

3. TRANSMISIÓN

3.1. Definición del fenómeno de transmisión

Cuando las olas interactúan con una estructura, una parte de la energía se disipa, otra parte se refleja y dependiendo de la geometría de la estructura una parte de la energía se transmite a través de ésta. Éste fenómeno es conocido con el nombre de transmisión. El coeficiente de transmisión mide la cantidad de energía que se transmite a través de un obstáculo y se define como el cociente entre la altura de ola incidente y la transmitida:

$$K_t = \frac{H_i}{H_t} \quad (3.1)$$

3.2. Análisis de las formulaciones y selección

Existen muchas formulaciones para evaluar el coeficiente de transmisión en las que se tienen en cuenta distintos parámetros, tales como, el francobordo relativo, el ancho de coronación, el parámetro de Iribarren, Dn_{50} , y distintas configuraciones del dique, tales como, sumergido, emergido, permeable e impermeable.

Estas fórmulas han sido halladas empíricamente a partir de datos de campo o de laboratorio y por tanto, bajo ciertas condiciones. Se pretende realizar un análisis de algunas de estas formulaciones, comparándolas y determinando su rango de validez, con el fin de determinar cual de ellas resulta más adecuada para ser implementada en el modelo.

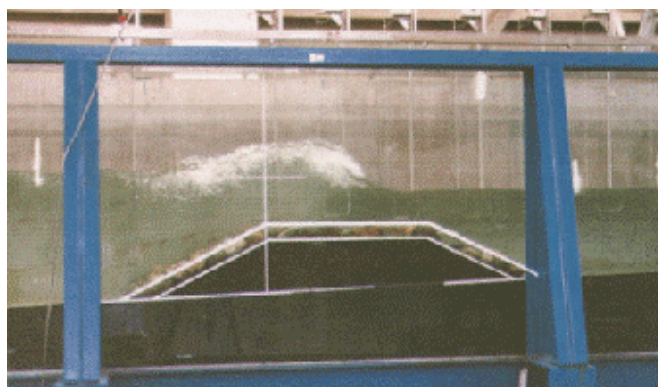


Figura 3.1. Modelo de laboratorio para evaluar la transmisión. (Fuente: US Army Corps of engineers.)

En el análisis se han escogido fórmulas tanto para diques emergidos como para diques sumergidos. Es importante notar que en el caso de diques sumergidos no se pueden extrapolar las fórmulas empleándolas para francobordos positivos, ya que no se estaría dentro del rango de validez.

Autor	Año	Parámetros	Tipo	Restricciones
Van der Meer	1990	$\frac{R_c}{H_{si}}$	Emergidos	$0.1 < K_t < 0.8$
D'Angremont et al.	1996	$\frac{R_c}{H_{si}}, \frac{B}{H_{si}}, I_r$	Emergidos	$0.075 < K_t < 0.8$
Seabroock y Hall	1998	$\frac{R_c}{H_i}, \frac{H_i}{B}, \frac{R_c H_i}{BD_{50}}, \frac{BR_c}{LD_{50}}$	Sumergidos	$0 \leq \frac{BR_c}{LD_{n50}} \leq 7.08,$ $0 \leq \frac{R_c H_i}{BD_{n50}} \leq 2.14,$
Gironella y Sánchez Arcilla	2000	I_{rop}, R_c, L_{op}	Sumergidos	$3.2 \leq I_{rop} \leq 5.4. 0 \leq \frac{R_c}{L_{op}} \leq$ $0.04,$ $0.015 \leq \frac{H}{L_{op}} \leq 0.04$

Tabla 3.1. Formulaciones para la evaluación del coeficiente de transmisión. (Fuente: Elaboración propia.)

En primer lugar se realizará un análisis independiente de cada una de ellas, estudiando si sus rangos de aplicación coinciden para el caso de una playa en el Mediterráneo y si no es así en que casos podrían emplearse. Posteriormente se efectuará un análisis comparativo de todas ellas para así poder llegar a una conclusión.

3.2.1 Formulación de Van der Meer

La formulación de Van der Meer (1990) es la más sencilla de las estudiadas, ya que sólo depende de un parámetro. La expresión es la siguiente:

$$K_t = 0.46 - 0.3 \frac{R_c}{H_{si}} \quad (3.2)$$

Como puede verse en la Figura 3.2., tan solo depende de una forma lineal del francobordo relativo. El valor de K_t está limitado por los valores 0.1 y 0.8.

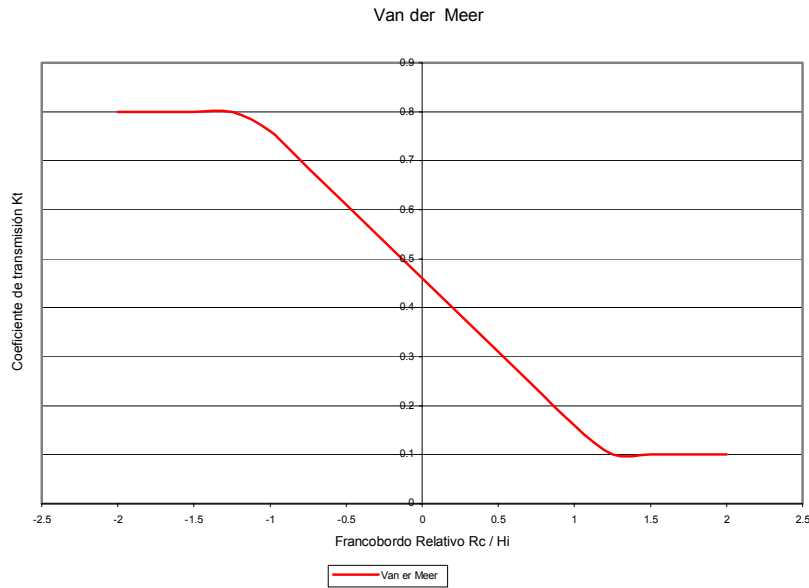


Figura 3.2. Variación de K_t con el francobordo relativo (R_c/H_1) .(Fuente: Elaboración propia.)

3.2.2 Formulación de D'Angremont et al.

La formulación de D'Angremont et al.(1996) fue hallada a partir de datos de estudios anteriores y su estructura es igual a la de Van der Meer:

$$K_t = a - b \frac{R_c}{H_{si}}, \tag{3.3}$$

aunque en este caso los parámetros a y b no son constantes sino que dependen de características del dique y del oleaje.

La expresión final de la formulación es la siguiente:

$$K_t = -0.4 \frac{R_c}{H_{si}} + \left(\frac{B}{H_{si}} \right)^{-0.31} (1 - e^{-0.5I_r}) \cdot 0.80 \tag{3.4}$$

El valor de K_t esta limitado entre los valores 0.075 y 0.8, también se debe cumplir $H_{si}/D_{n50} > 2$, ya que la constante 0.80, en realidad depende de este parámetro y de no cumplirse la limitación la constante tomaría otro valor.

Esta formulación es más compleja, ya que al depender el parámetro de Iribarren, K_t dependerá del periodo. Además también se introduce el ancho relativo de la coronación.

Como puede verse en la Figura 3.3. la variabilidad del coeficiente de transmisión con el ancho de coronación es de 0.1 unidades, si triplicamos el ancho y por tanto, podemos afirmar que la dependencia es pequeña.

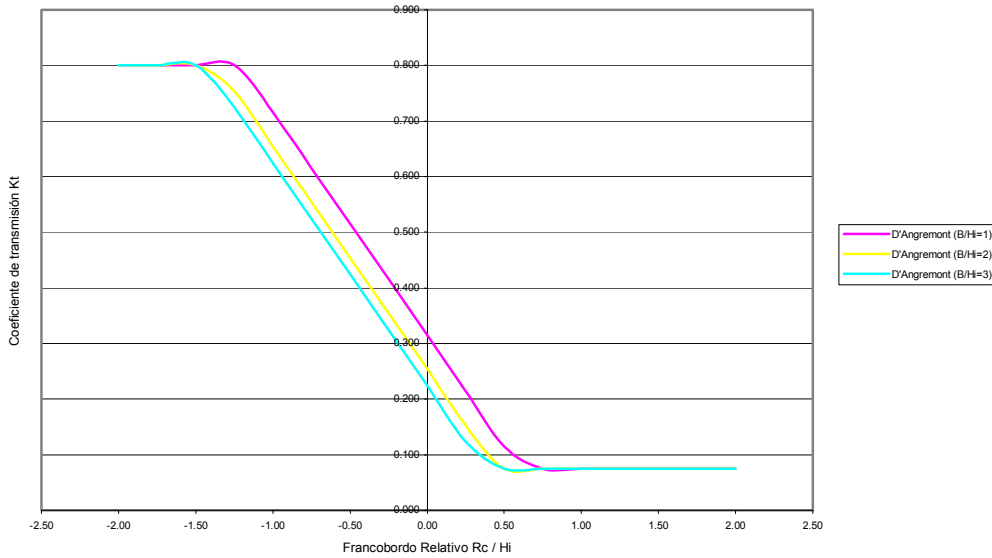


Figura 3.3. Variación de K_t con el francobordo relativo y con el ancho de coronación. (Fuente: Elaboración propia.)

También estudiaremos la variabilidad del parámetro frente al periodo, fijando el resto de variables, se han tomado un francobordo relativo de -0.25 m y un ancho de coronación de seis metros.

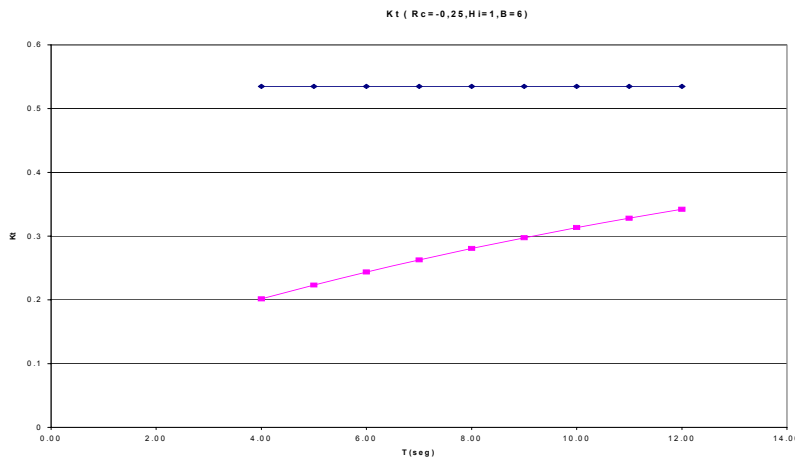


Figura 3.4. Variación de K_t con el periodo según D’Angremont et al. y Van der Meer. (Fuente: Elaboración propia.)

La variabilidad frente al periodo es pequeña, ya que doblando el valor del periodo el coeficiente de transmisión sufre un incremento menor a 0.1 unidades. Como se puede

observar en la Figura 3.4. el valor estimado por Van der Meer (1990) es muy superior a los estimados por D'Angremont et al. (1996).

3.2.3 Formulación de Seabrook y Hall

Como ya se ha comentado anteriormente la formulación de Seabrook y Hall (1998) sólo es válida para el caso de diques sumergidos y tiene en cuenta un mayor número de parámetros, la expresión viene dada por:

$$K_t = 1 - \left[e^{-0.65 \left(\frac{R_c}{H_i} \right) - 1.09 \left(\frac{H_i}{B} \right)} + 0.047 \left(\frac{BR_c}{LD_{n50}} \right) - 0.067 \left(\frac{R_c H_i}{BD_{n50}} \right) \right] \quad (3.5)$$

La formulación tiene las siguientes restricciones:

$$0 \leq \frac{BR_c}{LD_{n50}} \leq 7.08, \quad 0 \leq \frac{R_c H_i}{BD_{n50}} \leq 2.14$$

Con los valores típicos de todas estas variables se cumplen dichas restricciones.

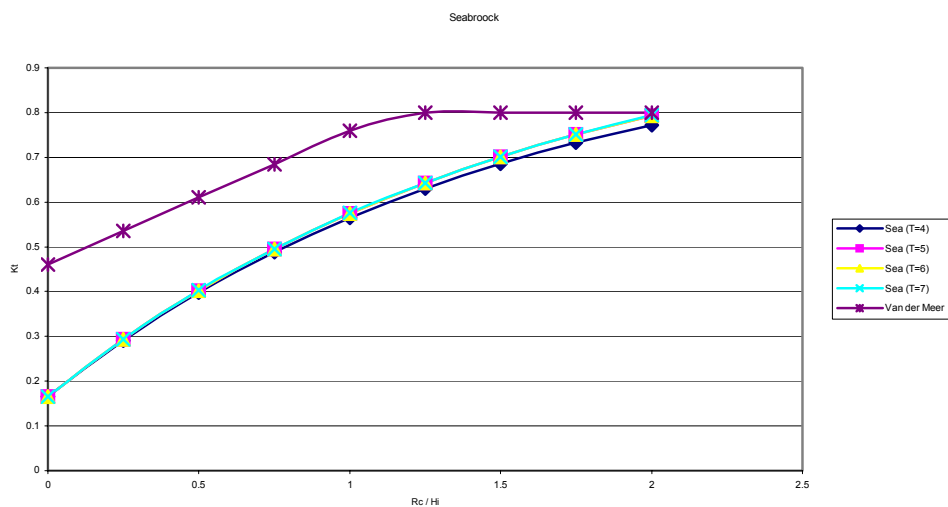


Figura 3.5. Variación de K_t con el francobordo según Seabrook y Hall, y Van der Meer. (Fuente: Elaboración propia.)

Como se aprecia en la Figura 3.5. la variabilidad de la función frente al periodo es mínima y como en el caso anterior los valores estimados quedan muy por debajo de los estimados por Van der Meer (1990), tan sólo en el límite tienden a juntarse.

En la Figura 3.6. se observa como para el rango de periodos típicos del Mediterráneo, la función es constante para distintos francobordos.

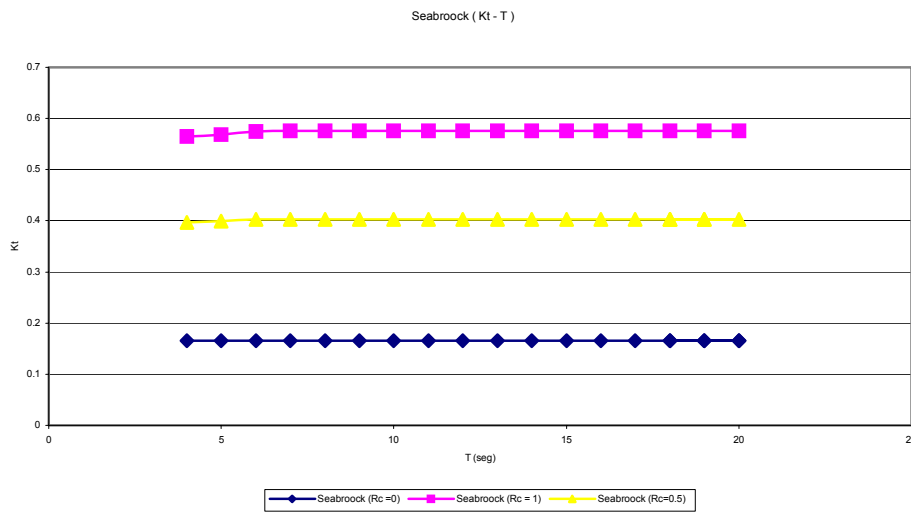


Figura 3.6. Variación de K_t con el periodo según Seabrook y Hall. (Fuente: Elaboración propia.)

3.2.4 Formulación de Gironella y Sánchez-Arcilla

Como en el caso anterior la fórmula de Gironella y Sánchez-Arcilla (2000) es válida para diques sumergidos, tiene en cuenta el francobordo respecto a la longitud de onda y no a la altura como en casos anteriores y el parámetro de Iribarren. La expresión es válida en el rango de valores utilizados en las pruebas y son los siguientes:

$$3.2 \leq I_{rop} \leq 5.4, \quad 0 \leq \frac{R_c}{L_{op}} \leq 0.04 \quad 0.015 \leq \frac{H}{L_{op}} \leq 0.04$$

La expresión de la formulación es la siguiente:

$$K_t = (6.43 I_{rop} - 14.63) \frac{R_c}{L_o} + 0.52 \tag{3.6}$$

Con el fin de determinar la aplicabilidad de la fórmula estudiaremos su rango de validez. Dado el rango de validez del parámetro de Iribarren y asignando valores típicos de la pendiente de la playa obtendremos unos valores máximos y mínimos del parámetro $\frac{H}{L_{op}}$, que comprobaremos si coinciden con su rango de validez.

$$I_{rop} = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H/L}} \quad \tan \beta = [1/1, 2/3] \quad \rightarrow \quad H/L = [0.015, 0.098]$$

Como puede observarse queda fuera del rango de validez del parámetro para ciertas pendientes, por lo tanto vamos a estudiar que pendiente debe el talud para que se cumplan las restricciones sobre I_{rop} y $\frac{H}{L_{op}}$.

$$\frac{H}{L} = [0.015, 0.04] \quad I_{rop} = [3.2, 5.4] \quad \rightarrow \quad \tan\beta = [0.1, 1.08]$$

El rango de pendientes es amplio, pero para cada valor del parámetro de Iribarren está restringido a unos ciertos valores de la pendiente.

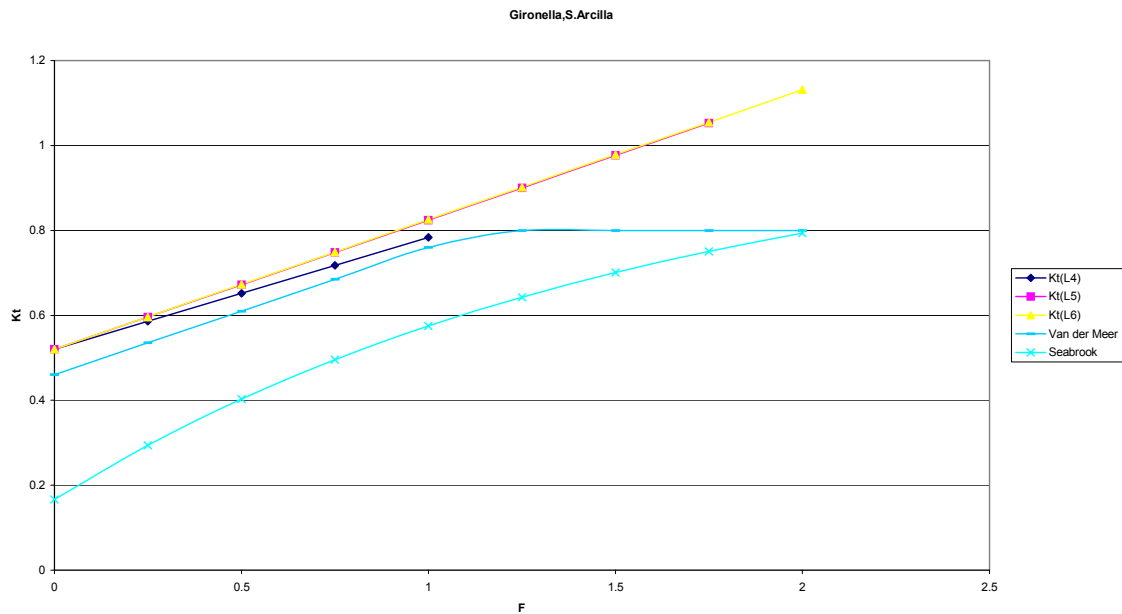


Figura 3.7. Variación de K_t con el periodo y el francobordo según Gironella, Seabrook y Van der Meer. (Fuente: Elaboración propia.)

La Figura 3.7. corresponde al análisis de distintos valores del coeficiente de transmisión para los distintos francobordos sumergidos y para valores del periodo de 4 a 6 segundos y con un valor de la pendiente del talud de 2/3. No se han analizado más periodos ya que para este valor de la pendiente el resto de parámetros se salían de su rango de validez.

Como puede observarse la variabilidad frente al periodo es mínima y sus valores son en su mayoría superiores a los de Van der Meer (1990) e inferiores a los de Seabrook y Hall (1998) hasta un francobordo sumergido de 1 m aproximadamente.

3.2.5 Análisis conjunto y conclusiones

Por último, se realizará un análisis conjunto de las distintas formulaciones para determinar cuál resulta más adecuada para ser implementada en el modelo. En la Figura 4.8. están representadas las curvas de Van der Meer, Seabrook y Hall, D'Angremont et al. y Gironella y Sánchez Arcilla. Tanto los valores de la curva de D'Angremont et al. como los de la curva de Seabrook y Hall quedan bastante por debajo de los de Van der Meer, es decir, estiman un paso de energía menor. Los valores estimados por D'Angremont et al. son muy parecidos a los de Seabrook y Hall y por lo tanto no sería necesario utilizar dos fórmulas para la distinción entre caso sumergido y emergido. Los valores estimados por Gironella y Sánchez Arcilla son relativamente próximos a los de Van de Meer y por tanto, teniendo en cuenta que la formulación de Van der Meer es válida tanto para diques emergidos como para sumergidos, se escogerá esta formulación junto a la de D'Angremont et al. con la que si existe una diferencia considerable para la implementación en el modelo.

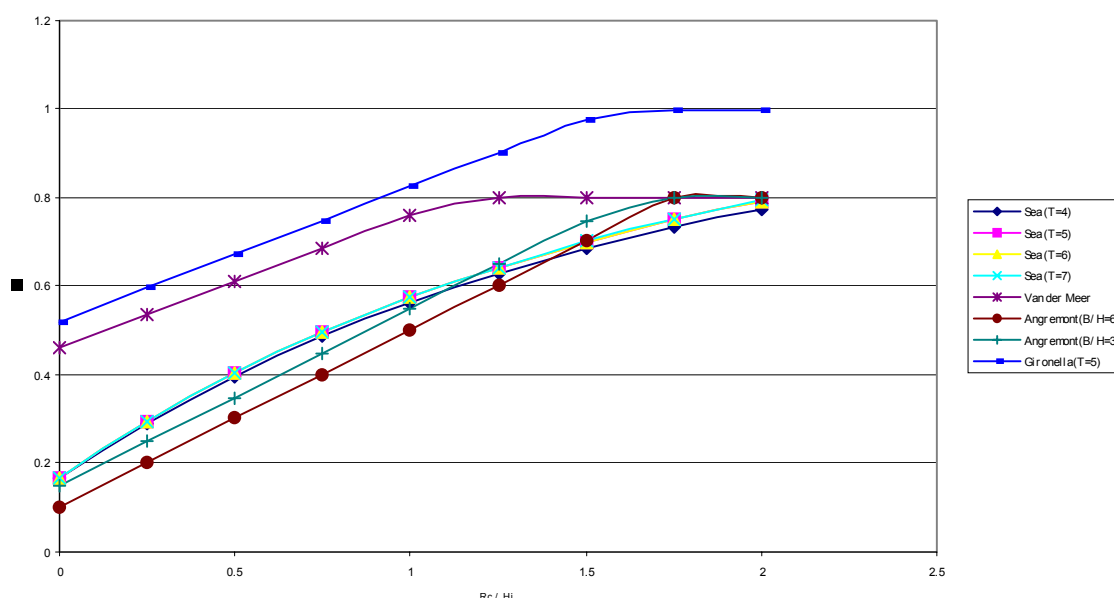


Figura 3.8. Variación de K_t con el francobordo según todas las formulaciones. (Fuente: Elaboración propia.)

Otro criterio que se ha tenido en cuenta para la selección es el propuesto por Wamsley et al.(2002) en el que se propone comparar las formulaciones con las curvas elaboradas por Tanaka (1976).

Estas curvas permiten hallar el coeficiente de transmisión, y a diferencia de otros trabajos fueron halladas para un amplio rango francobordos y de anchuras de coronación. Además, son de los pocos estudios en los que se incluyen datos tanto de diques emergidos como sumergidos. Por tanto, estas curvas pueden tomarse como guía para la determinación del rango validez de las ecuaciones predictivas.

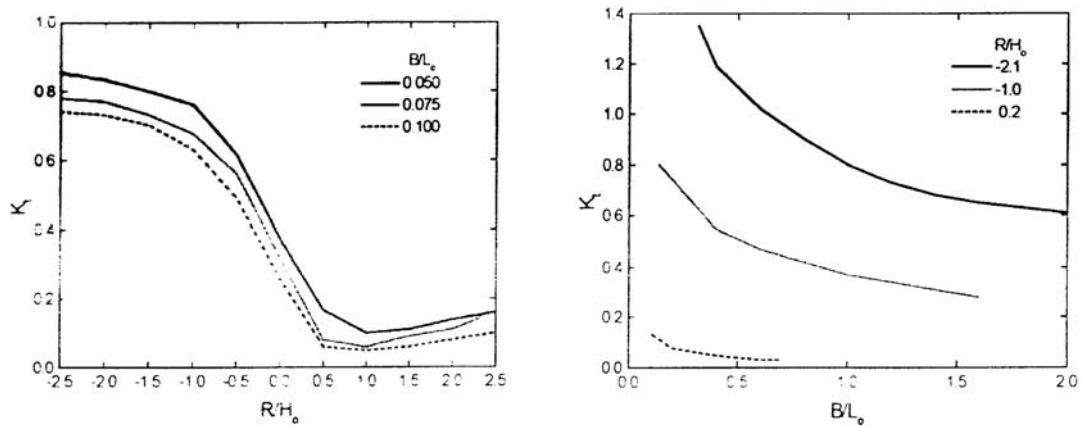


Figura 3.9 Curvas de Tanaka (1976). (Fuente: Tanaka, según Wamsley et al. (2002).)

En el trabajo realizado por Wamsley et al.(2002) se concluye que la formulación de Van der Meer (1990) es adecuada para diques de coronación estrecha y cota de coronación cercana a la superficie ($R_c / H_{si} \approx 0$); que tanto la formulación de Seabrook como la de D'Angremont et al. representan bien la variabilidad con el francobordo y que la formulación de D'Angremont resulta adecuada para un rango de francobordos relativos entre -0.75 m y 0.5 m. En este trabajo también se estudió la formulación propuesta por Ahrens, de la que se obtuvieron buenos resultados, sin embargo no es valida para estructuras convencionales ya que fue desarrollada para estructuras de escollera muy permeable y por este motivo no se ha incluido en el presente estudio.

Por tanto, según los resultados expuestos y teniendo en cuenta que el rango de aplicabilidad de la formulación de Seabrook y Hall está limitado a obras sumergidas, se concluye que la formulación más adecuada para el caso que nos concierne, estructuras semisumergidas, es la formulación de D'Angremont et al.