

G 71

DISSERTAZIONE E TESI

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino

DA

OPISSO GIOVANNI

da Sestri-Ponente

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

Ingegnere laureato



TORINO 1869.

Tipografia Fodratti, Via Ospedale, 24.

AI MIEI GENITORI

ALBERT KENTON

CENNI

SULLE FONDAZIONI IDRAULICHE

Affinchè un edificio qualunque, soddisfaccia alla condizione d'una solidità a tutta prova, e d'una durata indefinita, non basta che le diverse parti superiori al suolo sieno costrutte con buoni materiali, messi in opera secondo le sane regole dell'arte, e che abbiano le dimensioni sufficienti a resistere agli sforzi cui devono andar soggette; ma è anzitutto indispensabile che esso riposi su una base sicura ed inalterabile. Gli errori commessi nella costruzione di questa base, detta comunemente fondazione, son sempre difficili ad emendarsi, e non di rado irreparabili. Onde è che la scelta del metodo di fondazione, non che dei mezzi atti a ben eseguirla, devono essere oggetto capitale di studio per l'Ingegnere.

I terreni, sotto il punto di vista delle fondazioni, possono dividersi in terreni incompressibili ed inalterabili dall'acqua, in terreni incompressibili, ma suscettivi d'essere stemprati e resi mobili dall'acqua, in terreni compressibili e mobili.

Si mettono fra i primi i banchi di roccia più o men duri e compatti, purchè abbiano una grossezza ragguardevole e non riposino su strati compressibili e mobili. La seconda categoria comprende

i così detti terreni frammentarii e le argille. Sono terreni frammentarii i depositi di ciottoli, di ghiaja, di sabbia; i quali se asciutti, offrono una base sicura, ma sono di pochissima consistenza, e sfuggono lateralmente alle pressioni se impregnati d'acqua. Le argille sono impermeabili all'acqua; ma le fessure dalle quali sono attraversate, e il rinvenirsi per lo più alternate con banchi d'altre sostanze, fa sì che il banco argilloso sdruciolò con facilità trascinandò seco le costruzioni impiantatevi. Finalmente sono terreni compressibili e mobili, il terreno vegetale, i terreni torbosi, e tutte le terre smosse.

Per eseguire gli assaggi del terreno si possono usare diversi strumenti; lo scandaglio, la trivella, l'imbuto a sabbia sono i più comuni ed usati.

Lo scandaglio non è che una sbarra di ferro della grossezza di m. 0, 04 a m. 0, 05 che si affonda nel terreno da esplorare. Verso la sua estremità inferiore porta degli incavi conici, più larghi in basso, i quali si riempiono delle particelle del terreno attraversato nel mentre che la sbarra rimonta. Questi incavi sono preventivamente riempiti di sego, perchè non vi possa penetrar terra nella corsa discendente della sbarra.

Nelle terre ordinarie, nelle argille, nella sabbia consistente, si fa uso della trivella; la quale si compone d'una o più sbarre di qualche centimetro di lato, fissate sul prolungamento l'una dell'altra, e munita all'estremità sua inferiore di succhiello od altro utensile a seconda della natura del terreno.

Pei terreni sabbiosi impregnati d'acqua, ed in generale nei terreni acquitrinosi serve assai bene l'imbuto a sabbia; consistente in un cilindro di lamiera di ferro, diviso in due parti da un diaframma, sul quale è applicata una valvola che s'apre di basso in alto. Nell'approfondirsi la valvola vien spinta fuori, ed il terreno s'introduce nel cilindro; ritirando lo strumento la valvola si abbassa, impe-

dendo così alla materia di sortire pel foro che le ha dato passaggio.

Questi diversi strumenti varranno a darci un giusto concetto sulla natura del terreno, se avrem posto mente alla natura degli strati attraversati, alla diversa loro profondità ed al tempo impiegato per eseguire le diverse perforazioni.

Prima di accennare i diversi sistemi di fondazioni idrauliche che la pratica ha sancito come i migliori, premetteremo che sempre i lavori medesimi di fondazioni esigono indistintamente l'impianto preventivo di ponti di servizio, di impalature che devono essere al riparo delle massime piene se si opera nei corsi d'acqua corrente o nei laghi. Il più delle volte sono formati semplicemente da due o più file di pali, coronati da correnti longitudinali, e consolidati da tavole che di tratto in tratto si inchiodano sui correnti medesimi.

Le spese di costruzione dei ponti di servizio sono talora assai considerevoli; ed è perciò che quando si fa precedere l'asciugamento si cerca di schivarle, utilizzando le costruzioni speciali dette comunemente ture.

Oggetto delle ture, come indica la parola, è di intercettare per quanto è possibile ogni comunicazione fra il sito in cui vuolsi fondare e le acque circostanti. Sonvi le ture di cinta, e le ture di fondo, e secondo i materiali adottati nella loro costruzione, le ture in terra e le ture in calcestruzzo.

Per piccole altezze d'acqua è sufficiente piantare una fila di pali contro i quali si applica una parete di tavole, destinata a sostenere una diga in terra. Se l'altezza dell'acqua eccede m. 1, 50, si piantano allora due file parallele di pali, ed a vece della parete di tavole impieghansi delle palancate. Lo spazio così compreso fra le due file di pali lo si escava dapprima; e poscia riempiesi con della terra franca oppure con terra vegetale mista a calce idraulica. L'andamento perimetrale della tura è quello stesso della fondazione

da eseguirsi; in quanto alla grandezza, giova ricordare che devesi lasciare uno spazio libero fra la tura ed il paramento dell'opera. Se il terreno sopra il quale appoggiano le ture non è impermeabile, delle numerose infiltrazioni si manifestano sul fondo, ed è in tal caso necessario soffocarle o con globi di terra asciutta (che aumetando di volume nello stemprarsi, serve ad otturare le fessure) o con sacchi di tela riempiti della stessa terra, o meglio ancora con un miscuglio di calce idraulica e di malta. Impiegasi sovente una specie di tubo, in cui l'acqua può elevarsi fino al livello esterno, il qual tubo, ordinariamente di lamiera o di piombo, termina inferiormente con una parte ad imbuto che deve contenere tutti i getti della sorgente.

Allorchè questi processi non riescono efficaci, si ha ricorso alle ture fondali. Dopo aver regolarizzato il fondo su cui vuolsi elevare l'opera murale, si spande su tutta la superficie uno strato di terra franca, e la si ricopre in seguito con una piattaforma di tavoloni ben calafatati che si fa discendere e si mantiene sul fondo con un carico di pietre. Per affondare poi il pavimento in legname, se questo abbia forti dimensioni, giova dividerlo in diversi scompartimenti, e questi successivamente affondare dirigendoli col mezzo di guide verticali in legno ed in ferro. Alle ture di fondo ora descritte, si sostituiscono vantaggiosamente le ture in calcestruzzo; queste costituiscono come una platea generale su cui la pressione vien ben ripartita, e s'oppongono alle corrosioni che tendono a scalzare e a denudare le nostre fondazioni. Per riuscire a coprire un determinato spazio con una massiciata di calcestruzzo messo in opera nell'acqua, è necessario avere delle precauzioni particolari. Il calcestruzzo infatti gettato in acqua corrente si dilava prontamente; se vi sono sorgenti sul fondo, cade il pietrisco, ma si disperde egualmente la malta, formando così quei depositi che producono poi una soluzione di continuità fra i diversi strati di calcestruzzo.

A garantirsi dall'acqua delle sorgenti, giova l'impiego d'una tela incatramata, ampia abbastanza per ben coprire il fondo, al disotto della quale poi dei canali in legno od in ghisa procurano facile sfogo alle acque di filtrazione. Ad evitare i depositi fangoso-calcarei che si fanno man mano che il calcestruzzo viene immerso, si effettua dagli operai lo spurgo, col mezzo di un rastrello costituito da un foglio di lamiera ritagliato a denti, ed attaccato ad un'asta in legno che serve di manubrio.

Le spese eccessive richieste dallo stabilimento delle ture, e dal prosciugamento, l'impossibilità di stabilire in alcune località tali recinti, hanno condotto i costruttori a ricercare i mezzi di diminuire l'entità dei prosciugamenti ed anche di sopprimerli intieramente. Così per fondare in terreno ghiaioso s'ebbe ricorso ai cassoni senza fondo, fatti galleggiare dalla riva fino al sito opportuno, e quivi affondati con pesi uniformemente distribuiti sul contorno superiore. Affondato il sistema si battono i pali e le palanche fino al rifiuto voluto, e si prende quindi ad escavare il terreno, onde stabilirvi sopra la base della fondazione mediante una massicciata di calcestruzzo.

Altro processo di fondazione che dispensa da ogni prosciugamento è quello dei cassoni con fondo. Dopo di avere mediante escavazioni subacquee levato il primo strato melmoso, si affondano dei pali e si tagliano sott'acqua con macchine speciali in guisa da disporre le teste in uno stesso piano orizzontale. Si fa quindi una gettata in corrispondenza alla palificazione, onde riempire tutti gli interstizii lasciati dalle sporgenze dei pali sul fondo. Si sarà intanto costruito e messo a galla un cassone a pareti movibili che si conduce al posto che deve occupare la fondazione. Lo si mantiene esattamente in posizione mediante anelli di ferro infissi nelle pareti esterne ed in cui vengono infilati dei montanti verticali piantati solidamente, che gli impediscono ogni movimento tranne quello di ascesa e di discesa.

Si eleva la muratura sul fondo del cassone come su di una piattaforma qualunque; quando il cassone è vicino a toccar il fondo per il peso della muratura è bene determinare l'affondamento completo col mezzo d'un sovracarico amovibile, perchè qualora si riconosca che il cassone non è perfettamente a posto, non si ha che a levare il sovracarico per rimetterlo a galla e rettificarne quindi la posizione. Una volta che la muratura abbia oltrepassato il pelo dell'acqua, si levano le pareti del cassone restando solo il fondo che serve di base alla fondazione. I cassoni devono in generale offrire forme perimetrali simili a quelle delle murature che vi si costruiscono; restando però uno spazio libero fra le pareti interne ed il paramento, perchè i muratori possano liberamente lavorarvi.

La struttura del fondo d'un cassone deve corrispondere allo stato del suolo su cui dovrà giacere. Quando deve posare su di un terreno sodo, semplicemente uguagliato a livello, il fondo del cassone è composto di travi longitudinali e trasversali, congiunti a modo di graticola, alla quale è applicato inferiormente o superiormente una piattaforma di tavoloni ben connessi e calafatati a prova d'acqua. Quando invece il cassone deve giacere su di una palificazione il miglior espediente da adottarsi è quello di formarne il fondo d'una serie di correnti a contatto l'un dell'altro, incassati all'intorno in un zoccolo, ed incatenati da chiavarde, ommettendo il rivestimento di tavoloni che è inutile qualora le unioni dei correnti sieno a perfetto combaciamento e calafatate a tenuta d'acqua.

Prima di procedere innanzi credo opportuno il dire alcune cose sul modo di correggere l'indole cattiva del fondo sopra cui vogliamo fondare. Quando il fondo sodo che deve costituire la vera base di un edificio, giace a qualche profondità sotto la superficie del suolo, in due diverse maniere si può eseguire la fondazione dei muri:

1°, o per escavazione 2°, o per palificate. Con la prima i muri vanno ad essere immediatamente stabiliti sul sodo; con la seconda il fondo solido non sostiene i muri immediatamente, ma mediante un castello intermedio di robusti pali. La fondazione per escavazione consiste nello scavar tante fosse o trincee, profondate a modo da rendere scoperto il fondo sodo larghe quanto abbisogna per potervi fabbricare entro i muri delle prestabilite grossezze. Per mezzo poi della palificazione fondale si stringe il terreno in modo da ridurlo a quel grado di condensamento di cui è suscettibile, e porlo per conseguenza al sicuro da qualunque successivo cedimento sotto il carico dei muri. Alcune specie di terreni si possono anche correggere con un espediente assai semplice; consiste questo nel comprimere a più non posso il fondo, battendo a rifiuto di pesanti magli, vale a dire finchè sia calato a segno, o portato a tal grado di consistenza che vani riescano nuovi colpi a renderlo più compatto. Si hanno a Venezia molti edifizii eretti nel secolo decimoquarto, sostenuti non già da una palificazione, siccome gli altri furono posteriormente, ma bensì da un'ampia base o platea generale di muro, stabilita sopra uno strato di terra ben costipato, in cui si ravvisano non equivoci segni di un'anticipata compressione artificiale; codesti edifizii, fra i quali si annovera quello delle vecchie procuratie, non sono andati soggetti a rilevanti alterazioni, mentre molti di quelli fondati per palificazioni danno a divedere con molteplici lesioni, gli irregolari cedimenti del fondo sul quale furono elevati.

L'unico appiglio che rimane alla pratica per quanto possa calcolarsi sulla stabilità d'un fondo palificato, o semplicemente battuto, è quello che si trae dalle osservazioni del Perronet. Risulta da tali osservazioni che un palo del diametro di m. 0, 25 battuto a rifiuto de' magli, soliti ad essere adoperati in tali operazioni è capace di mantenersi saldo sotto un carico di chilogrammi 25000; e che un palo del diametro di m. 0, 32 vale a sostenere un peso di chi-

logrammi 50000. In corrispondenza del primo di questi dati un terreno battuto a rifiuto di quei magli che comunemente servono all'affondamento dei pali mezzani, potrebbe essere stato capace di tenersi immobile sotto un carico non maggiore di chilogrammi 5091 per ciascun decimetro quadrato della base; ed a norma del secondo la stabilità d'un terreno battuto a rifiuto dei più pesanti magli di cui è solito farsi uso, potrebbe valtersi di chilogrammi 6821 per decimetro quadrato. La prudenza suggerirebbe invero di non mettere a tali estreme prove la resistenza d'un fondo per quanto saldo si fosse mostrato sotto i colpi de' più pesanti magli; ma per buona sorte le fabbriche anche più imponenti ordinariamente son tali che producono sulle basi fondamentali dei muri, carichi di molto inferiori agli addotti limiti.

Ove i rimedii diretti per correggere l'indole cattiva del fondo si giudichino inefficaci, ovvero non applicabili alle circostanze del sito, conviene aver ricorso ai rimedii indiretti. Il più ovvio e il più usitato si è quello di ampliare la base a segno che il carico, equabilmente scompartito sopra di essa, divenga incapace di schiacciarla, o quand'anche valga a produrvi qualche cedimento, possa questo aver luogo in modo uniforme in tutti i punti della base premuta, senza pericolo che questa perda la sua orizzontalità, e che ne derivino degli strapiombi o alterazioni d'altra sorte ne' muri sovrapposti.

Fu questo il metodo di cui sembra che più volentieri si valessero gli antichi, del quale abbiamo osservato essersi fatto felicemente uso un tempo a Venezia, e che frequentemente è stato adoperato dai moderni costruttori all'opportunità dei casi, segnatamente nelle grandi costruzioni d'edifici marittimi e fluviatili. In tal guisa afferma il Belidor d'aver veduto gittare i fondamenti d'uno de' moli della nuova darsena di Tolone; e non in altro modo ci fa sapere il Gauthier essere stato fondato il ponte di Roanne sul fiume Loire. Nella

fondazione del ponte di Moulins sul fiume Alier fu prima disteso uno strato di terra argillosa alto m. 0,32 sul letto naturale espurgato e spianato a livello; quindi sullo strato d'argilla fu assestato un suolo di tavoloni ben connessi l'uno con l'altro e tenuto fermo al fondo con un carico provvisionale di assi; dopo di che poste in azione le macchine per l'esaurimento dell'acqua, dal recinto della fondazione che a tale effetto era stato preventivamente chiuso per mezzo di ture, fu costrutta una platea generale di muro in pietre irregolari, alta m. 1,50 e coperta d'un suolo di pietra da taglio, sul quale furono piantate le pile del ponte. Lo strato d'argilla ed il tavolato non ebbero altro scopo che quello di comporre una tura fondale per impedire le scaturaggini dell'acqua dal fondo. Ma per lo più le platee generali nei luoghi ingombrati dall'acqua si costruiscono in bitume, ed in tal caso non è d'uopo di ture nè fondali nè di cinta, e basta solo di recingere il sito designato con paratie che impediscano il disperdimento della materia, e l'obbligino a stare raccolta ed assodarsi entro il recinto, come dentro una forma.

Le platee generali di muro offrono il modo più sicuro di fondazione negli alvei dei fiumi e del mare quando il fondo non è abbastanza tenace per resistere alla forza escavatrice della corrente come l'arena e la ghiaja, sebbene potesse essere stimato incompressibile a modo da poter sostenere saldamente il peso dell'edifizio. In generale poi le platee d'opera murale sono preferibili ai zatteroni di legname, perchè questi è pur sempre da temersi che col tempo deperiscano, mentre un buon muramento con l'invecchiarsi diviene ognor più duro, nè per veruna influenza viene mai ad alterarsi, e perchè inoltre la muratura si accomoda mentre è molle a qualunque irregolarità della superficie del terreno, onde si trova a quello appoggiata in ogni punto, mentre un tessuto di legname è ben difficile che si ponga ad un perfetto contatto del fondo, e

che in qualche parte di esso non posi in falso, e sia quindi in pericolo di cedere sotto l'azione continuata del carico che gli va sovrapposto. E sembra altresì potersi generalmente presumere che la stabilità fondamentale di un edificio, quando si debba costruire sopra un letto naturale di materia instabile, in nessun altro modo avvien tanto sicura, quanto con l'espedito d'una solida platea generale atteso che le palificazioni e la compressione artificiale del terreno, comunque eseguite a rifiuto di pesanti magli, non tolgono mai a pieno il sospetto di posteriori cedimenti, avendo mostrato l'esperienza, che talvolta i pali, quantunque alla prima sembrasse che, spinti ad una certa profondità, sfidassero l'impeto dei più gravi magli, passando un certo tempo, non furono gran fatto restii ad entrar maggiormente in terra, venendo di bel nuovo sottoposti alla percussione.

Se non che non di rado le circostanze del sito in cui deve essere eretto l'edificio oppongono ostacoli insuperabili alla costruzione d'una platea, o se non altro ne rendono soverchiamente malagevole e dispendiosa l'esecuzione, e costringono per conseguenza a preferire il sistema della fondazione per palificate sia di sostegno sia di condensamento, le quali pure quando siano studiosamente accomodate alle condizioni del luogo e della fabbrica, non lasciano di prometter quella stabilità fondamentale che è il principale elemento della sicurezza di un edificio.

Alcune volte si rende utile ed anzi necessario di fortificare i zatteroni di fondazione con una cinta di pali o di palanche, sia per porre un freno a quei cedimenti che potrebbero derivare dall'espansioni laterali del fondo sotto il carico dell'edificio, sia per isviare i perniciosi effetti di quei sconvolgimenti che il corso o l'agitazione violenta dell'acqua potrebbero produrre nel fondo interno alle basi nei muri piantati nei fiumi o nel mare.

Talvolta accade che dovendosi fabbricare nel mare o in qualche

fiume sopra un fondo incompressibile, ma pur capace di essere sconvolto dai movimenti irregolari o vorticosi dell'acqua, senza che sia d'uopo nè di zatteroni nè di platea, basta soltanto di premunire all'intorno le aree sulle quali debbono erigersi le masse murali con profonde e robuste incassature di pali e di palanche, e non di rado per maggior sicurezza, affine di impedire lo sconvolgimento del fondo intorno alle basi dei muri, esteriormente alle anzidette incassature si piantano a qualche profondità dei lavori di fascinate o di sosta; che se la troppa altezza dell'acqua si opponesse talvolta alla regolare costruzione di questa sorta di difese fondali, si potrà supplire circondando le basi dei muri con una sassaja, cioè con una corona di sassi, calati a fondo in modo che vadano tutti a stivarsi con buon ordine intorno al piede del muro, e scelti di tal volume che la forza della corrente e de' suoi moti vorticosi non possa esser valevole a smuoverli.

Il migliore tra gli spedienti di cui l'arte si giova per la costruzione dei muri di fondamento entro l'acqua del mare si è quello delle fondazioni a scogliera, detto anche dai francesi a pietre perdute. Consiste nel radunare una quantità di scogli di mole ragguardevole sull'area delle fondazioni gli uni addosso agli altri, fino ad un metro circa sotto il livello delle acque, in guisa che la tenue falda fluida soprastante non possa impedire che si formi nella scogliera una massa unita di muramento in bitume e sassi, fino a m. 0,3 circa sotto il pelo magro ove spianatane la sommità a livello, si potrà stabilire il primo letto di pietra da taglio, destinato a ricevere sopra di se fuori dell'acqua la continuazione della muratura coi metodi ordinarii. Questo modo di fondazione è particolarmente usitato nelle costruzioni di grandi muraglioni o moli di porti. Noi ci limiteremo ad addurre le norme più essenziali circa la forma e la struttura di queste scogliere, seguendo i documenti del Belidor, il quale si è diffuso sapientemente intorno ad ogni sorta di

operazioni appartenenti alla fondazione dei grandi edifizii idraulici.

Si segna in mare il contorno della scogliera, in corrispondenza del piano e dei disegni dell'opera, disponendo in forma di segnali dei galeggianti di sughero, i quali non possono cangiar di posizione attesochè ciascuno di essi è ritenuto da una funicella legata ad un sasso mandato a fondo a sito opportuno. Agli angoli si piantano dei pali, ed a questi si raccomandano delle pertiche prominenti con biffe affinchè questi punti principali siano visibili ad una certa distanza per norma delle operazioni.

Si espurga il fondo entro il segnato recinto dell'opera, adoperando a tal uopo i grandi cavafanghi marini, e ciò a fine di rimuovere la materia limacciosa, la quale renderebbe la scogliera soggetta a troppo forti e pericolosi assestamenti. Acciocchè poi la scogliera riesca stabile contro l'agitazione dei flutti è d'uopo che le sue sponde abbiano almeno 2 di base per 1 di altezza. Gli scogli si si debbono mandare a fondo con ordine tale che se ne formino come tanti strati gli uni sugli altri. E devesi procurare che gli scogli più grossi prendano posto sulle sponde della scogliera, serbandando quelli di minor mole per la riempitura intermedia. I vani fra scoglio e scoglio devono riempirsi di pietrame minuto.

Possono negli strati più bassi della scogliera impiegarsi degli scogli di minor volume di quelli che debbono adoperarsi più in alto, ove la violenza dell'acqua è maggiore nelle burrasche. L'esperienza ha dimostrato che anche nelle più burrascose agitazioni le acque si mantengono quasi in una perfetta calma alla profondità di otto metri sotto la superficie del mare e che quivi per conseguenza le più piccole pietre sono capaci di rimanersi immobili, e che alla profondità di cinque o di quattro metri il turbamento dell'acqua è ben poco sensibile, aumentandosi poi a dismisura l'impeto delle onde verso la superficie dell'acqua.

Avanzata la scogliera fino ad un metro o poco più sotto il pelo

basso del mare, e colmatine gli interstizii con sassi minuti, si deve lasciar passare un anno prima di venire alla costruzione della piattaforma in muramento di bitume, affinchè in questo tempo per le scosse del mar tempestoso gli scogli prendano le posizioni più confacenti al vicendevole loro contrasto ed il sistema giunga perfettamente ad assestarsi.

In sommità della scogliera si costruirà la piattaforma, versandovi prima uno strato di bitume, composto di arena, pozzolana, calcina viva, e piccoli sassi, e quindi stendendovi sopra dei sassi un poco più grossi, calcati con una zappa piatta affinchè si conficchino nel bitume, ripetendo alternativamente quest'alternativa disposizione di bitume e di sassi, fino a m. 0,3 sotto il pelo magro, ove si congruaglierà a livello l'ultimo strato superiore sul quale deve essere posato il primo letto del muramento in pietra da taglio. Pel versamento del bitume affinchè questo non si disperda attraversando la falda fluida, si fa uso di mastelli a fondo amovibile o d'altri opportuni ordigni.

Si costruiscono anche delle scogliere in mare, non per fondamento ma per fortificazione dei moli contro il furore delle burrasche. Al porto di Civitavecchia si erano sempre difesi il molo di Levante e l'antemurale, che sono i più minacciati dalle tempeste per mezzo di scogliere esterne, composte di piccoli scogli, i quali dal mar tempestoso venivano scompaginati, e molti di essi trascinati ad ingombrar le bocche, onde continua era la necessità di rinforzar la difesa e di sbarazzare le foci del porto. Ma dacchè s'è potuto impiegare scogli di maggior mole e si è introdotto l'uso di legare insieme i massi, murandoli con malta di pozzolana, le scogliere son divenute per così dire inespugnabili, e non v'ha esempio che neppure uno scoglio sia più stato svelto od ingojato dal mare.

La maniera di fondare a scogliera, siccome è la più semplice e

facile, così sta nella natura delle cose che rimonti alla più remota antichità, e Belidor è d'avviso « che fosse molto usitata dagli antichi che non hanno trovato mezzi più sicuri e più comodi per istabilire le grandi opere che eseguirono nei loro porti. » Tacendo degli altri mirabili porti con moli fondati a scogliera dagli antichi perchè non più esistenti, e dei quali si può trovar la descrizione nel Belidor, ci limiteremo ad accennare quello di Civitavecchia, costruito sotto l'impero di Trajano, i cui tre moli esistono tuttora, mentre niun altro molo abbiamo dei moltissimi edificati sotto il Romano impero con altri sistemi. La consolidazione delle scogliere per opera del tempo è un fatto che Belidor ci consegna nei seguenti termini: « In questi ultimi tempi, alla barriera di Bajona si ebbero le gravi difficoltà a distruggere alcune estremità di dighe fatte anticamente a pietre perdute; si trovarono tanto indissolubili come se fossero state legate col miglior cemento. Si osservò nello staccarle che la cagione principale della loro unione era un limo nero e glutinoso sparso di piccole conchiglie e di erbe, i cui sali verosimilmente si attaccavano a quelli della pietra, il che avviene specialmente quando è alquanto spugnosa. » In epoca più recente (1283) la fondazione a scogliera fu praticata nel molo vecchio del porto di Genova, successivamente dopo il 1553, in un altro tratto dello stesso molo per la lunghezza di 600 passi: al porto di Malamocco nella seconda metà del secolo decimosesto, e più tardi nel molo nuovo pure del porto di Genova, quindi nei moli di Barcellona, Cadice, Valenza, alla gran diga di Cherbourg ecc.

Alcune delle più importanti opere a scogliera formate in tempi moderni invece di essere fatte nel modo accennato, con scogli cioè di sufficiente volume, lo furono con piccole pietre, ciascuna di un volume inferiore a quanto è necessario per resistere alla violenza delle onde, ed anche sovente di minimi sassi ricoperti appena nella zona superiore, dal lato del largo, con qualche scoglio

di volume alquanto maggiore. Di questo genere di scogliere fornisce luminoso esempio la gran diga di Cherbourg. La intera massa della diga per ragioni di economia, e per le difficoltà dei trasporti era composta di minimo pietrame di un quinto di piede cubo, che venne poi protetto con alcuni scogli, il volume dei quali, inferiore ad un metro cubo dapprima, fu portato più tardi fino a tre metri cubi. Nelle scogliere formate in quel modo i massi non avendo il volume necessario per resistere all'impeto delle onde, quelli che si trovano esposti nella zona di massima azione sono travolti, e disposti dal mare stesso lungo la spiaggia esterna in forma d'una spiaggia artificiale a piano inclinato. Tuttavia nelle scogliere così eseguite, se le onde le investono in senso obliquo, i massi possono scorrere longitudinalmente lungo la scarpa ed essere tratti per una certa estensione ad ingombrare le bocche del porto.

Formata una scogliera l'esperienza ha dimostrato, e gli autori concordemente ammettono, che nel prendere il suo stabile assetto vien ribassando d'una quantità notevole. Questo ribassamento rapidissimo nel primo anno, diminuisce progressivamente nel secondo e nel terzo, diventa insensibile dopo il quarto.

Stabilita la sovrastruttura, quando sia trascorso anche il secondo anno dacchè venne formato l'imbasamento, abbiamo veduto che tuttavia lievissimi cedimenti accaggiono ancora e nel terzo e nel quarto anno; potranno cioè accadere leggieri diformazioni ed ondulazioni nell'orizzontalità di primi strati di conci della sovrapposta muratura, diformazioni che verranno compensate negli ultimi strati, i quali si collocheranno espressamente più tardi ed a livello, come appunto fu praticato nella sovrastruttura della diga di Cherbourg: potranno occorrere lievi riparazioni alla massa della sovrastruttura richieste da sconessioni di qualche parte della medesima, cosa tuttavia di poco rilievo e di niun detrimento alla solidità dell'opera.

OPISSO GIOVANNI

Tesi Libere

Macchine a vapore e Ferrovie

Resistenza alla trazione sulle ferrovie.

Costruzione.

Formole fondamentali sulla flessione.

Geometria Pratica

Determinazione analitica di un punto, per mezzo di altri tre dati di posizione.

Corso di Meccanica ed Idraulica.

Teorema di Torricelli.

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

1881

1882

1883

1884

1885

1886

1887

1888

1889

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

1899

1900

1901

1902

1903

1904

1905

1906

1907

1908

1909

1910

1911

1912

1913

1914

1915

1916

1917

1918

1919

1920

1921

1922

1923

1924

1925

1926

1927

1928

1929

1930

1931

1932

1933

1934

1935

1936

1937

1938

1939

1940

1941

1942

1943

1944

1945

1946

1947

1948

1949

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

1974

1975

1976

1977

1978

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989

1990

1991

1992

1993

1994

1995

1996

1997

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

2025

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879