

Les Palplanches en acier dans les Ouvrages Maritimes

Het gebruik van stalen Damplanken voor Maritieme Werken.

par A. Houy
Ingénieur Civil des Ponts-et-Chaussées
Directeur du Département Technique
des Palplanches — SACILOR.

door A. Houy,
Burgerlijk ingenieur van Bruggen en Wegen
Direkteur van de Technische Afdeling
der Damplanken - SACILOR.

138925

1. - Introduction

Les palplanches en acier sont utilisées pour les ouvrages de protection des côtes et des ponts et pour les ouvrages portuaires, particulièrement les quais.

2. - Protection des côtes et des ports

Cette protection se réalise au moyen de digues côtières, parallèles à la côte, et d'épis, perpendiculaires à la côte. (fig. 1)

1. - Inleiding.

Stalen damplanken worden gebruikt voor kustbescherming en voor havenkonstrukties, in dit laatste geval vooral voor kaaimuren.

2. - Kust- en havenbescherming.

Dergelijke bescherming wordt verwezenlijkt met evenwijdig met de kust lopende dijken en met loodrecht op de kust staande golfbrekers (fig. 1).



Fig. 1. - Cap de la Heve: 1964
Epis en «zig-zag» arrêtant le cheminement littoral.
Entreprise Courbot.

Fig. 1. - Cap de la Heve: 1964.
Kunstverdediging in zaagtandvorm.
Onderneming Courbot.

L'emploi des palplanches s'est généralisé dans la construction de ces ouvrages grâce à leur résistance mécanique, leur rapidité de mise en œuvre à la marée, leur longévité plus grande que celle du bois qu'elles ont remplacé, et leur fiche dans le sol qui leur assure une stabilité aux affouillements meilleure que celle des ouvrages en béton.

Voor deze kunstwerken is het gebruik van damplanken courant geworden dank zij hun mechanische weerstand, de mogelijkheid ze vlug in te heien tijdens het laagwater die vroeger gebruikt werden en de mogelijkheid ze betrekkelijk diep in te heien, zodat zij beter dan betonnen kunstwerken weerstand bieden tegen onderspoelen.

3. - Ouvrages portuaires

Ils peuvent être classés suivant leurs fonctions:

- ducs d'Albe,
- appontement et wharfs,
- murs de quai,
- écluses,
- cales, formes de construction ou de réparation navale.

Les trois premiers sont classés suivant les trois fonctions d'accostage-amarrage, de soutènement, de support d'appareils de manutention et d'aire de stockage de marchandises (tableau 1).

3. - Havenkonstrukties.

Deze kunnen, in functie van hun doel, geklasseerd worden in:

- dukdalven,
- aanlegsteigers en pieren,
- kaaimuren,
- sluizen,
- droogdokken voor konstruktie of herstelling van schepen.

De eerste drie konstrukties kunnen voor drie verschillende funkties gebruikt worden: voor het aanleggen-vastmeren, als steun- en draagkonstruktie voor los- en laadmaterieel en als opslagterreinen (tabel 1).

Tableau I Fonctions des ouvrages portuaires.		Tabel I Funkties van de havenkonstrukties			
OUVRAGES	KONSTRUKTIE	accostage-amarrage <i>aanleggen-vastmeren</i>	stockage marchandise <i>opslaan goederen</i>	supports engins <i>steun machines</i>	soutènement <i>steun</i>
DUCS D'ALBE	DUKDALVEN	 			
APPONTEMENT (parallèle à la côte)	AANLEGSTEIGER (evenwijdig met de kustlijn) ouvrage symétrique <i>Symmetrische konstruktie</i>	 	 		
WHARF (perpendiculaire à la côte)	PIER (loodrecht op de kustlijn)				
MURS DE QUAI	KAAIMUREN ouvrage dissymétrique <i>Asymmetrische konstruktie</i>	 	 		
 fonction intégrée. <i>geïntegreerde funktie.</i>		 fonction dissociable ou secondaire. <i>secundaire funktie.</i>			

4. - Ducs d'Albe

Ils sont de deux sortes: les ducs d'Albe élastiques et les ducs d'Albe massifs.

Les premiers sont constitués de caissons de palplanches encastrés dans le sol de fondation. Ils absorbent directement l'énergie d'accostage ou les forces d'amarrage par leur flexibilité. (fig. 2)

Les seconds sont le plus souvent constitués par des cellules en palplanches plates remplies d'un remblai sablo-graveleux. Ils sont munis d'amortisseurs et c'est leur poids qui assure leur stabilité sous les efforts d'accostage ou d'amarrage (fig. 3)

5. - Appontements et wharfs

Les appontements, parallèles à la rive, et les wharfs perpendiculaires à la rive sont des structu-

4. - Dukdalven.

Er bestaan twee soorten dukdalven: elastische en massieve.

De eerste bestaan uit in de fundeergrond geklemde holle damplanken-kokers. Zij vangen de aanleg-energie of de meerkrachten rechtstreeks op, dank zij hun buigzaamheid. (fig. 2).

De tweede soort bestaat meestal uit cellen, uit platte damplanken, die men een zand/grint mengsel gevuld zijn. Zij zijn uitgerust met dempers en het is hun gewicht dat zorgt voor de nodige stabiliteit t.o.v. de aanleg- of meerkrachten (fig. 3).

5. - Aanlegsteigers en pieren.

Aanlegsteigers evenwijdig met de oever en pieren die er loodrecht op staan zijn symmetrische kons-

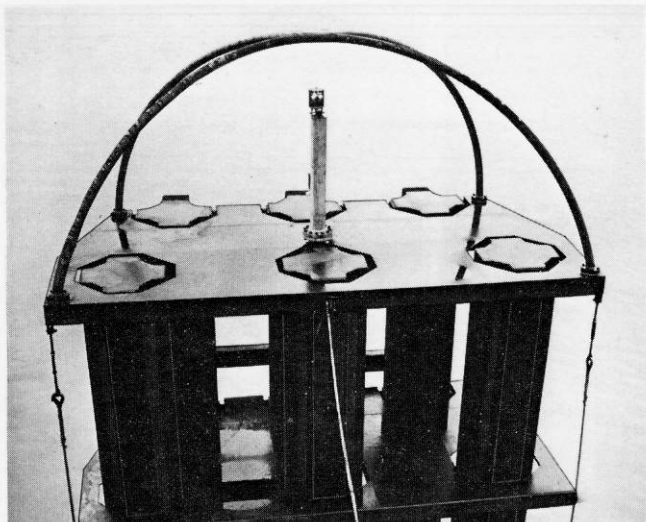


Fig. 2. - Rouen - Appontement Shell : 1964.
Duc d'Albe élastique d'accostage constitué de 6 caissons LQV de 27,50 m.
Entreprise Chouard

Fig. 2. - Rouen - Shell aanlegsteiger : 1964.
Elastische dukdalf bestaande uit 6 kuipen van LQV damplanken van 27,50 m.
Onderneming Chouard.



Fig. 3. - Saint-Nazaire: 1966.
Duc d'Albe massif d'accostage constitué par un gabion de pal-planches plates. L'amortisseur est constitué par une culasse fixée à des blocs de caoutchouc travaillant en cisaillement horizontal.
Entreprise G.T.M.

Fig. 3. - Saint-Nazaire: 1966.
Massieve dukdalf bestaande uit een kuip uit platte damplanken. De demper bestaat uit een blok bevestigd op rubberen blokken die op horizontale afschuiving werken.
Onderneming G.T.M.

res symétriques puisqu'ils n'ont pas la fonction de soutènement. Ce sont des ouvrages relativement légers munis d'amortisseurs ou complétés par des ducs d'Albe pour séparer la fonction accostage-amarrage.

Ils sont constitués de plate-formes reposant sur des pieux métalliques, souvent en caissons de pal-planches, ou d'ouvrages massifs tels que double-rideaux ou gabions. (fig. 4).

trukties en hebben geen steunfunctie. Het zijn betrekkelijk lichte kunstwerken, uitgerust met dempers, tenzij dukdalen beschikbaar zijn om de aanlegvastmeurfunktie afzonderlijk te vervullen. Zij bestaan uit platformen op metalen palen, die dikwijls uit damplankenkokers gevormt zijn, of zijn massief gekonstrueerd met een dubbel damplankscherm of met damplankenkuipen (fig. 4).

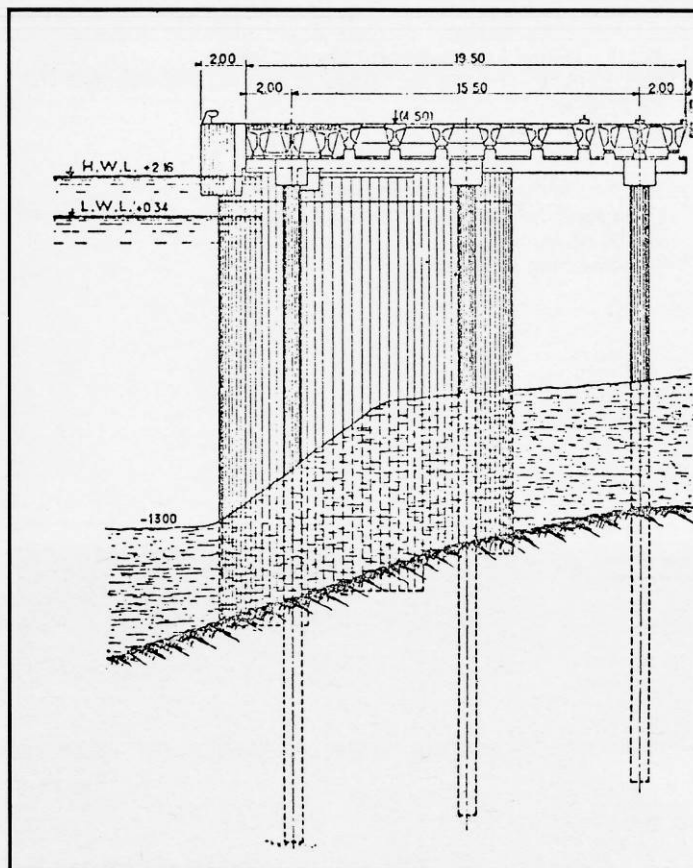


Fig. 4. - Nouadhibou (ex. Port-Etienne, Mauritanie) 1962. Appontement à fonctions séparées. L'accostage et l'amarrage sont assurés par des gabions circulaires. Le support des appareils de manutention est assuré par une passerelle sur pieux caissons LP III et LP IV. Entreprise E.T.P.O.

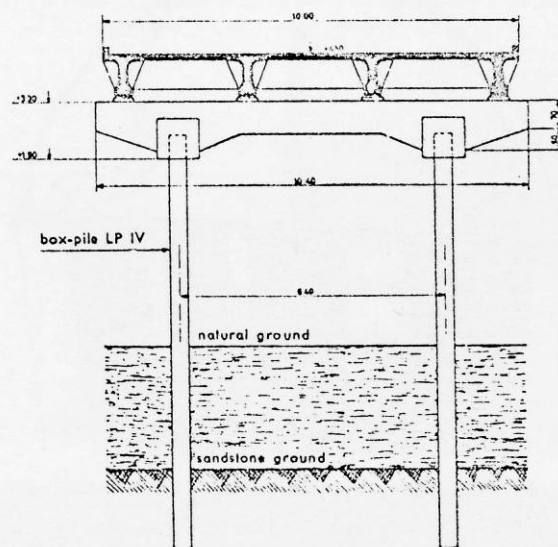


Fig. 4. - Nouadhibou (ex. Port-Etienne, Mauritanie); 1962. Aanlegsteiger met afzonderlijke functies. Voor het aanleggen en vastmeren zijn cirkelvormige damplankenkuipen voorzien. Het los- en laadmaterieel staat op een platform op LP III en LP IV holle palen. Onderneming E.T.P.O.

6. - Murs de quais

6.1. Conditions de service et paramètres de dimensionnement

Les murs de quai ont des destinations variées suivant les bateaux qu'ils reçoivent:

- bateaux de plaisance,
- bateaux de pêche,
- caboteurs,
- cargos à marchandises diverses,
- car-ferries,
- navires rouliers,
- porte-conteneurs,
- minéraliers,
- pétroliers.

La taille, le tonnage et la nature des marchandises déterminent des conditions de service: tirant d'eau, hauteur totale, valeurs et positions des surcharges, efforts d'accostage-amarrage.

La position du quai par rapport au terrain naturel détermine le mode d'exécution, lequel est plus ou moins favorable à certains types de murs de quai.

La réalisation par dragage implique l'exécution en site terrestre, et la réalisation par emprise sur la mer implique l'exécution soit en site nautique, soit à l'avancement, soit après remblai préalable.

6. - Kaaimuren.

6.1. Werkvoorwaarden en factoren die voor de berekening van belang zijn.

Kaaimuren hebben zeer uiteenlopende bestemmingen, naargelang de schepen die er aanleggen:

- plezierboten,
- vissersboten,
- kunstvaarders,
- vrachtschepen voor gevarieerde goederen,
- car-ferries,
- roll on - roll off schepen,
- containerschepen,
- ertsschepen,
- petroleumtankers.

De afmeting, de tonnage en de aard van de goederen bepalen de werkvoorwaarden: aanlegdiepte, totale hoogte, waarde en plaats van de belastingen, aanleg- en meerkrachten.

De plaats van de kaaimuur t.o.v. het natuurlijk terrein bepaalt de uitvoersmethode die voor zekere soorten kaaimuur gunstiger is dan voor andere.

De konstruktie in een uitgebaggerde sleuf is alleen mogelijk op het vasteland, terwijl kaaimuren voor de kust ofwel rechtstreeks in zee of te beginnen vanaf de kust, ofwel na het vooraf verwezenlijken van een aanvulling worden gebouwd.

- Les conditions locales sont:
- géotechniques: sol de fondation, remblais,
- marines: hauteur des marées, direction et vitesse des courants.

Les facilités de mise en œuvre des éléments structuraux sont des facteurs importants pour le choix d'un type, elles concernent:

- l'enfoncement des palplanches,
- la pose des dispositifs d'ancrage,
- le coffrage des éléments en béton armé,
- le battage de pieux,
- le traitement des sols, substitution, consolidation, rabattement.

Le montant du financement doit tenir compte de la durée d'exécution qui détermine le début de la mise en service, à partir de laquelle commence la rentabilité de l'ouvrage. Ce facteur économique est important pour le choix d'un type de mur de quai.

6.2 Types de murs de quai

Ce qui précède incite à penser qu'il peut exister de nombreux types de murs de quai. Il n'existe pas encore de catalogue où l'exploitant pourrait choisir «son quai» comme il choisit «son yacht» ou «sa voiture». En fait cette nature d'ouvrage doit être dimensionnée et calculée sur mesure en tenant compte de tous les paramètres. Il est néanmoins possible de les classer en quelques types:

- quais pleins (fig. 5),
- quais à plate-forme (fig. 6),
- quais creux (fig. 7),
- quais ouverts à talus libre (fig. 8),
- rempiètement de quais (fig. 9),
- quais en gabions; circulaires ou cloisonnés (fig.10).

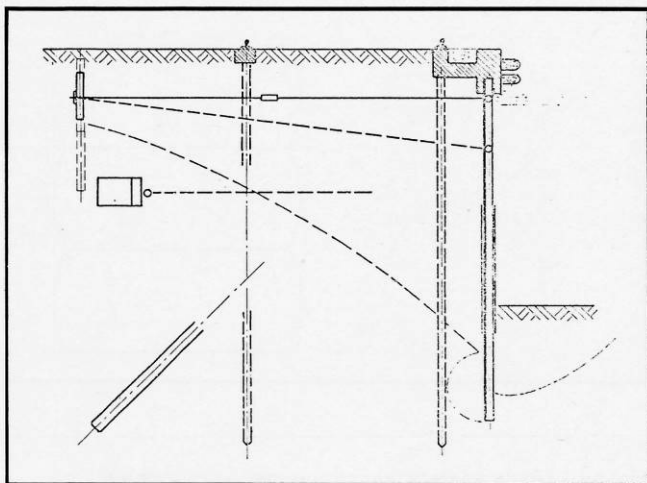


Fig. 5. - Quais pleins.
Fig. 5. - Verankerde kaaimuur.

Onder de lokale voorwaarden onderscheidt men:

- de geotechnische: fundeergrond, aanvulling,
- de maritieme: hoogte van de getijden, richting en snelheid van de stromingen.

Een belangrijke faktor waarmede rekening dient gehouden bij het kiezen van een kaaimuurtype is het min of meer gemakkelijk tewerkstellen van de konstruktie-elementen, bvb bij:

- het inheien van de damplanken,
- het plaatsen van de verankeringen,
- het bekisten van de elementen uit gewapend beton,
- het inheien van palen,
- het behandelen, vervangen, verdichten, bemaalen van de gronden.

Voor het bepalen van de financiering moet rekening gehouden worden met de uitvoeringstermijn, waarvan de datum van indienststelling afhangt en dus ook de datum vanaf dewelke de konstruktie kan beginnen te renderen. Deze economische faktor is een belangrijk gegeven bij het kiezen van een kaaimuurtype.

6.2. Kaaimuurtypes.

Uit het voorgaande zou men kunnen afleiden dat er een brede keuzemogelijkheid van kaaimuurtypes moet bestaan. Het is echter niet zo dat een toekomstige gebruiker «zijn kaaimuur» uit een katalogus kan kiezen zoals hij «zijn jacht» of «zijn wagen» kiest. In werkelijkheid moeten dergelijke kunstwerken «naar maat» gemaakt worden, rekening houdend met alle faktoren die een rol kunnen spelen. Men kan ze echter wel in enkele types onderverdel-

- verankerde kaaimuren (fig. 5),
- samengestelde kaaimuren (fig. 6),
- kaaimuren op palen, zonder beschoeiing (fig. 7),
- kaaiplatformen (fig. 8),
- kaaimuren op palen, met beschoeiing (fig. 9),
- kaaimuren gevormd uit al dan niet cirkelvormige damplankenkuipen (fig. 10).

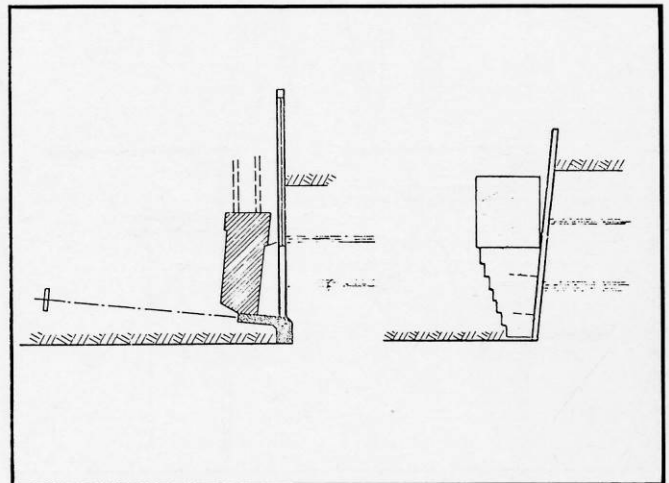


Fig. 6. - Quais à plateforme.
Fig. 6. - Samengestelde kaaimuren.

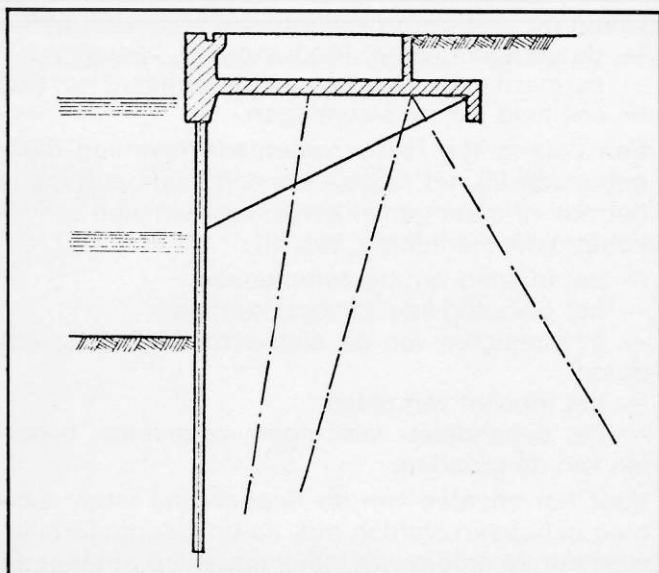


Fig. 7. - Quais creux.

Fig. 7. - Kaaimuur op palen, zonder beschoeiing.

Fig. 8. - Quais ouverts.

Fig. 8. - Kaaiplatformen.

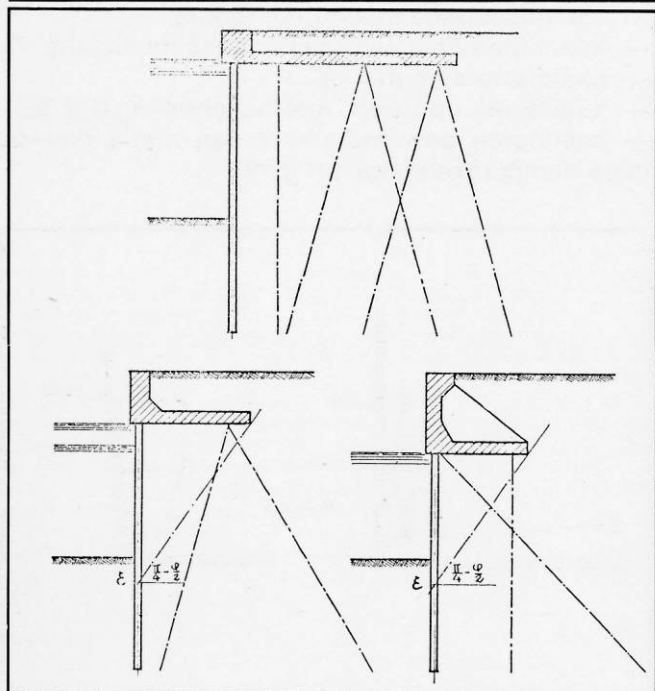
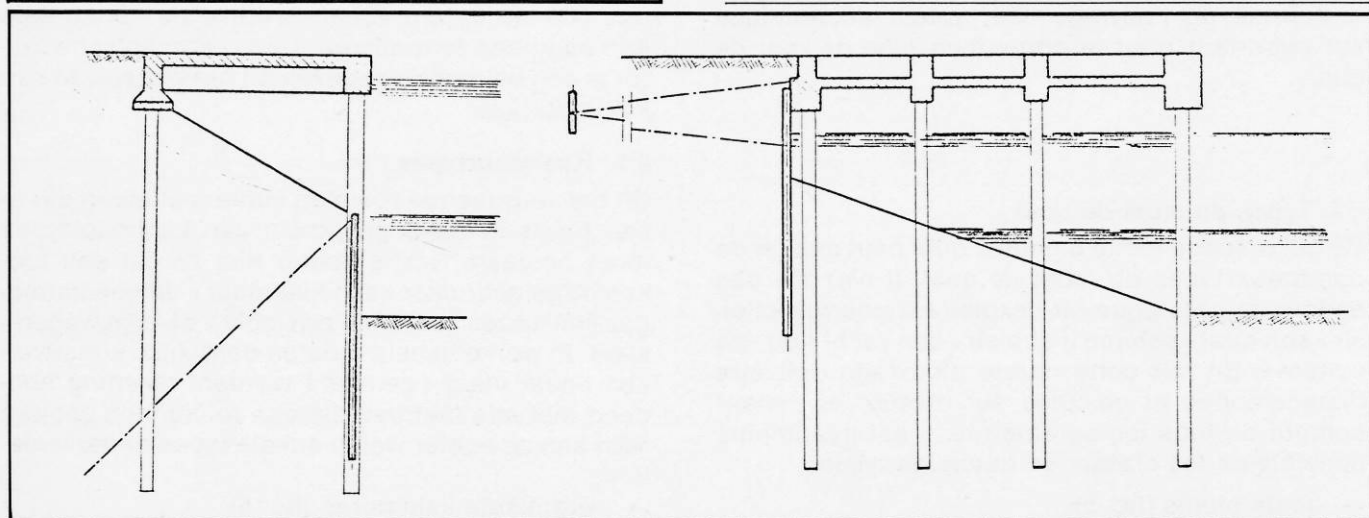


Fig. 9. - Rempiètement de quais.

Fig. 9. - Kaaimuren op palen, met beschoeiing.

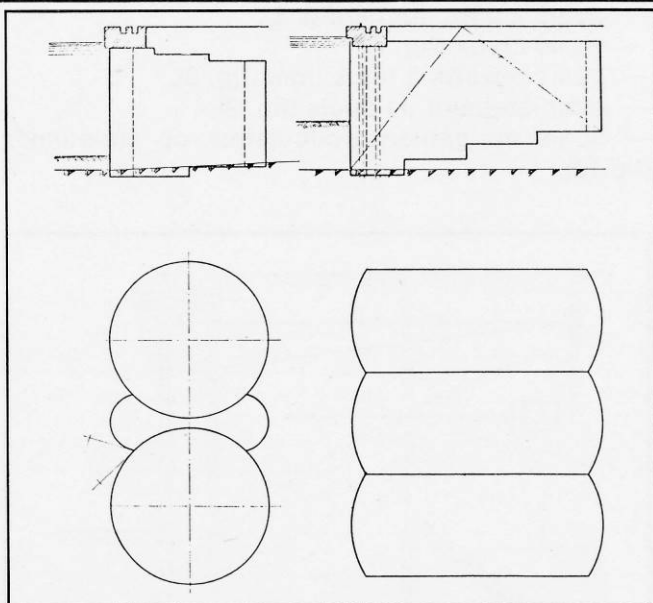


Fig. 10. - Quais en gabions, circulaires ou cloisonnés.

Fig. 10. - Kaaimuren uit al dan niet cirkelvormige damplanken-
kuipen.

6.3. Tendances actuelles de la conception

6.3.1. L'évolution générale

La conception des murs de quai dépend de l'évolution des navires et des sites disponibles. Les tonnages et les tirants d'eau des navires augmentent. Leurs fonctions se spécialisent. Les ports se construisent vers le large et souvent dans des terrains de plus mauvaise qualité. La tendance est de réaliser des remblais préalables pour disposer de terrains déjà consolidés lors de la construction des quais, qui se réalisent alors par dragage.

6.3.2 Quais pleins (fig. 11 à 21)

La simplicité et la rapidité d'exécution de ce type de structure explique son grand domaine d'utilisation.

Ce type de structure est utilisé aussi bien pour des quais exécutés par emprise sur la mer que pour ceux exécutés par dragage.

La hauteur totale atteint 19 m et le marnage 8 m. Les éléments structuraux naturels ou rapportés sont:

- le rideau de palplanches,
- les dispositifs d'ancrage,
- le massif arrière,
- le massif avant.

Les progrès possibles concernent donc les qualités géométriques et mécaniques des matériaux les constituant et les techniques de leur mise en œuvre.

6.3. Huidige tendenzen van de conceptie.

6.3.1. Algemene evolutie.

De conceptie van kaaimuren is functie van de evolutie van de schepen en van de beschikbare plaatsen: de tonnage en diepgang van de schepen nemen steeds toe, hun bestemming wordt hoe langer hoe meer gespecialiseerd en de havens breiden zeewaarts uit, zeer dikwijls in terreinen van slechtere kwaliteit. Volgens de huidige tendenzen wordt daarom meer en meer de voorkeur gegeven aan vooral uitgevoerde aanvullingen, om bij de bouw van de kaaimuren reeds over gekonsolideerde terreinen te beschikken. In dit geval worden de kaaimuren uitgebaggerd.

6.3.2. Verankerde kaaimuren (fig. 11 à 21)

De eenvoudige en vlugge uitvoering van dit type kaaimuur verklaart zijn groot succes.

Dergelijke constructie wordt zowel voor in zee gebouwde kaaimuren als voor uitgebaggerde kaaimuren gebruikt.

De totale hoogte bereikt 19 m voor een getijdeverschil van 8 m.

De constructie-elementen zijn de volgende:

- het damplankenscherm,
- de verankering,
- het achterste grondlichaam,
- het voorste grondlichaam.

Deze konstruktietechniek kan verfijnd worden door het verbeteren van de geometrische en mechanische eigenschappen van de materialen en van de manier waarop zij verwerkt worden.

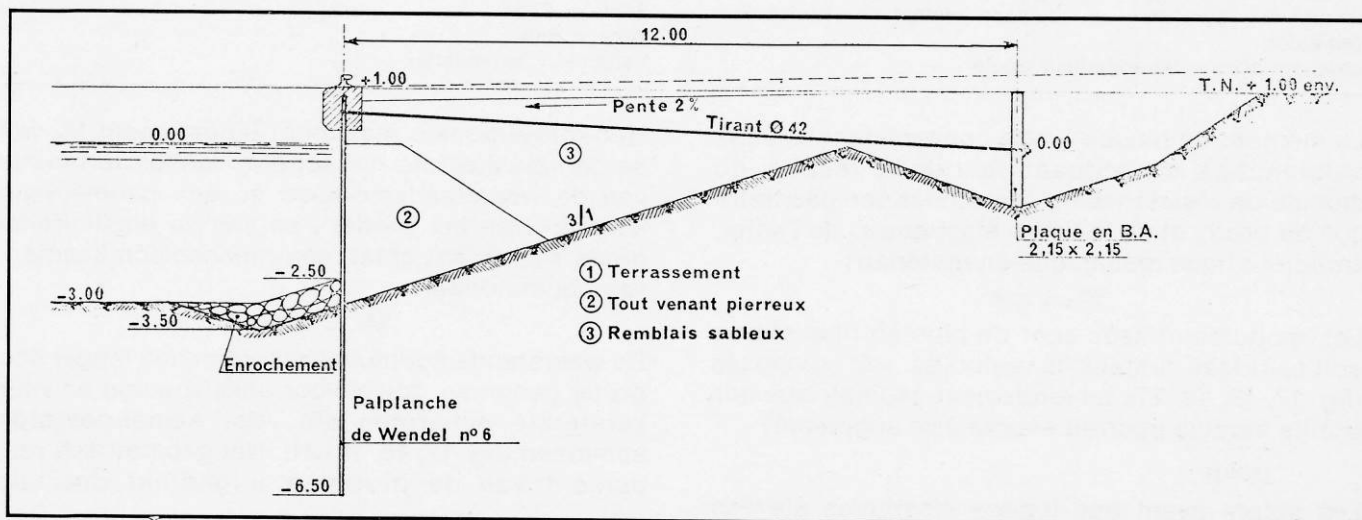


Fig. 11. - La Grande Motte - Port de Plaisance: 1967.
Exécution en site terrestre. Type de quai plein très simple.
Entreprise Spada.

Fig. 11. - La Grande Motte - Haven voor plezierboten: 1967.
Uitvoering op vaste grond. Zeer eenvoudige kaaimuur.
Onderneming Spada.

Palplanches

Le ou les appuis supérieurs sont placés à des niveaux convenables pour optimiser les moments positifs et négatifs dans le rideau. Ceci conduit à poser les tirants après rabattement ou sous l'eau. Cette dernière opération n'offre pas de difficultés. (fig. 15, 16, 17, 19).

Damplanken

De bovenste steun(en) bevinden zich op een zodanig peil dat de gunstige verdeling van positieve en negatieve momenten in het scherm bekomen wordt. Daarom worden na bemalen of onder water verkeringen geplaatst. Deze laatste bewerking stelt geen probleem (fig. 15, 16, 17, 19).

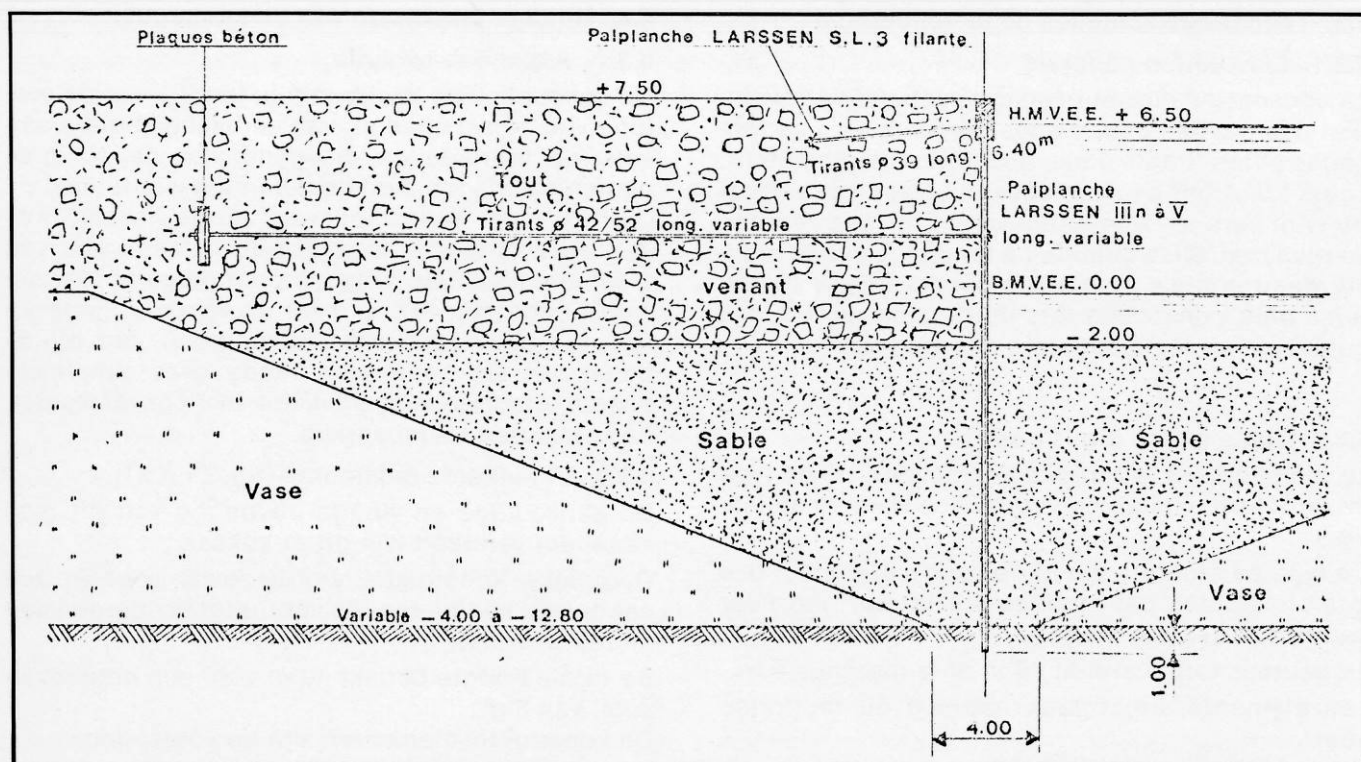


Fig. 12. - La Rochelle - Les Minimes - Port de Plaisance: 1971. Substitution de sol en première phase des travaux. La vase surmontant le substratum calcaire est remplacé par un remblai sableux.

Exécution en site nautique. Enfouissement au mouton Diesel et pénétration dans le rocher. Entreprise Truchetet Tansini.

Plaques béton = Betonnen plaat

Palplanche Larssen... = Larssen damplank, horizontaal geplaatst.

Long. variable = Veranderlijke lengte

Fig. 12. - La Rochelle - Les Minimes - Haven voor plezierboten: 1971.

Vervangen van de grond in een eerste fase van de werken. Het slijk op het kalksteensubstraat wordt vervangen door een zandachtige aanvulling. Uitvoering in het water. Inheien met diesel-hamer tot in de rots. Onderneming Truchetet Tansini.

Tout venant = Ongezeefde materialen

Sable = Zand

Vase = Slijk

Variable = Veranderlijk

Le moment de flexion limite conventionnel M_e des palplanches constituant le rideau résulte du module de résistance m , caractéristique géométrique du profil, et de la limite élastique σ_e de l'acier, caractéristique mécanique du matériau:

$$M_e = m \sigma_e$$

Les modules utilisés sont de plus en plus élevés soit en rideau simples ou renforcés, soit composés (fig. 17, 18, 19, 21). Le rendement géométrique des profils module pourrait encore être augmenté.

poids

Les aciers ayant des limites élastiques élevées sont de plus en plus utilisés, couramment jusqu'à 360 N/mm² sous réserve de précautions élémentaires sur chantier pour les coupes au chalumeau et les soudures.

Les longueurs de palplanches livrables par les producteurs permettent d'atteindre des hauteurs de quai supérieures à 20 m.

La corrosion est souvent invoquée comme un facteur un peu mystérieux susceptible de compromettre l'utilisation de l'acier en milieu marin. La connaissance que nous avons actuellement de ce phénomène permet de choisir entre plusieurs solu-

Het konventionele maximum buigmoment M_e van de damplanken die het scherm vormen in functie van de weerstandsmodules m , een geometrisch kenmerk van het profiel, en van de elasticiteitsgrens σ_e van het staal, een mechanisch kenmerk van het materiaal:

$$M_e = m \sigma_e$$

De weerstandsmodulussen worden hoe langer hoe groter genomen, zowel voor enkelvoudige en voor versterkte schermen als voor samengestelde schermen (fig. 17, 18, 19, 21). Het geometrisch rendement van de profielen uitgedrukt door de verhouding weerstandsmodule moet echter nog

gewicht

kunnen verbeterd worden.

Anderzijds worden hoe langer hoe meer staalsoorten met hoge elasticiteitsgrens gebruikt, dikwijls tot 360 N/mm². Op de bouwwerf moeten dan wel de elementaire voorzorgen genomen worden in verband met het brandsnijden en het lassen.

De damplanken kunnen door de leveranciers in zodanige lengtes geleverd worden dat kaaihoogtes van meer dan 20 meter kunnen bereikt worden.

De korrosie wordt dikwijls aangehaald als een min

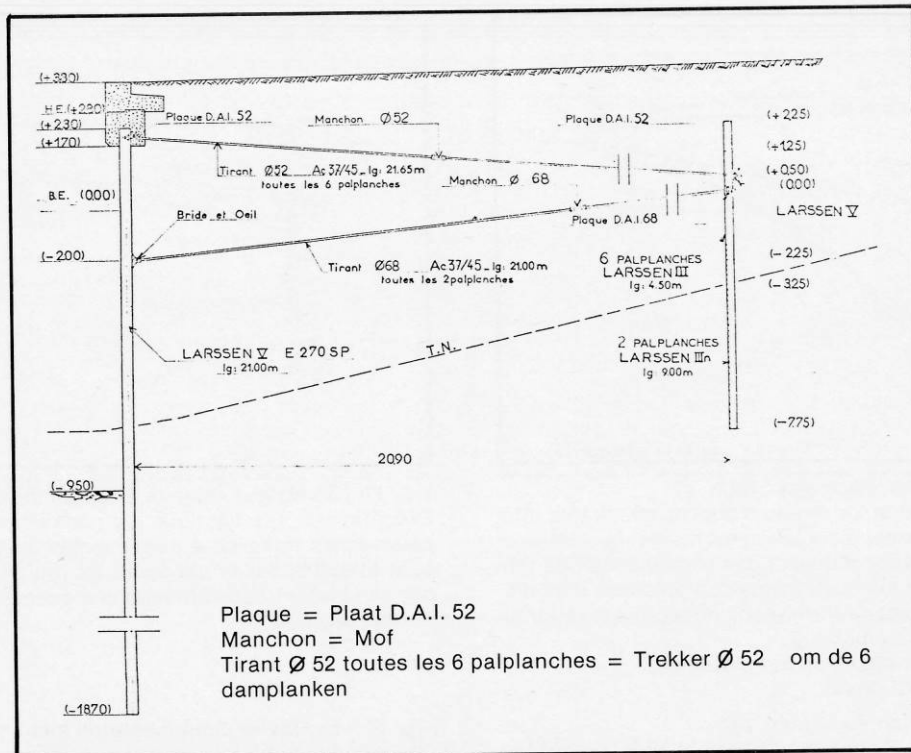


Fig. 13. - Douala: 1963.

Exécution en site nautique. Les deux nappes de tirants sont fixées hors d'eau sur le rideau d'ancrage. L'attache des tirants inférieurs sur le rideau frontal comporte le système articulé bride-œil, ce qui permet une pose facile sous l'eau. Le rideau d'ancrage comporte tous les 2,80 m une paire de palplanches plus longue pour assurer sa stabilité pendant la première phase de remblaiement. Entreprise Alvi.

Fig. 13. - Douala: 1963.

Uitvoering in het water. De twee lagen trekkers zijn boven het water aan het verankeringscherm bevestigd. De onderste trekkers zijn aan het voorste damplankenscherm bevestigd met een scharnierende verbinding die gemakkelijk onder water kan geplaatst worden. Om de 2,80 m zijn twee damplanken van het damplankenscherm iets langer dan de andere, om tijdens de eerste fase van de aanvulling voor de nodige stabiliteit te zorgen. Onderneming Alvi.

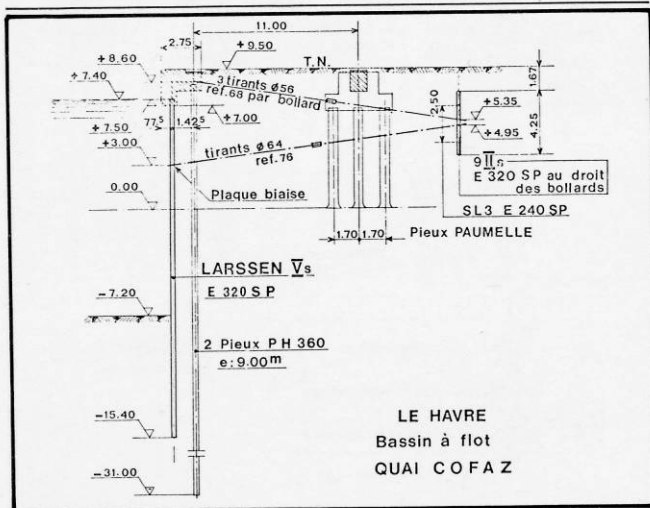


Fig. 14. - Le Havre - Quai Cofaz sur le canal maritime: 1973.

Exécution depuis le terrain naturel. Un rabattement de part et d'autre du rideau frontal permet le terrassement et la pose des tirants à sec. Les supports des appareils de manutention sont réalisés par des pieux. Entreprise Quillery.

Fig. 14. - Le Havre - Cofaz kaai op het zeekanaal: 1973.

Uitvoering vanop het natuurlijke terrein. Het grondwerk en het plaatsen van de trekkers wordt in den droge uitgevoerd, na bronbemaling aan weerszijden van het voorste scherm. De steunen voor het los- en laadmaterieel rusten op palen. Onderneming Quillery.

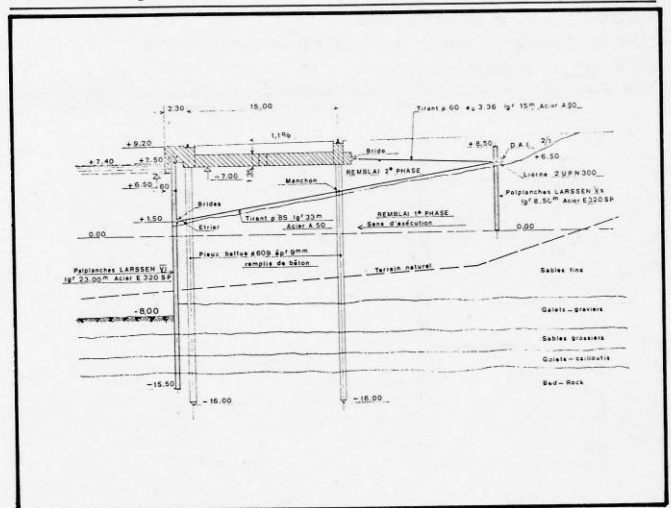


Fig. 15. - Le Havre - Quai de l'Europe: 1975.

Exécution en site nautique. Le rideau frontal a seulement la fonction de soutènement. Les tirants sont attachés sur le rideau frontal au moyen du système articulé bride-œil qui permet un espacement de 1 m entre tirants, lesquels doivent passer entre les pieux supports de la plate-forme. Entreprises E.M.C.C. et Fougerolle.

Fig. 15. - Le Havre - Europakaai: 1975.

Uitvoering in het water. Het voorste scherm heeft alleen een steunende functie. De trekkers zijn met een scharnierende verbinding en een beugel aan het voorste scherm bevestigd, zodat een afstand van 1 m kon worden aangehouden tussen de trekkers die tussen de draagpalen van het platform moeten passeren.

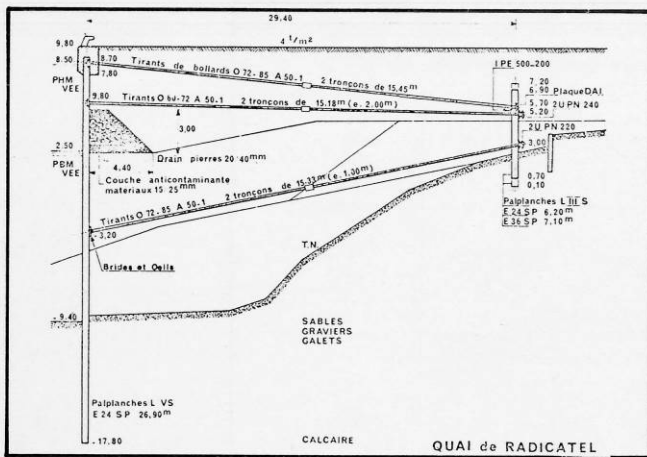


Fig. 16. - Rouen - Quai de Radicateil: 1971.

Exécution en site nautique. Le niveau d'attache des tirants inférieurs situé très bas permet d'équilibrer les moments positifs et négatifs et par conséquent d'utiliser des palplanches non renforcées pour constituer le rideau frontal. La présence d'un dispositif de drainage permet de s'affranchir de la poussée hydraulique différentielle due au marnage.

A noter les différentes phases du remblaiement.
Entreprise E.M.C.C. et Chouard.

Fig. 16. - Rouen - Kaai van Radicateil: 1971.

Uitvoering in het water. Door het feit dat het bevestigingspeil van de onderste trekkers zich zeer diep bevindt, konden de positieve en negatieve momenten met elkaar in evenwicht gebracht worden en konden voor het voorste scherm bijgevolg niet versterkte damplanken gebruikt worden. Dank zij de drainering treedt geen hydraulische druk op onder invloed van het getijdeverschil. Let op de verschillende aanvullingsfasen.
Ondernemingen E.M.C.C. en Chouard.

Tirants de bollards = Trekkers voor de meerpalen

2 tronçons de... = Twee vakken van...

Drain = Drainering steenslag 20/40 mm

Plaque = Plaat

Palplanches = Damplanken

Sables Gravier Galets = Zand Grint Keien

Calcaire = Kalksteen

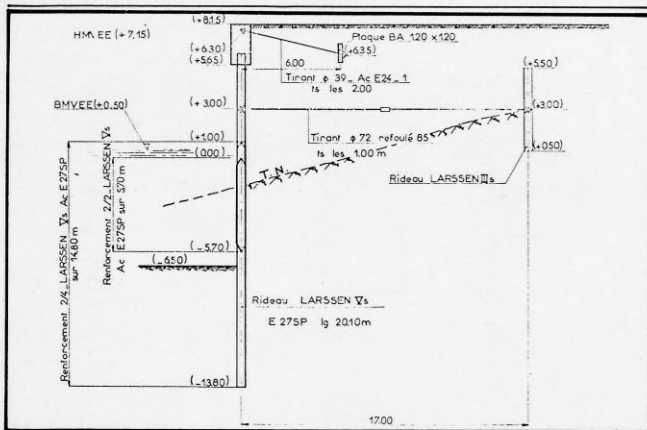


Fig. 18. - Dunkerque - Quai Sud de A.C.D.B.: 1968.

Exécution en site nautique et dragage ultérieur. Le rideau frontal est constitué de palplanches renforcées partiellement en caissons ce qui permet d'obtenir un module de résistance élevé et variable sur la hauteur de 3 200 cm³/ml dans la zone supérieure à 7 400 cm³/ml dans la zone du moment maximal.

Entreprise Semip.

Fig. 18. - Duinkerken - Zuidelijke kaai van A.C.D.B.: 1968.

Gebouwd in het water en nadien uitgebaggerd. Het voorste scherm bestaat uit gedeeltelijk kokervormig versterkte damplanken, waardoor een hoge en in de hoogte veranderlijke weerstandmodules van 3.200 cm³ in de bovenste zone en van 7.400 cm³/m in de zone met maximum moment bekomen werd.

Onderneming Semip.

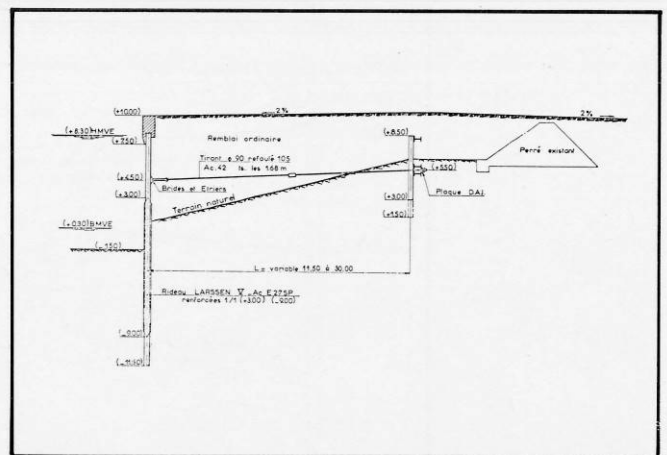


Fig. 17. - Le Havre - Quai de Southampton: 1968.

Exécution en site nautique. Le rideau frontal est constitué de palplanches renforcées partiellement en caissons. Les tirants sont attachés sur le rideau au moyen du système bride-étrier œil comportant deux articulations successives.

Entreprise Quille.

Fig. 17. - Le Havre - Southampton kaai: 1968.

Uitvoering in het water. Het voorste scherm bestaat uit gedeeltelijk kokervormig versterkte damplanken. De trekkers zijn aan het scherm bevestigd met een verbinding met twee op elkaar volgende articulaties.

Onderneming Quille.

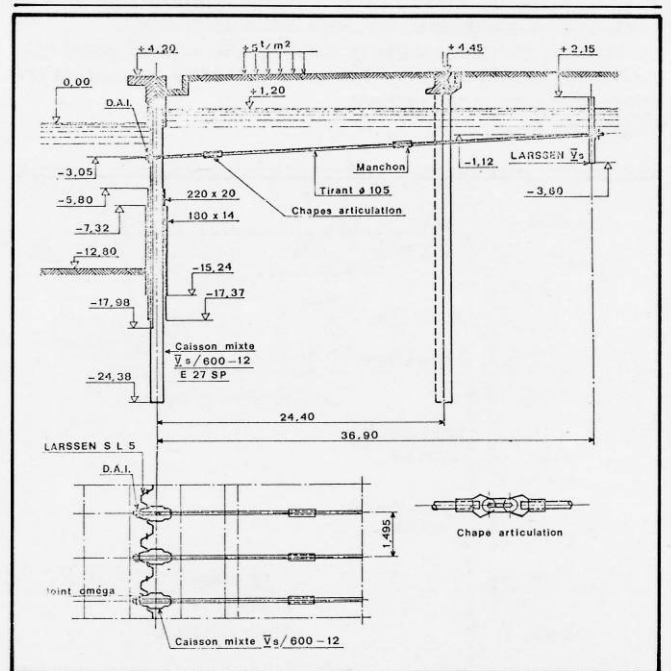


Fig. 19. - Hong-Kong - Kwai Chung - Quai à conteneurs: 1972.

Exécution en site nautique. Le rideau frontal est constitué de caissons mixtes et de palplanches intercalaires. Les caissons mixtes sont renforcés partiellement avec des plats soudés. Les caissons étaient fabriqués sur place dans un atelier installé spécialement.

Entreprise S.F.E.D.T.P.

Fig. 19. - Hong-Kong - Kwai Chung - Kaai voor containers: 1972. Uitvoering in het water. Het voorste scherm bestaat uit een gemengde constructie van kokers en verbindingsdamplanken. De gemengde kokers zijn gedeeltelijk met gelaste strippen versterkt. De kokers werden ter plaatse in een speciaal daarvoor ingericht atelier gemaakt.

Onderneming S.F.E.D.T.P.

tions suivant l'agressivité du milieu: épaisseur et nuance d'acier donnant la longévité prévue à l'ouvrage, revêtement protecteur après grenaillage en atelier, éventuellement complété sur chantier, protection cathodique dans certains cas.

Ancrages

Les dispositifs d'ancrages sont de deux types: passif et actif. Le type passif est constitué de tirants en acier fixés à des corps d'ancrage, rideau de palplanches ou éléments en béton armé. On utilise de plus en plus des ronds en acier de nuance élevée jusqu'à 340 N/mm² et même plus. Il faut signaler que ces aciers sont sensibles à l'effet d'entaille à fond de filet, il faut donc prévoir des extrémités renforcées (par refoulement par exemple) et des attaches articulées pour éviter les efforts parasites.

Ce système est indiqué pour les quais construits par remblaiement, mais il est aussi utilisé lorsqu'il est nécessaire d'exécuter un terrassement préalable.

Le type passif peut aussi être constitué de pieux battus et injectés. Ce système perfectionné récemment permet d'obtenir de grandes résistances à la traction et à la compression. Il est indiqué pour les quais construits par dragage puisqu'il évite les terrassements souvent nécessaires pour la pose des tirants (fig. 20, 21).

Le type actif est constitué de câbles ou de barres de précontrainte. Il ne s'est pas développé pour les rideaux de palplanches de quais maritimes.

Mise en œuvre

Il existe trois techniques de mise en œuvre des palplanches dans le sol:

- celle du clou,
- celle qui rend le sol plus mou,
- celle du trou.

La première utilise des énergies de frappe de plus en plus fortes, elle nécessite une précision de plus en plus grande.

La deuxième utilise la vibration, avec ses nombreux paramètres qui sont de mieux en mieux maîtrisés.

La troisième encore récente est en voie de développement grâce au progrès de l'exécution des tranchées à la boue et au coulis.

Le développement du rendement et de l'adaptation des engins, des techniques et du matériel de mise en œuvre, du savoir-faire des entreprises a permis d'augmenter les hauteurs de fiche et a contribué beaucoup au développement de ce type de quai.

La participation d'autres techniques et d'autres procédés dans la construction et par conséquent dans la conception de ce type de quai est une tendance en voie de développement. C'est cette association qui plus généralement fera le progrès.

6.3.3. Quais pleins à plate-forme

Les éléments structuraux sont: le rideau de pal-

of meer mysterieuze faktor die het gebruik van staal in maritieme werken zou kunnen beperken. Op basis van onze huidige kennis van dit verschijnsel, kan nochtans gekozen worden tussen verschillende oplossingen, naargelang van de agressiviteit van de omgeving: de plaatdikte en de staal-soort kunnen bepaald worden in functie van de voorziene levensduur van het kunstwerk, een beschermende bekleding kan aangebracht worden na bewerken met de zandstraal in het atelier en kan eventueel op de bouwwerf afgewerkt worden en in zekere gevallen kan op een kathodische bescherming beroep gedaan worden.

Verankerungen

Er kunnen twee types verankerungen onderscheiden worden: de passieve en de actieve. Het passieve type bestaat uit stalen trekkers die aan een verankerungselement bevestigd zijn, nl een damplankenscherm of een element uit gewapend beton. Voor deze trekkers wordt hoe langer hoe meer gebruik gemaakt van rondstaal van hoge kwaliteit, tot 340 N/mm² en zelfs meer. Men mag echter niet uit het oog verliezen dat dergelijke staalsoorten gevoelig zijn voor insnijding in de schroefdraad, zodat verdikte uiteinden (door opstoten bvb) moeten voorzien worden, benevens scharnierende bevestigingen om parasitaire spanningen te vermijden.

Deze oplossing is de meest geschikte voor kaaien waarachter aangevuld moet worden, doch wordt ook gebruikt als vooraf een bouwput moet gegraven worden.

Het passieve verankerungstype kan ook bestaan uit ingeheide en geïnjecteerde palen. Met dit onlangs geperfectioneerde systeem kunnen grote trek- en drukweerstand bekomen worden. Het is speciaal geschikt voor kaaimuren die uitgebaggerd worden, daar met deze oplossing het grondwerk voor de trekkers vermeden wordt. (fig. 20, 21).

Het actieve verankerungstype bestaat uit voorgespannen kabels of stangen. Voor de damplankenschermen van maritieme kaaimuren heeft deze oplossing minder sukses.

Verwerken.

Damplanken kunnen op drie manieren geplaatst worden:

- door inheien,
- na de grond achter gemaakt te hebben,
- in een vooraf gegraven sleuf.

Voor de eerste manier is steeds meer energie en precisie vereist.

Voor de tweede manier wordt beroep gedaan op trillend materieel, waarvan de talrijke parameters hoe langer hoe beter gekend zijn. De derde, nog recente manier wint hoe langer hoe meer veld, dank zij de vooruitgang van o.m. de techniek van de met bentonietslijk gevulde sleuven.

Door de verhoging van het rendement en van de capaciteiten van de machines, de verbetering van de technieken en van het materieel en dank zij de

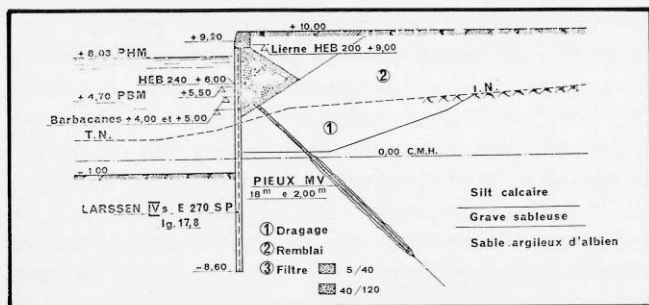


Fig. 20. - Rouen - Quai de l'Île du Jonquay: 1974.
Exécution en site nautique. Appuis supérieurs au moyen de pieux battus injectés type M.V.
Entreprise E.M.C.C. - Trindel.

Fig. 20 - Rouen - Kaai van l'Île du Jonquay: 1974.
Uitvoering in het water. Bovenste steunen bekomen met inge-
heide en geïnjecteerde palen type M.V.
Ondernemingen E.M.C.C. - Trindel.

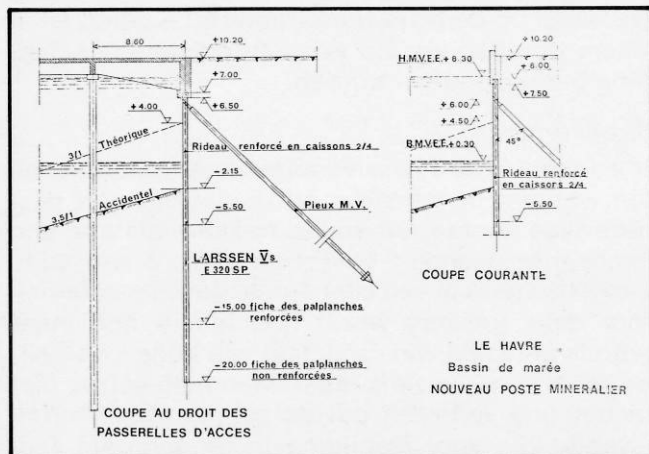


Fig. 21. - Le Havre - Quai Minéralier: 1977.
Exécution en site terrestre. Le rideau frontal est constitué de palplanches partiellement renforcées en caissons. Les appuis supérieurs sont réalisés avec des pieux type M.V. qui évitent tout terrassement. Les résistances à la traction mesurées ont atteint 300 t.

Entreprises Dodin et Trindel.

Fig. 21 - Le Havre - Kaai voor ertsen: 1977.
Uitvoering op de vaste grond. Het voorste scherm bestaat uit gedeeltelijk kokervormig versterkte damplanken. De bovenste steunen worden bekomen met M.V. palen waarmee elk grondwerk vermeden wordt.

De opgemeten trekweerstand bereiken 300 ton.

Onderneming Dodin en Trindel.

Coupe au droit des passerelles d'accès = Doorsnede aan de toegangsbruggen

Théorique = Theoretisch

Accidentel = Accidenteel

Rideau renforcé en caissons = Versterkt scherm uit kokers 2/4

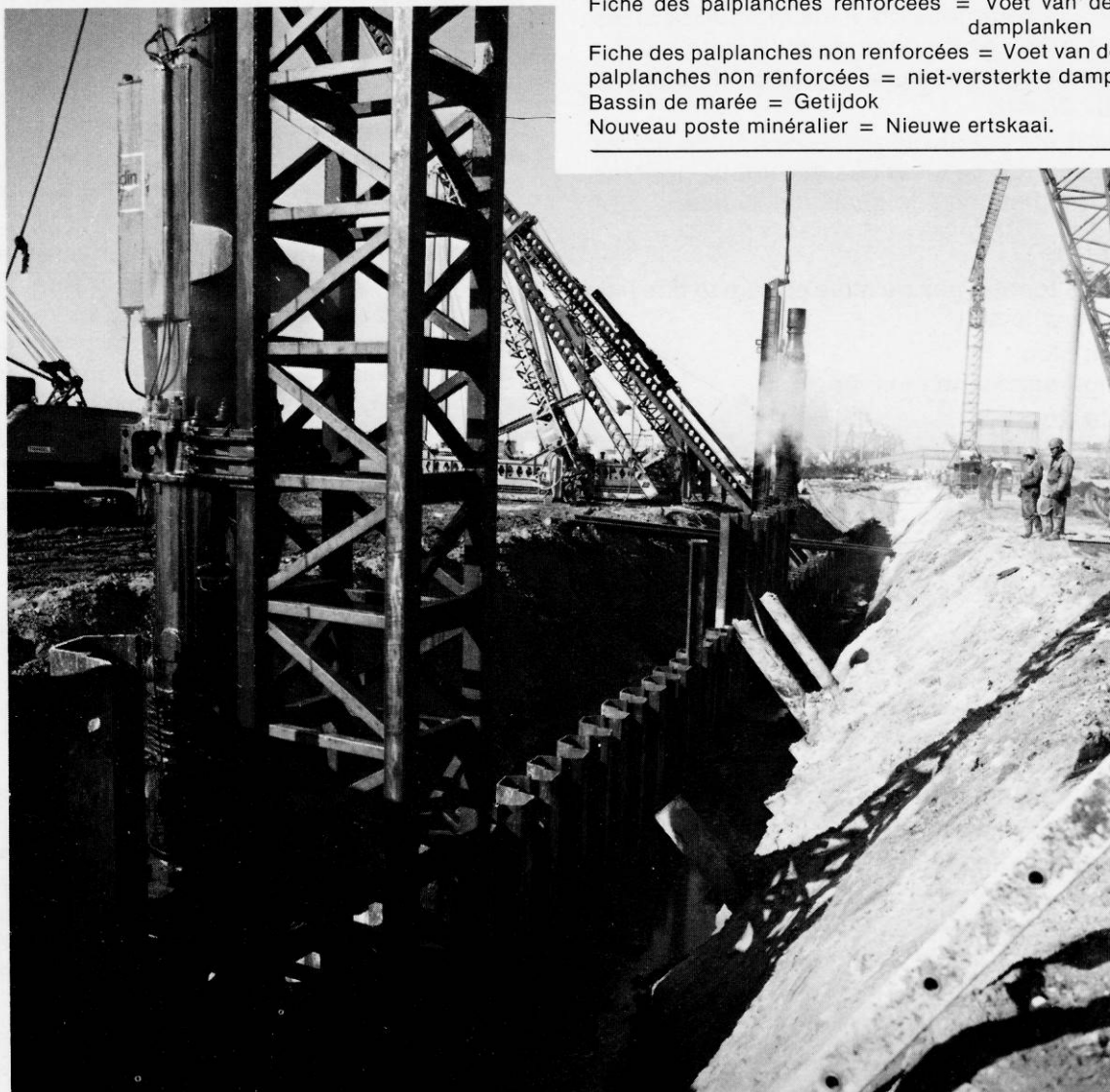
Pieux M.V. = M.V. palen

Fiche des palplanches renforcées = Voet van de versterkte damplanken

Fiche des palplanches non renforcées = Voet van de palplanches non renforcées = niet-versterkte damplanken

Bassin de marée = Getijdok

Nouveau poste minéralier = Nieuwe ertskaai.



planches, la plate-forme en béton armé, les pieux, les massifs avant et arrière.

Ce type de quai, très ancien (type danois ou hollandais) a comme avantage d'éviter l'influence des surcharges pour la poussée des terres sur le rideau. La plate-forme est d'exécution facile lorsqu'elle repose sur le terrain naturel. Il a comme inconvénient une réalisation complexe.

6.3.4 Quais creux (fig. 22,23,24)

Les éléments structuraux sont analogues aux précédents. La plate-forme en béton armé est réduite et le nombre de pieux est limité.

Ce type de quai a comme avantage d'éliminer la pression hydraulique différentielle et de réduire l'influence des surcharges sur le rideau.

Il convient pour les quais réalisés partie en dragage, partie en remblai, pour des marnages ou un abaissement accidentel du plan d'eau importants. La plate-forme en B.A. peut être construite en éléments préfabriqués ou coulée sur des coffrages installés après équipement derrière le rideau.

6.3.5 Quais ouverts (fig. 25,26)

Le rideau de palplanches placé en arrière de la plate-forme permet une réduction de la largeur de celle-ci.

Les pieux sont généralement des tubes en acier remplis de béton.

Ce type de quai, qui se rapproche d'un appontement, élimine pratiquement la fonction de soutè-

door de aannemers opgedane ondervinding, werd de indrijfhoogte van de damplanken hoe langer hoe groter, wat het sukses van dit type kaaimuren in grote mate heeft helpen bevorderen.

Daarenboven is er een tendens om meer en meer andere technieken en werkmethodes voor de konstruktie van dit type kaaimuur toe te passen, wat ook een weerslag heeft op hun konceptie. Het is in deze richting dat de meeste vooruitgang te verwachten is.

6.3.3. Samengestelde kaaimuren.

De konstruktie-elementen zijn: het damplankenscherm, het platform uit gewapend beton, de palen en de voorste en achterste grondlichamen.

Dit zeer oude kaaimuurtype (het zogenaamde Deense of Hollandse type) biedt het voordeel dat de belasting van het damplankenscherm door de op de kaai opgeslagen materialen vermeden wordt. Het platform kan gemakkelijk verwezenlijkt worden als het in de natuurlijke grond rust. Deze oplossing biedt het nadeel dat zij gekompliceerd is en zij wordt op het huidige ogenblik nog weinig gebruikt.

6.3.4 Kaaimuren op palen, zonder beschoeiing (fig. 22, 23, 24).

De konstruktie-elementen zijn dezelfde als hierboven. Het gewapend betonnen platform is minder

Fig. 22 - Le Havre - Port de plaisance: 1972.

Exécution en site nautique. Les différents éléments sont relativement légers puisque les surcharges sont faibles et que l'influence du marnage est pratiquement éliminée.

Fig. 22 - Le Havre - Haven voor plezierboten: 1972.

Uitvoering in het water. De verschillende elementen zijn betrekkelijk licht daar de belastingen gering zijn en de invloed van de getijden zo goed als geëlimineerd is.

Onderneming Quillery.

Caissons = Kokers

Palplanches = Damplanken

Fig. 23 - Rouen - Bassin de Quevilly: 1968-1974.

Exécution en site nautique. La plate-forme B.A. est en éléments préfabriqués. Les efforts horizontaux sont repris par un cheval de pieux, les uns en tube d'acier en compression, les autres du type M.V. en traction. Ce type de quai permet d'utiliser des palplanches relativement légères et d'éviter la construction d'un quai plein avec la sujétion des ancrages dans un terrain de qualité médiocre.

Entreprise Courbot - Morineau - Quillery - Trindel.

Fig. 23 - Rouen - Dok van Quevilly: 1968-1974.

Uitvoering in het water. Het gewapend betonnen platform is uit geprefabriceerde elementen. De horizontale krachten worden opgevangen door schuin tegen elkaar geheide palen; de drukpalen zijn stalen buizen, de trekpalen van het type M.V. Met dergelijk type kaaimuur kunnen betrekkelijk lichte damplanken gebruikt worden en kan de konstruktie van een kaaimuur met de in slechte terreinen moeilijk uit te voeren verankeringen vermeden worden.

Ondernemingen Courbot - Morineau - Quillery - Trindel.

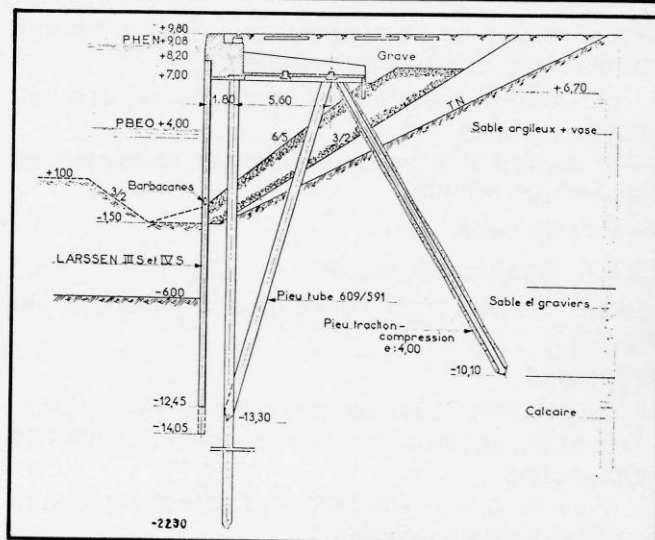
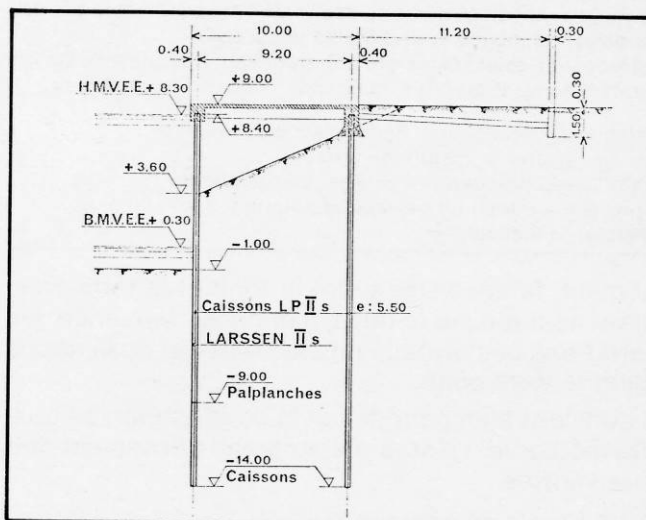
Pieu tube = Buispaal

Pieu traction-compression = Getrokken-gedrukte paal

Sable argileux + vase = Kleiachtig zand + slijk

Sable et graviers = Zand en grint

Calcaire = Kalksteen



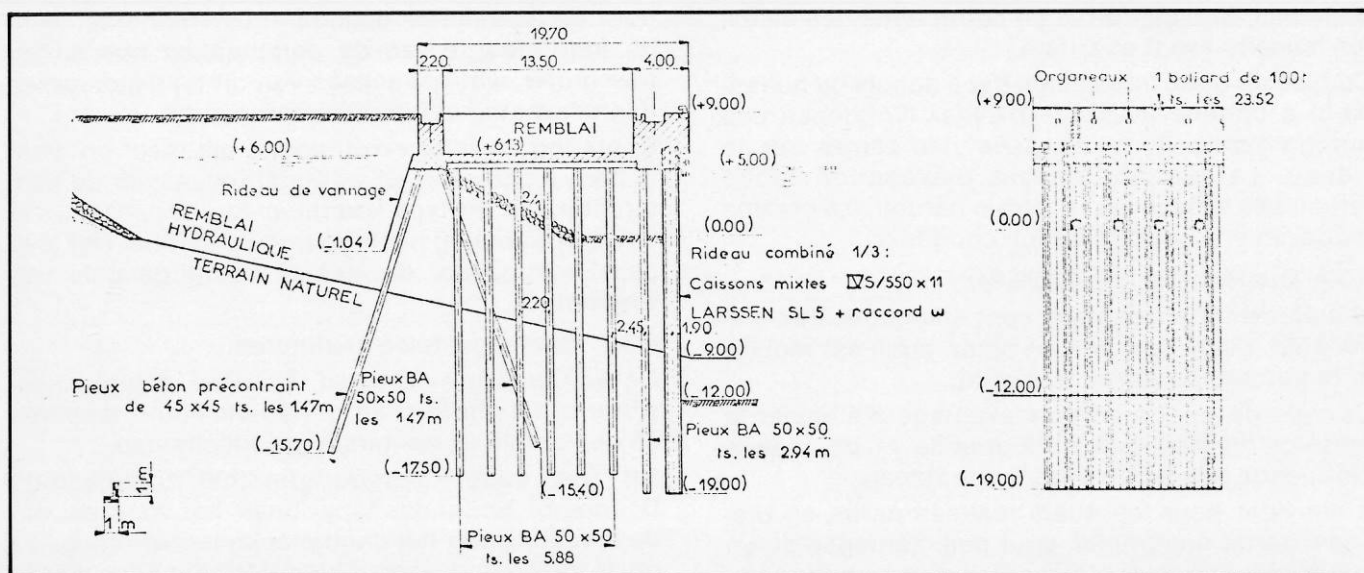


Fig. 24. - Dunkerque - Quai minéralier: 1971.

Exécution en site nautique. Le rideau frontal est constitué de caissons mixtes de 25,50 m de longueur et de palplanches intercalaires de 25 m pour obtenir le module de résistance nécessaire.

Le coffrage de la plate-forme B.A. et le talus d'enrochement ont été réalisés à sec après épuisement en arrière du rideau. Après construction, des barbacanes ont été découpées dans les palplanches intercalaires afin d'éliminer la pression hydraulique différentielle.

Les rails avant du portique de déchargement sont supportés par les caissons mixtes et une file de pieux B.A.

Entreprise: Société Générale d'Entreprises; Hollandsche Beton Maatschappij; Entreprise de Grands Travaux Hydrauliques.

Remblai hydraulique = Hydraulische aanvulling

Terrain naturel = Natuurlijk terrein

Pieux béton précontraint = Paal uit spanbeton

Pieux B.A. = Paal uit gewapend beton

Remblai = Aanvulling

nement, la dénivelée entre le fond et le terre-plein étant assurée par le talus. Il élimine l'influence des variations des niveaux du plan d'eau et de la nappe dans le terre-plein.

Il convient bien pour des sols de fondation de qualité médiocre. La stabilité au grand glissement doit être vérifiée.

6.3.6. Quais en gabions

Ces ouvrages ne comportent que deux éléments structuraux, intimement associés:

- l'enveloppe métallique constituée par des palplanches plates,
- le massif interne constitué par le terrain en place ou un remblai.

Ils sont de deux type:

6.3.6.1. Gabions circulaires

Utilisés surtout pour l'exécution à l'avancement (fig. 27).

Avantages

- construction possible par matériels terrestres,
- remplissage possible dès la mise en place des palplanches,
- mise en place relativement facile des palplanches autour d'un gabarit,

Fig. 24. - Duinkerken - Kaai voor erts: 1971.

Uitgevoerd in het water. Het voorste scherm bestaat uit 25,50 m lange gemengde kokers en verbindingdaplanken van 25 m om de vereiste weerstandsmodulus te bekomen.

De bekisting van het gewapend betonnen platform en het met een steenstorting beschermde talus werden in den droge uitgevoerd, na leegpompen achter het scherm. Na de konstruktie, werden afwateringsopeningen in de verbindingdaplanken gesneden, om het optreden van differentiële waterdruk te vermijden. De voorste rails van de loskraan rusten op gemengde kokers en op een rij gewapend betonnen palen.

Ondernemingen: Société Générale d'Entreprise, Hollandsche Beton Maatschappij, Entreprise de Grands Travaux Hydrauliques.

Rideau combiné 1/3 = Gekombineerd scherm 1/3

Caissons mixtes = Gemengde kokers

+ raccord w = + verbinding w

Organeaux = Meerringen

1 bollard de 100 t = Een meerpaal van 100 ton

belangrijk en het aantal palen is beperkt. Dit type kaaimuur biedt het voordeel dat de differentiële waterdruk geëlimineerd is en dat de belasting op de kaai minder invloed heeft op het damplankenscherm.

Deze oplossing kan gebruikt worden voor kaaimuren die gedeeltelijk uitgebaggerd, gedeeltelijk door aanvullen verwezenlijkt worden, voor grote getijdeverschillen of waar het waterpeil accidenteel zeer laag kan zakken.

Het platform uit gewapend beton kan uit geprefabriceerde elementen samengesteld worden, of gegoten worden op bekistingen die, na droogpompen, achter het damplankenscherm worden geplaatst.

6.3.5. Kaaiplatformen (fig. 25, 26)

Door achter het platform een damplankenscherm te plaatsen, kan de breedte van het platform beperkt worden. De palen zijn meestal met beton gevulde stalen buizen.

Bij dit type kaaimuur, dat veel weg heeft van een aanlegsteiger, is de steunfunctie praktisch geëlimineerd, daar het hoogteverschil tussen de zeebodem en de kaai door een talud is opgevangen. Ook

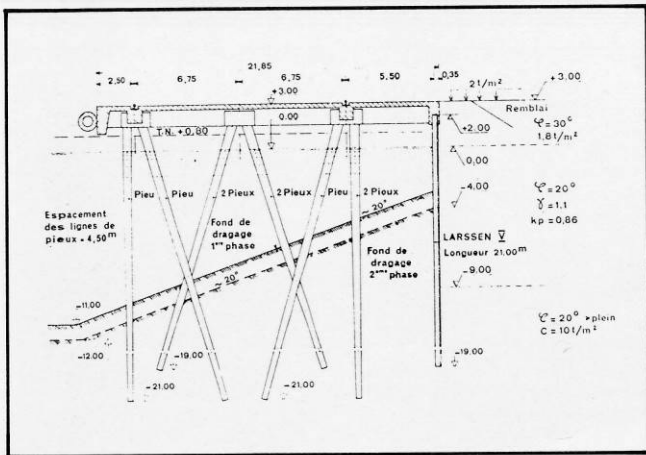


Fig. 25. - Puerto Cabello (Venezuela): 1976.
Exécution en site terrestre. Les efforts horizontaux sont repris par les chevalets de pieux supportant la plate-forme en B.A. Entreprise Cimesca.

Fig. 25. - Puerto Cabello (Venezuela); 1976.
Uitvoering op vaste grond. De horizontale krachten worden opgevangen door de schuin tegen elkaar steunende palen die het gewapend betonnen platform dragen.
Onderneming Cimesca.
Espacement des lignes de pieux = Afstand tussen de rijen palen
Fond de dragage 1ère phase = Baggerdiepte 1e fase
Longueur = Lengte

- bonne stabilité des cellules au courant pendant la construction,
- adaptation au remblaiement hydraulique qui est une mise à l'épreuve de chaque cellule,
- fretage du massif interne après le remplissage,
- autostabilité de chaque cellule.

Inconvénients

- comportement tridimensionnel mal connu,
- palplanches de raccord irrationnelles,
- limitation de la largeur utile par la résistance des palplanches au dégrafage,
- nombreux paramètres de dimensionnement.

La traction horizontale T dans les palplanches se calcule encore, faute de mieux, par la formule des tuyaux:

$$T = p.r.$$

p = pression latérale du massif interne.
 r = rayon de la cellule.

Le diamètre de la cellule, donc la largeur de l'ouvrage dont dépend sa stabilité est limité par la traction admissible des palplanches au dégrafage qui est une fraction de la résistance garantie R . On peut s'attendre à ce que le producteur donne des valeurs de R plus fortes.

Les palplanches - raccords entre cellule cylindrique et arc intermédiaire sont les plus sollicitées. La demi-palplanche soudée sur la palplanche de base doit être inclinée de 30° à 45° et non pas perpendiculaire.

Le remblai doit naturellement être de bonne qualité.

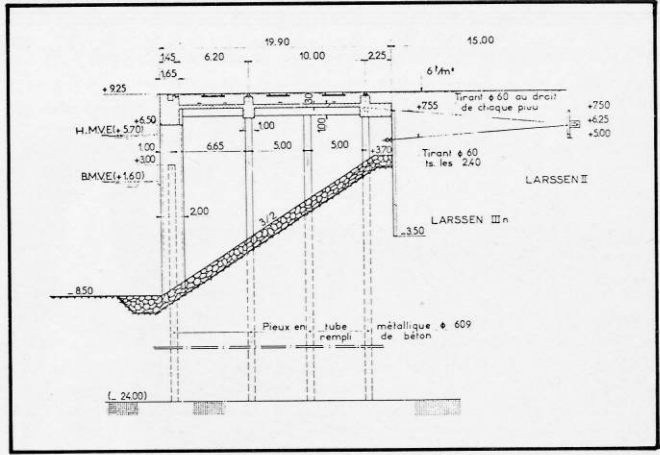


Fig. 26. - Nantes - Quai de Cheviré: 1966, 1970, 1974.
Exécution en site nautique. Les efforts horizontaux sont repris par des tirants arrière pour éviter les pieux inclinés. Entreprise Dodin - E.T.P.O.

Fig. 26. - Nantes - Cheviré kaai; 1966, 1970, 1974.
Uitgevoerd in het water. De horizontale krachten worden opgevangen door trekkers om geen schuine palen te moeten gebruiken.
Onderneming Dodin - E.T.P.O.

de invloed van de hoogtewisselingen van het water in de grond en voor de kaaimuur is geëlimineerd.

Deze oplossing is bijzonder geschikt op fundeergonden van slechte kwaliteit. De stabiliteit tegen glijden moet natuurlijk nagegaan worden.

6.3.6. Kaaimuren uit damplankenkuipen.

Deze kunstwerken bestaan slechts uit twee konstruktie-elementen die innig met elkaar verbonden zijn:

- de metalen mantel bestaande uit platte damplanken,
- het inwendige grondlichaam uit de grond ter plaatse of uit aangevoerde grond.

Er bestaan twee soorten kaaimuren van dit type:

6.3.6.1. Met cirkelvormige damplankenkuipen

Deze worden vooral gebruikt als de kaaimuur vanop de vaste grond naar het water toe wordt gebouwd (fig. 27).

Voordelen

- konstruktie mogelijk met het normale aannemersmaterieel,
- vulling mogelijk zodra de damplanken geplaatst zijn,
- betrekkelijk gemakkelijk plaatsen van de damplanken rond een mal,
- tijdens de konstruktie zijn de damplankencellen bestand tegen de stroming,
- geschikt voor hydraulisch aanvullen, dat tegelijk een test voor elke cel is,
- de vulling is volledig ingesloten,
- elke cel is op zichzelf stabiel.

Nadelen

- slecht gekend driedimensioneel gedrag,
- irrationele sluitingsdamplanken,

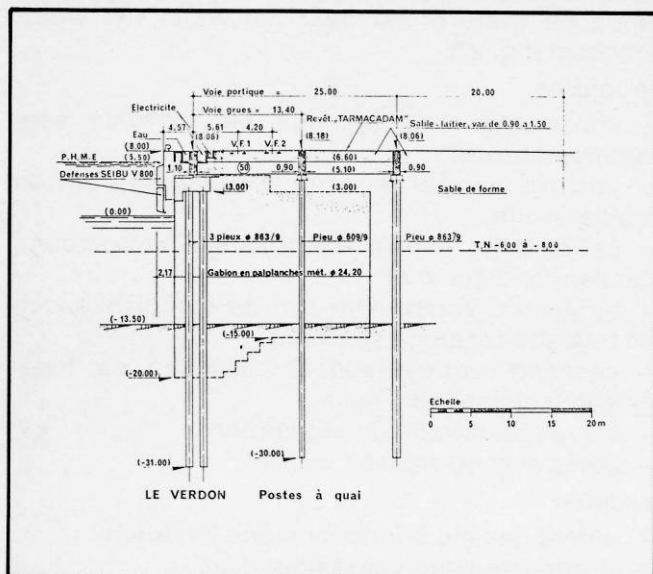


Fig. 27. - Le Verdon - Poste à quai - digue amont: 1976.
Gabions circulaires. Exécution en site nautique à l'avancement.
Le remblaiement des cellules est effectué par camions. Le
marnage favorise la consolidation du massif interne. Le couron-
nement et les longrines sous les appareils de manutention sont
supportés par des pieux. Les palplanches plates des arcs fron-
taux sont du type Rombas 400 g de 400 t/ml de résistance au
dégrafage.
Entreprise Dodin.

Fig. 27. - Le Verdon - stroomopwaartse dijk: 1976.
Cirkelvormige damplankenkuipen. Uitvoering in het water, ver-
trekkend van de vaste grond. De kuipen worden door vrachtw-
agens gevuld. De getijden hebben een gunstige invloed op het
konsolideren van de aanvulling binnen de kuipen. De dekplaat
en de langsliggers voor het los- en laadmaterieel rusten op
palen. De platte damplanken van de voorste bogen zijn van het
type Rombas 400 g met 400 ton weerstand tegen uittrekken
van de damplanken.
Onderneming Dodin.

La mise en œuvre exige un gabarit très robuste, de préférence à deux niveaux et, quel que soit l'ordre d'enfoncement, celui-ci doit toujours commencer par les palplanches-raccords.

6.3.6.2. Gabions cloisonnés

Utilisés surtout en site terrestre avec dragage ultérieur mais aussi parfois en site nautique en eau calme (fig. 28,29,30)

Avantages

- le dimensionnement défini par le rayon des arcs et la largeur utile est rationnel,
- la largeur utile, qui n'est pas limitée, est donnée par la stabilité et, la résistance du massif interne, éventuellement par la stabilité de l'ensemble,
- le rayon est donné par la résistance des palplanches au dégrafage,

Le comportement général est sensiblement bidimensionnel,

- la répartition des efforts dans les palplanches raccord est isostatique,
- les cloisons participent à la stabilité d'ensemble.

Inconvénients pour la construction en site nautique

- remplissage simultané de plusieurs cellules par phases successives,
- immobilisation des gabarits pendant les premières phases de remplissage.

L'augmentation de la résistance au dégrafage permettrait des cloisons plus espacées.

La forme générale peut se modifier par allongement des cloisons et réduction de la hauteur des arcs arrière, dès que l'espacement des cloisons est supérieur à environ la moitié de la largeur équivalente minimale.

Les palplanches de raccord en forme d'Y à 120° sont rationnelles.

Concernant la mise en œuvre:

- le perfectionnement de la technique d'enfoncement par vibration-lançage permet d'atteindre des fiches supérieures à 20 m,
- la battage s'il est nécessaire doit être limité à la fin de l'enfoncement.
- il faut un gabarit robuste à deux niveaux,
- l'enfoncement des palplanches-raccord doit toujours précéder celui des palplanches courantes.

6.3.6.3. L'utilisation des gabions

Elle s'est développée ces dernières années parce que ce type de structure est bien adapté aux dimensions actuelles et futures des quais et aux sites disponibles naturels ou artificiels. Le problème reste celui de la mise en œuvre:

- le choix des engins,
- le know-how (savoir-faire) des entreprises qui est toujours à parfaire.

- de la nuttige breedte is beperkt door de weerstand van de damplanken tegen uittrekken,
- voor de berekening moet met zeer veel factoren rekening gehouden worden.

De horizontale trekkracht T in de damplanken wordt, bij gebrek aan een betere methode, nog altijd berekend met de buizenformule:

$$T = p \cdot r.$$

met p = zijdelingse druk van het inwendige grondlichaam.

r = straal van de cel.

De diameter van de cel, en dus de breedte van de constructie, waarvan de stabiliteit afhangt, is dus beperkt door de weerstand van de damplankenvoegen tegen uittrekken, die een fractie is van de gewaarborgde weerstand R .

De verbindingsplaten tussen de cilindrische cel en de tussenboog zijn het zwaarst belast. De halve damplank moet onder een hoek van 30 tot 45° en niet loodrecht op de basisdamplank gelast worden.

De aanvulling moet natuurlijk van goede kwaliteit zijn.

Het verwerken vergt een zeer sterke mal, liefst op twee niveaus en, om het even voor welke inheidepte, moet steeds begonnen worden met de verbindingsdamplanken.

6.3.6.2. Niet-cirkelvormige damplankenkuipen.

Deze worden vooral op vaste grond gebruikt, die later uitgebaggerd wordt, doch soms ook in kalm water (fig. 28, 29, 30).

Voordelen

- de weerstand is functie van de straal van de bogen en van de nuttige breedte, zodat het materiaal rationeler gebruikt wordt,

- de nuttige breedte, die niet beperkt is, wordt bepaald in functie van de vereiste stabiliteit en de weerstand van het inwendige massief, eventueel door de stabiliteit van het geheel,

- de straal is functie van de weerstand tegen uittrekken van de damplanken.

Het gedrag is zo goed als tweedimensioneel

- de verdeling van de krachten in de aansluitingsdamplanken is isostatisch,

- de tussenschotten dragen bij tot de stabiliteit van het geheel.

Nadelen voor de constructie in het water.

- gelijktijdige vulling van meerdere cellen, in op elkaar volgende fasen,

- de mallen moeten tijdens de eerste aanvullingsfasen ter plaatse blijven.

Door het feit dat de weerstand tegen uittrekken van de damplanken groter is, kunnen de tussenschotten verder van elkaar liggen.

De vorm kan veranderd worden door de tussenschotten te verlengen en de hoogte van de achterste bogen te verminderen, zodra de afstand tussen de schotten groter is dan ongeveer de helft van de minimale equivalente breedte.

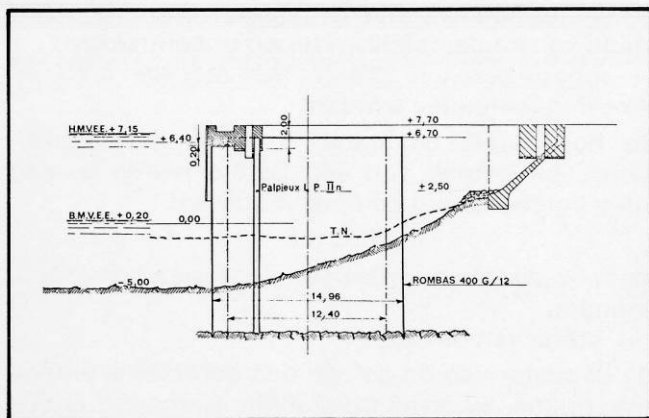


Fig. 28. - Cherbourg - Terre-plein des Mielles: 1973.
Gabions cloisonnés.
Exécution en site nautique. Le couronnement repose sur les arcs.
Entreprise Dodin.

Fig. 28. - Cherbourg - Terre-plein des Mielles: 1973.
Damlankenkuipen met schotten.
Uitgevoerd in het water. De dekplaat rust op de bogen.
Onderneming Dodin.

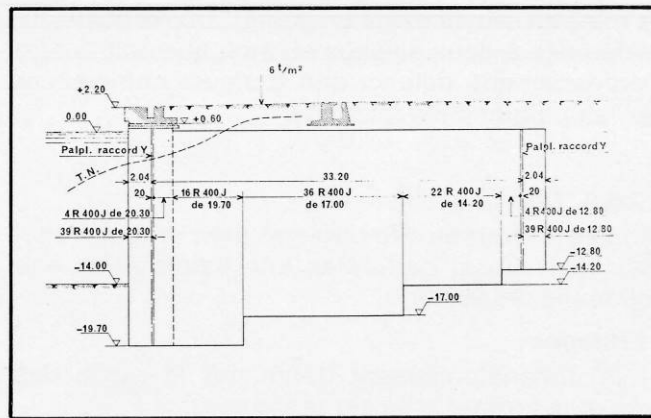


Fig. 29. - Fos-sur-Mer - Darse 2 - Terminal à conteneurs: 1972, 1976.
Gabions cloisonnés. Exécution en site nautique des arcs avant et en site terrestre des cloisons et des arcs arrière. Les cloisons élargies permettent de réduire la hauteur des arcs arrière ce qui réduit le tonnage de palplanches et facilite l'exécution.
Entreprise Chagnaud - E.M.C.C. - Chagnaud - Pommier.

Fig. 29. - Fos-sur-Mer - Dok 2 - Containerterminal: 1972.
Damlankenkuipen met schotten. De voorste bogen werden in het water geplaatst en de achterste in de vaste grond. Dank zij de verbrede schotten, kon de hoogte van de achterste bogen verminderd worden en dus ook het gewicht verwerkte damplanken en was de uitvoering gemakkelijker.
Ondernemingen Chagnaud - E.M.C.C. - Chagnaud-Pommier.

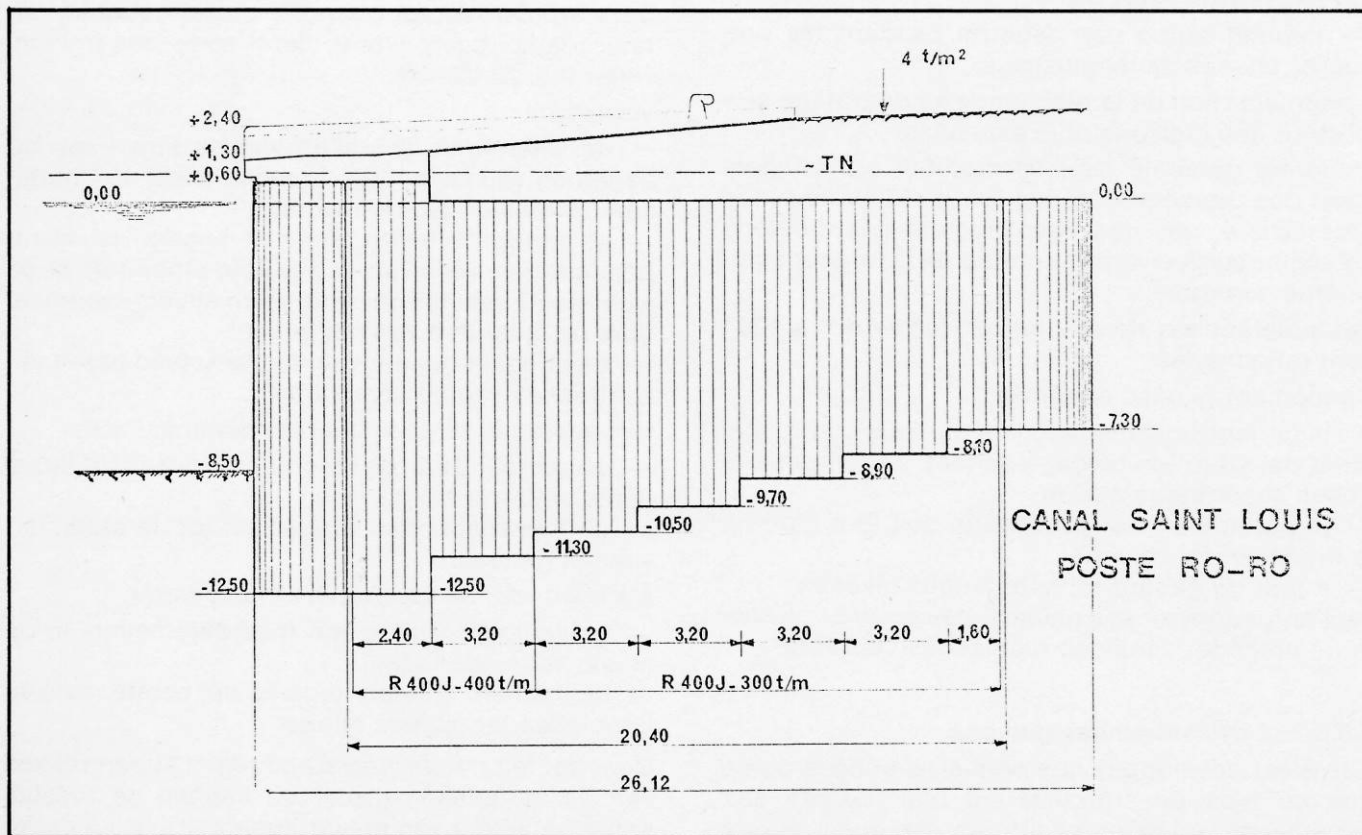


Fig. 30. - Fos-sur-Mer - Canal Saint-Louis - Poste Ro-Ro: 1977.
Gabions cloisonnés. Exécution en site terrestre après consolidation du sol par la charge d'un remblai provisoire.
Entreprise Bouygues Offshore.

Fig. 30. - Fos-sur-Mer - Kanaal St-Louis - Ro-Ro post: 1977.
Damlankenkuipen met schotten. Uitvoering op de vaste grond, na consolidatie met een voorlopige aanvulling.
Onderneming Bouygues Offshore.

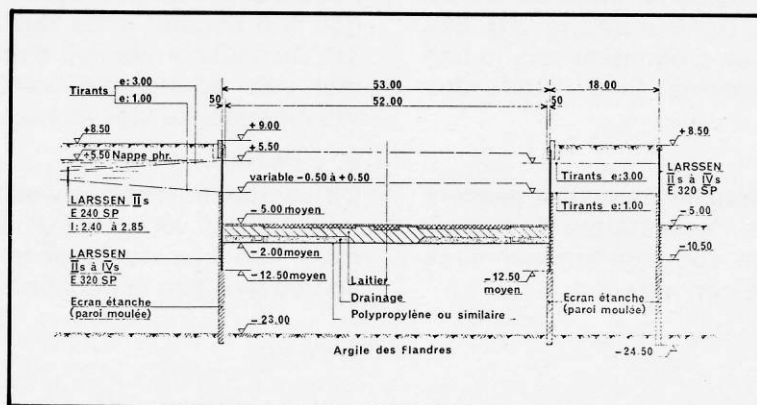
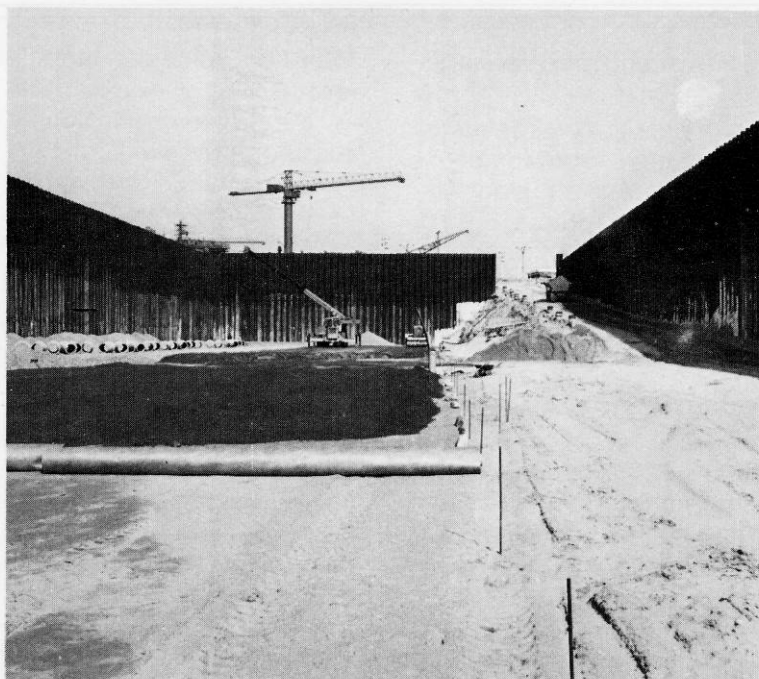


Fig. 31. - Dunkerque - Forme de radoub n° 6 Secoter.

Un rabattement général de la nappe tout autour de l'emprise de la fouille a d'abord été effectué au moyen de 45 puits pour permettre d'établir la plate-forme de travail vers la côte (+ 2,00). A l'emplacement des futurs bajoyers une tranchée est ouverte et remplie d'un coulis en bentonite-ciment jusqu'à l'ancrage dans l'argile des Flandres. Les palplanches sont descendues dans le coulis et maintenues à leur cote pendant le temps de prise. Après pose des tirants les terrassements sont exécutés. L'étanchéité complète du rideau est réalisée par le coulis qui reste collé sur la face arrière.

Bureau d'études: S.E.E.E.

Entreprises G.T.M. - B.T.P., Citra France - Solétanche (pour les parois moulées).

Fig. 31. - Eerst werd het peil van het grondwater met behulp van 45 bronnen over de ganse toekomstige bouwput verlaagd om het werkplatform op het peil + 2,00 te kunnen aanleggen. Op de plaats van de toekomstige sluishoofden werd een sleuf tot in de Vlaanderiaanse klei gegraven en met een bentoniet/cement mengsel gevuld. De damplanken werden in deze sleuf neergelaten en op hun plaats gehouden tot het mengsel verhard was. Na het plaatsen van de trekkers wordt het grondwerk uitgevoerd. De volledige waterdichtheid van het scherm wordt bekomen door het verharde betoniet/cement mengsel dat aan de achterzijde is blijven kleven.

Studiebureau: S.E.E.E.

Ondernemingen G.T.M. - B.T.P., Citra France - Solétanche (voor de in de grond gevormde wanden).

De verbindingsdamplanken met Y- doorsnede op 120° zijn rationeel.

Voor wat het verwerken betreft, dient onderstreept dat:

- indrijfdieptes van meer dan 20 m kunnen bereikt worden, dank zij de verbetering van de tril- en lanceertechnieken,
- voor zover nodig, moeten de damplanken pas helemaal op het einde even ingeheid worden,
- er is een stevige mal op twee niveaus nodig,
- de aansluitingsdamplanken moeten steeds voor de andere geplaatst worden.

EXCAVATOR 9/81

6.3.6.3. Het gebruik van de damplankenkuipen.

Dit neemt sedert enige jaren steeds meer uitbreiding omdat deze konstruktiewijze goed pas bij de huidige en toekomstige afmetingen van de kaaien en bij de beschikbare natuurlijke en kunstmatige havenuitbreidingsgebieden. De enige overblijvende problemen zijn deze in verband met het eigenlijk uitvoeren van de werken:

- de keuze van de machines,
- de know-how van de aannemers die steeds kan verbeterd worden.

6.4. Conclusions

Finalement on peut dégager les tendances générales:

- le souci de l'économie globale (prix $\pm$ délais)
- la faveur des solutions réalisées rapidement,
- le choix orienté vers des solutions simples,
- une certaine hardiesse des conceptions.

7. - Ecluses

Les palplanches peuvent en constituer les bajoyers, comme pour les formes de construction ou de réparation navale.

8. - Cales, formes de construction ou de réparation navale

Les palplanches sont utilisées dans la construction des cales pour en constituer les murs latéraux.

Elles constituent aussi les bajoyers des formes de construction ou de réparation navale. Déjà en 1935 des gabions en palplanches plates Lackawanna constituent les bajoyers d'une forme de radoub à St-Nazaire.

Le dernier exemple est celui de la forme de radoub N° 6 Secoter au Port de Dunkerque (fig. 31). Les bajoyers en palplanches se prolongent vers le bas par une paroi étanche ancrée dans l'argile des Flandres.

9. - Conclusion

Cet exemple démontre tout le parti que peuvent tirer les constructeurs de l'association de techniques et de procédés de construction qui dans d'autres cas peuvent être concurrents.

6.4. Besluiten.

Men kan volgende algemene tendenzen vaststellen:

- de zorg voor de globale ekonomie (prijs + uitvoeringstermijnen),
- de voorkeur voor vlug uitvoerbare oplossingen,
- de voorkeur voor eenvoudige oplossingen,
- een zekere durf bij de conceptie.

7. - Sluizen.

De damplanken kunnen als sluismuren dienst doen, zoals bij droogdokken voor de konstruktie of herstelling van schepen.

8. - Droogdokken voor konstruktie of herstelling van schepen.

In dit geval worden damplanken gebruikt voor de bouw van de zijmeren.

Zij vormen ook de sluishoofden. Reeds in 1935 werden de sluishoofden van een droogdok te St-Nazaire gevormd door damplankenkuijen uit platte Lackawanna damplanken.

Het meest recente voorbeeld is dit van het droogdok nr 6 Secoter in de Haven van Duinkerken (fig. 31). De sluishoofden uit damplanken zijn onderaan met een waterdichte wand verlengd, die in de Vlaanderiaanse klei verankerd is.

9. - Besluit.

Dit voorbeeld toont in welke grote mate de konstruktoren hun voordeel kunnen doen met de combinatie van bouwtechnieken en -methodes die in andere gevallen in konkurrentie komen.

**En demandant
une documentation,
un renseignement,
une notice,
recommandez-vous
d'EXCAVATOR**

**Als u een inlichting,
een nota,
een dokumentatie
vraagt,
verwijs naar
EXCAVATOR**