

Estudio experimental sobre bloques perforados para protección de diques rompeolas

JOSÉ MARÍA BERENGUER (*); ANTONIO BAONZA (**)

RESUMEN En este artículo se presentan los resultados obtenidos del estudio experimental sobre la estabilidad de los diques en talud construidos con dos tipos de bloques perforados: P-CUBO y P-ANTIFER. Se ha llevado a cabo un intenso programa de ensayos sistemáticos en modelo físico realizados durante el año 1994 en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX y que incluían ensayos 2-D para analizar la estabilidad y el comportamiento hidráulico de las secciones del tronco, y 3-D para las secciones del morro. Como aplicación, se proponen unas fórmulas útiles para el prediseño del manto de protección de las secciones del tronco y del morro construidos con bloques masivos perforados (P-CUBO y P-ANTIFER). También se propone una fórmula para el cálculo del remonte de la ola sobre el talud de los mantos constituidos por este tipo de bloques.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON HOLLOWED CUBES FOR BREAKWATER PROTECTION

ABSTRACT *The paper will be focused on the experimental research on two types of hollowed armour units: the P-CUBE and the P-ANTIFER. An intensive programme of systematic model tests was carried out in the laboratory of the Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX, (Spain). The research included 2-D and 3-D tests on the stability and hydraulic behaviour of trunk and roundhead sections. Design formulae for the preliminary design of trunk and roundhead sections are proposed for hollowed (perforated) massive units (P-CUBE and P-ANTIFER). A formula for the calculation of the run-up is also developed.*

Palabras clave: Antifer; Cubo perforado; Diques rompeolas; Estabilidad; Diseño; Modelo Físico.

INTRODUCCIÓN

En el pasado, han sido muchos los diques rompeolas que al estar sometidos a condiciones de oleaje muy intensas, han llegado a sufrir serios daños en su manto de protección. Una de las causas ha sido el limitado conocimiento sobre la estabilidad hidráulica y la resistencia estructural de los elementos que constituyen su manto exterior.

Los bloques masivos han demostrado ser la alternativa más fiable para la construcción de diques rompeolas que van a estar sometidos a fuertes temporales. El bloque cúbico o paralelepípedo se ha utilizado ampliamente en todo el mundo, especialmente en España. El bloque Antifer, diseñado específicamente para la defensa del dique del Puerto de Antifer (1969), ha sido usado también en varios casos. Las principales ventajas de estos tipos de bloques son su fácil construcción y manejo junto con una elevada resistencia estructural. En cambio, la cantidad de hormigón necesaria para asegurar la estabilidad del manto construido con estos bloques, en comparación con la requerida utilizando otros tipos de bloques, es su mayor inconveniente.

Perforar los bloques masivos es recomendable en el caso de elementos de gran tamaño (peso superior a 60 T) ya que los gradientes térmicos generados por la hidratación del cemento pueden provocar elevadas tensiones internas en el bloque de hormigón. Un bloque perforado puede evitar este problema asegurando, por tanto, la resistencia estructural del elemento. El incremento de coste de construcción de los elementos perforados puede compensarse por el ahorro en el volumen total de hormigón.

ESTUDIO EXPERIMENTAL

SECCIÓN DEL TRONCO (ENSAYOS 2-D)

Condiciones de los ensayos

Los ensayos se han realizado en un tanque de oleaje de 36.20 m de longitud, 6.50 m de anchura y 0.80 m de profundidad máxima de agua. Con el propósito de ensayar dos secciones simultáneamente se construyeron en la zona central del tanque dos canales de 0.80 m de anchura en los que se ubicaron ambas secciones. En el extremo opuesto al generador de oleaje se dispuso una rampa de grava de manera que se atenuara, lo máximo posible, el oleaje reflejado.

Se utilizaron para defensa del manto principal de las secciones ensayadas dos tipos de bloque perforado: P-CUBO y P-ANTIFER (ver figura 1).

(*) Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. Berenguer Ingenieros, S.L.

(**) Ingeniero de Caminos Canales y Puertos. CEPYC (CEDEX). Ministerio de Fomento.

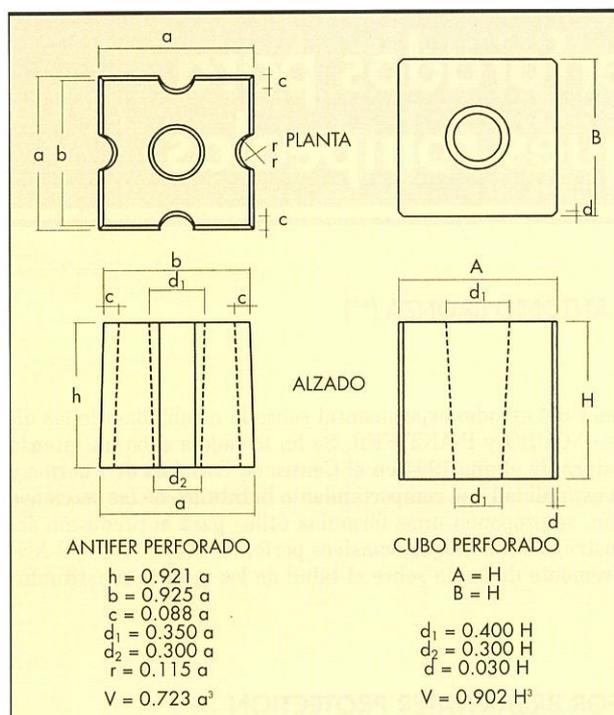


FIGURA 1. Dimensiones de los bloques.

	P-CUBO	P-ANTIFER
Volumen (V)	113.0 cm ³	112.0 cm ³
Densidad (ρ_a)	2.23 g/cm ³	2.23 g/cm ³
Peso (W)	252.0 g	249.8 g%
Diámetro Nominal (D_{n50})	4.83 cm	4.82 cm

TABLA 1. Características de los bloques.

Previamente a los ensayos, se construyeron más de 2.000 unidades de cada tipo de bloque por medio de unos moldes que hacían de encofrado. Ver Tabla 1.

Se utilizó oleaje irregular ajustado a un espectro tipo JONSWAP con factor de apuntamiento de valor $\gamma = 3.3$. Las alturas de ola se controlaban midiendo los desplazamientos de la superficie libre del agua mediante dos sondas de resistencia situadas una frente al generador en una profundidad equivalente a aguas profundas y la otra en el exterior de los canales de encauzamiento a una profundidad equivalente a la del pie de las secciones del modelo. Los resultados se refieren a las medidas registradas por esta última sonda, de manera que no se vean afectados por la presencia de las estructuras.

Las secciones de ensayo se construyeron en seco. El núcleo y las capas de filtro se compactaron manualmente aunque estas últimas sólo se compactaron hasta un grado moderado. La colocación de los bloques del manto principal se realizó siguiendo los criterios siguientes:

- Doble capa.
- Manualmente, uno a uno.
- Progresando desde la berma de pie hacia la parte superior de la estructura.

- Aleatoriamente, pero tratando de que cada elemento estuviera en contacto con uno (capa interior) o dos (capa exterior) elementos adyacentes.

- Evitando, en lo posible, la formación de grupos de elementos con sus caras adosadas.

Realización de los ensayos

De acuerdo con el objetivo del estudio, se consideraron las siguientes variables en los ensayos:

- Tipos de elementos: 2 (P-CUBO, P-ANTIFER)
- Superestructura: 2 (con y sin espaldón)
- Taludes: 2 (1.5:1 y 2:1)

Los ensayos se llevaron a cabo mediante series de oleaje de alturas crecientes para cada período. Se consideraron tres períodos de pico: $T_p = 1.6$ s-2.2 s-2.8 s.

Cada ensayo incluía 8-10 series de alturas de ola creciente cada una de ellas con una duración mínima equivalente a 3.000 olas irregulares. Al poder ensayar dos secciones simultáneamente bajo las mismas condiciones de oleaje, cada ensayo se repitió dos veces de manera que las desviaciones obtenidas en los resultados de las averías se deben a los diferentes procedimientos de colocación de los elementos.

Los daños se determinaron registrando los elementos desplazados mediante observaciones visuales durante los ensayos y utilizando, además, las fotografías tomadas al final de cada una de las series.

Sólo se reconstruían las secciones al final de cada ensayo, por lo que el número de bloques desplazados registrados al final de cada serie corresponde al daño acumulado.

El criterio seguido para estimar el daño fue adoptado en función del nivel de degradación sufrido por el manto al final del ensayo.

- $N_o = 0.0$ (sin daño).
- $N_o = 0.5$ (inicio de averías).
- $N_o = 2.0$ (daño severo).
- $N_o = 5.0$ (fallo total).

N_o representa el número de bloques desplazados de su posición inicial en una franja de ancho igual al lado equivalente del elemento.

Análisis de los resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos y un análisis preliminar de los mismos. El término "dique puro" se utiliza para distinguir el dique de sección trapezoidal con manto principal que se extiende sobre la coronación hasta la zona posterior, del que dispone de un espaldón en coronación.

Comparando algunos resultados parciales se pueden extraer interesantes conclusiones. La gran dispersión de valores que presentan determinados resultados no ha permitido establecer, en esos casos, conclusiones demasiado concretas.

Influencia del ángulo del talud en la estabilidad

Se han ensayado dos secciones con dos taludes cada una de ellas, $\cotg \alpha = 1.5$ y 2.0 . Aunque estas pendientes son las más utilizadas en el diseño de los diques rompeolas, el utilizar dos valores no permite obtener suficiente información acerca de la influencia de la función $F(\alpha)$ en la estabilidad

de los elementos del manto principal. Sin embargo, se pueden deducir algunas conclusiones de interés:

- Para el bloque P-CUBO, el número de estabilidad, N_s , obtenido en los ensayos del "dique puro" y talud 1.5:1 es mayor que con talud 2:1. Este hecho se produce para los tres niveles de daño considerados. Este resultado está en desacuerdo con la formulación existente en la actualidad y en cuyas ecuaciones se incluye como variable el ángulo del talud. El elemento P-CUBO ha mostrado una gran

tendencia a modificar su posición una vez sometido al ataque de las olas. Esto altera la influencia que tiene el ángulo del talud en las fuerzas que actúan sobre un determinado elemento provocadas por los elementos situados encima de él. Cuanto mayor es el ángulo del talud, las fuerzas ejercidas entre los elementos de la misma capa, debidas a su propio peso, aumentan. Al cabo de varios temporales, los bloques cúbicos tienden a alcanzar una posición más estable en el manto, produciéndose, a su vez, una compactación y un descenso generalizado de las

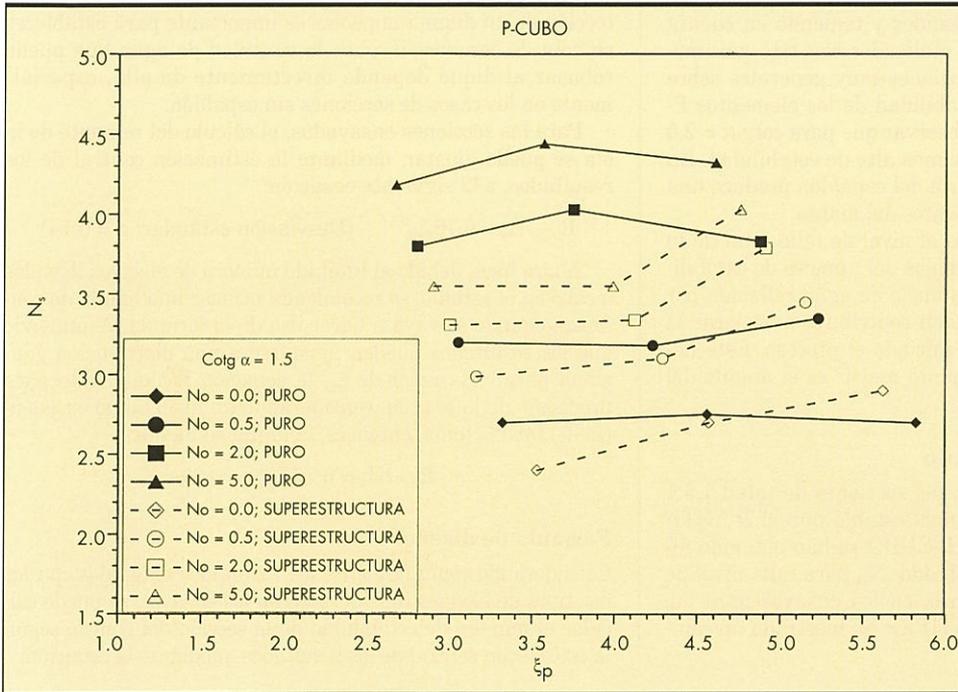


FIGURA 2. P-CUBO. Influencia del espaldón en la estabilidad. Cotg $\alpha = 1.5$.

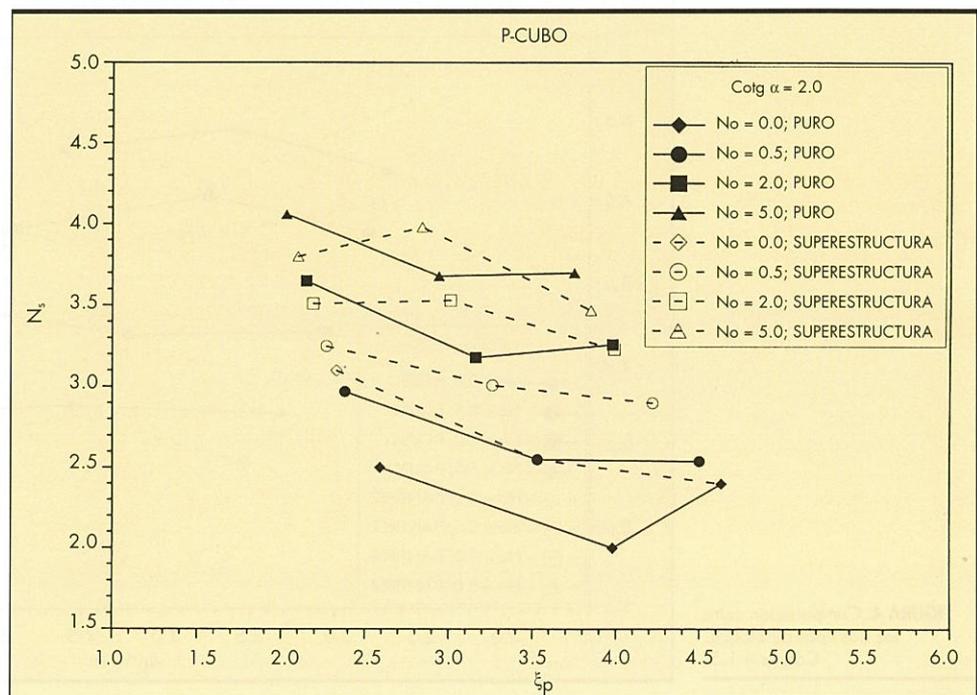


FIGURA 3. P-CUBO. Influencia del espaldón en la estabilidad. Cotg $\alpha = 2.0$.

capas del manto principal, requiriéndose mayores fuerzas para poder extraer un bloque del mismo.

- En el caso de dique con espaldón y para el P-CUBO, el efecto antes mencionado es parcialmente contrarrestado por las fuerzas de arrastre ejercidas por la masa de agua reflejada en el paramento del espaldón.
- En el rango de taludes ensayado ($\cotg \alpha = 1.5-2.0$) la influencia de este parámetro sobre la estabilidad del manto es menor que la derivada de la fórmula de Hudson.

Influencia del espaldón

Comparando los resultados obtenidos y teniendo en cuenta el número limitado de ensayos realizados con este parámetro no es posible extraer conclusiones muy generales sobre el efecto del espaldón en la estabilidad de los elementos P-CUBO del manto. Sí se puede observar que para $\cotg \alpha = 2.0$ se obtiene un grado ligeramente más alto de estabilidad. En el caso de $\cotg \alpha = 1.5$ la presencia del espaldón produce una mayor inestabilidad en los elementos del manto.

Sin embargo, en ambos casos el nivel de fallo total de la sección se alcanza para valores bajos del número de estabilidad, N_s . Esto es debido a que la masa de agua reflejada por el paramento vertical del espaldón contribuye a acelerar la destrucción del manto una vez iniciado el proceso. Este hecho parece ser más evidente cuanto mayor es el ángulo del talud.

Influencia del tipo de elemento

De los resultados obtenidos con las secciones de talud 1.5:1 se observa que el P-CUBO es más estable que el P-ANTIFER. En todos los ensayos con P-CUBO se han obtenido altos valores del número de estabilidad, N_s , para cada nivel de daños adoptado. Por el contrario, en los ensayos para las secciones con talud 2:1, el P-ANTIFER ha mostrado un comportamiento mejor.

Las razones anteriormente expuestas pueden ser válidas aquí para explicar el distinto comportamiento de ambos tipos de bloques. El alto grado de trabazón entre los elementos P-ANTIFER induce una mayor estabilidad para el manto con talud 2:1. Para un ángulo del talud mayor (1.5:1) las caras lisas del P-CUBO facilitan una reordenación más acomodada de los elementos, lo que provoca un incremento de las fuerzas estabilizadoras en el bloque y, consecuentemente, una mayor resistencia al ataque de las olas.

Remonte

El valor del ascenso de la ola por el talud del manto de protección de un dique rompeolas es importante para establecer su cota de coronación, pues la cantidad de agua que puede rebasar al dique depende directamente de ella, especialmente en los casos de secciones sin espaldón.

Para las secciones ensayadas, el cálculo del remonte de la ola se puede ajustar, mediante la estimación central de los resultados, a la siguiente ecuación:

$$R_{0.2\%}/H_s = 0.76 \xi_p^{0.5} \quad (\text{Desviación estándar: } \sigma = 0.14)$$

Ahora bien, debido al limitado número de ensayos llevados a cabo en el estudio, se recomienda utilizar una banda de confianza cuando se vaya a hacer uso de la fórmula. Asumiendo que los resultados pueden ajustarse a una distribución gaussiana para cada valor de ξ_p , la ecuación recomendada para prediseño de la sección, considerando un nivel de no excedencia del 90.0%, toma, entonces, la forma siguiente:

$$R_{0.2\%}/H_s = 0.76 \xi_p^{0.5} + 0.20$$

Fórmula de diseño

Considerando conjuntamente los resultados obtenidos con los dos tipos de bloques considerados en los ensayos, se puede calcular el número de estabilidad de la sección del tronco, según la estimación central de los resultados, mediante la ecuación:

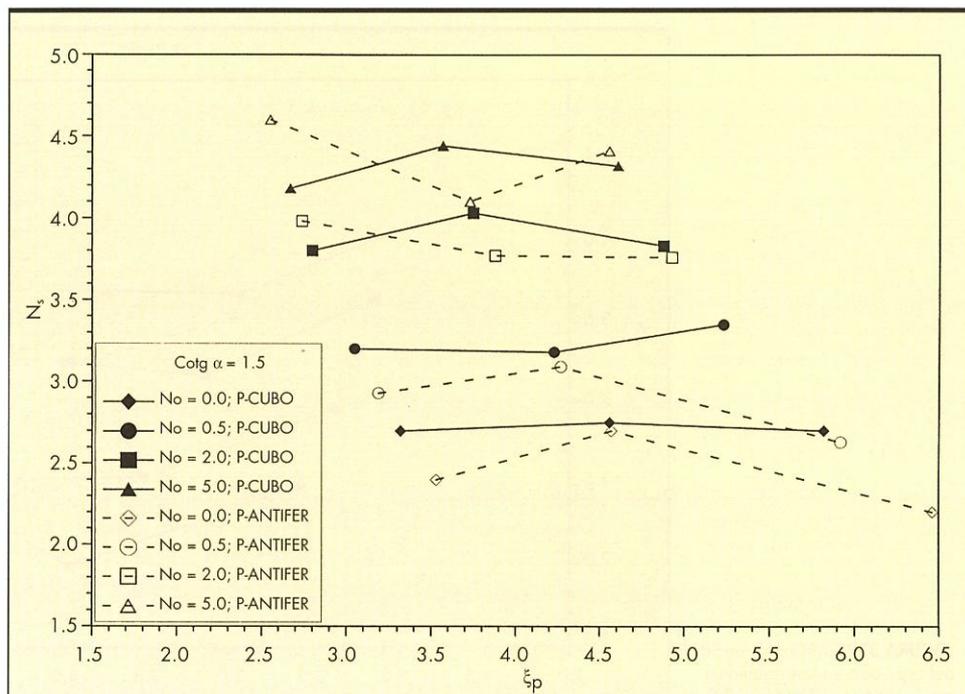


FIGURA 4. Comparación entre los dos tipos de bloque. $\cotg \alpha = 1.5$.

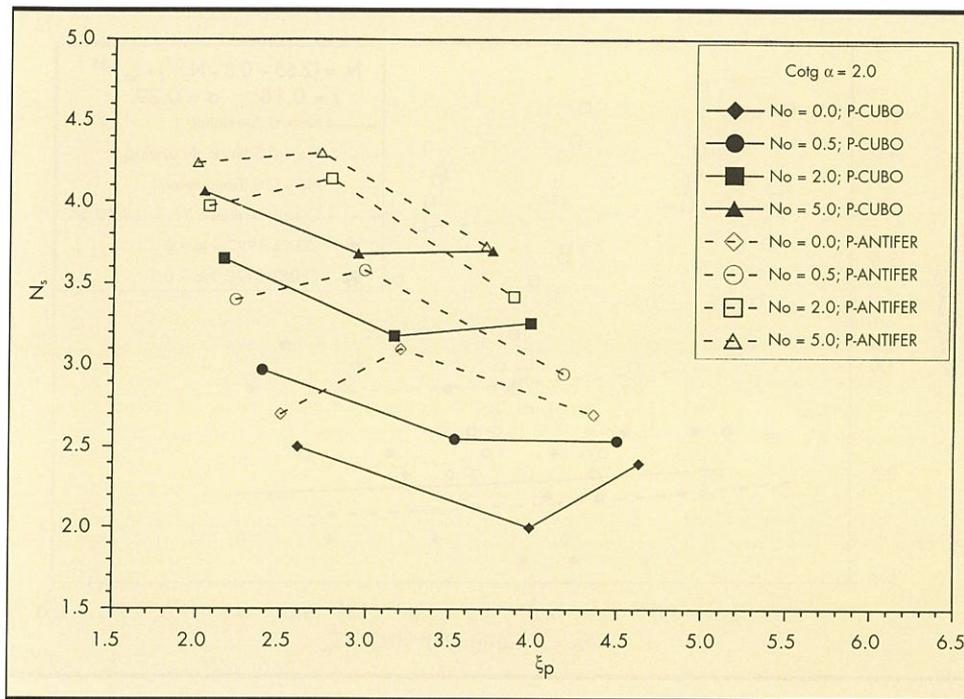


FIGURA 5. Comparación entre los dos tipos de bloque. Cotg $\alpha = 2.0$.

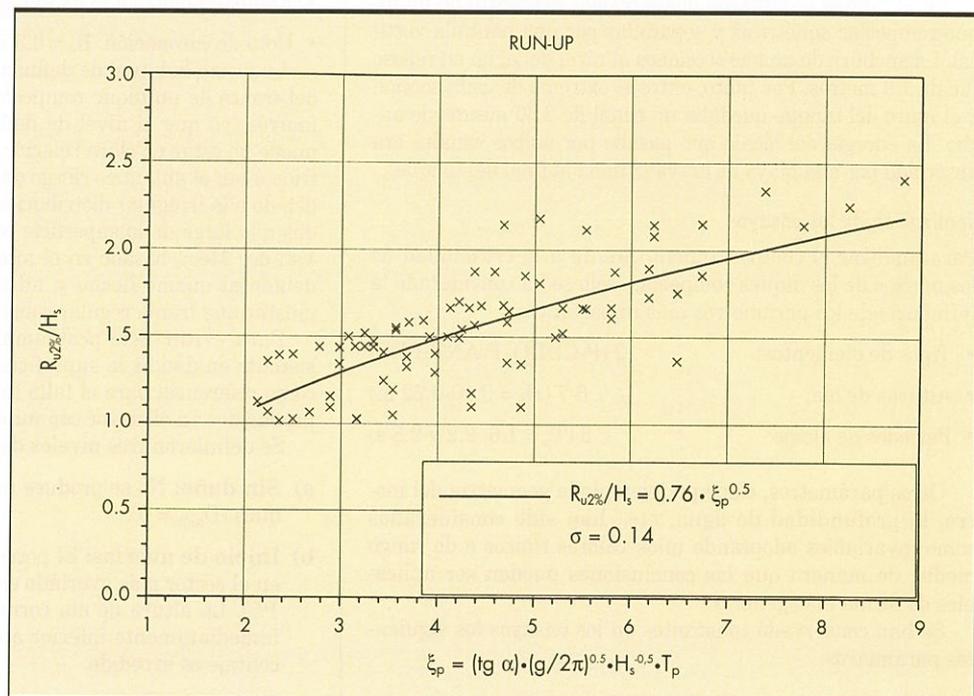


FIGURA 6. Remonte de la ola por el talud del manto exterior.

$$N_s = (2.65 + 0.8 N_o^{0.7}) \xi_p^{-0.05} \quad (\text{Desviación estándar: } \sigma = 0.29)$$

Al igual que en el caso del run-up, asumiendo una distribución de tipo gaussiano de los resultados para cada valor de ξ_p y considerando un nivel de no excedencia del 97.5%, la ecuación que proporciona el número de estabilidad para el prediseño de la sección del tronco es:

$$N_s = 3.14 \cdot \xi_p^{-0.05} - 0.57$$

Resultados obtenidos en experimentos llevados a cabo en el CEDEX (González Madrigal, 1992) con bloques paralele-

pipédicos presentan un buen grado de ajuste con esta fórmula. Esto indica que la formulación propuesta puede extenderse al caso de bloques cúbicos o paralelepípedicos no perforados.

SECCIÓN DEL MORRO (ENSAYOS 3-D)

Preparación de los ensayos

Los ensayos se han llevado a cabo en un tanque de oleaje de 36.20 m de longitud, 6.50 m de anchura y 0.80 m de profundidad máxima de agua y con oleaje irregular.

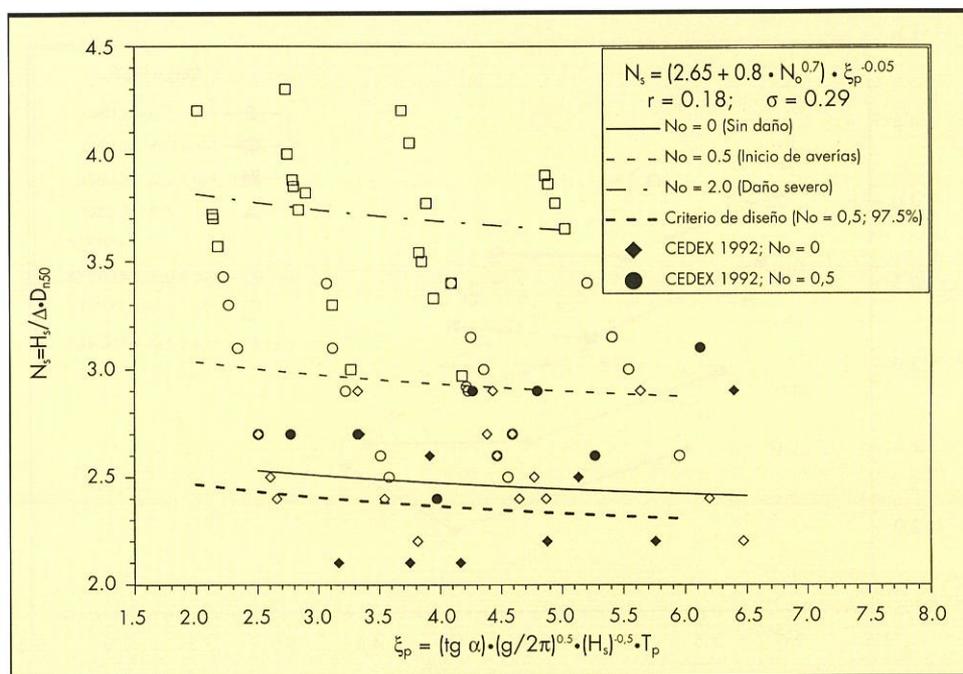


FIGURA 7. Número de estabilidad en función de ξ_p . Sección del tronco.

En el tanque se situaron dos secciones del morro de un dique rompeolas simétricas y separadas por una pantalla vertical. La anchura de ambas secciones al nivel del agua en reposo fue de 1.9 metros. Por tanto, entre el extremo de cada sección y el muro del tanque quedaba un canal de 2.30 metros de ancho. La energía del oleaje que pasaba por ambos canales era absorbida por una playa de grava situada al final del tanque.

Realización de los ensayos

Para analizar el comportamiento frente a la estabilidad de los morros de los diques rompeolas, sólo se ha considerado la influencia de los parámetros más importantes:

- Tipos de elementos: 2 (P-CUBO, P-ANTIFER)
- Alturas de ola: 6-7 ($H_s = 0.10-0.22$ m)
- Períodos de oleaje: 3 ($T_p = 1.6, 2.2$ y 2.8 s)

Otros parámetros, como por ejemplo la geometría del morro, la profundidad de agua, etc., han sido considerados como invariables adoptando unos valores típicos o de rango medio, de manera que las conclusiones pueden ser aplicables de forma más general.

Se han conservado constantes en los ensayos los siguientes parámetros:

Oleaje:

- Espectro JONSWAP ($\gamma = 3.3$)
- Duración de cada serie: 3000 olas
- Oblicuidad: $\Theta = 0^\circ$ (Normal)

Características del emplazamiento:

- Pendiente del fondo: $m = 0.03$
- Profundidad al pie de la sección: $h_c = 0.5$ m

Estructura:

- Talud: 2:1

- Radio del morro a nivel del agua en reposo: $r = 0.7$ m

- Cota de coronación: $R_c = 0.3$ m

La forma habitual de definición de averías en las secciones del tronco de un dique rompeolas no es útil en el caso de los morros, ya que el nivel de daños estimado de esta manera puede no estar en clara relación con el nivel real de daños sufrido o con el auténtico riesgo de fallo de la estructura. Esto es debido a la irregular distribución espacial de las zonas averiadas a lo largo de la superficie cónica del morro. El criterio de Van der Meer, basado en el número N_o , tampoco es aplicable debido al mismo hecho y, además, por la imposibilidad de ajustar una franja regular sobre una superficie cónica.

Para evitar este problema, se adoptó un criterio consistente en dividir la superficie cónica en 3 sectores y tomar como referencia para el fallo total de la estructura los daños producidos en el sector con mayor grado de averías, $D_{m\acute{a}x}$.

Se definieron tres niveles de daños:

- Sin daño:** No se produce ningún desplazamiento de bloques ($D_{m\acute{a}x} = 0$).
- Inicio de averías:** El porcentaje de bloques desplazados en el sector más averiado es inferior o igual al 1% ($D_{m\acute{a}x} \leq 1\%$). La altura de ola correspondiente a este nivel es la inmediatamente inferior a aquella para la cual este porcentaje es excedido.
- Fallo total:** En alguna zona del morro los elementos de ambas capas se han desplazado de su posición dejando la capa de filtro al descubierto. Se ha observado, que este fallo corresponde a un nivel de daños $D_{m\acute{a}x} = 15\% - 20\%$ en el sector más averiado.

Algunos parámetros adimensionales utilizados para representar el comportamiento frente a la estabilidad de los bloques que constituyen el manto exterior de los morros, son:

$$N_s = \text{número de estabilidad} = H_s / \Delta D_n$$

$$s_m = \text{pendiente de la ola} = (2\pi/g) H_s T_m^{-2}$$

$$\xi_m = \text{parámetro de Iribarren} = (\text{tg } \alpha) (g/2\pi)^{0.5} H_s^{-0.5} T_m$$

donde,

H_s = altura de ola significativa frente a la estructura

$\Delta = (\rho_a/\rho_w) - 1$

ρ_a = densidad del elemento

ρ_w = densidad del agua

D_n = longitud equivalente del elemento = $(w/\rho_a)^{1/3}$

w = peso del elemento

T_m = período medio del oleaje

α = ángulo del talud del manto exterior

Análisis de los resultados

Influencia de la altura de ola

Como era de esperar, una vez rebasado el umbral correspondiente al inicio de averías el ataque de las olas mayores produce un aumento progresivo de los daños. La distribución espacial de las averías en la superficie cónica del morro muestra una tendencia bastante irregular. En la mayoría de los ensayos el movimiento de los bloques se iniciaba en el sector situado entre los ángulos 90°-150° respecto a la dirección del oleaje incidente. A partir de este momento, los daños progresan en dirección contraria a la de avance del oleaje debido a la pérdida de los elementos adyacentes a aquéllos que ya se han desplazado.

Influencia del período del oleaje

Dos conclusiones principales se pueden extraer de los resultados:

- El período del oleaje no tiene o tiene muy pequeña influencia sobre la estabilidad de los morros de los diques rompeolas construidos con bloques perforados, en el inicio de averías ($D_{m\acute{a}x} \leq 1\%$).
- Sí tiene el período del oleaje, sin embargo, una clara influencia en la evolución de los daños. Olas con poco peralte, es decir, con períodos altos hacen que la sección alcance el nivel de fallo con valores bajos del número de

estabilidad, N_s . Esta tendencia, que es más evidente en el caso del elemento P-ANTIFER, es debida principalmente a las grandes fuerzas de arrastre provocadas por las olas de grandes períodos.

Distribución espacial de los daños

Como es sabido, las superficies cónicas de los morros presentan una resistencia variable según las zonas al ataque del oleaje. Recientes investigaciones han mostrado la existencia de zonas críticas. En el presente estudio, la sección de los morros se ha dividido en tres sectores:

- Sector A: 0° – 30°
- Sector B: 30° – 90°
- Sector C: 90° – 150°

siendo el eje 0° el correspondiente a la dirección del oleaje incidente (perpendicular al eje longitudinal del dique).

Del estudio realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El comportamiento de ambos tipos de bloques considerados en los ensayos ha sido muy similar en lo que se refiere a la distribución espacial de los daños.
- Los daños comienzan a aparecer, en la mayoría de los ensayos, en la zona localizada justo por encima del nivel del agua en reposo correspondiente al Sector C (90°-150°). Una vez iniciado el desplazamiento de los primeros bloques, los daños evolucionan en dirección contraria al avance de las olas como consecuencia de la pérdida de apoyo que experimentan los bloques situados delante de los desplazados.
- La influencia del período del oleaje en la evolución de los daños es más evidente en el Sector C. La influencia en el Sector A es prácticamente despreciable. Se debe hacer notar, que un aumento en el período del oleaje, con un pequeño incremento de la altura de ola, puede provocar el fallo total de la estructura.

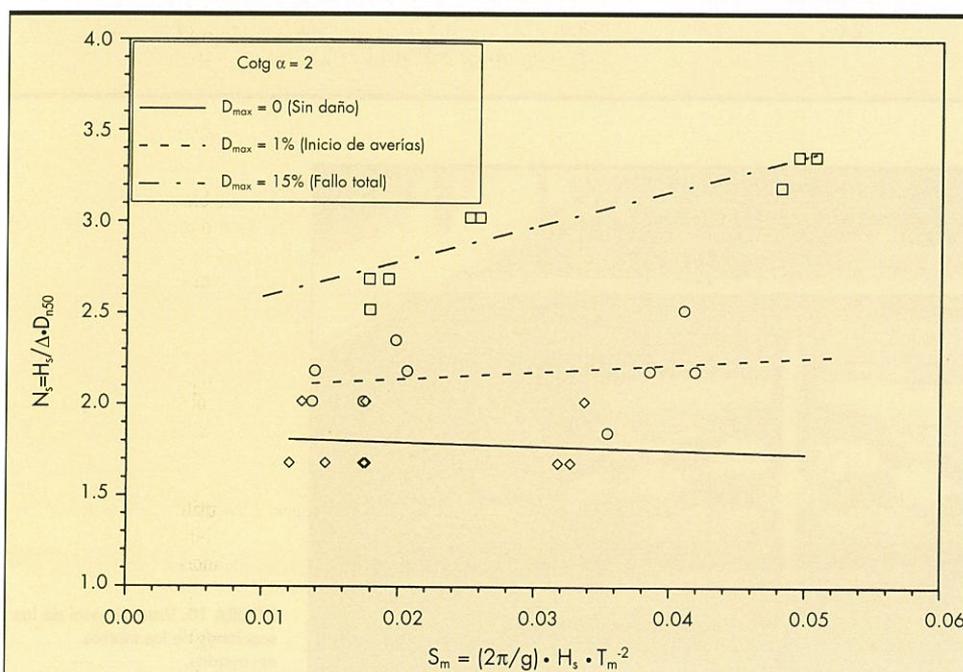


FIGURA 8. Número de estabilidad en función del peralte de la ola. Sección del morro.

Fórmula de diseño

Se han reunido los resultados obtenidos con ambos tipos de bloques perforados con el propósito de desarrollar una fórmula común. El mejor ajuste para la estimación central viene representada mediante la siguiente ecuación que se puede utilizar en el prediseño de este tipo de secciones:

$$N_s = 1.8 + 2.3 \cdot D_{m\acute{a}x}^{0.4} \cdot s_m^{0.5} \text{ (Desviación estándar: } \sigma = 0.16)$$

Dada la dispersión que presentan los resultados, se recomienda la aplicación determinista de esta ecuación asumiendo un nivel de no excedencia del 97.5% con respecto a la curva correspondiente a $D_{m\acute{a}x} = 1\%$ (inicio de averías). Este criterio permite establecer la fórmula siguiente:

$$N_s = 1.5 + 2.3 \cdot s_m^{0.5}$$

Comparación con los elementos del tronco

Para un nivel de daños aceptable ($D < 1\%$), la sección del tronco es un 10% – 40% más estable que la sección del morro, expresado en términos del número de estabilidad, N_s . Esto implica, que el peso de los elementos del morro debe ser 1.3 – 2.6 veces mayor que el peso de los elementos del tronco, para las mismas condiciones ($\cotg \alpha = 2$).

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la serie de ensayos 2-D y 3-D respecto de la sección del tronco y del morro de un dique rompeolas, se derivan las siguientes conclusiones:

- Se propone una fórmula para diseños preliminares de secciones del tronco y del morro de los diques rompeolas construidos con bloques masivos perforados (P-CUBO y P-ANTIFER).

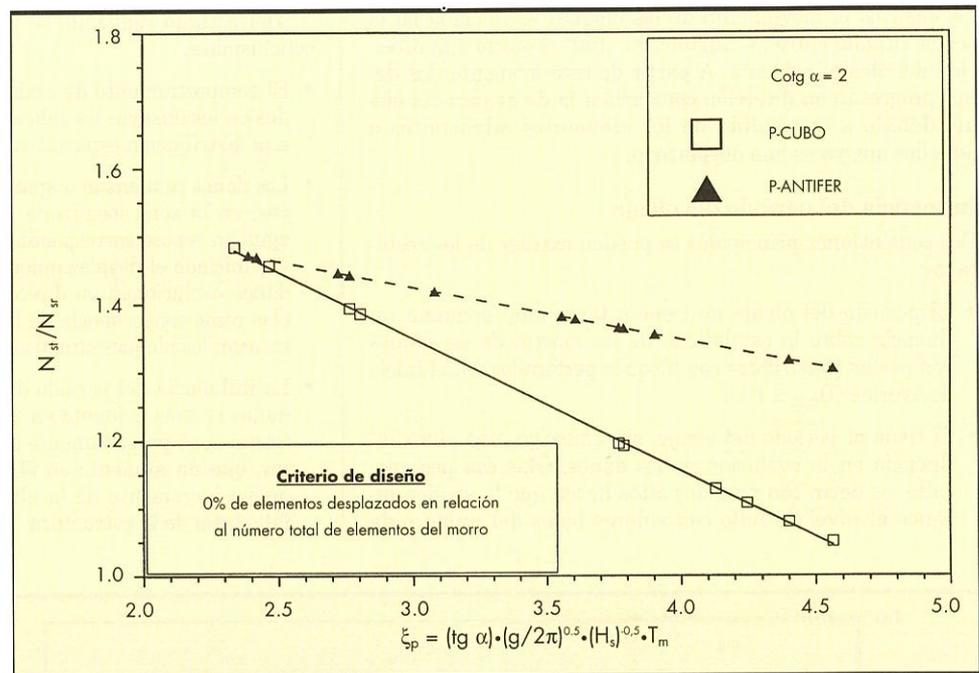


FIGURA 9. Comparación entre la estabilidad de los elementos del tronco y del morro en función de ξ_m .

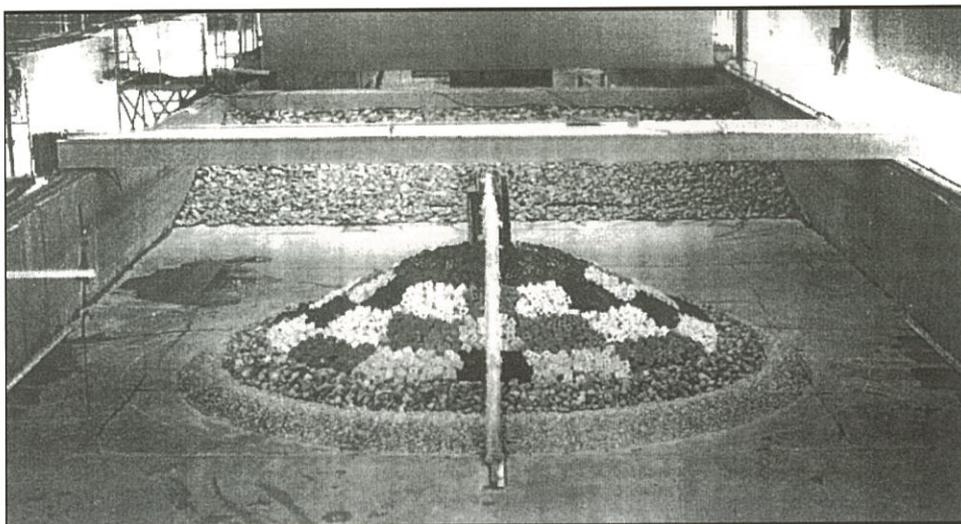


FIGURA 10. Vista general de las secciones de los morros ensayados.

- Como consecuencia de la gran dispersión de los resultados obtenidos en los ensayos, se recomienda la utilización de bandas de confianza adicionales para su aplicación.
- Ambas fórmulas, han mostrado un buen grado de ajuste con los resultados obtenidos en otros estudios experimentales realizados con bloques de hormigón paralelepípedicos, por lo que su aplicación puede extenderse al caso de bloques masivos no perforados, cúbicos o paralelepípedicos.
- También se presenta una fórmula para el cálculo del remonte de la ola por el talud (run-up).

Hay que hacer hincapié, que en el presente estudio sólo se han considerado variables algunos de los parámetros que gobiernan los fenómenos con influencia en la estabilidad de las obras marítimas. Las conclusiones aquí propuestas, por tanto, deben ser consideradas como tendencias y utilizarse

con precaución. En el futuro, deberán realizarse ensayos adicionales para clarificar algunos comportamientos contradictorios observados en este estudio (influencia de la superestructura, influencia del talud en la estabilidad) e investigar los efectos inducidos por otras variables (incidencia oblicua, oleaje de cresta corta).

Las técnicas usadas para colocar los bloques en las secciones del modelo, han tenido también bastante influencia en los resultados. Se considera que la dispersión de los resultados manifestada en el presente estudio depende considerablemente de este aspecto, por lo que debe ser investigado en el futuro.

REFERENCIAS

BERENGUER, J. M^a y BAONZA, A. (1996). Hollowed Cube Research. Final proceedings of Rubble Mound Breakwater Failure Modes. Proyecto MAST, MAS2-CT92-0042.

SAGASTA

INGENIERO

CICLO DE CONFERENCIAS



**Madrid. 11 y 18 de enero,
1 y 8 de febrero de 2001**

Organiza: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Dirige: Carlos Dardé
Lugar: Sede del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Sala Betancourt. Almagro 42. Madrid

DÍA 11 DE ENERO DE 2001

1. Palabras de bienvenida

JUAN MIGUEL VILLAR MIR
Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

2. Presentación

JUAN PABLO FUSI
Catedrático de Historia Contemporánea
Universidad Complutense de Madrid

EL CONTEXTO HISTÓRICO

3. España a mediados del siglo XIX

ANTONIO FERNÁNDEZ GARCÍA
Catedrático de Historia Contemporánea
Universidad Complutense de Madrid

4. El arranque del crecimiento económico moderno

JOSÉ LUIS GARCÍA DELGADO
Catedrático de Economía Aplicada
de la Universidad Complutense de Madrid
Rector de la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo

DÍA 18 DE ENERO DE 2001

LA FIGURA DE SAGASTA

5. Sagasta y el liberalismo español

JOSÉ RAMÓN MILÁN GARCÍA
Investigador
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

6. Sagasta: el trabajo de Ingeniero hacia 1850

MARÍA LUISA RUIZ BEDIA
Profesora de Historia de las Obras Públicas
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad de Cantabria

DÍA 1 DE FEBRERO DE 2001

LAS OBRAS PÚBLICAS EN LOS TIEMPOS DE SAGASTA

7. Las obras públicas en España a mediados del siglo XIX

JAVIER RUI-WAMBA MARTÍJA
Miembro de la Academia de Ingeniería
y Presidente de la Fundación ESTEYCO

8. Obras públicas y progreso en el S.XIX: la visión fotográfica

BERNARDO RIEGO
Doctor en Historia
Director del Aula de Fotografía y de la Imagen
Universidad de Cantabria

DÍA 8 DE FEBRERO DE 2001

SAGASTA Y LOS INGENIEROS DE CAMINOS

9. Los compañeros de Sagasta

FERNANDO SAENZ RIDRUEJO
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

10. Síntesis y conclusiones

CARLOS DARDÉ
Profesor Titular de Historia Contemporánea
Universidad de Cantabria

11. Clausura

JUAN MIGUEL VILLAR MIR
Doctor Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
Académico de Ingeniería
Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Organiza:



Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Colabora: FUNDACION BBVA