

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 FERROVIARIE****RICERCA E STUDIO
DI UNA NUOVA CURVA DI PASSAGGIO
PER LE FERROVIE***Memoria dell'Ingegnere C. S. RIVERA***I.**

Molto e per lungo tempo si è discusso sulla questione se sia o meno conveniente sopraelevare la rotaia esterna nei tratti in curva dei binari delle ferrovie.

Sembra però opinione ormai da tutti accettata — come del resto lo dimostra l'uso generalmente invalso di praticare una simile sopraelevazione — doversi assegnare alle rotaie una tale posizione altimetrica relativa, che in ogni punto della via il veicolo su essa scorrente sia sempre soggetto ad una risultante, tra la forza centrifuga e la gravità, normale al piano del binario.

Non è mio intendimento di entrare nella accennata discussione, nè di studiare l'effetto che una siffatta disposizione può avere a riguardo sia del ribaltamento dei treni, sia della salita del ribordo della ruota esterna sulla rispettiva guida, sia infine dello smuovimento di tutto l'armamento sul piano stradale.

Prenderò invece le mosse dalla enunciata condizione, la quale, come dissi, pare oggigià da tutti accettata, che cioè il binario debba essere inclinato verso l'interno della curva in modo da eliminare, prescindendo dagli urti, qualsiasi azione parallela al piano delle guide della forza centrifuga sull'armamento della ferrovia, corrispondentemente alle maggiori velocità dei treni percorrenti la linea che si considera.

Ad ottenere questo scopo, come è noto, detto ρ il raggio di curvatura o del cerchio osculatore in un dato punto dell'asse della via, devesi dare alla rotaia esterna (*) una sopraelevazione h sulla interna, fornita dalla formula:

$$h = \frac{\sigma v^2}{g \rho}$$

ove σ è lo scartamento del binario, v la massima velocità dei treni percorrenti la linea, g l'accelerazione dovuta alla gravità.

Ora è evidente che, dovendo la h necessariamente variare con continuità su tutta la linea, anche il ρ , che ad essa è legato dalla soprascritta relazione, dovrà variare con continuità da un capo all'altro della ferrovia.

Ne segue, come a tutti è noto, che non si potrà dai rettilinei passare alle curve circolari tutto d'un tratto, ma bisognerà che la linea rappresentante in planimetria l'asse stra-

(*) Invece di sopraelevare la rotaia esterna, si potrebbe abbassare l'interna, con che si avrebbe il vantaggio di allungare il percorso della ruota interna anziché quello della esterna, già, per la curvatura dell'asse, maggiore del primo. In questo caso però, come pure qualora si prendesse la via intermedia di alzare la guida esterna e abbassare l'interna, sarebbero ancora applicabili le considerazioni che seguiranno, pur di intendere la h come un *dislivello* tra le due rotaie e interpretare la parola pendenza della rotaia esterna come una inclinazione relativa altimetrica delle due rotaie.

dale della intera ferrovia non ammetta discontinuità di ordine inferiore al terzo.

Occorrerà adunque intercalare tra i rettilinei e gli archi di cerchio una curva — da alcuni detta *di raccordo*, ma che noi diremo per più chiarezza *di passaggio*, riserbando il nome di curva di raccordo all'intera curva corrente da un rettilineo all'altro — mediante la quale si ottenga il graduale abbassarsi della lunghezza del raggio di curvatura dal valore ∞ che ha nel rettilineo al valore finito che le compete sull'arco di cerchio.

Una simile condizione non basta, come è palese, a determinare di qual tipo o famiglia la curva di passaggio debba essere, dappoiché qualunque curva la quale ammetta nel punto di tangenza col rettilineo un raggio di curvatura ∞ (se è algebrica e razionale dovrà quindi essere almeno del terzo grado) e che riesca poi tangente al cerchio di raccordo, con raggio di curvatura, nel punto di tangenza con questo, eguale al raggio del cerchio stesso, soddisferebbe alla questione.

Sinora, come altra condizione necessaria alla determinazione della curva di passaggio, si ammise che la sopraelevazione h della rotaia esterna dovesse dal valore zero (che ha nel rettilineo) salire al valore finale (nel cerchio) proporzionalmente all'arco di essa curva misurato a partire dal suo punto di tangenza col rettilineo.

Con ciò, in altre parole, si impone la condizione che il raggio di curvatura della curva di passaggio sia inversamente proporzionale all'arco suddetto.

A qual curva conduce questa nuova condizione?

L'equazione *intrinseca* della curva sarà:

$$s = \frac{k}{\rho}$$

ove s è l'arco della curva misurato a partire dal suo punto di tangenza col rettilineo, punto che prenderò per origine delle coordinate, ritenendo per asse delle x il prolungamento del rettilineo verso il vertice della poligonale; ρ il raggio di curvatura e k una costante di proporzionalità.

Derivando, ho:

$$ds = -\frac{k d\rho}{\rho^2}$$

e sostituendo a ds , ρ e $d\rho$ i loro noti valori (in coordinate cartesiane), è facile ottenere dopo alcune riduzioni l'equazione differenziale del 3° ordine:

$$\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3 - k \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \frac{d^2y}{dx^2} + 3k \frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 = 0.$$

La quale può ridursi sotto la forma dell'equazione di Bernoulli, ponendo:

$$\frac{dy}{dx} = t; \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{dt}{dx} = z; \quad \frac{d^3y}{dx^3} = \frac{dz}{dx}.$$

Si avrà così:

$$(1+t^2)^3 - k(1+t^2) \frac{dz}{dx} + 3k t z^2 = 0.$$

Ed eliminando il dx tra l'ultima scritta e la $z = \frac{dt}{dx}$, avremo:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{3t}{1+t^2} z + \frac{(1+t^2)^2}{k} \frac{1}{z}$$

e posto:

$$P = \frac{3t}{1+t^2} \quad \text{e} \quad Q = \frac{(1+t^2)^2}{k}$$

$$\frac{dz}{dt} = Pz + \frac{Q}{z}$$

La quale, essendo P e Q funzioni della sola t , è appunto la equazione del Bernoulli e può quindi ridursi ad essere lineare, come segue:

$$\frac{d(z^2)}{dt} = 2P(z^2) + 2Q$$

Che, risolta, dà:

$$z^2 = e^{\int 2P dt} \left[\int e^{-\int 2P dt} \cdot 2Q dt + C \right],$$

ove e vale la base dei logaritmi neperiani.

Nel caso nostro, e prescindendo dalle costanti d'integrazione, si ha facilmente:

$$\int 2P dt = 3 \log(1+t),$$

$$e^{\int 2P dt} = (1+t)^3,$$

$$e^{-\int 2P dt} = (1+t)^{-3},$$

$$\int e^{-\int 2P dt} \cdot 2Q dt = \frac{2}{k} \int \frac{dt}{1+t^2} = \frac{2}{k} \text{arc tang } t,$$

e sostituendo:

$$z^2 = (1+t)^3 \frac{2}{k} \text{arc tang } t,$$

da cui:

$$\frac{dt}{dx} = \sqrt{\frac{2}{k} (1+t)^3 \text{arc tang } t}$$

$$x = \int \frac{dt}{\sqrt{\frac{2}{k} (1+t)^3 \text{arc tang } t}}$$

Questo integrale non si sa esprimere colle funzioni analitiche sinora note.

Potevasi prendere quest'altra via. Riferita, come sopra, la curva alla tangente iniziale come asse delle ascisse, e detto α l'angolo fatto con detto asse da una tangente mobile, è nota la relazione:

$$ds = \rho d\alpha.$$

Combiniamola colla nostra condizione:

$$s = \frac{k}{\rho}$$

Se da queste due equazioni eliminiamo la s , ricadremo nell'integrale più sopra trovato. Infatti, ho dalla seconda:

$$ds = -\frac{k}{\rho^2} d\rho,$$

e sostituendo nella prima:

$$-k \frac{d\rho}{\rho^2} = d\alpha.$$

Integrando: $\frac{k}{\rho^2} = \alpha + C$, ove $C = 0$, perchè per $\alpha = 0$ deve aversi $\rho = \infty$.

Ma, come è noto, $\text{tang } \alpha = \frac{dy}{dx}$ (in coordinate cartesiane ortogonali), quindi, sostituendo anche a ρ il suo valore, avremo:

$$\frac{k \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^3}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^3} = 2 \text{arc tang } \frac{dy}{dx}.$$

E posto:

$$\frac{dy}{dx} = t \quad \text{e} \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{dt}{dx},$$

si avrà facilmente:

$$x = \int \frac{dt}{\sqrt{(1+t^2)^3 \frac{2}{k} \text{arc tang } t}}$$

Se invece dalle due relazioni:

$$\rho = \frac{k}{s} \quad \text{e} \quad ds = \rho d\alpha,$$

eliminiamo il ρ , avremo:

$$k d\alpha = s ds.$$

Integro:

$$k\alpha = \frac{s^2}{2} + c,$$

ove il c è nullo, perchè per $s = 0$ deve aversi $\alpha = 0$.

Ma in assi cartesiani ortogonali, si ha:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha,$$

e quindi:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \frac{s^2}{2k},$$

ossia:

$$dx = \cos \frac{s^2}{2k} ds.$$

Se quest'ultima equazione si sapesse integrare, si avrebbe l'arco s e quindi anche il raggio di curvatura ρ in funzione dell'ascissa x , ossia potrebbe porsi:

$$\rho = f(x),$$

e l'equazione della curva in termini finiti si avrebbe ricavando y' dalla nota relazione:

$$\int \frac{dx}{f(x)} = \frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}},$$

e poscia integrando $y = \int y' dx$, purchè, ben inteso, questi due ultimi integrali si sapessero risolvere.

Ma la $dx = \cos \frac{s^2}{2k} ds$ dà luogo ad un integrale cui non corrisponde alcuna funzione nota.

Infatti, posto:

$$z = \frac{s^2}{2k} \quad \text{da cui} \quad s = \sqrt{2kz}$$

e:

$$ds = \frac{k dz}{\sqrt{2kz}} = \sqrt{\frac{k}{2}} \frac{dz}{\sqrt{z}}$$

si avrà sostituendo:

$$dx = \cos z \cdot \sqrt{\frac{k}{2}} \frac{dz}{\sqrt{z}},$$

da cui:

$$x = \sqrt{\frac{k}{2}} \int z^{-\frac{1}{2}} \cos z \cdot dz,$$

integrale che non si può eseguire perchè l'esponente di x non è intero e positivo.

Questa ricerca rigorosa è però affatto inutile in pratica, pei bisogni della quale, e trattandosi di brevi archi, presa per asse delle x la tangente iniziale, può, con approssimazione più che sufficiente, trascurarsi $\left(\frac{d^2 y}{d x^2}\right)^2$ di fronte all'unità.

Può quindi ritenersi $ds = dx$,

$$\rho = \frac{1}{\frac{d^2 y}{d x^2}}, \quad d\rho = -\frac{\frac{d^3 y}{d x^3}}{\left(\frac{d^2 y}{d x^2}\right)^2} dx.$$

Sostituendo questi valori nella

$$ds = -\frac{k}{\rho^2} d\rho,$$

si ha:

$$dx = \left(\frac{d^2 y}{d x^2}\right)^2 \cdot k \cdot \frac{\frac{d^3 y}{d x^3}}{\left(\frac{d^2 y}{d x^2}\right)^2} dx,$$

da cui:

$$\frac{d^3 y}{d x^3} = \frac{1}{k}.$$

Integro:

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{x}{k} + C',$$

ove $C' = 0$, perchè per $x = 0$ deve aversi $\rho = \infty$, ossia:

$$\left(\frac{d^2 y}{d x^2}\right)_{x=0} = 0.$$

Integro ancora:

$$\frac{d y}{d x} = \frac{x^2}{2k} + C'',$$

ove $C'' = 0$, perchè per $x = 0$ deve aversi $\frac{d y}{d x} = 0$ (l'asse delle x è la tangente iniziale).

E integrando nuovamente:

$$y = \frac{x^3}{6k} + C''',$$

in cui pure C''' è nullo, perchè la curva passa per l'origine.

Ecco perchè si usa come curva di passaggio la parabola cubica, chè tale appunto è la curva rappresentata dall'equazione ultima scritta.

Non dobbiamo però dimenticare che questo risultato si è ottenuto imponendo alla curva di passaggio la condizione che la pendenza assunta dalla rotaia esterna sia costante per tutta la lunghezza della curva di passaggio, sopraelevazione proporzionale all'arco.

Ora si è appunto considerando quest'ultima condizione, che mi è nato il dubbio come dessa possa non essere la più favorevole allo scopo cui sempre devesi mirare, quello cioè di ottenere la massima regolarità nel moto dei veicoli, specie sulla curva di passaggio.

Infatti, quando si considera come sia uso nelle ferrovie di raddolcire i bruschi cambiamenti di pendenza nei punti di incontro di due livellette successive, raccordando i lati dell'angolo fatto altimetricamente dall'asse stradale (e quindi dalle due rotaie) mediante una adeguata curva, non si comprende perchè debbasi poi adottare un simile angolo altimetrico, per quanto ottuso, quando appunto è più dannoso, ossia quando interessa una sola delle due rotaie ed è così più facilmente origine di irregolarità ed urti nel moto dei veicoli.

Non si può d'altra parte, mantenendo l'attuale sistema di tracciamento planimetrico (parabola cubica) adottare l'espedito usato nel cambio di livelletta, senza violare la relazione fondamentale:

$$h = \frac{\sigma v^2}{g \rho}.$$

Abbandonata la quale, tanto varrebbe semplificare del tutto il tracciamento, col sopprimere addirittura la curva di passaggio, e disponendo il cerchio tangente ai rettilinei come nelle strade ordinarie, e distribuendo la sopraelevazione della rotaia esterna nel modo che più si crede opportuno per la miglior regolarità del moto dei veicoli.

A me pare adunque che, anzichè imporre alla curva di passaggio la condizione della lineare ripartizione della sopraelevazione, debbasi invece imporle di permettere che, sempre rispettando la relazione $h = \frac{\sigma v^2}{g \rho}$, la pendenza della rotaia esterna sia inizialmente nulla (nel punto di tangenza col rettilineo), vada quindi crescendo dal valore zero sino ad un massimo (inferiore ad un determinato limite) per tornare quindi ad annullarsi in corrispondenza del punto di tangenza col cerchio.

Pertanto, mentre colle attuali curve di passaggio, il profilo longitudinale fatto sulla rotaia esterna, lungo la curva di passaggio e i due tratti adiacenti, si presenta disposto su tre rette corrispondenti la prima al rettilineo, la seconda alla curva di passaggio e la terza al cerchio (vedi fig. 39); colla

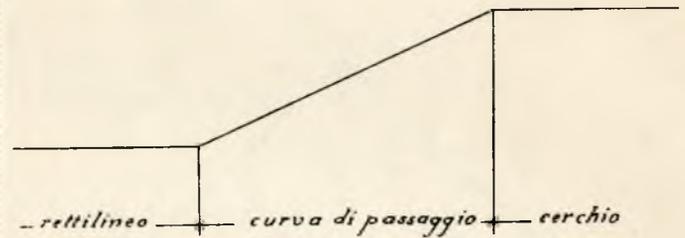


Fig. 39.

nuova curva invece detto profilo sarebbe costituito da una curva tangente alle due rette corrispondenti al rettilineo e al cerchio, e avente un flesso in un punto intermedio, come appare dalla fig. 40.

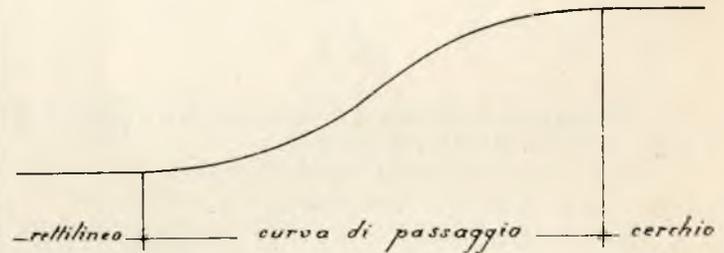


fig. 40.

Nel punto di flesso si avrà la massima pendenza della rotaia esterna.

E' evidente che se si impone lo stesso limite massimo alla pendenza della rotaia esterna in ambedue i casi, la lunghezza della curva di passaggio sarà di molto superiore nel secondo caso; nel quale quindi — a parità di tangente e di angolo al vertice della poligonale d'asse — dovrà aversi un cerchio di raccordo di diametro minore che non si abbia nel primo caso. Il tracciamento poi della curva di passaggio a pendenza variabile sarà certamente di gran lunga più complicato di quello della parabola cubica, ma pare a me che, purchè il raggio sopramentovato sia mantenuto al di sopra di un certo limite, da stabilirsi in dipendenza dell'importanza della linea e della massima velocità dei treni su essa scorrenti, le suddette ragioni non debbano aver gran peso di fronte alla maggior regolarità che si otterrà nel movimento dei treni nelle curve di passaggio, ove, ci dimostra l'esperienza, di preferenza avvengono i disastri ferroviari dovuti a devianti.

II.

Premesse queste considerazioni, veniamo alla ricerca di una curva di passaggio che risponda alla condizione di ripartire la sopraelevazione in modo che la rotaia esterna presenti una pendenza variante con continuità dal rettilineo al cerchio.

Per semplificare il problema, cominceremo col cercare l'equazione di una curva di raccordo tra due rettilinei, senza l'interposizione dell'arco di cerchio, rispondente alla stessa condizione di continuità nella variazione della pendenza, e vedremo in seguito come la metà di una simile curva possa assumersi come curva di passaggio.

Del resto, qualche volta può appunto succedere che la lunghezza delle due tangenti e il valore dell'angolo al vertice della risvolta sieno tali da ridurre a troppo breve tratto l'arco di cerchio in confronto della lunghezza delle due curve di passaggio, e in questo caso sarà opportuno sopprimere senz'altro detto arco di cerchio, facendo la risvolta con una sola curva a raggio di curvatura variabile.

Studiamo adunque quest'ultimo caso particolare, dal quale, come dicemmo, potremo passare al caso generale.

Sia $180^\circ - 2\beta$ (vedi fig. 41) l'angolo al vertice A dei due rettilinei, $b = AB = AC$ la lunghezza delle due tangenti imposta dalle circostanze dei luoghi.

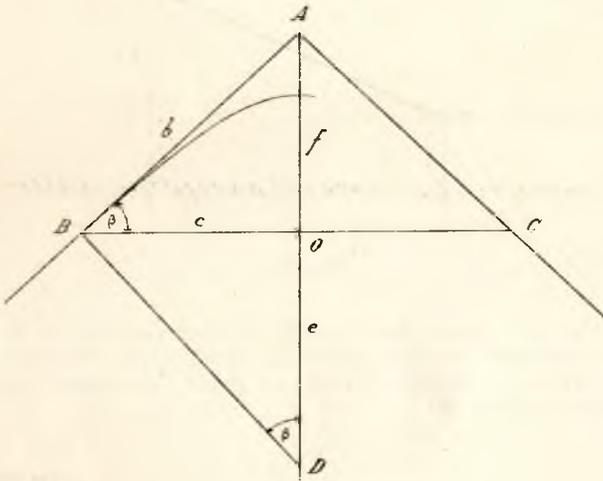


Fig. 41.

Abbasso da A la normale AO sulla corda BC e prendo OC per asse delle x e OA per asse delle y .

Sia c la semicorda $= BO = OC$. Si avrà:

$$c = b \cos \beta.$$

Condotta BD normale a BA sino all'incontro in D col prolungamento della OA, e detto e il segmento OD si avrà:

$$e = c \cot \beta.$$

Detto infine f il segmento OA avremo:

$$f = c \tan \beta.$$

Riferiremo la curva agli assi Ox e Oy sopraindicati e per semplificare il problema fissiamo che essa sia rappresentata da una equazione

$$y = f(x)$$

in cui la f sia una funzione algebrica, razionale ed intera.

La curva cercata dovrà soddisfare alle seguenti condizioni:

1° Essere simmetrica rispetto all'asse delle y e quindi la $f(x)$ dovrà contenere soltanto termini di grado pari in x .

Dal che segue che la funzione $\frac{dy}{dx}$ conterrà solo termini di

grado impari, la $\frac{d^2y}{dx^2}$ soltanto di grado pari, ecc., ecc.

2° Passare per C (e quindi anche per B) ossia dovrà aversi per $x = c$; $y_c = 0$.

3° Essere tangente in C alla AC (e quindi in B alla AB) ossia dovrà aversi per $x = c$; $\left(\frac{dy}{dx}\right)_c = -\tan \beta$.

4° Avere in C e quindi anche in B raggio di curvatura infinito ossia per $x = c$ dovrà essere $\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_c = 0$.

5° Avere nell'intervallo da $x = 0$ ad $x = c$ (e quindi per tutto l'intervallo da $x = -c$ ad $x = +c$) la concavità rivolta verso la parte negativa dell'asse delle y , ossia dovrà aversi per detto intervallo $\frac{d^2y}{dx^2} < 0$.

6° Esser tale che pel punto C (e quindi anche per B) e pel punto di mezzo, sull'asse delle y , la pendenza della rotaia esterna sia nulla.

Detta s_1 la lunghezza dell'arco della rotaia esterna e h la sua sopraelevazione in un dato punto, per definizione la pendenza di questa rotaia in quel punto sarà:

$$p = \frac{dh}{ds_1}.$$

Rigorosamente parlando, l'arco s_1 della rotaia esterna è maggiore del corrispondente arco s dell'asse stradale, del quale ora stiamo studiando la curva, e più precisamente si ha:

$$ds_1 : ds :: \rho + \frac{1}{2} \sigma : \rho$$

ove σ è lo scartamento del binario e ρ il raggio di curvatura dell'asse; quindi:

$$ds_1 = \left(1 + \frac{\sigma}{2\rho}\right) ds.$$

Ma, con approssimazione più che sufficiente può trascurarsi $\frac{\sigma}{2\rho}$ di fronte all'unità e si potrà quindi ritenere:

$$p = \frac{dh}{ds}.$$

Del resto, nei punti di curvatura nulla $\rho = \infty$ e quindi si ha rigorosamente $ds_1 = ds$.

Ora, come si vide, $h = \frac{\sigma v^2}{g\rho}$, e derivando rispetto ad s :

$$\frac{dh}{ds} = \frac{\sigma v^2}{g} \frac{d}{ds} \left(\frac{1}{\rho}\right).$$

Dunque, la condizione del N. 6 riducesi alla seguente: dovrà aversi per $x = 0$ e per $x = c$:

$$\left[\frac{d}{ds} \left(\frac{1}{\rho}\right)\right]_{x=c} = 0.$$

Ma in coordinate cartesiane ortogonali si ha:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}.$$

Derivo rispetto ad s :

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \left\{ \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \frac{d^3y}{dx^3} - \frac{d^2y}{dx^2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \cdot 2 \cdot \frac{dy}{dx} \frac{d^2y}{dx^2} \right\}$$

Osservo che per essere $\frac{d}{ds} \left(\frac{1}{\rho}\right) = \frac{-d\rho}{\rho^2 ds} = 0$ non

basta che sia $\rho = \infty$, perchè può darsi, e anzi generalmente succede (punti di flesso), che quando $\rho = \infty$, cambia anche di segno, nel qual caso a una variazione infinitesima dell'arco non corrisponde una variazione infinitesima nel raggio di cur-

vatura, il quale passa da $\pm \infty$ a $\mp \infty$, e il $\frac{d^2 y}{dx^2}$ non ha un valore finito.

Bisognerà adunque che per $x=0$ e per $x=c$ si annulli il numeratore del 2° membro nell'equazione ultima scritta:

$$\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \frac{d^2 y}{dx^2} - 3 \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)^2 \frac{dy}{dx}$$

ossia la funzione:

$$\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \frac{d^2 y}{dx^3} - 3 \left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)^2 \frac{dy}{dx}$$

Ora, per la condizione 4 si ha che per $x=c$,

$$\left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_{x=c} = 0,$$

e per la condizione 1, per $x=0$ deve aversi:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = 0.$$

Siccome adunque per $x=0$ e per $x=c$ il secondo termine dell'ultima espressione si annulla, la condizione 6 si ridurrà ad imporre che si annulli, per detti due valori di x , il primo termine, il quale, alla sua volta, non può annullarsi che annullandosi la $\frac{d^3 y}{dx^3}$.

In conclusione, la funzione $\frac{d^3 y}{dx^3}$, la quale deve contenere (vedi prima condizione) soltanto termini di grado impari, dovrà annullarsi per i valori $x=0$ e $x=c$.

Potrà quindi porsi sotto la forma:

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = R x \left[1 - \left(\frac{x}{c}\right)^2\right]$$

Integrando avremo:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = R \int \left(x - \frac{x^3}{c}\right) dx = R \left(\frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{4c^2} + C'\right).$$

Integro ancora:

$$\frac{dy}{dx} = R \int \left(\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{4c^2} + C'\right) dx = R \left(\frac{x^3}{6} - \frac{x^4}{20c^2} + C'x + C''\right).$$

E infine:

$$y = R \int \left(\frac{x^3}{6} - \frac{x^4}{20c^2} + C'x + C''\right) dx = R \left(\frac{x^4}{24} - \frac{x^5}{120c^2} + C' \frac{x^2}{2} + C''x + C'''\right).$$

Determiniamo ora le tre costanti d'integrazione C' , C'' e C''' e la costante di affinità R .

Intanto per la 1ª condizione sarà $C'' = 0$.

Per $x=c$ deve aversi (condizione 2ª) $y_c = 0$. Quindi:

$$\frac{c^4}{24} - \frac{c^5}{120} + C' \frac{c^2}{2} + C''' = 0$$

ossia:

$$\frac{c^4}{30} + C' \frac{c^2}{2} + C''' = 0.$$

Per $x=c$ deve aversi (condizione 3ª):

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_c = -\text{tang } \beta$$

e quindi:

$$R \left(\frac{c^3}{6} - \frac{c^4}{20} + C'c\right) = -\text{tang } \beta$$

ossia:

$$\frac{7}{60} c^3 + C'c = -\frac{\text{tang } \beta}{R}.$$

Per $x=c$ deve infine aversi (condizione 4ª):

$$\left(\frac{d^2 y}{dx^2}\right)_c = 0,$$

quindi:

$$\frac{c^3}{2} - \frac{c^4}{4c^2} + C' = 0,$$

da cui:

$$\frac{c^2}{4} + C' = 0.$$

Riepilogando, per la determinazione delle tre costanti R , C' e C''' si hanno le tre relazioni:

$$\frac{c^4}{30} + C' \frac{c^2}{2} + C''' = 0$$

$$\frac{7}{60} c^3 + C'c + \frac{\text{tang } \beta}{R} = 0$$

$$\frac{c^2}{4} + C' = 0.$$

Dall'ultima si ha:

$$C' = -\frac{c^2}{4}.$$

Sostituendo nella prima:

$$C''' = -\frac{c^4}{30} + \frac{c^4}{8} = \frac{11}{120} c^4.$$

E infine dalla seconda:

$$R = \frac{\text{tang } \beta}{-\frac{7}{60} c^3 + \frac{c^3}{4}} = \frac{15}{2} \frac{\text{tang } \beta}{c^3}.$$

Si avrà adunque:

$$y = \frac{15}{2} \frac{\text{tang } \beta}{3} \left[\frac{x^4}{24} - \frac{x^5}{120c^2} - \frac{c^2 x^2}{8} + \frac{11}{120} c^4\right]$$

ossia:

$$y = \frac{c \text{ tang } \beta}{16} \left[11 - 15 \left(\frac{x}{c}\right)^2 + 5 \left(\frac{x}{c}\right)^4 - \left(\frac{x}{c}\right)^6\right].$$

Questa è l'equazione della curva cercata.

È facile verificare che essa è tale da soddisfare anche alla quinta condizione. Le altre ci servono direttamente nel formarla, ed è quindi inutile farne la verifica.

Si noti intanto che $\frac{y}{c \text{ tang } \beta}$ è funzione della sola $\frac{x}{c}$,

dal che si vede come il tracciamento per punti della curva possa farsi abbastanza speditamente coll'aiuto di una piccola tabella che dia i valori della parentesi quadra in funzione di $\frac{x}{c}$, variante da 0 ad 1 ad esempio per centesimi.

È bene che trascriviamo alcune delle successive derivate di y , che ci serviranno in seguito:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\text{tang } \beta}{8} \frac{x}{c} \left[15 - 10 \left(\frac{x}{c}\right)^2 + 3 \left(\frac{x}{c}\right)^4\right]$$

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{15}{8} \frac{\text{tang } \beta}{c} \left[1 - \left(\frac{x}{c}\right)^2\right]^2$$

$$\frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{15}{2} \frac{\text{tang } \beta}{c^2} \cdot \frac{x}{c} \cdot \left[1 - \left(\frac{x}{c}\right)^2\right]$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{15}{2} \frac{\text{tang } \beta}{c^3} \left[1 - 3 \left(\frac{x}{c}\right)^2\right].$$

Posto $x = 0$ si ha $y_0 = \frac{11}{16} c \operatorname{tang} \beta$ ossia $y_0 = \frac{11}{16} f$; il che significa che la curva taglia il segmento OA in due parti che stanno come 11 : 5. Di questa proprietà ci varremo in seguito.

Determiniamo ora il minimo raggio di curvatura della curva. E' facile prevedere che questo minimo raggio si avrà in corrispondenza del punto di mezzo della curva ossia per $x = 0$.

Facciamone però la ricerca rigorosa.

Si ha:

$$\rho = \frac{- \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2 y}{dx^2}}$$

Nota che ho premesso il segno — perchè voglio avere il ρ positivo, dovendone in questa ricerca considerare il solo valore assoluto.

Derivo rispetto ad x

$$\frac{d\rho}{dx} = \frac{1}{\left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2} \left\{ \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d^3 y}{dx^3} - \frac{d^2 y}{dx^2} \cdot \frac{3}{2} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot 2 \cdot \frac{dy}{dx} \frac{d^2 y}{dx^2} \right\}$$

Il valore di x che renderà minimo il ρ , dovrà annullare $\frac{d\rho}{dx}$ ossia il numeratore della frazione al 2° membro:

$$3 \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 \frac{dy}{dx} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{d^3 y}{dx^3} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} = 0$$

ossia:

$$3 \frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 - \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right] \frac{d^3 y}{dx^3} = 0.$$

Questa equazione è soddisfatta per $x = 0$. Infatti sappiamo che:

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = 0 \quad \text{e} \quad \left(\frac{d^3 y}{dx^3} \right)_{x=0} = 0.$$

Dunque, per $x = 0$ si avrà un massimo o un minimo di ρ .

E' facile verificare che sarà un minimo esaminando la seconda derivata $\frac{d^2 \rho}{dx^2}$. La quale per $x = 0$ prende il valore:

$$\begin{aligned} \left(\frac{d^2 \rho}{dx^2} \right)_{x=0} &= \\ &= \frac{3 \left(\frac{15}{8} \frac{\operatorname{tang} \beta}{c} \right)^3 + \frac{15}{2} \frac{\operatorname{tang} \beta}{c^2}}{\left(\frac{15}{8} \frac{\operatorname{tang} \beta}{c} \right)^2} > 0. \end{aligned}$$

Questo minimo di ρ è l'unico che esista nel tratto tra $x = 0$ e $x = c$ (e quindi per tutto l'intervallo da $x = -c$ a $x = +c$) perchè facilmente si verifica che per $0 \leq x \leq c$ la funzione $\frac{d\rho}{dx}$ è positiva e quindi il ρ va continuamente crescendo col crescere di x dal valore 0 al valore c .

Il valore di questo minimo ρ , che indicheremo con r si avrà annullando la x nella espressione di ρ , dopo aver sostituito ai simboli delle derivate le funzioni da essi rappresentate.

E si otterrà (in valore assoluto):

$$r = \min. \rho = (\rho)_{x=0} = \frac{1}{\frac{15}{8} \frac{\operatorname{tang} \beta}{c}} = \frac{8}{15} \frac{c}{\operatorname{tang} \beta}.$$

E ricordando che $\frac{c}{\operatorname{tang} \beta} = e$ (vedi figura 41) avremo:

$$r = \frac{8}{15} e.$$

Anche di quest'ultima relazione ci serviremo in seguito.

Abbiamo adunque trovato la curva che, soddisfacendo alla condizione della continuità nella variazione della pendenza della rotaia esterna, è atta a raccordare due rettilinei di cui sia dato l'angolo al vertice e la lunghezza delle tangenti.

Per poter però adottare la curva trovata non basta che essa risponda alla detta condizione e che non dia un r inferiore a un determinato limite (il che si verifica colla relazione ultima scritta), ma bisogna ancora assicurarsi che la massima pendenza della rotaia esterna non sorpassi un dato valore, prestabilito in base a considerazioni d'indole pratica.

Occupiamoci adunque ora di determinare la massima pendenza della rotaia esterna.

Detta p la pendenza variabile di detta rotaia, si aveva:

$$p = \frac{dh}{ds}$$

ove h (sopraelevazione della rotaia esterna sulla interna) era data da:

$$h = \frac{\sigma v^2}{g \rho}.$$

Indicando colla lettera k il valore, costante per una data linea, $\frac{\sigma v^2}{g}$, avremo:

$$h = \frac{k}{\rho}$$

ove per ρ bisognerà prendere il valore positivo del raggio di curvatura, per avere pure h positivo:

$$\rho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{-\frac{d^2 y}{dx^2}}$$

Sostituendo:

$$h = \frac{-k \frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

Differenzio:

$$\begin{aligned} dh &= - \frac{k}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \left\{ \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \frac{d^3 y}{dx^3} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{d^2 y}{dx^2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \cdot 2 \cdot \frac{dy}{dx} \frac{d^2 y}{dx^2} \right\} dx \\ dh &= -k \left\{ \frac{\frac{d^3 y}{dx^3}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} - \frac{3 \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 \frac{dy}{dx}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{5}{2}}} \right\} dx \end{aligned}$$

D'altra parte si ha:

$$ds = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} dx$$

Sostituendo nella $p = \frac{dh}{ds}$:

$$p = -k \left\{ \frac{\frac{d^3 y}{dx^3}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} - \frac{3 \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)^2 \frac{dy}{dx}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{5}{2}}} \right\}$$

Il valore di x che renderà massima la p , annullerà la sua derivata $\frac{dp}{dx}$. Ora facendo questa derivata ed eguagliandola a zero, si ha l'equazione:

$$\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \left\{ \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \frac{d^3y}{dx^3} - 4 \frac{d^2y}{dx^2} \frac{d^2y}{dx^2} \frac{dy}{dx} - 3 \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 \right\} - 6 \frac{d^2y}{dx^2} \frac{dy}{dx} \left\{ \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right] \frac{d^3y}{dx^3} - 3 \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 \frac{dy}{dx} \right\} = 0.$$

La quale equazione, sostituendo ai simboli le funzioni di x da essi rappresentate, si troverebbe del 2° grado in x .

Lasciamo adunque il procedimento rigoroso, e vediamo se con metodi approssimati, ma di sufficiente approssimazione per la pratica, possiamo ricavare il massimo di p che ci occorre conoscere.

Si aveva:

$$p = -k \left\{ \frac{\frac{d^3y}{dx^3}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^2} - 3 \frac{\frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3} \right\}$$

Si osservi che a valori positivi di x devono corrispondere valori negativi di p , perchè nella seconda metà della curva il raggio di curvatura va crescendo e la rotaia esterna deve abbassarsi.

Siccome noi ci occupiamo del solo valore assoluto di p , potremo scrivere:

$$p = k \left\{ \frac{\frac{d^3y}{dx^3}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^2} - 3 \frac{\frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3} \right\}$$

Ora, per x positivo, ambedue i termini entro la parentesi grande risultano positivi. Se adunque noi (avuto riguardo che nell'intervallo che si considera, da $x = -c$ ad $x = +c$ si avrà sempre $\frac{dy}{dx} \leq \tan \beta$ e che β , come vedremo in seguito,

non sarà mai molto grande) trascureremo $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2$ di fronte all'unità, commetteremo un piccolo errore, il quale avrà per effetto di aumentare di pochissimo ambedue i termini della parentesi grande, e quindi anche tutto il secondo membro.

Detto quindi p_1 un valore, variabile con x , molto prossimo a p , ma che non potrà mai esser sorpassato dal p corrispondente, avremo:

$$p_1 = k \left\{ \frac{d^3y}{dx^3} - 3 \frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 \right\}$$

Ora osservo che il massimo valore che può assumere $\frac{dy}{dx}$ nell'intervallo che ci interessa ($-c \leq x \leq +c$) è $\tan \beta$, e il massimo valore che possa assumere $\frac{d^2y}{dx^2}$ è $\frac{15 \tan \beta}{2c}$ e che inoltre detti due massimi non possono essere simultanei ossia corrispondere allo stesso valore di x .

Ne segue che il massimo valore del 2° termine entro parentesi non potrà mai raggiungere la quantità:

$$3 \left(\frac{15}{8}\right)^2 \frac{\tan^3 \beta}{c^2}$$

Ma la c non sarà in generale inferiore a 60^m, e l'angolo β non raggiungerà di norma l'ampiezza cui corrisponde $\tan \beta = \frac{1}{3}$. Il termine in questione adunque non potrà in

generale raggiungere il valore di $\frac{1}{10000}$.

Potrebbe quindi trascurarsi di fronte al primo. Tuttavia, per tenerne conto, scriveremo:

$$p_1 = k \frac{d^3y}{dx^3} \left\{ 1 - 3 \frac{\frac{dy}{dx} \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2}{\frac{d^3y}{dx^3}} \right\}$$

e riterremo la parentesi come un fattore, costante, di correzione, fattore che indicheremo con ε :

$$p_1 = k \varepsilon \frac{d^3y}{dx^3}$$

Attribuiremo ad ε il valore che compete alla parentesi in corrispondenza di quel valore di x che rende massimo p_1 quando si consideri ε come costante.

Questo valore di x (che indico con x_0) si avrà evidentemente dall'equazione:

$$\frac{d^3y}{dx^3} = 0$$

ossia sostituendo:

$$1 - 3 \left(\frac{x_0}{c}\right)^2 = 0$$

da cui:

$$\frac{x_0}{c} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Sostituito ad $\frac{x}{c}$ questo valore nell'espressione di ε e,

per maggior sicurezza attribuito a $\tan \beta$ il valore $\frac{1}{3}$, che in generale non raggiunge, si ricava facilmente:

$$\varepsilon = 1 + \frac{5}{4} \left(\frac{3}{8}\right)^2 \left(\frac{1}{3}\right)^2 \left(\frac{2}{3}\right)^3 \times 12 = \approx 1,07$$

Il massimo valore poi di p_1 , si avrà, per quanto si vide, in corrispondenza di $x = x_0 = \frac{c}{\sqrt{3}}$, che sostituito nell'espressione di p_1 , dà:

$$\max p_1 = 5 k \varepsilon \sqrt{\frac{4}{3}} \frac{\tan \beta}{c^2}$$

e ricordando che $\frac{c}{\tan \beta} = e$, detto p_2 questo massimo di p_1 si avrà:

$$p_2 = \frac{5 k \varepsilon}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{e c}$$

La quale relazione ci fornisce il mezzo di assicurarci che la pendenza della rotaia esterna non superi un limite stabilito.

(Continua).

COSTRUZIONI IDRAULICHE

I LAVORI PUBBLICI NEL CANTONE DI VAUD

(Veggasi la Tavola V)

(Continuazione)

VIII. — NORME GENERALI

SULLA CORREZIONE DEI TORRENTI.

Condizioni di un torrente da correggere. — Prima di proceder oltre nella descrizione dei lavori pubblici eseguiti dal canton Vaud, ci sembra opportuno di approfittare dell'occasione, che ci offrono le opere di correzione dei torrenti descritte, per esporre le norme generali che conviene di seguire nell'esecuzione di tali lavori, poichè le norme si trovano in questo caso giustificate e motivate dai risultati

ottenuti nei lavori illustrati. Ben inteso che tali norme sono relative alle costruzioni, di cui ci siamo specialmente occupati nei paragrafi precedenti, e non abbracciano il vasto campo dell'estinzione e correzione dei torrenti, sul quale esistono numerosi scritti, molti dei quali veramente ottimi. I lavori, di cui intendiamo discorrere, sono le serre.

Siccome però l'argomento è stato già da noi ampiamente trattato in questo stesso periodico (1), ci limiteremo a quelle parti, che, per diversità di fine dei due scritti, non hanno avuto in quello lo sviluppo necessario, e ciò anche per evitare ripetizioni; per la quale cosa preghiamo il lettore a volere riguardare questo capitolo come il complemento della suddetta Memoria.

La necessità di correggere un torrente si manifesta d'ordinario in seguito a ripetuti straripamenti del medesimo susseguiti da danni considerevoli, dovuti non tanto alle acque che esondano, quanto ai materiali che esse trascinano da monte al piano e vanno depositando lungo il loro percorso sui terreni inondati. La quantità dei materiali è di solito grandissima, assai maggiore di quella che nelle piene ordinarie il torrente è in grado di trasportare, e non sempre arriva al piano in modo continuo, anzi, il più delle volte irrompe quasi subitaneamente; e ciò si verifica anche a vari intervalli durante una stessa piena; egli è per questo che in tali momenti la violenza del torrente diventa anche più selvaggia, e nessun ostacolo potrebbe offrire efficace resistenza.

A spiegare tale fenomeno non basta il disordine del bacino montano, dove il torrente raccoglie le materie che porta al piano; però l'esame dei fenomeni, che in esso bacino si verificano, rivela senz'altro la vera ragione di questi subitanei scatenamenti, che in brevissimo tempo danno luogo a vere catastrofi.

Le pendici in movimento non sono rare nelle vallate superiori, e vi si producono delle frane considerevoli, le quali, ingombrando l'alveo del torrente, obbligano le acque ad aprirsi una scarsa uscita, girando la frana o attraversandola al piede; al sopraggiungere di una pioggia torrenziale, in pochi momenti e con grande rapidità le acque del bacino si raccolgono nell'alveo del torrente, e dove incontrano le frane, vengono arrestate, rigurgitano, il livello si alza, la loro massa va sempre più crescendo fino a che ha acquistata una forza viva capace di vincere la frana e travolgerla seco. Allora tutto precipita a valle e in quantità tale da non potere capire nell'alveo; in quelle tratte dove le sponde si abbassano, il torrente straripa e via per le campagne sottostanti. Siccome le frane possono essere diverse in vari punti del torrente, e non tutte di uguale estensione, il fenomeno accennato si verifica a intermittenze, e noi abbiamo visto nelle montagne dell'Alvernia un torrente in tali condizioni, dopo una catastrofe del genere accennato, discendere quasi a secco per alcune ore; magra però foriera di altra catastrofe, poichè stata causata da una nuova ostruzione nella sua parte superiore, che il torrente in breve seppe vincere, aprendosi una breccia attraverso le materie franate.

Le frane, da cui hanno origine i fenomeni esposti, si producono generalmente durante le piogge torrenziali e quando il torrente è ricco di acque o è in piena. Allora la corrente ha una forza di erosione considerevole, e, dove batte, scalza, cosicchè, nei punti dove la roccia forma dei rientramenti nell'alveo viene spinta verso l'opposta sponda, il cui terreno, se è poco consistente, viene facilmente scalzato; e se la pendice sovrastante è ripida, la rottura dell'equilibrio avviene senz'altro, il terreno smotta, e, continuando l'azione erosiva, la frana va sempre più allargandosi, fino ad assumere dimensioni considerevoli; dagli scoscientamenti che ne derivano, hanno origine i fenomeni descritti.

Rinunciamo alla descrizione degli altri fenomeni nei torrenti, relativi alle variazioni del profilo longitudinale e delle sezioni trasversali, al modo di raccogliere e trasportare i materiali, alle conseguenze che ne derivano, all'immissione di affluenti, e simili, poichè tutti questi fenomeni furono da noi descritti nella citata Memoria.

(1) *Delle serre o chiuse nei monti e nelle colline proposte come provvedimento atto a scemare l'altezza delle piene nei fiumi.* — *L'Ingegneria civile e le Arti industriali*, vol. XII, 1886.

Provvedimenti da applicarsi. — Dall'esposizione fatta appare senz'altro la natura del provvedimento da applicarsi; esso deve consistere nell'eliminazione dei materiali, sia procurando che vengano smaltiti dal torrente colle proprie acque, sia impedendone la raccolta nella regione montana, secondochè nelle condizioni speciali del corso d'acqua in esame torna più conveniente l'uno o l'altro dei due modi e spesso l'applicazione simultanea di ambedue. Bisognerà dunque cominciare dal ricercare se le acque del torrente sono capaci di mantenere sgombro l'alveo, senza che avvengano depositi e rialzamenti pericolosi, poichè se ciò non si verificasse, non si sarebbe tagliato il male alla radice, anzi, coll'andare del tempo, lo si peggiorerebbe. Intanto, lasciando persistere la causa, si avranno sempre delle erosioni considerevoli nella parte montuosa del bacino, che andranno ognora allargandosi, fino ad assumere proporzioni gigantesche, e così la regione diventerà sempre più disordinata.

In secondo luogo poi, lo smaltimento dei materiali per opera del torrente non si ottiene che obbligando questo a rimanere in un determinato alveo, chiuso lateralmente, per impedirne gli straripamenti; siccome il regime di un corso d'acqua torrenziale è assai variabile, succede che si verifichino dei depositi, i quali rialzeranno il letto, obbligando a rialzare sempre più le difese laterali od argini longitudinali. Il cono di deiezione assumerà allora un'altra forma: invece di accrescere il suo diametro nella direzione trasversale all'asta del torrente, andrà sempre più allungandosi secondo la medesima; i depositi continueranno sul vertice del cono, riducendosi così il torrente ad avere un letto pensile, e quindi assai pericoloso per le campagne circostanti. Aggiungasi che un tal provvedimento richiede inoltre che il fiume recipiente, nel quale il torrente versa le sue acque, sia tale da potere trasportare e smaltire esso stesso i materiali ricevuti, diversamente finirebbe coll'ostruirsi e il male non sarebbe eliminato, ma semplicemente spostato e reso anche più grave.

A questo proposito giova ricordare che le modificazioni, cagionate dall'influente nel profilo del letto del fiume recipiente, dipendono appunto, in special modo, dalla quantità di materiali che esso vi apporta, e il rialzamento che si verifica è tanto più forte quanto maggiore è la diversità della natura dei due corsi d'acqua; ora questa è quasi sempre grandissima, poichè i torrenti differiscono di solito grandemente dai fiumi nei quali immettono.

Da quanto dicemmo risulta naturalmente la conclusione, che in generale l'arginazione non è il provvedimento più adatto per la correzione dei torrenti.

L'altro provvedimento mira ad impedire la raccolta dei materiali, e si comprende, senza bisogno di dilucidazione alcuna, che una volta raggiunto questo scopo, la natura del torrente resta completamente cambiata e il bacino montano acquista una solidità, che lo rende alla coltura boschiva o prativa con grande vantaggio dell'economia generale. Il provvedimento da applicarsi dipenderà quindi dallo stato nel quale si trova la parte montuosa del torrente; se non vi sono grandi ammassi già raccolti nel canale superiore, o disposti in modo da inviarsi continuamente materiali, alimentandone le piene, allora si potrà limitarsi a impedire che tali ammassi si formino; diversamente le opere dirette a questo fine non saranno sufficienti, anzi si dovrà innanzi tutto procurare di ritenere il materiale già ammanito, sia trattenendolo sul sito mediante opere opportune, sia anche col farlo depositare in ampi bacini appositamente creati, mediante grandi traverse di ritenuta opportunamente costruite.

Le norme da osservarsi nella scelta dei siti per creare tali bacini, le abbiamo già riferite altrove (1), e qui basterà accennare che le sponde devono restringersi nel punto dove si costruisce la traversa e allontanarsi divergendo subito dopo sopracorrente. La pendenza del torrente deve essere piccola, poichè la capacità del bacino è in ragione inversa con essa, ossia tanto maggiore, quanto minore è la medesima. Il fondo dove si eleva la traversa deve essere solido, e diciamo pure roccioso, e così pure le sponde, entro le quali s'innesta. L'al-

(1) *L'Adige, sue condizioni idrografiche e lavori di sistemazione nel suo alveo.* — *L'Ingegneria civile*, ecc., 1896, pag. 36-39 e 49-54.

tezza dipenderà dalle condizioni locali, ma è evidente che più sarà alta la traversa, maggiore la capacità del bacino.

Per trattenerne sul sito i materiali basterà d'ordinario lo stesso provvedimento col quale si tende ad impedire che gli ammassi si formino, arrestando, cioè, il continuo scendere e franare delle pendici in movimento nell'alveo del torrente.

Tali franamenti vengono d'ordinario provocati dalla erosione che la corrente esercita al piede delle pendici; perciò si potrà sopprimerla difendendo le medesime con opportuni argini longitudinali e talvolta anche con semplice rivestimento della scarpata battuta. Basta un franamento nell'alveo, od una sporgenza di una ripa per obbligare la corrente ad assumere una direzione obliqua e dirigersi contro la sponda opposta; se questa è franosa, in breve viene scalzata e scende. E' evidente che nella maggior parte dei casi, allontanando prontamente le materie franate che hanno deviata la corrente, o tagliando le sporgenze che ne sono causa, sopprimendo insomma tutte le sinuosità viziose, si può evitare senz'altro l'erosione e per conseguenza la frana della pendice. Questi provvedimenti sono semplicissimi e di poca spesa, basta esercitare una sorveglianza attiva sul torrente per applicarli in tempo ed evitare i danni lamentati; la sorveglianza potrebbe benissimo venire confidata alle guardie forestali, che hanno facile occasione di visitare i torrenti nei loro giri di ispezione; i lavori preventivi necessari eseguiti a tempo richiedono una spesa meschina.

Quali benefici risultati si possano in tal modo ottenere lo dimostra il noto esempio del guardaboschi Jourdan, il quale nei comuni di Sistéron, di Salignac ed altri in Francia, nel periodo dal 1855 al 1861 costruì da solo e senza alcun aiuto 300 serre di semplici fascine, divenute celebri sotto il nome di *barrages Jourdan*, e riuscì a mantenere in buone condizioni numerosissimi torrenti, tanto che la « Società Imperiale e Centrale di Agricoltura » gli decretava di sua iniziativa una medaglia d'oro. Notisi che la maggior parte dei torrenti, nei quali Jourdan costruiva le serre, trovavasi a 8 e 10 chilometri di distanza dalla sua residenza. Questo esempio è davvero meraviglioso, e se venisse imitato anche per una decima parte dalle nostre guardie forestali, quali immensi vantaggi non si raggiungerebbero con un reggimento di guardie come abbiamo in Italia. Ma per raggiungere uno scopo così benefico, bisognerebbe che gli Ispettori e i Sotto-Ispettori forestali impartissero istruzioni all'uopo, venissero in aiuto con consigli, e in quelle provincie, dove Governo e Provincia sono consorziati per i lavori boschivi, si avrebbero anche mezzi finanziari in abbondanza. Ma, pur troppo, da noi nessuno ci pensa, e si spendono invece molti e molti danari in lavori di rimboscimento e rinsaldimento, che, viceversa, poi non danno risultato alcuno. E dico ciò per mia propria esperienza.

Il torrente non limita la sua forza erosiva contro le pendici laterali, esso attacca anche il fondo, quando la natura di questo è tale da non potere resistere; e si comprende che una escavazione nel letto ha per necessaria conseguenza uno scaldamento delle pendici, il quale sarà tanto maggiore, quanto più profondamente viene escavato il letto, donde i franamenti già menzionati. Per impedire che ciò avvenga, basterà rendere stabile l'alveo del torrente, in modo da non potere più venire attaccato. Ciò si ottiene coll'assegnargli una pendenza che permetta alle sue acque di scorrere senza acquistare troppa velocità e quindi senza corrodere. A tal uopo si dovranno creare dei punti fissi, che a guisa di capisaldi stabiliscano la pendenza conveniente al torrente e i limiti che la medesima non dovrà oltrepassare, vale a dire una pendenza tale che le acque, senza corrodere il fondo, abbiano forza sufficiente da smaltire i materiali che trasportano, e la cui quantità deve venir ridotta a un *minimum*. Allora si sarà raggiunto il profilo di compensazione, non si verificheranno depositi dannosi, e tanti materiali arriveranno in una data tratta, altrettanti dovranno venire trasportati a valle (1), e così la corrente farà da sé l'espurgo dell'alveo.

Serre o briglie di fondo. — Questi punti fissi si formano costruendo una serie di serre, la cui distanza l'una dall'altra

e le rispettive altezze sopra il letto del torrente, verranno determinate dalla pendenza che si vuol conseguire e che deve appunto corrispondere a quella del profilo di compensazione; essa dipenderà quindi dalla natura del letto, dalla sua sezione e dalla portata ordinaria e in tempo di piena del torrente. Il profilo di compensazione è generalmente una curva che nella parte bassa del torrente, vale a dire vicino alla sua foce, di pochissimo si eleva, e la cui pendenza va sempre più aumentando mano mano che si sale nella regione montuosa del torrente, dove può divenire ripida assai, se la resistenza del letto contro la forza erosiva dell'acqua cresce considerevolmente, in caso diverso si mantiene pure più o meno inclinata.

Le piccole serre di cui parliamo non vanno confuse con le grandi serre o traverse murarie di ritenuta, le quali sono specialmente destinate a creare un vero bacino di deposito sopra corrente, di un'estensione e capacità tale da bastare per ricevere i materiali trasportati dal torrente per molti e molti anni. Nella nostra monografia dell'Adige già citata e pubblicata in questo stesso periodico, abbiamo descritto con molti particolari quella specie di serre, e non intendiamo per ora di ritornare sopra l'argomento. Le opere, invece, di cui ora ci occupiamo, sono vere serre di correzione (1), il cui scopo sarebbe presto esaurito e quindi fittizio, se dovesse consistere unicamente nel ritenere i materiali trasportati dalle acque del torrente, poichè, per quanto numerose si costruiscano, lo spazio che ne risulta a monte verrebbe sempre in breve riempito.

Lo scopo principale di tali opere è precisamente quello che si vuol raggiungere nella correzione del torrente, diminuire, cioè, la sua pendenza longitudinale, rettificarne il letto. Infatti, col creare diverse cadute nei punti dove le serre vengono costruite, si concentra in ciascuna di esse il dislivello di una tratta, la quale sopra corrente viene ad avere una pendenza debole quanto si vuole, e quindi in condizioni tali che l'acqua non può più sviluppare la sua forza erosiva sul fondo, perde in gran parte la sua velocità e per conseguenza la facoltà di trasportare considerevoli masse di materiali, i quali restando per la massima parte sul sito, finiscono per identificarsi col letto e dargli quella solidità che altrimenti non avrebbe. Perduta la velocità, la corrente non può più acquistare la forza viva che sarebbe necessaria per corrodere anche le sponde.

Un altro vantaggio delle serre è quello di regolare il trasporto dei materiali; di impedire che vengano trasportate in una volta delle enormi quantità; esse servono di rifegno momentaneo: in seguito poco a poco i piccoli materiali se ne vanno e non restano che i grossi, non avendo più la corrente forza sufficiente per trasportarli, i quali, ben disposti, potranno servire a difendere il piede delle pendici, che ancora offrono pericolo. Siccome poi nelle piene ordinarie non v'è straripamento, nessun danno si verifica e i materiali si smaltiscono regolarmente.

Col creare adunque tanti punti fissi e invariabili si regolarizza il letto; i burroni esistenti si riempiscono e a poco a poco spariscono; le correnti oblique più non si verificano o non hanno la forza di corrodere, e l'acqua viene costretta a correre sempre sulle serre. Cessate così le erosioni e le conseguenti frane, si ristabilisce l'equilibrio nel terreno, che

» *aval autant de matériaux qu'elle en reçoit de l'amont...*, alors le » torrent règle son lit, en le rapprochant incessamment d'une forme » déterminée plus stable que toute autre. ... et qui s'appelle *profil de » compensation* ». — BRETÓN, *Mémoire sur les barrages de retenue des gravières, etc.* — Paris, 1867, pag. 22.

(1) Nella nostra Memoria già citata: *Delle serre o chiuse, ecc.*, abbiamo detto che fino da due secoli fa Viviani, proponendo le serre per correggere i torrenti, elevava il rimedio a forma di sistema, precorrendo le proposte degli ingegneri francesi. Ora ci piace di ricordare che anche molto prima di lui un altro italiano, il medico Andrea Bacci, che al pari di Guglielmini era idraulico valentissimo, nella sua opera sul Tevere (*Del Tevere ne quali si tratta della natura, ecc., delle acque, delle inondazioni, ecc.* — Venezia, 1576) proponeva le serre come rimedio efficacissimo per rallentare il corso precipitoso delle acque nei torrenti dell'Appennino e ritenere i materiali da essi trasportati (L'opera del Viviani è del 1684.).

(1) « ... il suffit que la partie du lit en question laisse partir en

potrà presto e facilmente imboschirsi e acquistare così sempre maggiore saldezza.

Ubicazione delle serre o briglie. — La scelta del luogo dove le serre devono costruirsi è certamente la parte più importante di una correzione di torrente; dalla loro ubicazione ne dipende l'efficacia e il risultato, perciò nello stabilirla si dovrà aver di mira lo scopo precipuo che si vuol conseguire, quello cioè, come abbiamo detto, di correggere la pendenza del torrente; quindi i punti scelti dovranno trovarsi a tali distanze fra loro, da risultarne delle tratte a pendenze deboli.

La prima cosa dunque a farsi sarà quella di studiare il regime del torrente e di rilevare il profilo longitudinale del suo letto, e varie sezioni trasversali, per rendersi conto delle modificazioni a introdurre; generalmente tali rilievi riveleranno che lo stato del letto non è definitivamente stabilito, e per questa ragione appunto diventa necessaria la correzione del torrente. Infatti, se il profilo longitudinale presenta delle pendenze irregolari, dei gradini e simili, si concluderà senz'altro che il torrente tende a corrodere il fondo; i gradini accennano all'esistenza di tratti più resistenti e quindi segnano dei punti di fermata temporanei, i quali, senza una difesa, finirebbero per sparire, come diremo in appresso. Stabilito il limite massimo di pendenza da non oltrepassarsi, si suddividerà sul profilo longitudinale la lunghezza in modo da ottenere dappertutto delle pendenze inferiori al medesimo; poi si distribuiranno le serre, assegnando a ciascuna di esse l'altezza conveniente, in modo che si garantiscano a vicenda, che l'inferiore sia di presidio a quella sopra corrente, ottenendosi così un sistema di opere aventi un'azione reciproca di difesa fra loro.

La scelta dei punti dove si devono costruire le traverse, fatta sul profilo longitudinale, non tiene conto delle condizioni icnografiche e della natura del terreno; ma non perciò queste circostanze devono trascurarsi; anzi l'ubicazione precisa di esse deve determinarsi in perfetta correlazione colle medesime, con giusta coordinazione alle condizioni del profilo longitudinale; vale a dire che se il sito migliore per una data serra si trovasse un po' più a valle di quello che risulterebbe dal profilo longitudinale, la distanza di essa per rispetto alla serra sopra corrente, aumenterà e perciò si dovrà assegnarle anche una maggior altezza di quella stabilita, proporzionale alla cresciuta distanza. L'inverso ha luogo se il sito più conveniente per la sua costruzione trovasi alquanto più a monte di quello che si avrebbe dal profilo longitudinale; in tal caso diminuendo la distanza si dovrà diminuire pur l'altezza della sua soglia sul letto del torrente.

Dove il fondo si presenta consistente e solido, la pendenza potrà essere maggiore che non nei luoghi dove facilmente il letto viene attaccato dalla forza di erosione dell'acqua. Si dovrà ricercare con accuratezza il sito dove il terreno solido cessa di essere tale, perchè ivi appunto è necessaria la presenza di una serra; infatti in questo punto di solito il torrente esercita la sua forza di erosione e riesce ad intaccare man mano anche la parte solida con progressione retrograda; la serra taglia corto a quest'azione, la quale cessa, la corrosione si arresta e così rimane garantita una tratta di letto, che non ha bisogno di altr'opera per conservarsi, anche se la sua pendenza fosse più forte di quella limite stabilita. In questo modo si arriva a far concorrere efficacemente nella correzione tutte le condizioni favorevoli che il torrente presenta.

Allorquando l'alveo offre delle curve, è evidente che ivi il pericolo di corrosione per la ripa dal lato della minor curvatura è più grande che non nelle tratte rettilinee; perciò converrà costruirvi una serra in modo da raccordare le due tratte sopra e sottocorrente e ridurle a due rettili che s'incontrano ad angolo nella serra stessa. L'acqua vi arriva allora con tutta la sua forza viva, e invece di andare ad attaccare la sponda si precipita dalla serra, perdendo così tutta la sua forza e riprende il corso al piede della serra, con una velocità iniziale minima e incapace di qualsiasi corrosione.

Quando la conformazione della vallata, dove corre il torrente, è tale da permettere la creazione di bacini di ritenuta, anche di capacità limitata, ossia sufficienti solo per due o tre piene, e quindi ben diversi dai grandi bacini a cui accennammo più sopra, si dovrà naturalmente approfittarne e co-

struirvi delle serre, le quali allora non hanno più il solo scopo di correggere la pendenza del torrente, ma anche quello di trattenerne i materiali; partecipano quindi della natura delle une e delle altre. Questi siti devono presentare in piccolo le stesse condizioni richieste per le grandi traverse di ritenuta, di cui abbiamo dato altrove le norme relative (1).

In quelle tratte del torrente dove l'erosione del fondo è già in istato molto avanzato, la sezione si presenta presso a poco come nelle figure 42 e 43; l'acqua corre dentro una se-

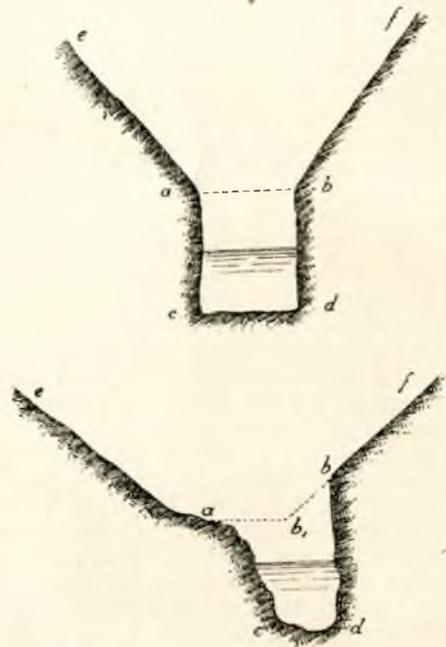


Fig. 42 e 43.

zione a pareti ac e bd quasi verticali; e le scarpate ae e bf delle pendici laterali si trovano sottominate e possono scoscendere da un momento all'altro. Qui è giuoco forza ristabilire il letto primitivo ab , rispettivamente a_1b_1 , riportando il torrente al suo livello primiero, in modo che la sezione non presenti più dei lati verticali, ma delle scarpate ae e bf , aventi l'inclinazione normale. Per raggiungere questo scopo, il miglior modo consiste nel costruire una serra o parecchie, secondo la lunghezza della tratta, colla soglia in corrispondenza del letto che si vuol ottenere.

Nello stabilire l'ubicazione di una serra, bisognerà pure aver cura che essa non si trovi esposta ad essere facilmente attaccata, quindi non dovrà possibilmente trovarsi isolata per una lunghezza considerevole; si preferirà sempre di collocarla in modo che risulti corta e s'innesti bene nelle sponde laterali.

Natura delle serre. — *Serre miste.* — Le serre si costruiscono tanto in legno quanto in muratura; le prime possono essere tutte di legname ed allora non sono altro che semplici paratie; oppure di legname misto con pietrame. Le serre in muratura si fanno tanto a secco quanto in malta.

Il vero scopo di una briglia può raggiungersi qualunque sia la sua costruzione; ma è ovvio che le paratie non potranno offrire la resistenza voluta, per cui non sono da consigliarsi che in via provvisoria. Mentre per le altre, la scelta fra quelle di costruzione mista o tutte di muratura, potrà venire determinata da circostanze locali che devono necessariamente venir prese in considerazione. Così, quando non si hanno materiali adatti, ossia massi di grandi dimensioni, sarà inutile pensare ad una serra di muratura a secco, mentre invece nelle parti montuose del torrente abbonda quasi sempre il legname o si può avere da non troppo lontano; allora la

(1) *L'Adige*, ecc. V. *Ingegneria civile*, 1896, pag. 36-39 e 49-54. — *Muri di sostegno e le traverse d'acqua.* — Torino, 1883, pag. 250.

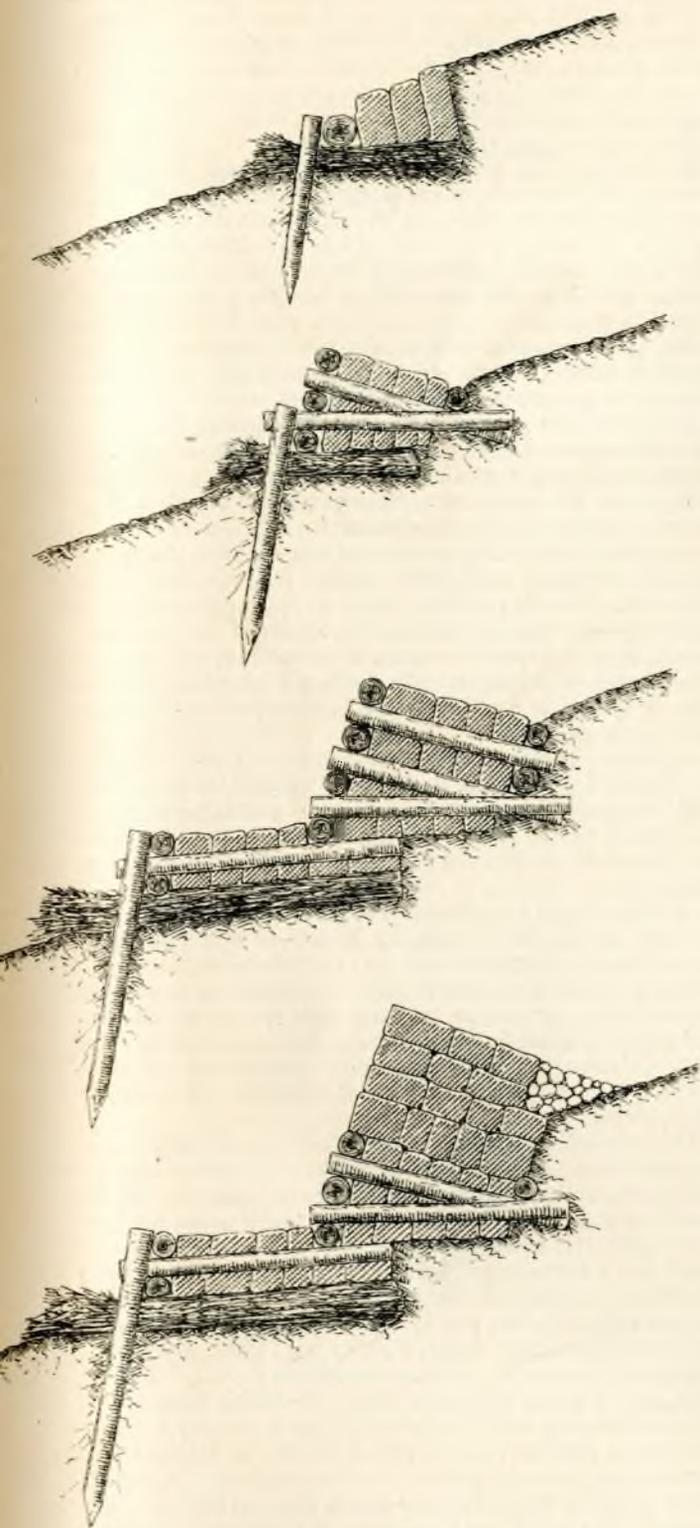


Fig. 44-47. — Tipi di briglie per la correzione dei torrenti.
Scala di 1:100.

costruzione mista, secondo il tipo delle fig. 27, 28, 29 e 30 (pag. 35 e 36) nel quale le pietre possono essere anche di piccole dimensioni, sarà da preferirsi. Se poi il letto del torrente è poco resistente, esso è ancora più vantaggioso, poichè presenta una larga base di fondazione, difficile a pericolare anche se le acque della caduta scavano il letto sul davanti al piede della briglia; ciò che non ha luogo nelle serre di tutta muratura, le quali si trovano presto squilibrate, appena lo scalzamento penetra sotto la fondazione.

Aggiungasi che le serre in costruzione mista anche non ultimate, in corso di costruzione sono capaci di resistere alle piene ed all'urto dei materiali che queste trasportano; mentre le briglie murarie, se sopravvengono delle piene durante la loro esecuzione, corrono quasi sempre rischio di rovinare fino alla base.

Quando invece la roccia affiora nell'alveo e nelle sponde è sempre da preferirsi una serra di tutta muratura; le fondazioni sono allora naturalmente garantite e la roccia rende inutile una platea speciale. Con ciò restano eliminati due gravi pericoli di rovina, e non occorrerà più che considerare la serra per rispetto al suo vero scopo, quello di trattenere i materiali e di correggere la pendenza del torrente.

Le serre miste possono costruirsi in diversi modi; però dalla nostra propria esperienza e da quanto abbiamo visto anche in molte correzioni dei torrenti svizzeri e francesi, il tipo indicato dalle fig. 27 a 30 ed adottato per la Gryonne è dei più efficaci e dei migliori; anche De Salis lo prescrisse in quasi tutti i lavori eseguiti sotto la sua direzione.

Dopo quanto già abbiamo detto non è più necessario di darne qui la descrizione; solo insisteremo sulla necessità di ubicarle nei luoghi dove il legname venga a trovarsi costantemente bagnato, diversamente se esso si trova esposto alternativamente all'umido ed al secco, s'infradica in brevissimo tempo. Quando la portata del torrente nelle magre ordinarie è così piccola da non raggiungere le sponde, si costruiranno le ali interamente di pietrame, appunto per non esporre il legname a trovarsi nelle condizioni suddette. Nella correzione della Gryonne non si è sempre osservato questa regola, e così dopo un certo tempo le armature in legno si dovettero togliere, perchè fradice, e rifare le ali in tutta muratura. Il miglior legname è la quercia, poi il pino bianco e il larice.

Una platea al piede della serra trovasi sempre esposta ad attacchi la cui potenza non è facile di precisare, poichè, a seconda delle piene, possono cadere dei massi così grossi da danneggiare grandemente la platea, e, fatta una breccia, il resto se ne va in un momento. Se la platea è costruita di legname con riempimento di pietre, queste non resistono agli urti e sono presto asportate. Un caso di questo genere si è verificato nel Quarchione, uno dei torrenti del Teramano, in vicinanza a Catignano; all'uscita del ponte ivi costruito per la strada provinciale, il torrente fa una caduta di 2 metri circa. Si era costruita una platea mista, e che ritenevasi presentasse tutta la solidità voluta; ma alla prima piena il torrente scalzò subito diverse pietre, levate le quali riuscì a distruggere gran parte della platea. In generale è preferibile di fondare la serra in modo che anche scalzata non abbia a rovinare; ciò si ottiene creando una specie di materasso d'acqua, che attutisca l'urto della caduta, come diremo più innanzi.

Non sempre però è necessario di costruire delle serre di grandi dimensioni, talvolta bastano delle piccole briglie, le quali si possono eseguire facilmente in pietra (fig. 3 e 4, tav. V) od anche in muratura mista al legname, e servono a consolidare dei tratti di alveo e ad interrompere la pendenza con varie cadute; le fig. 44, 45, 46 e 47 nel testo, indicano dei tipi comunissimi e di grande efficacia consigliati dall'ing. De Salis, la cui applicazione si scorge dalle fig. 1 e 2 (tav. V) che rappresentano una parte della correzione del torrente Buochs presso Nidwalden.

Serre in muratura. — Le serre in muratura sono costituite di un corpo centrale e di due ali intimamente collegate col medesimo, e dal quale si distinguono solo per la loro fondazione, che d'ordinario non viene spinta alla stessa profondità del corpo principale, ma si arresta sul terreno duro delle sponde, nelle quali si internano tanto più, quanto meno resistenti esse sono e si dispongono a scaglioni sopra di esse. Superiormente poi, alle ali si assegna una maggiore altezza per rispetto al ciglio della serra, allo scopo di mantenere l'acqua sopra di essa, e di impedire che prenda un corso dall'uno o dall'altro lato, ciò che avrebbe per conseguenza la rovina dell'opera. Anzi per rinviare l'acqua verso il centro mau mano che essa cresce, sarà bene di terminare il rialzamento delle ali a scarpa dal lato dell'acqua e non con parete verticale.

Quando le sponde non offrono sufficiente solidità per resi-

stere e proteggere le ali della serra, converrà difendere queste con muretti d'ala a monte o a valle secondo i casi, o da ambedue i lati. Quelli a monte preservano la sponda dalla corrosione del torrente e impediscono qualsiasi infiltrazione; quelli a valle garantiscono le estremità della serra dallo scalzamento che la caduta avrebbe per effetto.

E' evidente che la muratura con malta di calce idraulica offre un grande vantaggio su quella a secco, per la coesione che esiste fra le sue parti; però costa anche molto più di quella, specialmente nelle località dove si costruiscono le serre lontane dai centri che forniscono la calce; mentre per la muratura a secco tutti i materiali sono sul posto. La scelta dell'una piuttosto che dell'altra è dunque una questione economica la quale dovrà esaminarsi per ogni caso; in generale la convenienza è per la muratura a secco, epperò si avrà cura di sopperire alla mancanza di coesione che offre la malta, curando nella costruzione le regole che esporremo.

Una serra di muratura a secco resiste principalmente pel proprio peso; questa circostanza deve tenersi presente nella loro costruzione; si avrà quindi cura di adoperare dei materiali grossi assai, poichè quando vengono ben assestati, lasciando il minor numero di interstizi possibile e piccoli quanto la forma delle pietre lo consente, la muratura risultante avrà una densità non tanto inferiore a quella del materiale impiegato. Inoltre si assegnerà una curva piuttosto forte all'andamento planimetrico della serra; in allora riuscirà più facile di assicurare le pietre incuneandole bene; ciò che è necessario, visto che i materiali di cui si dispone sono greggi e non tanto lavorati. Quando la curvatura è minima, occorre una maggiore lavorazione nei massi, affinché combacino meglio.

Sulla questione se debbasi o no assegnare un'inclinazione al paramento anteriore delle serre, le opinioni degli ingegneri non sono concordi; alcuni (1) ritengono sia da adottarsi una piccola scarpata di $\frac{1}{4}$; altri invece sono del parere che il paramento debba essere verticale. Per verità vi sono ragioni in favore dell'una e dell'altra opinione. Quando il paramento visto ha una scarpata, le pietre assumono una posizione alquanto inclinata verso l'interno, e così riesce più difficile al torrente di strapparle ed asportarle; ma un tale pericolo in realtà si limita alle pietre della banchina superiore o coronamento, costituenti soglia, e vi si può ovviare collocandole inclinate, senza che per ciò tutto il paramento abbia sull'altezza intera della serra un'inclinazione per rispetto alla verticale. D'altra parte, quando il paramento presenta una scarpata, i materiali che cadono dall'alto, specialmente per le serre elevate, battono sulla superficie vista e poco a poco la deteriorano e la distruggono.

Dagli avversari si sostiene che la caduta dei materiali non è così dannosa come si vorrebbe far credere: essi hanno quasi nessun punto di attacco nel paramento e il piede della serra deve in tutti i casi essere così solido, da sostenere impunemente tali urti; se poi l'acqua del torrente è poca, i materiali cadrebbero verticalmente giusto al piede della briglia e la danneggerebbero ugualmente anche se il paramento non ha scarpata. Ma noi osserviamo che, per quanto piccola e lenta possa essere l'azione dell'urto sul paramento inclinato, essa è però continua, e a lungo andare finisce per danneggiare le pietre delle quali esso è costituito; che se invece il paramento è verticale non viene punto toccato dai materiali che cadono; il piede poi si deve assicurare contro l'urto da essi prodotto tanto nell'un caso, quanto nell'altro, il che si fa con robusta platea e materasso d'acqua, o nella generalità dei casi senza alcuna opera, quando il letto è di roccia dura e resistente. Ma se poi si avesse a temere qualche cosa, si potrà assegnare alla banchina-soglia della serra un conveniente aggetto sulla muratura sottostante, e così i materiali che cadono verrebbero anche maggiormente allontanati dal paramento. Questo provvedimento fu adottato con esito felicissimo per la serra Madruzzo, e ne abbiamo data la descrizione nella

nostra Memoria sull'Adige (1). Per verità la sola e vera ragione di qualche valore, che militi in favore di una scarpata, si è che il muro acquista una resistenza maggiore; perciò, tenendo presente tutte le considerazioni esposte, noi consigliamo di adottare un paramento verticale, quando il torrente trasporta dei materiali assai voluminosi; in caso contrario gli si può assegnare una leggera inclinazione di 1/10 a 1/5.

Una serra, come già abbiamo accennato, per rispetto ai materiali da sostenere, si comporta nella stessa guisa di un muro di sostegno che fosse esposto alla spinta dei medesimi; perciò le dimensioni e le forme devono calcolarsi in modo da soddisfare a tutte le condizioni di un vero muro di sostegno.

Oltre alla spinta dei materiali le serre si trovano esposte ad una forza dinamica che si manifesta sotto forma di urti e scosse, spesso considerevoli, sviluppati dai materiali e dalle grandi quantità d'acqua che vi scorrono sopra. Perciò nel progettarle bisogna tener presente questa circostanza, il che si farà collocando nei punti dove tale forza agisce, dei massi convenientemente voluminosi, ben assestati e collegati fra loro.

Nelle serre in muratura a secco, sebbene convenga assegnare pure ad esse una forma iconografica curva, nel calcolo non se ne terrà conto, allo scopo di diminuirne lo spessore e di ottenere qualche economia, poichè esse non resistono alla spinta cui sono sottoposte come archi; infatti, non essendovi fra le pietre collegamento perfetto, invece di appoggiare contro le spalle riposano sopra se stesse, ossia, quelle di un corso, sul corso inferiore, e quando entrano in azione la spinta laterale viene trasmessa al massimo alle pietre più prossime, ma non oltre, e quindi la condizione per considerare l'opera come un arco non esiste.

Aggiungasi che per la natura dei materiali che si depositano dietro il muro, in parte terrosi e ghiaiosi, in parte pietrosi, la spinta è assai diversa nei vari punti; perciò se il muro non è per se stesso sufficientemente resistente, avvenendo con molta facilità dei dislocamenti che possono riuscire fatali.

La forma curva contribuisce alla stabilità della serra, impedendo che le pietre vengano asportate ed obbligandole ad incunearsi sempre più fra loro col crescere della spinta.

Essa però non dovrà essere troppo pronunciata, quando le estremità sono fortemente innestate nelle sponde, affinché occorrendo di rialzare la serra, si possa farlo senza trasgredire alla condizione di innestare anche le estremità del sopralzamento, e di fare appoggiare la nuova muratura regolarmente sulla vecchia.

Altri pericoli a cui sono esposte le serre in muratura. — Le serre sono esposte a vari altri pericoli, oltre quelli già menzionati, contro i quali si dovrà premunirle nel miglior modo, affine di garantirne la durata. Il ciglio viene potentemente attaccato, non solo dalle acque, ma soprattutto dai materiali che il torrente trasporta, fra i quali i tronchi d'albero esercitano un'influenza assai dannosa. Il rimedio migliore consiste nello scegliere per la soglia i materiali più voluminosi, e nell'assestarli a regola d'arte come i conci di un arco; perciò sarà necessario di sottoporli ad una certa lavorazione, come già si è detto, affinché le faccie combacino bene.

Lo scalzamento delle fondazioni è generalmente la causa della rovina delle serre in muratura. Quelle in legname non corrono gran pericolo, poichè il collegamento dell'armatura resiste anche se una parte delle pietre che la riempiono viene asportata; ma non è così delle serre in muratura: se sono a secco basta anche un piccolo scalzamento per fare cadere alcune pietre, alle quali tiene dietro tutto il resto della massa; se sono in muratura con malta resistono un po' più a lungo, ma siccome il momento di resistenza è dato dal peso della muratura moltiplicato per la distanza dello spigolo anteriore a (fig. 48) dalla verticale bc passante pel centro di gravità del muro, così esso va sempre più diminuendo col crescere dell'estensione dello scalzamento finchè, arrivato in b , diventerà insufficiente, e la serra, ad onta della forma curva, dovrà necessariamente rovinare.

Una buona precauzione è quella di assegnare alle fondazioni una profondità tale che non possa venire raggiunta dallo

(1) LEGLER, *Rapport sur l'inondation dans la vallée de la Gryonne du 2 septembre 1873 au Département des travaux publics du Canton de Vaud*. — Octobre 1873, pag. 32.

(1) Vedi *L'Ingegneria Civile*, 1896, tav. III, fig. 11 a 15.

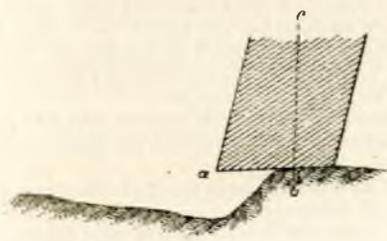


Fig. 48.

scalzamento, e di costruire sul davanti una platea con materasso d'acqua.

La platea deve costruirsi in modo da non venire essa stessa scalzata dalla violenza dell'urto della caduta; perciò deve eseguirsi con grosse pietre messe di punta, e inoltre proteggersi; ciò che si ottiene mantenendovi sopra un cuscinio o materasso d'acqua sufficiente per attutire parzialmente gli urti. A tal uopo si collocherà la platea a un livello più basso del letto del torrente, e si costruirà alla sua estremità a valle una specie di controbriglia o muro di guardia, il cui ciglio si trovi perfettamente al livello del letto e costituisca quindi la soglia, ritenendo così l'acqua caduta sulla platea in una specie di bacino.

La corrente cadendo perde quasi interamente la sua forza viva nell'agitazione che si produce, e arriva sulla soglia del contromuro con una velocità iniziale piccolissima e innocua.

La differenza di livello fra la platea e la soglia, e la distanza di quest'ultima dal piede della serra, ossia la profondità e la lunghezza del bacino, dipendono non solo dall'altezza della serra, ma dalla portata delle piene, dalla velocità dell'acqua sopra la serra, dall'altezza della lama liquida sulla medesima, dalla natura e grossezza dei materiali trasportati, dalla pendenza del torrente superiormente, ecc., tutte condizioni difficili a valutare, nè, per conseguenza, è possibile di trovare tali dimensioni in modo esatto (1). Da una lunga esperienza in questo genere di lavori e dall'esame di molte opere da noi visitate, abbiamo creduto di poter stabilire le seguenti formule empiriche, delle quali ci siamo serviti nelle costruzioni da noi eseguite.

Detta a l'altezza della caduta (fig. 49), l la lunghezza del

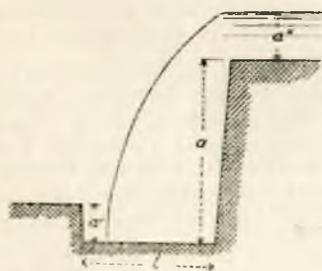


Fig. 49.

bacino, e a' la differenza di livello fra il ciglio del muro di guardia e la platea, si farà:

$$\begin{aligned} a' &= 0,20 a, \\ l &= 1,50 a. \end{aligned}$$

(1) Per fare un tal calcolo si deve determinare l'arco parabolico descritto dall'acqua cadente; la distanza l dovrà essere maggiore della distanza del punto dove l'arco incontra la platea. Breton, nel suo *Mémoire* già citato, dà il calcolo in una nota a pag. 62 64. Del resto, con maggiore semplicità, chiamando v la velocità dell'acqua, a'' l'altezza della lama sulla soglia della serra, g l'accelerazione, si ha pure:

$$l = v \sqrt{\frac{2}{g} (a + a'')}.$$

Queste formule sono valevoli per valori di a fino a m. 12. Quando a è inferiore a 3 metri si può anche fare a meno di creare un effettivo bacino d'acqua al piede della serra; se il torrente non trasporta massi voluminosi, basterà costruire una controbriglia o seconda serra ad una certa distanza e col ciglio più elevato del piede della serra principale che deve garantire, assegnando al letto frapposto fra questo e la soglia una pendenza inversa, inclinata cioè dal lato della serra principale.

La distanza fra le due serre dipende dalla pendenza del letto del torrente, e sarà tanto più piccola quanto più forte sarà la pendenza (fig. 3 e 4 della tav. V tosta dall'opera di De Salis).

Assicurata così la base della traversa, si farà in modo che la caduta dell'acqua avvenga su tutta la larghezza e non nel punto centrale; perciò alla soglia superiore si assegnerà una posizione orizzontale, evitando la forma concava che concentra nell'asse tutta la corrente.

Abbiamo insistito sulla molteplicità dei pericoli ai quali le serre sono esposte e sulla necessità di evitarli, poichè una cattiva serra è più pericolosa di nessuna serra (1), infatti, trattando essa solo momentaneamente, ossia fino alla sua rovina, i materiali che trasporta il torrente, non fa che concentrarli ed accrescere la massa dei medesimi, i quali, nel momento della loro caduta, si precipitano a valle e apportano la desolazione dove vanno a finire.

Convenienza economica delle correzioni. — Finalmente non sarà fuori di luogo il richiamare l'attenzione anche sul lato economico di una sistemazione di torrente; innanzi tutto bisogna rendersi conto della quantità e entità degli interessi minacciati e compromessi dal corso disordinato del torrente, e vedere in quale rapporto stanno con le somme occorrenti per lavori necessari ad eliminare i danni lamentati. Da tale confronto si deciderà subito se vi è la convenienza di intraprenderli. Ma non è tutto: il confronto non deve limitarsi agli interessi concreti e immediati, si deve pure prendere in esame il danno generale che ne consegue ad una regione abbandonata in preda ai capricci di tutto un bacino disordinato; questo interesse di ordine pubblico dipende naturalmente dall'importanza della regione nell'economia generale del paese, dalla intensità della sua popolazione e dalla viabilità; tutte condizioni che senza rappresentare interessi in forma di somme, hanno pure un gran peso nella bilancia sulla quale si deve esaminare la convenienza dei lavori da intraprendersi.

Le correzioni dei torrenti hanno grande importanza non solo per i terreni da essi attraversati nell'alto bacino dove si eseguono i lavori, ma anche per le contrade inferiori e per il corso d'acqua nel quale vanno a versare gran parte dei materiali che portano.

Bisogna quindi tener presente tutto ciò nella valutazione dei vantaggi che da una correzione derivano, e però non si deve perdere di vista che più lungo è il corso del torrente e più lontano le pendici che alimentano le sue torbide, queste meno influiscono sul regime del fiume recipiente, poichè la maggior parte dei materiali si deposita lungo il tragitto, o si riduce in sabbia per effetto dell'attrito.

Terminati i lavori intesi ad eliminare le erosioni delle pendici e del letto di un torrente, è evidente che deve entrare in campo l'opera dell'Amministrazione forestale; stabilito l'equilibrio nelle pendici, bisogna proteggerne la superficie contro le influenze atmosferiche e meteorologiche, per fare loro acquistare la necessaria coesione ed impedire che si rinnovino gli inconvenienti accennati. Le piantagioni poi sopra terreni consolidati prospereranno facilmente e in brevissimo tempo.

(Continua)

G. CRUGNOLA.

(1) Questo detto è del geologo Heim: « Eine schlechte Sperre ist weit gefährlicher als gar keine » (*Jahrbuch des schweizerischen Alpenclubs*, vol. VI, pag. 329).

NOTIZIE

L'apertura del grande tunnel sotto il Tamigi. — Il giorno 23 maggio venne inaugurato, con grande solennità, il Blachwall Tunnel, sotto il Tamigi.

Fu il principe di Galles che, accompagnato dalla principessa sua consorte e dal duca di York, dal duca di Cambridge e dal duca di Tech, aperse con una chiave d'oro la porta della grande galleria sotterranea, e con numeroso seguito attraversò il tunnel in carrozza.

Il nuovo tunnel è considerato in Inghilterra come il più grande trionfo subacqueo dell'ingegneria, e certamente merita di essere annoverato fra le opere di maggior ardimento e che richiesero le maggiori abilità.

Il nuovo tunnel ha un diametro di metri 8,20, vale a dire, esso è la più vasta delle gallerie subacquee finora costruite; occorsero quattro anni di lavoro continuo per condurlo a termine, e ad opera compiuta la spesa non è stata minore di 31 milioni e 250 mila lire. Esso unisce Kent a Middlesex, che si trovano circa a mezza strada fra il Ponte di Londra e il Woolwich-Free-Ferry, distanti l'uno dall'altro nove miglia.

Siccome una comunicazione più immediata si rendeva ormai necessaria fra Blackwall — ove esistono i grandi docks di Londra — e la riva opposta, il Consiglio della Contea decise sei anni fa di affidare alla Ditta S. Pearson e Figli di Westminster la costruzione della nuova galleria.

Il gigantesco lavoro fu ideato dal signor Binnie, ingegnere del Consiglio della Contea, coadiuvato da due aiutanti, i signori Hay e Fitz Maurice. La Ditta costruttrice era rappresentata dal signor E. W. Moir.

Il tunnel è lungo complessivamente 1885 metri, e soltanto 175 di questa lunghezza rappresenta la traversata del fiume, essendo che per la natura del letto del Tamigi in quel punto, gli ingegneri dovettero approfondire gli scavi a più di 24 metri sotto l'alveo del fiume e far sì che il tratto dall'ingresso degli accessi scoperti (ch'è a livello della banchina) a questo punto, sotto il Tamigi, la pendenza non fosse maggiore del 2,07 per cento; di necessità la strada dovette essere smisuratamente allungata.

Il primo tratto d'ambo le parti è affatto a giorno. Poi comincia la galleria artificiale costruita col sistema di scavare tutto il terreno, costruirvi un passaggio tubolare in mattoni e gettarvi poi sopra la terra di nuovo. Finalmente, il resto rappresenta il vero tunnel, il cui passaggio fu aperto scavando il sotterraneo soltanto.

Le difficoltà incominciarono allorché si trattò di affondare i casoni — enormi cilindri verticali del diametro di metri 17 — in numero di 4, due sulle sponde del fiume e due a distanza di circa 70 metri dai primi, sulla linea del tunnel a 17 metri di profondità e destinati a facilitare immensamente il lavoro — sebbene non necessari alla costruzione del tunnel.

Dei quattro pozzi così costruiti, due rimangono aperti e mediante una scala a chiocciola si può dal tunnel salire alla superficie.

Il lavoro d'escavazione del tunnel — lungo metri 937 — è stato fatto da operai collocati in una camera fissata ad un grande scudo, maggiore del diametro del tunnel ed il lavoro venne effettuato con aria compressa: la parete circolare dello scavo venne rivestita da una serie di segmenti di ferro, cosicché il tunnel è riuscito un enorme tubo di ferro adagiato trasversalmente sotto il letto del fiume. Nessun altro sistema avrebbe potuto essere adoperato a cagione della natura straordinariamente traditrice del terreno.

Fu per questo che si dovette inoltre porre un grosso strato di smalto alto tre metri, nel letto del fiume dal lato della sponda di Middlesex, perchè lo strato naturale d'argilla era quasi scomparso e le acque avrebbero potuto irrompere in quel punto e inondare la galleria.

La camera destinata a contenere gli operai escavatori, in numero di 24, suddivisi in dodici camerette, costituisce da sè un capolavoro dell'ingegneria moderna, la cui descrizione minuta ci porterebbe troppo lungi.

Quando gli escavatori avevano abbattuta una certa quantità di terra (che buttata al di là della parete dello scudo veniva condotta via man mano), ventotto poderosissimi propulsori disposti in giro all'armatura, con una pressione equivalente a 2800 tonnellate e talvolta perfino a 4000, la spingevano innanzi m. 0,76 alla volta. E subito si procedeva alla posa degli anelli di rivestimento, sollevati da enormi leve idrauliche fissate sulla faccia posteriore dello scudo a guisa delle sfere di un orologio; le leve li tenevano in posizione fino a che gli operai li avevano fissati con penni all'orlo del segmento precedente. Ogni anello era costituito da quattordici segmenti, e il condotto interno da 1200 di questi anelli, del peso complessivo di 19,100 tonnellate.

Nell'agosto 1893, mentre si lavorava fra i due pozzi sulla sponda di Kent, l'orlo tagliente dello scudo, avanzandosi, s'incontrò in una roccia che lo piegò come fosse di stagno.

Si avrà un'idea dell'importanza del danno, quando si dica che sono occorsi quattro mesi di tempo per ripararlo e una spesa di diecimila sterline. Scavando nell'argilla s'avanzava di 2 metri nelle 24 ore, mentre nella ghiaia l'avanzamento non era maggiore di m. 0,60.

Nessuna misura igienica fu trascurata, atta a preservare la vita degli operai che — lavorando giorno e notte — compirono in 4 anni l'im-

mane lavoro e in condizioni così anormali, a ventisette metri sotterra, non uno di essi — ed erano sei o settecento — vi lasciò la vita!

Il tubo è ricoperto esternamente di cemento ed internamente di embrici bianchi verniciati: è così costituito da un triplice strato che lo rende affatto impermeabile all'acqua.

Il tunnel ha una strada principale larga m. 4,86, che permette a due veicoli di oltrepassarsi e due marciapiedi, uno per parte, larghi ognuno cm. 90.

Sotto la via è un cunicolo largo m. 1,52, nel quale possono collocarsi condotti e fili telegrafici.

L'Inghilterra va giustamente fiera di questo colossale lavoro, che segna una nuova conquista della scienza moderna e dell'ingegneria britannica.

(*Monitore delle Strade Ferrate*).

L'acetilene in soluzione. — Non v'è dubbio che l'acetilene va acquistando un posto importante come mezzo d'illuminazione, sebbene i pericoli a cui può dar luogo e gli accidenti vari di cui fu causa, rendono anche più difficile quel periodo critico, che le più utili scoperte hanno dovuto subire nei loro primordi.

I signori G. Claude ed A. Hess, hanno cercato una nuova via nell'utilizzazione d'una proprietà dell'acetilene lasciata finora da parte, la sua solubilità nei liquidi, solubilità considerevolmente aumentata, come quella di tutti i gaz, sotto l'influenza della pressione.

La solubilità dell'acetilene, che è già sufficientemente grande per certi liquidi sperimentati da gran tempo (alcol, acido acetico), diventa grandissima per l'acetal, per il metilal, per l'acetato d'etile ed in modo particolare per l'acetone ordinario, il quale è specialmente designato dal punto di vista industriale, stante la sua facilità di preparazione. Alla pressione ordinaria ed alla temperatura di 15° l'acetone discioglie in media 25 volte il suo volume d'acetilene. Questa solubilità dell'acetilene nei diversi liquidi aumenta quasi proporzionalmente alla pressione. Così sotto 12 atmosfere 1 litro di acetone (immobilizzato o no in una materia porosa come l'amianto, la pietra pomice, ecc.) scioglie circa 300 litri di gaz, ciò che in pratica risponde alla decomposizione di un chilogramma di carburo di calcio.

L'utilizzazione di questo acetilene è semplicissima; basta aprire poco a poco un rubinetto situato nella parte superiore del recipiente che contiene la soluzione sotto pressione e comunicare con gli apparecchi da alimentarsi, perchè il gaz si sviluppi.

Quando il liquido è esaurito, esso è di nuovo atto a ricevere un'altra carica d'acetilene sotto pressione, altrettanto facilmente utilizzabile. La dissoluzione sotto pressione dell'acetilene è accompagnata da un aumento di volume che, nel caso dell'acetone, è di 0,04 per atmosfera: così la dissoluzione sotto 12 atmosfere presenta un volume eguale ad una volta e mezza quello iniziale del solvente. La solubilità dell'acetilene nell'acetone diminuisce di circa una metà, quando la temperatura aumenta da 15° a 50°. Come conseguenza, la pressione d'un recipiente caricato passa dal semplice al doppio, per una elevazione di temperatura di 30°. Questa variazione è di molto inferiore a quella dell'acetilene liquido che, per una elevazione di temperatura di 18° soltanto, passa da 24 a 70 atmosfere, ciò che necessita l'impiego di vasi a pareti di forte spessore.

Al contrario, con l'acetilene disciolto, potendosi limitare a pressioni debolissime, a volontà, si possono impiegare recipienti metallici a pareti molto sottili, poco pericolosi in caso di rottura, e leggerissimi. E' interessante, a questo riguardo, il notare che il coefficiente di dilatazione dell'acetilene disciolto, benchè sia variabile con la pressione, non somiglia affatto a quello dell'acetilene liquido, ciò che permette di utilizzarlo molto meglio i recipienti, riempiendoli quasi completamente senza timore di rottura.

Infine, per i precedenti noti nello studio delle materie esplosive, è lecito pensare che i caratteri esplosivi risultanti dall'origine endotermica dell'acetilene siano, se non del tutto annullati, almeno attenuati grandemente dal fatto della sua dissoluzione in un liquido inerte.

In base a questa maniera di vedere, i signori Claude ed Hess fecero relazione di un esperimento che consistette nel mantenere indefinitamente in una soluzione d'acetilene nell'acetone, sotto 3 atmosfere, un filo di platino portato al rosso vivo dalla corrente elettrica.

Questi sono i ragguagli che sono stati comunicati all'Accademia delle scienze; noi possiamo aggiungere che questo processo dà il colpo di grazia all'acetilene liquefatto, le di cui manifestazioni, di triste memoria, hanno danneggiato, per un certo tempo, lo sviluppo del nuovo illuminante. Esso rilega altresì, fra gli esperimenti di laboratorio, le ricerche fatte allo scopo di evitare la formazione di un miscuglio esplosivo, aggiungendo un gas inerte all'acetilene, la di cui messa in opera era impedita dalla spesa considerevole di primo impianto: perchè, oltre il generatore d'acetilene, bisognava impiantare gli apparecchi per la produzione del gas inerte, acido carbonico o azoto, il suo miscuglio con l'acetilene e l'immagazzinaggio del prodotto; sarebbe stata una vera officina, che una sola città avrebbe dovuto impiantare per la sua illuminazione.

E' vero che la preparazione dell'acetilene disciolto non è alla portata del semplice consumatore, ma gl'inventori pensano che convenga

consegnargli un prodotto pronto al consumo. Si potrà centralizzarne la preparazione in una officina organizzata in maniera da servire regolarmente una clientela, cioè dotarla di un servizio a domicilio per lo scambio, in misura dei bisogni, d'un serbatoio vuoto contro uno pieno. In ragione delle pressioni relativamente deboli che devono sopportare, questi recipienti leggeri e poco pericolosi in caso di rottura costituiscono, già fin d'ora, il magazzino per eccellenza delle lampade portatili per uso domestico.

(*Bollettino delle Finanze*).

Vetture elettriche stradali. — La *Electric Carriage and Wagon Co.* di New-York ha messo a disposizione del pubblico 12 vetture elettriche, le quali si noleggiavano ad ore, allo stesso prezzo delle vetture a cavalli.

L'*Electrical Review* di Londra riporta dallo *Scientific American* la fotografia di una di tali vetture, che nella parte anteriore somiglia molto alle vetture pubbliche di Londra, a due ruote e a due posti (*hansom cab*), col cocchiere in alto, dietro al soffietto; ma la vettura elettrica è a 4 ruote; su quelle posteriori è sostenuta la cassa degli accumulatori, e su questa cassa si eleva il sedile del cocchiere, mentre la vettura propriamente detta insiste sulle ruote anteriori.

Le ruote anteriori sono azionate ciascuna indipendentemente dall'altra, per mezzo di un ingranaggio semplice, da un motore Lundell, della forza di cavalli 1,5.

La batteria degli accumulatori a cloruro, della capacità di 70 ampere-ora, pesa quasi 400 chg; il peso dell'intera vettura è di circa 1200 chg.

Gli organi di manovra sono alla portata del cocchiere; colla mano sinistra regola la velocità, che può essere di 8, 16 e di 24 chilometri all'ora, variandosi l'aggruppamento degli accumulatori e dei motori; colla mano destra agisce sul freno e sullo sterzo.

Le ruote hanno cerchi di gomma. La vettura è provvista di tubo acustico per parlare col cocchiere dall'interno della vettura, di tre lampade ad incandescenza, due per i fanali laterali ed una per l'interno, di un campanello avvisatore, ecc.

La carica degli accumulatori basta per un percorso di oltre 40 chilometri. Si dice che con stazioni di carica bene ripartite e con prezzi ragionevoli per la corrente, il servizio giornaliero con tali vetture non verrebbe a costare che L. 2,50, avendosi lo stesso servizio di una vettura ad un cavallo, la quale costa in media 5 lire al giorno.

(*L'Elettricista*).

BIBLIOGRAFIA

I.

Compendio di Termodinamica applicata. dell'ing. GIUSEPPE BERTOLDO, professore di Macchine Termiche nel R. Museo Industriale Italiano — Volume II. — Op. in-8° di pag. 279 con 71 figura nel testo. — Torino, Unione Tip.-Editrice Torinese, 1897. — Prezzo lire 4.

Il Corso di Macchine Termiche, che il chiarissimo ing. cav. Bertoldo professa nel R. Museo Industriale, ha servito di base a quest'opera, nella quale gli stessi argomenti sono naturalmente trattati con sviluppo maggiore. Il 1° volume pubblicato due anni sono è stato annunciato ai lettori di questo periodico a pag. 96 del 1895. Il secondo volume è uscito or sono poche settimane ed il terzo è tuttora in compilazione.

La competenza speciale nella materia, da tutti riconosciuta al professore Bertoldo, conferisce a questa sua pubblicazione un pregio grandissimo, tanto più che per i progressi recenti della scienza essa viene a colmare una sentita lacuna della letteratura scientifica del nostro Paese, pochi essendo coloro che fino ad oggi scrissero su tale argomento.

La chiara esposizione delle teorie, gli scelti e numerosi esempi numerici, il corredo di cognizioni e consigli pratici che l'autore riunisce nel suo libro, lo renderanno prezioso presso gli ingegneri e gli studiosi, e l'accoglienza avuta dal primo volume non potrà che farsi ancora maggiore per il secondo, nel quale si contiene maggior copia di interessanti argomenti sulle applicazioni della termodinamica.

Comprende il nuovo volume la terza parte dell'opera, le applicazioni cioè delle leggi esposte nelle parti precedenti, alle macchine a vapore.

Stabilità, nel Cap. XII, la classificazione e disposizione generale delle motrici a vapore, vengono studiati i diagrammi teorico e reale del lavoro nelle motrici ad un cilindro ed il rendimento termico di esse; dal confronto del lavoro disponibile a quello effettivamente raccolto l'autore fa notare l'importanza delle perdite dovute alla pratica disposizione e struttura delle macchine, ne determina l'entità, discute la loro essenza e fornisce utilissimi consigli pratici per diminuirne gli effetti.

Nel capitolo XIII esamina l'influenza che ha sul funzionamento termico del vapore l'azione delle pareti del cilindro motore, permeabili al calore, cita le classiche esperienze di Hirn, Hallauer e Leloutre, per determinare la grandezza delle perdite a quell'azione dovute, e ricava

mediante formule analitiche la conclusione già enunciata dal chiarissimo prof. ing. Cesare Penati, che cioè per trovare l'entità dell'azione delle pareti non basta considerare il raffreddamento al condensatore, ma bisogna aggiungervi la perdita di lavoro dovuta al calore sottratto dalle pareti metalliche del cilindro durante i periodi di ammissione e compressione, perdita che sempre si verifica ed è irriducibile.

Enumerati nel capitolo XIV i mezzi pratici per attenuare queste perdite di lavoro ed osservato coll'ing. Cavalli che l'azione delle materie coibenti di cui si può coprire il cilindro è piccola, dimostra i vantaggi dell'applicazione della camicia o involuppo di vapore di Watt, dell'aumento della velocità dello stantuffo prolungando la compressione del vapore dopo la scarica e dell'impiego del vapore surriscaldato. A chiarire i risultati pratici che se ne ottengono cita le esperienze di Hirn su di una motrice Corliss e quelle più recenti del Willans su di una macchina a grande velocità del tipo ideato dal medesimo.

Esaminato accuratamente il funzionamento delle motrici monocilindriche, nel capitolo XV vengono prese in esame le macchine a più cilindri o con espansioni successive. Ricavate le espressioni analitiche delle perdite di lavoro dovute al passaggio del vapore dal primo al secondo cilindro, alla caduta di pressione fra la caldaia e la motrice, tra il cilindro ad alta pressione ed il cilindro grande e quelle dovute agli spazi morti, ed infine l'espressione della perdita totale di lavoro nelle motrici a doppia espansione Woolf e Compound, fa risaltare la difficoltà e la complicazione dell'analisi completa del funzionamento di esse.

L'influenza della conduttività termica delle pareti metalliche sul lavoro totale nelle macchine a doppia espansione è esposta nel capitolo XVI, e qui, come per le macchine semplici, è studiata l'azione dell'involuppo di vapore rispetto alle perdite dovute agli scambi di calore tra il vapore e le pareti dei cilindri.

Nel capitolo seguente è istituito il parallelo tra le macchine monocilindriche e quelle a doppia espansione e sono specificati i vantaggi che si ricavano dall'impiego di queste ultime, riportando i risultati di esperimenti pratici fatti su macchine Woolf e Compound in diverse condizioni di funzionamento.

Il problema della compressione dei vapori e relativa applicazione nelle trombe occupa gli ultimi tre capitoli del volume. Lo studio del diagramma del lavoro teorico occorrente nel compressore ideale precede quello dei compressori tipi a doppio effetto, usati in pratica, e vi fa seguito lo studio delle perdite dovute agli scambi di calore per l'azione delle pareti dei cilindri di compressione.

Chiude il volume l'applicazione di questi principi alle macchine per la produzione industriale del freddo, funzionanti con fluidi diversi e l'esame dei risultati delle esperienze istituite dal prof. Schröter su macchine per fare il ghiaccio artificiale del Linde e del Pictet.

Con questo volume è terminato lo studio delle applicazioni delle leggi termodinamiche riguardanti i vapori; nel volume terzo, in corso di stampa, saranno trattate le macchine a gaz in generale, e quindi teoricamente e praticamente i motori a gaz infiammabile, quelli a petrolio, ad aria calda ed i compressori d'aria.

L'opera, che ci auguriamo di vedere quanto prima completa, riuscirà degna della meritata fama del prof. Bertoldo, e ad essa non mancherà di certo il plauso di quanti si interessano scientificamente ed industrialmente delle meccaniche discipline

Ing. I. D.

II.

Ueber eine Methode, den Widerstand zu bestimmen, den die Materialien der Abnutzung durch Reibung entgegenzusetzen, von Silvio Canevazzi, Professor an der Königl. Ingenieurschule der Universität Bologna. — (*Baumaterialienkunde, Internationale Rundschau.* — Stuttgart, 1896-97, Heft 14-15, Seite 204-212).

Nella parte non ufficiale del *Baumaterialienkunde* di Stuttgart è comparsa nelle due lingue tedesca e francese una interessante pubblicazione, nella quale il prof. Silvio Canevazzi, della R. Scuola d'Applicazione di Bologna, rende conto di numerose esperienze fatte sotto la sua direzione nel laboratorio di detta scuola, allo scopo di determinare il *grado relativo di resistenza alla corrosione per attrito* di varie pietre naturali ed artificiali specialmente adoperate nella costruzione dei pavimenti (1).

Per tali esperienze viene impiegata una macchina del tipo Dorry (brevetato), la quale consta essenzialmente di una mola anulare di ghisa girante in piano orizzontale, alla cui faccia superiore il campione che si sperimenta è mantenuto costantemente appoggiato da una lieve pressione esercitata (in misura costante per ogni esperienza, ma variabile da una prova all'altra, nei limiti di chg. 0,10 a 0,25 a cm²) mediante pesi applicati sopra il telaio a cui è fissato il campione; questo telaio è scorrevole entro apposite guide verticali, e porta

(1) Sullo stesso argomento l'Autore aveva già fatto nel 1895 una *lettera* alla Società degli Ingegneri ed Architetti di Bologna.

Leggiamo pure nell'ultimo numero del *Politecnico*, marzo 1897, una Memoria sullo stesso argomento, intitolata: *Sulla resistenza delle pietre naturali ed artificiali alla corrosione per attrito*, dello stesso prof. S. CANEVAZZI (pag. 155-162).

esternamente una scala a nonio, a mezzo della quale si può misurare, con l'approssimazione di un decimo di millimetro, l'abbassamento del telaio (che è precisamente uguale alla grossezza dello strato corroso nel campione) durante un determinato numero (n) di giri fatti dalla macchina, la quale perciò è munita di un contatore. La mola è mantenuta costantemente umida da un filetto d'acqua, e la sua azione è aiutata da due getti di sabbia che cadono da due imbuto per piccoli fori del diametro di m. 0,0028. La circonferenza mediana della mola ha raggio di m. 0,2605 e sviluppo di m. 1,637.

Le letture fatte con la scala a nonio ad ogni serie di (n) giri vengono rappresentate sopra un foglio per mezzo di punti, riferiti ad un sistema di assi ortogonali, prendendo per ascisse i valori cumulativi di (n) e per ordinate le grossezze (pure cumulative) degli strati corrosi. L'operazione si spinge fino ad un numero complessivo di giri che varia fra 2000 e 4000.

I punti segnati sul foglio vengono poi riuniti con tratti di linee, in modo da presentare un diagramma continuo che indichi la legge di corrosione.

In ciascuna esperienza, oltre che sul campione da provare, si fa agire contemporaneamente la macchina sopra un altro *campione-tipo* costante (granito d'Alzo), al cui coefficiente o indice di corrosione, preso come unità, vengono riferiti i coefficienti di tutti gli altri campioni sperimentati. Con l'anzidetta cautela si possono avvertire più facilmente le irregolarità di manovra e di lettura.

I risultati ottenuti dal prof. Canevazzi si possono riassumere come segue:

a) il *diagramma di corrosione* è in generale una linea retta od una spezzata che di poco si scosta da una retta media di compenso;

b) nei limiti di pressione (kg. 0,10 ÷ 0,25) e di velocità (metri 0,70 ÷ 1,10) entro i quali furono eseguite le esperienze, e adoperando sempre la stessa qualità di sabbia ad elementi minuti ed uniformi (1), la grossezza dello strato corroso è proporzionale alla pressione unitaria ed al cammino percorso; indipendente dalla velocità;

c) Assumendo come *indice di corrosione* (γ) la grossezza dello strato corroso sotto la pressione di kg. 0,10 durante il percorso di 1000 metri, con la velocità media di 0,90; e rappresentando con (h) la grossezza dello strato corroso nella stessa pietra durante un numero (n) di giri della mola di raggio medio (r), sotto una pressione di (p) kg. a cm^2 , il detto indice di corrosione è espresso da:

$$\gamma = \frac{2n\pi r}{1000} \times \frac{p}{0,10} = \frac{50h}{\pi r p n} = \alpha \frac{h}{p n}$$

dove $\alpha = \frac{50}{\pi r}$ sarebbe un coefficiente costante, che potrebbe chiamarsi la *costante dell'istrumento*.

Indicando poi con (γ_1) l'indice di corrosione del *campione-tipo*, che nelle esperienze del prof. Canevazzi è rappresentato dal granito d'Alzo di prima qualità, applicato contro la mola in un piano normale al verso, il rapporto:

$$\frac{\gamma^1}{\gamma_1} = \varepsilon$$

costituirebbe il *coefficiente specifico di corrosione* di un'altra pietra il cui indice di corrosione sia (γ^1); e la reciproca:

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{\gamma_1}{\gamma^1}$$

ne esprimerebbe il *coefficiente specifico di resistenza alla corrosione per attrito*.

Le due pubblicazioni fatte nel *Baumaterialienkunde* e nel *Politecnico* sono accompagnate dal disegno della macchina Dorry, che è installata nel laboratorio della scuola di Bologna, da due esempi di diagrammi e da due quadri numerici, in uno dei quali sono riepilogati i risultati di 41 esperienze, e nell'altro sono messe a confronto le risultanze di alcune prove fatte adoperando due diverse qualità di sabbia, del Reno e del Po.

A questo breve riassunto delle Memorie pubblicate dal prof. Canevazzi, mi permetto di aggiungere alcune considerazioni sulla portata pratica dei risultati ottenuti ed ottenibili con la macchina Dorry; considerazioni che, certamente non nuove per l'egregio professore della Scuola di Bologna (benchè da esso non accennate) potranno interessare coloro che di quei risultati intendessero valersi per giudicare della convenienza di adoperare piuttosto l'uno che l'altro materiale ad uso di pavimentazione.

Ed anzitutto mi pare che debbasi fare distinzione fra i pavimenti *interni* delle case e quelli *esterni* delle vie.

I primi, benchè formati in generale di elementi più piccoli, cioè, non solo più sottili, ma anche meno estesi in superficie, epperò più numerosi, possono tuttavia, usando le debite cure, ottenersi perfettamente livellati e lisci, e tali si conservano a lungo perchè sottratti alle influenze atmosferiche. In queste condizioni, le azioni meccaniche, a cui essi vanno soggetti, sono tutte di semplice attrito radente.

(1) Sabbia silicea del litorale di Rimini, vagliata e lavata.

A determinare la scelta dei materiali da adoperarsi nella loro costruzione, conviene quindi perfettamente il metodo sperimentale istituito nella Scuola di Bologna e fondato sull'impiego della macchina Dorry, la cui azione è diretta ad esplorare specialmente, per non dire unicamente, la *durezza* degli elementi costitutivi del corpo sperimentato. E l'egregio prof. Canevazzi merita di essere incoraggiato, dal plauso dei colleghi e dalle richieste di tutti gli interessati, a proseguire nelle sue ricerche sperimentali, e specialmente in quelle che si riferiscono ai materiali laterizi e cementizi che sono in prevalenza nella costruzione dei pavimenti interni.

La questione si presenta sotto un aspetto diverso per quanto riguarda i pavimenti esterni soggetti al transito pubblico. Quivi il consumo è pure determinato, benchè solo in piccola parte, da attriti radenti; ma il fregamento, ad esempio, degli zoccoli ferrati dei cavalli è sempre preceduto da colpi; e l'attrito volvente delle ruote dei carri, quantunque di natura meno energica dell'attrito radente, riesce tuttavia più logorante perchè accompagnato da urti continui contro le asperità della superficie; questi colpi e questi urti determinano frequenti rotture negli spigoli delle pietre, distacchi di scaglie e formazione di incavature, che poco per volta si propagano e si riuniscono dopo un certo tempo in una rete di canaletti distribuiti lungo le linee di giunto, mentre la superficie di ciascuna pietra assume una forma convessa, la cui sporgenza è poi causa di altri urti e di nuovi distacchi. Altre rotture avvengono poi anche trasversalmente alle pietre stesse, se il fondo su cui sono posate non è ben conguagliato ed uniformemente resistente.

La conservazione di questi pavimenti dipende pertanto non solo dalla resistenza che, in virtù della loro *durezza*, le pietre oppongono al logorio per attrito, ma anche e più specialmente dalla *elasticità* e dalla *tenacità* che esse posseggono e che loro permettono di resistere più o meno efficacemente ai colpi ed alle pressioni. Queste ultime qualità non sempre sono proporzionali alla prima; anzi sogliono riscontrarsi in grado più elevato nelle pietre di *durezza media*, mentre ad una *grande durezza* si accompagna spesso una maggiore *fragilità*.

Infatti è noto come, tanto nelle massicciate ordinarie alla Mac-Adam, quanto nei pavimenti a ciottolato, si preferiscano i ciottoli di *serpentina* a quelli di *quarzo*, perchè i primi, benchè più teneri, resistono benissimo al passaggio di carichi pesanti, mentre i secondi, molto più duri, si frangono facilmente.

Analogamente certe arenarie, come ad esempio quella di Spezia, si consumano sotto l'azione del carreggio meno sensibilmente dei graniti di Alzo e di Baveno; eppure credo che, sperimentate con la macchina Dorry, darebbero un *coefficiente specifico di resistenza alla corrosione per attrito* notevolmente inferiore.

Ritenute pertanto da una parte queste osservazioni, e dall'altra la impossibilità di eliminare dai pavimenti esterni le irregolarità che ne sono inseparabili, perchè, quand'anche si riuscisse ad ottenere una posa iniziale perfetta, questa non durerebbe a lungo, specie nei climi freddi, dove alle altre cause perturbatrici si aggiunge l'azione del gelo, parmi di poterne inferire che, per questi pavimenti, la prova dei materiali fatta con la macchina Dorry non possa ritenersi conclusiva.

L. LANINO.

III.

Modificazione ai raccordi metallici nei tubi flessibili del freno a vuoto (sistema Hardy). — Memoria dell'ing. G. CAMILLO BORGNO, ispettore di trazione nelle ferrovie, Rete Adriatica. — Op. in-8° di pag. 25, con 5 tavole in autotipia ed 8 in litografia. — Bologna, 1897. Stabilimento G. Civelli.

Il freno continuo a vuoto (sistema Hardy) è basato sul principio che, aspirata l'aria da un recipiente cilindrico verticale, di cui un fondo metallico, quello superiore, è fisso al telaio del veicolo, e l'altro flessibile di cuoio è collegato per mezzo di tirante e di leva all'albero del freno, il fondo mobile ed il tirante innalzandosi per effetto della pressione atmosferica esterna, determinano la voluta pressione dei ceppi contro i cerchioni.

I tamburi o cilindri sono messi in comunicazione fra loro per mezzo di una condotta longitudinale che partendo dalla locomotiva va a finire alla traversa posteriore dell'ultimo veicolo. Ed il vuoto nella tubatura e nei tamburi è ottenuto con un apparecchio speciale a vapore situato sulla locomotiva e chiamato *eiettore*. Volendo allontanare i ceppi dai cerchioni, apresi dal macchinista la valvola di presa d'aria.

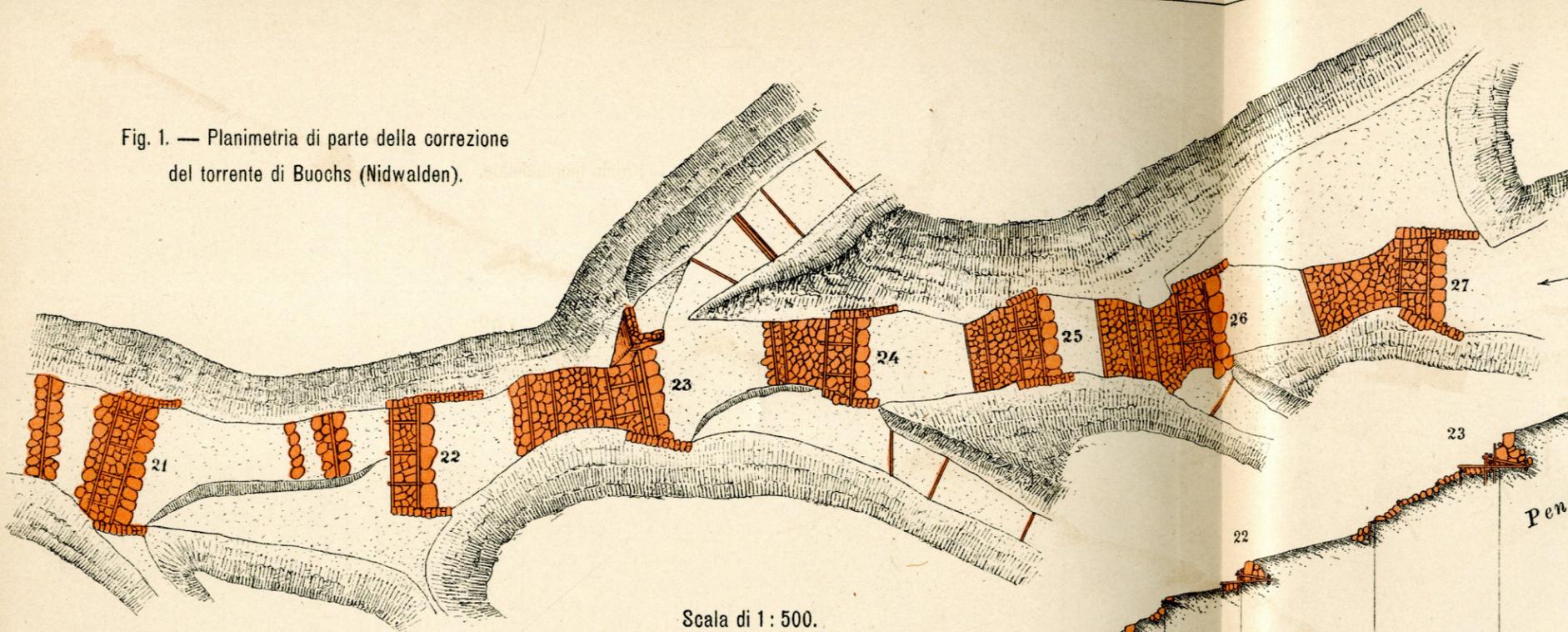
Il sistema è semplice, ma il grado di rarefazione difficilmente arriva ai $\frac{3}{4}$ di atmosfera, e il tempo necessario per fermare un treno è certo superiore a quello occorrente con altri freni continui.

Il difetto principale è nella ermeticità dei raccordi metallici (bocchette di accoppiamento) col tratto di tubo flessibile che serve a dare continuità alla condotta tra un veicolo e l'altro.

L'egregio ing. Borgno descrive e commenta le disposizioni all'uso studiate e sperimentate dalle ferrovie austriache dello Stato, dalla Vacuum Brake Co. di Londra, ed infine propone, disegna e descrive un nuovo meccanismo, enumerandone i vantaggi che pratici esperimenti avrebbero di già confermato.

G. SACHERI.

Fig. 1. — Planimetria di parte della correzione del torrente di Buochs (Nidwalden).



Scala di 1: 500.

briglia 21

m. 180 —

Fig. 2. — Profilo longitudinale.

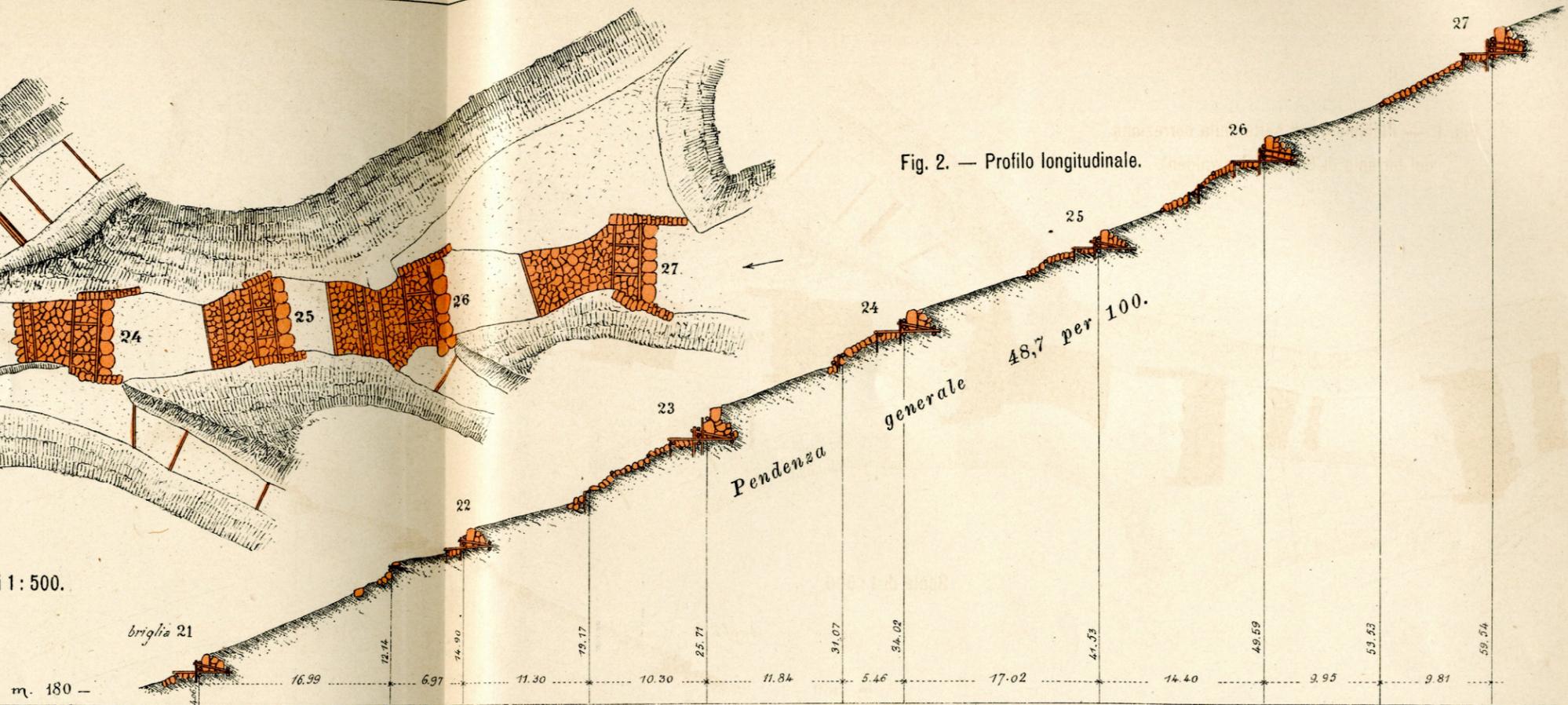


Fig. 3. — Correzione del piccolo Schlieren, presso Alpnach - Planimetria generale
Scala di 1: 750.

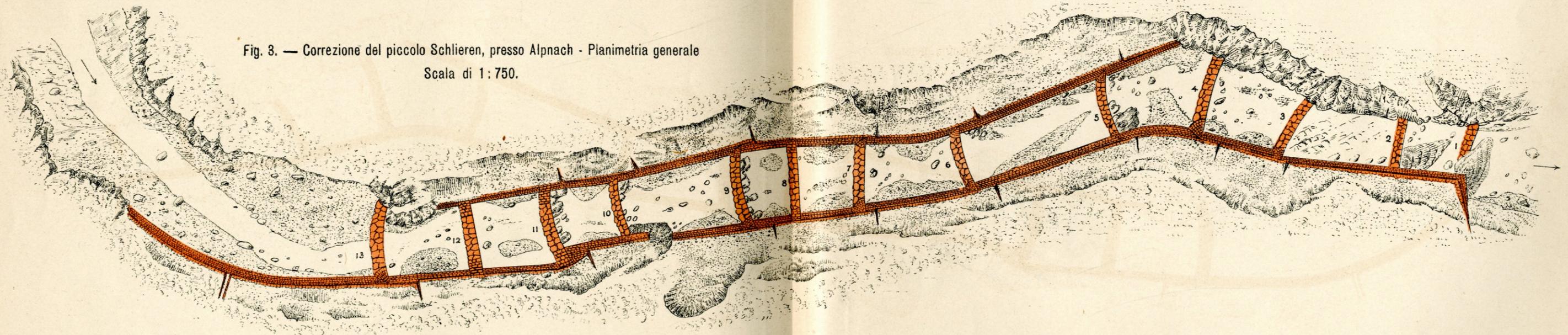


Fig. 4. — Profilo longitudinale — Scala di 1: 750.

