

dichiarando che essa può applicarsi per cassoni di pianta m. 4 ÷ 5 di larghezza, e m. 10 di lunghezza, mediamente.

Il Turazza nel suo trattato sui *Lavori subacquei ad aria compressa*, riferendosi a cassoni dell'altezza ordinaria di m. 2,00, e dinotando con l la larghezza in pianta del cassone, e con kl la sua lunghezza, riporta le seguenti formole empiriche, nelle quali entrano parimenti la superficie di base del cassone ed il suo perimetro.

Per un cassone di pianta rettangolare :

$$P_1 = 86 \{ l[5,27 + k(5,25 + 1,05 l)] - 0,92 \},$$

idem con rostri circolari :

$$P_2 = 86 l \{ 2,83(1,14 + 2k) + l[k(1,17 + 0,05 l) - 0,21] \}.$$

E per cassoni con soffitti di muratura, rispettivamente :

$$P_1 = 86 \{ l[5,27 + k(5,25 + 0,05 l)] - 0,92 \},$$

$$P_2 = 86 l \{ 2,83(1,14 + 2k) + kl(0,17 + 0,05) \}.$$

Queste formole però danno risultati sempre un po' larghi.

Le citate formole si possono più agevolmente paragonare tra loro, se si esprimono con coefficienti algebrici. Per cui, denotando con S la superficie di base del cassone, con a il suo lato lungo e b il lato corto, si ha la formola del Séjourné e quella del Pozzi espresse da :

$$P = \alpha S + \beta a + \gamma b;$$

e quelle del Turazza, da :

$$P_1 = \alpha_1 S + \beta_1 a + \gamma_1 b - \delta_1$$

$$P_2 = \alpha_2 S + \beta_2 a + \gamma_2 b + \delta_2 S b.$$

d) Montatura e manovra per l'affondamento del cassone.

A seconda delle circostanze locali e delle condizioni del fiume, si segue un metodo piuttosto che un altro per la montatura e l'immersione dei cassoni. Occorre generalmente una piattaforma provvisoria di legno (*faux plancher*), su cui collegare le varie parti del cassone: questa piattaforma potrà appartenere ad un castello parimenti di legno, eretto al sito dell'immersione (*castello fisso*), o ad un castello mobile poggiato su dei barconi (*castello o pontone galleggiante*), ovvero formare piano inclinato (*scalo*) sulla riva del fiume, di dove il cassone sarà varato.

1) **Manovra col castello.** — Col sistema dell'impalcatura a castello (*échafaud*), sia fisso, che galleggiante, il cassone, dapprima costruito poggiante su di quella, è di poi sospeso e guidato nella discesa da catene che girano intorno a grosse pulegge, sostenute da apposite armature sull'istesso castello, ad un piano superiore. Con viene che le pulegge sieno tutte caricate e mosse egualmente.

Giunto il cassone a poggiarsi sul fondo, e penetrato il coltello ne terreno, si completa la montatura dell'apparecchio, con i camini le camere di equilibrio e gli altri accessori; e quindi, introdotta l'aria compressa, dopo aver ben livellato il fondo ed orizzontato il cassone, si comincia il lavoro di scavo (*).

L'uso del castello fisso, sebbene alquanto più dispendioso di qualunque altro sistema, è preferibile, perchè mediante un ponte di servizio, che lo mette in comunicazione con il cantiere sulla riva, rende possibili e facili tutte le manovre indispensabili nel corso dei lavori. Questi castelli vengono costruiti con robusti pali conficcati nel fondo

(*) Per quanta diligenza e cura si osservi in tale manovra di affondamento, si avvera, può dirsi, quasi sempre una certa deviazione del cassone. Così, ad esempio, al ponte sull'Allier a Vichy, nonostante i congegni perfetti adoperati, nella discesa il cassone subì lo spostamento di centim. 12: al ponte americano di Brooklyn sulla Riviera dell'Est (Missouri) gli spostamenti verificati furono di centim. 30 e centim. 22, secondo i due lati del cassone. Al ponte sul Ticino a Turbigo, il cassone della pila destra fu affondato a m. 12,46 sotto la massima magra, con uno strapiombo di m. 0,46; epperò si dovette necessariamente rimetterlo verticale, prima di eseguirvi la muratura interna.

Al ponte Dufferin sul Gange a Bénarès, le pile n.º 6 e 7 (a partire dalla riva sinistra) profondate nel suolo per m. 33 e m. 41, s'inclinarono verso sud con deviazioni di m. 1,45 e m. 1,60 rispettivamente, a causa di un sottostrato di terra molto duro. Il raddrizzamento si ottenne nel seguente modo. Si scavò il terreno fino a fior d'acqua, dal lato cioè dove ciascun pilastro minacciava di avanzarsi, con una scarpata a 45°: su questo piano inclinato si costruì un robusto reticolato di traverse e rotaie, sul quale, e per tutto il resto del cavo, si fece un riempimento con mattoni. Il tutto costituiva così un masso cuneiforme, pronto a spingere il pilastro a misura che esso s'affondasse. Infatti dopo m. 1,70 di discesa della pila n.º 6 e m. 6,25 della n.º 7, si ottenne il desiderato raddrizzamento di entrambe.

I detti spostamenti sono dovuti principalmente alla resistenza d'attrito, che varia secondo la diversa natura del mezzo da trasversare, all'inclinazione delle stratificazioni geologiche, all'incontro di corpi non omogenei, trovanti, avanzi di animali pietrificati (come a Bénarès), tronchi di alberi, nonchè alla forma del cassone: infatti con cassoni di pianta circolare o quadrata s'incontra minore difficoltà che con quelli di forma rettangolare. Sono tali spostamenti inoltre dovuti alle escavazioni prodotte dalle correnti, ai sovraccarichi eccentrici sulla pila in costruzione, ed in generale a qualsiasi ostacolo che possa opporre più forte resistenza in un punto del coltello del cassone.

Giova molto ad attenuare questi strapiombi l'adoprarne (come fu usato al ponte di Brooklyn) cassoni con coltelli ad angolo molto ottuso; giacchè in tal caso se il cassone tende ad inclinarsi verso un lato, il coltello presenta tosto una certa superficie alla reazione del suolo compresso, la quale arresta il progresso dello strapiombo.

del fiume all'ingiro dell'area della fondazione (v. fig. 4, 5 e 21). Le stilate sono collegate e formano sistema rigido, mercè traverse orizzontali e diagonali, poste a diversi ordini. A conveniente altezza sul pelo d'acqua si costruisce un tavolato (*plancher*), ed in cima al castello vengono fissati i verricelli (*trevils*). Si usa anche una gru che possa, con doppio movimento di traslazione, prendere qualunque posizione rispetto al piano di manovra (*).

Danno un bell'esempio i castelli pei ponti italiani a Sesto Calende ed a Mezzanacorti (**).

2) Manovra con lo scalo. — Se il fiume abbia in magra una profondità d'acqua non minore di m. 2,00, così da permettere che il cassone possa essere varato, e con ormeggi (*amarres*) trasportato galleggiante al sito d'immersione: e se la velocità della corrente è mite da rendere possibile una tale manovra, torna vantaggioso costruire il cassone sulla sponda, sopra apposito piano inclinato di legname (v. fig. 15), come su di uno scalo, ed in seguito, completata la montatura, vararlo. Con questo sistema di manovra il cassone deve poter galleggiare sull'acqua; e per tale scopo esso vien costruito a doppia fodera nell'interno, con una seconda lamiera che s'imbollona al lato inclinato dei mensoloni. Il vuoto interposto, allorchando il cassone dovrà essere immerso, verrà occupato dall'acqua, che introduce si da alcuni fori previamente turati sulla parete esterna della camera di lavoro; ed in ultimo sarà colmato con muratura (***). Altre volte il cassone si rende galleggiante mediante botticelle legate in giro ad esso.

3) Calcoli relativi. — Il piano inclinato deve avere tale un angolo α all'orizzonte, che il cassone possa scendere per gravità: quest'angolo è dato quindi dalla nota relazione $\text{tang } \alpha = f$, dinotando f il coefficiente di attrito. In generale deve ritenersi per valore di f quello relativo all'attrito nell'atto del primo distacco, che dalle esperienze risulta eguale a 0,1.

L'inclinazione α si ha pure dalla condizione che la velocità che deve acquistare il cassone nella discesa non debba essere minore di m. 4, perchè questo possa percorrere tutto il piano inclinato senza

(*) I pontoni galleggianti (*échafaudages flottants*) si adottano dove o per la natura del fondo, o per la profondità delle acque, ovvero per le probabili escavazioni dei gorgi e delle correnti, riesce difficile l'impianto dei pali.

(**) Per particolari e dati di fatto, relativi ai castelli di legname, nonchè ai ponti di servizio ed ai cantieri, vedi Biadego—*Fondazioni ad aria compressa*. Capo II, § 3—e Pozzi—*Fondazioni pneumatiche*. Cap. III, § 13.

(***) In molti casi si cerca di utilizzare la fodera interna sovraccennata; epperò essa viene inchiodata sui montanti per poterla poi smontare.

essere ostacolato dall'acqua che cerca di porlo a galla prima della sua completa immersione.

Epperò chiamando h il dislivello del piano inclinato ed l la sua lunghezza, si ha:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2gl \operatorname{sen} \alpha},$$

ossia:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{v^2}{2gl}, \quad (1)$$

che dà α in funzione di v .

Per conoscere direttamente $\operatorname{tang} \alpha$ anche in funzione di v , siccome è

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{v^4}{(2gl)^2}},$$

risulta:

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{v^2}{\sqrt{(2gl)^2 - v^4}}. \quad (2)$$

Evidentemente la componente F del peso P del cassone secondo il piano inclinato ($F = P \operatorname{sen} \alpha$), che nel caso limite dovrebbe eguagliare la forza d'attrito, sarà alquanto maggiore di questa, per facilitare la discesa del cassone: la differenza dipende dal valore assunto per l'angolo α , sicchè chiamando N la componente del peso P normale al detto piano ($N = P \cos \alpha$), tale differenza sarà:

$$S = F - fN. \quad (3)$$

Questa forza S rappresenta la tensione a cui sono assoggettate le gomene che tengono frenato il cassone prima del varamento (*).

(*) Il Claudel ritiene che la resistenza alla rottura delle gomene di canape sia di chg. 5,10 per mmq. di sezione; e che però esse possano essere sottoposte senza pericolo ad un carico quinta parte di quello di rottura. Quindi se d è il diametro in millimetri della gomena ed S il carico o tensione, dovrà essere $S = \frac{1}{4} \pi d^2 \times 1,02$, da cui si ha:

$$d = 1,13 \sqrt{S}.$$

Il Reuleaux fa distinzione tra le gomene costruite più contorte (*gomene fisse*) e le meno contorte (*gomene mobili*), ed assegna come limite di tensione per le prime chg. 2,00 per mmq., e chg. 1,33 per le seconde; epperò dà le relative formule:

$$d = \sqrt{S} \text{ (gomene fisse)}$$

$$d = 1,20 \sqrt{S} \text{ (gomene mobili)}.$$

Per le gomene di ferro poi, il Claudel ammette che esse possano essere esposte con sicurezza ad un carico di chg. 14,00 per mmq. di sezione, carico cioè quinta