

sinopsis

Este artículo describe, especialmente, el desarrollo de las esclusas de cuenco y los requisitos que exige su construcción, dado que hablar de las esclusas de riego, de limpia, sencillas y vertederos nos llevaría a un campo demasiado prolijo.

Es bien sabido que la navegación fluvial se está desarrollando de forma acelerada y que las exigencias de proyecto de las esclusas de río son totalmente distintas que las de las marítimas. Por ello se hace hincapié en su capacidad, dimensiones, construcción, materiales empleados, mínimo tiempo de espera de los barcos que han de atravesar las esclusas, posibilidad de salida con rapidez, abertura y cierre de las puertas con mecanismos modernos, economía y perfección de acabado.

CONSTRUCCIÓN de esclusas.

HOLANDA

W. STEVELINK, Ing.
Dirección «Esclusas y Presas»
Ministerio de Obras Hidráulicas - Utrecht

Introducción

559 - 11

En Holanda, en donde sus primeros caminos eran vías acuáticas, tiene la construcción de esclusas una larga historia. Es muy probable que las esclusas más antiguas que aún están en servicio —aunque totalmente restauradas y modificadas— daten del año 1674 y sean las de la ciudad de Muiden, cerca de Amsterdam. Además del desarrollo

Foto: H. A. Van OORD Izn.

Complejo de esclusas en Terneuzen: en primer término la esclusa marítima. **1**



Exigencias generales de proyecto

experimentado en materia de dimensiones y diversidad, se ha producido asimismo un cambio en el material que actualmente se aplica en la construcción de esclusas. No nos ocuparemos en este breve relato más que del desarrollo de las esclusas de cuenco y de los requisitos que se imponen, pues una descripción de los otros tipos de esclusas, como esclusas de riego, esclusas de limpia, esclusas sencillas y vertederos nos conduciría demasiado lejos. Por otra parte, las revistas profesionales han dedicado ya amplia atención a la esclusa del Haringvliet, que es la mayor esclusa de limpia jamás construida.

La ampliación de las dimensiones de las esclusas de cuenco queda ilustrada perfectamente por la historia del Canal Amsterdam-Rin. La esclusa de cuenco auxiliar del Estado, de Vreeswijk (que data de 1817), que medía 5,20 m de ancho, fue reemplazada en 1892 por la llamada Exclusa de la Reina, de 12 m de ancho. Sesenta años más tarde se inauguraban en Wijk bij Duurstede, Tiel y Ravenswaay esclusas con una anchura de 18 m. Como consecuencia de la navegación de empuje se están construyendo ahora en Wijk bij Duurstede y Tiel, esclusas de 24 m de ancho. Esto demuestra que la navegación fluvial viene experimentando un desarrollo acelerado que va orientado hacia dimensiones mayores. Huelga decir que las dimensiones de las esclusas marítimas son de un tamaño de otro orden (foto 1).

Es evidente que las exigencias que se imponen a un proyecto para la construcción de esclusas fluviales son totalmente distintas a las que rigen para las esclusas marítimas.

Si nos limitamos a las esclusas de cuenco para la navegación fluvial convencional y navegación de empuje, la exigencia de mayor importancia será la relativa a la capacidad de la esclusa.

Visto desde el punto de vista económico, conviene reducir a un mínimo el tiempo de espera de los barcos que han de atravesar la esclusa. Esto da origen a normas de capital importancia. Si analizamos el tiempo de espera total de cada embarcación, cabe distinguir los períodos de tiempo siguientes:

- a) el tiempo de espera ante la esclusa en el espacio destinado a la alineación de los barcos hasta que se efectúe la esclusada;
 - b) la entrada de todos los barcos hasta que se llene la cámara o hasta que no haya más barcos esperando;
 - c) el cierre de las puertas de entrada;
 - d) la conmutación del cuenco;
 - e) la abertura de las puertas de entrada;
 - f) la salida de todos los barcos de la esclusa;
 - g) el tiempo que transcurre desde que sale el último barco y entra el primero que ha de pasar por la esclusa en la dirección opuesta.
- ad a) Si a pesar de que para todo el ciclo de esclusada se obtiene el tiempo más corto

posible, dándose aún tiempos de espera excesivamente largos, será evidente que la capacidad de la esclusa es demasiado pequeña; la esclusa requiere, pues, mayores dimensiones. Unas investigaciones que se llevaron recientemente a cabo demostraron que las esclusas anchas y cortas tienen mayor capacidad que las estrechas y largas. El mejor resultado se obtiene colocando varias esclusas unas junto a otras (foto 2). Dos esclusas situadas una al lado de la otra, de una anchura de 16 m, por ejemplo, tienen una capacidad mucho mayor que una esclusa de la misma longitud y una anchura de 32 m. La anchura mínima se determina en este caso por medio de dos barcos, dispuestos el uno al lado del otro, de los tipos que son más frecuentes en la ruta de navegación correspondiente, con algún espacio adicional. Para la navegación a empuje, las dimensiones se determinan por un convoy de seis unidades ($\pm 22,80 \times 285$ metros) con espacio adicional.

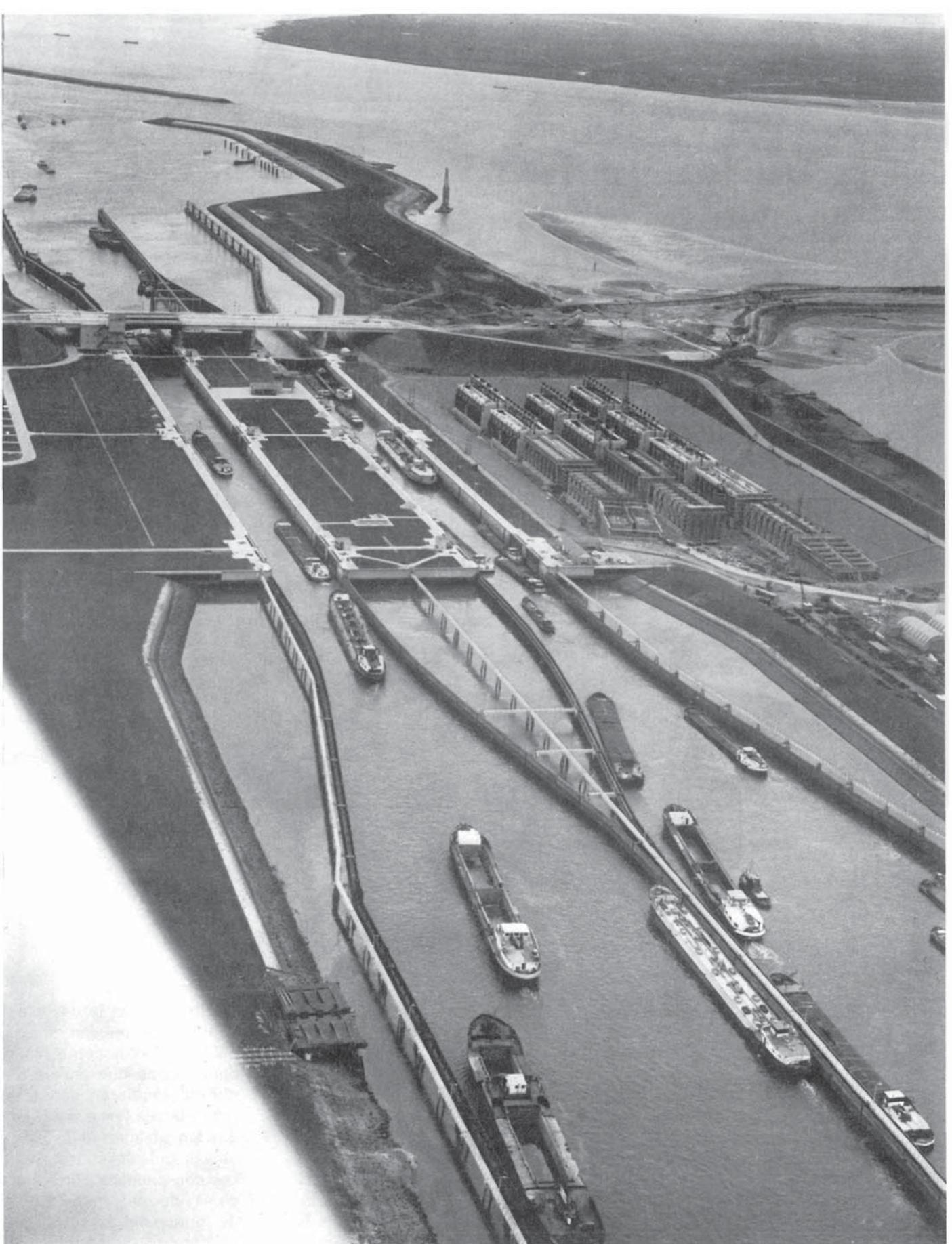
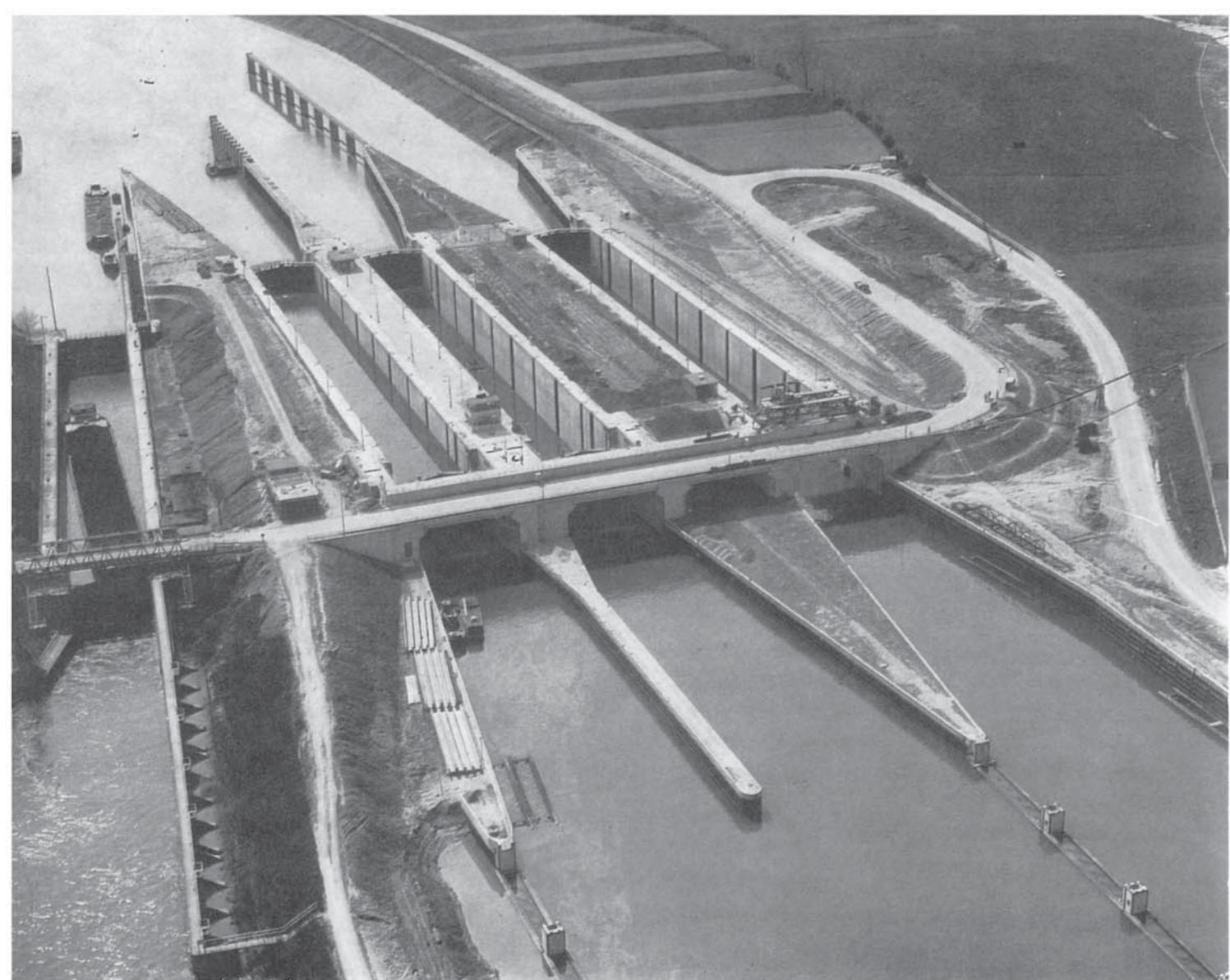


Foto: Slegboom en Peeters



3

Esclusas de Volkerak: vista de las paredes de guía y de los lugares de alineación de los barcos.

Foto: KLM AEROCARTO N. V.

ad b), f) y g) Para sacar el mayor provecho de una esclusa es conveniente que los espacios de tiempos indicados bajo los puntos b) hasta g), inclusive, sean lo más cortos posible. Los tiempos más largos en el ciclo de esclusada son los tiempos de entrada y salida que se mencionan bajo el apartado g). Estos ascienden conjuntamente a casi el 75 % del total, de manera que de hecho éstos son los tiempos más interesantes. Actualmente se dedica mucha más atención que antes a la disposición de un espacio de alineación para los barcos que esté bien situado y que sea lo suficientemente largo y ancho. La anchura ha de permitir que

las embarcaciones puedan salir rápidamente de la esclusa sin que se vean incomodadas por los barcos en espera. Pero la anchura no debe ser tal que el espacio destinado a la formación de la fila de entrada quede situado demasiado lejos de la esclusa (foto 3).

Otra de las exigencias es disponer de una obra de guía bien cerrada que comunique el espacio en donde se sitúan

los barcos con la esclusa, de suerte que puedan ser conducidas debidamente las embarcaciones que entren. Para ello se requieren paredes de guía planas. Por consiguiente, quedan descartadas las esclusas que se construían antes con cuencos verdes o esclusa de bayoneta. Además de óptico-simétrico, el compartimento de entrada ha de ser también hidráulico-simétrico.

ad c) y e) La abertura y cierre de las puertas de las esclusas ha de poder realizarse de una forma tan rápida

que no sea necesario aplicar ningún mecanismo locomotor desproporcionadamente pesado. Si anteriormente aún se movían las puertas a mano, ahora, tras la aplicación de la rueda panameña de propulsión mecánica, se emplean en casi todos los casos prensas hidráulicas de empuje.

ad d) El llenado y vaciado se efectúa hoy día siempre por medio de portillos en las puertas, excepción hecha en

los casos de esclusas marítimas y esclusas de salto grande. La rapidez de la elevación de los portillos se determina casi siempre por medio de una investigación modelo. El criterio que se adopta es la fuerza máxima tolerable de los cabos de los barcos en el cuenco.

En los últimos años se vienen incorporando diversos programas de portillos, de modo que la rapidez de la elevación de éstos puede ser adaptada al salto.

Otra exigencia que reviste verdaderamente importancia para la velocidad de la esclusada es la rapidez del servicio. Es por eso que hoy día se aplanan siempre el terreno para la construcción de la esclusa en el nivel más elevado que se requiere. Una altura más elevada de la hilada de

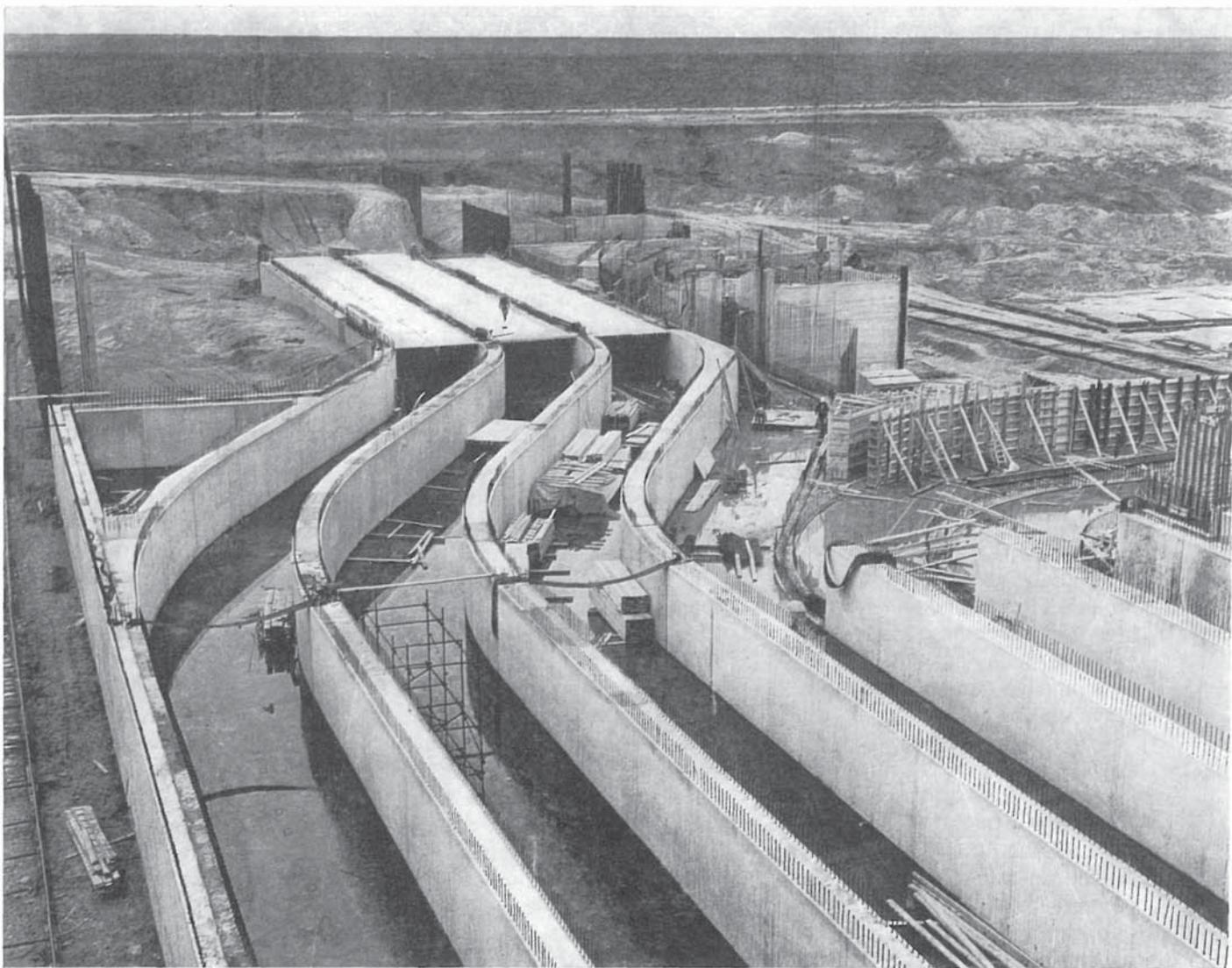


Foto: Onderafdeling Repragrafie

Esclusas de Kreekrak en construcción: sistema de alcantarillado bajo el fondo de la esclusa.

4

coronación de la cabeza de aguas abajo con relación al cuenco y a la cabeza de aguas arriba, ofrece un resultado ineficaz y proporciona una mala visibilidad. Precisamente esa visibilidad y una buena comunicación entre el personal de las esclusas y los barqueros es de gran importancia. Bajo el aspecto económico se viene experimentando un desarrollo del manejo por cabeza hacia el manejo por un solo hombre (Esclusa de Rozenburg). En esta esclusa toda la maniobra se realiza por un solo hombre que se encuentra sentado en un edificio alto y de forma central, para lo cual dispone de cámaras de televisión y de una instalación de radar.

Además de las exigencias generales que se mencionan en lo que antecede, cabe establecer también un número incontable de requisitos especiales para la problemática de una determinada esclusa. A este respecto deseamos recordar las esclusas de Kreekrak, actualmente en construcción, que debido al inconveniente de la sal han tenido que adquirir un sistema de llenado y vaciado muy especial. La consecuencia de ello puede apreciarse perfectamente en la foto 4, v. gr. un sistema de alcantarillado muy complicado. Asimismo se originan problemas de carácter especial con las esclusas de salto grande, en las que se requiere cámaras de admisión y acueductos (foto 5). Con respecto a la elección de los medios de cierre, desempeña un papel de primer orden la anchura de la esclusa, así como la contención a uno o dos costados. En algunos casos

se requiere una construcción protectora para las puertas con relación a las consecuencias trascendentales que pueden producirse si una puerta quedara averiada hasta tal extremo que perdiera su función de contención.

Desarrollo constructivo

Años atrás, el plan constructivo de una esclusa de cuenco consistía en un suelo de madera (hecho de carreras y traviesas), cimentado o no sobre pilotes de madera con muros de gravedad hechos de mampostería. A veces se lograba con la mampostería un peso adicional del suelo. Con la venida del hormigón se reemplazó la mampostería por el hormigón desarmado. Sin embargo, también ahora se hacen muros de gravedad, o sea, pues, hormigón en masa, que siguen teniendo gran aplicación en el extranjero. En los años treinta se inició un desarrollo en el dominio del hormigón armado de construcción; se utilizó por vez primera en la esclusa de cuenco De Haukes (en el polder del lago de Wieringen). La construcción consistía muchas veces en paredes delgadas reforzadas por contrafuertes. Así, pues, el material se emplea en su totalidad y, en consecuencia, tiene lugar una aplicación considerable y laboriosa de los encofrados. El traslado de los encofrados requería una gran inversión de tiempo y material, lo que no deja de ser un tanto ilógico para una construcción como la de las paredes del cuenco de una esclusa. Estos inconvenientes y los salarios cada vez más elevados han dado lugar en los últimos tiempos a una evolución orientada hacia la realización de una construcción de mayores dimensiones, pero de paredes planas.

El encofrado tiene que ser sencillo de forma, fácil y rápido de trasladar y ha de poder utilizarse muchas veces. Por lo tanto, se origina una construcción según la cual no se carga el material hasta su extremo máximo, pero que es más atrayente desde el punto de vista económico. En base a ello se llega, para las esclusas fluviales, a la construcción de un perfil de cámara cerrada. Para las esclusas marítimas, de medida mucho mayor, se origina la construcción de paredes en L profundamente cimentadas con el diente de la pared en L dirigido hacia adentro (esclusa marítima de Terneuzen). El diente forma a la vez, pues, el fondo del cuenco.

La gran masa de hormigón proporciona, sin embargo, sus propios problemas. Es conocido que por motivos de temperatura y contracción se producen grietas que atacan la armadura. En el aspecto constructivo se hace frente a ello efectuando ranuras de dilatación a distancias de 15 hasta 18 m y aplicando una armadura divisible más pesada.

Por lo que se refiere a la composición del hormigón, hay que tratar de limitar la contracción a un mínimo, es decir, obtener una graduación óptima, una cantidad mínima de cemento y agua. La Direc-

ción de Esclusas y Presas del Ministerio de Obras Hidráulicas de Holanda emplea siempre sólo 275 a 300 kg de cemento de altos hornos, clase A, por m³ de hormigón, para la obtención de una resistencia necesaria de 300 kp/cm² a los 28 días. Para reducir la cantidad de agua se aplica un plastificador. Su facilidad de

elaboración puede mejorarse aún más añadiendo una cantidad de formador de ampollas de aire en tal proporción que permita obtener un 3 % hasta un 4 % de aire. Se ha comprobado que este mortero de hormigón puede verterse con un patrón de 4 a 6 cm.

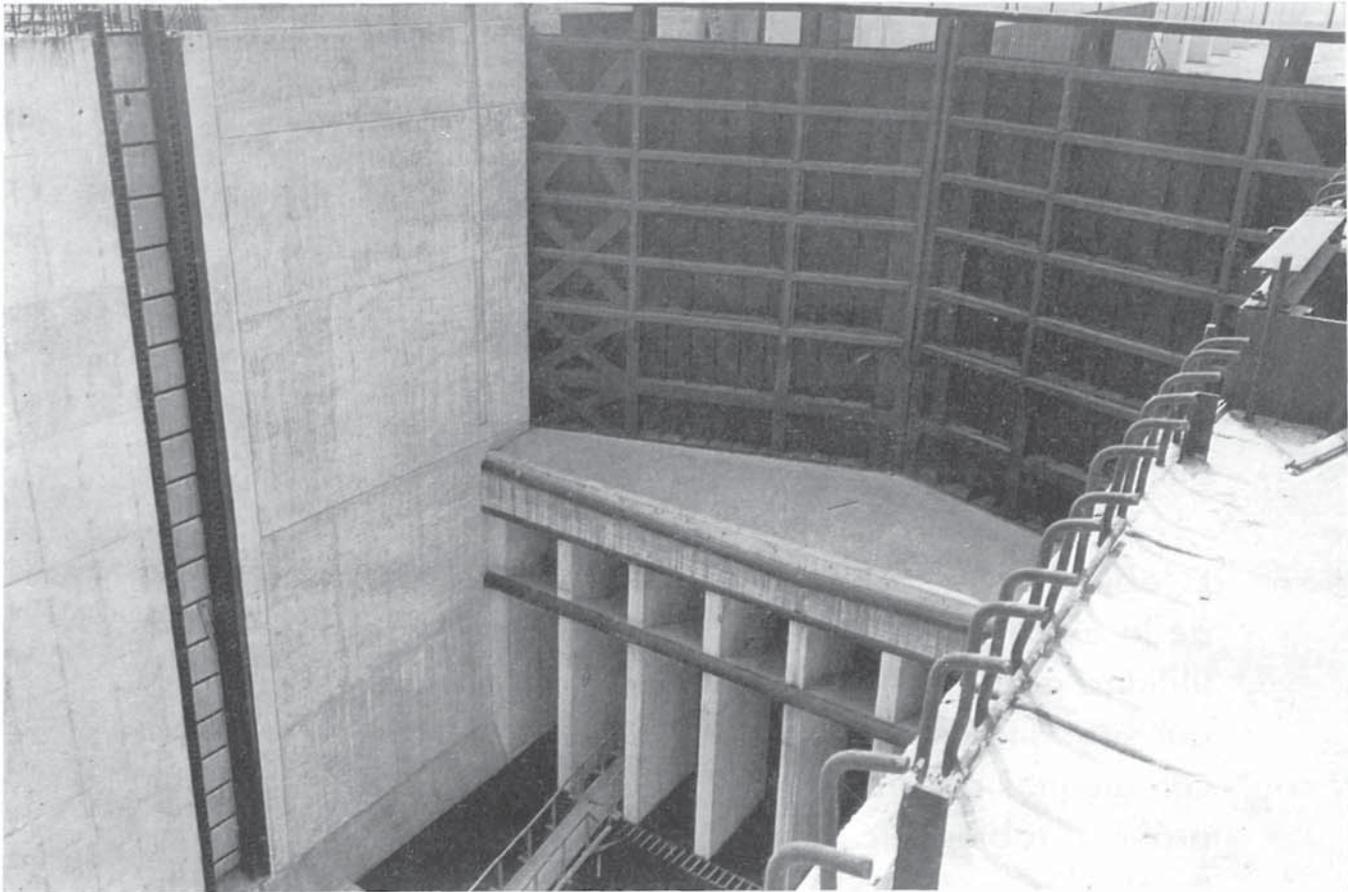


Foto: Reproductre - inrichting

Esclusas de Maasbracht: la cámara de admisión de la cabeza de aguas arriba.

5

résumé

Construction d'écluses - Hollande

W. Stevelink, ingénieur

Dans cet article, l'auteur décrit notamment le développement des écluses concaves et les conditions requises pour leur construction, étant donné que traiter les écluses d'irrigation, de nettoyage, etc., nous conduirait à un domaine trop exhaustif.

Il est bien su que la navigation fluviale se développe rapidement et que les exigences de projet des écluses de rivière sont tout à fait différentes de celles maritimes. C'est pourquoi, l'auteur met l'accent sur leur capacité, dimensions, construction, matériaux employés, temps minimum d'attente des bateaux devant traverser les écluses, possibilité de départ rapide, ouverture et fermeture des vannes moyennant des mécanismes modernes, économie et perfection de finition.

summary

Lock construction - Holland

W. Stevelink, ingénieur

This article describes specifically the development of the navigation locks and the prerequisites for their construction since it would lead us into too vast a field to discuss also locks of irrigation, ordinary ones and weirs.

It is well known that the river navigation develops at an accelerated speed and that the project requirements for river locks are entirely different from those for sea locks. Therefore the following is insisted upon: their capacity, dimension, construction, materials used, minimum waiting time for the boats which have to pass through the locks, possibilities of rapid exit, opening and closing of the gates with modern mechanisms, economy and perfection of the finish.

zusammenfassung

Schleusenkonstruktion - Holland

W. Stevelink, Ingenieur

Dieser Artikel beschreibt insbesondere die Entwicklung der Kammerschleuse und die Erfordernisse für ihre Konstruktion, weil es uns zu einem allzu ausführlichen Gebiet führen würde auch noch von Bewässerungs-, Reinigungs-, Schutz und Dammschleusen zu reden.

Es ist allgemein bekannt, dass sich die Flusschiffahrt mit grosser Geschwindigkeit entwickelt und dass die Projektforderungen für Flussschleuse ganz von den Forderungen für Seeschleuse verschieden sind. Deshalb hat man auf Folgendem beharrt: ihre Kapazität, Dimensionen, Konstruktion, verwendete Materiale, minimale Wartezeit für die Boote die durch die Schleuse gehen müssen, schnelle Ausfahrtmöglichkeit, Öffnung und Schliessung der Türen mit modernen Mechanismen, Wirtschaft und Vollendung der Fertigbehandlung.