

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

Società
per Azioni
Cementi
Marchino
& C.

Casale Monferrato

NUOVA SERIE - ANNO II - N. 8 AGOSTO 1948

S O M M A R I O

RASSEGNA TECNICA

- L. FERROGLIO - *Sul funzionamento idraulico di uno sghiaiatore a soglia laterale* pag. 143
G. F. MICHELETTI - *Il taglio dei metalli con utensili ad angolo di spoglia negativo.* » 149

INFORMAZIONI

- Nuove granulometrie per conglomerati cementizi*
(G. TOURNON) » 153
Sulla granulometria in relazione alla permeabilità dei calcestruzzi (L. SALA) » 158

INDUSTRIA EDILIZIA

- Il condominio delle case di abitazione* (A. G.) . . . » 161

RECENSIONI

- Baulino C., Il Condizionamento dell'aria* (C. CODEGONE) » 162

SCHEDARIO BIBLIOGRAFICO LXXVIII



COMITATO DI REDAZIONE - *Direttore:* Dott. Ing. Augusto Cavallari-Murat - *Vice Direttore:* Dott. Ing. Carlo Mortarino - *Membri:* Dott. Ing. Ferruccio Accardi; Dott. Arch. Luigi Giay; Dott. Ing. Achille Goffi; Dott. Ing. Ugo Pozzo; Prof. Dott. Ing. Vittorio Zignoli - *Amministratore:* Dott. Ing. Francesco Barbero.

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. Per i non Soci: un numero separato L. 200; abbonamento annuo L. 2000.

Redazione, Ammin., Abbonamenti: Via Bertola 55 - Torino - Tel. 46.975

Pubblicità: Organizzazione Pubblicitaria Ditta FRATELLI POZZO - TORINO Via Roma n. 101 - Telefono n. 40.833 - Casella Postale n. 505

EDIZIONI TECNICHE: DITTA FRATELLI POZZO - TORINO

ACCIAI

A.S.S.A.
ACCIAIERIE DI SUS A

DIREZIONE : *Getti in acciaio al carbonio, al manganese e inossidabile di qualsiasi tipo e peso - Getti per macchine agricole, assortimenti per carri e carrazzo ferroviari, presse idrauliche di qualsiasi tipo e genere, parti di scafo e macchina per Marina Mercantile. - Catene in acciaio fuso per ormeggi di navi ottenute con un nostro procedimento brevettato. - Ancore tipo «Assa» e Ammiraglio fino a Kg. 10 mila caduna. - Eliche lingotti, blumi, billette in acciaio comune e di resistenza.*

TORINO
Corso Re Umberto 2
Tel. 52.006 - 41.830

STABILIMENTO :
S U S A
Telefono 13

Compensa Acciai

SOCIETÀ PER AZIONI

Via Plinio, 7 - MILANO - Telef. 23.376 - 275.639

ACCIAI speciali da costruzione laminati, fucinati, trafilati, delle Acciaierie VICKERS - SHEFFIELD

ACCIAI rapidi per utensili. Lamiere inossidabili

METALLI duri per le varie applicazioni (placchette, ugelli, nuclei, barretta)

Rappres. in TORINO: Dott. Ing. P. L. BORGIALLI
Corso Duca degli Abruzzi, 62 - Telef. 31.231

Giuseppe Del Gobbo

Metalli duri "A D A M S"
Acciai inossidabili
Acciai rapidi e da utensili
Blocchetti di riscontro

TORINO - Corso Matteotti (già Oporto) 42 - Tel. 41.835

**Industria Nazionale
Seghe Acciaio**

S. p. A.
TORINO
Regina Margherita
TELEF. 79-010

**LAME PER SEGHE A NASTRO
DA LEGNO E DA METALLI
TUTTE LE SEGHE PER ARTI E MESTIERI**

ACQUEDOTTI - COSTRUZIONI IDRAULICHE

Ingg. AUDOLI & BERTOLA

*COSTRUZIONI IDRAULICHE
ACQUEDOTTI - TRIVELLAZIONI*

Pompe :

Speciali per acque fangose e sabbiose e per liquidi acidi
Elicocentrifughe per irrigazione
Impianti completi - Centrali
Auto-adescenti brevettate

CORSO VITTORIO EMANUELE 66 - TORINO - TEL. 52.252

ARTICOLI TECNICI

Ingg. CALINI E TARAGNI

VIA SAGLIANO MICCA, 4 - TORINO - TELEF. 52.310

- ISTRUMENTI DI MISURA C. G. S.
- APPARECCHIATURE VANOSI.
- ACCESSORI PER IMPIANTI FRIGORIFERI CALINI.
- APPARECCHI PER CONTROLLO E MISURE CALORIMETRICHE CAMBRIDGE.
- VALVOLE AD ALTA CAPACITA' DI ROT-TURA CONCORDIA.

AGENTI ESCLUSIVI E DEPOSITARI

F. I. L. P. FABBRICA ITALIANA LIME DI PRECISIONE
TORINO

Corso Stati Uniti 23 - Tel. 44.668 - 47.961

Lime di tutti i tipi e per tutti gli usi - Utensileria in genere per meccanici e falegnami - Sfogliatrici per compensati - Lame di ogni tipo e dimensione per metalli, legno, carta, cuoio, tabacco, isolanti e per qualsiasi altro uso.

O. Mustad & Figlio
PINEROLO

CHIODI PER FERRARE
VITI PER LEGNO
AMI DA PESCA

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

Sul funzionamento idraulico di uno sghiaiatore a soglia laterale

1. In alcuni impianti idroelettrici è stato adottato un tipo di sghiaiatore formato semplicemente da un tratto di canale in fregio al quale è posta una soglia sfiorante laterale (fig. 1). Il canale è chiuso alla sua estremità subito a valle della soglia sfiorante in modo che tutta l'acqua defluente deve passare sopra la soglia, dopo la quale viene raccolta da un altro canale. Nel muro frontale di chiusura è posta una paratoia mediante la quale possono essere scaricate le materie solide depositate nello sghiaiatore.

In questa nota, senza entrare in merito al funzionamento del dispositivo come sghiaiatore, è stato esaminato il problema del tracciamento della superficie libera nei tratti di canale lungo la soglia, problema che in alcuni casi può essere risolto con teorie note. Verranno pure esposti i risultati di alcune esperienze svolte nell'Istituto di Idraulica e Macchine Idrauliche del Politecnico di Torino.

In quanto segue verrà sempre supposto che la corrente a monte ed a valle della soglia sia lenta, in quanto è questa l'unica condizione che abbia un interesse pratico dato che occorrono sempre valori limitati della velocità media. Verrà considerato solo il caso di canali a sezione rettangolare.

2. Canali a sezione rettangolare costante.

È la situazione più semplice che si può realizzare; i due canali, a monte ed a valle dello sfioratore possono essere uguali; cioè di uguale sezione e con la stessa pendenza oppure avere sezioni e pendenze diverse.

In generale per ridurre al minimo la perdita di salto provocata dalla soglia, conviene proporzionare l'opera in modo che la soglia sfiorante funzioni, almeno per la portata massima, nelle condizioni di stramazzo rigurgitato. In queste ipotesi l'andamento della superficie libera nei due canali, a monte ed a valle della soglia deve essere quello rappresentato nella sezione schematica di fig. 2; che è una sezione fatta sull'asse del canale di arrivo a monte della soglia. Sulla sezione è pure rappresentato con linea a tratti il canale a valle della soglia e le superfici libere relative.

Il problema in questo caso particolare può essere risolto mediante due procedimenti dovuti a De Marchi; più precisamente per quanto riguarda il canale a monte della soglia si può ricorrere al metodo indicato dal De Marchi (1) per il caso di uno sfioratore laterale con soglia elevata e corrente lenta lungo tutto lo stramazzo, in quanto nel nostro caso si possono ritenere verificate le ipotesi assunte dal De Marchi a base della sua teoria, in particolare la costanza del carico totale lungo lo sfioratore, il che è certamente ammissibile sino a che lo sfioratore non assume una lunghezza troppo rilevante.

Per quanto invece riguarda il tronco di canale a valle e in corrispondenza della soglia il tracciamento della superficie libera può essere effettuato con la costruzione indicata dal De Marchi (2) per i canali collettori di sezione costante. In base ai risultati delle teorie indicate l'andamento del profilo liquido dovrebbe essere quello rappresentato nella fig. 2 e precisamente:

a) nel canale a valle della soglia e per il tratto lungo la soglia stessa, la superficie libera, data la premessa ipotesi di corrente sempre lenta, si abbassa da monte a valle nella direzione del movimento mantenendosi però sempre maggiore della profondità critica; a valle della soglia la corrente assume le caratteristiche del moto uniforme lento con una profondità h_0 maggiore della profondità critica;

b) nel canale a monte e per il tratto lungo la soglia la profondità della corrente aumenta da monte a valle e dovrebbe raggiungere nella sezione terminale un valore uguale al carico totale H della corrente stessa.

Abbiamo eseguito alcune esperienze nell'Istituto di Idraulica di Torino con l'installazione schematicamente rappresentata in fig. 3, predisposta sul canale in ferro e vetro dell'Istituto.

(1) G. DE MARCHI, Saggio di teoria del funzionamento degli stramazzi laterali (o sfioratori longitudinali), «L'Energia Elettrica», 1934, fasc. XI.
(2) G. DE MARCHI, Canali con portata progressivamente crescente (grondaie e collettori di sfioratori), «L'Energia Elettrica», 1941, fasc. VI.

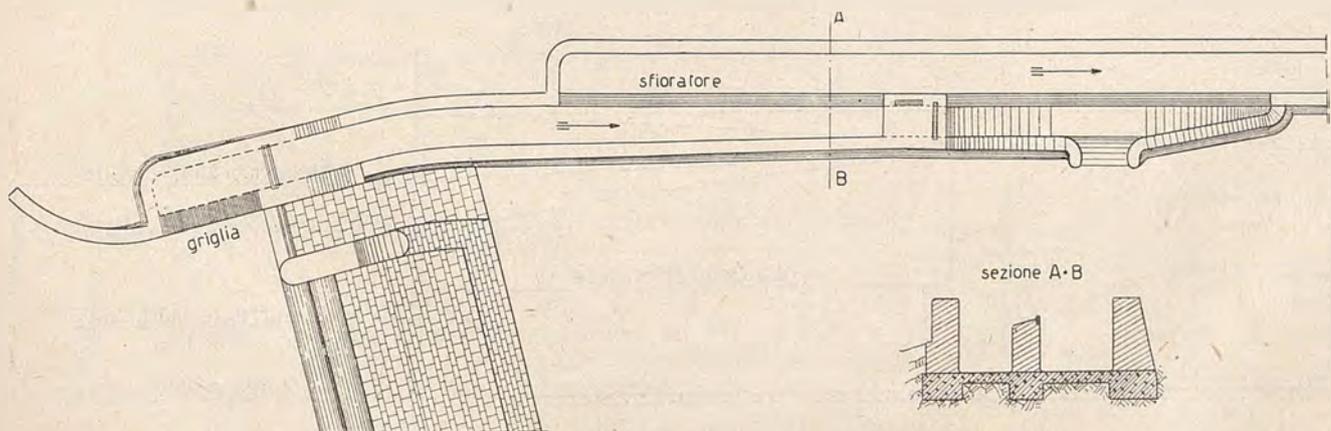


Fig. 1

La profondità dell'acqua rispetto al fondo del canale orizzontale venne misurata nei punti segnati con i numeri da I a XII. I punti I-VI erano posti sulla mezzeria del canale di arrivo; i punti VII-XII nel cana e di uscita a valle dello sfioratore vennero fissati a 3 cm. dalla parete esterna, dove l'andamento della superficie libera era più tranquillo e meno disturbato dalle ondulazioni che si formano subito a valle dello stramazzo.

Nella tabella I sono riportati i risultati trovati in sei prove diverse, essi confermano l'andamento indicato delle superfici libere nei canali a monte ed a valle; si distaccano soltanto i valori trovati nei punti VII e VIII del canale a valle in cui la superficie libera, contrariamente a quanto previsto era nettamente più bassa che nel punto IX; la ragione va ricercata in fenomeni di carattere locale, cioè in vortici di notevole ampiezza che si formavano nell'angolo morto del canale. La presenza di questi vortici va attribuita al fatto che i filetti liquidi nel primo tratto della soglia non erano normali alla soglia stessa, ma presentavano una sensibile inclinazione. Per ogni prova sono anche stati determinati con calcolo i profili liquidi nei due tratti di canale lungo la soglia, mediante i due procedimenti indicati, suddividendo lo sfioratore in cinque parti.

Per la determinazione della portata effluente sopra ogni parte dello sfioratore rigurgitato è stata impiegata la solita formula degli stramazzi

$$[1] \quad Q = \mu' l h \sqrt{2gh}$$

Il coefficiente di efflusso μ' per lo stramazzo rigurgitato, venne in base alle indicazioni di Bazin (3), calcolato con le due formule:

$$[2] \quad \frac{\mu'}{\mu} = 1,06 + \frac{h_1}{4p} - \frac{p}{3h} \left[0,024 + \frac{h_1}{p} + \left(\frac{h_1}{p} \right)^2 \right]$$

valida per $\mu'/\mu > 0,775$

$$[3] \quad \frac{\mu'}{\mu} = 1,08 \left(1 + \frac{h_1}{6p} \right) \sqrt[3]{1 - \frac{h_1}{h}}$$

valida per $\mu'/\mu < 0,775$.

Nelle due espressioni sono: μ il coefficiente di efflusso per lo stramazzo e lo stesso carico h a monte ma con vena libera aerata, h_1 il controbattente a valle sulla soglia, p l'altezza della traversa.

Per ottenere però la concordanza tra la portata effettivamente defluita e misurata a valle, con la portata complessiva calcolabile con la [1] per i singoli tronchi, si è constatato che è ancora necessario moltiplicare il coefficiente μ' per un coefficiente correttivo, che è risultato uguale in media a 0,90.

La concordanza tra i profili teorici e quelli ricavati sperimentalmente è buona; nella figura 4 sono disegnati i profili ricavati sperimentalmente nei tronchi di canale lungo lo sfioratore e quelli calcolati per la prova n. 6; si ha un sensibile distacco solo per il tratto del canale a valle tra l'inizio e il punto VIII; la ragione è già stata indicata.

(6) BAZIN, *Expériences nouvelles sur l'écoulement en deversoir*, Paris, 1898.

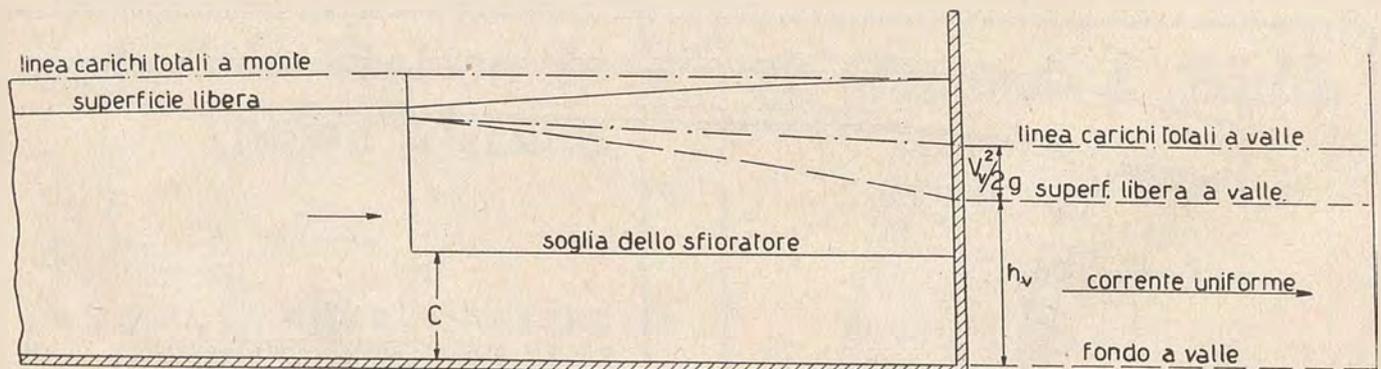


Fig. 2

3. Sghiaiatore con canali rettangolari a sezione variabile.

Lo sghiaiatore è rappresentato schematicamente nella pianta di fig. 5; il canale a monte della soglia ha larghezza gradualmente decrescente da monte a valle, al termine la sua larghezza non si riduce a zero, ma deve essere sufficiente onde poter contenere la paratoia di scarico. Il canale di valle invece si allarga dall'inizio verso valle in modo che la soglia viene a trovarsi inclinata, rispetto agli assi dei due canali di arrivo e di partenza, di un angolo α .

Questa forma è suggerita per avere migliori condizioni di scarico delle materie solide depositate nell'estremo del canale a monte e presenta un vantaggio economico.

A) Tratto di canale a monte della soglia sfiorante.

In una sezione generica posta a distanza x dall'origine siano: $Q(x)$ la portata, $V(x)$ la velocità media, $\sigma(x)$ l'area della sezione liquida, $a(x)$ la quota della superficie rispetto ad un piano di riferimento generico orizzontale, $f(x)$ la quota del fondo rispetto al piano di riferimento, $h(x) = a(x) - f(x)$ l'altezza dell'acqua nel canale, $b(x)$ la larghezza del canale.

Saranno naturalmente valide le relazioni:

$$V\sigma = Q \quad ; \quad \sigma = hb$$

Nella sezione di ascissa x nella unità di tempo passa la quantità di massa ρQ (ρ è la densità). Quindi nel tempo uno passa la quantità di energia meccanica data dalla somma della energia cinetica $1/2 \rho Q V^2$ e della energia potenziale $\gamma Q a$, cioè passa la quantità di energia meccanica

$$E = Q \left(\frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right)$$

La variazione di energia meccanica nella unità di lunghezza, cioè tra le sezioni x ed $x + 1$, deve essere uguale alla perdita di energia nella stessa lunghezza prodotta dall'efflusso di liquido. Supponendo che l'energia posseduta dall'acqua che esce sia, per unità di massa, uguale a quella posseduta dalla parte rimanente che continua nel canale, allora la perdita di energia nella unità di lunghezza sarà data da

$$\Delta E = \frac{dQ}{dx} \left[\frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right]$$

Quindi per il bilancio energetico si avrà:

$$\frac{dE}{dx} = \Delta E$$

Essendo:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{dQ}{dx} \left[\frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right] + Q \left[\frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right]'$$

Risulta

$$Q \left[\frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right]' = 0$$

Dividendo per $Q \neq 0$ si ottiene:

$$\left\{ \frac{1}{2} \rho V^2 + \gamma a \right\}'_x = 0$$

da cui:

$$\frac{1}{2g} \frac{dV^2}{dx} + \frac{da}{dx} = 0$$

Ricordando che è: $\frac{da}{dx} = -I$ si può scrivere:

$$[4] \quad I = \frac{1}{2g} \frac{dV^2}{dx}$$

Volendo anche tener conto delle resistenze continue, e ricorrendo per semplicità di calcoli alla formula di Gaukler-Strickler, la [4] diventa:

$$[5] \quad I = \frac{1}{2g} \frac{dV^2}{dx} + \frac{V^2}{K^2 R^{4/3}}$$

dove K è il coefficiente di scabrezza della formula di Gaukler-Strickler, R il raggio medio della sezione.

La [5] non è altro che la consueta equazione del moto permanente delle correnti a superficie libera. Si vede che essa nelle ipotesi ammesse è anche valida, occorre però tener presente che V è una funzione dell'area della sezione e della portata, entrambe variabili.

Alla [5] si dovrà inoltre associare l'equazione di continuità nella forma:

$$[6] \quad \frac{dQ}{dx} = -q(x)$$

Per applicare la [5] al nostro problema si può intanto osservare che indicando con i la pendenza del fondo, costante per ipotesi, deve essere

$$[7] \quad I = i - \frac{dh}{ds}$$

Inoltre essendo la velocità media V in una sezione uguale al rapporto tra la portata Q e l'area della sezione σ , si può scrivere:

$$[8] \quad \frac{1}{2g} \frac{dV^2}{dx} = \frac{1}{g} \frac{Q}{\sigma^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} \frac{d\sigma}{dx}$$

Nella ammessa ipotesi di canale a sezione rettangolare di larghezza variabile b , sarà:

$$\frac{d\sigma}{dx} = b \frac{dh}{dx} + h \frac{db}{d\sigma}$$

e si avrà quindi:

$$[9] \quad \frac{1}{2g} \frac{dV^2}{dx} = \frac{1}{g} \frac{Q}{\sigma^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} \left(b \frac{dh}{dx} + h \frac{db}{dx} \right)$$

Introducendo i valori forniti dalla [7] e dalla [9] nella [5] e tenendo presente che nel nostro caso è $\frac{db}{dx} = -\tan \alpha$ (α è l'angolo formato dalla soglia con l'asse del canale) si ottiene:

$$i - \frac{dh}{dx} = \frac{V^2}{K^2 R^{4/3}} + \frac{1}{g} \frac{Q}{\sigma^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} b \frac{dh}{dx} + \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} h \tan \alpha$$

da cui con facili passaggi si ricava:

$$[10] \quad \frac{dh}{dx} = \frac{i - \left(\frac{V^2}{K^2 R^{4/3}} + \frac{1}{g} \frac{Q}{\sigma^2} \frac{dQ}{dx} + \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} h \tan \alpha \right)}{1 - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} b}$$

Ad essa si può associare la equazione di continuità scritta nella forma

$$[11] \quad \frac{dQ}{dx} = -\mu \sqrt{2g} (h-c)^{3/2}$$

in cui: μ è un coefficiente di efflusso, che se lo stramazzo è libero dipende solo dal carico a monte, se invece è rigurgitato dipende anche dal livello a valle rispetto alla soglia; c è l'altezza della soglia sul fondo.

Alla [10] e alla [11] devono essere associate due condizioni ai limiti e cioè:

a) all'inizio dello sfioratore ($x=0$) la portata Q_0 deve essere uguale alla portata nel canale a monte Q ;

b) al termine dello sfioratore ($x=L$) la portata residua nel canale di arrivo Q_L è nulla.

Non è possibile pervenire alla integrazione delle due equazioni [10] e [11].

Circa l'andamento della superficie libera si può intanto osservare che nella sezione del canale di arrivo, posta al termine dello sfioratore, essendo $Q_L=0$, $V=0$, $\sigma \neq 0$; la [10] si riduce alla:

$$\frac{dh}{dx} = i$$

il che significa che la tangente alla curva della superficie libera nella sezione terminale dello sfioratore è orizzontale.

Il denominatore della [10], nella ammessa ipotesi di corrente lenta, per una nota proprietà di tali correnti è sempre positivo, quindi il segno di $\frac{dh}{dx}$ è uguale a quello del numeratore.

Per dimostrare che la curva di h ha l'andamento segnato in fig. 2 basterebbe dimostrare che la tangente nel punto posto in corrispondenza della sezione iniziale della soglia forma con il fondo un angolo maggiore di i e che $\frac{dh}{dx}$ è decrescente dall'inizio alla fine del tratto compreso lungo la soglia.

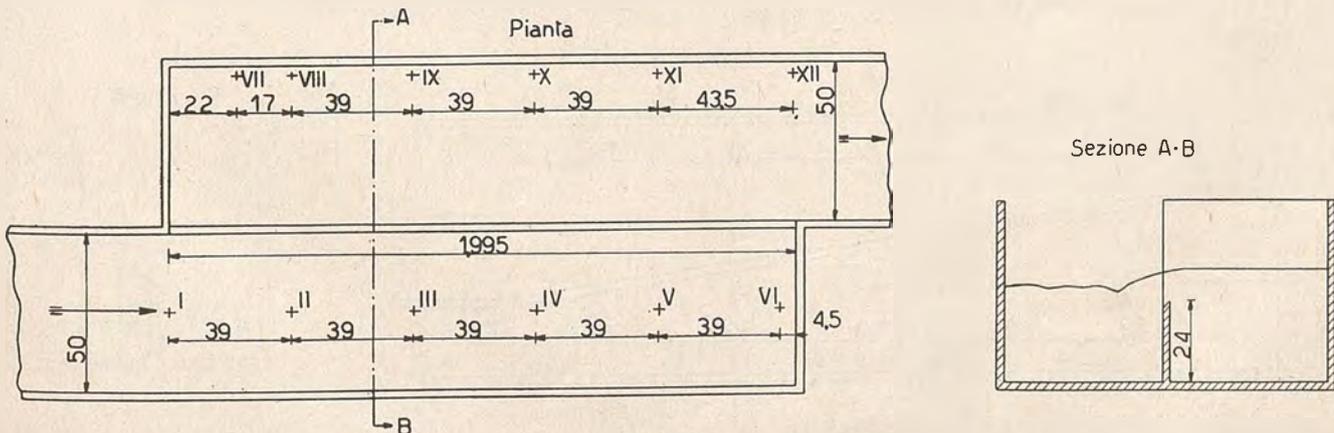


Fig. 3

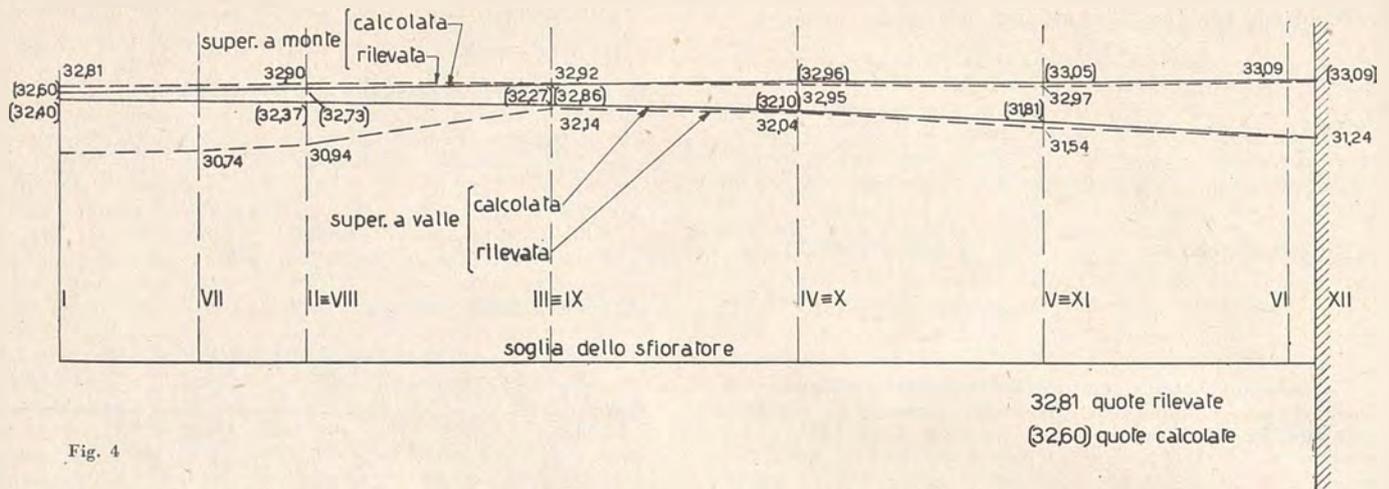


Fig. 4

Non ritengo che la dimostrazione sia possibile in base alla [10], però si può pervenire ad essa, trascurando nella [10] il termine $\frac{V^2}{K^2 R^{4/3}}$ che rappresenta l'influenza delle resistenze di attrito, il che è certamente ammissibile nel caso di canali in muratura intonacata, in cui detto termine è piccolo in confronto agli ultimi termini del denominatore della [10]. Inoltre si deve ricorrere ad un procedimento di successive approssimazioni. A tale scopo si ponga in prima approssimazione: $h = h_0$ (costante). La [11] fornisce allora:

$$[12] \quad Q = Q_0 - \mu \sqrt{2g} (b_0 - c)^{3/2} x$$

che tenendo presente $Q_L = 0$, dà:

$$Q - \mu \sqrt{2g} (h_0 - c)^{3/2} L = 0$$

da cui si ricava

$$[13] \quad h_0 = c + \left(\frac{Q_0}{\mu L \sqrt{2g}} \right)^{2/3} = c + \left(\frac{Q_0}{m L} \right)^{2/3}$$

avendo posto $m = \mu \sqrt{2g}$. Sostituendo detto valore nella [12] si ottiene:

$$[14] \quad Q = Q_0 \left(1 - \frac{x}{L} \right)$$

Si ha così una prima approssimazione di Q , che con quella ottenuta per h_0 ci permette di determinare in prima approssimazione i valori di V , σ , R .

La larghezza del canale b , variabile con x , può essere posta:

$$b = B - x \tan \alpha$$

indicando con B la larghezza nella sezione corrispondente all'inizio della soglia.

Con tale notazione e ricordando le [13] e [14] si ricava:

$$[15] \quad V = \frac{Q_0 \left(1 - \frac{x}{L} \right)}{h_0 (B - x \tan \alpha)}$$

$$[16] \quad \sigma = h_0 b = h_0 (B - x \tan \alpha)$$

$$[17] \quad R = \frac{h_0 (B - x \tan \alpha)}{(B - x \tan \alpha) + 2 h_0}$$

Si può sostituire questi valori nella [10], che trascurando il secondo termine a numeratore fornisce:

$$[18] \quad \frac{dh}{dx} = \frac{i + \frac{1}{g} \frac{Q^2 \left(1 - \frac{x}{L} \right)^2}{h_0^2 (B - x \tan \alpha)^2} - \frac{1}{L} - \frac{1}{g} \frac{Q_0^2 \left(1 - \frac{x}{L} \right)^2}{h_0^2 (B - x \tan \alpha)^3} \tan \alpha}{1 - \frac{1}{g} \frac{Q_0^2 \left(1 - \frac{x}{L} \right)^2}{h_0^3 (B - x \tan \alpha)^3}}$$

che dà valori di seconda approssimazione.

Per determinare il valore di $\frac{dh}{dx}$ in corrispondenza della sezione iniziale basta porre nella [18] $x = 0$, e, indicando con B_1 la larghezza del canale nella sezione terminale dello sfioratore ($B_1 = B - L \tan \alpha$), si ottiene:

$$\left(\frac{dh}{dx} \right)_{x=0} = \frac{i h_0^3 B^3 + \frac{1}{g} \frac{Q_0^2 h_0}{L} B_1}{h_0 B^3 - B \frac{Q_0^2}{g}}$$

da cui con facili passaggi e indicando con σ_0 e σ_1 le aree delle sezioni liquide in corrispondenza dell'inizio e della fine dello sfioratore si trova:

$$\left(\frac{dh}{dx} \right)_{x=0} = \frac{i + \frac{V_0^2}{g} \frac{\sigma_1}{\sigma_0 L}}{1 - \frac{V_0^2}{g} \frac{1}{h_0}}$$

che è certamente maggiore di i .

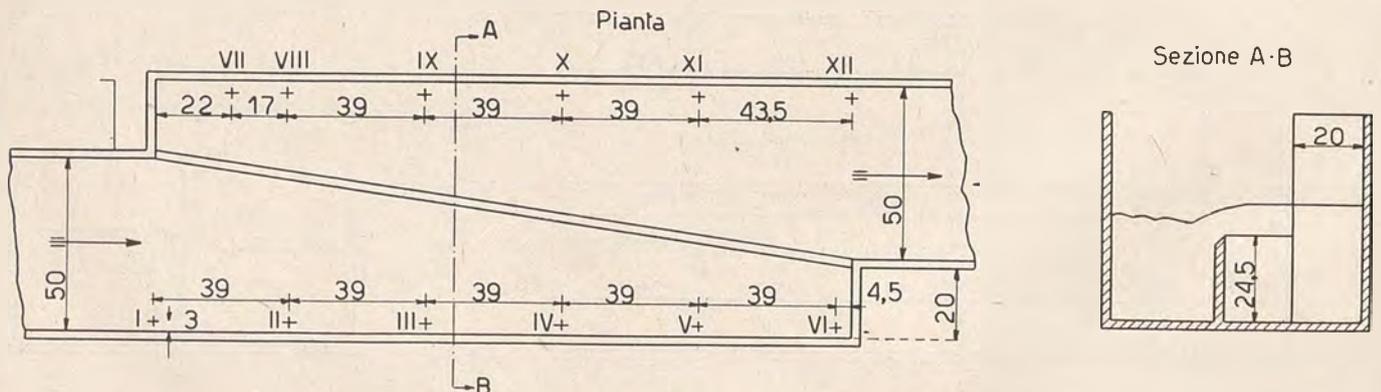


Fig. 5

PROVE CON LO SGHIAIATORE N. 1.

TABELLA I.

PROVA	PORTATA	PROFONDITÀ DELL'ACQUA IN CM. SUL FONDO NEI PUNTI											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	37,30	28,41	28,48	28,52	28,60	28,62	28,64	24,04	24,34	24,34	24,54	24,14	23,74
2	37,20	32,53	32,53	32,54	32,55	32,56	32,63	31,34	32,04	32,14	32,24	32,24	32,14
3	37,20	34,90	34,92	34,95	35,00	35,02	35,04	34,14	34,34	34,64	34,84	34,64	34,84
4	54,20	40,35	40,36	40,40	40,48	40,48	40,50	40,05	40,09	40,39	40,34	40,29	40,24
5	53,30	35,56	35,63	35,72	35,75	35,76	35,79	34,14	34,44	35,44	35,24	34,84	34,84
6	53,30	32,81	32,90	32,92	32,95	32,97	33,09	30,74	30,94	32,14	32,04	31,54	31,24

TABELLA II.

SFIORATORE INCLINATO - FUNZIONAMENTO
A VENA LIBERA

PROVA	PORTATA lt/sec.	PROFONDITÀ DELL'ACQUA IN CM. NEI PUNTI					
		I	II	III	IV	V	VI
1	65,20	31,03	31,08	31,18	31,36	31,33	31,28
2	58,00	30,50	30,62	30,68	30,78	30,77	30,71
3	52,80	30,26	30,28	30,40	30,46	30,43	30,40
4	50,40	30,18	30,22	30,32	30,37	30,38	30,38
5	49,80	29,88	30,00	30,08	30,14	30,14	30,10
6	45,40	29,70	29,71	29,78	29,85	29,82	29,80
7	40,20	29,21	29,22	29,29	29,34	29,36	29,30
8	37,40	29,03	29,06	29,09	29,10	29,06	29,04
9	35,40	28,85	28,87	28,91	28,94	28,92	28,90
10	34,20	28,78	28,80	28,80	28,88	28,86	28,84
11	29,80	28,34	28,36	28,39	28,45	28,43	28,41
12	25,00	27,88	27,90	27,93	27,94	27,90	27,90

TABELLA III.

ESPERIENZA N. 1 -
PORTATA 65,2 lt/sec

PUNTO	VALORI DELLA PROFONDITÀ	
	MISURATI	CALCOLATI
I	31,03	31,03
II	31,08	31,12
III	31,18	31,26
IV	31,36	31,43
V	31,33	31,65
VI	31,28	31,70

TABELLA IV.

SFIORATORE INCLINATO - FUNZIONAMENTO
A SFIORATORE RICURGITATO

PROVA N.	1	2	3	4	5	6	7	8
PORTATA	52,4	51,6	52,4	41,40	41,40	41,40	32,2	32,2
PROFONDITÀ IN								
I	31,36	32,73	38,22	33,23	33,53	30,78	31,18	29,48
II	31,43	32,73	38,28	33,23	33,63	30,78	31,18	29,52
III	31,48	32,83	38,28	33,28	33,65	30,83	31,20	29,54
IV	31,55	32,88	38,33	33,29	33,65	30,84	31,21	29,55
V	31,56	32,88	38,34	33,28	33,66	30,85	31,22	29,55
VI	31,56	32,88	38,23	33,25	33,56	30,79	31,19	29,52
VII	28,6	30,20	37,50	32,00	32,30	28,1	30,1	27,00
VIII	29,10	31,90	38,20	33,00	33,15	29,20	30,80	28,10
IX	29,20	31,80	38,10	33,1	33,35	29,30	30,90	28,10
X	29,00	31,6	38,08	33,00	33,30	29,20	30,85	27,90
XI	29,00	31,5	38,00	32,90	33,20	29,10	30,80	27,80
XII	28,6	30,2	37,90	32,85	33,15	28,90	30,75	27,70

TABELLA V.

SFIORATORE INCLINATO - PROVA N. 1
VALORI DELLA PROFONDITÀ
DELL'ACQUA NEI VARI PUNTI.

PUNTI	PROFONDITÀ IN CM.	
	MISURATE	CALCOLATE
I	31,36	30,89
II	31,43	30,97
III	31,48	31,14
IV	31,55	31,28
V	31,56	31,44
VI	31,56	31,56
VII	28,60	28,60
VIII	29,10	28,68
IX	29,20	28,85
X	29,00	29,02
XI	29,00	29,18
XII	28,60	29,30

Per quanto riguarda il secondo punto e cioè che $\frac{dh}{dx}$ è

decescente con il crescere di x ; si osserva che essendo il denominatore della [10] positivo e crescente con x crescente, basterebbe verificare che il numeratore è sempre decrescente con x (si è già visto che esso varia tra un numero maggiore di i ed i).

È sufficiente quindi dimostrare che la somma del secondo e del terzo termine del numeratore della [18] è decrescente con x . Riteniamo inutile riportare il lungo calcolo, qui basterà ricordare che sviluppando i binomi del numeratore e raccogliendo in un'unica frazione, si trova che la somma del secondo e del terzo termine del numeratore della [18], che possiamo indicare con la lettera M , è data da

$$[19] \quad M = \frac{1}{g} \frac{Q_0}{h_0^3} \frac{\frac{B_1}{L} - \frac{B}{L}x - \tan \alpha}{\left[B - \frac{x}{L}(B - B_1)\right]^3}$$

Per dimostrare che M è decrescente con x basta introdurre la variabile $\eta = \frac{x}{L}$, che potrà variare tra 0 ed 1; e dimostrare che la derivata prima della M fatta rispetto ad η è negativa. Infatti si ottiene dopo molti passaggi che omettiamo:

$$\frac{dM}{d\eta} = \frac{-\frac{B^2}{L} + 3\frac{B_1}{L}(B - B_1) - 2\frac{B}{L}\eta(B - B_1) - 3(B - B_1)^2}{[B - \eta(B - B_1)]^4}$$

Si verifica facilmente che il numeratore è negativo nel campo che ci interessa e cioè $0 \leq \eta \leq 1$ ed il denominatore è positivo.

Quindi rimane dimostrato che la somma del 2° e del 3° membro a numeratore della x è decrescente al crescere di x , e che quindi la curva della superficie libera deve avere l'andamento indicato in fig. 2.

B) Canale a valle della soglia sfiorante.

Per il tratto di canale lungo lo sfioratore si potrebbe ripetere lo stesso ragionamento che ha portato alla [10]. Si può ammettere che l'energia posseduta dall'acqua in arrivo dalla soglia per unità di massa sia uguale a quella dell'acqua che già si trova nel canale, nel senso che se l'acqua in arrivo ne possedesse una quantità maggiore, l'eccedenza andrebbe dispersa nel rimescolamento tra le due correnti. Con tale ipotesi si può ripetere uno svolgimento analogo a quello che ha portato alla [10]. Si deve però ancora tenere presente che in questo caso deve essere: $\frac{dh}{dx} = \tan \alpha$. Si perviene in conclusione alla equazione differenziale:

$$[20] \quad \frac{dh}{dx} = \frac{i - \left(\frac{V^2}{K^2 R^{4/3}} + \frac{1}{g} \frac{Q}{\sigma^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} h \tan \alpha \right)}{1 - \frac{1}{g} \frac{Q^2}{\sigma^3} b}$$

A questa si deve associare l'equazione di continuità che dovrà essere scritta nella forma: $\frac{dQ}{dx} = q(x)$.

Inoltre si devono tener presenti le condizioni ai limiti e che cioè all'inizio del canale ($x = 0$) la portata è nulla, e che nella sezione del canale posta in corrispondenza della fine della soglia sfiorante la portata è uguale a quella che si ha nel canale a monte ed a valle dello sgheiaiatore.

Circa la [20] si può poi ancora osservare che:

1) il denominatore, data l'ipotesi di corrente lenta è sempre > 0 , quindi il segno di $\frac{dh}{dx}$ è uguale a quello del numeratore;

2) nella sezione trasversale posta in corrispondenza dell'inizio dello sfioratore la portata è nulla e quindi la tangente alla superficie libera è orizzontale, come si vede subito ponendo nella [19] $Q = 0$; però questo risultato è valido solo nel caso in cui la larghezza del canale di valle nella sua sezione iniziale sia > 0 (cioè σ iniziale > 0). Il caso di canale con larghezza iniziale nulla non ha un interesse pratico nel nostro problema, anche data la impossibilità di realizzarlo con alimentazione a stramazzo laterale.

Esperienze

Con la disposizione di soglia indicata schematicamente in pianta nella fig. 5 sono state svolte due serie di esperienze. Nella prima venne regolato il livello liquido a valle in modo che lo sfioratore funzionasse nelle condizioni di vena libera aerata. Durante ogni prova vennero misurate le portate e le profondità dell'acqua rispetto al fondo orizzontale nei punti segnati sulla fig. 5 con i numeri I-VI.

I valori delle profondità e delle portate rilevate in ogni singola prova sono riportati nella tabella II, da essa risulta che le profondità vanno crescendo da monte verso valle nel tronco compreso tra i punti I e IV per poi diminuire di poco nel tronco successivo. Questo abbassamento, in contrasto con i risultati teorici, è dovuto alla chiamata allo sbocco che nei punti di misura V e VI, data la relativamente piccola distanza dalla soglia, si fa sentire in misura sensibile.

Per alcune prove sono stati calcolati i valori delle profondità dell'acqua nei punti da II a VI partendo dal valore misurato nel punto I e in base alla portata misurata, il calcolo è stato svolto con l'impiego della [10]. Per calcolare i valori di dQ che compaiono nella [10] per i singoli tratti è stata impiegata la consueta espressione degli stramazzi aerati, per i coefficienti di efflusso μ vennero adoperati i valori trovati nelle esperienze di Bourgeat (4) eseguite con piccoli valori del carico h ($0,02 \leq h \leq 0,10$) paragonabili a quelli che si presentavano nelle nostre esperienze.

Al coefficiente di scabrezza K della espressione di Gauckler-Strickler si è assegnato il valore di 105, determinato da Favre (5) su un canale con pareti in vetro, analogo a quello da noi impiegato. Nello svolgimento dei calcoli si è però visto che per ottenere la necessaria concordanza tra la portata effettivamente sfiorata, e quella calcolata in base ai profili teorici occorre moltiplicare il coefficiente di efflusso per un coefficiente di correzione uguale a 0,90 in media.

A titolo di esempio nella tabella III sono riportati i valori della profondità misurati durante la prova n. 1, nei punti da I a VI ed i valori calcolati. Si rileva una buona concordanza per quello che riguarda i punti da II a IV; un sensibile distacco per i punti V e VI dovuto alla già accennata influenza della chiamata allo sbocco.

La seconda serie di esperienze venne invece svolta con lo sfioratore rigurgitato, che è la condizione realizzata normalmente in pratica. Nella tabella IV sono riportati i valori delle portate e delle profondità misurate nei punti I-XII in alcune esperienze. I punti da I a VI erano situati nel canale a monte dello sfioratore; i punti da VII a XII nel canale a valle (fig. 5). Per quanto riguarda il canale di arrivo nel tratto lungo lo sfioratore, la profondità dell'acqua rispetto al fondo orizzontale è crescente da monte a valle, escluso il tratto a valle del punto V nel quale la chiamata allo sbocco nella nostra installazione era sensibile e produceva un abbassamento della superficie libera. Invece nel canale dopo lo sfioratore e nel tratto lungo lo sfioratore stesso la profondità dell'acqua rispetto al fondo orizzontale è sempre decrescente, fatta esclusione per il tratto relativo ai punti VII e VIII in cui la superficie liquida è più bassa rispetto al punto IX; fenomeno che come si disse è dovuto al vortice che si forma nell'angolo morto del canale e che è dovuto all'inclinazione dei filetti liquidi nel primo tratto di soglia.

Per alcune prove sono state calcolate le profondità d'acqua teoriche, che si possono ottenere mediante l'impiego delle espressioni 8 e 18. Per tale calcolo si può partire dalle profondità prefissate nei punti VI e VII; e successivamente si determinano le profondità nei punti verso monte. Per ognuno dei tronchi in cui è stato suddiviso lo sfioratore venne calcolata la portata sfiorante con l'impiego della espressione [1]; si è visto però che per ottenere una buona concordanza tra la portata effettivamente sfiorata e quella calcolabile con la espressione [1] in base al profilo teorico, occorre moltiplicare il coefficiente di efflusso μ della [1] per un coefficiente di correzione uguale in media a 0,95.

Luigi Ferroglio

(4) BOURGEAT, *Etude de déversoir en mince paroi pour des faibles charges*, «Comptes rendu de la Soc. Hydrot. de France», 9 ag. 1924.

(5) H. FAVRE, *Contribution à l'étude des courants liquides*, Zurigo, 1933, Ed. Rascher.

Il taglio dei metalli con utensili ad angolo di spoglia negativo

La presente trattazione ha lo scopo di studiare il comportamento dell'utensile con angolo di spoglia frontale negativo nel complesso fenomeno del taglio (1).

Si avverte che per questo studio sono state introdotte alcune semplificazioni: si è supposto che le forze applicate all'utensile e le velocità siano costanti, si è trascurato in un primo tempo l'effetto delle vibrazioni e della temperatura e si è considerato il problema nel piano.

Il taglio.

L'azione dell'utensile non può essere paragonata a quella di un cuneo che introducendosi nel materiale lo divide, poichè nel taglio non si opera solo una separazione tra pezzo e truciolo, ma interviene un fenomeno plastico di scorrimento rivelato dal fatto che lo spessore del truciolo asportato è normalmente maggiore della profondità di passata.

Lo scorrimento si può spiegare immaginando diviso il truciolo, all'atto della sua formazione, in tanti piccoli elementi ciascuno dei quali scorre su quello che lo precede, secondo una direzione determinata. (Nella fig. 1 la retta n inclinata di \varnothing sulla tangente al pezzo in A).

L'entità dello scorrimento e dell'angolo \varnothing dipendono dalla plasticità del materiale, e si manifesta una più forte azione di scorrimento quanto più è grande l'angolo di acutezza dell'utensile.

Da considerazioni trigonometriche fatte sulla fig. 1 appare chiaro che lo scorrimento s prodotto da utensile con angolo di spoglia frontale negativo è maggiore di quello s' prodotto da un utensile con angoli di spoglia usuali.

Difatti:

$$1) s = \frac{\Delta S}{\Delta X} = \cotg \varnothing + \tan (\varnothing + \alpha)$$

$$2) s' = \frac{\Delta S'}{\Delta X'} = \cotg. \varnothing + \tan (\varnothing - \alpha)$$

da cui $s > s'$.

Per trovare il valore di \varnothing che rende minimo lo scorrimento s basta fare la derivata di s uguagliarla a 0 e risolvere rispetto a \varnothing :

$$3) \frac{ds}{d\varnothing} = -\frac{1}{\text{sen}^2 \varnothing} + \frac{1}{\text{cos}^2 (\varnothing + \alpha)} = 0$$

$$4) \varnothing = 45^\circ - \frac{\alpha}{2}$$

Il rapporto tra profondità di passata e spessore del truciolo (fig. 1):

$$5) \frac{p}{h} = \frac{\text{sen } \varnothing}{\text{cos} (\varnothing + \alpha)}$$

In cui sostituendo a \varnothing il valore della 4) si trova logicamente $p = h$.

$$5 \text{ bis) } \frac{p}{h} = \frac{\text{sen} (45 - \alpha)}{\text{cos} (45 + \alpha)} = 1.$$

Condizione però che non trova esempi in pratica poichè per realizzarla occorrerebbero utensili con angolo di taglio acutissimo e quindi tali da non presentare sufficiente resistenza.

Forze applicate all'utensile.

Indichiamo con R la forza applicata all'utensile elementare ed osserviamo la direzione che essa assume nei due casi: a) con utensile ad angolo di spoglia frontale positivo (fig. 2 a); b) con utensile ad angolo di spoglia frontale negativo (fig. 2 b).

È evidente che nel caso a) l'utensile si trova in condizioni di inferiorità essendo sollecitato da una forza R che tende a romperne l'estremità costituita da una piastrina di lega extra dura, ma fragile. Nel caso b) invece questo pericolo è molto ridotto poichè la piastrina è sottoposta al solo sforzo di compressione, ed il tagliente meno esposto ad urti, frequenti nelle lavorazioni di pezzi discontinui.

Questa considerazione è la chiave del problema in quanto la minore sollecitazione cui è sottoposto l'utensile nel caso b) permette l'uso di piastrine di minor resistenza ma di durezza più elevata (infatti si sa che ad una più elevata durezza corrisponde una maggiore fragilità) che si traduce in una maggior durata del tagliente ed un minor logorio della faccia di taglio.

La forza R si può scomporre (fig. 3):

1) in F ed N : ove F è la forza che nasce dalla presenza dell'attrito tra la faccia di taglio ed il truciolo; ed N la normale. $F/N = \tan \tau = f$ (coefficiente di attrito)

2) in F_s (componente nella direzione di scorrimento) ed F_n (normale a questa direzione).

3) in F_t (forza principale di taglio) ed F_r (forza di repulsione).

Le ultime due F_t ed F_r sono abbastanza facilmente misurabili e così pure gli angoli α e \varnothing . È quindi opportuno trovare delle relazioni che diano tutte le altre componenti in funzione di queste grandezze:

$$\begin{aligned} 6) F &= F_r \cos \alpha - F_t \text{sen } \alpha \\ 7) N &= F_t \cos \alpha + F_r \text{sen } \alpha \\ 8) F_s &= F_t \cos \varnothing - F_r \text{sen } \varnothing \\ 9) F_n &= F_r \cos \varnothing + F_t \text{sen } \varnothing \end{aligned} \quad \text{per } \alpha = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} F = F_r \\ N = F_t \end{array} \right.$$

Velocità.

L'uso di utensili ad angolo negativo impone l'adozione di alte velocità di taglio come è già stato osservato nella precedente comunicazione. La spiegazione a questa necessità si può trovare nel modo di formarsi del truciolo. La fig. 4 mette in rilievo il fatto che a parità di profondità di passata una alta velocità di taglio riduce lo spessore del truciolo, quindi la resistenza principale di taglio F_t (Herbert).

Normalmente i calcoli si basano sulla ipotesi della costanza di F_t al variare di V_t (velocità di taglio) e questa semplificazione si può pienamente giustificare se la velocità è compresa tra i 10 ed i 100 m/min, cioè nel campo di applicabilità della nota formula:

$$10) F_t = \frac{p_s S}{n \sqrt{S}} \quad (\text{ove } p_s = \text{pressione specifica di taglio} \\ S = \text{sezione del truciolo}).$$

Siccome però il nostro studio riguarda le alte velocità (superiori ai 100 m/min), conseguibili con angolo di spoglia ne-

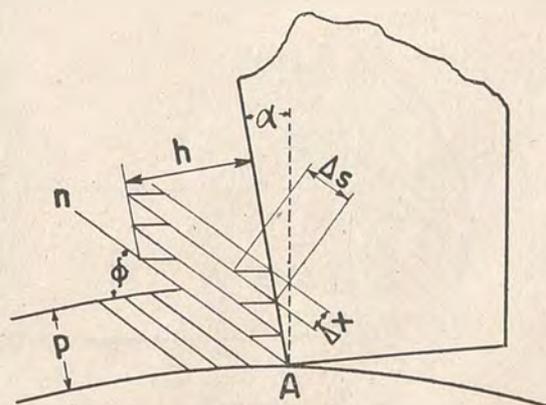


Fig. 1

(1) I risultati di alcune prove condotte con angoli di questo tipo sono stati riportati in una precedente comunicazione (Atti e Rassegna Tecnica, N. 8 - Agosto 1947).

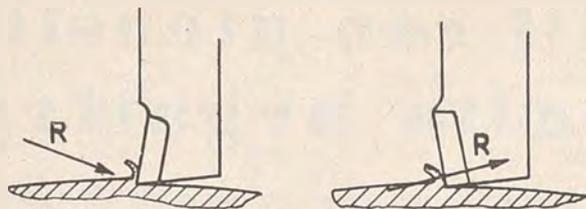


Fig. 2

gativo, non si può in esso trascurare l'effetto della velocità che aumentando fino ai 500 m/min riduce sensibilmente la F_t (fig. 5). L'andamento del diagramma rivela la instabilità dinamica del sistema: aumentando V_t diminuisce F_t favorendo un ulteriore aumento di V_t .

Scomponiamo V_t nelle direzioni di scorrimento V_s e della faccia di taglio V_f (fig. 4 c).

$$11) \quad V_s = V_t \frac{\cos \alpha}{\cos (\varnothing + \alpha)} \quad \text{ove} \quad \frac{\cos \alpha}{\cos (\varnothing + \alpha)} > 1$$

anche V_f è aumentato rispetto al V'_f che si avrebbe con angolo α positivo:

$$12) \quad V_f = V_t \frac{\sin \varnothing}{\cos (\varnothing + \alpha)}$$

$$13) \quad V'_f = V_t \frac{\sin \varnothing}{\cos (\varnothing - \alpha)}$$

Lavoro di taglio.

Il lavoro totale di taglio ($L_t = F_t V_t$) si compone di due parti:

- a) il lavoro di attrito $F V_f = L_a$
- b) il lavoro di scorrimento $F_s V_s = L_s$.

Occorre dimostrare che $L_t = L_a + L_s$.

Sostituendo ad F, F_s, V_f, V_s , i valori trovati più sopra in funzione di F_t e V_t si ha:

$$14) \quad L_t = F_t V_t = (F_r \cos \alpha - F_t \sin \alpha) V_t \frac{\sin \varnothing}{\cos (\varnothing + \alpha)} + (F_t \cos \varnothing - F_r \sin \varnothing) V_t \frac{\cos \alpha}{\cos (\varnothing + \alpha)}$$

sviluppando, il II membro e semplificando:

$$\frac{F_t V_t (\cos \varnothing \cos \alpha - \sin \alpha \sin \varnothing)}{\cos (\alpha + \varnothing)} = F_t V_t$$

che dimostra l'identità tra le due espressioni.

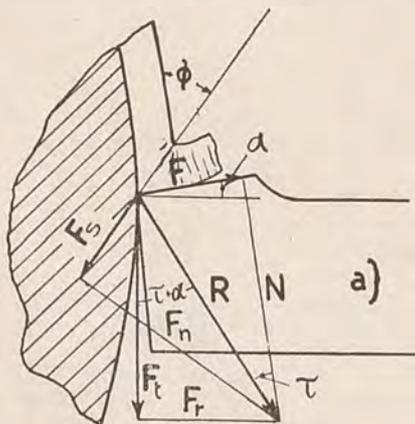


Fig. 3

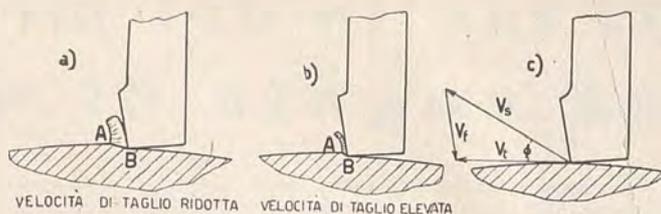


Fig. 4

La fresatura.

Le teorie espone nella prima parte della nostra trattazione sull'angolo di spoglia frontale negativo trovano la più opportuna applicazione nella fresatura consigliando una nuova tecnica che si adatta ad ogni tipo di materiale e che assicura, oltre la riduzione del tempo di lavorazione, anche una maggior finitura della superficie.

In questa seconda parte cercheremo di presentare un metodo di calcolo per la determinazione delle migliori condizioni di taglio e per la scelta delle frese.

Si osservino innanzi tutto alcuni tipi di frese a lame riportate con angoli negativi (figg. 6-7 e 8).

La spianatura con fresa frontale.

Questo tipo di lavorazione può essere eseguito con frese del tipo di fig. 7 aventi moto rotatorio (moto di taglio) su pezzi dotati del moto di avanzamento (fig. 9).

Occorre determinare il valore del rapporto tra la larghezza del pezzo da spianare ed il diametro della fresa perchè questo valore è collegato con lo spessore minimo del truciolo. Dalla fig. 9 infatti si vede come lo spessore del truciolo vari lungo le circonferenze tracciate da un valore minimo in c che è funzione della larghezza di fresatura ad un massimo in D.

Risulta:

$$2 OA = 2 OC \cos \varepsilon \quad \text{dove per } \varepsilon \text{ si consiglia il valore } 45^\circ$$

$$2 OA = l = \text{larghezza di fresatura}$$

$$\frac{l}{d} = \cos \varepsilon = 0,707 \quad 2 OC = d = \text{diametro della fresa.}$$

Risulta che lo spessore minimo del truciolo (in C) è

$$s_{min} = a_z \cos 45^\circ$$

(a_z = velocità di alimentazione per dente) mentre lo spessore massimo in D è

$$s_{max} = a_z$$

Queste due ultime relazioni sono esatte solo se l'angolo di attacco dell'utensile $\eta = 0$. Nel caso contrario ($\eta \neq 0$) si ha (fig. 10):

$$s_{min} = a_z \cos 45^\circ \cos \eta$$

$$s_{max} = a_z \cos \eta$$

Le tabelle N. 2 e N. 3 permettono di risalire rapidamente dallo spessore del truciolo al valore della velocità di alimentazione per diversi valori di η . D'altra parte i valori s_{min} ed s_{max} si ottengono dalla tabella N. 4 in funzione del tipo e della durezza del materiale in lavorazione. La stessa tabella dà anche i numeri di giri al min. della fresa.

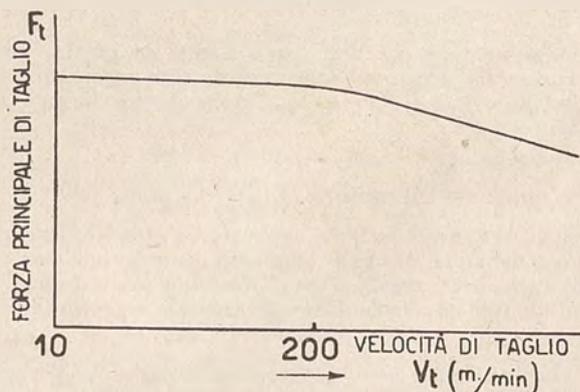


Fig. 5

ESEMPIO A. (2)

Spianatura con fresa frontale

Dati Materiale: A.C. HB = 570
 Larghezza di fresatura $l = 110$ mm.
 Diametro fresa $d = 150$ (dalla $l/d \approx 0,7$)
 Numero dei denti $n_z = 6$ (dipende dalla potenza disponibile)
 Angolo di attacco $\eta = 30^\circ$

Dalla Tab. 3 Spessori del truciolo $s_{min} = 0,20$ $s_{max} = 0,40$
 Numero di giri della fresa $n = 380$ al min.
 Velocità di taglio $V_t = 580$ m/min.

Dalla Tab. 1 Velocità di alimentazione (mm/dente)
 a_z min = 0,35

Dalla Tab. 2 Velocità di alimentazione (mm/dente)
 a_z max = 0,46
 Numero dei denti in azione al minuto
 $n n_z = 2280$
 avanzamento in mm/min.
 $a_{min} = n n_z a_z$ min = 800
 $a_{max} = n n_z a_z$ max = 1050

La fresatura cilindrica.

In questo caso la fresa opera come in fig. 11.
 La prima ricerca è lo spessore del truciolo

$$S = a_z \cos \rho \quad \text{poichè è: } \sin \rho = \frac{R-p}{R} = 1 - \frac{p}{R}$$

$$S = a_z \cos \left[\arcsen \left(1 - \frac{p}{R} \right) \right] \quad \text{da cui l'avanzamento}$$

$$a_z = \frac{S}{\cos \left[\arcsen \left(1 - \frac{p}{R} \right) \right]}$$

Il calcolo può essere effettuato con l'aiuto della tabella N. 4 da cui si ha l'avanzamento per dente per vari valori del rapporto $\frac{p}{R}$ e dello spessore S del truciolo.

ESEMPIO B.

Spianatura con fresa cilindrica.

Dati Materiale: A. C. HB = 170
 Diametro fresa $d = 100$
 numero dei denti $n_z = 4$
 Profondità di passata $p = 9,5$ mm.

Dalla Tab. 3 Spessore del truciolo $S = 0,2$ mm.
 (i valori minimi)

$$\text{Il rapporto } \frac{p}{U} = \frac{0,5}{50} = 0,59$$

(2) Gli esempi che seguono sono stati sviluppati sulla scorta dei risultati delle esperienze eseguite dalla Soc. A. Herbert di Coventry e dalla Kennametal Inc. di Latrobe (USA).

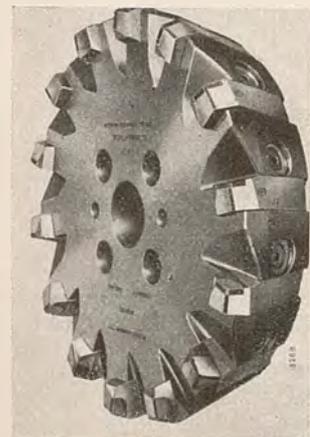


Fig. 6

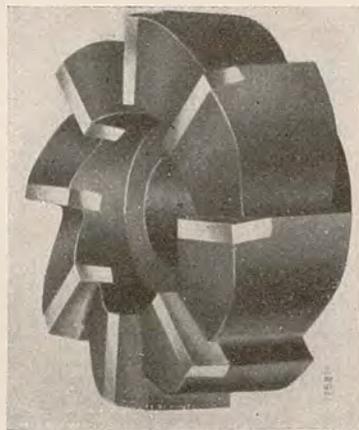


Fig. 7

Dalla Tab. 4 $a_z = 0,33$ mm/dente

Dalla Tab. 3 Numero di giri della fresa $n = 900$ giri/min.
 (i valori della tab. 3 possono essere in questo caso maggiorati del 50 % circa).
 Denti in azione al minuto $n n_z = 3600$
 Avanzamento al minuto $a = 1200$ mm/min.

I fenomeni vibratori.

I fenomeni vibratori collegati con le alte velocità costituiscono una preoccupazione ed un ostacolo all'impiego di queste.

Una considerazione di carattere generale può essere fatta sull'utensile elementare da tornio che vibra in condizioni di regime.

Nella fig. 12 è indicata con A la posizione neutra del vertice dell'utensile che oscilla tra B e C. Quando l'utensile ha il vertice in B diminuiscono α e γ , diminuisce la profondità di passata quindi la F_t (vedasi formula 10); quando l'utensile ha il vertice in C α e γ sono maggiori, e maggiore è anche la profondità di passata quindi la F_t : ad ogni ciclo si ha una variazione della profondità di passata e di F_t , e non solo ma anche la velocità relativa di taglio subisce una variazione in quanto mentre il vertice dell'utensile passa da C a B, si ha il massimo di velocità in A, e quando ritorna da B a C si ha il minimo. Riassumendo la variazione di F_t è dovuta:

- 1) alla variazione della profondità di passata;
- 2) alla variazione degli angoli caratteristici;
- 3) alla variazione della velocità relativa;
- 4) all'influenza della superficie su A.

Queste cause sono però attive soltanto in condizioni di regime, mentre all'inizio le vibrazioni sono avviate dalle sollecitazioni variabili cui è sottoposto l'utensile, specialmente nella lavorazione di metalli duri.

In questo caso infatti la F_t varia periodicamente e bruscamente da un valore massimo (prima che il truciolo si rompa) ad un valore minimo (appena il truciolo è rotto).

Nella fresatura le vibrazioni assumono l'aspetto torsionale in corrispondenza dell'entrata in azione di ogni dente.

Con frese ad angolo negativo dove l'elevata velocità di alimentazione ed il ridotto numero di denti esaltano questo fenomeno si applicano dei volani, sull'albero portafresa.

Conclusione.

Gli studi sull'argomento e le prove fatte hanno reso possibili le seguenti considerazioni:

A) È stato sperimentalmente provato (vedasi comunicazione precedente) che con angoli di spoglia frontale negativi si evita alle velocità superiori ai 150 m/min il rapido logorio del tagliente: ciò è dovuto alla direzione della R che permette l'uso di piastrine più dure anche se più fragili.

B) Lo scorrimento plastico del materiale all'atto della formazione del truciolo è aumentato come si è visto dalle 1) e 2), ma reso più facile dalla elevata temperatura.

C) Nelle lavorazioni con angolo negativo non si fa uso di refrigerante.

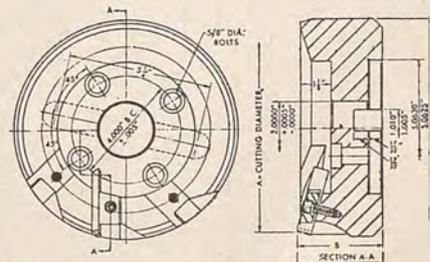


Fig. 8

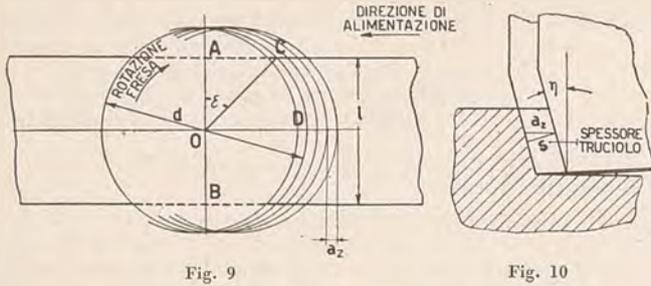


Fig. 9



Fig. 10

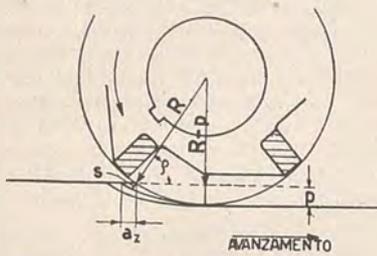


Fig. 11

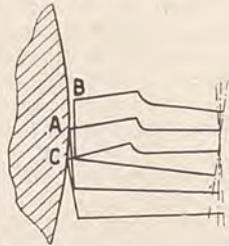


Fig. 12

D) Sulla forza di taglio F_t agiscono due fattori: uno l'angolo β di acutezza dell'utensile (che risulta nel nostro caso maggiore del normale) e questo aumento provoca un aumento di F_t poichè F_t dipende (v. Formula 10) da p_s e p_s è proporzionale alla $\sqrt{\beta}$ (Kronenberg) (ove p = coefficiente caratteristico del materiale); l'altro è la elevata velocità di taglio con la quale (v. Diagramma 5) la F_t è minore.

E) La potenza assorbita $P = F_t V_t$ risulta aumentata.

F) La velocità di taglio elevata provoca una instabilità dinamica del sistema (fig. 5) e richiede una maggior cura nella riduzione dei fenomeni vibratorii.

In definitiva:

1) Tempi di lavorazione enormemente ridotti per le elevate velocità di taglio e di avanzamento.

2) Ottima finitura delle superfici lavorate: ne fanno fede testimonianze raccolte presso vari Istituti di ricerche che hanno sviluppato le prove.

3) Potenze in gioco molto più elevate del normale: da cui la necessità di disegnare le nuove macchine con criteri radicalmente mutati per ciò che riguarda la rigidità e l'equilibramento degli organi rotanti.

Gian Federico Micheletti

TABELLA 1.

Spessore minimo del truciolo in X (s _{min}) mm.	Velocità di alimentazione a _z per diversi valori di η (mm/dente)			
	0°	15°	30°	45°
0,05	0,075	0,075	0,100	0,100
0,10	0,150	0,150	0,178	0,230
0,15	0,230	0,230	0,254	0,302
0,20	0,280	0,302	0,355	0,400
0,25	0,355	0,380	0,430	0,510
0,30	0,430	0,457	0,534	0,610
0,35	0,500	0,510	0,570	0,700
0,40	0,565	0,577	0,650	0,810
0,45	0,640	0,650	0,740	0,915
0,50	0,710	0,725	0,815	1,015
0,60	0,850	0,865	0,990	1,220

Spessore massimo del truciolo in Y s _{min} (mm.)	Velocità di alimentazione a _z per diversi valori di η (mm/dente)			
	0°	15°	30°	45°
0,05	0,050	0,050	0,057	0,071
0,10	0,100	0,105	0,115	0,143
0,15	0,150	0,152	0,173	0,214
0,20	0,200	0,202	0,230	0,282
0,25	0,250	0,254	0,285	0,355
0,30	0,300	0,302	0,355	0,425
0,35	0,350	0,354	0,400	0,495
0,40	0,400	0,405	0,460	0,565
0,45	0,450	0,455	0,516	0,625
0,50	0,500	0,505	0,574	0,705
0,60	0,600	0,605	0,690	0,850

TABELLA 3.

MATERIALE	Spessore Truciolo (mm.)	Numeri di giri per vari diam. (giri/min.)				Velocità di taglio (m/min)
		Ø = 75 mm.	Ø = 100 mm.	Ø = 125 mm.	Ø = 150 mm.	
Leghe leggere	0,25-1	il massimo possibile				max.
Bronzo	0,25-1	850-650	650-480	500-385	425-320	200-150
Ghisa	0,20-0,65	550-430	400-320	330-260	280-210	130-100
Acciaio H _B 160-180	0,20-0,40	765-720	570-540	460-430	380-360	180-170
» 180-220	0,20-0,35	720-630	540-475	430-380	360-315	170-150
» 220-300	0,15-0,30	630-455	475-350	380-275	315-230	150-110
» 300-420	0,10-0,25	455-190	350-140	275-115	230-95	110-45
Leghe di durezza magg.	0,05-0,10	ulteriore riduzione del numero di giri				

TABELLA 4.

Rapp. p/R	Velocità di alimentazione per vari spessori di truciolo (mm./dente)									
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	
mm.	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	
0,03	0,202	0,40	0,61	0,81	1,03	1,22	1,52	2,05	2,55	
0,06	0,15	0,28	0,43	0,58	0,73	0,86	1,10	1,45	1,85	
0,09	0,13	0,23	0,35	0,48	0,61	0,71	0,89	1,20	1,50	
0,12	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,63	0,79	1,04	1,32	
0,15	0,10	0,18	0,28	0,38	0,45	0,56	0,71	0,94	1,17	
0,19	0,07	0,17	0,25	0,33	0,43	0,50	0,63	0,86	1,10	
0,22	0,07	0,15	0,23	0,33	0,40	0,48	0,61	0,81	1,02	
0,25	0,07	0,15	0,23	0,30	0,38	0,45	0,56	0,76	0,96	
0,30	0,07	0,12	0,20	0,28	0,35	0,43	0,53	0,71	0,89	
0,38	0,05	0,12	0,20	0,25	0,33	0,38	0,48	0,66	0,81	
0,45	0,05	0,12	0,17	0,25	0,30	0,38	0,45	0,61	0,76	
0,50	0,05	0,10	0,17	0,23	0,30	0,35	0,43	0,58	0,74	
0,63	0,05	0,10	0,15	0,23	0,28	0,33	0,40	0,56	0,68	
0,75	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,38	0,53	0,66	

BIBLIOGRAFIA

Basic Mechanics and Plasticity of Orthogonal Cutting by E. Merchant.
 The Determination of Machinability by Schlesinger.
 Cutting Angle relationship on metal cutting tools by Kronenberg.
 Angoli caratteristici delle frese di Kronenberg.
 A high-speed cutting Alloy by A. Herbert.
 Il taglio dei metalli ad alta e altissima velocità di I. M. Besprovanj, A. N. Daničian, A. V. Pankin, N. I. Reznikov.

Nuove granulometrie per conglomerati cementizi

Un recente soggiorno nei principali centri di studio sui materiali da costruzione e cantieri francesi ed in particolare la lunga permanenza presso i Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics mi hanno dato modo di constatare l'importanza che i tecnici d'oltr'Alpe danno alla composizione granulometrica dei calcestruzzi destinati ad opere di un certo rilievo.

Come il nostro Paese, la Francia alla fine della guerra si è trovata nella necessità di procedere con la massima sollecitudine al ripristino di un numero imponente di opere d'arte andate distrutte; il maggior ostacolo a quest'opera di ricostruzione risiedeva nella deficienza quantitativa e qualitativa dei leganti idraulici e nel loro costo elevato. Tali circostanze hanno contribuito allo sviluppo di ricerche teoriche e sperimentali su questo argomento ed hanno spinto costruttori ed impresari ad applicare con maggior diligenza che non per il passato i risultati di questi studi.

Si può ben dire che oggi non si procede in Francia a costruzioni in calcestruzzo di una qualche importanza senza che la composizione granulometrica venga studiata in base alle loro caratteristiche, alla disponibilità dei materiali ed ai mezzi di messa in opera.

I metodi seguiti nella determinazione di dette composizioni granulometriche sono oggi in Francia essenzialmente due: il metodo Faury ed il metodo Vallette. Analizzando un po' da vicino questi metodi, anche dal punto di vista della loro evoluzione storica, si è in grado di affermare che i miglioramenti da essi introdotti sui metodi più antichi, riassunti dalle formule di Fuller, di Fuller-Thompson e di Bolomey, derivano essenzialmente dall'aver preso in considerazione, sia pure sotto punti di vista diversi, un fenomeno che già fin dal 1936 il Prof. Caquot aveva messo in luce: l'«effetto di parete» ed anche dall'aver tenuto maggiore conto del modo di porre in opera il calcestruzzo in cantiere.

Si intende per «effetto di parete» la diminuzione di compattezza media che si riscontra in un materiale incoerente in prossimità delle superfici rigide che ne limitano il volume.

Immaginiamo un elemento di superficie Π qualsiasi e di cui la curva AA' sia la traccia sul piano del disegno (fig. 1). Siano le dimensioni di detto elemento di superficie assai grandi in confronto delle dimensioni medie dei singoli granuli. Potremo assumere a indice della compattezza del materiale il rapporto della sommatoria delle aree di intersezione fra i granuli e la superficie Π all'area totale dell'elemento di superficie Π stesso. È facile rendersi conto che se la superficie Π

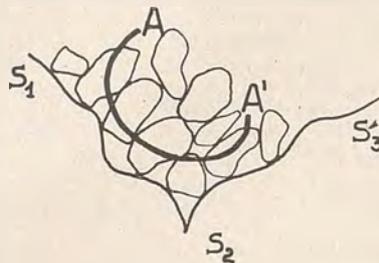


Fig. 1

viene a svilupparsi in prossimità della superficie $S_1 S_2 S_3$ delimitante il volume contenente i granuli, il valore di tale rapporto diminuisce, sino ad annullarsi quando essa viene a coincidere colla superficie $S_1 S_2 S_3$ stessa.

Se chiamiamo con R il raggio medio (1) della cavità contenente il nostro materiale incoerente:

$$R = V : S = \frac{\text{volume totale della cavità}}{\text{area totale delle pareti}}$$

e D il diametro medio dei granuli che immaginiamo tutti dello stesso ordine di grandezza, l'influenza globale dell'«effetto di parete» nel senso di diminuire la compattezza del sistema può essere caratterizzata dal valore del rapporto $\frac{D}{R}$.

Il metodo Faury tiene conto di detto effetto di parete in un senso che potremmo chiamare «periferico» mentre il metodo Villey-Vallette ne tiene conto in un senso che potremmo definire «puntuale». In effetto il metodo Faury prende in considerazione unicamente il valore R_m del raggio medio minimo relativo alla struttura, potendo i valori del volume V e

(1) Si intende per raggio medio di una figura piana il rapporto tra la sua area ed il suo perimetro; analogamente si intende per raggio medio di un solido il rapporto tra il suo volume e la sua superficie.

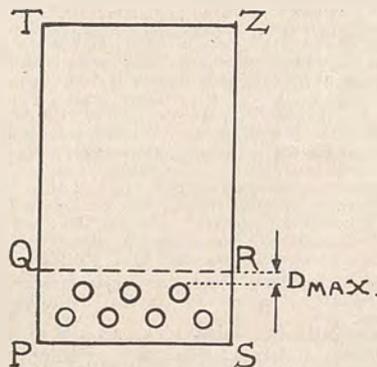


Fig. 2

della superficie S da introdurre nella formula $R = V : S$ anche non riferirsi ad un intero elemento della struttura ma a una parte soltanto di esso: di solito alla parte più densamente armata. Ad esempio per un elemento del tipo di quello rappresentato in fig. 2 (trave in cemento armato che supponiamo di lunghezza molto grande in confronto alle sue dimensioni trasversali) il volume V da considerarsi non è il volume totale (prisma di sez. $P T Z S$) ma soltanto il volume del prisma di sez. $P Q R S$, limitato superiormente da una faccia orizzontale $Q R$ la cui distanza dai vertici delle armature superiori è dello stesso ordine di grandezza della dimensione massima D della ghiaia che si prevede di adoperare. Il raggio medio minimo sarà dunque dato in questo caso dall'espressione:

$$R_m = \frac{QP \cdot PS - \text{superf. della sez. dei ferri}}{QP + PS + SR + \text{perimetro della sezione dei ferri.}}$$

In base a detto valore di R_m Faury fissa il valore del diametro massimo degli inerti D in modo che:

$$0,8 < \frac{D}{R_m} < 1$$

In un diagramma (fig. 3) avente per ascisse i diametri d degli inerti espressi in una scala proporzionale a $\sqrt[5]{d}$ e per ordinate le percentuali in volume assoluto di materiale, la curva granulometrica proposta da Faury ha l'andamento di una spezzata $A B C$, avente lo spigolo B in corrispondenza del diametro $D/2$.

Perchè detta spezzata risulti determinata basterà dare il valore $Y_{D/2}$ della ordinata del punto B che vale secondo Faury:

$$Y_{D/2} = A + 17 \frac{D}{R_m} + \frac{C}{D - 0,75}$$

dove A = coefficiente numerico, funzione della natura degli inerti e della potenza del processo di messa in opera. — D = diametro massimo degli'inerti. — C = coeff. numerico, funzione della potenza del processo di messa in opera. — R_m = raggio medio minimo del getto da eseguire.

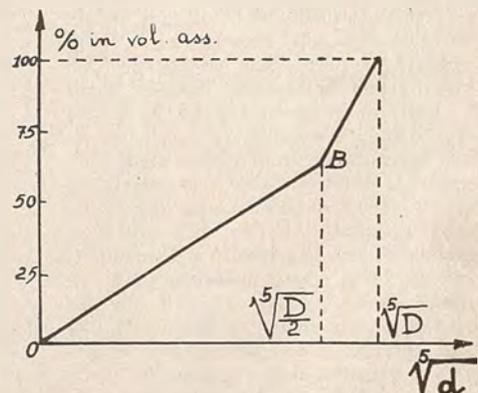


Fig. 3

Se lo spazio ce lo consentisse sarebbe interessante intrattenerci sulle caratteristiche essenziali del metodo Faury, mettendone in luce pregi e difetti. Bastino per il momento questi brevi cenni che ne inquadrano la fisionomia generale. Rimandiamo i tecnici che si occupano dell'argomento ad un volumetto del Faury stesso, edito recentemente dalla Casa Dunod nella sua collana « L'actualité technique » (J. Faury — Le Béton-1947. Ed. Dunod Paris). In questo volume, corredato di esempi pratici, di abachi e di tabelle essi troveranno dettagliatamente esposti tutti gli elementi che possono loro interessare.

Ci occuperemo invece più a fondo del metodo Vallette sul quale non esistono pubblicazioni utilmente consultabili dal punto di vista applicativo.

Le granulometrie discontinue.

Vediamo innanzitutto in che senso va intesa la nostra affermazione che il metodo Vallette tiene conto in modo « puntuale » del principio dell'« effetto di parete ».

Sin'ora abbiamo considerato l'« effetto di parete » come la diminuzione della compattezza riscontrata in un materiale incoerente in prossimità delle superfici rigide (casseri) che ne limitano il volume; in realtà un analogo effetto di parete si verifica fra i vari granuli di un materiale incoerente. Questo appare evidente se si ripete il ragionamento fatto a proposito della fig. 1, dopo aver considerato la linea $S_1 S_2 S_3$ come traccia di elementi di superficie dei grani G_1, G_2 (fig. 4) di dimensioni notevolmente maggiori di quelle dei granuli g che ne riempiono gli interstizi.

Se il problema della ricerca della migliore composizione granulometrica (intendendo per il momento per migliore quella composizione granulometrica cui compete più alta compattezza) viene considerato sotto questo punto di vista, appare immediatamente il vantaggio che si avrebbe dall'adozione di una composizione granulometrica comportante un certo numero di classi di inerti dimensionalmente ben distinte tra loro, nel senso che, mentre le dimensioni massime e minime di una stessa classe differiscono poco fra di loro, un grande divario esiste fra le dimensioni medie di due classi diverse.

Prendiamo infatti in considerazione un certo volume ed immaginiamo di riempirlo con particelle appartenenti ad una classe I aventi dimensioni medie D_1 . Sia il volume medio delle singole particelle molto piccolo rispetto al volume recipiente di modo che le superfici che lo delimitano non diano luogo a degli effetti di parete sensibili. Sia p_1 la porosità e $c_1 = 1 - p_1$ la compattezza di detto materiale. Immaginiamo ora di riempire i vuoti p_1 con le particelle di una classe II di dimensioni medie D_2 immediatamente inferiori. Siano p_2 e c_2 rispettivamente la porosità e la compattezza di detta classe misurate su di un volume molto grande rispetto alle dimensioni medie delle sue particelle. Secondo quanto si è detto l'effetto di parete esercitato dalle particelle della classe I sulle particelle della classe II sarà dato dal rapporto D_2/R_1 dove R_1 è

il raggio medio del vuoto p_1 presente nella classe I.

Chiamando S_1 la superficie totale delimitante detto vuoto p_1 e quindi anche, in prima approssimazione, lo sviluppo superficiale totale delle particelle della classe I, potremo scrivere:

$$R_1 = \frac{p_1}{S_1} [1]$$

Ma a parità di volume occupato detto sviluppo superficiale è inversamente proporzionale alle dimensioni medie D_1 dei granuli; potremo dunque scrivere:

$$S_1 = \frac{K}{D_1}$$

dove K è, in condizione di similitudine geometrica, una costante; sostituendo nella [1] avremo:

$$R_1 = \frac{p_1}{K} D_1$$

e quindi

$$\frac{D_2}{R_1} = \frac{K}{p_1} \frac{D_2}{D_1}$$

L'effetto di parete sarà dunque proporzionale al rapporto tra le dimensioni medie della classe II e le dimensioni medie della classe I.

Per un rapporto $\frac{D_2}{D_1}$ abbastanza piccolo tale effetto di parete diverrà trascurabile; i vuoti presentati dalla classe II occupante gli interstizi della classe I saranno allora con buona approssimazione eguali al valore p_2 precedentemente definito e la porosità $p_{1,2}$ dell'insieme (clas. I + classe II) sarà eguale al prodotto delle porosità delle singole classi: $p_{1,2} = p_1 \times p_2$. Chiamando $c_{1,2}$ la compattezza dell'insieme potremo pure scrivere $c_{1,2} = c_1 + (1 - c_1) c_2$.

Un ragionamento analogo si potrà ripetere se riempiamo i vuoti della classe II con una terza classe III le cui particelle siano molto piccole rispetto alle particelle della classe II; chiamando p_3 e c_3 rispettivamente la porosità e la compattezza della classe III misurata su un grande volume, la porosità $p_{1,2,3}$ e la

compattezza $c_{1,2,3}$ della miscela delle tre classi saranno date rispettivamente da:

$$p_{1,2,3} = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \\ c_{1,2,3} = c_1 + (1 - c_1) c_2 + \\ + (1 - c_1 - c_2 + c_1 c_2) c_3$$

Si vede subito come, operando in questo modo, si possa giungere rapidamente a compattezze molto elevate. Ponendo per es. $p_1 = p_2 = p_3 = 0,4$ e quindi $c_1 = c_2 = c_3 = 0,6$, si avrebbe $p_{1,2,3} = 0,064$, $c_{1,2,3} = 0,934$.

Evidentemente una simile schematizzazione del fenomeno porta a conclusioni più favorevoli di quanto ci si possa attendere in realtà. Infatti nell'eseguire praticamente la miscela delle varie classi una certa percentuale di particelle di una classe rimarrà inserita fra gli elementi della classe superiore impedendone il contatto diretto, coll'effetto di diminuire la compattezza finale.

Resta però sempre valido e sperimentalmente controllabile (2) il concetto che all'ottenimento delle più alte compattezze giovi operare col maggior numero possibile di classi presentanti tra di loro dei rapporti $D_i : D_{i+1}$ abbastanza grandi perchè l'effetto di parete esistente fra due classi consecutive diventi trascurabile.

Ciò significa che deve essere il più grande possibile il rapporto $D_i : D_n$ tra la dimensione media, D_1 della classe a più grossi elementi e la dimensione media D_n della classe a elementi più piccoli. In pratica a limitare il valore di questo rapporto interviene da un lato la necessità che la dimensione D_1 sia ancora abbastanza piccola da rendere trascurabile l'effetto di parete esercitato sulla classe I dalle superfici rigide delimitanti il volume del getto (casseri), dall'altro lato la considerazione che a costituire la composizione granulometrica interviene pure l'elemento cementante. Ora la polvere di cemento possiede una sua propria composizione granulometrica che può essere considerata come continua, e le cui caratteristiche dipendono essenzialmente dal procedimento di macinazione impiegato.

numero di curve di livello, colleganti tutti i punti di egual quota. (Vedi fig. 6).

Nel triangolo I di fig. 6 sono rappresentati i risultati di un numero considerevole di esperienze destinate a studiare l'influenza della composizione granulometrica di una sabbia sulla sua compattezza. Le cifre segnate lungo le curve di livello rappresentano appunto i valori delle compattezze riscontrate. Si vede che la compattezza è approssimativamente eguale per ciascuno dei tre costituenti G, M, F presi separatamente ($C_{min} \approx 0,50$) e che la compattezza massima ($C_{max} = 0,638$) è raggiunta per una miscela di circa il 60% di G, e il 40% di F, con totale esclusione dei granuli M di dimensioni intermedie.

La stessa rappresentazione è stata utilizzata dal Feret nello studio delle proprietà delle malte di cemento in funzione della loro composizione granulometrica. In questo caso la miscela viene rappresentata come se i granuli di cemento facessero parte integrante delle porzioni di sabbia a elementi più fini F. Nel triangolo II sono rappresentati ed espressi in Kg. i pesi di 1 m³ di malta fresca, dosata a 250 Kg./m³ di cemento.

Le quantità d'acqua d'impasto relative alle diverse composizioni risultano dal triangolo IV e sono espresse in m³ di acqua necessaria per l'impasto di una quantità di malta corrispondente a 1 m³ di sabbia.

Anche dal triangolo II risulta che la composizione granulometrica della malta a più alta compattezza esclude i granuli medi M.

Infine il triangolo III fornisce i valori, espressi in Kg./cm², delle resistenze alla compressione della malta sopraddetta dopo una conservazione di 1 anno in acqua. Appare evidente la correlazione esistente tra resistenze meccaniche e compattezze.

(2) Ricordiamo a questo proposito che precursore delle granulometrie discontinue è stato il Feret, il quale già molti anni prima, sperimentando su di un gran numero di sabbie (diametro massimo ≤ 5 mm.) naturali e artificiali aveva constatato che le massime compattezze si ottenevano eliminando i componenti di dimensioni intermedie.

Uniformandosi alle norme stabilite al riguardo dalle « Commission des méthodes d'essai » egli distinse i grani delle sabbie in tre categorie: grani grossi (G) di diametro compreso tra i 2 e i 5 mm.; grani medi (M), di diametro compreso tra i 0,5 e i 2 mm.; grani fini (F) di diametro inferiore ai 0,5 mm. Ad esprimere le proprietà di una miscela in funzione della percentuale (g) di grani grossi, della percentuale (m) di grani medi, e della percentuale (f) di grani fini che la compongono egli si valse della rappresentazione grafica, oggi nota sotto il nome di triangolo del Feret (fig. 5). I vertici del triangolo equilatero G M F stanno a rappresentare i tre componenti puri: sabbia grossa, sabbia media e sabbia fine. Una sabbia di composizione granulometrica qualsiasi: g, m, f ($g + m + f = 1$) sarà rappresentata da un punto P tale che i rapporti tra le distanze del punto P dai lati MG, GF, FM del triangolo e la sua altezza h siano rispettivamente eguali alle percentuali f, m, g di sabbia.

È chiaro che ad ogni composizione granulometrica corrisponderà uno ed un solo punto del triangolo e viceversa.

Quando si abbia a studiare una proprietà qualsiasi della miscela in funzione della sua composizione si potrà attribuire a ciascun punto del triangolo una certa quota indicante la grandezza di detta proprietà; la superficie individuata da queste quote potrà essere rappresentata convenientemente a mezzo di un certo

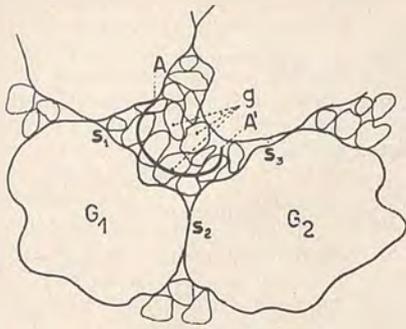


Fig. 4

Allo stadio attuale (3) possiamo dunque considerare la granulometria dei cementi come un dato del problema, se vorremo allora che la polvere di cemento non si trovi soggetta ad un sensibile effetto di parete da parte della classe di inerti a elementi inferiori bisognerà che detti inerti presentino delle dimensioni medie considerevolmente superiori alle dimensioni massime dei granuli della polvere di cemento stessa.

Questa netta discontinuità introdotta fra cemento ed inerte caratterizza, a prescindere dalla composizione granulometrica dell'inerte stesso, un tipo di calcestruzzo che viene definito dalla scuola francese col nome di calcestruzzo «ad ossatura» per distinguerlo dai calcestruzzi di composizione classica nei quali il cemento entra a far parte integrante di una granulometria continua.

A parte queste considerazioni di carattere stereometrico i vantaggi offerti da tali calcestruzzi ad ossatura sui calcestruzzi a granulometria continua appaiono evidenti se si tien conto che la quantità d'acqua necessaria per bagnare un certo volume d'inerte è in prima approssimazione proporzionale alla superficie dei granuli dell'inerte stesso e quindi inversamente proporzionale alle dimensioni medie dei granuli.

Ora è noto che la resistenza meccanica di un calcestruzzo cresce col crescere del rapporto $\frac{C}{A}$ (dove C = peso del cemento; A = peso dell'acqua); di qui il vantaggio ad eliminare gli elementi inerti più fini.

Per ottenere dei getti omogenei e compatti è necessario che il calcestruzzo presenti una conveniente lavorabilità (Workability) relativamente al tipo del getto stesso ed ai mezzi di costipamento. È noto come la lavorabilità di un calcestruzzo dipenda in modo essenziale dalla quantità di acqua d'impasto e tutti coloro che hanno qualche pratica di cantiere hanno notato come, procedendo a bagnare un impasto si arrivi a un punto in cui bastano delle aggiunte d'acqua di qualche litro al mc. per passare da una consistenza di terra umida a una consistenza molle e quindi per avere dei notevoli miglioramenti di lavorabilità. Questa

osservazione permette di concludere che allo scopo di ottenere le più alte resistenze meccaniche non conviene tanto ridurre l'acqua d'impasto, assoggettandosi a delle lavorabilità meno buone, quanto invece ridurla adottando delle buone composizioni granulometriche (eliminazione degli eccessi di fine); allora la riduzione di acqua d'impasto può salire, a pari lavorabilità, a parecchie decine di litri al mc.

Queste, molto brevemente, le considerazioni di carattere generale che militano a favore delle granulometrie discontinue; ad esse se ne aggiungono altre di carattere essenzialmente pratico. Prima fra tutte quella che per ottenere un prodotto costante conviene che il calcestruzzo sia composto da un numero limitato di classi di inerti, le quali a loro volta non siano soggette a presentare delle variazioni sensibili nelle dimensioni dei loro grani.

Norme pratiche per la realizzazione delle granulometrie discontinue.

Attraverso importanti ricerche sperimentali eseguite nei laboratori della Société Nationale des Chemins de Fer e nei Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, e attraverso l'ormai lunga pratica di cantiere l'ing. Vallette, direttore della divisione delle opere d'arte della S.N.C.F. è giunto a stabilire delle norme pratiche che a mezzo di procedimenti assai semplici e persuasivi permettono la determinazione della migliore granulometria nelle situazioni più disparate.

Innanzitutto l'esperienza ha mostrato come convenga mantenere il rapporto $D_i : D_{i+1}$ tra le dimensioni medie di una classe i e quelle della classe immediatamente successiva $i+1$ a dei valori dell'ordine di $\frac{1}{5} \div \frac{1}{7}$, e come nell'ambito

di una stessa classe i il rapporto $D_{i,max} : D_{i,min}$ non debba essere superiore a 2.

Si è visto come per diminuire al massimo la quantità d'acqua d'impasto sia necessario adoperare la minor quantità possibile di inerti a piccole dimensioni. Per questo le categorie a dimensioni inferiori non dovranno servire che a riempire i vuoti lasciati dalla pasta pura di cemento, introdotta, in quantità corrispondente al dosaggio prescritto, nelle categorie a dimensioni maggiori. Questa aggiunta di materiali fini dovrà essere tale che all'atto del costipamento una leggera quantità di pasta di cemento risudi alla superficie dei getti.

La successione delle misure e delle operazioni da eseguire è la seguente: si determina innanzi tutto la composizione della malta piena a dosaggio minimo di cemento, poi la composizione del calcestruzzo pieno a dosaggio minimo, in seguito; attraverso opportune formule di

sostituzione, si giunge a determinare la composizione granulometrica definitiva corrispondente al dosaggio prefissato.

Per questo si misurano innanzitutto i vuoti della categoria ad elementi più fini, allo stato asciutto ed allo stato bagnato; per brevità di espressione ci sia concesso di indicare d'ora innanzi detti vuoti rispettivamente colle espressioni di «vuoti asciutti» e «vuoti bagnati». Si riempia un determinato volume di un recipiente col materiale in questione e si misuri il volume d'acqua A_1 necessario per riempirne totalmente i vuoti (A_1 = volume dei vuoti asciutti); quindi si lasci scolare il materiale per circa un'ora raccogliendo e misurando il volume d'acqua scolata A_2 (A_2 = volume dei vuoti bagnati); la differenza $A_1 - A_2 = A_b$ darà il volume d'acqua necessario per bagnare il materiale. Questa quantità d'acqua è data pure con approssimazione discreta, in funzione delle dimensioni massime e minime del materiale D_{max}, D_{min} , dalla seguente formula proposta da Bolomey:

$$A_b = \frac{130}{\sqrt[3]{D_{max} \cdot D_{min}}}$$

Si tratta a questo punto di riempire i vuoti bagnati A_2 con un egual volume di pasta pura, eventualmente con un leggero eccesso onde ottenere il rifluimento in superficie della pasta di cemento all'atto della messa in opera. Per passare alla determinazione delle quantità di acqua e di cemento basterà tener presente che per ottenere la pasta pura normale occorrono circa 0,23 litri d'acqua per 1 Kg. di cemento e che il volume di detta miscela di acqua e cemento si riduce, a impasto avvenuto, a 0,56 litri.

Poniamo il caso che si debba procedere alla composizione di un calcestruzzo binario, composto cioè da due sole classi di inerti, per es., da una sabbia S_2 e da una ghiaia G_1 . Basterà ripetere per la ghiaia le stesse operazioni già eseguite per la sabbia (determinazione dell'acqua A_b e dei vuoti bagnati A_2).

È bene tener presente che il recipiente da utilizzarsi in quest'ultima operazione deve avere un raggio medio il più possibile vicino al raggio medio minimo del getto da eseguire. Si tratterà allora di mescolare alla ghiaia un volume di malta eguale al volume dei vuoti bagnati A_2 della ghiaia. Converterà di solito maggiorare alquanto detto volume di malta per ottenere il rifluimento in superficie della malta stessa sotto l'azione del costipamento. Conoscendo le quantità di malta e di ghiaia utilizzate è immediato risalire al dosaggio minimo di cemento (C_{min}) necessario all'ottenimento di un calcestruzzo pieno.

Nel caso poi che il calcestruzzo binario debba presentare un dosaggio qualsiasi $C > C_{min}$, per ottenere il calcestruzzo a più alta resistenza basterà togliere un

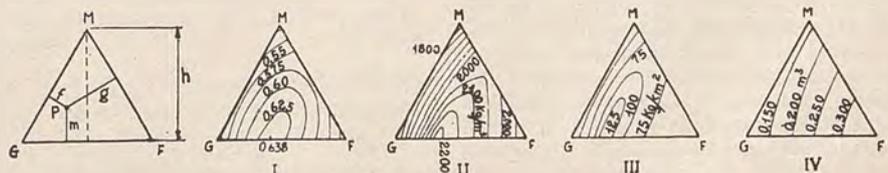


Fig. 5

Fig. 6

(3) Non è da escludersi che in un prossimo futuro la ricerca delle migliori composizioni granulometriche si estenda anche al campo dei cementi; una simile tendenza ci pare già ora di scorgere in alcuni processi di fabbricazione perfezionati in questi ultimi anni in Svizzera dagli ingegneri Walter e Stucky.

volume apparente di sabbia S_2 dato dalle formule seguenti:

$$c_{S_2,b} S_2 = 0,56 (C - C_{min}) \quad [2]$$

$$S_2 = \frac{0,56}{c_{S_2,b}} (C - C_{min})$$

dove $c_{S_2,b}$ è la compattezza della sabbia S_2 bagnata. Tali calcestruzzi binari esigono dei dosaggi di cemento relativamente elevati, dell'ordine di $300 \div 150$ Kg. al mc.; per dei dosaggi inferiori occorrerà sostituire una parte della pasta di cemento con una sabbia ternaria S_3 , potranno allora essere sufficienti all'ottenimento di un calcestruzzo pieno dei dosaggi dell'ordine di $100 \div 50$ Kg. al mc. In tale caso se $c_{S_3,b}$ è la compattezza della sabbia ternaria S_3 , bagnata, e $C < C_{min}$ è il dosaggio che si vuole utilizzare il volume di sabbia ternaria S_3 , che occorrerà aggiungere per ogni unità di volume di calcestruzzo, sarà data evidentemente dalle formule:

$$c_{S_3,b} S_3 = 0,56 (C_{min} - C)$$

$$S_3 = \frac{0,56}{c_{S_3,b}} (C_{min} - C) \quad [3]$$

Il procedimento esposto più sopra per la determinazione dei vuoti bagnati degli inerti dà degli ottimi risultati del caso delle ghiaie e del pietrisco ma porta a delle conclusioni assai meno attendibili nel caso delle sabbie, di quelle fini in specie. Infatti al disotto di una certa dimensione media delle particelle (4 mm. circa) la quantità d'acqua trattenuta per capillarità dagli inerti non è più trascurabile e il volume di acqua scolata, anche in un tempo assai lungo, può risultare notevolmente inferiore ai volumi dei vuoti che resterebbero dopo che ogni particella dell'inerte venisse ad essere ricoperta da un velo d'acqua sufficiente per dargli l'aspetto e le proprietà di una sabbia bagnata. Per questi tipi di inerti si può allora adottare la soluzione seguente. Si dispone su un piano levigato e di materiale non assorbente (vetro, metallo) un volume noto (qualche litro) di inerte e su di esso si versa da una burretta graduata dell'acqua a piccole quantità rimescolando continuamente il materiale. Ad un occhio un po' esercitato non è difficile apprezzare con discreta precisione il punto in cui tutte le particelle risultano rivestite da un velo fluido. Si interrompe allora l'operazione. Se A_b' è il volume dell'acqua versata, il volume A_1' dei vuoti bagnati sarà dato dalla differenza:

$$A_1 - A_b' = A_2'$$

dove con A_1 si è indicato, come al solito, il volume dei vuoti asciutti.

Questa è forse l'operazione più delicata del procedimento Vallette e per essa occorre valersi di personale particolarmente esercitato ed attento.

Quando poi non si dispone che di sabbie naturali con alte percentuali di particelle fini, per le quali sono dunque necessarie delle quantità notevoli di acqua d'impasto, una volta determinata la composizione della malta a dosaggio minimo di cemento, si può procedere per tentativi alla determinazione delle proporzioni di malta e di ghiaia, me-

scolando direttamente alla malta la ghiaia in piccole dosi senza che occorra procedere alla determinazione dei vuoti della ghiaia stessa. In questo caso infatti il riempimento della ghiaia si ottiene molto facilmente e si ha modo di tenere effettivamente conto della influenza dei diversi metodi utilizzati nella esecuzione del getto e nel costipamento del calcestruzzo (calcestruzzi colati, costipati a mano, vibrati, ecc.).

Il lettore troverà nelle pag. seguenti una descrizione dettagliata di questo metodo.

A titolo di esempio esporremo qui di seguito il processo completo di una determinazione di composizione granulometrica di un calcestruzzo binario realizzato con una sabbia ed una ghiaia naturali qualsiasi.

SABBIA:

Densità apparente. — Si misurano 3 litri di sabbia secca.

Peso netto: 4,62 Kg. — *Densità app.:*
 $4,62/3 = 1,54$ Kg./dm³.

Vuoti della sabbia secca:

Si versa dell'acqua sino a imbibizione completa. Occorrono litri 1,205 di acqua. Quindi: porosità = $1,205/3 = 0,353$. Compattezza della sabbia asciutta = $c_{S_a} = 1 - 0,353 = 0,647$.

Acqua di bagnatura. — Vuoti della sabbia bagnata.

Si misurano altri 3 litri di sabbia, la si stende su di una lastra di vetro e vi si versa dell'acqua a piccole quantità sino a bagnatura completa. Per questa operazione occorrono 0,777 litri cioè $0,777/3 = 0,259$ litri d'acqua per litro di sabbia secca;

dunque: porosità sabbia secca 0,353
 acqua di bagnatura — 0,259

Vuoti bagnati 0,094

Compattezza della sabbia bagnata = $c_{S_b} = 1 - 0,094 = 0,906$.

Malta a dosaggio minimo.

I vuoti bagnati rappresentano il volume di pasta pura di cemento che occorre introdurre nella sabbia per ottenere una malta piena a dosaggio minimo. Si è visto come da 1 Kg. di cemento Portland, mescolato con 0,23 litri d'acqua, risultino litri 0,56 di pasta, si ha dunque:

Vuoti bagnati in litri = peso di cemento occorrente in Kg.

Nel nostro caso $0,094/0,56 = 0,168$ Kg. di cemento per ogni litro di sabbia.

Per 3 litri occorreranno dunque $0,168 \times 3 = 0,504$ Kg. di cemento e $0,504 \times 0,23 = 0,116$ litri d'acqua.

Riassumendo, la composizione della malta sarà:

Sabbia secca	3	litri
Cemento	0,504	Kg.
Acqua della sabbia	0,777	litri
Acqua del cemento	0,116	litri
Acqua totale	0,893	litri

GHIAIA.

Densità apparente:

Si misurano 6 litri di ghiaia secca:
 Peso netto: 8,58 Kg. — *Densità app.:*
 $8,58/6 = 1,43$.

Vuoti della ghiaia secca:

Si versa dell'acqua sino a sommersione totale della ghiaia. Occorrono litri 2,54 quindi: porosità = $2,54/6 = 0,423$.

Acqua di bagnatura, vuoti della ghiaia bagnata.

Si lascia scolare la ghiaia per una mezz'ora e la si pesa nuovamente:
 Il nuovo peso risulta di 8,758 Kg.

Peso ghiaia bagnata	8,748
» » secca	— 8,580

Acqua di bagnatura 0,168 Kg.

Cioè $0,168/6 = 0,028$ litri di acqua per ogni litro di ghiaia secca.

La porosità della ghiaia bagnata sarà allora data dalla differenza:

Porosità ghiaia secca	0,423
acqua di bagnatura	— 0,028

porosità ghiaia bagnata 0,395

Non si tratta ora più che di riempire questi vuoti della ghiaia bagnata con un uguale volume di malta, eventualmente più o meno maggiorato a seconda dei mezzi di costipamento che si dispongono in cantiere. Si perviene così immediatamente alla composizione granulometrica completa del calcestruzzo pieno a dosaggio minimo.

Trovandoci però in questo caso specifico in presenza di una sabbia con notevole eccesso di particelle fini possiamo risparmiarci le determinazioni relative alla ghiaia e procedere senz'altro per tentativi alla determinazione della migliore proporzione sabbia-ghiaia. Si tratta di introdurre nella malta a dosaggio minimo già preparata (3 litri) la ghiaia bagnata a piccole quantità successive e con queste miscele eseguire i getti in un cubo di raggio medio equiparabile al raggio medio degli elementi da costruire, procurando altresì che nell'esecuzione dei getti si segua il più fedelmente possibile quelle che saranno le modalità di esecuzione realmente seguite in cantiere. Si ripete questa operazione di aggiunta di piccole quantità di ghiaia e successiva esecuzione del getto sino ad ottenere il calcestruzzo pieno a percentuale di ghiaia massima. Due o tre tentativi bastano normalmente a questa determinazione. Quando le malte adoperate sono del tipo di quella in questione la ghiaia si disloca molto facilmente in seno alla malta stessa e quest'ultima, avendo un peso specifico più basso, sotto l'azione della pestellatura o della vibrazione tende a rifluire verso l'alto della forma. La quantità di ghiaia ricercata sarà quella per cui la

malta, rifluendo, giungerà ancora a sommergere giusto giusto tutte le particelle di ghiaia.

Nel caso nostro (getto vibrato energeticamente ed accuratamente) la quantità di ghiaia occorrente è risultata di Kg. 10,51 corrispondenti a litri $10,51/1,43 = 7,33$.

Il volume del getto è risultato di litri 7,45

Si ha dunque per metro cubo di calcestruzzo:

$$\begin{aligned} \text{Ghiaia} & \frac{7,33 \times 1000}{7,45} = 984 \text{ litri} \\ \text{Sabbia} & \frac{3,00 \times 1000}{7,45} = 403 \text{ litri} \\ \text{Acqua} & \\ (0,893 + 0,028 \times 7,33) & \frac{1000}{7,45} = 147,6 \text{ litri} \\ \text{Cemento} & \frac{0,504 \times 1000}{7,45} = 67,6 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

Il dosaggio di cemento così determinato è il dosaggio minimo ($C_{min} = 67,6 \text{ Kg./m}^3$) necessario all'ottenimento di un calcestruzzo pieno nel caso che il getto venga eseguito a mezzo di vibrazione energica ed accurata. Volendo ora passare alla composizione granulometrica relativa a un calcestruzzo di dosaggio C qualsiasi ($C > C_{min}$), p. es. $C = 300 \text{ Kg./m}^3$, per ottenere la massima resistenza meccanica non si avrà che a sostituire il maggior volume di pasta pura di cemento a un egual volume di sabbia bagnata, e variare corrispondentemente la quantità di acqua di impasto.

Il volume apparente di sabbia da toglier sarà dunque:

$$\begin{aligned} S' & = \frac{0,56 \cdot (C - C_{min})}{c_{Sb}} = \\ & = \frac{0,56 \cdot (300 - 67,6)}{0,906} = 144 \text{ litri/m}^3. \end{aligned}$$

dove c_{Sb} è la compattezza della sabbia bagnata.

Il volume di sabbia restante S sarà dunque:

$$S = S_1 - S' = 403 - 144 = 259 \text{ litri/m}^3.$$

Mentre il volume A' di acqua da aggiungere sarà:

$$\begin{aligned} A' & = (C - C_{min}) \cdot 0,23 - S' \cdot 0,259 = \\ & = 232,4 \cdot 0,23 - 144 \cdot 0,259 = \\ & = 16,3 \text{ litri/m}^3. \end{aligned}$$

Il volume totale di acqua sarà dunque: $147,6 + 16,3 = 163,9 \text{ litri/m}^3$.

La composizione granulometrica definitiva per un dosaggio di 300 Kg./m^3 sarà allora la seguente:

Ghiaia	984	litri
Sabbia	259	»
Acqua	163,9	»
Cemento	300	Kg.

Le operazioni e i calcoli esposti permettono dunque di ottenere con l'inerte di cui si dispone il migliore calcestruzzo di un dato dosaggio, destinato a un lavoro di date caratteristiche.

Relazioni tra dosaggio di cemento, acqua d'impasto e resistenze meccaniche.

Sovente può avere interesse la ricerca del dosaggio da adottare per ottenere una data resistenza. In altri casi ancora può essere interessante valutare i risparmi di cemento che possono seguire ad una opportuna modificazione della composizione granulometrica degli inerti onde poter stabilir se esiste o meno la convenienza economica di procedere ad operazioni di vagliatura.

Nei casi normali (buone compattezze iniziali del calcestruzzo, vuoti trascurabili) la formula che conviene adottare nella previsione delle resistenze è la formula di Bolomey:

$$R = K \cdot \left(\frac{C}{A} - K_1 \right)$$

dove R = resistenza cubica alla compressione in Kg./cm^2 , C = peso del cemento. A = peso dell'acqua. K = costante sperimentale ottenibile determinando la R per un tipo di calcestruzzo di dosaggio C qualsiasi: $K = \frac{R A}{C - K_1 A}$.

K_1 = altra costante sperimentale; con buona approssimazione si può assumere per calcestruzzi usuali $K_1 = 0,50$.

La resistenza R' per un calcestruzzo di dosaggio C' sarà data, chiamando A_{Sb} l'acqua di bagnatura della sabbia, dalla formula:

$$R' = K \left[\frac{C'}{A + C' - C} \left(0,23 - \frac{0,56}{c_{Sb}} A_{Sb} \right) - 0,50 \right]$$

Questa formula deriva sempre dall'ipotesi che la pasta di cemento aggiunta venga a sostituirsi alla sabbia bagnata, pieno per pieno.

Reciprocamente il dosaggio C' cui corrisponde la resistenza R' risulterà dalla formula seguente:

$$C' - C = \frac{A (R' - R)}{K - \left(0,23 - \frac{0,56}{c_{Sb}} A_{Sb} \right) (0,5 K + R')}$$

In questa formula come al solito R è la resistenza ed A il volume d'acqua d'impasto totale relativi al dosaggio C.

Quando qualità e quantità del cemento adoperato restano costanti e si passi invece da una composizione granulometrica I (richiedente una quantità globale di acqua d'impasto A_I) ad un'altra composizione II (richiedente la quantità globale d'acqua d'impasto A_{II}) si otterrà immediatamente la relazione tra la resistenza R_I del primo e la resistenza R_{II} del secondo tipo di calcestruzzo scrivendo:

$$R_I / R_{II} = (C/A_I - 0,50) : (C/A_{II} - 0,50).$$

Queste poche e semplici formule mettono l'ingegnere in grado di risolvere i problemi che si presentano usualmente nella progettazione di un calcestruzzo.

Spero, con quanto siamo venuti dicendo, di avere fornito un quadro sufficientemente completo ed esatto della fisionomia e delle possibilità veramente apprezzabili offerte dal metodo Vallette.

Come si è accennato all'inizio, il metodo Vallette ed il metodo Faury forniscono attualmente le composizioni granulometriche generalmente adottate nei cantieri di costruzione francesi.

Nella infinita variabilità di casi e di situazioni credo impossibile dire in modo generale quale dei due metodi sia il più vantaggiosamente adottabile.

A parità di dosaggio di cemento il metodo Vallette porta generalmente a calcestruzzi a più alta resistenza meccanica, ma meno maneggevoli e più difficilmente lavorabili di quelli ottenuti seguendo il metodo Faury. Non è quindi detto che a parità di dosaggio di cemento e a parità di messa in opera i risultati ottenibili con calcestruzzi a granulometria Vallette siano sempre superiori a quelli ottenibili con calcestruzzi a granulometria Faury. Inoltre il metodo Vallette, a prescindere da qualsiasi operazione di vagliatura, sa porre riparo in modo tangibile e facilmente valutabile, a deficienze anche gravi di qualità granulometriche degli inerti a disposizione, traendo il miglior partito da materiali scadenti.

D'altra parte è evidente che un eventuale scarto, sempre possibile e da prevedersi in cantiere, da quella che è la composizione granulometrica prefissata, può portare nel caso di granulometrie Vallette, che agiscono al limite del pieno, a delle conseguenze assai più gravi di quelle che comporterebbe nel caso di granulometrie Faury. Tali scarti sono per altro più facilmente evitabili quando si tratti di granulometrie Vallette.

In linea di massima potremo dunque affermare che il metodo Vallette è particolarmente consigliabile per dei cantieri bene attrezzati sia per quanto concerne la fabbricazione sia per quanto concerne il trasporto e la messa in opera del calcestruzzo, ed in particolar modo per quei cantieri in cui si ha la possibilità di vibrare il calcestruzzo in modo veramente efficace. La granulometria Faury converrà invece dove una buona lavorabilità del calcestruzzo e la sua resistenza alla segregazione sono un elemento essenziale per la riuscita del lavoro.

Dal punto di vista della progettazione è da notarsi che per il metodo Faury, una volta nota la granulometria degli inerti, non si ha che a mettersi al tavolino e procedere analiticamente secondo le regole prefissate alla determinazione delle percentuali dei singoli costituenti.

Per il metodo Vallette sono necessari invece un lavoro di manipolazione dei materiali e nello stesso tempo un'opera di valutazione abbastanza delicata. Difficilmente queste due operazioni potranno essere compiute dallo stesso individuo. Comunque non credo che si debba dare grande peso alla più o meno grande facilità di progettazione quando si pensi che il risparmio di anche solo un 5% ÷ 10% di cemento può portare in lavori di una certa mole a delle economie complessive ampiamente remuneratrici.

Giovanni Tournon

Sulla granulometria in relazione alla permeabilità dei calcestruzzi

Quando si tratta di conseguire la impermeabilità di murature in calcestruzzo armato o non armato (serbatoi, tetti piani, murature in sotterraneo, ecc.) si tende in generale a raggiungere lo scopo unicamente mediante la applicazione di intonaci o rivestimenti speciali di solito molto costosi (sia perchè richiedono l'impiego di particolari prodotti, sia perchè condizione della loro buona riuscita è un'ottima esecuzione quale può ottenersi solo da mano d'opera altamente specializzata) e sulla cui efficienza in progresso di tempo non sempre si posseggono sicure garanzie.

Sono invece di solito trascurati quei particolari accorgimenti nella preparazione e nella posa in opera del calcestruzzo che molte volte da soli o col sussidio di un comune intonaco ben eseguito possono portare agli stessi risultati e in ogni caso migliorano la riuscita dell'opera.

Mi è parso perciò di una certa utilità raccogliere qualche notizia su tali accorgimenti e sui loro fondamenti sperimentali in forma aderente alla pratica di cantiere.

1) Si riassumono qui di seguito i risultati delle ricerche (dovute principalmente a Graf e Walz) (1), dirette a definire i requisiti delle malte e dei calcestruzzi impermeabili. Si impiegheranno le notazioni seguenti:

P_s peso complessivo di una determinata quantità di sabbia, considerando come tale l'insieme dei materiali inerti di grossezza maggiore di zero e minore di sette mm.

$P_{0,2}$, P_1 , P_3 pesi delle quantità di sabbia che rimangono sui vagli a fori circolari di diametro rispettivamente 0,2 - 1 - 3 mm. quando si vaglia il peso P_s cominciando dal vaglio a fori di 3 mm. e passando successivamente a quelli di 1 e 0,2 mm.

c/s rapporto, in peso del cemento alla sabbia nella malta.

s_s peso specifico assoluto della sabbia ($Kg./dm^3$)

a_s peso specifico apparente della sabbia ($Kg./dm^3$)

$v_v = \frac{s_s - a_s}{s_s}$ volume dei vuoti in un dm^3 di sabbia espresso in dm^3 .

2) Dalle ricerche dei sopracitati autori risulta che prima condizione per ottenere un calcestruzzo per quanto è possibile impermeabile, è che la sabbia (intendendo come tale l'insieme dei materiali inerti di dimensioni > 0 e < 7 m/m.) abbia una composizione granulometrica rispondente alla seguente tabella 1.

TABELLA 1

diámetro fori vagli m/m.	Percentuale in peso materiale passato
7	100
3	da 56 a 72
1	» 20 a 40
0,2	» 2 a 15

A sua volta l'insieme dei materiali inerti (sabbia 0 ÷ 7 m/m. e ghiaia 7 ÷ 30 m/m.) deve avere una composizione granulometrica la più prossima possibile ai dati della seguente tabella 2.

TABELLA 2

Diametro fori vagli m/m.	Percentuale in peso mater. pass.	
	Secondo Graf	Secondo Fuller
30	100	100
15	da 63 a 75	71
7	da 46 a 56	48
3	da 25 a 40	32
1	da 10 a 22	18

Nella terza colonna della tabella 2 si sono portate le percentuali passanti se-

condo Fuller, che risultano sempre comprese fra quelle estreme indicate nella colonna seconda. Osserviamo che in pratica è opportuno fare riferimento ai risultati del Fuller, in quanto detti risultati si possono facilmente estendere allo studio di miscele con qualsiasi dimensione massima, mentre Graf e Walz hanno considerato solo dimensione massima di 30 m/m. quale si adotta comunemente per strutture di calcestruzzo armato. Per ogni valore del diametro dei fori la percentuale in peso che deve pas-

sare è secondo Fuller data da $100 \sqrt{\frac{d}{D}}$,

ove d è il diametro dei fori considerato, D è la dimensione massima ammessa per la ghiaia. I valori della colonna 3^a della tabella sono stati ricavati da questa formula facendovi $D = 30$.

Nella figura 1 e 2 si sono tracciate le curve granulometriche della sabbia e dell'insieme dei materiali inerti; dette curve danno una rappresentazione grafica molto espressiva delle tabelle 1 e 2. Le curve limiti delle figure 1 e 2 differiscono di pochissimo da quelle riportate nelle « Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato — R. D. 16 novembre 1939, n. 2229 ». (Le linee tratteggiate nelle figure 1 e 2 si riferiscono a considerazioni che saranno fatte più avanti). I valori di Graf danno luogo a due curve limiti che racchiudono il campo entro il quale deve essere contenuta la curva granulometrica per rispondere ai buoni requisiti.

Nella figura 2 è stata tracciata anche la curva Fuller $p = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$.

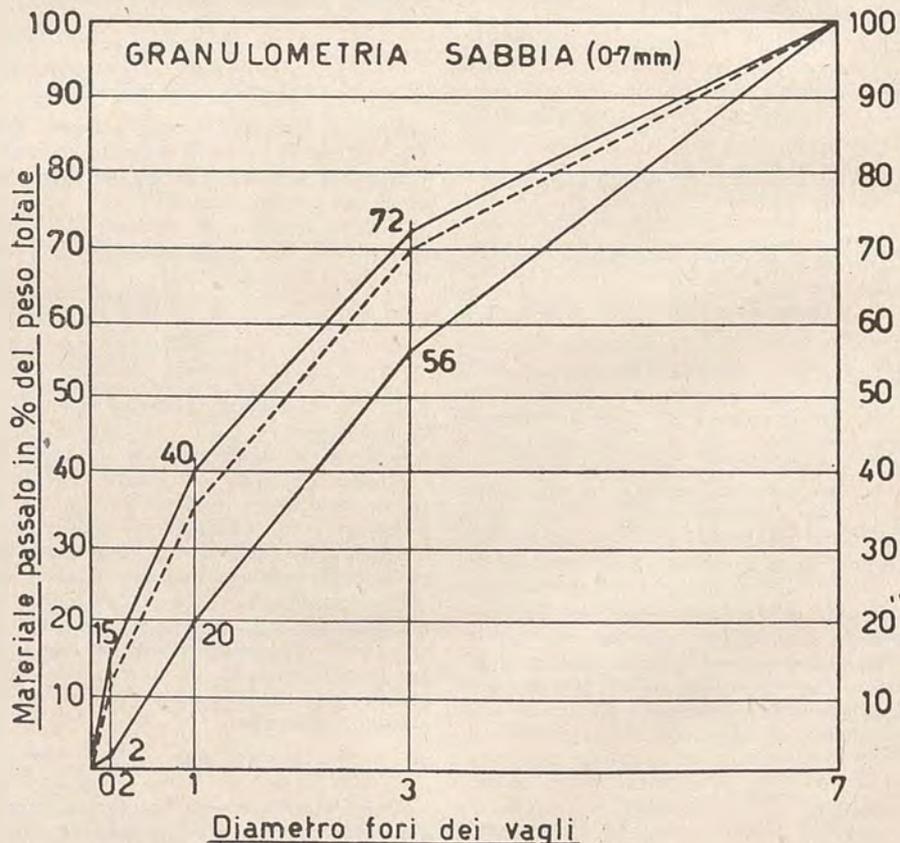


Fig. 1

(1) GRAF — Versuche über die Wasserdurchlässigkeit von Zementmörtel und Beton und Versuche mit gespritzten Mörtel — Berlin 1931 W. Ernst e Sohn. WALZ — Die heutigen Erkenntnisse über die Wasserdurchlässigkeit des Mörtels und Betons — Berlin 1931 — W. Ernst e Sohn.

Notiamo che è bene che le operazioni di vagliatura siano eseguite in pratica su un quantitativo di 5-6 Kg. di materiale essiccato fino a peso costante o almeno prossimo a tale condizione.

Le granulometrie di cui si è parlato sono del tipo continuo. Recentemente sono state proposte le granulometrie «discontinue» che hanno incontrato, specie in Francia, notevole favore da parte di studiosi dell'argomento.

Non mi risulta che esistano esaurienti indicazioni sperimentali di confronto tra i calcestruzzi ad ossatura discontinua e quelli ad ossatura continua dal particolare punto di vista dell'impermeabilità.

Trattasi comunque di un indirizzo relativamente nuovo che allo stato attuale delle cose non ritengo possa influire sulle conclusioni sopra riportate. Qualche autorevole specialista mentre riconosce alle granulometrie discontinue il vantaggio di un modesto miglioramento della resistenza meccanica, considera che tale vantaggio sia in pratica annullato dalla migliore «lavorabilità» dei calcestruzzi a granulometria continua (2).

3) L'impermeabilità di una malta dipende dal prodotto di due grandezze che vengono definite come segue:

Coefficiente granulometrico — (Körnungsziffer) della sabbia:

$$g = \frac{p_{0,2} + 2p_1 + 3p_3}{P_s} \quad (1)$$

Coefficiente di compattezza della malta (Mortelfüllungsgrad) è il rapporto fra il volume della cosiddetta «pietra di cemento» (cioè del solido che viene a formarsi in seguito all'unione dell'acqua e del cemento nel fenomeno della presa) ed il volume dei vuoti racchiusi nella sabbia.

$$C = \frac{\text{volume della «pietra di cemento»}}{\text{volume vuoti della sabbia}}$$

Ammettendo, secondo quanto è abituale, che ogni Kg. di cemento fissi in combinazione chimica 0,13 Kg. di acqua e che il peso specifico medio della pietra di cemento sia 2,31 Kg./dm³, si avrà:

$$C = \frac{\frac{c + 0,13c}{2,31}}{\frac{s}{a_s}} = \frac{1 + 0,13ca_s}{2,31} \cdot \frac{1}{s} \cdot v_s$$

e cioè:

$$C = \frac{0,49ca_s}{s} \quad (2)$$

Chiamiamo coefficiente d'impermeabilità della malta il prodotto $I = g \times C$ (3). Dalle ricerche di Graf e Walz risulta che è da considerare impermeabile una malta per la quale $I \geq 1$, permeabile una malta per la quale $I < 1$.

4) Graf ha eseguito delle convincenti prove sperimentali dalle quali si deduce fra l'altro che le sabbie la cui granulometria risponde ai requisiti richiesti per l'impermeabilità danno luogo a malte di resistenza meccanica più elevata di quelle che si possono ottenere con sabbie di granulometria scadente.

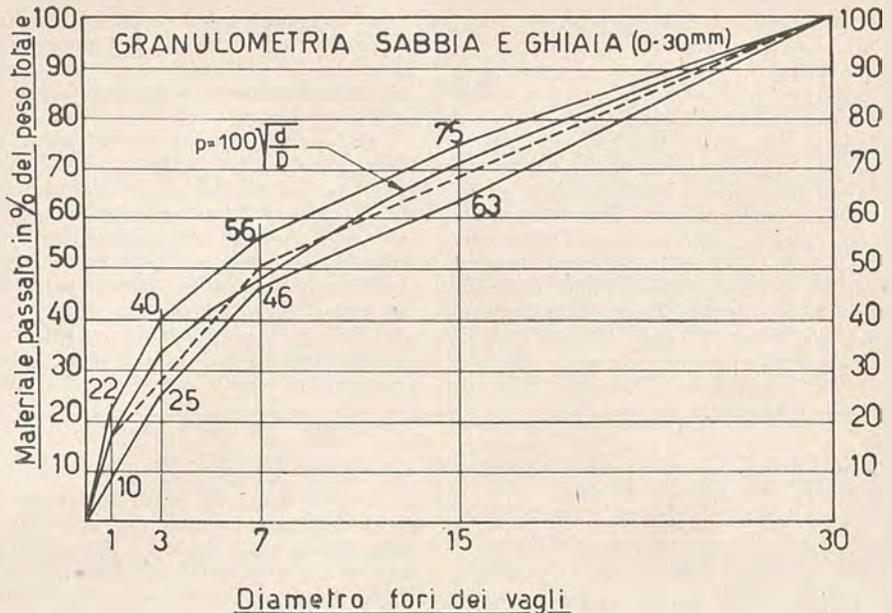


Fig. 2

Le accennate esperienze furono condotte su tre sabbie, che indicheremo rispettivamente con S1; S2; S3 la cui granulometria risulta dalla figura 3, nella quale si sono tracciate punteggiate le linee limiti già riportate nella figura 1.

Come si vede la sabbia S1 è la più prossima alla granulometria ideale, la S2 è da considerare ancora buona, mentre la S3 è decisamente scadente per la eccessiva finezza degli elementi.

I coefficienti granulometrici delle tre sabbie sono, nell'ordine 2,16 - 1,74 - 0,84. Senza riportare in dettaglio le numerose

prove eseguite ed i loro risultati accenneremo solo alle modalità delle prove stesse ed alle conclusioni cui si è pervenuti.

Per la prova di resistenza alla compressione si sono confezionati con malte delle tre sabbie e cemento in ragione di Kg. 350 per m³ di malta, dei cubetti di 7 cm. di spigolo. Si sono considerati i valori della resistenza a rottura R a ventotto giorni in Kg./cm².

Per la prova d'impermeabilità si confezionarono, sempre col dosaggio di 350 Kg. di cemento, delle piastre quadre

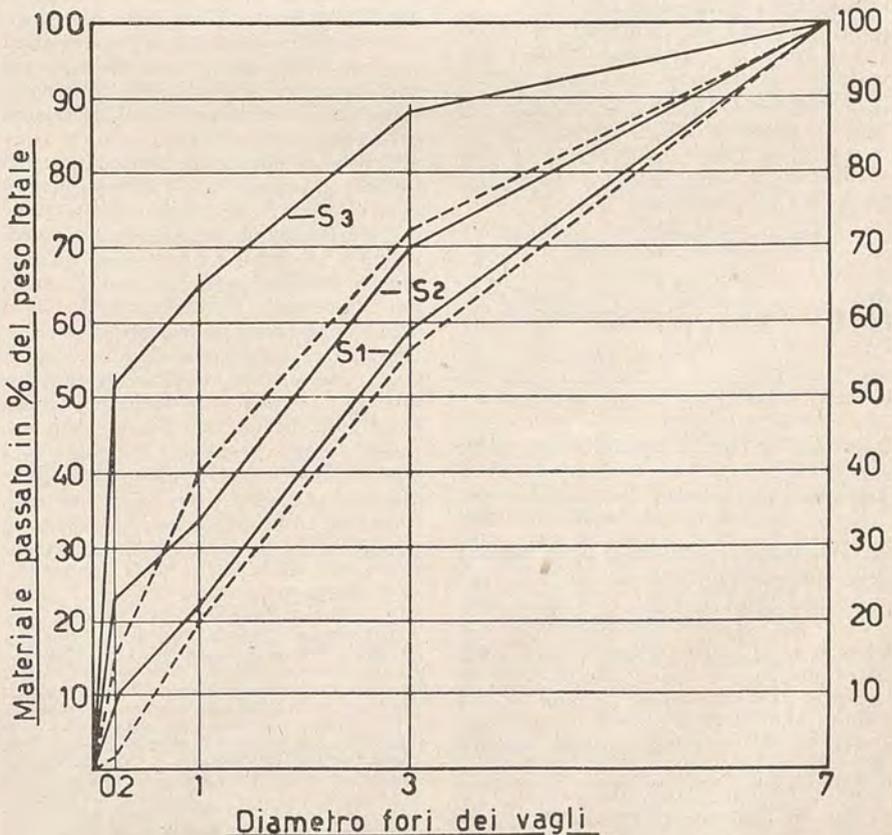


Fig. 3

(2) J. VILLEY. — La granulometrie rationnelle du béton. Le neo béton. — Le Genie Civil — 15 marzo 1946.

J. BOLOMEY. — Granulation continue ou discontinue du béton. — Bulletin technique de la Suisse Romande — 22 maggio 1948.

di 20 x 20 cm. e dello spessore di 4 cm., che dopo 28 giorni di stagionatura furono sottoposte per 24 ore alla pressione idrostatica di 7 atmosfere. Come indice di permeabilità si è considerato il peso P d'acqua filtrato attraverso le piastre per ora. Per la prova di assorbimento piastre identiche a quelle servite per la prova d'impermeabilità furono immerse (con le facce maggiori verticali) nell'acqua per l'altezza di 1 cm. e vi furono mantenute per 28 giorni. Come indice di assorbimento si è assunto il peso d'acqua assorbito in percento del peso della piastra.

I risultati sono riportati nella seguente tabella 3 assieme ai valori dei coefficienti d'impermeabilità I.

TABELLA 3.

	Malta sabbia S1 Cemento	Malta sabbia S2 Kg. 350	Malta sabbia S3 al mc.
Coeffic. I . . .	1,02	0,90	0,45
R Kg./cm ² . . .	230	220	120
P gr./ora . . .	—	1	17
A % del peso . . .	2,4	3	8,6

Tali risultati mettono in persuasiva evidenza la relazione tra il coefficiente di impermeabilità, la resistenza meccanica, la impermeabilità e l'assorbimento e giustificano la scelta del coefficiente di impermeabilità quale indice della bontà delle malte e dei calcestruzzi che da esse derivano.

5) Riassumendo i risultati precedenti e aggiungendovi ulteriori deduzioni derivate dai più autorevoli studi in materia, si indicano come segue le principali condizioni cui deve soddisfare un calcestruzzo per riuscire impermeabile:

a) premessa per l'impermeabilità del calcestruzzo è l'impermeabilità della malta che entra nella sua composizione.

b) il coefficiente d'impermeabilità della malta deve essere eguale o maggiore di 1. Si osservi a questo proposito che la (3) sostituendovi i valori di g e di C dati dalle (1) e (2) diventa:

$$I = \frac{P_{0,2} + 2P_1 + 3P_3}{P_s} \cdot 0,49 \frac{c a_s}{s v_s}$$

da cui facendo I = 1 e ricavando $\frac{c}{s}$ si ha:

$$\frac{c}{s} = \frac{1 P_s v_s}{0,49 (P_{0,2} + 2P_1 + 3P_3) a_s}$$

la quale dice che c/s è: direttamente proporzionale al rapporto

$$\frac{P_s}{P_{0,2} + 2P_1 + 3P_3}$$

ed al volume v_s dei vuoti della sabbia; inversamente proporzionale al peso specifico apparente a_s della sabbia. In altre parole per ottenere la impermeabilità occorrerà tanto meno cemento quanto più la somma $P_{0,2} + 2P_1 + 3P_3$ sarà grande rispetto al peso totale di sabbia P_s ; quanto più piccolo sarà il volume dei vuoti v_s e (correlativamente) quanto più grande sarà il peso specifico apparente a_s . Sono quindi da preferirsi le sabbie ad elementi relativamente grossi la cui curva granulometrica è prossima a quella inferiore della figura 1.

c) la granulometria della sabbia deve rispondere alla tabella 1 (curve della figura 1) con preferenza, come detto per i valori più bassi fra quelli indicati nella seconda colonna.

d) la granulometria dei materiali inerti (sabbia più ghiaia) deve corrispondere (nel caso della dimensione massima ammessa 30 m/m.) a quanto indicato nella tabella (2) (curve figura 2) dalla quale si deduce che la sabbia deve entrare nella miscela con un peso che varia dal 46 al 56 %. Per dimensioni massime ammesse maggiori o minori di 30 mm. la percentuale in peso della sabbia potrà dedursi colla relazione di Fuller

$$p = 100 \sqrt{\frac{7}{D}}$$

e) I cementi ad alta resistenza, a causa della maggiore finezza di macinazione, sono più adatti dei cementi comuni per calcestruzzi impermeabili.

f) Il fattore acqua — cemento non ha valore determinante nei riguardi della impermeabilità; dato però che a bassi valori di tale fattore corrispondono, come è noto, migliori resistenze meccaniche, è opportuno limitare la quantità d'acqua al minimo compatibile per la buona lavorabilità (3).

g) Il trattamento del calcestruzzo dopo il getto è della massima importanza occorre tenerlo bagnato durante l'indurimento e proteggerlo dalle correnti d'aria e dall'irraggiamento solare.

6) Ottenere in cantiere dei calcestruzzi che rispondano ai requisiti sopra indicati sarà molto facile quando si disponga — come non di rado avviene per lavori di una certa importanza — di un completo impianto di classificazione dei materiali inerti che permetta di avvicinarsi quanto si vuole alla granulometria ideale. All'infuori di questo caso, ed a seconda dei mezzi dei quali si dispone in cantiere, ci si regolerà in modo da avvicinarsi quanto più è possibile alle condizioni ideali, tenendo conto delle esigenze dell'opera da eseguire. È sempre consigliabile fare almeno la separazione della sabbia (elementi 0—7 mm.) dalla ghiaia (elementi da 7 mm. in su), verificare la granulometria della sabbia e correggerla, se richiesto, nel modo più economico possibile; eseguire poi la verifica granulometrica del complesso sabbia-ghiaia e, quando il risultato si allontani troppo dalle condizioni ideali, avvistare i più semplici modi di correzione per arrivare ad una miscela soddisfacente. Quando si disponga di due classi di materiali separati (sabbia 0-7, ghiaia 7-30 mm.) converrà determinare mediante alcuni tentativi le proporzioni che corrispondono al massimo peso specifico apparente della miscela, che sono in gene-

(3) È ormai diffuso in America l'uso di speciali sostanze « aeranti » o « disperdenti » che si aggiungono al calcestruzzo ed alle quali si riconosce la proprietà di migliorare (per un determinato rapporto acqua-cemento) la lavorabilità e la resistenza meccanica.

L'aumento di resistenza è però condizionato — per quanto riguarda le sostanze « aeranti » — a determinate cautele di uso (A Rio — L'influenza delle sostanze « aeranti » e disperdenti sulle qualità tecnologiche e sulla macinazione del cemento. — Il Cemento N. 4 — aprile 1948).

Altro mezzo per sistemare in opera calcestruzzi a basso rapporto acqua-cemento è offerto dalla vibrazione con appropriata frequenza.

rale anche quelle che danno luogo alla migliore granulometria ottenibile.

Vogliamo ora esporre un esempio pratico di preparazione del calcestruzzo. Si abbia a disposizione la sabbia rispondente alla seguente tabella 4, colonna seconda (la colonna terza contiene, per confronto, i valori ideali).

TABELLA 4.

Diametro fori vagli mm.	Percentuale in peso mater. passati	
	Sabbia disponib.	Ideale
7	100	100
3	70	56 — 72
1	35	20 — 40
0,2	12	2 — 15

Si mescoli detta sabbia coi materiali 7-30 mm. nella proporzione 1:1 in peso. Si eseguisca la vagliatura del complesso ottenendone i risultati riportati nella seguente tabella 5:

TABELLA 5.

Diametro fori vagli mm.	Percentuale in peso materiali passati		
	Mista disp.	Ideale Graf	Ideale Fuller
30	100	100	100
15	68	63 — 75	71
7	50	46 — 56	48
3	35	25 — 40	32
1	17,5	10 — 22	18

Le curve granulometriche della sabbia e della mista sono riportate punteggiate nelle figure 1 e 2.

Il coefficiente granulometrico della sabbia è:

$$g = \frac{P_{0,2} + 2P_1 + 3P_3}{P_s} = \frac{23 + 2 \times 35 + 3 \times 30}{100} = 1,83$$

Il coefficiente di compattezza della malta

è: $C = 0,49 \frac{c}{s} \frac{a_s}{v_s}$ in cui c/s è il rap-

porto dei pesi di cemento e sabbia a_s è il peso specifico apparente della sabbia che supponiamo determinato ed eguale ad 1,5 Kg./dm³; v_s il volume dei vuoti

per litro dato da $\frac{s_s - a_s}{s_s}$ e posto $s_s = 2,70$

$v_s = \frac{2,7 - 1,5}{2,7} = 0,44$. Pertanto $C = 0,49$

$$\frac{1,50}{0,44} \frac{c}{s} = 1,67 \frac{c}{s}$$

Volendosi un coefficiente di impermeabilità della malta eguale ad 1 dovrà essere

$$I = gC = 1,83 \times 1,67 \frac{c}{s} = 1 \text{ da cui}$$

$$\frac{c}{s} = \frac{1}{1,83 \times 1,67} = 0,328$$

Occorrono cioè Kg. 0,328 di cemento per ogni Kg. di sabbia e inversamente ad

ogni Kg. di cemento corrispondono Kg. 3,04 di sabbia (4).

Ricordando che il rapporto in peso sabbia-ghiaia è 1:1 e fissando a 0,60 il rapporto acqua-cemento, le proporzioni in peso dei diversi ingredienti saranno:

Cemento	Sabbia 0 — 7 mm.	Acqua
Kg. 1	Kg. 3,04	Kg. 0,60
Ghiaia 7 — 30 mm.		
Kg. 3,04		

si formerà un impasto nelle suddette proporzioni in quantità tale da riempire una forma di contenuto esattamente misurabile di circa 20 ÷ 30 litri, nella quale il calcestruzzo sarà pigiato, per quanto possibile colle stesse modalità che verranno usate in Cantiere.

Si potrà così avere il peso specifico apparente del calcestruzzo fresco. (È bene eseguire 2 o 3 prove e prendere la media, controllando che i risultati singoli siano poco diversi tra loro). Supponiamo che il peso specifico sia risultato Kg. 2,4/dmc. Ciò vuol dire (trascurando il ritiro di presa, il che appare lecito in operazioni di questo genere) che per ottenere un metro cubo di calcestruzzo in opera colle proporzioni stabilite occorrerà:

$$\text{Cemento Kg.:} \\ \frac{1000 \times 2,4}{1 + 3,04 + 3,04 + 0,60} \times 1 = \\ = \frac{1000 \times 2,4}{m} \times 1 = \text{Kg. 312,48}$$

$$\text{Sabbia Kg.:} \\ \frac{1000 \times 2,4}{m} \times 3,04 = \text{Kg. 949,93}$$

$$\text{Ghiaia Kg.:} \\ \frac{1000 \times 2,4}{m} \times 3,04 = \text{Kg. 949,93}$$

$$\text{Acqua Kg.:} \\ \frac{1000 \times 2,4}{m} \times 0,60 = \text{Kg. 187,48}$$

Volendo dosare, come si usa correntemente in cantiere, il cemento in peso e la sabbia e la ghiaia in volume, basterà conoscere i pesi specifici apparenti dei due ingredienti (che si potranno ricavare con sufficiente approssimazione dalla pesatura di volumi conosciuti ripetendo più volte le prove e mediando i risultati). Così supposto di avere determinato in 1,5 Kg./dmc. e 1,6 Kg./dmc. i pesi specifici apparenti della sabbia e della ghiaia, il dosaggio da usare in cantiere sarà:

Cemento	Kg. 312,48
Sabbia:	
Kg. 949,93 = lt.	$\frac{949,93}{1,5} = \text{litri 633,28}$
Ghiaia:	
Kg. 949,93 = lt.	$\frac{949,93}{1,6} = \text{litri 593,70}$
Acqua:	Kg. o litri 187,48

(4) Ovviamente si potrebbe invece prefissare il rapporto $\frac{C}{S}$ e verificare poi se risulta $1 \geq 1$.

È interessante rendersi conto del grado di compattezza del calcestruzzo che si ottiene.

Supponiamo di aver determinato i pesi specifici assoluti del cemento, della sabbia e della ghiaia e siano ordinatamente 3; 2,70; 2,60 Kg./dmc. Atteniamoci inoltre al dato di Walz che l'acqua venga fissata nel calcestruzzo in ragione di 0,13 litri per Kg. di cemento. In un metro cubo del nostro calcestruzzo in opera, a maturazione avvenuta avremo allora i seguenti volumi: — per così dire — compatti:

Cemento	$\frac{312,48}{3}$	litri 104,16
Sabbia	$\frac{949,93}{2,70}$	» 351,82
Ghiaia	$\frac{949,93}{2,60}$	» 365,35
Acqua	$312,48 \times 0,13$	» 40,62
		Totale litri 861,95

I vuoti in un metro cubo di calcestruzzo saranno pertanto $1000 - 861,95 =$
= l. 138,05 ossia il 13,8 % in volume.

Luigi Sala

INDUSTRIA EDILIZIA

Il condominio delle case di abitazione

Osservazioni tecniche e legali.

Il condominio delle case di abitazione divise in parti si presenta in teoria e al primo aspetto allettante per la possibilità data a ciascuno, possessore di un piccolo capitale, di avvicinarsi a quel possesso della casa propria, che per molti è un ideale. Ma esso è interessante e degno di incoraggiamento anche perchè permette di riunire le minori possibilità economiche di molti per un utile apporto alla crisi delle abitazioni. È ben noto che il condominio propriamente detto e la società anonima immobiliare, che sotto un certo aspetto è anch'essa un vero condominio, sotto lo stimolo delle esenzioni tributarie per le nuove case furono nel 1922 e seguenti un energico stimolo alla costruzione di nuove case, richiamandovi quei piccoli capitali di 50-100-200 mila lire, corrispondenti a eredità, doti, economie famigliari, che non erano sufficienti per la costruzione di interi edifici.

Il condominio e le società anonime immobiliari, allora ancora veramente anonime, si diffusero e prosperarono e sarebbe davvero interessante una loro statistica città per città. Non è però da tacere che all'atto pratico e nel successivo esercizio dei condomini nacquero delusioni, guai e controversie fra i condomini per molte ragioni fondate e non fondate. La comunione di interessi sia pure minimi richiede innanzi tutto una chiarezza di intese e di rapporti. In secondo luogo è per essa necessaria una tolleranza, un senso di comprensione reciproca, che non sono sempre possedute da tutti i comproprietari, spesso di condizione economica e di educazione diversa. Nascono pertanto frequenti i contrasti e le discussioni che le Norme del Codice Civile, non sempre chiare e sufficienti nei riguardi del Condominio delle case divise in parti, non riescono a dirimere e a concludere in modo soddisfacente.

Già l'antico Codice aveva per il condominio Norme, che, con il tempo si dimostrarono insufficienti in specie con l'aumentare del numero dei condomini e con il modificarsi della materia del condominio, con il complicarsi e il moltiplicarsi degli impianti e degli accessori della casa. Pensiamo soltanto agli impianti di acqua, luce, ascensori, riscaldamento; pensiamo soltanto alle nuove

strutture di cemento armato e di ferro, che hanno sovvertito il concetto di muri maestri. Ricordiamo i condomini a numerose scale, con locali a destinazioni ed usi diversi, e di contrastanti esigenze. Il nuovo Codice Civile diede alle Norme per il condominio una maggior larghezza introducendo qualche chiarificazione, ma anch'esso non è ancora sufficiente veramente e troppe volte si presenta impreciso nei termini, troppo ricco di interpretazioni.

Ad acuire le difficoltà sono intervenuti in questi ultimi anni alcuni fatti fuovi dell'ordinario, evidentemente imprevisi nelle loro conseguenze sulla proprietà edilizia in genere e sui condomini in particolare, e cioè la guerra e i bombardamenti aerei e i conseguenti danneggiamenti dei fabbricati talvolta gravissimi. Questi danni hanno sconvolto i rapporti già difficili fra i condomini e quali potevano essere giudiziosamente previsti dal Codice in fatto di manutenzione e di riparazione dei fabbricati e non per gravissime riparazioni o addirittura per rifacimenti «*ab imis fundamentalis*».

Consideriamo ad esempio il caso di un edificio con due o più scale, nel quale sia stata abbattuta un'ala con relativa scala, lasciando intatto tutto il resto. Ne sono successi molti di questi casi addirittura miracolosi da far sì che una parte degli inquilini poterono continuare nel loro alloggio, mentre altri non avevano più nulla del loro. Sono naturali le proteste e la riluttanza dei proprietari della parte intatta nel partecipare alla ricostruzione del distrutto, alla quale sono obbligati dal regolamento del condominio. Sono quindi naturali, se non equi, i rifiuti, i ritardi a versare le quote, le discussioni e i cavilli per sottrarsi alle spese di ricostruzione per parti che non li toccano materialmente. Di qui nascono le assemblee dei condomini, che si trasformano in baruffe e sbocciano magari in liti giudiziarie.

La difficoltà dell'accordo in questi casi gravi di spese elevate nascono anche e sono acute dalle differenti condizioni economiche dei vari condomini, alcuni dei quali all'atto del primo acquisto avevano a disposizione la somma e l'hanno tutta impiegata e attualmente

non hanno più disponibilità e quindi non sanno come agire e davanti alla eventualità di dover vendere la loro quota di condominio o di far prestiti onerosi si sentono colpiti come da una ingiustizia.

Leggevo in questi giorni un copioso e prezioso volume di un insigne magistrato torinese (1) sull'argomento delle case in condominio e confrontando i pochi articoli del Codice Civile, che ne trattano, con le 500 e più pagine del commento del magistrato torinese non potevo fare a meno di giustificare il lungo susseguirsi di questioni interminabili fra condomini. Come ripartire le spese ordinarie di gestione? Quali sono le parti in comune? Di chi la proprietà del sottotetto? Quali sono i muri portanti? Di chi sono le facciate e i relativi ornati, che sono talvolta legati ai balconi?

L'uomo della strada, che alle volte è uno dei condomini, crede di giudicare con quello che si chiama buon senso. Ma quando poi si tratta del caso concreto, particolare e di stabilire in cifre, allora la cosa si fa più difficile per l'uomo della strada e se per sua istruzione legge il commento, cui prima ho accennato sul condominio, egli diventa più prudente nei suoi giudizi e affermazioni, se non diventa addirittura grullo. La formula « *cui prodest* » è piena di trabocchetti e di possibilità di schemaglie giuridiche e quando io dirò che una sentenza della Cassazione ha dato ragione a chi sosteneva che il proprietario del piano terreno, pur pretendendo che tutti i condomini si interessassero per parte sua alle parti comuni del piano terreno, non doveva affatto interessarsi nella spesa di manutenzione delle parti in comune dei piani superiori, perchè a lui non utili, salvo il tetto, l'uomo della strada resterà sicuramente disorientato sul modo di concepire le cose in comune e sarà cauto nei suoi giudizi.

Come esperienza personale dirò anche che chiamato ad assistere un condominio nella ricostruzione della casa semidistrutta e nella ripartizione delle spese, ad ogni passo ci siamo trovati inceppati nel procedere per insufficienza delle leggi e del regolamento e ben sovente armati sullo stesso punto di controversia del parere di due legali, magari fra loro contrastanti in pieno, dovemmo giungere a soluzioni di compromesso, magari approvate soltanto a maggioranza e non alla unanimità dei condomini.

Quale è ora la conclusione da trarre da questa esperienza?

Innanzi tutto si deve riconoscere la grande utilità della proprietà in condominio nel favorire la ripresa edilizia. I gravissimi aumenti nei costi di costruzione e quindi la difficoltà di trovare i grandi capitali per una industria così poco allettante come la proprietà edilizia, rendono ancora più opportuno ed utile

(1) Vedi DOMENICO PERETTI GRIVA, 1° Presidente della Corte d'Appello di Torino, « *Il Condominio delle Case divise in parte* », U.T.E.T. 1942.

l'incoraggiare la possibilità di suddividere i grossi stabili in tante proprietà suddivise, richiamandovi quei capitali di due, tre, quattro milioni di lire, che non possono oramai più pretendere all'acquisto di case complete, ma che volentieri, talvolta senza neppure pretendere equi interessi del capitale, ma nel solo desiderio di una propria dimora, sono disposti ad acquistare un alloggio.

Si potrebbe girare l'ostacolo del condominio vero e vero proprio con la creazione di società veramente anonime immobiliari, con il diritto agli azionisti dell'uso di determinati alloggi a seconda del numero di azioni possedute. Ma tornando per ora al condominio vero e proprio di case divise in parti e riaffermando ancora una volta la sua utilità sociale ed economica, e la necessità di favorirlo, si deve concludere nella necessità di eliminare al massimo le indecisioni, le cause di controversie.

Le Norme del Codice sono imperfette ed i termini tecnici da esse usate sono imprecisi, tanto da far pensare che non vi abbiano messo becco nel formularle i tecnici. Il pensare a modificarle adesso e subito e a stabilirne delle nuove valide senza discriminazione è pura illusione. È pertanto ai regolamenti particolari dei singoli condomini che bisogna rivolgerci e cercare che siano ben fatti. Questi regolamenti, che devono essere accettati da tutti i condomini, possono rimediare e completare le norme del Codice. Essi pertanto possono caso per caso, se compilati con l'aiuto di un tecnico esperto in materia, precisare, chiarire, circoscrivere esattamente il caso in oggetto e nel contempo contemplare tutte le particolarità, così da salvaguardare gli interessi comuni. Molte controversie in materia di condominio sono nate e nasceranno da regolamenti generici, ai quali nessuno bada nell'atto di sottoscriverli, e sono stati copiati, raffazzonati alla meglio da mestieranti e firmati da incompetenti.

Occorre che il regolamento del condominio sia studiato da esperti legali e tecnici. Occorre adunque innanzi tutto un *Regolamento tipo* per la parte legale

e tecnica, che chiameremo *fondamentale per la casa tipo*, e farlo seguire da istruzioni ampie e dettagliate sulle variazioni ed aggiunte per i singoli casi, utili per la stipulazione del regolamento definitivo della casa in oggetto. Inutile parlare di sottotetti o di lastre solari, se non ne esistono, di ascensori, se non se ne possono impiantare, di negozi se la casa non ne ha.

Ben diverse le norme o almeno alcune di esse per la casa vecchia che per la casa nuova, e così via.

Fra queste istruzioni di accompagnamento si dovrà richiamare l'attenzione del compilatore del regolamento definitivo sui vari inconvenienti dei condomini troppo vasti e di troppi partecipanti e quindi consigliare la formazione di condomini di poche persone, se possibile di una sola scala. Nel caso di più scale sarà bene fissare ben chiari e per quanto possibile distinti i rapporti di suddivisione delle spese anche nelle peggiori delle ipotesi di riparazioni e di uso, accollando ai veri interessati nell'uso le spese stesse, tenendo presente che alle volte non è tanto la entità della spesa a cui si bada quanto il timore di pagare il non dovuto o giustificato. Ricordare poi che i condomini talvolta non comprendono i termini tecnici e legali e pertanto sarà opportuno includere nel regolamento fin dalla sua stipulazione il riferimento obbligatorio, se richiesto anche da pochissimi condomini, al giudizio di persone estranee tecniche; cioè all'arbitrato dei tecnici.

Conchiudendo queste brevi note, richiamo ancora l'attenzione sulla importanza e sulla funzione civile, sociale ed economica del condominio e sulle difficoltà della sua tranquilla gestione. Tutto quanto si farà per favorirlo eliminandone le sorprese nella sua gestione, con il Regolamento Tipo e con il pretendere che al sorgere del condominio assistano dei tecnici competenti e coscienziosi governerà a dar fiducia ai minori risparmiatori verso la casa ed in via indiretta recherà un contributo alla soluzione della grave crisi dell'abitazione.

Achille Golli

R E C E N S I O N I

Carlo Baulino - Il condizionamento dell'aria - Volume pubblicato sotto gli auspici del Ministero della Marina - Edit. I. Briano, Genova.

Il Gen. Baulino, ben noto ai cultori della scienza delle macchine, ha fornito ai tecnici un valido ausilio per il calcolo degli impianti di condizionamento dell'aria.

Nel volume in esame sono premessi ampi richiami sulla igrometria ed in essa viene in particolare descritto l'igrometro ad appannamento stabile ideato dallo stesso Autore e che consente misure anche a temperature molto basse.

Sono successivamente dedicati capitoli alla termodinamica dell'aria umida, al diagramma di Mollier ed al suo tracciamento, ed a varie applicazioni numeriche relative al condizionamento estivo ed invernale degli ambienti ed all'essiccamento dei materiali.

Tabelle utili anche a chi voglia ridisegnare in scale opportune i grafici, nonché 6 tavole fuori testo di grande formato completano il pregevole e nitido lavoro, al quale auguriamo la maggiore diffusione fra gli studiosi di questo recente ed interessante ramo della tecnica.

CESARE CODEGONE

Direttore responsabile: AUGUSTO CAVALLARI - MURAT

Autorizzazione con Decreto Prefettizio N. 1125 S.T. del 4 Febbraio 1947

Casa Editrice: DITTA FRATELLI POZZO della Fratelli Pozzo, Salvati, Gros Monti & C. - Poligrafiche Riunite S. p. A. - Torino
Amministratore Delegato: Col. Domenico Cananica

S C H E D A R I O T E C N I C O

ASFALTI - TETTI PIANI



Soc. p. Az.
LAVORAZIONE ASFALTI
TORINO

Via Sebastiano Valfrè 16 - Tel. 52373

COPERTURE IMPERMEABILI DI TERRAZZI - TETTI PIANI - LAVORI STRADALI ecc.

MATERIALI SPECIALI PER EDILIZIA

SERRAMENTI IN CEMENTO della Consociata CENTRIFUGAZIONE CEMENTO POMICE

Società in Accomandita per Azioni
L. DE MEDICI & C.

Capitale L. 13.800.000 int. versato

CARTIERE IN CIRIÈ E CAFASSE - Sede in CIRIÈ
Amministrazione: MILANO, Via Telesio 2, Tel. 41498

CARTONI - CARTONCINI

MONOLUCIDI E BILUCIDI

DUPLIX E TRIPLEX

BIANCHI E COLORATI

I MIGLIORI PER ASTUCCI E SCATOLE

AUTOVEICOLI E LORO PARTI

Società p. azioni **C. TRIONE & C.**

CUORGNÈ (TORINO)

FABBRICAZIONE CUSCINETTI
(BRONZINE)

rivestiti in lega antifrizione rame-piombo (metal-rose) ed a base stagno per motori a scoppio per autoveicoli, aviazione e marina

S. p. A. Ing. P. SOUCHON & C.

Cartiera di Fossano

FOSSANO (Cuneo)

Telefono 6

CARTIERE

C. B. D.

S.p.A.-Cap. L. 99.006.000

Cartiere Beniamino Donzelli

Stab.: TOSCOLANO del GARDA (Brescia) . BESOZZO (Varese) . GEMONA (Udine) . VIGNOLA (Modena)

Carta per giornali, carte da stampa, da scrivere, per affissi, carta uso mano per registri, cartoncini per schedari, assorbenti, cartoncini per cartoline, copertine colorate, carte per disegno, carte cancelleria in genere, carte confezionate in bustine e scatole, buste di ogni genere, quaderni per scuola carte valori per banconote, block notes, notes uso cerata, registri confezionati, carte per ciclostyle, vergatina per macchina, carte pelures, carte da filare, Kraft da bachelizzare, carte pergamin, pelleaglio, pergamena vegetale, impacchi di ogni genere per usi alimentari e per usi indus., cartoncini manilla, carta manomacchina per stato civile.

RAPPRESENTANTE GENERALE

A. C. I.

Azienda Cartaria Italiana

Soc. a resp. limitata - Cap. L. 500.000

Sede: MILANO - Via Mozart, 1/a - Telef. 72.418 - 70.373 - 74.423
Uffici per il Piemonte: Torino - Via Gramsci, 7 - Telefono 58.505

CAVE E MINIERE

Società Talco e Grafite Val Chisone

SOC. P. AZIONI CAPITALE L. 40.000.000 INT. VERS.

PINEROLO

TALCO E GRAFITE D'OGNI QUALITÀ
ELETTRODI IN GRAFITE NATURALE
PER FORNI ELETTRICI - MATERIALI
ISOLANTI IN ISOLANTITE E TALCO
CERAMICO PER ELETTROTECNICA

COLORI E VERNICI

ALBESIANO S.A. SEDE TORINO

Capitale sociale L. 3.000.000

INDUSTRIA SMALTI - VERNICI - PITTURE

Direzione, Amministrazione, Stabilimento
MONCALIERI - Strada di Genova, 187
Telefono 550.474

Prodotti a base grassa - sintetica - alla nitrocellulosa
Vernici isolanti - anticidici - ad alcool

"VITTORINA" Pittura ad acqua per esterni

Negozi di vendita: Corso S. Martino 1
TORINO - Telefono N. 47.513

S C H E D A R I O T E C N I C O

COLORI E VERNICI

I. S. U. A.
INDUSTRIA SMALTI - VERNICI - AFFINI
TORINO
Casa fondata nel 1828

Tutti i tipi per
DECORAZIONI
EDILIZIA
INDUSTRIA

Nichelino - Via Cuneo, 14
Corrispondenza:
Casella Postale 51 - Torino
Telefono 550.356

F.lli ROSSI fu ADOLFO
FABBRICA ITALIANA VERNICI
Via Bologna 41 - TORINO - Tel. 21.211

Fornitori degli On. Ministeri della Difesa
e delle Comunicazioni

SMALTI
alla nitrocellulosa e sintetici per
tutte le applicazioni industriali

COMBUSTIBILI

AZIENDA CARBURANTI LUBRIFICANTI AFFINI

A. C. L. A.

TORINO - Uffici: Via S. Quintino, 18 - Tel. 49.264
Deposito: Via Beinette, 18 - Tel. 65.131

•••

OLII COMBUSTIBILI per forni e caldaie
BENZINE - LUBRIFICANTI - BITUMI

I. T. A.
INDUSTRIA TORINESE AGGLOMERATI
Via Tunisi, 37 - TORINO - Telefono 67.665

AGGLOMERATI DI CARBONE
OVOLI - MATTONELLE

CONCERIE - CINGHIE - CUOI

MASSONI & MARONI
CINGHIE E ARTICOLI TECNICI PER TUTTE LE INDUSTRIE
VIA BERGAMO, 10 - MILANO - TELEF. 50.151

CONCERIE ITALIANE RIUNITE
Delli per carrozzerie - Autobus, Mobilia
TORINO - VIA STRADELLA, 180 - TEL. 21.739 - 21.740 - 23.574

S.A. Conceria di Borgaro Torinese
Stabilimento e Amministrazione: BORGARO TORINESE
Sede Legale Via Vivaio 11 - MILANO

CONCIA AL CROMO - CONCIA VEGETALE

VASTI ASSORTIMENTI IN QUALITÀ E
COLORE PER TUTTE LE APPLICAZIONI

Casa di prim'ordine
.. Casa di fiducia ..

ELETTRODI RIVESTITI

A.M.P.E.R. VIA MORGHEN, 23
MILANO

•

ELETTRODI RIVESTITI
SALDATRICI ALL'ARCO ELETTRICO
ACCESSORI

ELETTROMECCANICA

 **Costruzioni Riparazioni Applicazioni Elettromeccaniche**
Controllo Regolazione Automatismi Elettromeccanici

TORINO - Via Reggio, 19 - Telefono 21.646

Macchinario elettrico • Avvolgimenti Dinamo, Motori, Trasformatori •
Impianti elettrici automatici a distanza • Regolazione automatica
dell'umidità, temperatura, livelli, pressioni • Impianti industriali
alta e bassa tensione • Impianti e riparazioni montacarichi • Forni
elettrici industriali • Prometri • Termostati • Teleruttori