

sotto il fondo sabbioso. Fatto lo scavo, si murò l'anello per m. 2 quasi di altezza, sicchè in tal modo il cassone potette funzionare da tura; ed il lavoro nella parte centrale fu eseguito all'aria libera, aggettandosi l'acqua con l'uso delle trombe, ed eseguendosi coi mezzi ordinarii lo scavo e la muratura.

f) Modifica Cézanne : metodo pneumatico, propriamente detto (1859).

L'Ing. Cézanne nella fondazione del ponte sul fiume Niemen presso Kowno in Russia, apportò un'altra modificazione al processo Triger, separando cioè la parte inferiore di ciaschedun cilindro con un soffitto, dal quale partivano due tubi o camini di servizio, che mettevano in comunicazione la inferiore camera di scavo, cioè la cosiddetta *camera di lavoro (chambre de travail)* con quella di equilibrio. Lo spazio compreso tra i camini e la parete del cilindro, superiormente alla camera di scavo, era pieno d'acqua, il cui peso facilitava l'affondamento dell'apparecchio.

Eseguito lo scavo, si faceva una gettata di calcestruzzo con cemento Portland per uno spessore capace ad impedire che l'acqua filtrasse di sotto; quindi, smontati il camino ed il soffitto della camera di lavoro, si colmava la rimanente altezza del cilindro con simile muramentò (v. fig. 4).

Questa modifica introdotta dall'ingegnere Cézanne caratterizzò il *metodo pneumatico* propriamente detto, pel quale il lavoro procede continuo all'aria compressa (*).

g) Modifica Fleur S.^t Denis (1859).

Nell'istesso anno l'ingegnere francese Fleur S.^t Denis, in occasione della costruzione del grandioso ponte sul Reno a Kehl presso Strasburgo, considerò la difficoltà e l'imperfezione che presentava l'uso delle pile tubolari, le quali non potevano essere impiantate perfettamente verticali, specialmente quando dovevano raggiungere una considerevole profondità, come in quel caso, in cui bisognava scendere a circa m. 20 sotto il pelo delle magre, attraversando uno strato di arena mobilissima. Pensò quindi di adoperare per ogni pila tre o quattro cassoni di lamiera di ferro, ciascuno di base m. 6,00 × 7,00, e diviso da un soffitto in due compartimenti, di cui l'inferiore alto m. 3,00 adibito a camera di lavoro.

Per ogni cassone, elevavansi dal soffitto tre pozzi, uno centrale (a base ellittica, di assi m. 2,30 e m. 1,50) per il passaggio dei materiali di scavo, e due (a base circolare, di diametro m. 1,00) per la discesa degli operai (v. fig. 5).

(*) I primi ponti fondati con questo metodo sono: in Germania il ponte a Kehl sul Reno (1859), ed in Francia il viadotto d'Argenteuil (1861) e quello di Orival (1863), entrambi sulla Senna, ed il viadotto di Briollay sul Loir (1863).

I due pozzi di servizio funzionavano alternatamente, ossia *a riprese*; e ciò per non interrompere il lavoro allorquando per l'affondamento del cassone quelli dovevansi allungare. Nel pozzo centrale, messo in comunicazione con l'aria esterna, girava una specie di draga (noria a cucchiaie), la quale, mossa da una locomobile, scendeva fin sotto il livello del fondo in un ampio fosso, fatto dagli operai, di dove asportava il materiale di sterro. Il movimento si faceva in acqua, giacchè sia il fosso, che il tubo centrale ne erano pieni.

Durante la manovra di affondamento i cassoni erano sospesi con catene a lunghe maglie, affidate nel capo superiore a *verrini* (*vérins*) (v. fig. 6), poggianti sul palco del castello di manovra: la discesa posteriore era facilitata dal sovraccarico di muratura costruita sul soffitto della camera di scavo.

Arrivati al piano stabile, e congiunti i cassoni tra di loro, le camere di lavoro venivano riempite di calcestruzzo. Poscia, smontati i pozzi, si completava la gettata di calcestruzzo per la rimanente altezza di ciascun cassone (*).

h) **Modifica Castor** (1861).

Le fondazioni delle pile del viadotto ad Argenteuil sulla Senna furono dall'Ing. Castor eseguite con grandi cilindri di ghisa, di diametro m. 3,60, formati da anelli di altezza m. 1,00 e spessore variabile da $\frac{m}{m}$ 38 a $\frac{m}{m}$ 55. Sul primo segmento cilindrico del fondo poggiava un'armatura di travi di ghisa a T, formante un soffitto conico, detto, per la sua forma, *crinolina* (*crinoline*): queste travi erano unite tra loro da anelli di ghisa decrescenti, e concorrevano all'anello minore, di diametro m. 1,00, sul quale poggiava un tubo verticale di legno (v. fig. 7).

Sopra tale soffitto fu eseguita una specie di vólta conica di muratura con pietre da taglio, ed in tutto il rimanente spazio anulare fu fatto un riempimento con calcestruzzo di cemento Portland.

La camera d'equilibrio, di diametro quasi eguale a quello del cilindro sottostante, aveva altro cilindro concentrico di diametro m. 1,40, e la zona di forma anulare era divisa in due da tramezzi verticali di lamiera: in tal modo il vuotamento delle materie di scavo (fatto per mezzo di secchioni) era continuo, funzionando alternatamente le due camere d'equilibrio per cacciar fuori il materiale.

Raggiuntosi e spianato il fondo stabile di posa, si eseguiva un primo strato di smalto di centim. 25 ben pistonato ed intonato, e

(*) Le prime fondazioni eseguite con cassoni metallici sono quelle pei ponti francesi di Voulte e di Culoz sul Rodano (1860), di Lorient sullo Scorff (1862) e di Nantes sulla Loire (1863); i ponti italiani di Piacenza (1863) e di Mezzanacorti (1864) sul Po; ed i ponti tedeschi di Königsberg sul Pregel (1864) e quello di Stettino sull'Oder (1866).