Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Nouvelles cales sèches dans les ports de Gênes et Naples

Autor: Krall, G. / Straub, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2978

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VI 4

Nouvelles cales sèches dans les ports de Gênes et Naples.

Neue Trockendocks in den Häfen von Genua und Neapel.

New Dry-Docks in the Harbours of Genoa and Naples.

Professor Ing. G. Krall und Dipl. Ing. H. Straub,
Rom.

Le projet des deux nouvelles grandes cales sèches dans les ports de Gênes et de Naples, qu'entre temps l'on a commencé à construire, et qui appartiennent aux ouvrages les plus grands et les plus audacieux de leur genre, a soulevé quelques problèmes statiques qui sont d'un intérêt général.

Les deux ouvrages possèdent les mêmes dimensions:

ouverture entre les parois longitudinales: 40,0 m;
profondeur de la cale 14 m au dessous du niveau moyen des eaux;
épaisseur des parois longitudinales: 9,0 m (cf. fig. 1—3).

Le comportement statique des deux ouvrages est cependant foncièrement différent en ce sens que la cale de Gênes est fondée sur le rocher, tandis que celle de Naples repose sur un terrain sablonneux.

A. Cale sèche de Gênes.

Les travaux exécutés avec emploi de l'air comprimé furent limités par le procédé de construction choisi: on a d'abord établi les parois longitudinales et la paroi frontale, ainsi que la corniche de la porte extérieure. Après la mise en place de la porte flottante, la cale est fermée de tous les côtés et l'on peut en pomper l'eau de telle sorte que le bétonnage de la base et l'exécution des murs de revêtement peuvent se faire à sec. Cette méthode de construction possède cependant un inconvénient, en ce sens qu'avant l'exécution de la base, les parois longitudinales doivent transmettre toute la pression extérieure de l'eau directement sur le rocher, car durant cette période de la construction la base qui renforce les deux parois longitudinales lorsque l'ouvrage est terminé n'existe pas encore. Comme dans le cas de la nouvelle cale sèche de Gènes, le rocher se trouve en moyenne de 5—6 m au dessous de la base définitive, la sollicitation des parois longitudinales durant cette période de la construction est plus défavorable que dans l'ouvrage terminé. Fait qui nous a obligé à utiliser la méthode de calcul représentée dans la suite.

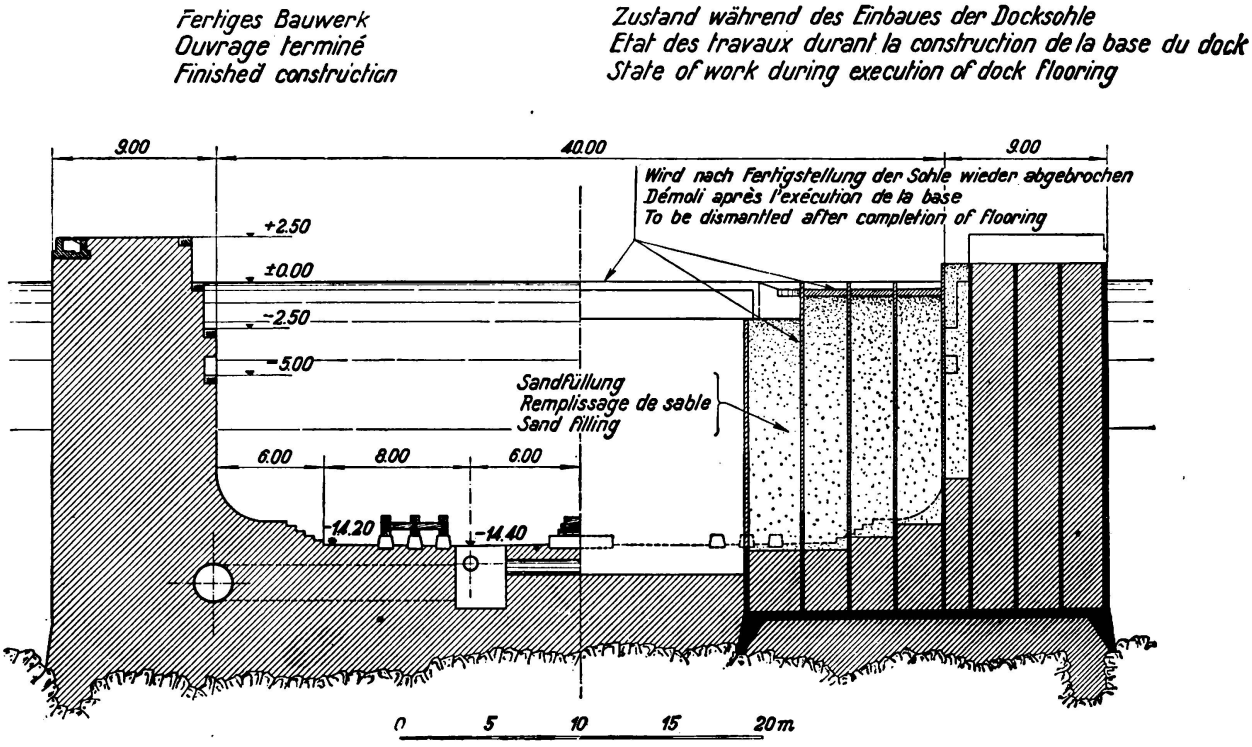

Fig. 1.

Coupe à travers la cale sèche de Gênes.

La paroi frontale et les parois longitudinales sont constituées par des caissons de béton armé qui furent abaissés au moyen de l'air comprimé jusque sur le rocher résistant et imperméable. Pour les raisons que nous avons indiquées ci-dessus, nous avons choisi la disposition des caissons représentée aux figures 4 et 5. Les différents caissons sont disposés d'une façon alternative, longitudinalement et transversalement, de telle sorte qu'ils forment dans leur ensemble une paroi de retenue non continue. Dans les caissons longitudinaux les parois intermédiaires sont disposées de telle sorte que l'on obtient un arc vertical par

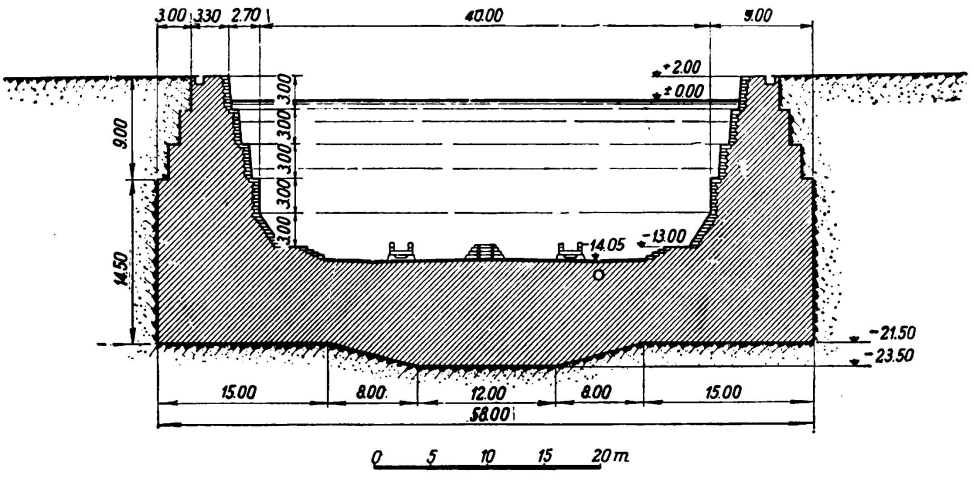

Fig. 2.

Coupe à travers la cale sèche de Naples.

remplissage d'un nombre de cellules par du béton résistant; les caisons transversaux agissent comme des piles. Deux piles placées l'une en face de l'autre sont en outre reliées en-haut par une membrure de compression. Après l'exécution de la base de la cale, on démolit les membrures de compression et les parties des piles qui dépassent à l'intérieur de la cale.

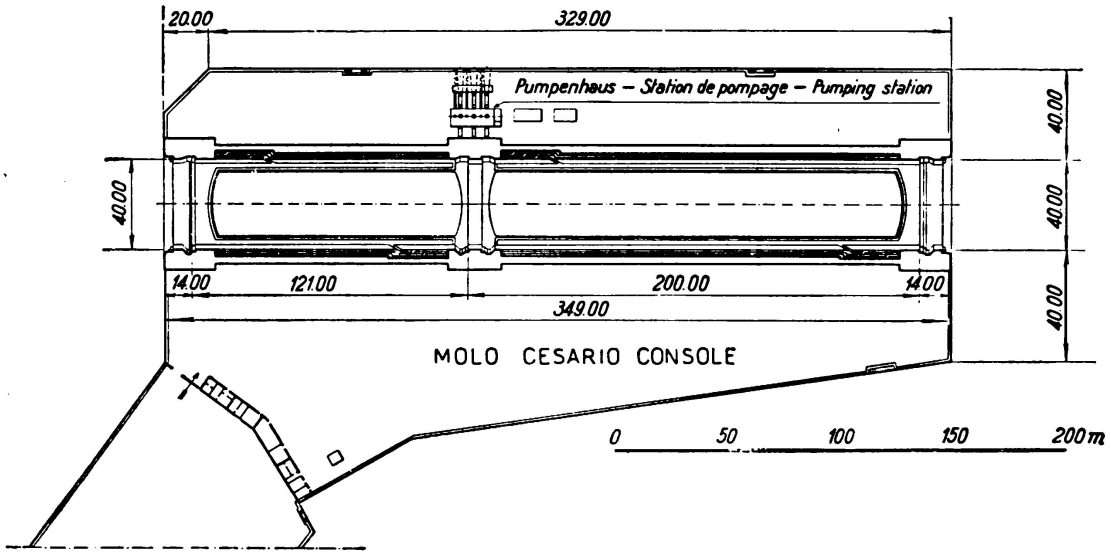

Fig. 3.

Plan de la cale sèche de la Naples.

Durant la période de construction que nous venons d'esquisser, la pression de l'eau est en partie supportée par la paroi longitudinale encastrée dans le rocher, mais en partie aussi transmise dans les piles par les voûtes. Pour déterminer la stabilité il est nécessaire de connaître la façon dont la pression se répartit sur les deux systèmes[1].

Si l'on désigne par p_o la pression maximale de l'eau qui se produit à l'encastrement, on peut écrire pour la fraction directement transmise de la paroi

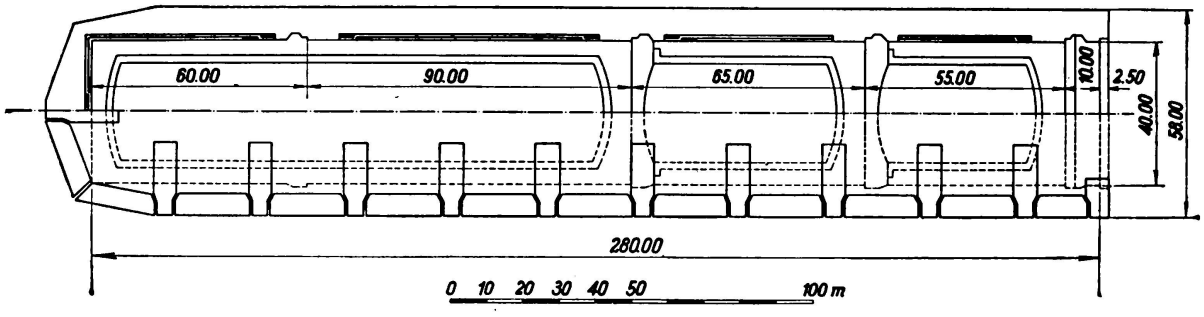

Fig. 4.

Plan de la cale sèche de Gênes.

[1] cf. *G. Krall:* Problemi inerenti alla costruzione del nuovo Bacino di Carenaggio a Genova: Annali dei Lavori Publici 1935. — Fasc. II Roma —.

longitudinale sur le rocher l'expression

$$p'(x, y) = p_o \left(\frac{x}{h}\right)^m \cdot \frac{1 - \frac{\cos 2\pi}{l} \cdot y}{2} \qquad \text{(cf. fig. 6)} \qquad (1)$$

L'allure à peu près sinusoïdale des surfaces p' dans le sens horizontal peut s'obtenir directement de la méthode de travail esquissée pour la paroi de retenue; un petit écart éventuel n'a d'ailleurs aucune influence sur le résultat final.

L'hypothèse d'une allure parabolique dans le sens vertical donne la possibilité de concevoir le problème mathématiquement. Le mode de répartition déterminant pour la stabilité, entre la paroi et les piles s'exprime complètement dans la grandeur de l'exposant m.

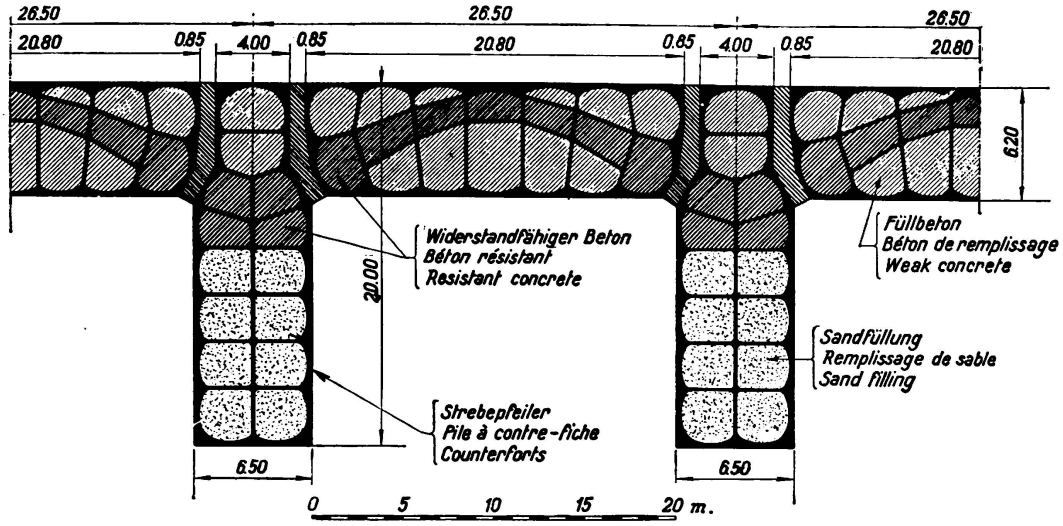

Fig. 5.

Cale sèche de Gênes: Disposition des caissons.

La solution se fait comme d'habitude en égalant les déplacements des deux systèmes élastiques, dans la forme:

$$\varphi(m) = \psi\ [X(m);\ m] \qquad (2)$$

ou X représente la force dans la membrure supérieure de compression, et il faut établir les conditions indiquant que le système est en équilibre:

1° entre le demi-raccourcissement de la membrure de compression et le déplacement du bord supérieur de la pile et,

2° entre le fléchissement de la paroi médiane encastrée en bas et le déplacement de la clef de l'arc appuyé sur les piles. Cette dernière égalité doit exister pour un point situé à la demi-hauteur; un contrôle postérieur montre que l'égalité existe à peu près sur toute la hauteur.

Pour résoudre mathématiquement le problème nous avons établi d'abord pour les différents fléchissements et les lignes élastiques des expressions et nous avons déterminé séparément:

1° la ligne élastique de la bande de la paroi élastiquement encastrée au pieds sous la surcharge $p_o\left(\frac{x}{h}\right)^m$

2° le déplacement de la clef de la voûte sous la surcharge variable $p_o \cdot \frac{x}{h} - p'(x,y)$ pour des culées supposées invariables;

3° la ligne élastique du pilier encastré à son pieds et dont la charge se compose des réactions d'appui de l'arc qui doit supporter toute la pression de l'eau sur la largeur de la pile et de la réaction X dans la membrure de compression. Nous avons d'abord supposé que la pile est complètement encastrée au pieds;

4° la rotation additionnelle de la pile par suite de l'élasticité de la section d'encastrement;

5° le raccourcissement de la membrure de compression sous la charge X.

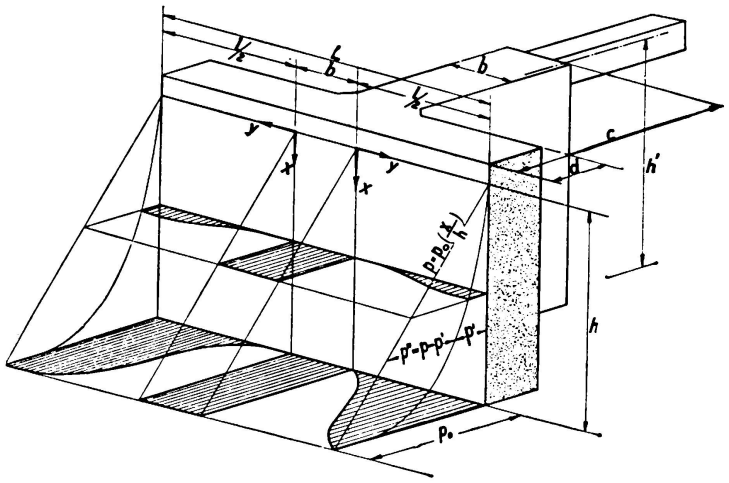

Fig. 6.

Cale sèche de Gênes: Répartition de la pression extérieure de l'eau sur la paroi longitudinale et sur la pile.

Dans ces expressions les fléchissements apparaissent comme fonctions des grandeurs m, de la force dans la membrure de compression X et, lorsqu'il s'agit des lignes élastiques des ordonnées x. Outre les dimensions des différents éléments de construction, le module d'élasticité des matériaux et la constante du sol C (coefficient de tassement), sont des constantes.

Si l'on désigne les différents déplacements suivant la succession ci-dessus par $w_1, \ldots, w_5$ les conditions prennent la forme suivante:

$$\frac{1}{2} w_5 = w_3 (x = h') + w_4 (x = h') \tag{3}$$

et

$$w_1 (x) = w_2 (x) + w_3 (x) + w_4 (x) \tag{4}$$

Si l'on pose dans l'équation (4), ainsi que nous l'avons déjà exposé, $x = \frac{1}{2} h$. ces deux équations ne contiennent plus que les inconnues m et X et la solution fournit la relation déjà connue (2):

$$\varphi (m) = \psi [X (m); m]$$

où

$$\varphi(m) = \frac{h^4}{E_m i}\left\{\frac{\left[\frac{m}{2}+1+\left(\frac{1}{2}\right)^{m+4}\right]}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)} + \frac{E_m}{2Ch}\frac{1}{(m+1)(m+2)}\right\}$$

$$\Psi[X(m);m] = \frac{l^4\left[1+\left(\frac{f}{a}\right)^2\right]}{64 f^2 E_a \cdot s}\left[1-0{,}6\left(\frac{1}{2}\right)^{m-1}\right]$$

$$+\frac{h^4 L}{120 E_m I}\left\{1{,}50+\left(\frac{1}{2}\right)^4 - \frac{l}{2L}\frac{120\left[\frac{m}{2}+1+\left(\frac{1}{2}\right)^{m+4}\right]}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)}\right.$$

$$\left. -\frac{X}{Lh}\left[60\frac{E_m}{Ch}\cdot\frac{h'}{h}+40\left(1-\frac{3}{2}\left(\frac{x'}{h'}\right)+\frac{1}{2}\left(\frac{x'}{h'}\right)^3\right)\right]\right\}+\frac{10 E_m}{Ch}\left(1-\frac{l}{2L}\frac{6}{(m+1)(m+2)}\right)$$

$$X(m) = \frac{1}{30}\left(\frac{h}{h'}\right)^2\frac{Ch}{E_m}(L\cdot h)\left\{\frac{1-\frac{l}{2L}\frac{30\left[(m+3)-(m+4)\frac{h-h'}{h}\right]}{(m+1)(m+2)(m+3)(m+4)}}{1+\frac{I}{F_p h'^2}-\frac{DC}{2E_p}+\frac{Ch'}{3E_m}}\right.$$

$$\left. +\frac{\frac{5E_m}{Ch}\frac{h'}{h}\left(\frac{l}{2L}\frac{6}{(m+1)(m+2)}\right)}{1+\frac{I}{F_p h_1^2}-\frac{DC}{2E_p}+\frac{Ch'}{3E_m}}\right\}$$

Dans ces équations:

E_m = module d'élasticité des caissons + le béton de remplissage (valeur moyenne)
E_a = module d'élasticité de l'arc vertical
E_p = module d'élasticité de la membrure de compression
I = le moment d'inertie de la section agissante de la pile
i = le moment d'inertie de la bande de la paroi de longueur 1 ; $i = \frac{d^3}{12}$
F_p = section de la membrure de compression
s = épaisseur de la voûte à la clef
f = flèche de l'arc vertical
$a = \frac{1}{2}$
D = longueur de la membrure de compression
h' = hauteur de l'axe de la membrure de compression au-dessus de la section d'encastrement de la pile
$x' = x + (h' - h)$

Le calcul numérique se fit en calculant pour une série de valeurs de m (m = 2, 3, 4 .....) d'abord la réaction X puis les fonctions φ et ψ. Si l'on désigne dans un système de coordonnées les courbes φ (m) et ψ (m), leur point d'intersection donne la valeur m cherchée.

Dans le cas concret de la cale sèche de Gênes on a trouvé m = ~ 6 où l'on a calculé d'une façon correspondante à l'exécution et au différentes qualités de béton employé avec les constantes suivantes:

module d'élasticité:

pour la paroi encastrée à son pieds . . . $E_m = 1{,}2 \cdot 10^6$ t/m²
pour l'arc . . . . . $E_a = 1{,}8 \cdot 10^6$ t/m²
pour la membrure de compression . . . $E_p = 2{,}2 \cdot 10^6$ t/m²

Pour la constante du sol C nous avons choisi, par précaution, une valeur sensiblement au-dessous de celle qu'on peut attendre en réalité, à savoir $C = 15$ kg · cm^{-3} $= 1{,}5 \cdot 10^4$ tm^{-3}. Pour des surfaces de surcharge aussi grandes que celle qui se présentent dans notre cas (~ 6,6 · 20,0 m) il n'existe aucune valeur d'essais pour C. Si l'on admet que C est inversément proportionnel au diamètre de la surface chargée, ce qui est certes suffisamment exact[2], la valeur admise C = 15 correspond à une valeur d'environ 300 kg/cm³ pour une surface telle que celles que l'on admet dans les essais. (~ 1,00 · 0,30 m).

Exécution de la construction.

Pour l'exécution de l'ouvrage on a prévu la durée relativement courte d'environ $3^1/_2$ ans. Il était très important pour l'exécution du programme de construction

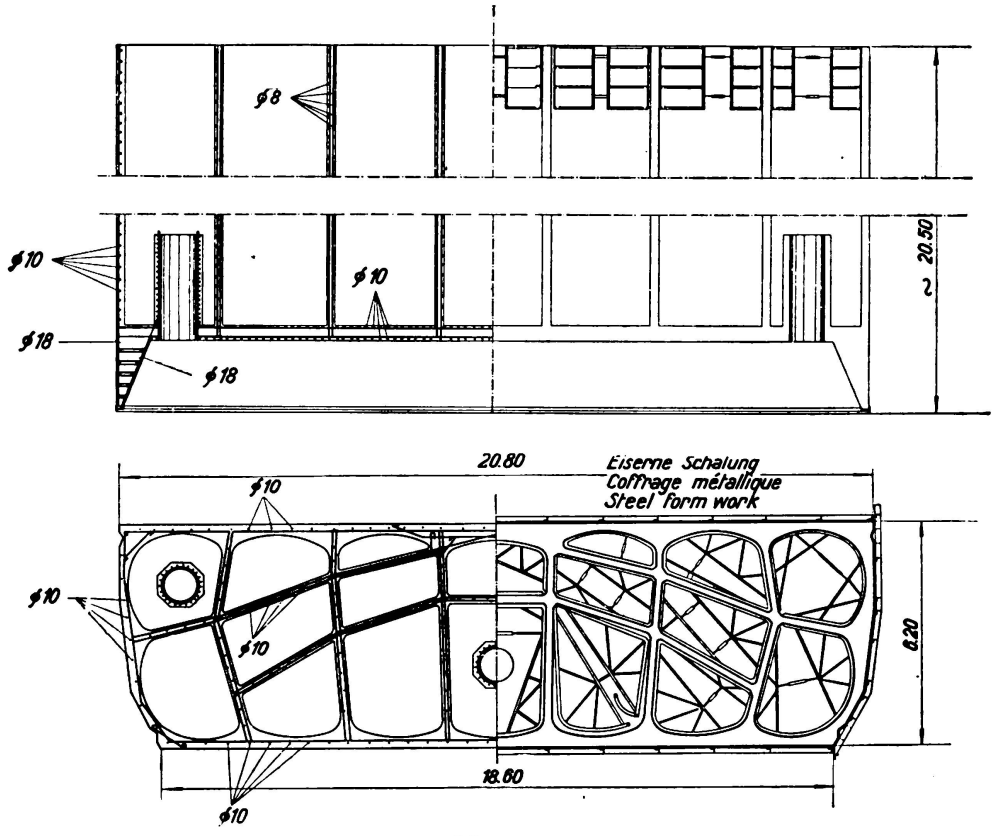

Fig. 7.

Cale sèche de Gênes: Détails d'un caisson.

[2] cf. *Schleicher:* Bauingenieur 1926, p. 931.

de prévoir la possibilité d'effectuer en un court intervalle de temps les 47 caissons nécessaires dont on peut voir les dimensions importantes à la figure 7.

L'entreprise (sociétés SILM — Società Italiana per Lavori Marittimi — et SIFC — Società Italiana Finanziaria per Costruzioni) s'est servi de deux petits docks (fig. 8) qu'elle a préparés elle-même pour l'exécution des caissons flottants de béton armé.

A l'intérieur de ces docks on exécuta la chambre de travail et les cellules qui la surmontent jusqu'à une hauteur de 11,0 m. Les caissons flottants furent remorqués à leur endroit d'application x où on les complèta jusqu'à la hauteur nécessaire de 18—20 m en prolongeant les parois des cellules.

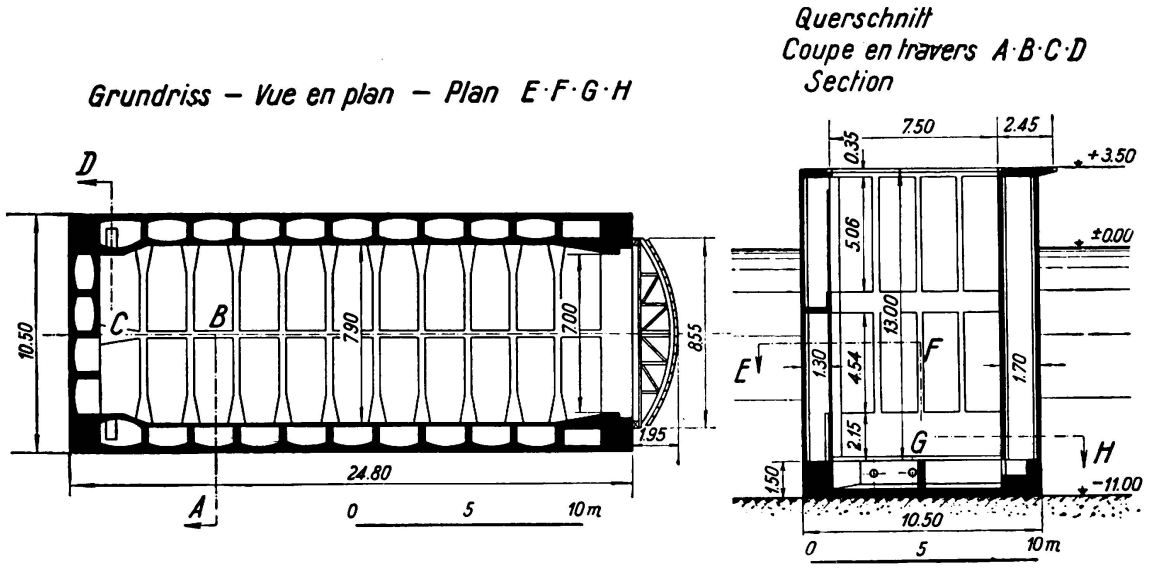

Fig. 8.

Cale sèche de Gênes: Bassin pour la construction des caissons.

Afin d'accélérer la construction et afin d'obtenir des surfaces de béton lisses et compactes, on utilisa des coffrages métalliques (cf. fig. 7). Des installations spéciales permettent l'enlèvement du coffrage, son déplacement vers le haut et sa remise en place dans le court intervalle d'environ 6 heures. De cette façon il est possible de terminer dans chacun des deux docks un caisson dans l'espace de 15 à 20 jours (fig. 9 et 10).

Pour l'exécution des caissons on utilisa un béton plastique avec 300 kg de ciment par m^3 de béton fini. Afin d'obtenir une plus grande résistance du béton aux influences défavorables de l'eau de mer, on a choisi au lieu du ciment Portland ordinaire le ciment appelé Puzzolan (cemento pozzolanico) qui fut employé souvent et avec succès en Italie au cours de ces derniers temps pour les constructions situées en mer. C'est un ciment pauvre en calcaire auquel on a ajouté avant la mouture un certain pourcentage de terre de puzzolan. Le puzzolan possède comme le trass la propriété de lier chimiquement le calcaire qui éventuellement devient libre.

Le ciment employé possède une résistance de 450 kg/cm^2, ce qui permet d'atteindre une résistance moyenne de cube de 250 kg/cm^2 pour le béton âgé de 28 jours après la fin des essais exécutés dans les premiers mois pour la détermination des meilleurs matériaux additionnels et du mélange le plus favorable.

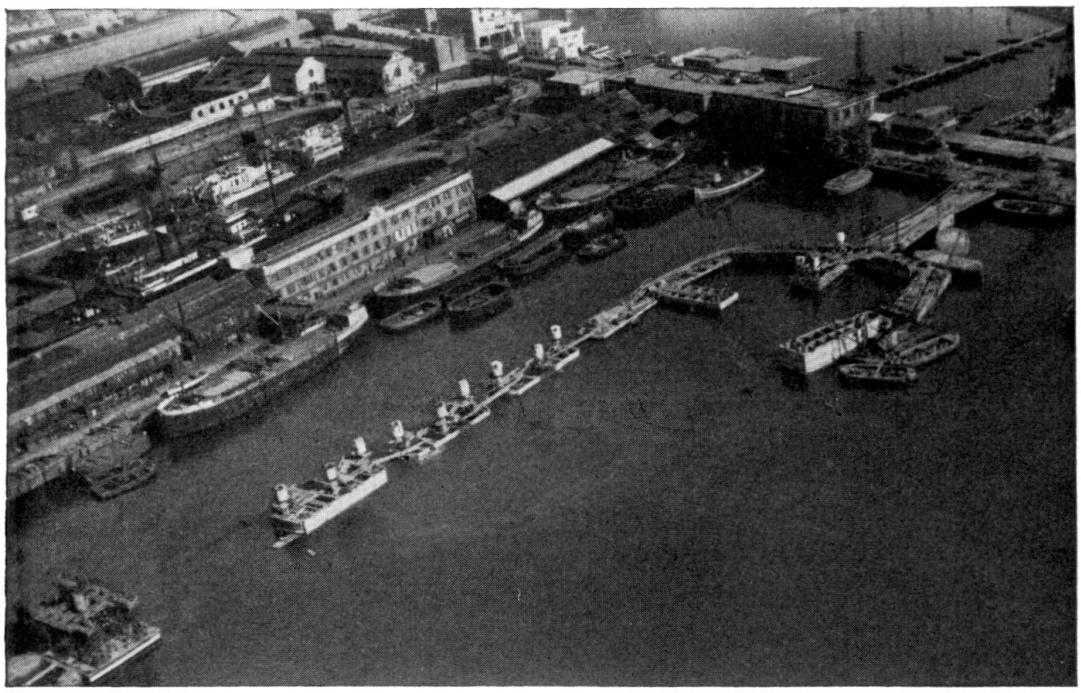

Fig. 9.

Cale sèche de Gênes: Etat des travaux en mars 1936.

A l'endroit où le caisson doit être descendu on drague le fond de la mer jusqu'au rocher, alors au moyen d'une cloche suspendue aux caissons flottants on applanit le rocher sur lequel les caissons seront descendus dans leur position exacte en les ballastant. Au moyen de l'air comprimé on descendra ces caissons jusque sur le rocher sain et tout à fait exempt de fissure. La plus grande profon-

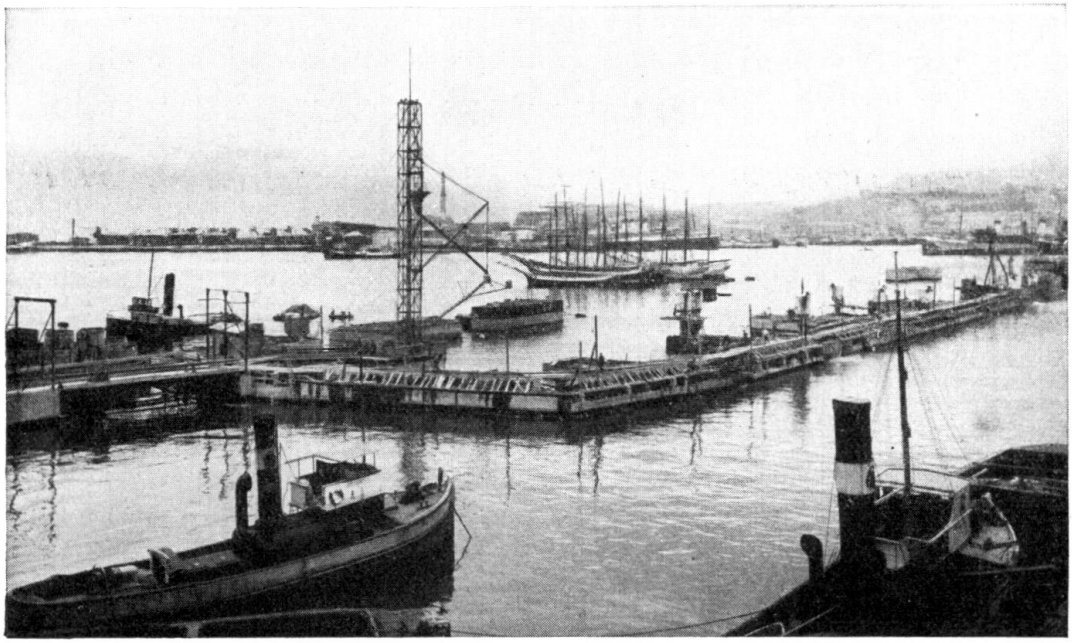

Fig. 10.

Cale sèche de Gênes: Etat des travaux en mai 1936.

deur que l'on a obtenue avec des caissons immergés est de — 23,65 m au-dessous du niveau moyen des eaux. Pour l'exécution de l'éperon d'isolation courant le long du pieds du mur extérieur il était nécessaire de tailler le rocher quelques mètres plus profond que le couteau.

Comme pour quelques paires de piles, la profondeur atteinte en réalité dépassait fortement la valeur admise en son temps pour le calcul, on fut obligé dans ces cas, afin de rétablir les principes du calcul, d'étayer les piles placées les unes vis-à-vis des autres, non seulement par les membrures de compression placés en haut, mais encore par des semelles de base. Ces semelles de base qui ont la même largeur que les piles et dont l'épaisseur était déterminée pour chaque cas suivant la profondeur du rocher sain furent aussi exécutées à l'aide des cloches dont nous avons parlé.

B. Cale sèche de Naples.

Le sol sur lequel est établi la nouvelle cale sèche de Naples, contrairement à ce que nous avions à Gènes, se compose de sable avec couches de limon, de vase et de pierre ponce. Le procédé de construction adopté par l'entreprise (SILM — Società Italiana per Lavori Marittimi) est dans ces grandes lignes le suivant: après le draguage du fond jusqu'à la profondeur nécessaire, on a établi à l'extérieur des parois longitudinales du dock et parallèlement à elles deux ponts de service en béton armé sur lesquels on a monté deux ponts roulants de 68 m de porté. Ces derniers servent à la suspension des caissons à air comprimé au moyen desquels on a exécuté toute la construction de béton placée sous l'eau et de telle sorte que les deux parois longitudinales soient séparées par un joint à la base du dock. De cette façon les affaissements des trois éléments (les deux parois longitudinales et la base) peuvent s'effectuer indépendamment l'un de l'autre. La fermeture de ces joints se fit de même à l'aide de cloches mais seulement lorsque l'on n'observa plus aucun affaissement.

Les dimensions de la section et principalement l'épaisseur de la base sont déterminées de telle sorte que dans aucun cas de charge ne se produisent des contraintes de traction, et que l'on puisse éviter l'emploi d'armatures. Les plus grandes contraintes de compression qui se produisent sont si faibles ($= \sim 8\,kg/cm^2$) que l'on a pu choisir au lieu de béton au ciment un béton composé de pierres, de calcaire et de puzzolan. Ce matériau possède à côté de son bon marché (c'est aux environs de Naples que l'on trouve en Italie la puzzolan) l'avantage d'une grande résistance aux influences chimiques de l'eau de mer (il existe à l'heure actuelle encore dans le golf de Naples des ruines de constructions sous marines exécutées avec ce matériau au temps de l'empire romain).

Dans les conditions que nous avons esquissées, il était doublement nécessaire de calculer exactement le comportement statique de l'ouvrage, en tenant compte de la compressibilité élastique aussi bien du matériau de construction que du sol. A part le calcul usuel d'après la méthode de la ligne des pressions, on exécuta un contrôle d'après de procédé esquissé dans ses grandes lignes ci-dessous.[3]

Dans un but de recherche, l'ouvrage représenté schématiquement à la fig. 11 est supposé décomposé en trois parties. Les parties correspondant aux parois

[3] cf. *G. Krall:* Problemi statici delle Costruzioni Marittime Reale Accademia d'Italia, Memorie della classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, volume V, 1933.

latérales peuvent être considérées comme des blocs rigides appuyés élastiquement de deux côtés et l'élément central comme une poutre élastique. Nous cherchons les réactions dans les sections (efforts normaux et tranchants et moments de flexions), qui doivent satisfaire à la condition que les déplacements réciproques des surfaces de séparation ne doivent pas exister.

Nous voyons qu'il est possible de résoudre le problème de la façon la plus simple à l'aide de la théorie de l'ellipse d'élasticité. Dans ce but nous dessinerons les ellipses d'élasticité correspondant aux deux surfaces de séparation, dont une appartient au bloc latéral et l'autre à la poutre médiane. Pour le bloc latéral

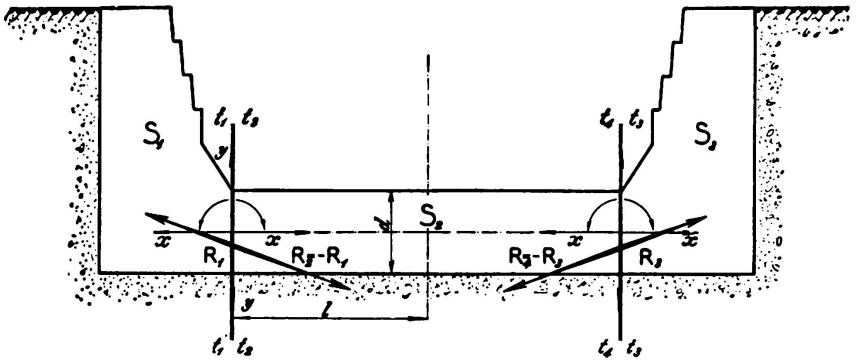

Fig. 11.

Cale sèche de Naples: Coupe schématique.

rigide appuyé élastiquement on déterminera de la manière connue les éléments de l'ellipse, c'est-à-dire, le centre, le rayon et le poids élastique (cf. W. Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, 4. Teil: der Bogen, Zürich — 1906 —, p. 228). Pour la poutre il est nécessaire de retourner à la théorie de la poutre élastique placée sous terre. Lorsque, pour des raisons de symétrie, on admet pour la section qui se trouve dans le plan médian du dock que des déplacements verticaux, les efforts normaux ou tranchants et le moment unitaires engendrés par des déplacements élastiques et des rotations de la section terminale sont donnés par les expressions suivantes: (ou l'indice x représente une force ou un déplacement longitudinal, y une force ou un déplacement transversal et z un moment ou une rotation)

$$\left.\begin{aligned}
\beta_{xx} &= \frac{l}{EF} \\
\beta_{yx} &= \beta_{xy} = 0 \\
\beta_{zx} &= \beta_{xz} = 0 \\
\beta_{yy} &= \frac{z}{s\,C} \cdot \rho_3(\lambda) \\
\beta_{zy} &= \beta_{yz} = -\frac{2}{s^2 C} \cdot \rho_2(\lambda) \\
\beta_{zz} &= \frac{4}{s^3 C}\,\rho_1(\lambda)
\end{aligned}\right\} \quad \text{où} \quad \left\{\begin{aligned}
s &= \sqrt[4]{\frac{4Ei}{C}} \\
i &= \frac{d^3}{12} \\
\lambda &= \frac{l}{s} \\
\rho_1(\lambda) &= \frac{\mathrm{Ch}\,2\lambda - \cos 2\lambda}{\mathrm{Sh}\,2\lambda + \sin 2\lambda} \\
\rho_2(\lambda) &= \frac{\mathrm{Sh}\,2\lambda - \sin 2\lambda}{\mathrm{Sh}\,2\lambda + \sin 2\lambda} \\
\rho_3(\lambda) &= \frac{\mathrm{Ch}\,2\lambda + \cos 2\lambda}{\mathrm{Sh}\,2\lambda + \sin 2\lambda}
\end{aligned}\right.$$

La signification de d et l ressort de la fig. 11; C est la constante du sol; E le module d'élasticité du matéreau de construction.

Les éléments de l'ellipse sont donc donnés par les expressions suivantes:

$$x_G = -\frac{\beta_{zy}}{\beta_{zz}} \qquad y_G = 0 \qquad g = \beta_{zz}$$

$$i_1^2 = \frac{\beta_{yy}\,\beta_{zz} - \beta^2_{zy}}{\beta^2_{zz}} \qquad i_2^2 = \frac{1}{E\,d\,\beta_{zz}}$$

La condition que les surfaces de séparation ne doivent présenter aucun déplacement réciproque peut être exprimée de telle façon que l'on construise une ellipse résultante dans laquelle les résistances élastiques des deux éléments soient additionnés ensemble. Par analogie à la théorie de l'électricité on peut désigner les deux ellipses comme «accouplé en parallèle».

Si l'on caractérise les éléments des deux ellipses partielles E_a et E_b avec les indices a et b, lorsque, comme dans le cas précédent, les axes principaux des deux ellipses partielles sont parallèles entre eux, on obtient les éléments correspondants de l'ellipse totale par les relations:

$$\frac{1}{g_a} + \frac{1}{g_b} = \frac{1}{g} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\lambda_a} + \frac{1}{\lambda_b} = \frac{1}{\lambda} \text{ lorsque } \lambda = i_1^2\, g, \text{ resp. } = i_2^2\, g$$

et la position de l'ellipse totale est donnée par la condition que les nouveaux axes principaux doivent partager la distance entre les axes principaux des ellipses partielles dans le rapport des λ correspondants.

De cette façon l'ellipse totale est déterminée et il n'y a plus aucune difficulté de déterminer pour chaque cas de surcharge et pour chaque résultante des forces extérieures agissant sur le bloc latéral la partie de la force qui est supportée par la compression élastique du bloc et la partie qui est transmise par la section imaginaire sur la poutre médiane.

En concordance avec le procédé de construction esquissé ci-dessus qui permet l'affaissement indépendant des parois latérales et de la base du dock il ne reste qu'à tenir compte dans le cas présent des forces extérieures qui se produisent *après* la fermeture des deux joints longitudinaux, c'est-à-dire du poids propre du mur de revêtement à établir après le pompage de l'eau qui remplit le dock, des poussées des terres du remplissage latéral ainsi que (pour le cas du dock vide) de la pression de l'eau extérieure, qui n'est plus équilibrée par la pression de l'eau intérieure et de la poussé verticale agissant sur la base.

Afin de pouvoir exécuter le calcul, il est nécessaire de remplacer l'influence de la surcharge extérieure p_o (verticale), agissant sur la base et sur la poutre médiane élastique, par une force virtuelle P, également verticale, agissant sur le bloc latéral et passant par le centre de gravité élastique de ce bloc. La grandeur et le sens de cette force P sont donnés par la condition qu'elle doit engendrer le même mouvement relatif du bloc latéral par rapport à la poutre médiane que la surcharge p_o qu'elle remplace, en d'autres termes on doit avoir la relation:

$$P \cdot i^2_{1b} \cdot g_b = \frac{-p_o}{C}$$

lorsque l'on désigne par i_{1b} et g_b le diamètre horizontal et le poids élastique de l'ellipse du bloc latéral et par C la constante du sol. P sera composé avec les forces extérieures agissant directement sur le bloc latéral et l'on obtiendra la résultante R.

Pour décomposer maintenant R dans les deux fractions dont nous avons parlé ci-dessus, on détermine l'antipole A par rapport à l'ellipse totale. Les lignes d'action des deux forces partielles supportées par le bloc latéral et la poutre médiane sont les antipolaires r_a et r_b du point A par rapport aux deux ellipses partielles.

Le point d'intersection de r_a et r_b se trouve sur la ligne d'action de R qui peut être décomposé sans autre dans les deux forces partielles que l'on cherche. Le problème est ainsi résolu (cf. fig. 12).

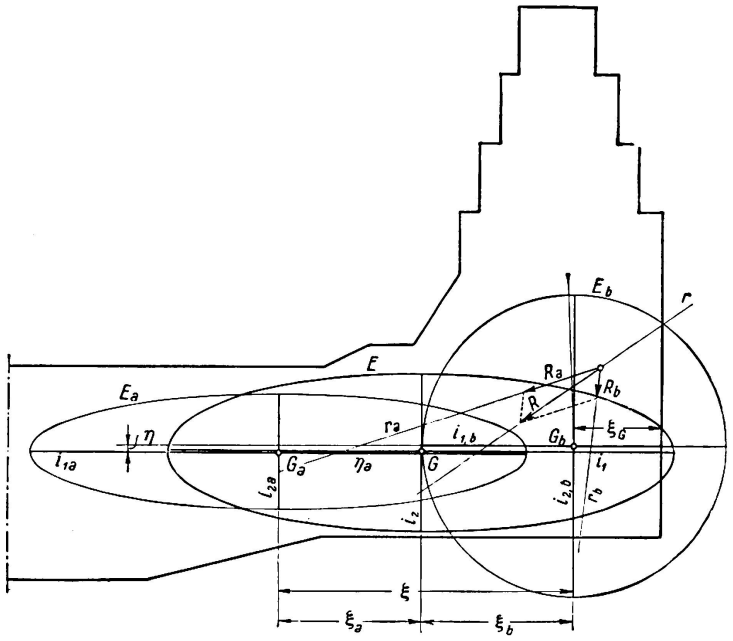

Fig. 12.

Cale sèche de Naples: Ellipses d'élasticité.

Détermination de la constante du sol C.

Les deux exécutions ci-dessus montrent que les constantes du sol C ont une importance primordiale. Comme ces valeurs dépendent, ainsi qu'on le sait, de la grandeur de la surface chargée et comme il n'existe aucun résultat d'essais pour de si grandes surfaces, l'entreprise (SILM) qui projeta ces constructions, a décidé d'entreprendre en essai de grande envergure. Dans ce but on s'est servi de la cale sèche «Principe di Piemonte» à Venise qui présente des dimensions semblables à celles du nouveau dock de Naples et qui, comme ce dernier, repose sur un terrain sablonneux.

Les mouvements élastiques du dock au cours de remplissages et de vidanges répétés furent mesurés en 5 points à l'aide d'un niveau télescope agrandissant 80 fois et qui était placé à une distance suffisante pour ne pas être entrainé par les mouvements du dock (cf. fig. 13). La figure 14 représente un des diagrammes de mouvement déterminés qui présentent tous plus ou moins le même caractère.

Les constantes du sol déduites des diagrammes oscillent entre les valeurs extrêmes de 0,55 et 0,95 kg/cm³.

Sur la base de ces essais on a choisi pour les investigations statiques du dock de Naples la valeur C = 0,75 kg/cm³ = 750 t/m³.

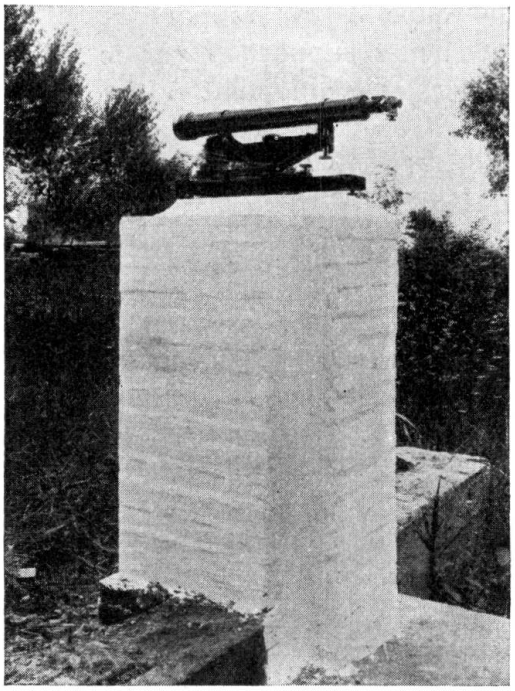

Fig. 13.

Poste d'observation pour la mesure des déplacements élastiques de la cale sèche «Principe di Piemonte» à Venise.

La grande importance que représente la connaissance de la constante du sol pour le projet et le calcul des ouvrages hydrauliques de grande extension, comme par exemple les cales sèches, demande que l'on exécute ailleurs aussi des essais semblables et que l'on en publie les résultats.

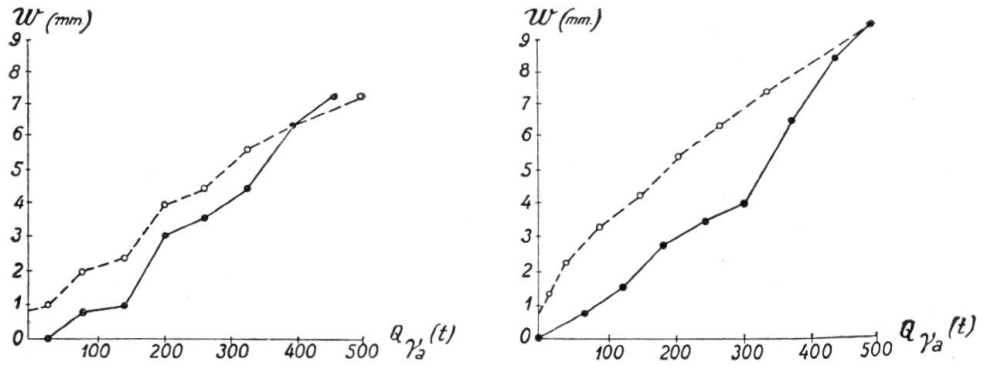

Fig. 14.

Mouvement de la cale sèche «Principe di Piemonte» pendant un remplissage et une vidange consécutive.

Résumé.

Les auteurs décrivent dans ce travail les deux grandes cales sèches construites dernièrement en Italie, à Gênes et à Naples. Ils exposent ensuite le comportement statique, foncièrement différent des deux ouvrages, en ce sens que la cale sèche de Gênes est fondée sur le rocher tandis que celle de Naples repose sur un terrain sablonneux. Afin de déterminer la constante du sol des mesures furent effectuées sur la cale sèche déjà existante «Principe di Piemonte» à Venise.

Leere Seite
Blank page
Page vide