

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Muelles de fábrica sobre terrenos de escasa resistencia.

(CONTINUACIÓN)

“Fundado en los cálculos hechos en otro tiempo por Stieltjes para las obras de la Sociedad Comercial de Rotterdam, se llegó á la conclusión de que un pilote de pino ordinario tiene una potencia portátil de 10.000 kilogramos. Desde hacía mucho tiempo se venía adoptando en la ciudad

unos de otros de 2 metros, se fijaron vigas gruesas de roble que podrían, particularmente, oponer resistencia á la fuerza de presión, hincándose después entre estos pilotes el de ensayo, provisto de un casquete de hierro en su parte superior. Sobre éste se colocó una viga de roble y entre ésta y la superestructura fijada á los pilotes referidos, se instalaron dos ó tres prensas hidráulicas (figs. 17 y 18), con las cuales fué sometido á una presión vertical el pilote de ensayo, haciéndose un gran número de pruebas, tanto en pilotes de pino-tea como de pino ordinario.

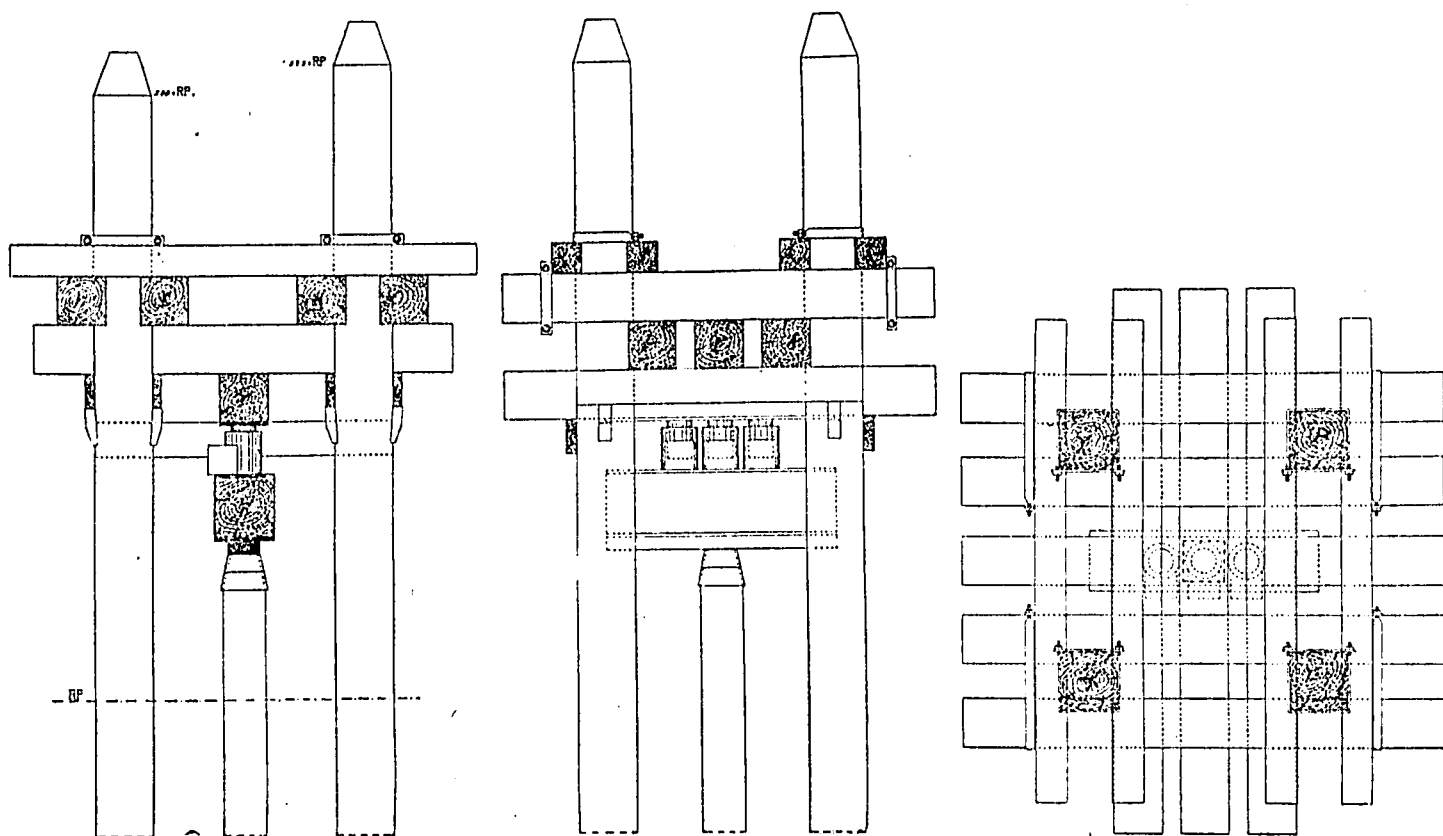


Fig. 17.

para carga vertical este límite de fuerza de los pilotes, que se aplica de igual manera para los de 0,30 metros de diámetro aproximadamente.

“Para medir la carga á llevar sobre los pilotes de pino, se montó en el Maashaven, en los diques de faginas hincados, exactamente con arreglo al tipo dado, una instalación para el ensayo de los pilotes de soporte.

“Á cuatro gruesos pilotes de pino, hincados á distancia

“Á continuación se presenta en dibujo el diagrama normal del citado ensayo.

“Sobre el eje horizontal se indica los kilogramos á cuya presión se sometieron los pilotes; en el eje vertical se indica la hinc de los mismos. En una longitud bastante grande del diagrama, la hinc concuerda con la presión. Para esta parte es casi horizontal.

“Si al fin de este período el pilote se le desembaraza de

su peso, vuelve casi enteramente á su posición primitiva. Se llegó al límite de elasticidad para los pilotes de pino-tea con una carga de 150.000 hasta 160.000 kilogramos. Cuando la última se aumentaba, la hinca tomaba dimensiones no pro-

siones corrientes, demostraron que cuando un pilote no se rompía al hacer la hinca (lo que comprobó arrancándole después de la prueba), la potencia portátil podría elevarse hasta 110.000 kilogramos (fig. 20).

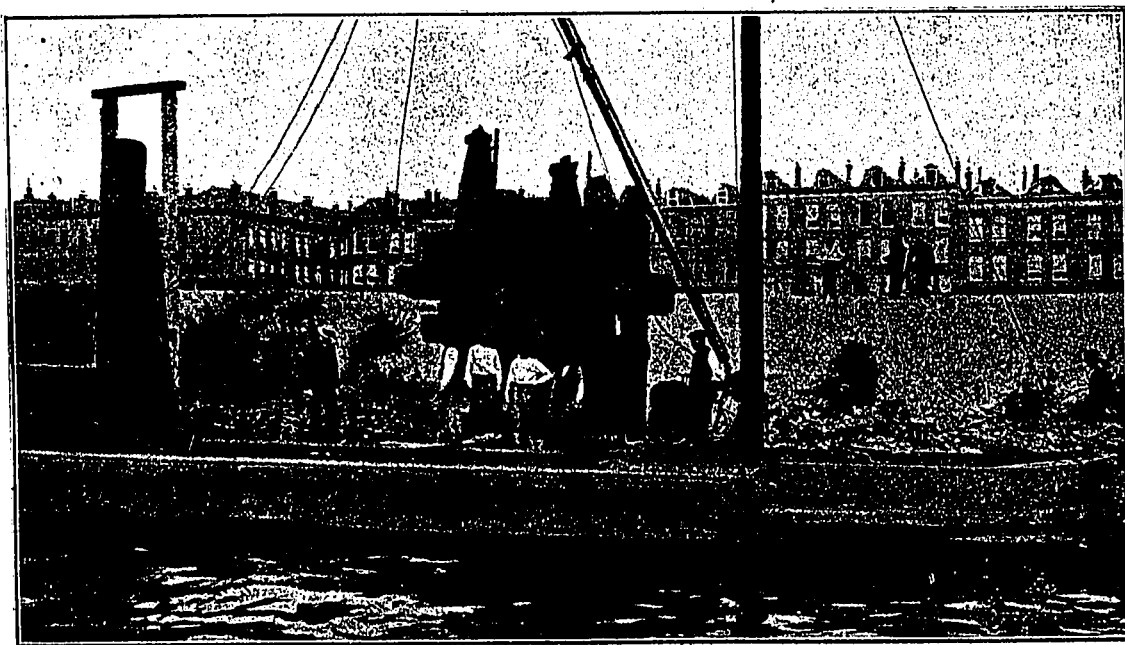


Fig. 18.

porcionales, hasta llegar á un punto en que el pilote, sin presión de importancia, continúa su hinca; la potencia por-

“En los ensayos efectuados en pilotes que se habían evidentemente roto durante la hinca, se podía alcanzar una po-

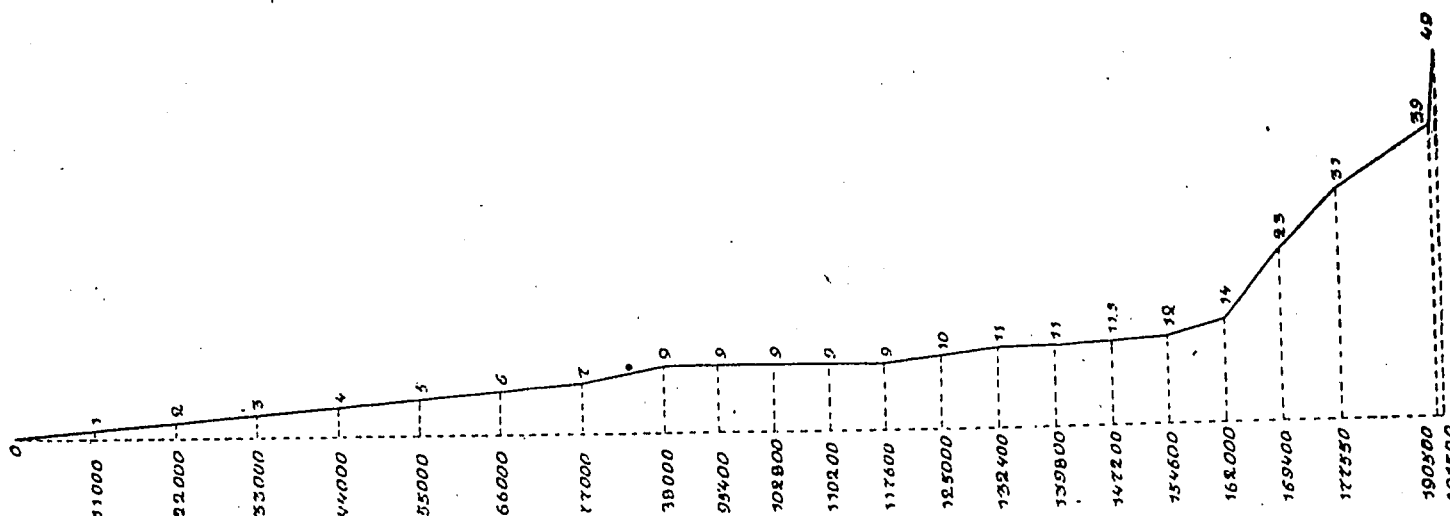


Fig. 19.

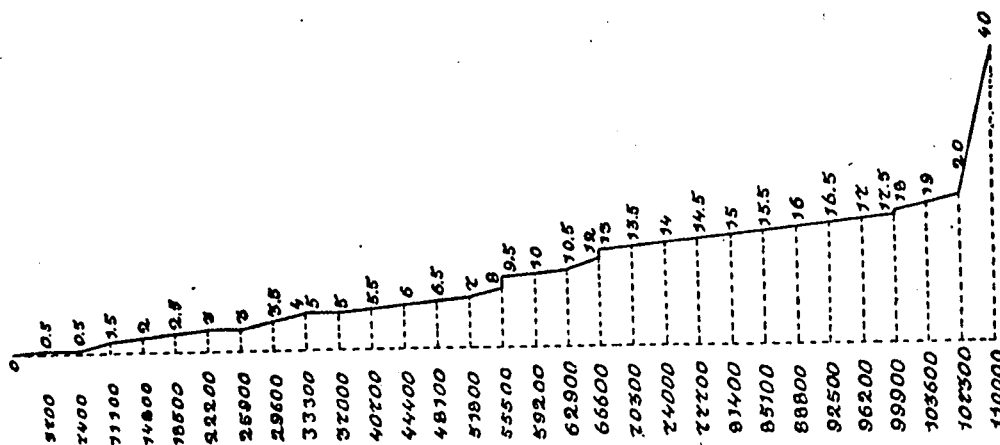


Fig. 20.

tátil estaba entonces alcanzada, resultando entre 190.000 y 220.000 kilogramos (fig. 19).

*Dichas pruebas, realizadas en pilotes de pino de dimen-

tencia portátil de 50 á 70.000 kilos, cifra que llevaba la tranquilidad al ánimo, por cuanto á los muelles ya construídos sobre pilotes de pino se refiere.

"Semejante resultado conviene bastante con los cálculos teóricos que pueden aplicarse á la potencia portátil de los pilotes. Esta se obtiene siempre en función de dos factores; la potencia portátil de la punta sobre el fondo y la resistencia de rozamiento á lo largo de los costados del pilote. Si se calcula aquella potencia portátil, á razón de 30 kilogramos por centímetro cuadrado, se obtiene entonces de las diferentes pruebas una resistencia igual de frotamiento, es decir, 9.900 á 9.800 kilogramos metro cuadrado. Esta resistencia de frotamiento puede también deducirse de la magnitud de la fuerza necesaria para poder sacar un pilote hincado ya.

"Si basado en los ensayos practicados puede fijarse con holgura en 200.000 kilogramos la potencia portátil de un pilote de una longitud de 12 metros, la cuestión se reduce á saber cuál sería la carga á dar, ó en otros términos, cuál sería el coeficiente de seguridad que habría de adoptarse.

"Para contestar á esta pregunta puede partirse de esta consideración, que una práctica de varios años ha confirmado en Rotterdam: "que la carga que hay que dar á un pilote de pino, hincado en condiciones normales en nuestro terreno de turba, puede fijarse con toda seguridad en 10.000 kilogramos."

"Para averiguar el grado de seguridad que en ello habría,

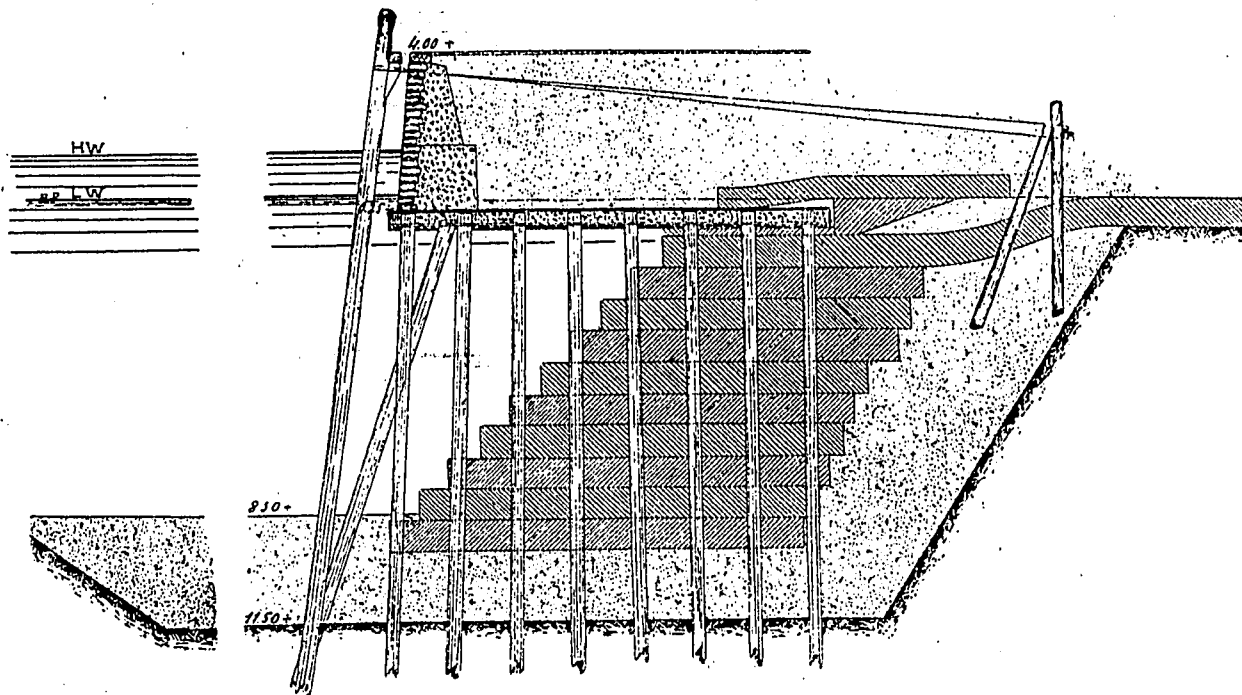


Fig. 21.

"Á pesar de que por la índole del asunto tal fuerza es difícil determinarla con gran precisión, porque el arranque del pilote se efectúa á menudo con una grúa flotante, que trabaja por sacudidas, ha podido comprobarse que la fuerza necesaria para extraer pilotes hincados á 8 metros de profundidad acusaba respectivamente 8.000, 7.900, 7.000 y 6.000 kilogramos por metro cuadrado, dando una cifra media de 7.425 kilos.

era necesario repetir una vez más las experiencias de Stieltjes y Mees y completarlas, presentándose la ocasión para ello en Spoorweghaven, en las obras de fundaciones en curso de ejecución para proveer al muelle y de las que hablaré más adelante.

"Se tenía, pues, la ventaja de repetir los ensayos de Stieltjes en un terreno exactamente igual y en el que se habían llevado á efecto en otro tiempo los mismos ensayos.

"Resultó entonces que el pilote de pino tenía en Spoorweghaven una potencia portátil de 45.000 kilogramos. Después de varios años se venían basando, pues, en un coeficiente de seguridad de 4,50, era, por lo tanto, llegado el caso de adoptarle también para los pilotes de pino americano, pudiendo en este caso aplicar sobre un pilote de pino-tea, con una potencia portátil de 200.000 kilos, una carga de 45.000 aproximadamente.

"Naturalmente, faltaba todavía averiguar por separado qué carga podría aplicarse sobre los pilotes anteriores que estaban libres en una gran longitud, teniendo en cuenta el peligro de rotura.

"Sobre una longitud de 8 metros, y admitiendo que el pilote pudiera considerarse como charnela en las dos extremidades, la potencia portátil hasta la rotura de un pilote vertical de 36 por 36 centímetros se fija con holgura en 260.000 kilos.

"Admitiendo una carga de 45.000 kilogramos, se obtiene un coeficiente de seguridad seis veces mayor. Si se admite

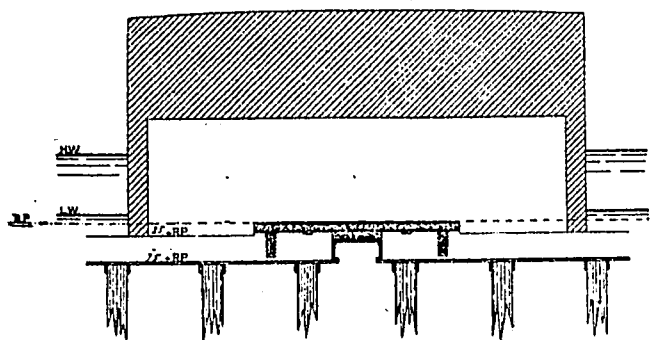


Fig. 22.

"Para un pilote de pino americano, esta resistencia de rozamiento pareció elevarse á 8.000 kilos por metro cuadrado. Si se toma la cifra aproximada y se supone que la resistencia de frotamiento es siempre un poco mayor durante la presión que durante el arranque, por efecto de la forma cónica de los pilotes, puede comprobarse entonces que el resultado de la presión y del arranque no es muy desproporcionado.

que la cabeza de las fundaciones están comprimidas, lo que en mi opinión está bien supuesto para la construcción de

lote de pino-tea, de la dimensión referida, se podía aplicar cuatro ó cinco veces la carga empleada para los pilotes de pino ordinario, había que solucionar la cuestión de saber de qué manera el emparrillado habría de colocarse para unir las cabezas de los pilotes, pues por la gran distancia entre ellos no podía colocarse un emparrillado corriente.

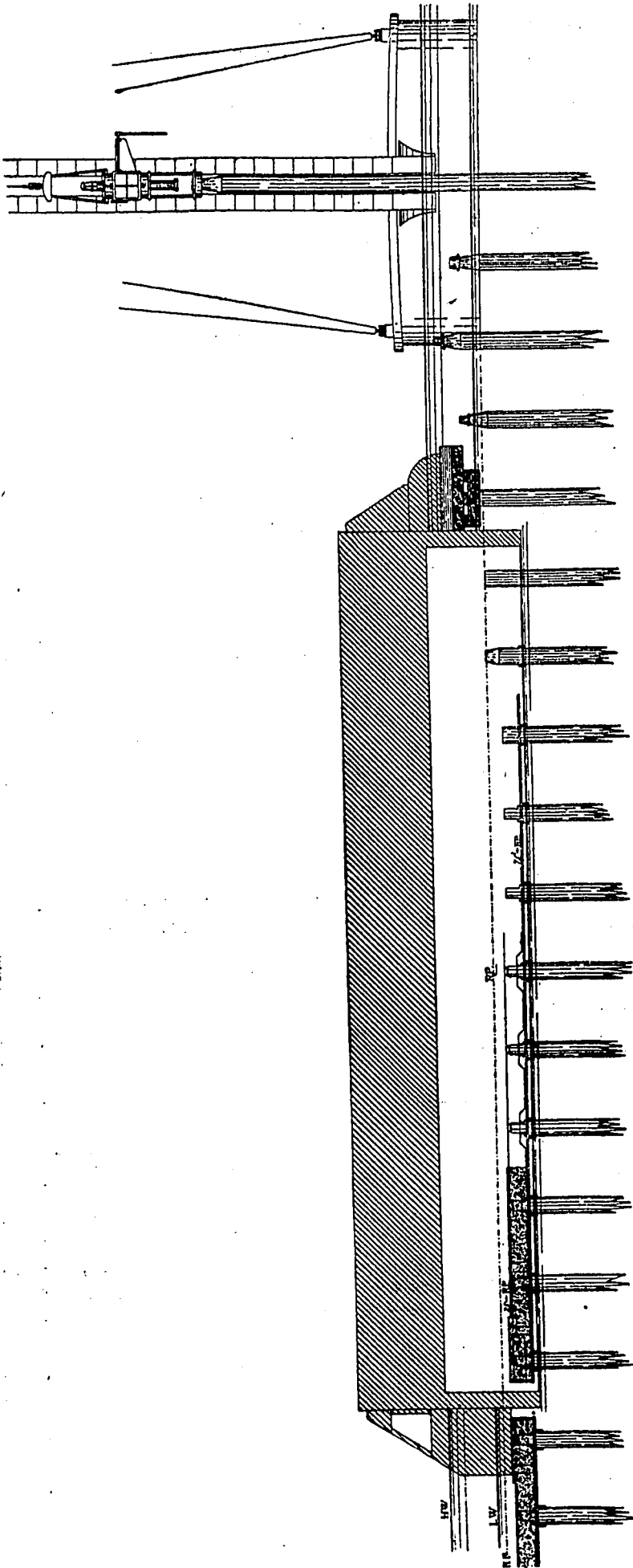


Fig. 23.

que se trata, el coeficiente de seguridad acusa entonces el doble á la rotura. El peligro de rotura no da lugar al aumento del número de pilotes. Como era cierto que sobre un pi-

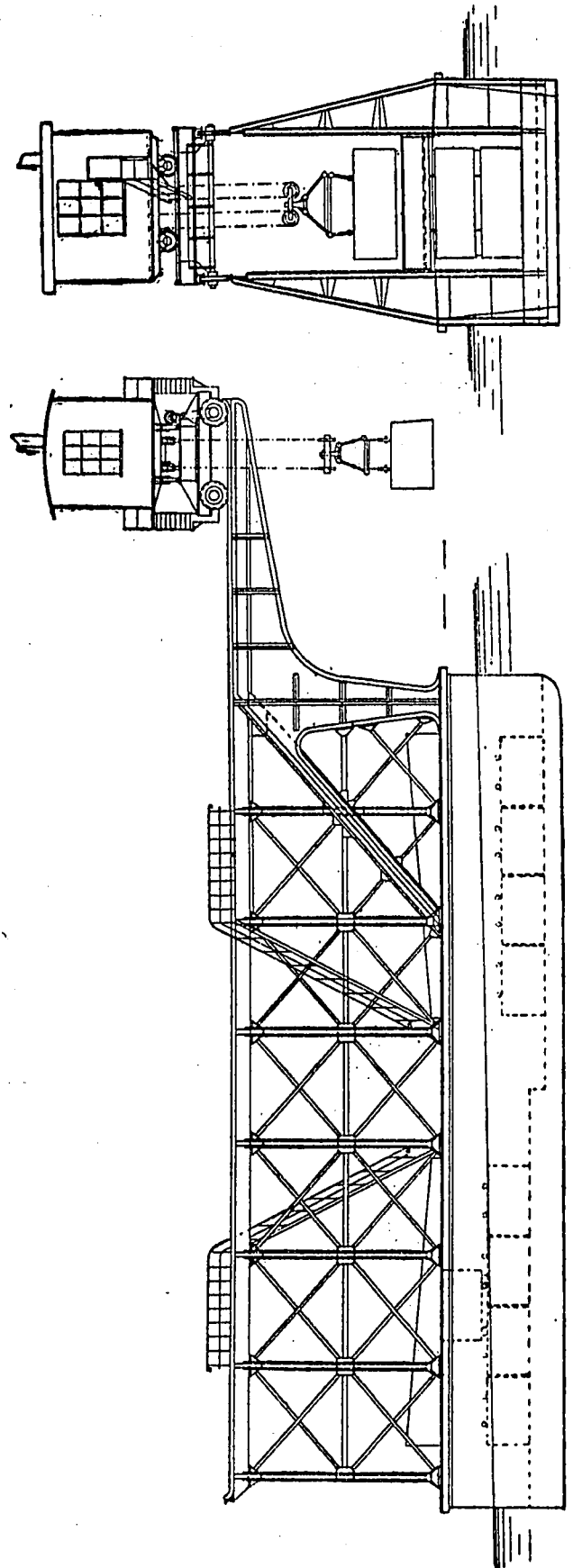


Fig. 25.

“En vista de esto se llevó á la práctica una idea que se había propuesto hacía ya algún tiempo. La composición de emparrillados de madera se sustituyó por otra de hormigón armado, llegándose así al tipo del muelle construido actualmente en gran escala. Si se cuenta con una carga del mue-

lle con mercancías de 7.000 kilos por metro cuadrado, deberán colocarse entonces los puntos de apoyo á una distancia entre-sí de 1,955 por 1,60 metros, para tener en cuenta el peso completo de la construcción del muelle y fundándose en la potencia portátil de 45.000 kilos por pilote.

“En un principio se construyó el muro exclusivamente de basalto. La parte por bajo de bajamar ordinaria se trabajaba en la campana de buzo y ésta se transportaba á la pleamar hacia la parte del muro que quedaba en seco en bajamar. Las aberturas entre las extremidades del muro se ce-

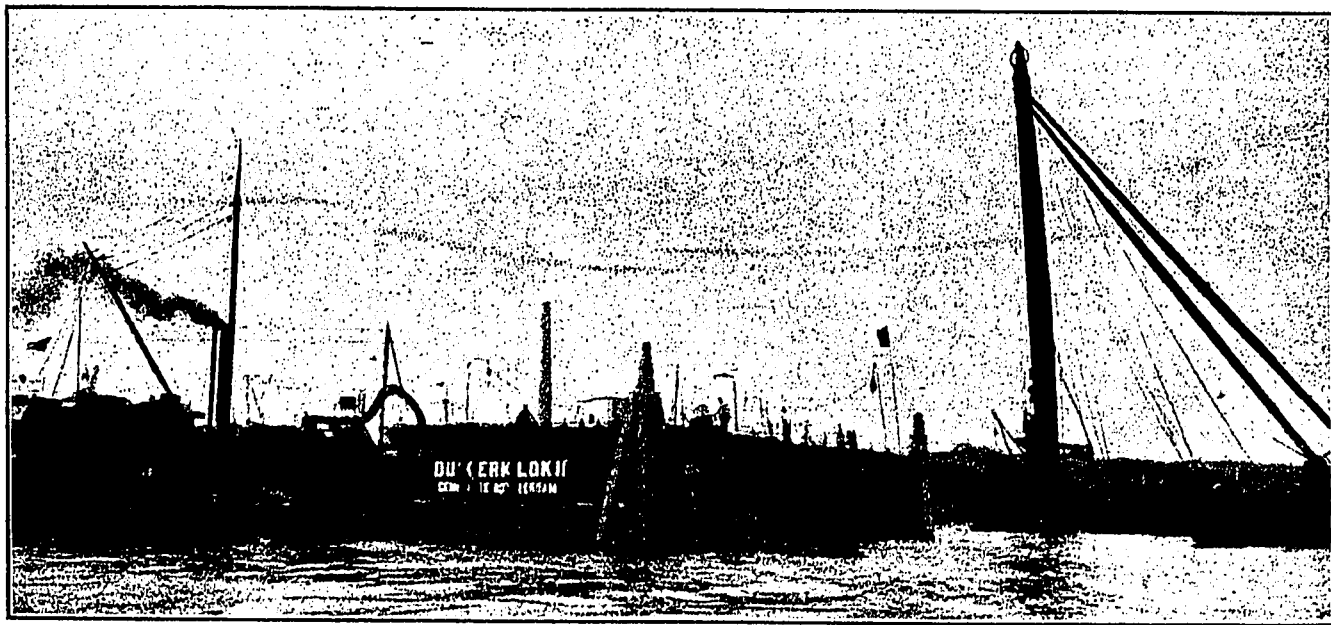


Fig. 24.

“Por medio de hierros en U, colocados en las cabezas de los pilotes y á lo largo del contorno, se obtiene un sólido conjunto. Un emparrillado de plancha relativamente delgada se fija entre los pilotes, y encima se coloca la capa de hormigón armado de un espesor de 50 centímetros (fig. 21).

“En la gran campana de buzo ya citada, se hace cada vez un emparrillado de una longitud de 20 metros. Para unir entre sí las diferentes divisiones, una segunda campana sigue á la primera. Esta se coloca encima de la abertura entre dos divisiones, haciéndose la unión perfectamente en la forma que indica el dibujo (fig. 22).

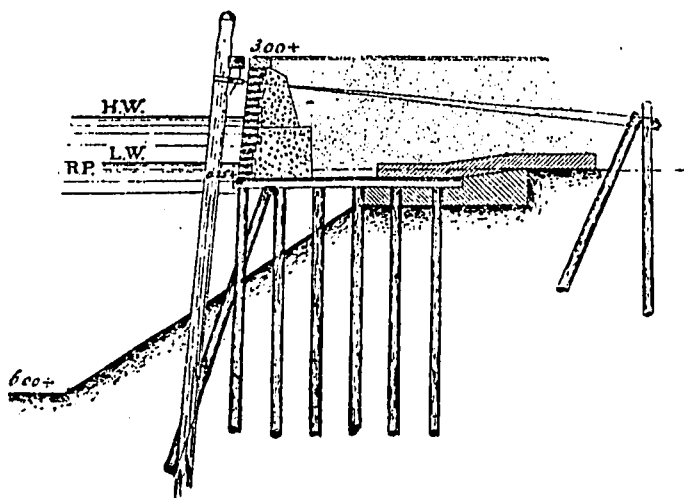


Fig. 26.

“La manera como se ha ejecutado la fundación de los muros se indica en esquema en la figura 23, así como la figura 24 presenta un dibujo de los diversos aparatos.

“Estos aparatos Morrison son de propiedad del Municipio, dos de los cuales están por lo regular en servicio para las obras de pilotaje. De este modo se hacen 20 metros por semana, es decir, holgadamente 3 metros por día.

“Sería de mucha oportunidad decir algunas palabras sobre la superestructura del Muelle.

rraban en mareas muy bajas, empleando hormigón de fraguado rápido. Más tarde, cuando los precios del basalto subieron considerablemente, no se hizo con este material más que el paramento exterior; el muro propiamente dicho se construyó con hormigón.

“Con objeto de poder trabajar con la rapidez posible y evitar las dificultades que existían para cerrar las aberturas de unión entre las diversas partes del muro, se siguió durante algunos años el sistema de formar la parte inferior con bloques, sistema que se sigue con mucha frecuencia para todo el resto del muro.

“Los bloques pesan próximamente 30 toneladas y se ajustan entre sí por medio de lengüetas y rebajos. Estos monolitos se construyen en una estacada, en donde se car-

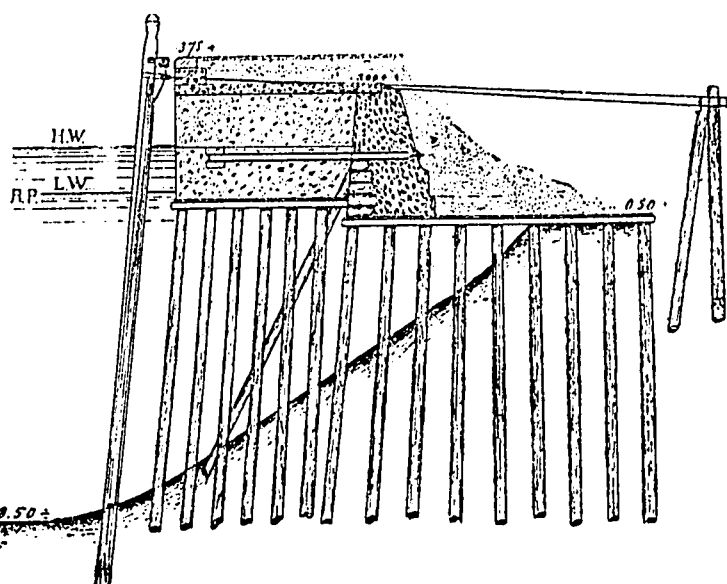


Fig. 28.

gan en un barco construido expresamente para ello, provisto de una grúa flotante. Este complicado aparato costó 65.280 florines y satisface por completo (fig. 25).

"En cada 15 metros hay pilotes de amarre arriostrados por detrás, de modo que los buques no ejercen tracción alguna sobre el muro. La parte superior del muro se cubre con losas de granito, sobre las que generalmente corren los rodillos de las grúas colocadas en los muelles, de manera que ningún rail obstruye la evacuación del agua.

"La construcción de muelles en Rotterdam se hace bajo una misma dirección. Un servicio de obreros prácticos y de vigilantes á las órdenes de un vigilante-jefe ejecuta los trabajos, empleándose toda la energía posible para hacer frente á las peticiones de muelles. Ya está arrendado el complemento del puerto, actualmente en construcción, sobre la orilla derecha de la Meuse, y el Consejo Municipal consignó además la última semana la cantidad necesaria para la construcción de un muelle de 300 metros á lo largo del Maashaven, con motivo de las nuevas demandas de alquiler.

"Felizmente, esta operación se llevó á cabo sin examen y por general aclamación. Ya han pasado afortunadamente los tiempos en que la construcción de muelles era objeto de largas discusiones, pudiendo decir que hemos vencido actualmente todas las dificultades, y que el tipo responde á todas las exigencias, aunque habiéndose elevado paulatinamente los gastos.

"Los diques de faginas, si se cuenta con dragados hasta 16 metros á bajamar, cuestan 450 florines por metro lineal. El muro mismo sale á 1.100 florines. No obstante, creo que estos muelles, que cuestan á 1.550 florines por metro lineal y que se destinan para buques de 8,5 metros de calado, pueden soportar brillantemente la comparación con los de otros sistemas.

"Este sistema de construcción tiene además la ventaja importantísima de que puede construirse un puerto con faginas á un coste relativamente barato é ir construyendo los muros á medida que se vayan necesitando. De este modo se ha cubierto en la actualidad el Maashaven con diques de faginas, á pesar de que los muelles no han de ejecutarse hasta no hacerse previamente un contrato de alquiler que garantice un rendimiento inmediato á su terminación.

"Deseo asimismo llamaros la atención acerca de dos tipos que varían algo del que acabo de bosquejar.

"En primer lugar citaré uno en el que sólo es suficiente un emparillado estrecho (muelle Willemsskade) (fig. 26), pues aquí lo que se atiende con más atención es á obtener un fondeadero para buques del Rhin ó buques de mar, de pequeño calado.

"Este muro se construyó el año anterior en el emplazamiento de un antiguo muelle que se edificó allá por las proximidades del año 1850, sobre montones de piedra, según el sistema descrito al principio de mi conferencia.

"Como el nuevo muro, por decirlo así, estaba construido exactamente en el mismo sitio del muelle anterior, y el subsuelo en este lugar subsistía enteramente en el mismo estado, se supuso que podría construirse el muelle sin necesidad de previas renovaciones.

"Se proyectó un tipo especial de muro de muelle para buques de gran calado en un sitio á lo largo del Rynhaven, donde anteriormente no se habían hecho diques de faginas. Para no verse ahora obligados á dragar las márgenes, que dicho sea de paso no sería factible visto el número de buques que allí se encuentran, se proyectó una presa de encofrado, llena de hormigón, que sustituyó aquí al dique de faginas (fig. 27).

"Este tipo de muro de muelle es más caro que el de di-

ques de faginas, pues se valoró en cerca de 1.650 florines por metro lineal.

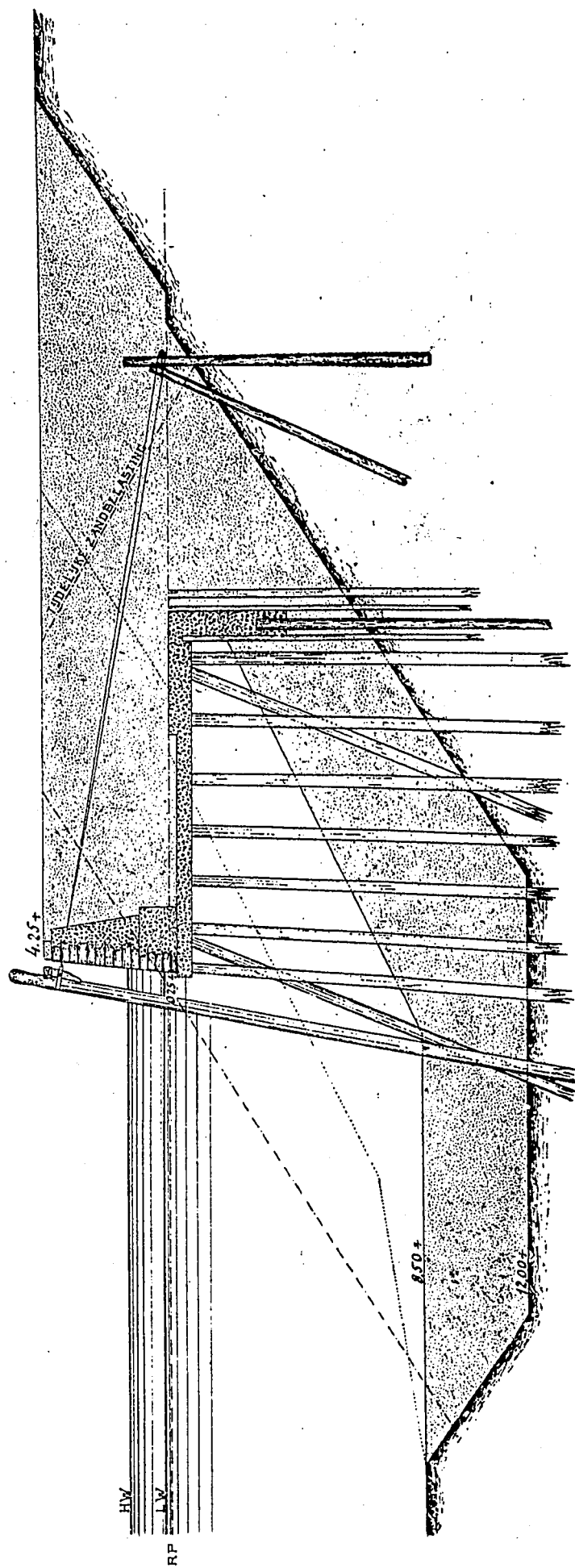


Fig. 27.

"Una construcción no menos importante se ha llevado á cabo en el Wilhelminakade. El muelle construido al principio para una profundidad de 6,5 metros á bajamar, ha habi-

do necesidad de habilitarlo para los buques de gran calado de la Holland Amerikalyn (línea Holandesa Americana).

"Se ha alcanzado la profundidad de 8,50 metros á bajar con una construcción avanzada de pilares de un ancho de 4,5 metros, unidos al muro antiguo, colocándose entre ellos estays, tapando las aberturas de dos metros entre las pilastras con placas de cemento armado (fig. 26). Idéntica construcción se ha efectuado en el muro de muelle que sirve de descarga de carbón para la fábrica del gas. Es de notar que el trabajo entero, dique de faginas, muro antiguo de muelle y las construcciones avanzadas apenas alcanzan los gastos de un muro *construido de nuevo*.

tinuar el muro, se produciría un agrietamiento en la construcción, y la mayor parte de los pilotes exteriores se encorbarían y quizás se rompieran, en la forma que indica la figura 29, la cual no es naturalmente más que una suposición, pues es materialmente imposible el determinar la posición que tomaron los pilotes bajo las fundaciones.

"El lado delantero del muro se avanzó 3 metros aproximadamente sobre el muelle antiguo, y se hincaron pilotes muy fuertes, que podían servir de conveniente punto de apoyo. Se proyectó una construcción en forma de caja, de cemento armado, cuyo lado anterior descansa sobre los nuevos pilotes, y por la parte posterior sobre el muro antiguo, que

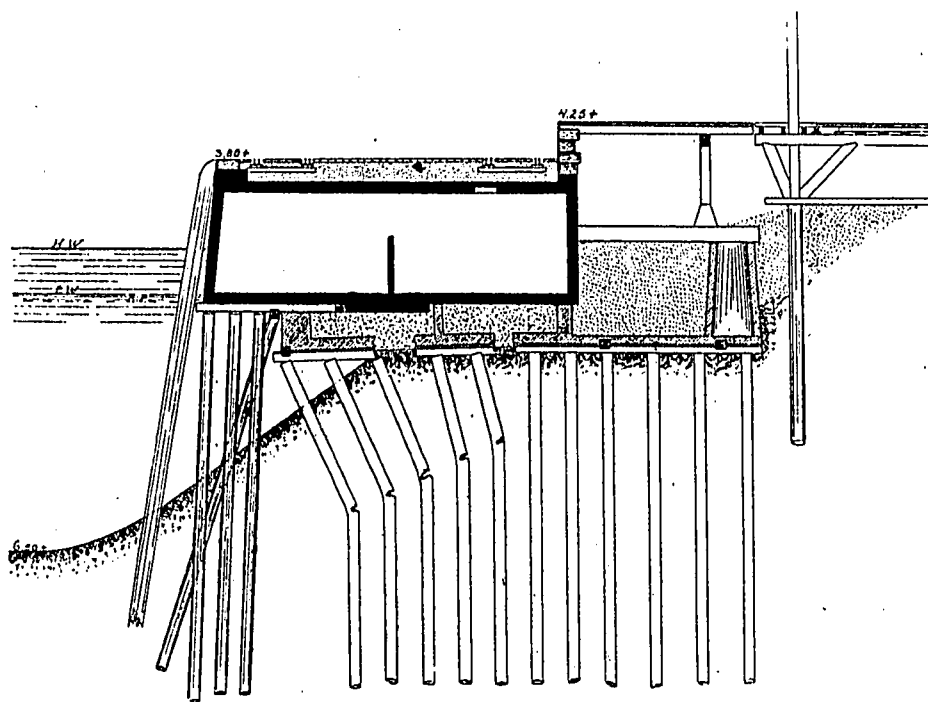


Fig. 29.

"Todavía hay que dar un paso más en esta dirección. La Holland Amerikalyn pide ahora muelles con profundidades de 10 metros á bajar. Para alcanzar esta profundidad se construirá una estacada de 4,5 metros de ancho para la construcción avanzada descrita anteriormente, mientras se dote á esta parte del Wilhelminakade, que no tiene construcción avanzada, de pilares de piedra contruidos como se describe más arriba, y que sobresaldrán del muro del muelle original 9 metros.

"Ya os he descrito el tipo de muro de muelle que se considera para lo sucesivo como el más económico y eficaz para nuestro puerto.

"El desarrollo de las construcciones de cemento armado, por efecto de ciertas circunstancias, ha dado lugar á la aplicación de los tipos de que voy á tratar seguidamente.

"Ya os he dicho que los muros de muelle contruidos por la Rotterdamsche Handelsvereeniging en diversos puntos necesitan una renovación. En 1905 fué de urgente necesidad tomar las medidas oportunas para evitar el derrumbamiento del muro situado á lo largo del lado Oeste de Spoorweghaven.

"Es muy de notar que el muro de muelle se comprobó que había avanzado en el algún punto hasta 1,75 metros y era un problema difícil de resolver la manera de hacer la reparación sin perjudicar la estabilidad en los tinglados inmediatos al muelle, pero era tan seguro como cierto, que de con-

es bastante resistente para cubrir los pilotes que no están seguros.

"Las partes inferiores de estas cajas de cemento armado, de las que sólo tiene una longitud de 40 metros, se construyeron en docks flotantes y se les dió bastante altura para que tuvieran un calado de un metro próximamente. Los cepos y carreras de madera de la parte superior de los pilotes nuevos se colocaron en bajamar, y en la pleamar se colocaron las cajas sobre las fundaciones ya preparadas.

"Este sistema de construcción, que costó cerca de 800 florines por metro, se llevó á cabo sin la menor dificultad.

"Este tipo de muro de muelle sugirió además la idea de dar un paso más en este género de construcciones, haciendo cajones que sustituirían las fundaciones de pilotes por una fundación sobre acero, justificándose principalmente esta modificación en el tipo empleado, porque la urgencia de tener muelles era tan grande que no podía satisfacerse construyendo 3 metros de muro por día.

"Era indispensable que los muelles se terminaran en breve plazo en la orilla izquierda de la Meuse, pues así lo demandaban los grandes gastos de la construcción del ferrocarril al Oeste de Delfshaven, que quedará terminado dentro de algunas semanas.

El Ingeniero Director del Puerto.

F. MONTENEGRO.

(Concluirá.)