RESISTENZA DELLE MURATURE

ALLA COMPRESSIONE ED ALLO SCORRIMENTO

DISSERTAZIONI E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI IN TORINO

DA

MIGLIO GIULIO

DA DORNASO

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

1869

TORINO

TIPOGRAFIA G. CANDELETTI SUCCESSORE CASSONE

VIA SAN FRANCESCO DA PAOLA, 6

1869

ALLA CARA MEMORIA DI MIO PADRE

A MIA MADRE

RESISTENZA DELLE MURATURE

ALLA COMPRESSIONE ED ALLO SCORRIMENTO

Allorquando si sottopone un corpo a forze estrinseche ognora crescenti, ma sempre sotto un dato limite, in causa delle successive deformazioni che in detto corpo si manifestano, si sviluppano delle azioni molecolari pure crescenti; se poi si mantengono costanti le forze estrinseche, cessano le deformazioni e gli aumenti delle reazioni molecolari; vi ha allora perfetto equilibrio fra le forze estrinseche e le forze intrinseche sviluppate dal corpo, ossia il corpo resiste. Così che la resistenza di un corpo sta nello sviluppo di quelle forze o azioni molecolari che sono capaci di fare equilibrio alle forze esterne dalle quali è sollecitato.

Nelle murature, a seconda della direzione delle forze a cui essa è soggetta, vengono cimentate le resistenze allo strappamento, alla compressione, al rovesciamento ed allo scorrimento.

Tratterò brevemente della resistenza delle murature alla compressione ed allo scorrimento.

Resistenza delle murature alla compressione.

In un masso murale $ABCD$ (*fig.* 1) disposto per strati orizzontali rimane provocata la resistenza alla compressione allorquando esso viene sottoposto all'azione di una P che agisce normalmente agli strati della muratura.

Se nel solido si considera una sezione qualunque parallela agli strati da cui è composto, la resistenza che ivi si sviluppa è una forza eguale e direttamente contraria alla risultante della forza P e del peso del masso $EFDC$. Qualora questa risultante fosse capace di produrre la rottura del solido nella sezione EF, la reazione molecolare che in tal caso si sviluppa dicesi resistenza alla rottura per compressione.

Da esperienze fatte risulta che per massi murali posti in identiche condizioni, cioè formati cogli stessi materiali, costrutti con eguale cura e dopo un medesimo lasso di tempo, la resistenza alla rottura per compressione è proporzionale alla loro sezione retta.

Ora se indico con:

Ω la superficie della sezione retta di un prisma di muratura sottoposto a compressione;

R'' un coefficiente numerico variabile a seconda della qualità della materia costituente il prisma;

T'' la forza premente;

R_2 la resistenza alla rottura per compressione nella sezione considerata.

Da quanto si è esposto sopra si avrà:

$$R_2 = T'' = R'' \Omega$$

Se in quest'equazione si pone $\Omega = 1$ essa diventa:

$$R_2 = T'' = R''$$

Quest'espressione ci dice che il coefficiente R'' è la forza premente atta a produrre la rottura in un prisma di muratura la cui sezione retta è eguale all'unità; oppure è la resistenza alla rottura per compressione in un prisma di sezione retta eguale all'unità.

I costruttori chiamano R'' coefficiente di rottura per compressione. Esso viene sperimentalmente determinato pei diversi materiali.

Da esperienze fatte risulta:

1° Che le qualità fisiche delle pietre non sono indizi certi per giudicare della resistenza delle pietre allo schiacciamento, e che per dare un giudizio sicuro bisogna stabilire apposite esperienze;

2° Che le pietre della stessa cava non presentano eguale resistenza allo schiacciamento; le pietre formanti il cappellaccio della cava sono meno resistenti di quelle poste negli strati sottostanti;

3° Che per pietre della stessa qualità quelle di forma cubica presentano maggiore resistenza.

4° Che nelle pietre dure la rottura per compressione si manifesta collo staccarsi di fogliette friabili; nelle teneri invece si manifesta colla formazione di piramidi aventi per basi le basi compresse ed i vertici opposti.

5° Che i pilastri di un sol pezzo sono più resistenti di quelli aventi le stesse dimensioni e formati di più pezzi, e che la diminuzione di resistenza dipende non tanto dal numero dei giunti orizzontali ma bensì dal numero dei giunti verticali.

Quando il costruttore vuole impiegare murature tali che valgano a resistere alla compressione fa in modo che la forza premente non sia capace di vincere la resistenza massima che il masso murale può sviluppare, onde ne segue che si deve avere:

$$T'' < R'' \Omega$$

che è la condizione di stabilità. Quest'espressione servirebbe a nulla essendo troppo vaga; si pose l'equazione di stabilità

$$T'' = n'' R'' \Omega$$

indicando con n'' un coefficiente numerico minore dell'unità e dipendente dalla qualità della materia impiegata. I pratici sogliono $n'' = \frac{1}{10}$ per murature fatte con pezzi grossi e regolari; $n'' = \frac{1}{15}$ se fatte con pietrame a pezzi piuttosto grossi e posati con certa cura; $n'' = \frac{1}{20}$ se fatte con pezzi minuti.

Considero ora una sezione retta qualunque XY del solido murale rappresentato dalla (*fig.* 2); chiaramente appare come essa non si trova nelle stesse condizioni delle altre per rapporto alle forze estrinseche che la sollecitano e all'ampiezza della superficie; ne segue quindi che il pericolo di rottura varierà da una sezione all'altra e che sarà maggiore in quella sezione in cui la pressione riferita all'unità di superficie ha il massimo valore. Questa dicesi sezione pericolosa. Ecco come la si può determinare. Sia:

P la forza premente;

x la distanza della sezione XY dalla superiore CD;

Ω la superficie della sezione XY;

Q il peso della parte di muratura che sta sopra XY;

La pressione totale sulla sezione XY sarà $P+Q$ e sull'unità di superficie si avrà la pressione

$$\frac{P+Q}{\Omega}$$

Ora quest'espressione è funzione di x; bisognerà adunque cercare quel valore di x che la rende massima; il valore di x così trovato servirà a determinare la posizione della sezione pericolosa.

Un muro, oltre al soddisfare all'equazione di stabilità, deve presentare la maggiore economia possibile; si ottiene questa facendo in modo che la pressione riferita all'unità di superficie sia eguale in tutte le sezioni.

Caso particolare. Vogliasi costrurre un piedestallo in muratura (*fig.* 3) che abbia per base il quadrato $ABCD$ e che abbia per altezza $O'O''=a$; la base sia essa pure un quadrato $GEFH$ di lato b lunghezza data. Suppongasi che nel mezzo il parallelepipedo $L'I'K'M'$ sia vuoto; il piedestallo poi alla sua base superiore porti una lastra onde distribuire uniformemente il sovracarico.

È chiaro che le superficie laterali sono cilindriche; trattasi di determinarne la direttrice in modo che il solido risultante sia di egual resistenza alla compressione.

Siano:

P il peso della lastra e del suo sovracarico espresso in kg.;

G il peso di un metro cubo di muratura espresso pure in kg.;

$O'x$ l'asse delle x e

$O'y$ l'asse delle y di due assi coordinati il primo verticale ed il secondo orizzontale aventi l'origine nel centro della base superiore del pilastro;

u il lato $L'M'$ della parte vuota, da determinarsi.

In primo luogo determino u. Applicando l'equazione di stabilità alla base superiore del solido si avrà:

$$T''=n''R''(b^2-u^2)$$

dalla quale

$$u=\sqrt{b^2-\frac{T''}{n''R''}}$$

Per trovare poi l'equazione della curva $F'B'$ si consideri una sezione qualunque $Q'R'S'$, ed un'altra vicinissima a questa qrs, il peso del solido elementare sarà espresso da

$$G(4y^2 - u^2)\,dx$$

in cui $y = R'S'$ e $dx = R'r$

Quindi il peso del solido intero sarà dato da

$$G\int(4y^2 - u^2)\,dx$$

Il valore di T'' per rapporto alla sezione considerata sarà

$$T'' = P + G\int(4y^2 - u^2)\,dx$$

Inoltre essendo

$$\Omega = 4y^2 - u^2$$

l'equazione di stabilità diventa

$$P + G\int(4y^2 - v^2)\,dx = n''R''(4y^2 - u^2)$$

Differenziando questa espressione e separando le variabili si otterrà

$$G\,dx = n''R''\frac{d(4y^2 - u^2)}{4y^2 - u^2}$$

che integrata da

$$Gx = n''R''\log(4y^2 - u^2) + C \qquad (1)$$

La costante si determinerà in modo che per $x = o$ *il* $2y = b$ quindi

$$C = -n''R''\log(b^2 - u^2)$$

e l'equazione (1) diventa

$$Gx = n''R''\log\frac{4y^2 - u^2}{b^2 - u^2}$$

che è l'equazione della curva $F'B'$

Essa si può scrivere in altro modo.

$$e^{\frac{Cx}{n''R''}} = \frac{4y^2 - u^2}{b^2 - u^2}$$

Ponendo in quest'equazione successivi valori di x avremo i corrispondenti valori di y e così si verrebbe a determinare il solido di eguale resistenza alla compressione.

Resistenza delle murature allo scorrimento.

Sia *ABCD* (*fig.* 4) un masso murale fisso al suo estremo inferiore; supponiamo che alla faccia *BA* sia applicata una forza T''' orizzontale e che il muro sia formato per strati orizzontali e *EF* sia una superficie di separazione fra due strati vicini. La T''' tenderà a far scorrere la parte *EBCF* sulla parte *ADFE*, supposto rimosso il pericolo di rovesciamento, il muro a sua volta presenterà una resistenza che dicesi resistenza allo scorrimento; se poi la forza T''' è capace di produrre la rottura nell'istante in cui essa si compie, si sviluppa la resistenza alla rottura per scorrimento.

Le resistenze che si oppongono allo scorrimento possono essere tre: 1° la resistenza dovuta alla coesione delle malte; 2° la resistenza dovuta all'aderenza delle malte colle pietre; 3° la resistenza d'attrito che ha luogo alla superficie di separazione fra il masso superiore e l'inferiore.

Queste tre resistenze non hanno luogo simultaneamente; la resistenza d'attrito entra in giuoco solo dopo che furono distrutte le altre due.

La resistenza dovuta alla coesione e all'aderenza, le quali si trovano presso a poco nelle identiche condizioni, che si sviluppa in una sezione qualunque per stesse malte è proporzionale alla superficie su cui si sviluppa ed è sensibilmente indipendente dalla pressione che il masso sovrastante esercita sulla sezione considerata.

La resistenza d'attrito invece per la stessa qualità di muratura è proporzionale alla pressione e sensibilmente indipendente dall'estensione della superficie premuta.

Ciò premesso è facile avere le espressioni delle resistenze dovute alla coesione e all'attrito.

Suppongo che

T''' sia la forza che tende a produrre lo scorrimento.

R_3 sia la resistenza totale che si oppone allo scorrimento.

Ω la superficie EF.

R''' un coefficiente costante per murature fatte colle stesse pietre e colle stesse malte.

Avrò evidentemente

$$T''' = R_3 = R''' \Omega$$

Pella quale facendo $\Omega = 1$ si ha

$$T''' = R_3 = R'''$$

Ossia R''' è la forza capace di produrre lo scorrimento su una sezione eguale all'unità. I pratici dicono R''' coefficiente di rottura per scorrimento. Si determina mediante esperienze.

Per la resistenza dovuta all'attrito, dicendo:

R_3' questa resistenza;

N la pressione del masso $FEBC$ sulla superficie EF;

f il coefficiente d'attrito fra muratura e muratura.

Avrò

$$T''' = R_3' = fN.$$

Quando si considera la resistenza dovuta alla coesione la sezione pericolosa sarà quella in cui il prodotto della superficie della sezione pel coefficente di coesione ha un valor minimo; per la resistenza dovuta all'attrito la sezione pericolosa è quella in cui la resistenza d'attrito su essa sviluppabile ha un valore minimo.

Con ragionamento analogo a quello fatto per stabilire la condizione ed equazione di stabilità per la compressione si avranno similmente le condizioni e le equazioni di stabilità per la resistenza allo scorrimento.

Qualora si tenga conto della sola coesione si avrà:

$$T''' < R''' \Omega$$

e

$$T''' = n''' R''' \Omega$$

in cui n''' ha valori identici a quelli posti per il coefficente di stabilità per lo scorrimento.

Per la resistenza d'attrito la condizione e l'equazione di stabilità saranno:

$$T''' < f N$$

e

$$T''' = n_1''' f N$$

Siccome la resistenza d'attrito non viene mai meno i costruttori sogliono assumere un coefficente di stabilità assai prossimo all'unità $\frac{4}{5}$ per le buone murature e $\frac{2}{5}$ per le scadenti.

Tavola dei coefficienti di rottura per compressione riferiti al c. q. di varie sostanze.

Pietre calcari tenere . . .	da kg.	60	a kg.	130
Pietre calcari mezzane	»	130	a »	300
Pietre calcari dure	»	300	a »	600
Pietre silicee tenere	»	20	a »	90
Pietre silicee mezzane	»	90	a »	420
Pietre silicee dure	»	420	a »	800
Pietre vulcaniche tenere	»	34	a »	230
Pietre vulcaniche mezzane	»	230	a »	590
Pietre vulcaniche dure	»	590	a »	2000
Mattoni	»	40	a »	150
Malta di calce grassa e sabbia dopo 6 mesi	»	6	a »	19
Malta di calce mediamente idraulica e sabbia dopo 6 mesi	»	15	a »	40
Malta di calce eminentemente idraulica e sabbia dopo 6 mesi . .	»	68	a »	115
Calcestruzzo dopo 6 mesi	»	30	a »	60
Malta di buon cemento e sabbia dopo 6 mesi	»	90	a »	180
Malta di calce grassa e sabbia dopo 18 mesi	»	9	a »	30
Malta di calce grassa e coccio dopo 18 mesi	»	28	a »	84
Malta di calce grassa e pozzolana dopo 18 mesi	»	25	a »	75
Malta con gesso impastata con acqua dopo 18 mesi	»	40	a »	60
Malta di gesso impastata con acqua di calce dopo 18 mesi	»	60	a »	84

Tavola dei pesi dei decimetri cubi delle principali murature.

Muratura di pietrame calcare e siliceo	da kg. 1,7	a kg. 2,3
Muratura di pietrame granitico .	» 2,30	
Muratura di pietrame basaltico .	» 2,50	
Muratura di mattoni	» 1,80	a » 2,20
Muratura di calcestruzzo	» 2,20	

Tavola dei coefficienti di rottura per scorrimento.

Pietre calcari tenere	da kg. 6	a kg. 13
Pietre calcari mezzane	» 13	a » 30
Pietre calcari dure	» 30	a » 50
Pietre silicee tenere	» 0,4	a » 9
Pietre silicee mezzane	» 9	a » 42
Pietre silicee dure	» 42	a » 80
Pietre vulcaniche tenere	» 1	a » 1,15
Pietre vulcaniche mezzane . . .	» 15	a » 40
Pietre vulcaniche dure	» 40	a » 80
Mattoni	» 11	a » 20
Malta di calce grassa e sabbia dopo 6 mesi	» 0,50	a » 1,50
Malta con calce poco idraulica e sabbia dopo 6 mesi	» 1	a » 2,80
Malta con calce idraulica e sabbia dopo 6 mesi	» 2,50	a » 4,50
Malta di cemento dopo 1 mese .	» 3,30	a » 6,60
Malta di cemento dopo 6 mesi .	» 6,66	a » 13,33
Malta di cemento dopo 18 mesi .	» 10	a » 20
Malta di gesso puro dopo 1 mese .	» 12	a » 16

Miglio Giulio.

TESI LIBERE

MECCANICA E IDRAULICA

Teorema di Torricelli.

COSTRUZIONI

Resistenza alla torsione.

MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

Resistenza alla trazione nelle vie ferrate.

GEOMETRIA PRATICA

Riduzione dell'angolo al centro di stazione.

Fig. 1.ª

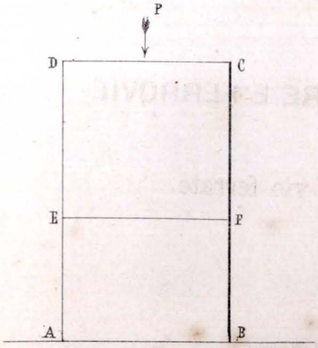


Fig. 2.ª

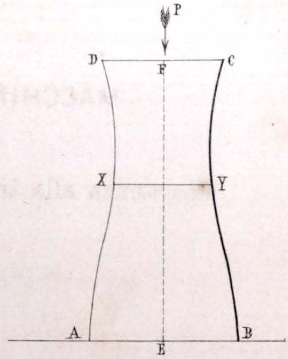


Fig. 3.ª

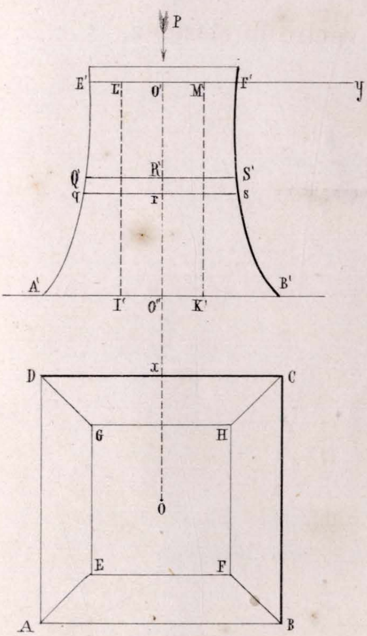
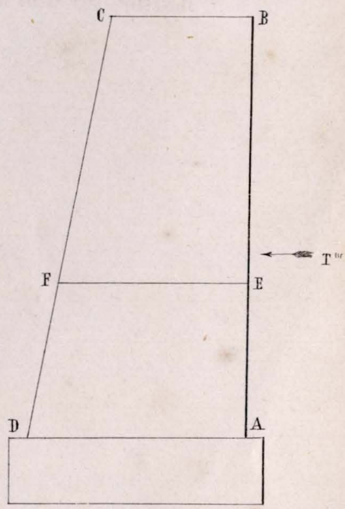


Fig. 4.ª



Cop.
pag 1
Front.