisso, e siccome il centro di gravità per l'ipotesi fatta deve rimanere nel piano dei fili, il corpo non cambia direzione.

Una rotazione avrebbe luogo qualora la deviazione o l'oscillazione avvenissero secondo un piano diverso da quello dei fili, oppure quando il corpo, sotto l'azione di forze non passanti per la verticale condotta pel centro di gravità, rotasse attorno ad un asse verticale. Però entrambi questi movimenti si possono rendere impossibili (supposti i fili tesi ed inestensibili) se a ciascun filo se ne sostituiscono due ab ac , $a'b'$ $a'c'$, Fig. 99, uguali o disuguali, divergenti da un punto d'attacco comune nel corpo, e che devono soddisfare alla condizione che le congiungenti i punti d'attacco di ciascuna coppia di fili adiacenti devono essere orizzontali ed inoltre perpendicolari ed equidistanti dalla congiungente i punti d'attacco nel corpo. Ossia devono essere bc e $b'c'$ orizzontali, ed inoltre perpendicolari alla aa' ed equidistanti da essa. Se questa condizione è verificata il corpo non può oscillare che secondo un piano, muovendosi parallelamente a sè stesso.

Se invece il corpo è sospeso mediante tre fili di egual lunghezza, e la distanza dei punti d'attacco nel corpo è uguale a quella dei punti d'attacco corrispondenti nel sostegno (in modo cioè che i fili siano paralleli) il corpo può oscillare secondo qualsiasi piano verticale rimanendo parallelo a sè stesso, poichè ciascuna congiungente dei punti d'attacco nel corpo deve rimaner parallela a quella corrispondente nel sostegno.

Si può rendere la rotazione del corpo attorno ad un asse verticale, difficile ossia richiedente una forza maggiore per un determinato angolo, coll'aumentare la distanza dei fili; si può anche impedire affatto tale rotazione sostituendo ad ogni filo due fili diver-

(1) Lavoro eseguito nel Gabinetto fisico dell'Università di Cagliari, presentato all'Accademia dei Lincei dal prof. Blaserna (Vol. IV, fascicolo 8°, 20 ottobre 1895).

genti dal corpo in un modo simile a quello indicato per il pendolo bifilare, però in tal caso l'oscillazione non può avvenire che secondo un piano determinato perpendicolare ai piani paralleli delle tre coppie di fili.

Questi pendoli, in conseguenza dell'accennata assenza di rotazione nel corpo, possono essere applicati utilmente in varie determinazioni, per esempio, quella della gravità, delle forze elettrostatiche, elettromagnetiche, ecc.; non ho potuto sperimentarle tutte, credo tuttavia opportuno di accennarle brevemente, insieme alle esperienze fatte su alcune di esse (1).

*

Determinazione della gravità. — La legge del pendolo semplice non essendo direttamente applicabile al pendolo fisico, nel caso che si voglia fare una verifica un po' esatta della legge del pendolo, o che si voglia determinare il valore della gravità, occorre misurare esattamente le varie dimensioni del corpo sospeso e la lunghezza del filo e dedurre la lunghezza del pendolo semplice isocrono, per via indiretta, soggetta quindi a varie cause d'errore (fra le quali quella della mancanza d'omogeneità del corpo), che richiedono nuove misure per essere eliminate. Nel caso del pendolo reversibile, dato che si possa disporre di uno di questi, la misura delle dimensioni del corpo è soppressa, occorre tuttavia determinare esattamente la durata d'oscillazione sui due coltelli, quindi un numero doppio di volte.

Usando invece il pendolo trifilare, non occorre nè determinare le dimensioni del corpo sospeso, nè eseguire la doppia determinazione della durata d'oscillazione, ma basta determinare la lunghezza dei fili.

Difatti il corpo muovendosi parallelamente a sè stesso, i vari punti di esso descrivono necessariamente archi di raggio uguale; quindi se supponiamo che durante l'oscillazione cessi la coesione fra questi punti, che così divengono indipendenti, ma siano costretti a muoversi senza attrito, lungo i suddetti archi, essi continueranno ad oscillare in tempi uguali ed in ugual fase (perchè era uguale la fase iniziale) ed il corpo rimarrà unito come se esistesse la coesione. Questo pendolo fisico ha dunque la stessa durata d'oscillazione di ciascuno dei pendoli semplici di cui è composto; determinata la lunghezza dei fili e la durata d'oscillazione, e facendo le correzioni per la resistenza dell'aria, ecc., si potrà determinare la gravità. Una circostanza utile per la correzione relativa a quest'ultima causa d'errore è che, supposti fissi i punti d'attacco dei fili ed immutata la loro lunghezza, si può far variare comunque la forma, le dimensioni, ed il peso del corpo senza che varii la durata d'oscillazione.

Ho eseguito alcune esperienze per verificare come funziona questo pendolo, e gl'inconvenienti che può presentare. In due lamine triangolari equilateri, d'ottone, di 150 mm. di lato e 8 di spessore, ho fatto praticare agli angoli, mentre esse combaciavano, tre forellini equidistanti in entrambe, per i quali passavano i tre fili di sospensione; una di queste lamine era fissata ad un solido sostegno, l'altra era sospesa mediante i tre fili. Questi erano di ferro, di 0,1 mm. di diametro, però all'estremità terminavano in fili di seta (che serrati nel compasso di spessore erano spessi 0,1 mm.) che rimanevano liberi per circa 1 mm. fra il filo di ferro e la lamina d'ottone; in tal modo i fili avevano la flessibilità della seta e la poca estensibilità del ferro. Impedivo il giuoco dei fili di seta entro i rispettivi fori, introducendo a forza in ciascuno di questi un pezzetto di filo di rame, lungo quanto lo spessore della lamina e colle estremità piane, avendo cura che le due estremità di ciascun filo di sospensione si trovassero serrate dalla stessa parte dei rispettivi fori.

(1) Sebbene una proprietà così semplice non si possa ritenere come ignota, pure ricercando nei libri e periodici più ricchi di indicazioni non ho trovato che ne sia stata fatta qualche applicazione. Anzi non ne ho trovato altri cenni che quello di R. Hoppe (*Arch. für Math. und Physik*), il quale, avendo stabilito le formule complicate relative all'oscillazione di un corpo sospeso per due punti fissi al corpo a due punti fissi nello spazio, osserva che nel caso che i fili siano uguali e pure uguali le distanze dei punti fissi nel corpo e nello spazio, il moto è progressivo e la legge è quella del pendolo semplice avente un filo d'ugual lunghezza.

Si obietta all'uso dei fili che, a causa della loro imperfetta flessibilità, è incerto quale sia in realtà l'asse di rotazione del pendolo. Credo che nel caso di fili di seta non troppo spessi si possa ritenere che tale asse giaccia nel piano della lamina o pinzetta dove il filo comincia ad esser libero: non pare ammissibile che un simile filo di seta ben teso, nel caso di piccole oscillazioni formi una curva di raggio sensibile. Se il corpo sospeso fosse molto pesante, si potrà usare invece d'un solo filo, un fascio di fili sottili disposti in un piano perpendicolare al piano d'oscillazione. Occorre inoltre che il filo o il fascio di fili di seta siano serrati in una pinzetta ben costruita, in modo che le superfici che serrano il filo terminino dalla parte libera di esso con spigoli vivi e coincidenti quando la pinzetta è serrata.

Ottennevo che i fili fossero esattamente di ugual lunghezza, rendendo prima orizzontale la faccia inferiore della lamina fissa, e tirando in un senso o nell'altro i fili, prima di fissarli definitivamente, in modo che la faccia superiore della lamina mobile fosse orizzontale, e si mantenesse tale anche se deviata mediante un filo orizzontale. Con questo pendolo costruito semplicemente e per tentativi, non potevo eseguire determinazioni esatte, anche per mancanza d'un cronometro; mi contentai di verificare con un orologio da tasca che la durata d'oscillazione rimaneva invariata, quando fissavo rigidamente un peso di 1 chg. 20 a 30 cm. al disopra e al disotto della lamina mobile. Esperienze accurate eseguirò in seguito, se potrò procurarmi un cronometro e se le altre occupazioni, e l'assoluta mancanza di aiuto, me lo permetteranno.

*

Elettrometro assoluto a indicazioni continue. — Un caso in cui è essenzialmente importante che il corpo deviato non cambi direzione nello spazio, è quello della misura delle forze elettriche, poichè cambiando tale direzione, cambia altresì la distribuzione dell'elettricità in modo spesso impossibile a determinare, per cui la relazione fra le forze e i potenziali e le deviazioni prodotte diventa complicatissima e ignota.

Gli elettrometri attualmente in uso ovviano in vari modi a questo inconveniente; esso può essere evitato vantaggiosamente coll'uso del pendolo bifilare suaccennato, ed in tal modo è possibile costruire molto facilmente un buon elettrometro assoluto. Quello da me costruito era composto nel modo seguente.

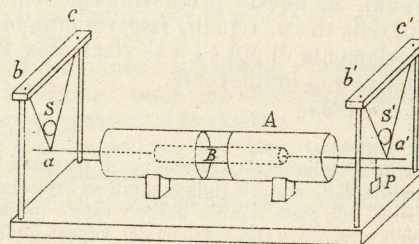


Fig. 99.

Un tubo di vetro cilindrico A (fig. 99), di 5 cm. di diametro e 25 di lunghezza (un tubo da lampada a gaz), orizzontale, fissato con ceralacca a una tavoletta, era ricoperto internamente di stagnola fino a 5 mm. dal mezzo, e l'intervallo di vetro nudo era ricoperto da uno strato di ceralacca in cui erano immersi gli orli interni delle stagnole (siccome è difficile trovare tubi di vetro ben cilindrici, è preferibile di sostituire alla stagnola lamine di zinco che si possono rendere ben cilindriche, tenute assieme con un corto tubo di vetro o con appositi sostegni). Un tubo metallico B, preferibilmente di alluminio, di 2 cm. di diametro e 13 di lunghezza, turato alle estremità da dischi di sovero, i quali sono attraversati nel mezzo da un filo d'alluminio aa' ben dritto, spesso 2 mm., lungo 30 cm. (oppure da un tubo di vetro sottile ricoperto di stagnola) era contenuto nell'interno del tubo A, coassialmente e simmetricamente

rispetto ai due cilindri di stagnola. Perciò ciascuna estremità del filo d'alluminio era sospesa a due fili divergenti bac , $b'a'c'$, perpendicolari ad esso e fissati ad uguale altezza all'orlo del tubo o ad una tavola orizzontale bc , $b'c'$, collocata sopra al tubo e fissata ad esso, o sostenuta da appositi piedi. Sui due fili, a circa 1 cm. dal vertice era incollato un leggero specchietto S , dinanzi al quale era collocata una scala verticale e un cannocchiale, nel quale si vede per riflessione l'immagine della scala. Finalmente da una estremità del filo d'alluminio scendeva un filo verticale, sottile ma rigido, che terminava in una paletta P perpendicolare all'asse dei tubi, di circa 1 cm. di lato, che era totalmente immersa nell'acqua e serviva a smorzare le oscillazioni e stabilire la comunicazione col tubo d'alluminio. Se ora questo tubo ed una delle stagnole trovansi a potenziale zero e l'altra a potenziale V , esso sarà sottoposto a una forza orizzontale F ed i fili del pendolo e lo specchietto saranno deviati d'un angolo α e si avrà:

$$F = V^2/4 \ln(R/r) - V^2/4 \ln(R/\rho) = P\alpha$$

essendo R , r e ρ i raggi dei tubi di stagnola e del tubo e filo d'alluminio, e P il peso di questi ultimi (1).

Per $V = 20$ unità elettrostatiche e $P = 10$ gr. sarà $F = 0,1$ gr. ed $\alpha = 0,01$. Con cannocchiale e scala a distanza di 2 metri dallo specchio s'osserverà una deviazione di 40 mm. nella quale si potranno apprezzare almeno i decimi di millimetro.

Esperienze approssimative, fatte con questo elettrometro, diedero un discreto accordo fra i valori indicati da esso e quelli dedotti dalla distanza esplosiva fra sfere di 14 mm. di diametro.

Per disporre esattamente il cilindro centrale è comodo preparare due mezzi dischi di legno con un mezzo foro concentrico, che s'adattino esattamente fra i cilindri esterni e l'interno quando gli assi di questi coincidono; tirando o lasciando scorrere i fili di seta, si regola la loro lunghezza in modo che il cilindro interno non cambi sensibilmente posizione quando i mezzi dischi vengono rimossi. Occorre però che l'asse del filo d'alluminio coincida con quello del tubo che questo sopporta, o almeno che le estremità di esso filo distino poco, ugualmente e dalla stessa parte, dalla posizione esatta.

Lo specchietto deve essere leggerissimo, altrimenti occorre collocarne un'altro, o un disco qualsiasi d'ugual peso, alla stessa altezza nell'altra coppia di fili, perchè così l'angolo che esso origina tra la parte superiore ed inferiore dei fili è lo stesso in entrambe le coppie; occorrerà inoltre prendere per P il peso di tutta la parte che trovansi sospesa cominciando dagli specchi, cioè specchi, fili sottostanti, astina e tubo. Occorre inoltre difenderlo con uno schermo dalle azioni elettriche.

Il valore di α non dipende dalla lunghezza dei fili; ho usato con uguali risultati fili di 3 cm. e di 30 cm. di lunghezza; i primi devono essere molto flessibili, per esempio, di bozzolo ed allora sono molto soggetti a rompersi e un poco difficili a fissare. Usando fili molto lunghi, per esempio, 1 metro o meglio 5 o più (fissandoli in questo caso al soffitto) gli spostamenti del cilindro interno potrebbero essere osservati senza far uso di specchio, direttamente, oppure con un microscopio semplice. Non ho fatto esperienze con fili così lunghi; osserverò solo che essi, dovendo essere inestensibili, dovranno essere di ferro o altro metallo, ben rettilinei anche per un piccolo peso, e potranno essere resi flessibili con un corto tratto di filo di seta alle estremità. Lo spostamento verticale si potrà compensare

(1) Il secondo termine con ρ sparisce se si sopprime il filo aa' quasi interamente, lasciandone solo un corto tratto e fissando i fili di sospensione nell'interno e verso la metà dei cilindri di stagnola o di zinco.

Mascart e Joubert nel loro trattato di elettricità e magnetismo, per stabilire la teoria degli elettrometri a quadranti, considerano il caso di tre cilindri disposti come nella fig. 99.

Bichat e Blondot, *Comptes rendus* 1885, hanno realizzato questo elettrometro teorico applicandolo alla misura dei potenziali elevati.

L'elettrometro sopra descritto dà un altro modo più semplice di realizzare l'elettrometro teorico suddetto.

sollevando i cilindri esterni, oppure si potrà fare la relativa correzione che è molto piccola.

Questo pendolo diretto dalla gravità sarebbe troppo poco sensibile per potenziali intorno a 1000 Volts o meno, nel qual caso la deviazione riuscirebbe appena percettibile anche coll'aiuto dello specchio e cannocchiale; potremo però ottenere deviazioni notevoli anche per potenziali molto piccoli, sostituendo alla gravità la torsione di due fili. L'apparecchio, che può servire anche ad altre misure e che si può facilmente costruire, è il seguente.

In un rettangolo verticale formato di aste di legno lunghe, per esempio, 50 cm. e fissato su un tavolo sono tesi 2 fili verticali di packfong M ed N (fig. 100) distanti, per es., 30 cm. a ciascuno dei quali

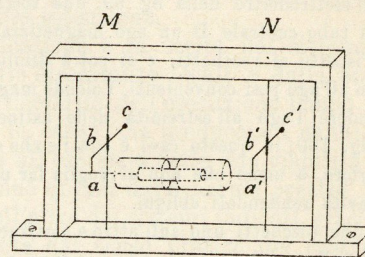


Fig. 100.

è fissata nel mezzo un'astina orizzontale, lunga, per esempio, 6 cm. o più, perpendicolare al piano dei fili. Alle estremità, rivolte dalla stessa parte, di queste sono sospesi l'astina e il tubo d'alluminio suddetti, mediante due corti fili singoli di seta, e si equilibrano con contrappesi le estremità opposte delle astine. In queste condizioni il tubo suddetto spostandosi non ha da vincere che la debole torsione dei fili, e quando si trovi nell'interno del tubo A e siano stabilite le comunicazioni nel modo già indicato, sarà deviato notevolmente per potenziali poco elevati. La sensibilità potrà essere aumentata o diminuita coll'uso di fili la cui forza di torsione sia più o meno debole. Se le forze da misurare sono molto piccole, si possono fissare i fili di torsione solo alla parte superiore, sopprimendo la parte inferiore di essi.

È da notare che qualora il filo di torsione fisso ad entrambe le estremità non sia esattamente verticale e il centro di gravità dell'astina si trovi fuori dell'asse di rotazione, esso centro oscillando descrive un cerchio inclinato sull'orizzonte ed è quindi soggetto oltre che alla torsione, alla componente della gravità nel piano del cerchio. Questa forza direttrice può essere aumentata o diminuita, aumentando o diminuendo la distanza del centro di gravità dell'astina dal filo, e l'inclinazione di questo; si ha in tal caso una specie di pendolo di Henkel e Zöllner di cui si calcola facilmente la forza direttrice, e che può essere utile per aumentare o diminuire la sensibilità.

Il pendolo suddescritto diretto dalla gravità o dalla torsione può essere applicato alla misura dei potenziali mediante l'attrazione fra dischi. Si può sopprimere il tubo A , sostituire all'astina col tubo B un'astina comunicante col suolo nello stesso modo e portante ad un'estremità un disco metallico, per esempio, di 5 cm. di diametro perpendicolare ad essa.

Collocando nel piano del disco l'anello di guardia comunicante col suolo e di fronte ad essi parallelamente e a distanza nota, un disco a potenziale costante V , si potrebbe, dallo spostamento del disco, dedurre il valore di V . Occorre però ridurre l'anello di guardia nel piano del disco spostato per l'azione elettrica, e misurare nuovamente la distanza di questo dal disco elettrizzato, e quindi questo elettrometro non sarebbe a indicazioni continue, fuorchè nel caso di spostamenti molto piccoli nei quali si potrebbe trascurare la differenza tra i piani del disco mobile e dell'anello, e tener conto della piccola variazione di distanza dall'altro disco.

*

Applicazione ai galvanometri. — Nel caso dei galvanometri l'uso della sospensione parallela non è così utile come negli elettrometri. Tuttavia essa presenta i seguenti vantaggi non del tutto trascurabili: 1° Completa astasia e possibilità di orientare comunque il galvanometro, ed anche non orizzontalmente. 2° Possibilità di aumentare la distanza dei rocchetti, percorsi dalla corrente, dall'asse di rotazione e di aumentare quindi il momento che si deve misurare. 3° Possibilità di usar rocchetti di diametro molto piccolo, i quali producono, con minor quantità di filo e minor resistenza, un campo magnetico d'intensità uguale a quello dei rocchetti di maggior diametro, e con ugual quantità di filo un campo più intenso.

A seconda della sensibilità voluta si può, collo stesso magnete e gli stessi rocchetti, usare come forza direttrice la gravità o la torsione. Nel primo caso non si ha che da sostituire ai due cilindri di stagnola dell'elettrometro della fig. 99, due rocchetti di piccolo diametro, ed al tubo centrale B un ago magnetizzato disposto simmetricamente rispetto ai rocchetti; e si potrà diminuire la sensibilità sospendendo all'ago pesi convenienti. Volendo maggiore sensibilità si potrà appendere l'ago all'estremità delle astine fisse ai fili di torsione della fig. 100; in questo caso è inutile che questi siano fissi alla parte inferiore, a meno che non si voglia far uso della componente della gravità rendendoli obliqui.

Collocando i due rocchetti uno sull'altro e sostituendo all'ago magnetico un filo di ferro dolce piegato ad Π sospeso nello stesso modo, le cui estremità giungano fin verso la metà dei rocchetti, esso, come avviene nell'elettro-dinamometro Bellati e nell'amperometro Hummel, verrà magnetizzato e attirato nell'interno dei rocchetti per effetto della corrente, qualunque sia il senso di questa. Oltre i vantaggi suaccennati, questa disposizione avrebbe anche quello che il filo trovasi in tutta la sua estensione in un campo magnetico uniforme (supposto che la corrente circoli anche attorno alla parte curva del filo di ferro) e che lo spostamento del filo di ferro parallelamente a sè stesso non cambia la distribuzione del magnetismo in esso. L'esperienza e uno studio ulteriore dimostreranno quali siano le condizioni più favorevoli, e se sia possibile con un simile apparecchio la misura assoluta dell'intensità della corrente, essendo nota la permeabilità del ferro e viceversa.

*

Applicazione alla misura della pressione del vento. — L'anemometro di Wild consiste in una lamina rettangolare verticale sospesa in due punti del lato superiore che è orizzontale, la quale sotto l'azione del vento s'inclina più o meno sulla verticale; un'apposita larga ventarola perpendicolare alla lamina suddetta la dirige perpendicolarmente al vento. Ora variando l'inclinazione della lamina varia l'incidenza del vento su di essa e quindi la pressione esercitata; se il vento fosse eccezionalmente costante si potrebbe con contrappesi ridurre sempre la lamina nel piano verticale; però tale necessaria costanza del vento non si verifica.

Sospendendo invece a due coppie di fili ad angolo bac , $b'a'c'$ un'asta orizzontale, terminante a un'estremità con un disco verticale perpendicolare all'asta, e sottoponendo il disco all'azione del vento (orientandolo perpendicolarmente ad esso nel modo già indicato) esso sarà spostato ed i fili del pendolo devieranno di α , ma il disco rimarrà verticale e l'angolo d'incidenza del vento rimarrà immutato qualunque sia la direzione del vento. Quindi se s è l'area del disco, P il suo peso coll'asta che lo sostiene, la pressione del vento sarà $F = P \tan \alpha : s$ per cm^2 . Usando dischi di vario diametro o, piuttosto facenlo uso di anelli di guardia come nell'elettrometro di lord Kelvin, si potrà determinare l'influenza degli orli, e disponendo il disco sotto varie inclinazioni si potrà determinare l'influenza dell'angolo della direzione del vento colla lamina. Tale apparecchio molto semplice potrebbe essere un utile verificatore degli anemometri a molinello. Si potranno smorzare le oscillazioni fissando all'asta un filo verticale diretto in basso e terminante in una paletta totalmente immersa nell'acqua.

BIBLIOGRAFIA

Lo studio del terreno e delle carte topografiche, del capitano GIUSEPPE BERTELLI. — Op. in-16', di pag. 283 con 12 tavole. — Torino, 1895. — Prezzo L. 3.

« Trascurare gli studi topografici praticamente intesi è abdicare al mezzo principale di aver in guerra una indiscutibile superiorità sull'avversario, è togliere dalla bilancia delle probabilità di vittoria un grosso peso dalla parte nostra per farla traboccare dalla parte del nemico. La topografia militare si potrebbe definire, se intesa a dovere, così: *Descrizione dei luoghi sui quali battere l'avversario* ». Con queste parole il capitano Bertelli, che fu per molti anni addetto all'Istituto Geografico Militare Italiano, scrittore appassionato di studi topografici nella *Rivista Militare Italiana* ed in altre pubblicazioni, ha terminato il *Manuale* che ci sta sott'occhi, e che venne da lui dedicato *alle truppe italiane in Africa*.

E questo appunto abbiām creduto premettere, perchè il lettore sia subito edotto dello scopo nobilissimo che l'egregio Autore si è proposto nello scrivere il *Manuale*.

Il libro è diviso in due parti.

Nella prima parte, intitolata *Carte topografiche*, l'Autore discorre dei mezzi limitati dei quali il topografo dispone per rispetto allo scrittore, e quindi della necessità di avere lettori con una larga educazione topografica, i quali possano supplire alla deficienza dei mezzi descrittivi. Da un'idea adeguata delle diverse scale di proporzione nelle quali si può raffigurare il terreno, fingendo d'essere salito in pallone frenato a differenti altezze. Poi si fa strada a parlare dei grandi progressi ottenuti nella formazione e nella riproduzione delle carte topografiche, segnatamente colla fotolitografia, colla fotoincisione, colla fototipia, colla fotoincisione e colla fotoincisiotipia. Di tutti questi metodi l'Autore ci dice quel tanto che basta ad apprezzare tutta l'utilità, tutta la speditezza, tutta la precisione, traendo ogni cosa da notizie ufficiali del nostro Istituto Geografico Militare, il quale gareggia e supera in produzioni cartografiche quanto di meglio si fece all'estero.

Senonchè la stessa molteplicità di carte topografiche dall'Autore esaminate, i differenti metodi di rappresentazione grafica, di lueggiare, di colorire; i differenti criteri che informarono il rilievo ed i disegni, dimostrano evidentemente infruttuosa la ricerca di un tipo di carta topografica che possa rispondere ai desideri, ai bisogni ed al sentimento artistico di tutti. Pare ad ogni modo all'egregio A. di poter concludere: che la scala di 1 a 25,000 « sia da ritenersi la migliore per comprendere in breve disegno un tratto di terreno sufficiente allo sviluppo di un'operazione guerresca della massima importanza, e concedere nel contempo le dimensioni necessarie, perchè il graficismo si estrinsechi con efficacia ». E che il voto di una carta topografica militare si otterrebbe colle seguenti condizioni:

Lueggiamento a luce obliqua — tratteggio in bistro — curve in nero — acque correnti o stagne in bleu — le opere murali in rosso — in giallo la carreggiata delle strade principali e le rocce praticabili — in verde le strade a fondo naturale — in bianco le private — tutti i rimanenti segni convenzionali in nero.

Per tal modo si domanda: al chiaroscuro la forma del terreno, alle curve le pendenze, al colore il rilievo delle strade, delle rocce praticabili, dei terreni sui quali non si manovra, delle acque guadabili. Con pochi altri segni si potrà avere subito e chiaramente espresso quello che una monografia, non sempre disponibile, ci spiegherebbe con lunghe pagine.

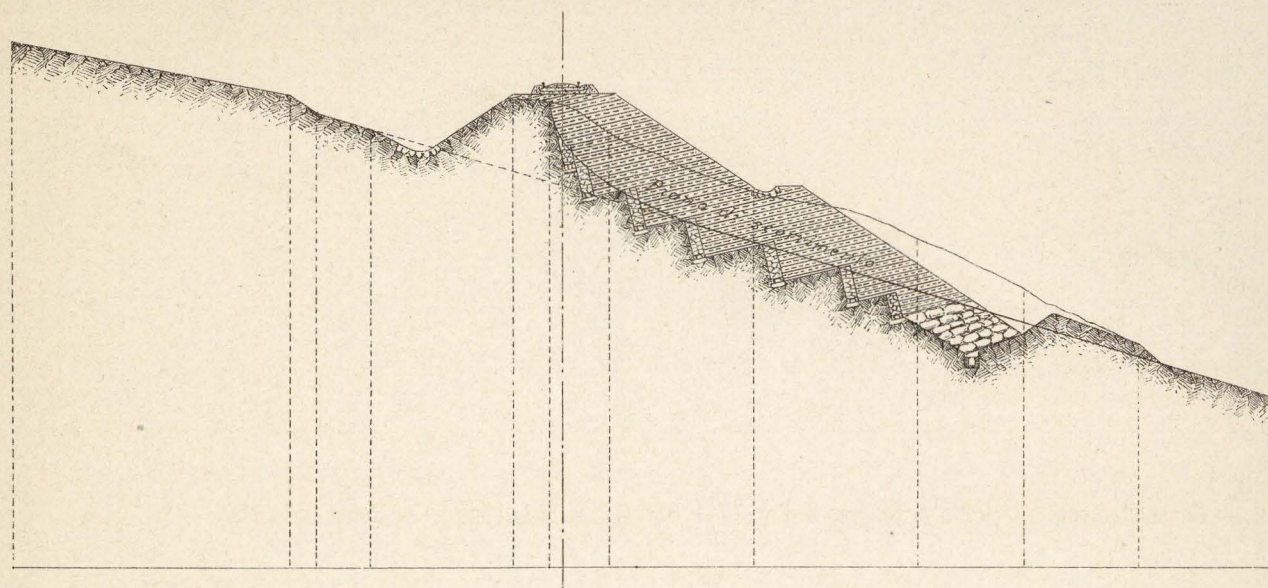
Nella parte seconda, intitolata *Lo studio del terreno*, l'Autore incomincia dall'osservare che non si può saper leggere a dovere su di una carta topografica, se non da chi abbia fatto un buon fondamento di osservazioni sul terreno, viaggiando, studiando le pianure, le colline, le montagne, i corsi d'acqua, ecc. I primi tre capitoli servono appunto di guida al lettore in questo studio topografico del terreno. Poi partendo naturalmente dal concetto che le carte topografiche abbiano i requisiti voluti dai metodi moderni rappresentativi, il libro dice del modo di riconoscere, il terreno col mezzo di carte topografiche che lo rappresentano, del modo di servirsi nelle ricognizioni del terreno e negli usi di guerra.

Il libro mira eziandio ad ottenere un migliore indirizzo nelle scuole italiane in generale, sia per le esercitazioni nel disegno del rilievo, sia per gli studi d'osservazione delle località che si percorrono nei viaggi d'istruzione, sia infine per lo studio delle carte topografiche.

Lo studio della topografia, quale è inteso nelle scuole, ed il quale consiste nel saper adoperare uno squadro, o correggere una livelletta, o risolvere trigonometricamente un triangolo, è uno studio troppo embrionale e troppo lontano ancora dallo scopo pratico di abituare gli studiosi di cose militari a trar profitto delle carte topografiche delle quali si dispone, od eventualmente del terreno quale ci appare da uno o più luoghi d'osservazione, per gli usi della guerra.

G. SACHERI.

Fig. 1. — Consolidamento al rilevato 1° Savoca al Km. 96 + 900 (Tronco Leonforte-S. Caterina). — Scala di 1 : 400.



NB. — Le figure 1 e 2 appartengono alla ferrovia Catania-Licata: le altre alla ferrovia del Litorale Ligure.

Fig. 5. — Consolidamento alla frana Fabbiani (Linea di Ponente). — Scala di 1 : 400.

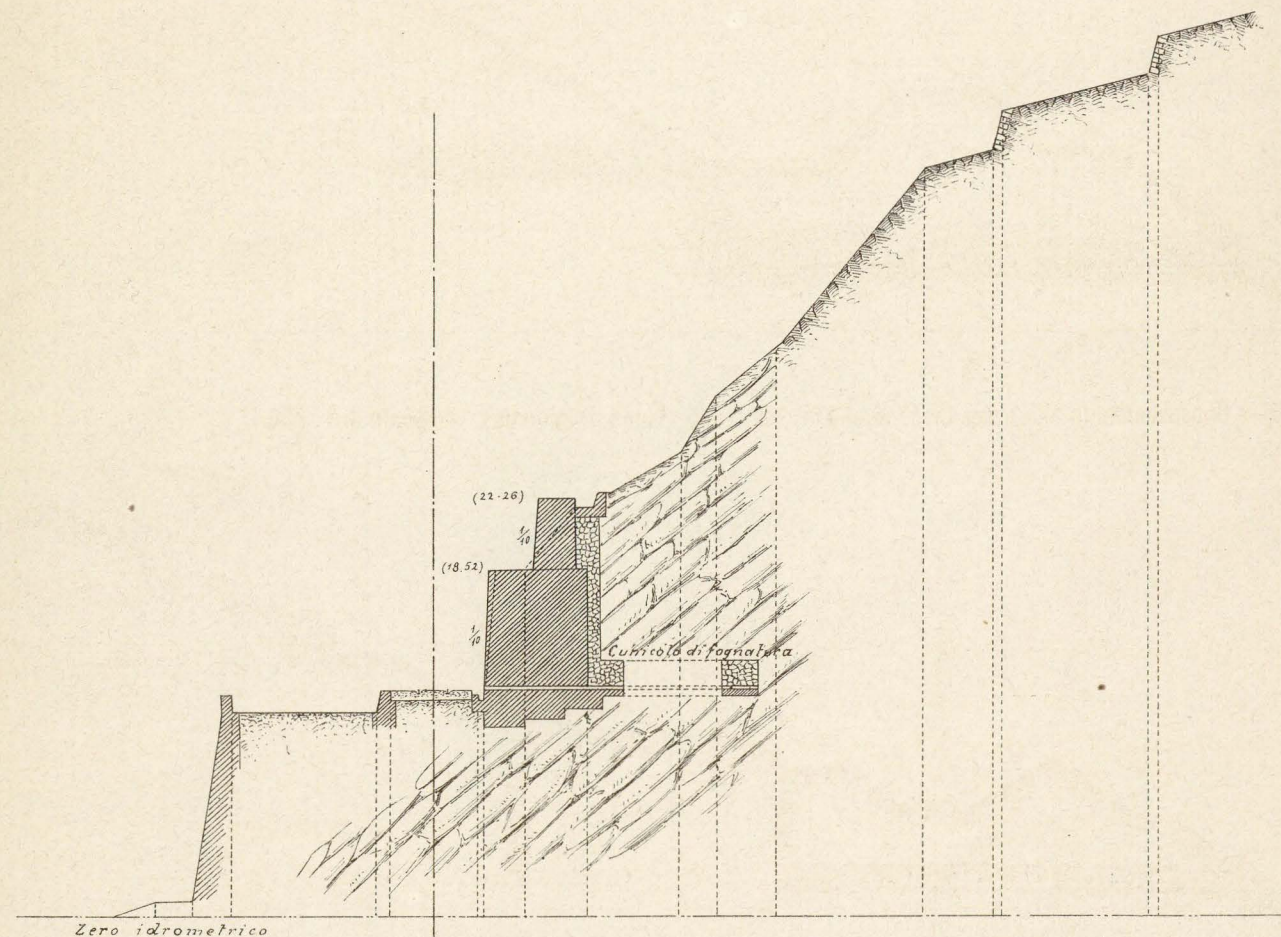


Fig. 2. — Consolidamento del rilevato al Km. 160 + 100 da Catania (Tronco Canicatti-Campobello). — Scala di 1 : 400.

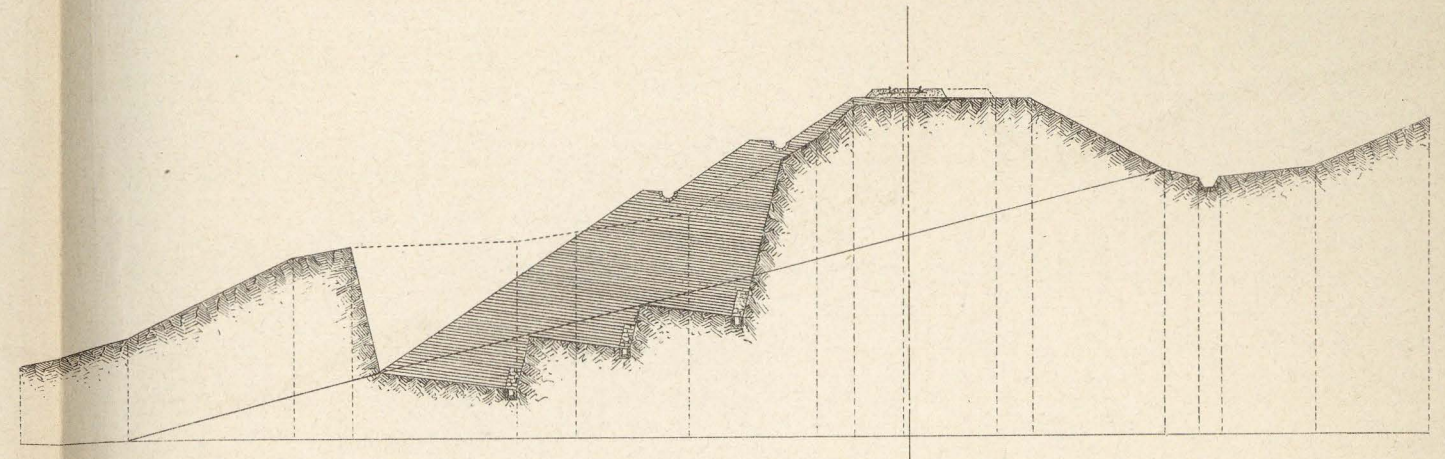


Fig. 3. — Consolidamento alla frana di Guvano al Km. 77 + 686 (Linea di Levante). — Scala di 1 : 750.

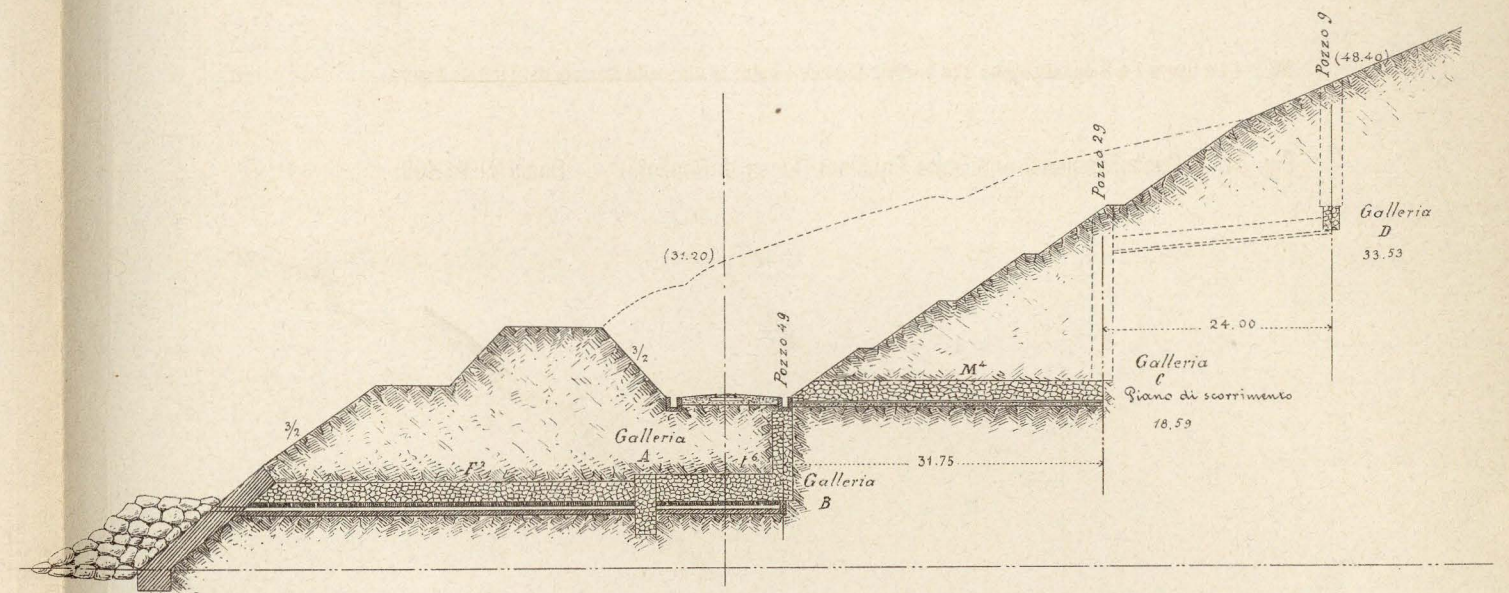


Fig. 4. — Consolidamento alla frana Civezza al Km. 113 + 150 (Linea di Ponente). — Scala di 1 : 750.

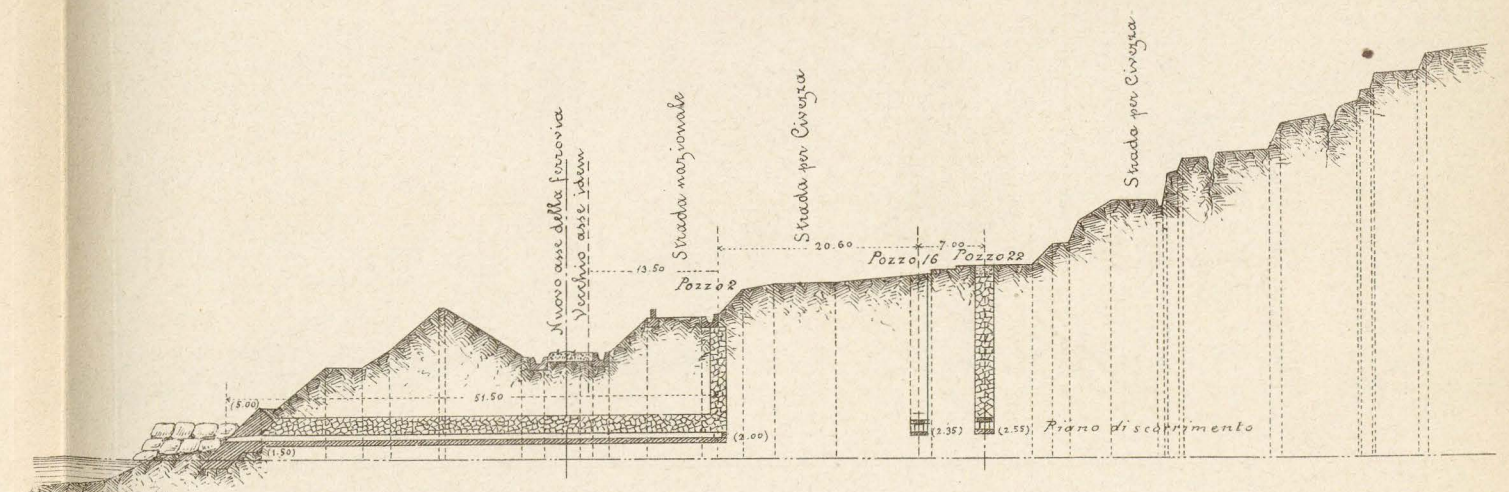


Fig. 1. — Consolidamento della trincea Juso fra i Km. $\frac{64 + 435}{64 + 877}$ da Palermo. — Scala 1 a 400.

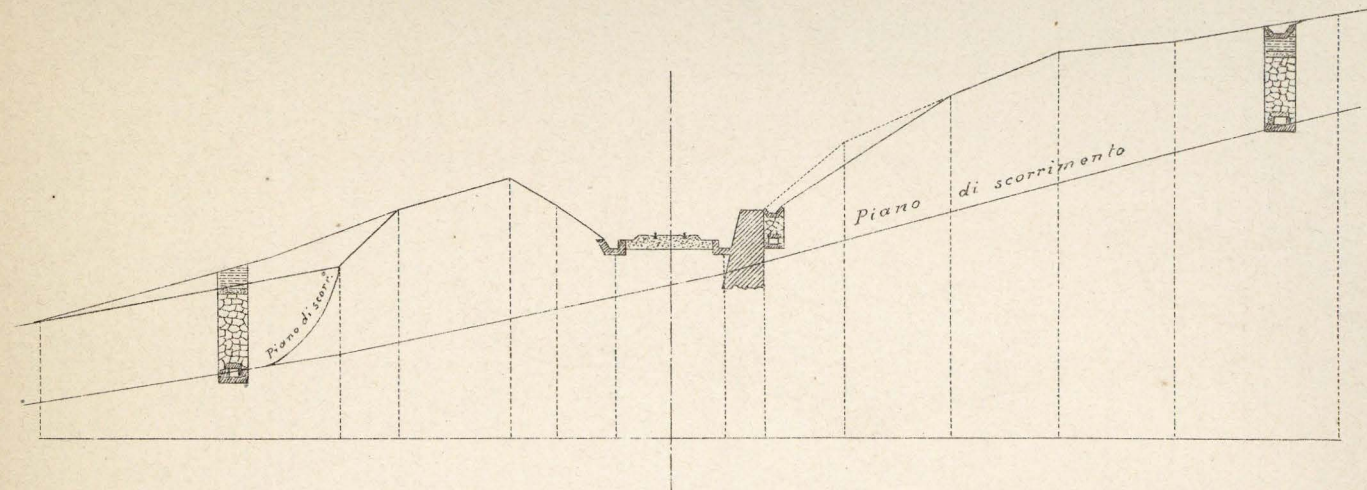


Fig. 2. — Consolidamento della frana Fiaccati al Km. 66 + 000 da Palermo. — Scala 1 a 4000.

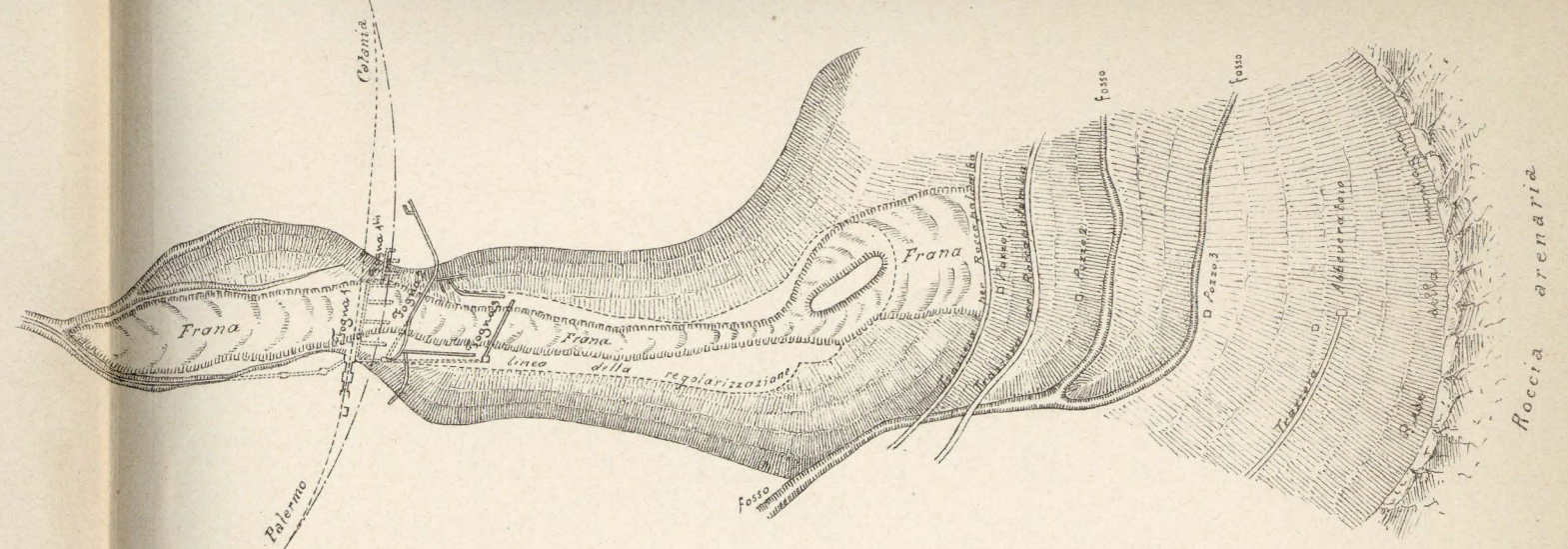
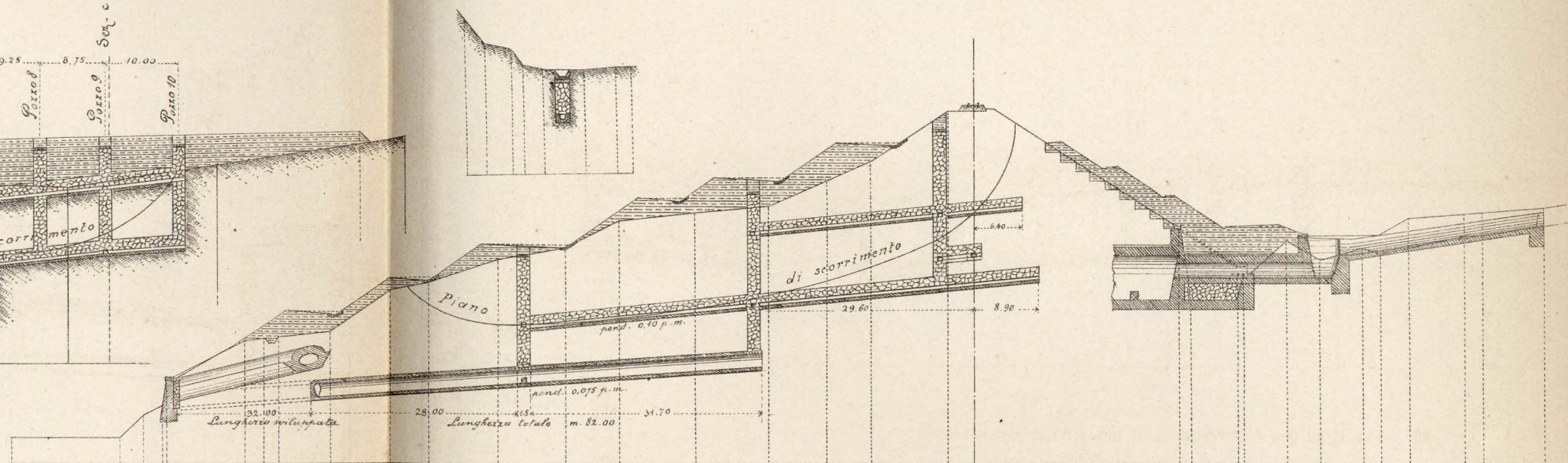
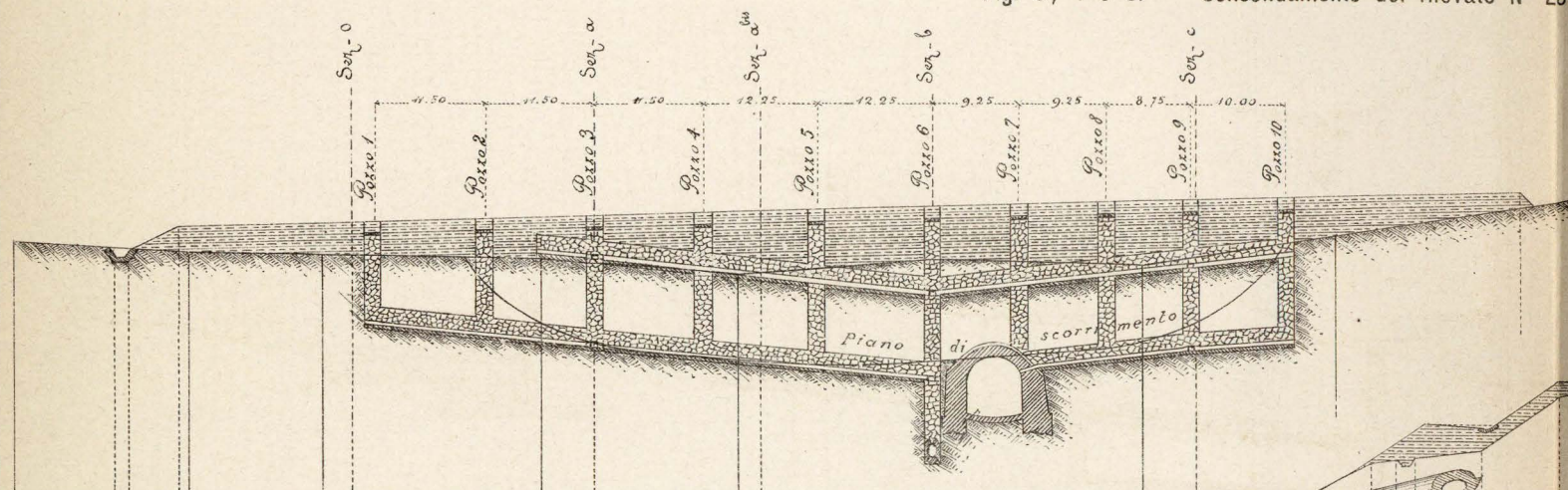


Fig. 3, 4 e 5. — Consolidamento del rilevato N° 25 al Km. 66 + 864 da Palermo. — Scala di 1 a 800.



NB. — Le figure 6 e 7 si riferiscono al tronco Roccapalumba-Lercara: tutte le altre al tronco Montemaggiore-Roccapalumba.

Fig. 6. — Consolidamento del rilevato al Km. 70 + 738 da Palermo. — Scala di 1 a 400.

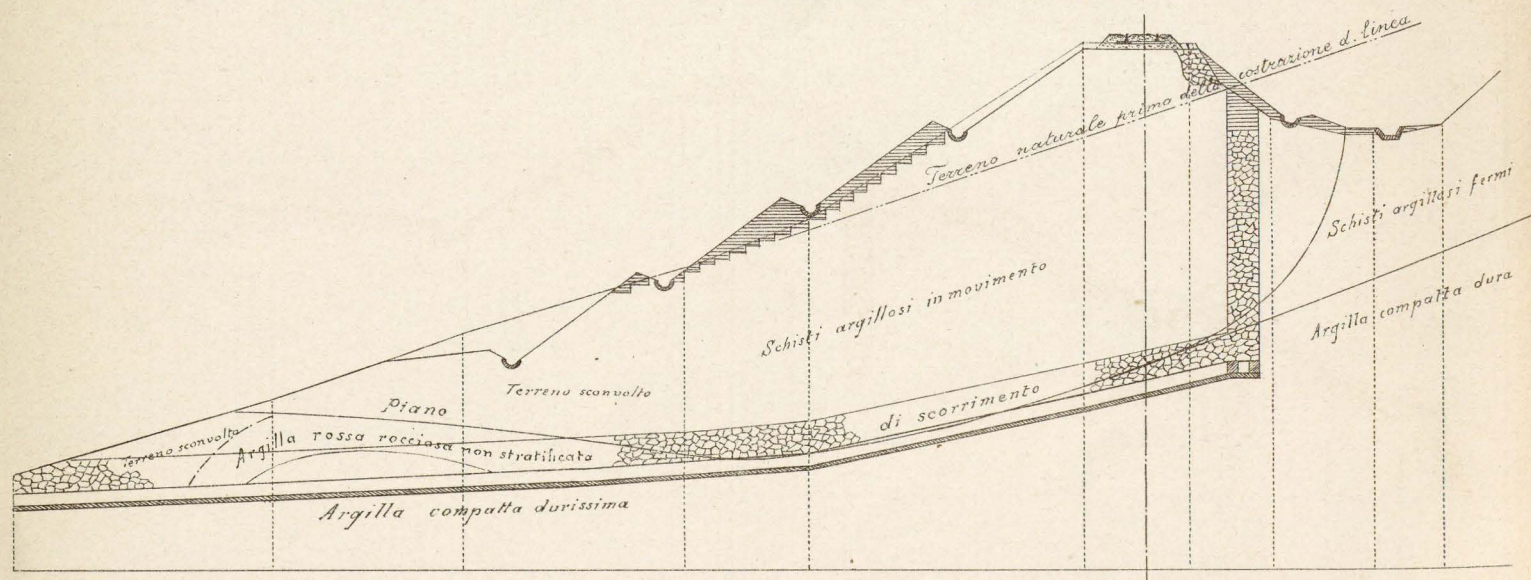


Fig. 7. — Consolidamento del rilevato al Km. 74 + 650 da Palermo. — Scala di 1 a 400.

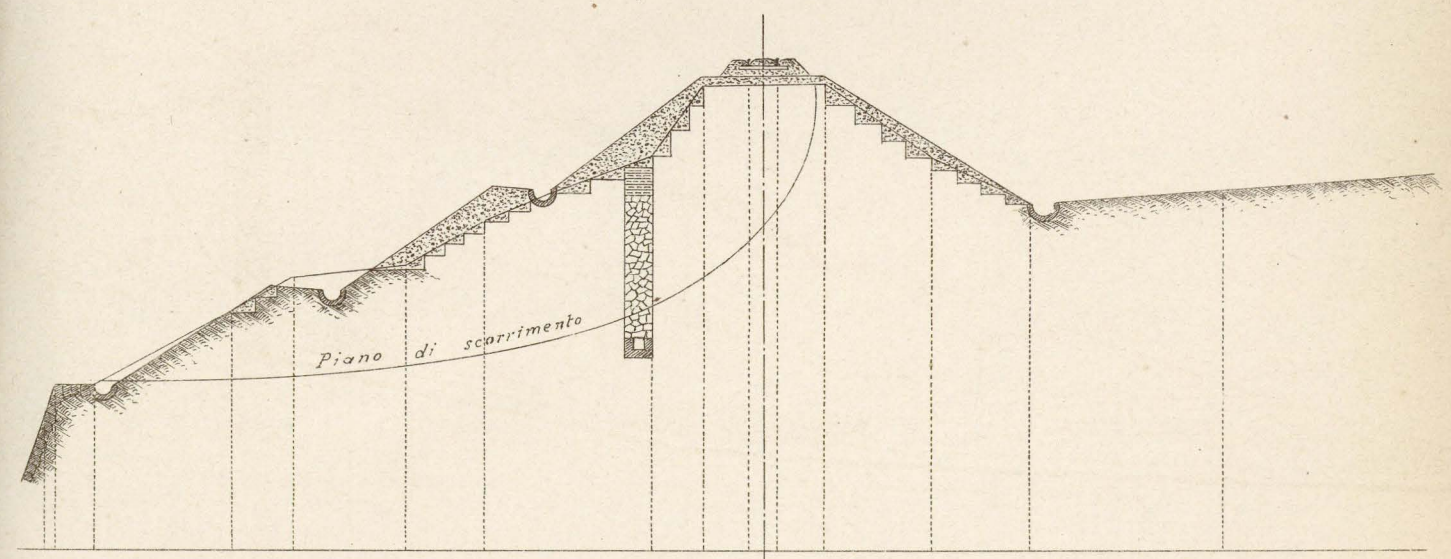


Fig. 1, 2 e 3. — Consolidamento della trincea Palma fra i Km. $\frac{64 + 055}{64 + 239,90}$ da Palermo. — Scala di 1 a 400.

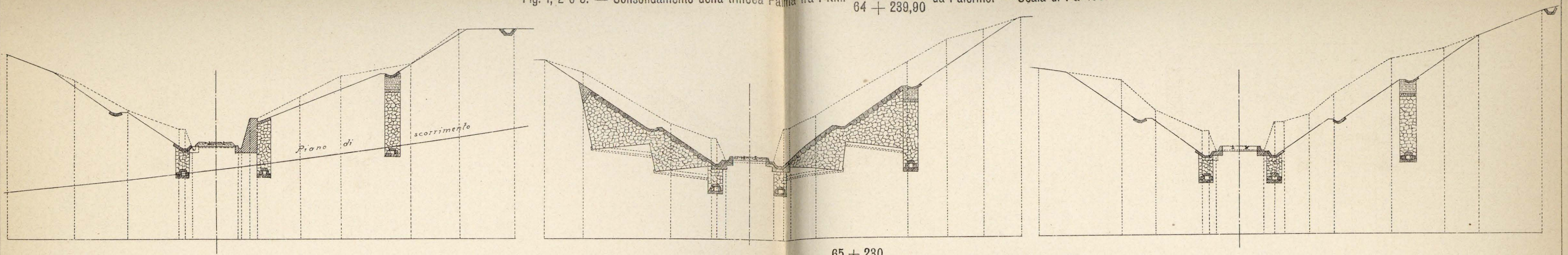


Fig. 4 e 5. — Consolidamento della trincea Creta fra i Km. $\frac{65 + 230}{65 + 587}$ da Palermo. — Scala di 1 a 400.

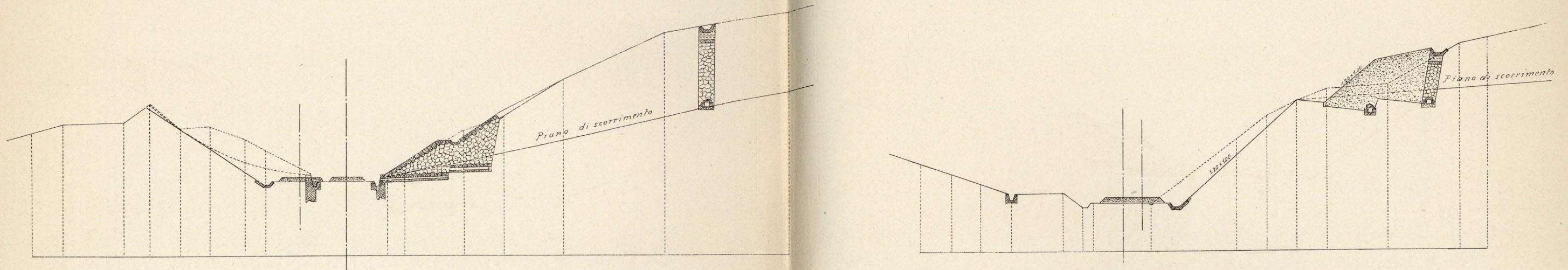
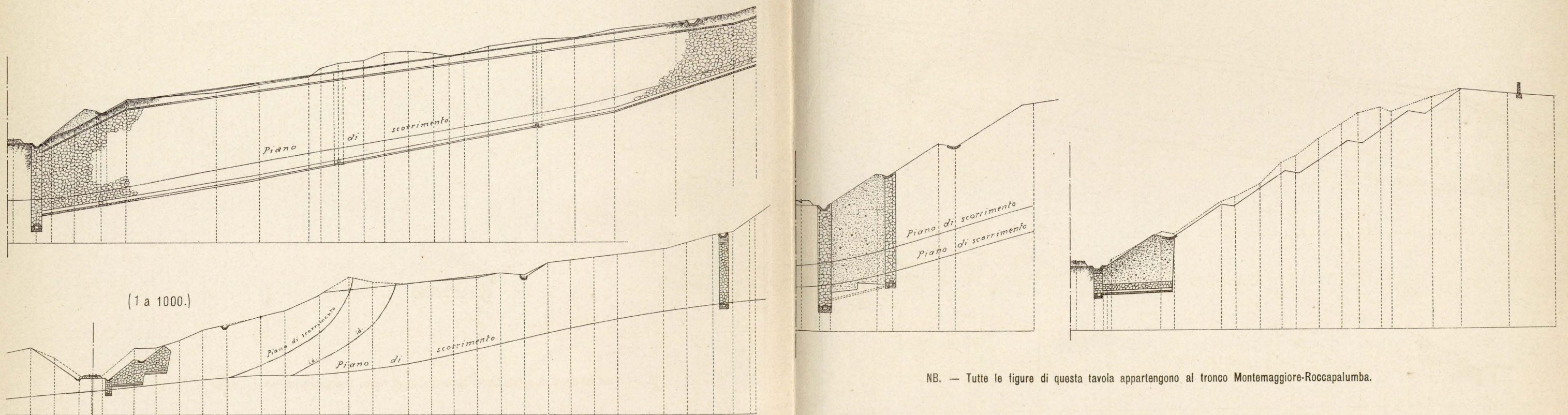


Fig. 6, 7, 8 e 9. — Consolidamento della trincea Belvedere al Km. 65 + 500 da Palermo. — Scala di 1 a 500.



NB. — Tutte le figure di questa tavola appartengono al tronco Montemaggiore-Roccapalumba.

Fig. 1 e 2. — Strada provinciale di 2^a serie N. 50. — Linea Chiusa per la Filaga. — Tronco Palazzo Adriano-Sella Carduccio. Consolidamento a valle fra le normali di progetto 41 e 44. — Scala di 1 a 400.

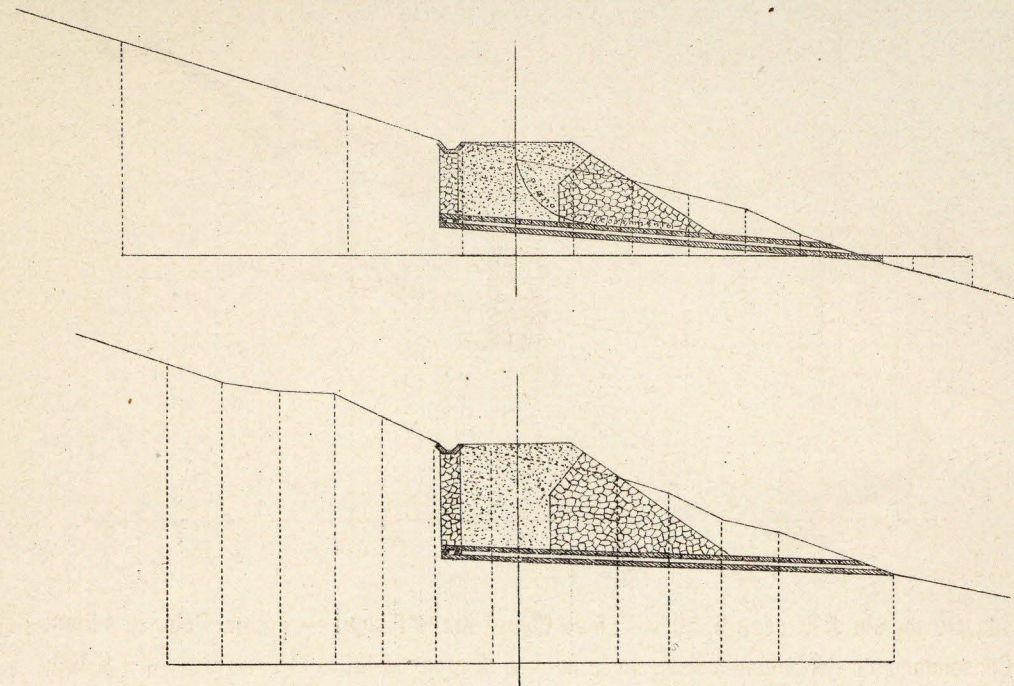


Fig. 3. — Strada provinciale di 2^a serie N. 50. — Linea Chiusa per la Filaga. — Tronco Sella Carduccio-Case Tortorice. Consolidamento della frana fra le normali di progetto 64 e 78. — Scala di 1 a 2000.

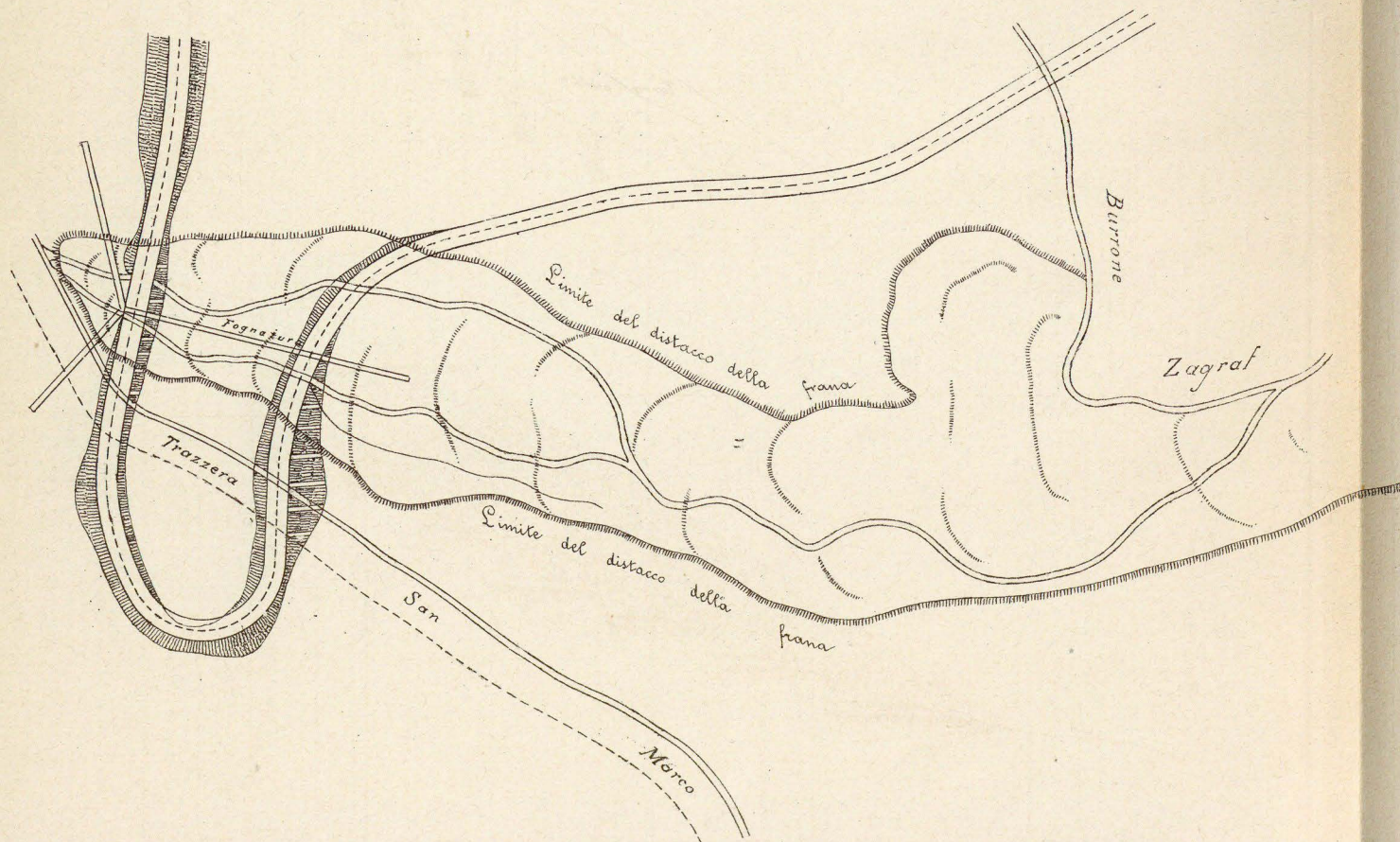


Fig. 4. — Strada provinciale Palermo-Corleone: Tronco Palermo-Misilmeri. Consolidamento della frana al Km. 13 + 000. — Scala di 1 a 400.

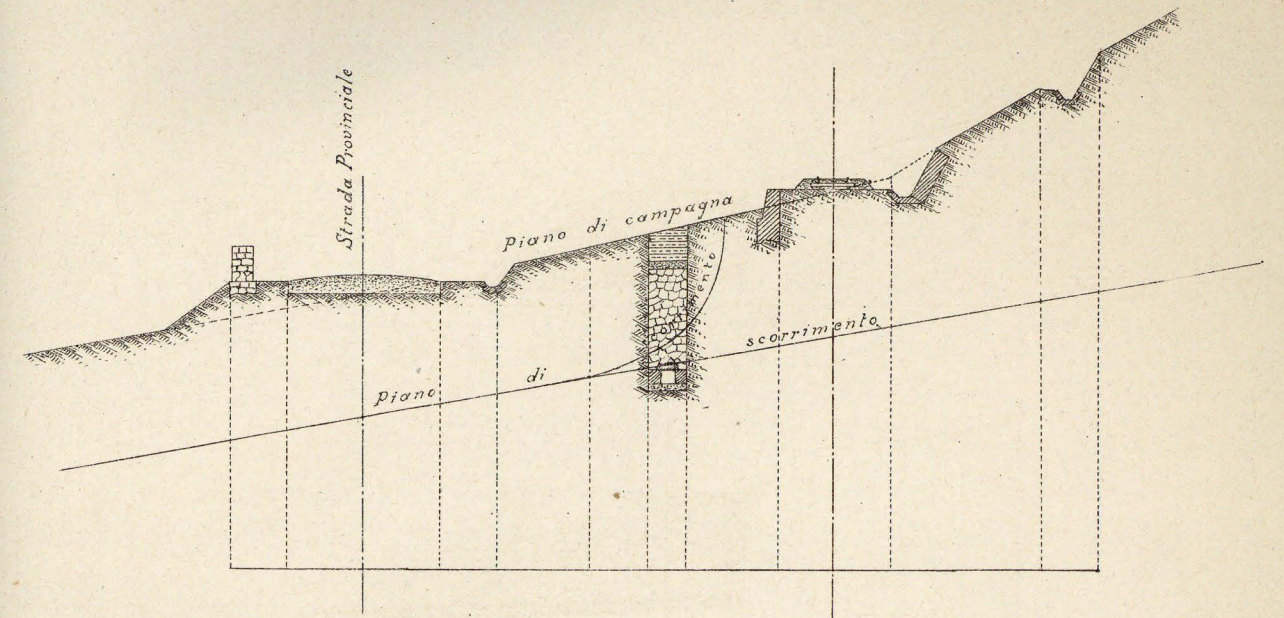


Fig. 5 e 6. — Strada provinciale di 2^a serie N. 50. — Linea Chiusa per la Filaga. — Tronco Palazzo Adriano-Sella Carduccio. Consolidamento dell'argine a valle fra le normali di progetto 136 e 141. — Scala di 1 a 400.

