

港 湾 技 研 資 料

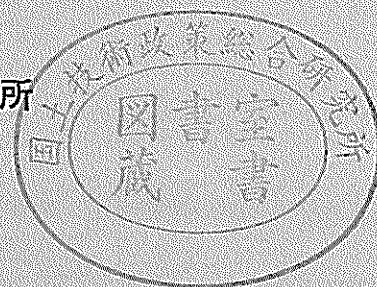
TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 21

海の波の回折計算法と回折図……………森平倫生・奥山育英

昭和 40 年 11 月

運輸省港湾技術研究所



港湾技研資料 No. 21

正 誤 表

場	所	誤	正
1頁	欄外	水工部防堤波研究室	水工部防波堤研究室
3頁	右 下から5行目	$I_A = (-S_1 + S_2) \sin ky + (W_1 + W_2)$	$I_A + (-S_1 + S_2) \sin ky + (W_1 + W_2)$
6頁	右 (29)式	$\arg f(u) = \tan^{-1} \frac{S(u) - C(u)}{1 + C(u) + S(u)}$	$\arg f(u) = \tan^{-1} \frac{C(u) - S(u)}{1 + C(u) + S(u)}$
7頁	左 (36)式	$u^2 = 2 \{ \sqrt{(x/L)^2 + (y/L)^2} - y/L \}$	$u^2 = 4 \{ \sqrt{(x/L)^2 + (y/L)^2} - y/L \}$
7頁	右 上から3行目	点に関するの値	点に関する u^2 の値
8頁	左 (39)式	$\sqrt{RA^{12} I_A^{12}}$	$\sqrt{RA^{12} + I_A^{12}}$
9頁	左 下から16行目	$K = \sqrt{R^2 + I^2}$	$K = \sqrt{Re^2 + I_m^2}$
10頁	右 上から6行目	を併用した。	を使用した。
11頁	左 参考文献(1)	were	wave
29頁	みだし	$\frac{B}{L} = 12$	$\frac{B}{L} = 1.2$
附録	1頁右 (1-6)式	$W_i = \frac{1}{2} S[(ui) - C(ui)]$	$W_i = \frac{1}{2} [S(ui) - C(ui)]$

“海の波の回折計算法と回折図”

目 次

第1章 はじめに	1
第2章 回折現象とその理論式	1
第1節 半無限直立防波堤による回折について (防波堤に波が直角に入射する場合)	1
第2節 半無限捨石防波堤による回折について (防波堤に波が直角に入射する場合)	7
第3章 Digital Computer による計算法	9
第4章 計 算 結 果	11
謝 辞	11
参 考 文 献	11
附録 1 回折の理論式	1
(1) 半無限直立防波堤に任意の角度で波が入射する場合の理論式	1
(2) 防波堤開口部に波が直角に入射する場合の理論式	2
附録 2 Fresnel の積分表	4

海の波の回折計算法と回折図

森平倫生* 奥山育英**

第1章 はじめに

海の波の回折現象は、防波堤、島あるいは岬などで遮蔽された領域に波が回り込む現象をいう。この遮蔽された領域に生じる波高を決めるのに回折図が使用される。これまで作成された海の波の回折図は、その計算手続きの煩雑さのために、Johnson⁽¹⁾、Wegel⁽²⁾、堀口⁽³⁾のように、回折係数の算定範囲が20波長程度にとどまり、防波堤開口部からの回折図のケースも少なく、実際に使用する場合にはかなり不便であった。

この資料は、こうした実際に使用する際の不便さをなくすために、半無限防波堤に任意の角度で波が入射する場合と防波堤開口部に直角に入射する場合の、多くの回折図を作成したものである。また、あわせてそのもととなる計算法の詳述も行なった。なお、計算はすべて港研の Digital Computer, TOSBAC-3123 で行なった。

回折係数を算定しようとする場合に、Fresnel の積分表が必要となってくるので、今後ここにかかげた範囲外の回折係数を算定しなければならなくなつたときに利用できるよう、この積分表の作成も行なった。

ここで作成した回折図の範囲ならびにケースは、つぎのとおりである。

(i) 半無限防波堤による回折図

計算範囲：防波堤端を原点として半径 100 波長までの範囲

ケース：防波堤に対する波の入射角 θ を $15^\circ \sim 180^\circ$ まで 15° ごとに 12 ケース

(ii) 防波堤開口部に波が直角に入射する場合の回折図

計算範囲：防波堤開口部の中心点を原点として、波の進行方向へ 100 波長、防波堤延長方向へ 100 波長の短形範囲

ケース：防波堤開口幅を 0.5 波長から 10 波長まで 22 ケース

また、ここに作成した Fresnel の積分表は、 x が 0 から 0.01 ごとに 59.99 までのものである。これまでの

Fresnel の積分表⁽⁴⁾は、 x が 0 から 0.1 ごとに 8.5 までのもので実際の使用に不便であった。

なお、防波堤開口部に波が斜めに入射する場合には、確立された計算方法がないため、Blue の重ね合せの原理を拡張して回折図の作成を行つた。しかし、波が防波堤に対してほぼ平行に入射する場合には問題点があつたので、この資料には採用していない。開口部に斜めに波が入射する場合は、仮想開口幅を用いて、波が直角に入射する場合の回折図を適用すれば、実用上充分であることがいわれている。

第2章 回折現象とその理論式

海の波の回折も、光や音の回折と同様に、Heyghen's の原理にしたがう。Penney と Price⁽⁵⁾ (1944) は、Sommerfeld の与えた光の回折に関する解が水波の回折問題の解であることを示した。この理論は、Putnum と Arthur⁽⁶⁾ (1948) により検証され、Blue と Johnson⁽⁷⁾ (1949) および Johnson⁽⁸⁾ (1953) により実験的に検証されている。Sommerfeld の与えた解は、半無限スクリーン端における光波の回折に関するものであり、Penney と Price による解は、長い防波堤端における海の波の回折に関するものである。一方、防波堤開口部からの回折問題の解は、半無限堤に対する 2 つの解を重ね合わせるにより得られることを Blue が示した。この方法による解は厳密ではないが、定性的にはよい解を与えるようである。

左右の防波堤が一直線上にない場合の開口部よりの回折や島堤による回折については、田中清博士が詳細な理論⁽⁹⁾を展開している。

ここでは、半無限堤（直立防波堤と捨石防波堤）に直角に波が入射する場合の回折式を厳密解、簡易解について詳述した。半無限堤に波が任意の角度で入射する場合と防波堤開口部に波が直角に入射する場合の回折式の誘導については、附録 1 を参照されたい。

第1節 半無限直立防波堤による回折について

(防波堤に波が直角に入射する場合)

[1] 厳密解について

海の波の回折現象の解はつぎの仮定にもとづいて導び

* 水工部防波堤研究室
** 設計基準部計算室

かれる。

- (1) 水は理想流体で非圧縮性である。
- (2) 水の運動は非回転で、速度ポテンシャル ϕ は、Laplace の方程式を満足する。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 x, y 軸は静水面内にあり、 z は鉛直軸を表わす。

- (3) 波高は非常に小さい。
- (4) 水表面 $z=\eta(t)$ における圧力は一定である。
- (5) 表面に垂直な流体速度のコンポーネントは、表面に垂直な面の速度に等しい。
- (6) 固定境界面に垂直な流体速度は 0 である。
- (7) 水深は一定である。

速度ポテンシャル ϕ と水位変動 η はつぎのようになる。

$$\phi = Ae^{i\omega t} \cosh k(h+z) \cdot F(x, y) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta = \frac{Aikc}{g} e^{i\omega t} \cosh kh \cdot F(x, y) \quad \dots\dots\dots (3)$$

したがって、(4)式に示す Helmholtz の方程式を満足するように、関数 $F(x, y)$ を定めればよいわけである。

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + k^2 F = 0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $k=2\pi/L$ 、 L =波長、 c =波速、 h =水深、 $i=\sqrt{-1}$ 、 g =重力の加速度である。

防波堤がない場合に y 軸の正方向に進行する波に対し

ては

$$F(x, y) = e^{-iky} \quad \dots\dots\dots (5)$$

である。つぎに仮定(6)によれば、原点から x 軸の正方向に拡がった直立壁に対しては (図-1 参照)

$$v = -\frac{\partial \phi}{\partial y} = -\frac{\partial F}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

($x \geq 0, y=0$ のとき)

となる。

半無限直立防波堤に波が直角に入射する場合の回折現象の解を得るためには、 x, y 平面を図-1 に示すように 3 つの領域に分けて考えると都合がよい。 $F(x, y)$ の絶対値と偏角はそれぞれ回折波の波高と位相のずれを決定するから、問題は境界条件(6)式と x が負の無限遠において(5)式が成立するという条件を満足するように、(4)式の解を見出すことに帰着されるわけである。

(4)式を防波堤の位置 $x \geq 0, y=0$ において $\partial F/\partial y=0$ 、および防波堤端から十分遠方の地点 $x=-\infty$ において、 $F(x, y) = e^{-iky}$ なる条件のもとに解けば(7)式のようになる。

$$\begin{aligned} F(x, y) &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i(\pi/4 - ky)} \int_{-\infty}^{u_1} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &\quad + \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i(\pi/4 + ky)} \int_{-\infty}^{u_2} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= e^{-iky} f(u_1) + e^{iky} g(u_2) \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

ここに、

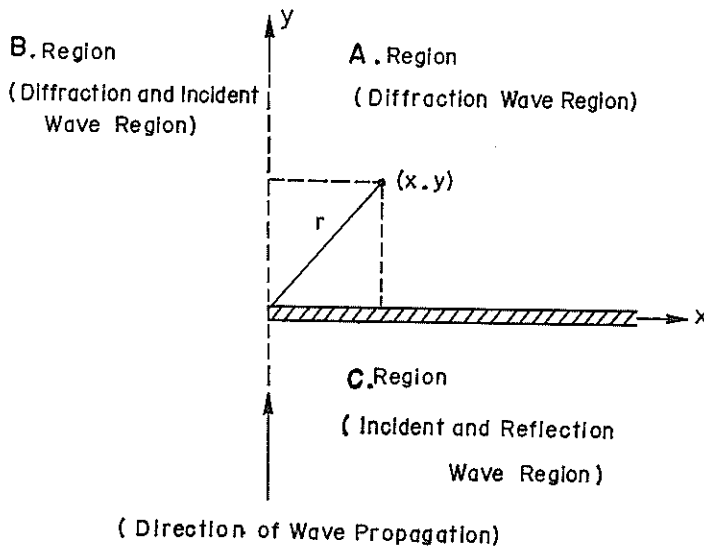


図-1 半無限防波堤に波が直角に入射する場合の回折
Diffraction from semi-infinite breakwater when waves propagate to breakwater at right angle

$$u_1 = \pm \sqrt{\frac{4(r-y)}{L}}, \quad u_2 = \pm \sqrt{\frac{4(r+y)}{L}} \quad \dots\dots (8)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$f(u_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^{u_1} e^{-i\pi w^2/2} dw \quad \dots\dots (9)$$

$$g(u_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^{u_2} e^{-i\pi w^2/2} dw \quad \dots\dots (10)$$

である。図-1において(9), (10)式の積分の上限値 u_1, u_2 はつぎのような符号をとる。

- (1) A領域 (回折波領域); u_1, u_2 ともに負
 - (2) B領域 (入射波回折波領域); u_1 は正, u_2 は負
 - (3) C領域 (入射波反射波領域); u_1, u_2 ともに正
- (9), (10)式は, u が負のとき, u のかわりに $-u$ ($u \geq 0$) と表わせばつぎようになる。(以後 u が負のときはこの表示を用いる。)

$$\begin{aligned} f(-u) &= g(-u) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^{-u} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= -\frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-u}^{\infty} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_u^{\infty} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \left[\int_0^{\infty} e^{-i\pi w^2/2} dw - \int_0^u e^{-i\pi w^2/2} dw \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \left[\frac{1}{2}(1-i) - \{C(u) - iS(u)\} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\{1 - C(u) - S(u)\} + i\{S(u) - C(u)\} \right] \end{aligned} \quad \dots\dots (11)$$

同様に, u が正のときは, (9)(10)式はつぎのようになる。

$$\begin{aligned} f(u) &= g(u) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^u e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \left[\int_0^{\infty} e^{-i\pi w^2/2} dw + \int_0^u e^{-i\pi w^2/2} dw \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \left[\frac{1}{2}(1-i) + \{C(u) - iS(u)\} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[\{1 + C(u) + S(u)\} + i\{C(u) - S(u)\} \right] \end{aligned} \quad \dots\dots (12)$$

ここに, $C(u), S(u)$ は Fresnel の積分でつぎのとおりである。

$$C(u) = \int_0^u \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw, \quad S(u) = \int_0^u \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw \quad \dots\dots (13)$$

つぎに, (11), (12)式の関係から $f(u)$ と $f(-u)$, $g(u)$ と $g(-u)$ の間につぎの関係があることが容易にわかる。

$$\begin{cases} f(u) + f(-u) = 1 \\ g(u) + g(-u) = 1 \end{cases} \quad \dots\dots (14)$$

(5)式と(7)式を比較すれば, 回折波に対する $F(x, y)$ の絶対値は, 防波堤のない場合の波高に対する防波堤のある場合の波高の比を決定する。すなわち, 回折係数 K はつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \text{回折係数 } K &= \frac{\text{回折波の } |F(x, y)|}{\text{入射波の } |F(x, y)|} \\ &= \text{回折波の } |F(x, y)| \quad \dots\dots (15) \end{aligned}$$

(\because 入射波の $|F(x, y)| = |e^{-iky}| = 1$ である。)

また, (7)式より, 回折波の位相は, 回折波の $F(x, y)$ の偏角で表わされるから,

$$\arg [\text{回折波の } F(x, y)] = \text{const} \quad \dots\dots (16)$$

なる曲線が, 等波峰線を表わすことになる。

(15)式, (16)式を利用して, それぞれ回折係数 K および等波峰線差を算定すればよいわけであるが, ここでは回折係数のみの算定式を導びくことにする。

いま, 関数 $f(-u)$ と $g(-u)$ の実部および虚部をそれぞれ S, W で表わすことにして, $f(-u_1), g(-u_2)$ をそれぞれつぎのように表わす。

$$\begin{cases} f(-u_1) = S_1 + iW_1 \\ g(-u_2) = S_2 + iW_2 \end{cases} \quad \dots\dots (17)$$

こうすれば, 図-1に示した3つの領域に対する回折係数はつぎのようになる。

- (1) A領域 (回折波領域)

この領域では, u_1, u_2 ともに負であるからつぎのようになる。

$$\begin{aligned} F(x, y) &= e^{-iky} f(-u_1) + e^{iky} g(-u_2) \\ &= (\cos ky - i \sin ky) (S_1 + iW_1) \\ &\quad + (\cos ky + i \sin ky) (S_2 + iW_2) \\ &= (S_1 + S_2) \cos ky + (W_1 - W_2) \sin ky \\ &\quad + i\{(-S_1 + S_2) \sin ky + (W_1 + W_2) \cos ky\} \end{aligned} \quad \dots\dots (18)$$

よつて, 回折係数 K はつぎのようになる。

$$K = |F(x, y)| = \sqrt{R_A^2 + I_A^2} \quad \dots\dots (19)$$

ここに,

$$R_A = (S_1 + S_2) \cos ky + (W_1 - W_2) \sin ky$$

$$I_A = (-S_1 + S_2) \sin ky + (W_1 + W_2) \cos ky$$

である。

- (2) B領域 (回折波入射波領域)

この領域では, u_1 が正で u_2 が負であるから, (14)式の関係を使用すればつぎのようになる。

$$\begin{aligned}
 F(x, y) &= e^{-iky}f(u_1) + e^{iky}g(-u_2) \\
 &= e^{-iky} \{1 - f(-u_1)\} + e^{iky}g(-u_2) \\
 &= (\cos ky - i \sin ky) (1 - S_1 - iW_1) \\
 &\quad + (\cos ky + i \sin ky) (S_2 + iW_2) \\
 &= (1 - S_1 + S_2) \cos ky + (-W_1 - W_2) \sin ky \\
 &\quad + i \{(-1 + S_1 + S_2) \sin ky \\
 &\quad + (-W_1 + W_2) \cos ky\} \dots\dots\dots (20)
 \end{aligned}$$

$$\therefore K = \sqrt{R_B^2 + I_B^2} \dots\dots\dots (21)$$

ここに、

$$R_B = (1 - S_1 + S_2) \cos ky + (-W_1 - W_2) \sin ky$$

$$I_B = (-1 + S_1 + S_2) \sin ky + (-W_1 + W_2) \cos ky$$

である。

(3) C領域 (入射波反射波領域)

この領域においては、 u_1 , u_2 ともに正であるから、(14)式の関係からつぎのようになる。

$$\begin{aligned}
 F(x, y) &= e^{-tky}f(u_1) + e^{tky}g(u_2) \\
 &= e^{-tky} \{1 - f(-u_1)\} + e^{tky} \{1 - g(-u_2)\} \\
 &= (\cos ky - i \sin ky) (1 - S_1 - iW_1) \\
 &\quad + (\cos ky + i \sin ky) (1 - S_2 - iW_2) \\
 &= (2 - S_1 - S_2) \cos ky + (-W_1 + W_2) \sin ky \\
 &\quad + i \{(S_1 - S_2) \sin ky + (-W_1 - W_2) \cos ky\} \dots\dots (22)
 \end{aligned}$$

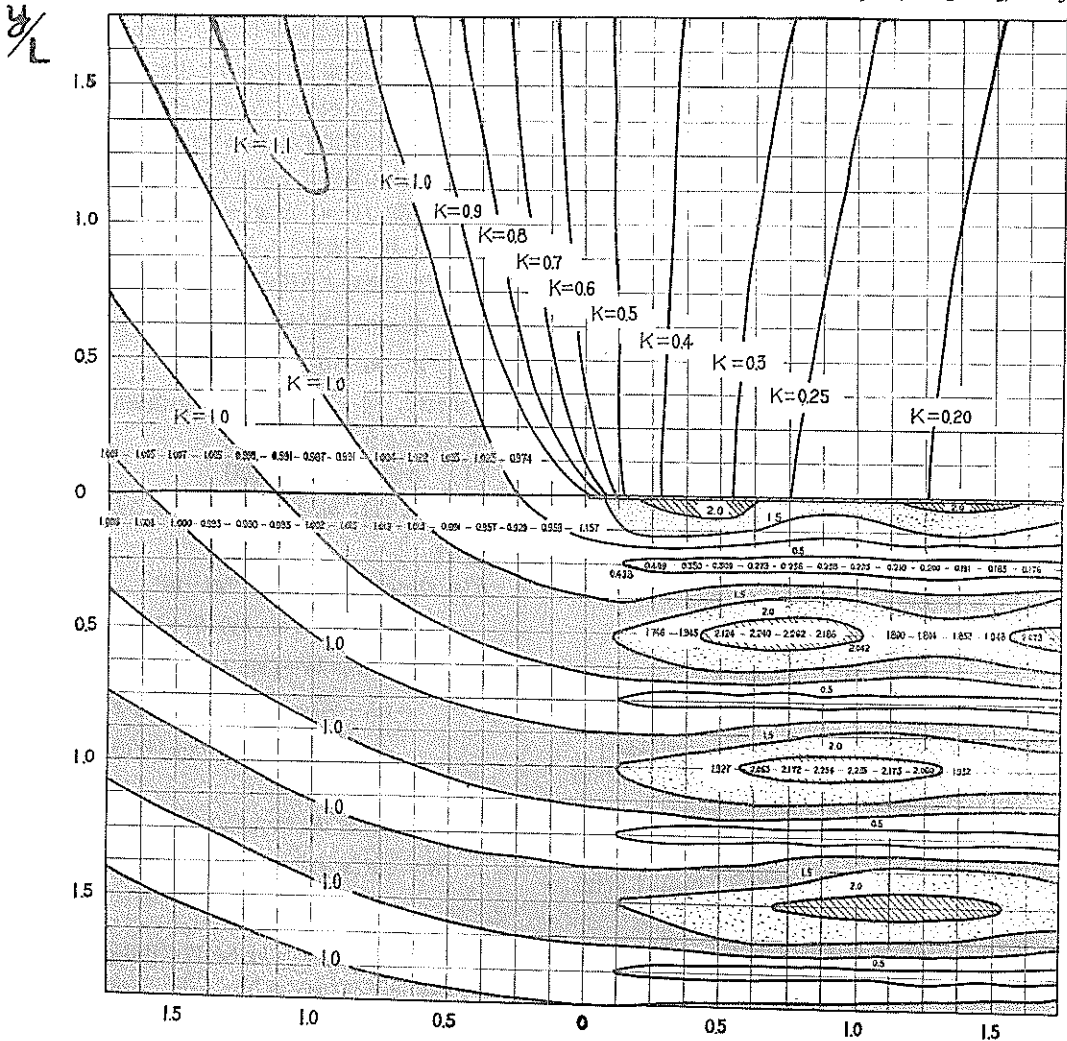


図-2 半無限防波堤による回折図 (厳密解) 直立防波堤の場合
 Diffraction diagram for a single up-right breakwater
 Normal incidence (complete solution)



$$\therefore K = \sqrt{Rc^2 + Ic^2} \dots\dots\dots (23)$$

ここに、

$$Rc = (2 - S_1 - S_2) \cos ky + (-W_1 + W_2) \sin ky$$

$$Ic = (S_1 - S_2) \sin ky + (-W_1 - W_2) \cos ky$$

である。

また、 S_1, S_2, W_1, W_2 は Fresnel の積分の関数でつぎのとおりである。

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \frac{1}{2} [1 - C(u_1) - S(u_1)] \\ S_2 &= \frac{1}{2} [1 - C(u_2) - S(u_2)] \\ W_1 &= \frac{1}{2} [S(u_1) - C(u_1)] \\ W_2 &= \frac{1}{2} [S(u_2) - C(u_2)] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (24)$$

(19), (21), (23) 式を使用すれば半無限直立防波堤に波が直角に入射する場合の厳密解を得ることができる。この計算結果を全領域について示したものが図-2である。

この図によれば、直立防波堤からの反射の状態ならびに回折の状態をよく理解することができる。すなわち、防波堤の前では防波堤を腹として沖側 1/2 波長ごとに腹、沖側 1/4 波長の地点から 1/2 波長ごとに節が表わ

れ、防波堤により遮蔽された領域では回折係数 K は 0.5 以下となっている。

〔2〕 簡易解について

Putnum と Arther はこの問題に対する簡易解⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾として、(7)式の第2項を無視した形で与えている。これは第2項が回折波領域ではほとんど有効でないことによつたものである。図-3に $y/L=1.0$ における簡易解と厳密解の比較を行つた。この図によれば、第2項の影響は実用的には無視できるようである。第2項を無視すれば(7)式は(25)式ようになる。

$$F(x, y) = e^{-iky} f(u), \quad (u_1 = u) \dots\dots\dots (25)$$

この簡易解を(5)式と比較すれば、 $f(u)$ の絶対値 $|f(u)|$ は防波堤のない場合の波高に対する防波堤のある場合の波高比を決定する。すなわち、

$$\text{回折係数} = \frac{\text{回折波高}}{\text{入射波高}} = |f(u)| \dots\dots\dots (26)$$

また、(25)式を書きなおせば、(27)式ようになり、回折波の位相は $-ky + \arg f(u)$ となる。よつて、 $-ky + \arg f(u) = \text{const}$ なる曲線が等波線となる。

$$F(x, y) = e^{-ik(y - \arg f(u)/k)} \cdot |f(u)| \dots\dots (27)$$

この $f(u)$ の絶対値および偏角は Fresnel の積分から決定できる。何故ならば、

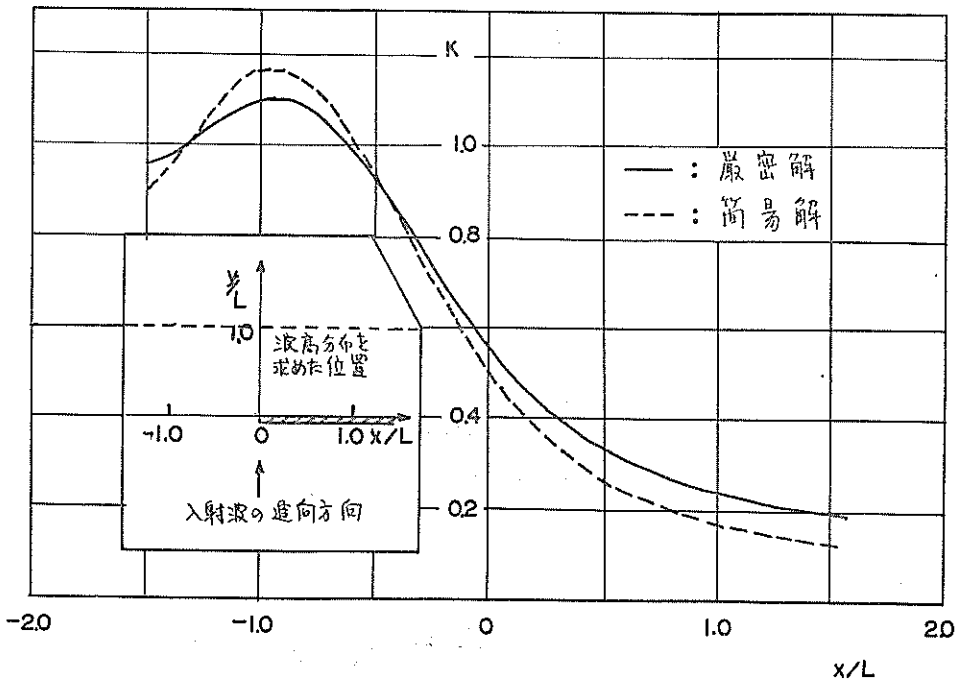


図-3 波が直角に入射する場合の $y/L=1.0$ 線上における波高分布
Wave height distribution at $y/L=1.0$ line when waves propagate at right angle

$$C(u) - iS(u) = \int_0^u e^{-i\pi w^2/2} dw, \quad (u > 0) \dots\dots (28)$$

であり、 $f(-u) = 1 - f(u)$ であることはすでに示した。
 $f(u)$ の絶対値ならびに偏角は u の正負に対してつぎのようになる。

$u \geq 0$ のとき

$$\begin{cases} |f(u)| = \frac{1}{2} [1 + 2\{C^2(u) + S^2(u)\} + 2\{C(u) + S(u)\}]^{1/2} \\ \arg f(u) = \tan^{-1} \frac{S(u) - C(u)}{1 + C(u) + S(u)} \dots\dots (29) \end{cases}$$

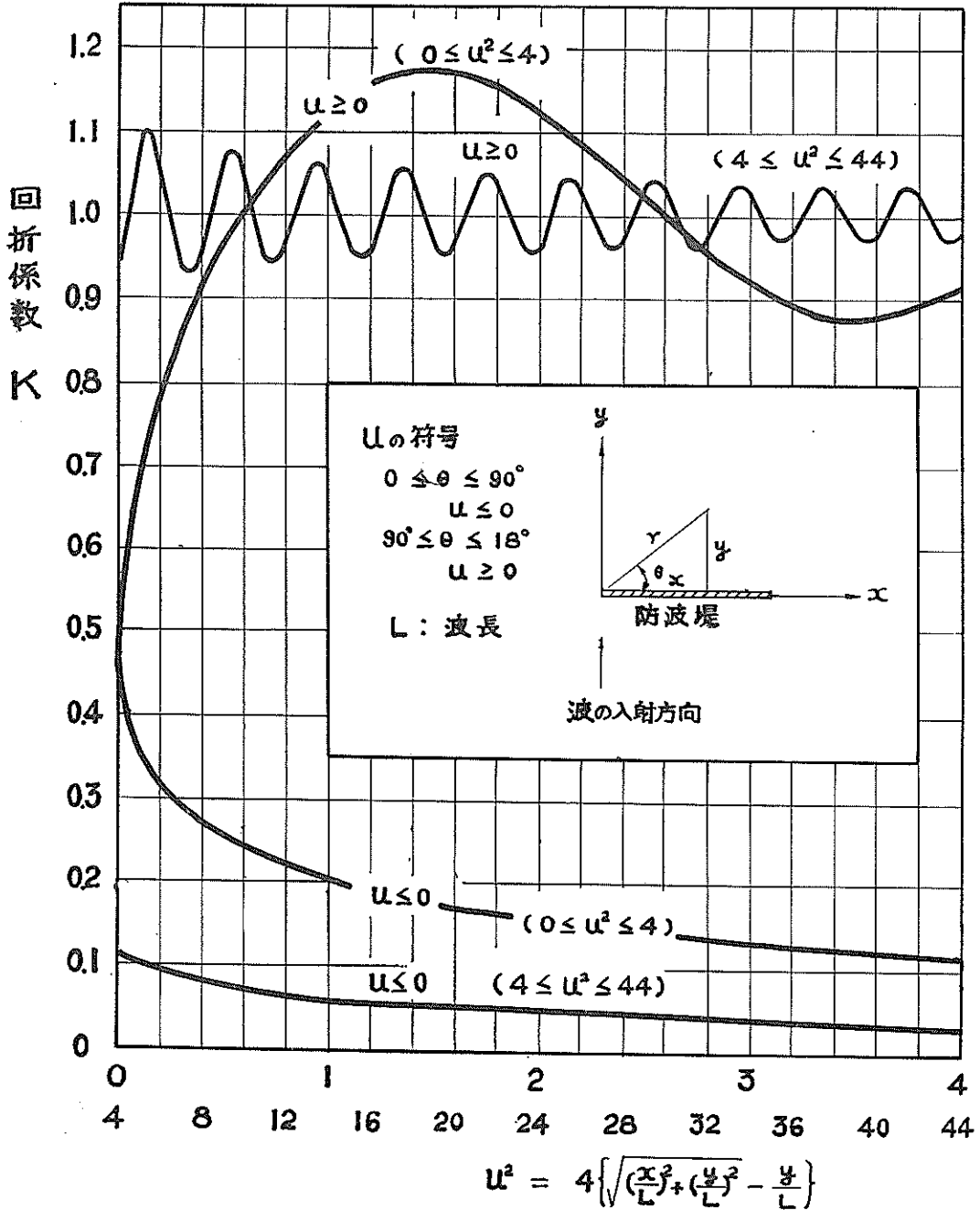


図-4 半無限防波堤による海の波の回折係数算定曲線 (簡易解)
 Diffraction coefficient for a single breakwater-Normal incidence (simplified solution)

$u \leq 0$ のとき

$$\begin{cases} |f(u)| = \frac{1}{2} [1 + 2\{C^2(u) + S^2(u)\} - 2\{C(u) + S(u)\}]^{1/2} \\ \arg f(u) = \tan^{-1} \frac{S(u) - C(u)}{1 - C(u) - S(u)} \end{cases} \dots\dots (30)$$

この簡易解に対する解を厳密解のとき示した同じ表示方法をとればつぎのようになる。 $f(-u) = S + iW$ とおくと

$u \geq 0$ のとき

$$F(x, y) = e^{-ky} \{(1-S) + i(-W)\} \dots\dots (31)$$

$u \leq 0$ のとき

$$F(x, y) = e^{-ky} (S + iW) \dots\dots (32)$$

ここに、 S, W はすでに(24)式に示したように Fresnel の積分の関数である。

よつて、簡易解による回折係数はつぎのようになる。

$u \leq 0$ のとき (回折波領域)

$$K = \sqrt{S^2 + W^2} \dots\dots (34)$$

$u \geq 0$ のとき (入射波回折波領域)

$$K = \sqrt{(1-S)^2 + W^2} \dots\dots (35)$$

ここに、

$$u^2 = 2 \{ \sqrt{(x/L)^2 + (y/L)^2} - y/L \} \dots\dots (36)$$

である。

図-4 は簡易解による回折係数算定曲線を示したもの

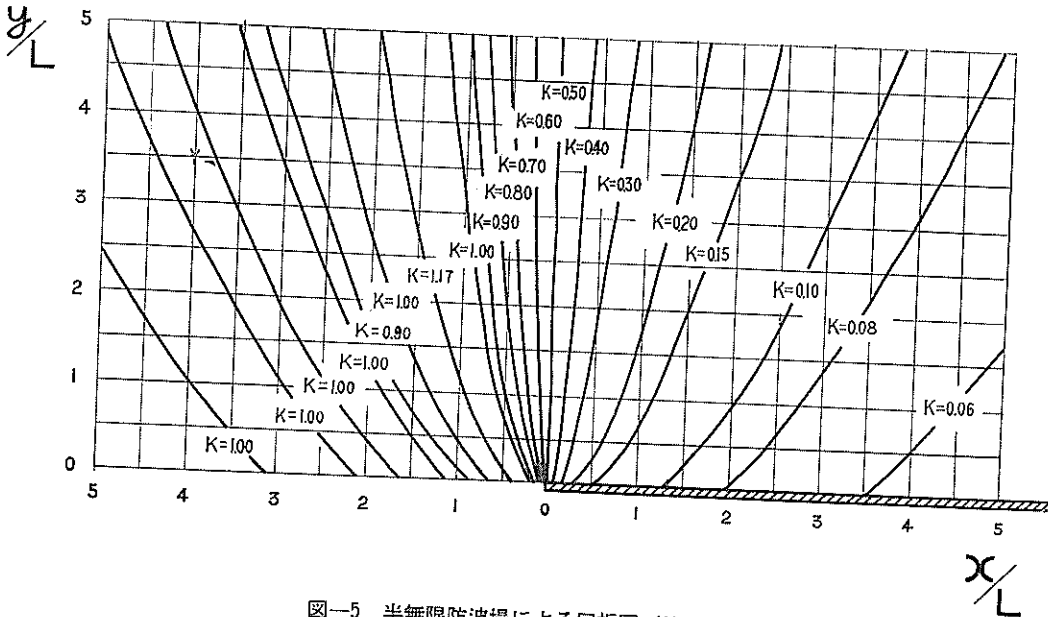


図-5 半無限防波堤による回折図 (簡易解)

Diffraction diagram for a single breakwater-normal incidence (simplified solution)

である。この図を使用して回折係数を算出するには、つぎの順序によればよい。まず回折係数を求めようとする点に関するの値を(36)式で算出し、求めようとする点が回折波領域にあるか入射波領域にあるかによつて u の符号を決定し、それに応じた曲線を使用すればよい。なおこの図において $u \leq 0$ の曲線は振幅の非常に小さい振動を持っているが、ほとんど無視できるくらい小さいので図には滑らかな曲線として示している。図において明らかなように、 y 軸上の正の部分においては、 $x=0$ であるから、 $u^2=0$ となり、回折係数は 0.5 と一定となる。また、図-5 はこの方法による回折図を示したものである。

第2節 半無限捨石防波堤による回折について (防波堤に波が直角に入射する場合)

[1] 厳密解について

捨石防波堤による回折現象の解は田中博士によればつぎのようである。捨石防波堤を、防波堤からの反射の全然ない理想化された防波堤と考え、防波堤前面で $\eta=0$ という条件を用いて(4)式を解き(37)式のような解を得ている。

$$\begin{aligned} F(x, y) &= \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i(\pi/4 - ky)} \int_{-\infty}^{u_1} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &\quad - \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i(\pi/4 + ky)} \int_{-\infty}^{u_2} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ &= e^{-ky} f(u_1) - e^{-ky} g(u_2) \dots\dots (37) \end{aligned}$$

直立防波堤の場合と同様な演算を行なえば、回折係数 K はつぎようになる。

(1) A領域 (回折波領域)

$$F(x, y) = (S_1 - S_2) \cos ky + (W_1 + W_2) \sin ky + i\{(-S_1 - S_2) \sin ky + (W_1 - W_2) \cos ky\} = R_A' + iI_A' \dots\dots\dots (38)$$

$$\therefore K = |F(x, y)| = \sqrt{R_A'^2 + I_A'^2} \dots\dots\dots (39)$$

(2) B領域 (回折波入射波領域)

$$F(x, y) = (1 - S_1 - S_2) \cos ky + (-W_1 + W_2) \sin ky + i\{(-1 + S_1 - S_2) \sin ky + (-W_1 - W_2) \cos ky\}$$

$$= R_B' + iI_B' \dots\dots\dots (40)$$

$$\therefore K = |F(x, y)| = \sqrt{R_B'^2 + I_B'^2} \dots\dots\dots (41)$$

(3) C領域 (入射波領域)

$$F(x, y) = (-S_1 + S_2) \cos ky + (-W_1 - W_2) \sin ky + i\{(-2 + S_1 + S_2) \sin ky + (-W_1 + W_2) \cos ky\} = R_C' + iI_C' \dots\dots\dots (42)$$

$$\therefore K = \sqrt{R_C'^2 + I_C'^2} \dots\dots\dots (43)$$

得られた(38), (39), (40)式を使用して, 半無限捨石防波堤による回折図を作成したものが図-6に示されている。この図によれば, 防波堤前面水域で防波堤からの

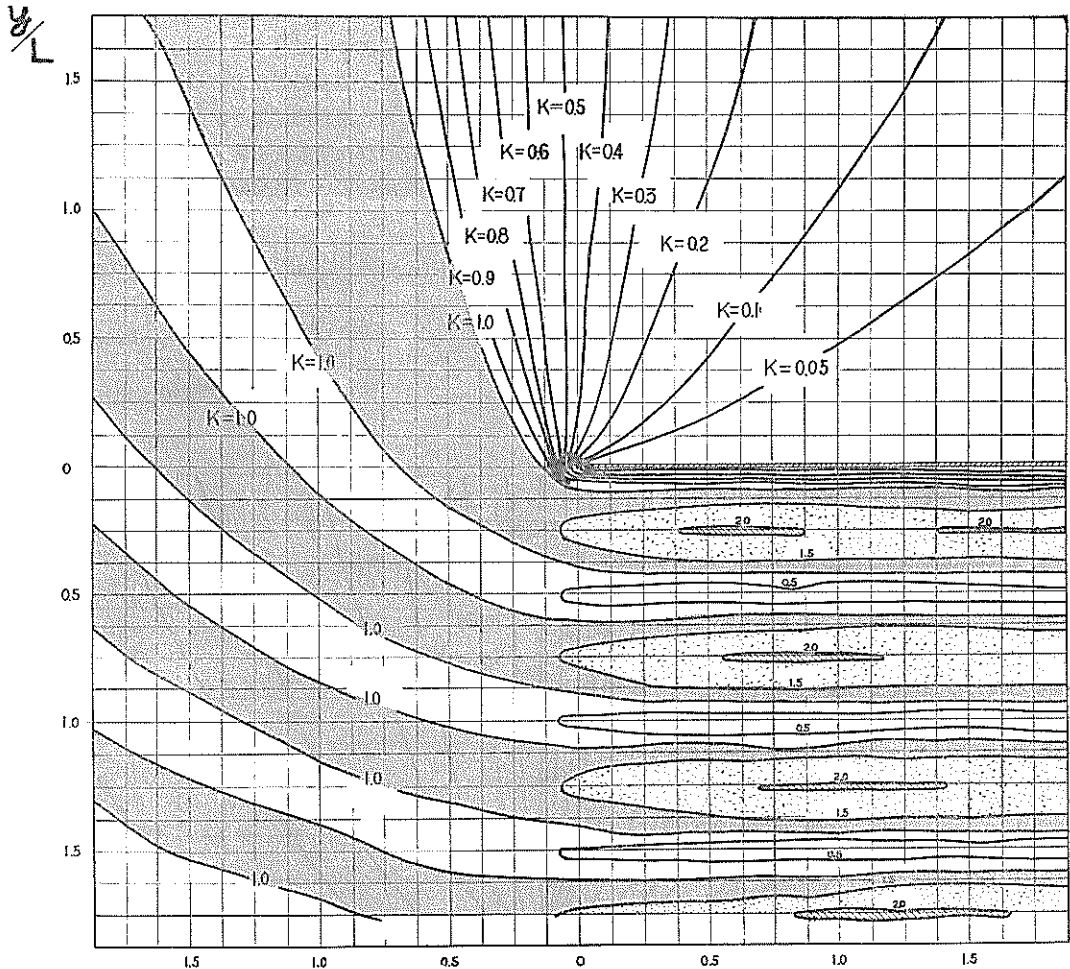


図-6 半無限防波堤による回折図 (厳密解)
捨石防波堤の場合

Diffraction diagram for a single rubble mound breakwater-
Normal incidence (complete solution)

反射の影響が表われていて、防波堤からの反射波のない捨石防波堤の解として不適當である。これは、 $\eta=0$ なる境界条件が、防波堤からの反射波がないことを表わしていないことを物語るものである。

しかしながら、すでに図-3に示したように、防波堤からの反射波を表わす $g(u)$ 項の回折波領域に与える影響の小さいことを考えれば、捨石防波堤の場合でも、直立防波堤による回折図を使用すれば実用上さしつかえないと考えてよい。

第3章 Digital Computer による計算方法

前章や附録-1に示した理論式で回折係数が求まる。この計算はすべて Digital Computer, TOSBAC-3123で行なつた。回折係数を求めるプログラムに関しては、Fresnel の積分をのぞいてはそのままプログラムすればよい。ここでは、一本直立防波堤に波が斜めに入射する場合のプログラムの内容と Fresnel の積分の数値計算法を示す。

第1節 半無限直立防波堤に波が斜めに入射する場合の回折計算 (波が斜めに入射する場合)

防波堤に波長 L の波が θ の角度で入射するとき、ある点 $X(r, \theta)$ の回折係数は

$$K = \sqrt{R^2 + F^2}$$

である。ここに、 R_e, I_m はある点 $X(r, \theta)$ が A 領域 ($\theta > \theta$) のとき

$$R_e = S_1 \cos \alpha + W_1 \sin \alpha + S_2 \cos \beta + W_2 \sin \beta$$

$$I_m = -S_1 \sin \alpha + W_1 \cos \alpha - S_2 \sin \beta + W_2 \cos \beta$$

であり、B 領域 ($\theta \leq \theta$) のとき

$$R_e = \cos \alpha - S_1 \cos \alpha - W_1 \sin \alpha + S_2 \cos \beta + W_2 \sin \beta$$

$$I_m = -\sin \alpha + S_1 \sin \alpha - W_1 \cos \alpha - S_2 \sin \beta + W_2 \cos \beta$$

である。ここに

$$\alpha = 2\pi R \cos(\theta - \theta)$$

$$\beta = 2\pi R \cos(\theta + \theta)$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \{1 - C(u_1) - S(u_1)\}$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \{1 - C(u_2) - S(u_2)\}$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \{S(u_1) - C(u_1)\}$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \{S(u_2) - C(u_2)\}$$

$$u_1 = \left| \sqrt{8R} \sin \frac{\theta - \theta}{2} \right|$$

$$u_2 = \left| -\sqrt{8R} \sin \frac{\theta + \theta}{2} \right|$$

$$R = \frac{r}{L}$$

である。 $C(u), S(u)$ は Fresnel の積分

$$C(u) = \int_0^u \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw$$

$$S(u) = \int_0^u \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw$$

である。

以上の計算式により、 R, θ, θ を与えて、 K を求めるサブルーチンを作成した。ブロックチャートを図-7に示す。

第2節 Fresnel 積分の計算

Fresnel 積分は、初等関数では表わされることが証明されている。ここではこの計算に用いた数値計算法を示す。

(i) x が充分大きいとき ($x > 5$)

$$\begin{aligned} S(x) &= \int_0^x \sin \frac{\pi}{2} x^2 dx \\ &= \int_0^\infty \sin \frac{\pi}{2} x^2 dx - \int_0^\infty \sin \frac{\pi}{2} x^2 dx \\ &= \frac{1}{2} - \int_x^\infty \sin \frac{\pi}{2} x^2 dx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(x) &= \int_0^x \cos \frac{\pi}{2} x^2 dx \\ &= \int_0^\infty \cos \frac{\pi}{2} x^2 dx - \int_x^\infty \cos \frac{\pi}{2} x^2 dx \\ &= \frac{1}{2} - \int_x^\infty \cos \frac{\pi}{2} x^2 dx \end{aligned}$$

である。また部分積分を用いることにより、

$$\begin{aligned} \int_x^\infty \frac{1}{w^n} \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw &= \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{x^{n+1}} \cos \frac{\pi}{2} x^2 \right. \\ &\quad \left. - (n+1) \int_x^\infty \frac{1}{w^{n+2}} \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw \right\} \\ \int_x^\infty \frac{1}{w^n} \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw &= \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{x^{n+1}} \sin \frac{\pi}{2} x^2 \right. \\ &\quad \left. + (n+1) \int_x^\infty \frac{1}{w^{n+2}} \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw \right\} \end{aligned}$$

をうる。この式に $n=0, 2, 4, 6, 8, 10$ を逐次代入して整理するとつぎのようになる。

$$\begin{aligned} \int_x^\infty \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw &= \cos \frac{\pi}{2} x^2 \left\{ \frac{1}{\pi x} - \frac{3}{\pi^3 x^3} + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7}{\pi^5 x^5} \right\} \\ &\quad + \sin \frac{\pi}{2} x^2 \left\{ \frac{1}{\pi^2 x^3} - \frac{3 \cdot 5}{\pi^4 x^5} + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{\pi^6 x^7} \right\} - \varepsilon_1 \end{aligned}$$

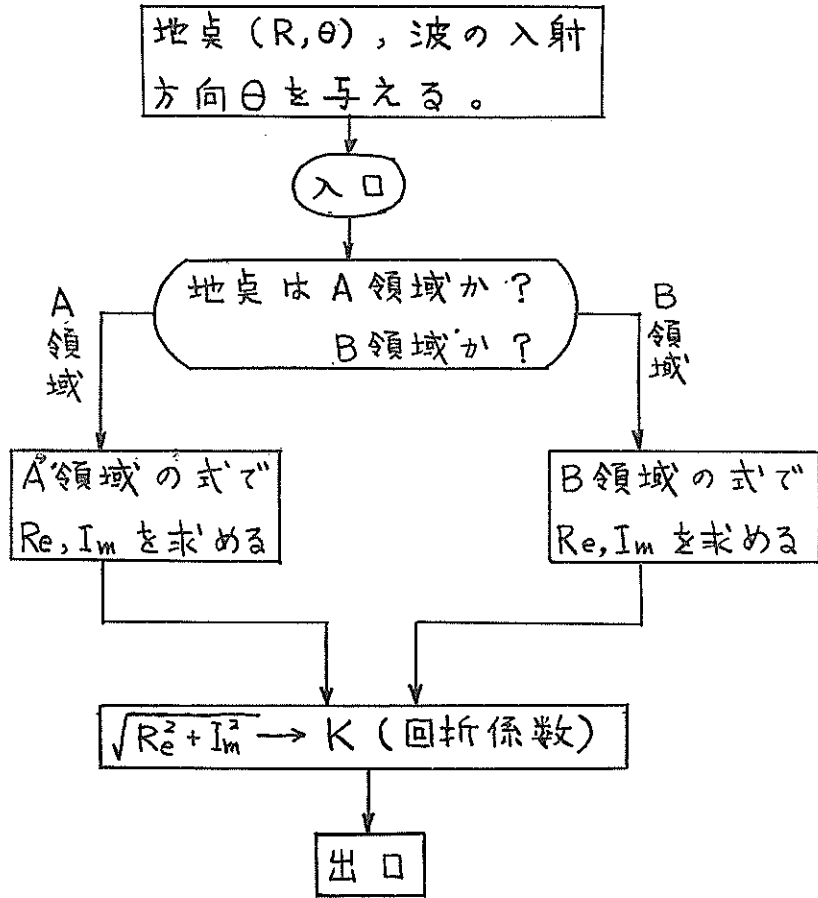


図-7 プロックチャート

$$\int_x^\infty \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw = \sin \frac{\pi}{2} x^2 \left\{ -\frac{1}{\pi x} + \frac{3}{\pi^3 x^5} - \frac{3 \cdot 5 \cdot 7}{\pi^5 x^9} \right\} \\ + \cos \frac{\pi}{2} x^2 \left\{ \frac{1}{\pi^2 x^3} - \frac{3 \cdot 5}{\pi^4 x^7} + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{\pi^6 x^{11}} \right\} - \varepsilon_2$$

ここに,

$$\varepsilon_1 = \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11}{\pi^6} \int_x^\infty \frac{1}{w^{12}} \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw$$

$$\varepsilon_2 = \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11}{\pi^6} \int_x^\infty \frac{1}{w^{12}} \cos \frac{\pi}{2} w^2 dw$$

である。

ここで, $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ を考えてみると

$$|\varepsilon_1| = \left| \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11}{\pi^6} \int_x^\infty \frac{1}{w^{12}} \sin \frac{\pi}{2} w^2 dw \right|$$

$$< \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 11}{\pi^6} \int_x^\infty \frac{1}{w^{12}} dw = \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{\pi^6 x^{11}}$$

$$|\varepsilon_2| < \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{\pi^6 x^{11}}$$

である。よつて, $x > 5$ のとき, $|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2|$ ともに 10^{-7} より小となるから, $x > 5$ の場合の数値計算では $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ の項を無視した。

(ii) x が小さいとき ($x \leq 5$ のとき)

$S(x), C(x)$ は, $x \leq 5$ の範囲では変動がそれほどはげしくないので, 定積分の近似公式を併用した。使用した近似公式はシンプソン公式で, 0.01 巾毎に積分を行なった。分点は, 最終的には \sin, \cos の誤差をも入れねばならないのであるが, 1つの巾で 10^{-9} におさえるようにきめた。したがつて, $0 \leq x \leq 4$ の範囲では 2等分に, $4 \leq x \leq 5$ の範囲では 4等分にして公式を使用した。

以上の方法で 0.1 毎の積分値を表にして Computer のメモリーにしまつておき, 例えば, $x = 3.87654 \dots$ の $S(x), C(x)$ を求めるときには, $x = 3.8$ の値を表からひきだし, その積分値に 3.8 と 3.87654... との間の積

分値を計算して加えることにより、演算時間の短縮を行なった。

第4章 計算結果

半無限防波堤による回折図を図—8～図—19に示す。これらの図には使用に便利のように、10波長までの範囲と100波長までの範囲をそれぞれ示している。

また、防波堤開口部による回折図を、図—20～図—41に示している。これらの図においても、半無限堤の場合と同じように、10波長までの範囲と100波長までの範囲をそれぞれ示している。

謝 辞

この資料作成にあたり、有益な助言をいただいた伊藤喜行防波堤研空室長ならびに合田良実模型試験課長に深甚なる謝意を表するとともに、計算の実施、回折図の作成にあたり、協力いただいた竹田英章技官、北畑正記技官に深甚なる謝意を表するものである。

- (1) Johnson, J. W. : "Generalized wave diffraction diagrams", Proceedings of First Conference on Coastal Engineering, 1951.
- (2) Wiegel, R. L. : "Diffraction of waves by semi-

infinite breakwater", Proc. A. S. C. E. Vol. 88, No. HY1, Part, 1962.

- (3) 堀口孝男：“波浪調査法” 港湾技術要報 No. 5, 1953年8月
- (4) 数学ハンドブック編集委員会編：“理工学のための数学ハンドブック” pp. 489～490, 1960.
- (5) Penny-Price : "Diffraction of sea waves by breakwaters", Artificial Harbours, Dire. Misc. Weapon Develop. Tech. His. No. 26, 1944.
- (6) Putnum-Arthur : "Diffraction of water waves by breakwaters", Trans. AGU. Vol. 29, No. 4, 1948.
- (7) Blue-Johnson : "Diffraction of water waves passing through a breakwater gap", Trans. AGU. Vol. 30, No. 5, 1949.
- (8) Johnson, J. W. : "Engineering aspects of diffraction and refraction", Proc. A.S.C.E. Vol. 118, 1953.
- (9) 田中清：“海岸と港湾の問題” 応用水理学中 II. pp. 529～538, 1958.
- (10) 前出の(6)
- (11) 前出の(7)

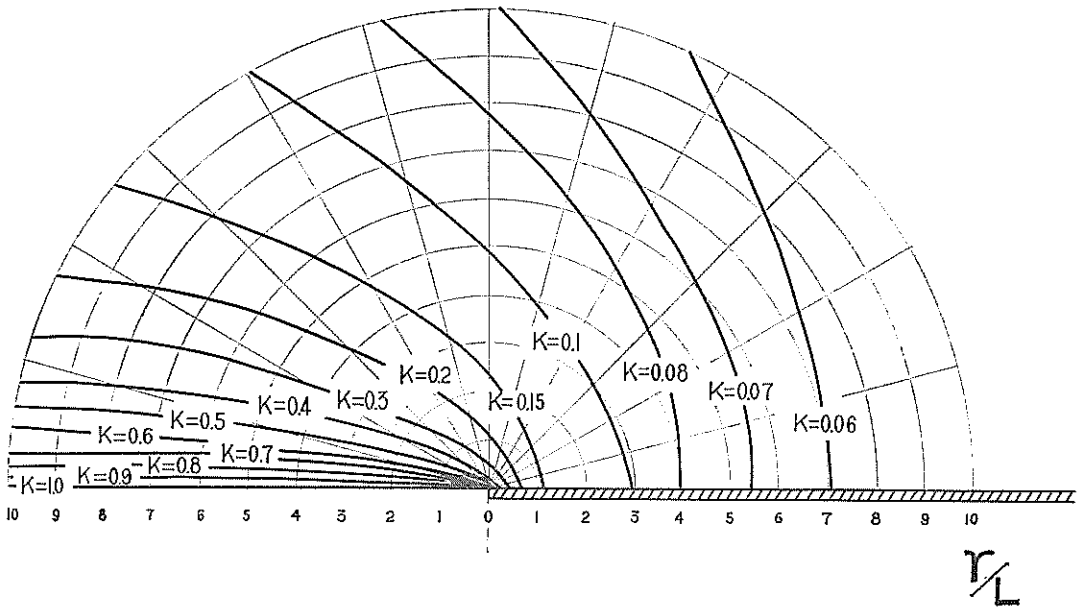
(昭和40年8月17日受付)

図一8 半無限波堤による回折図

Diffraction diagram for a single breakwater

(direction of wave propagation $\Theta=180^\circ$)

$r/L=0\sim 10$



$r/L=0\sim 100$

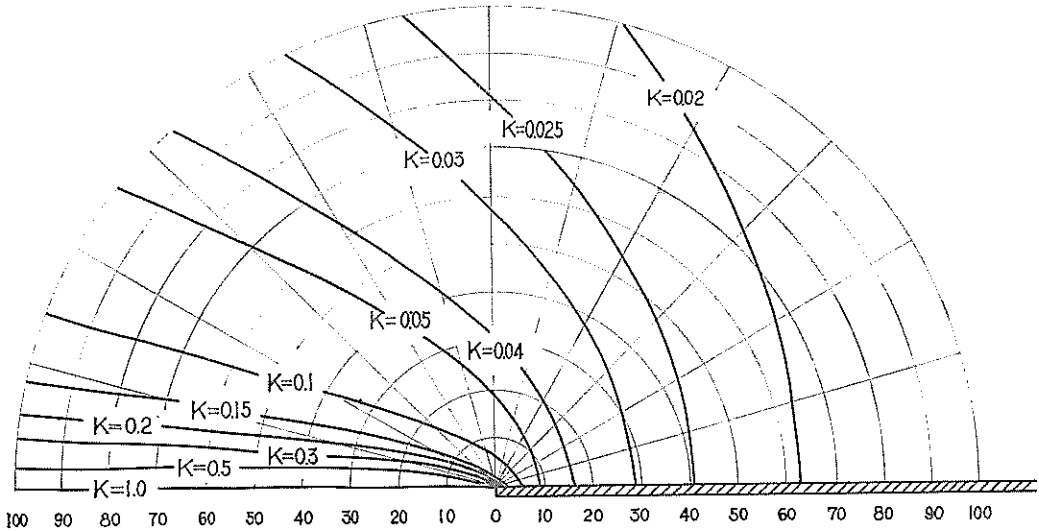
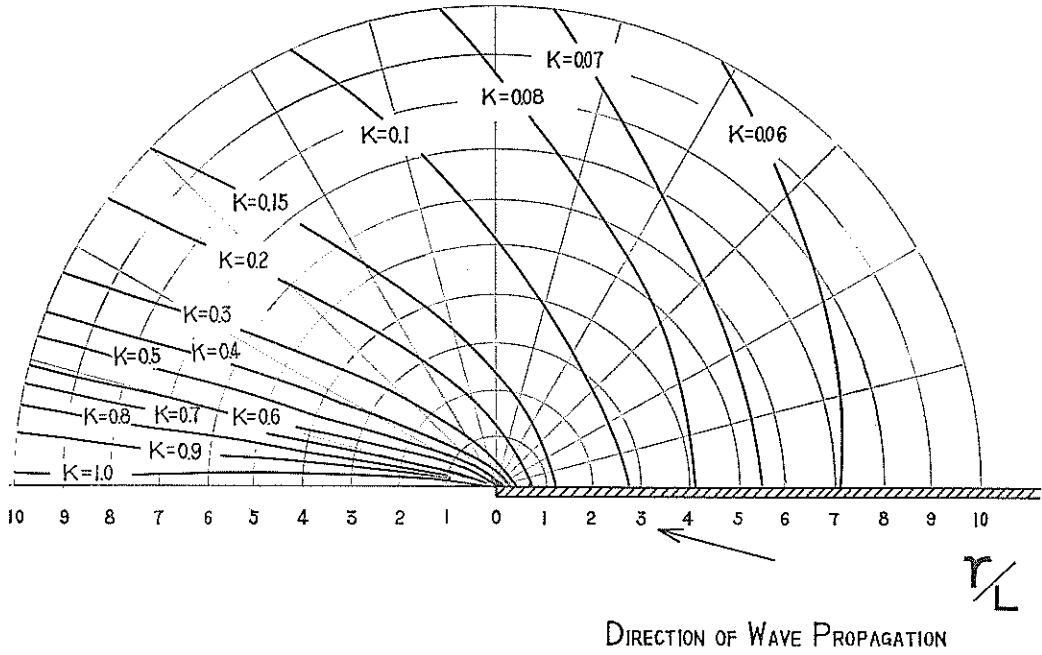


図-9 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water

(direction of wave propagation $\theta=165^\circ$)

$r/L=0\sim 10$



$r/L=0\sim 100$

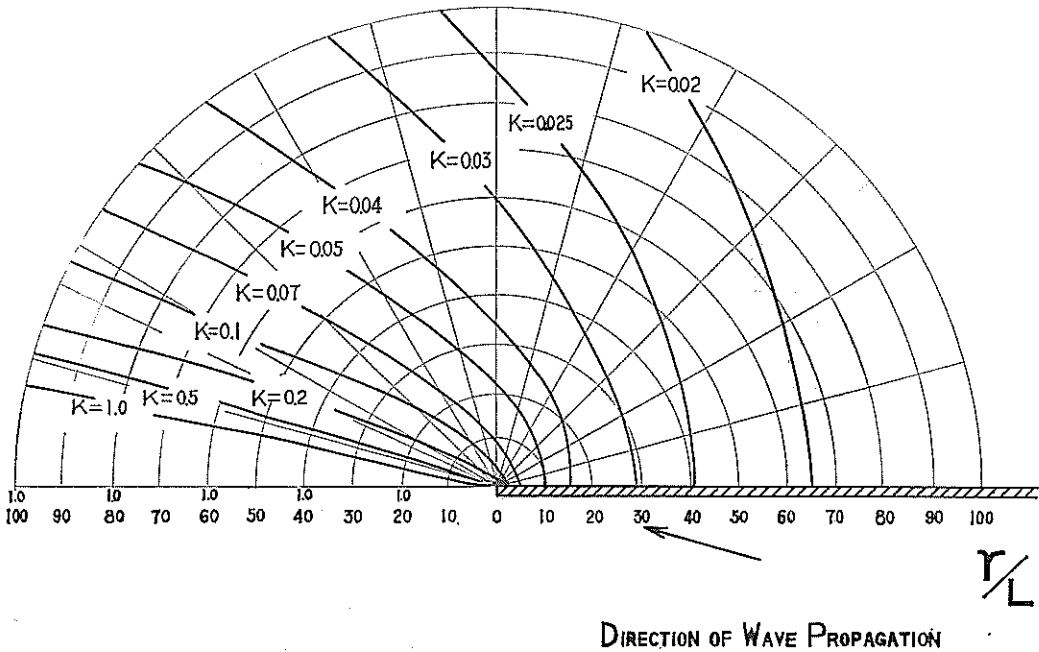
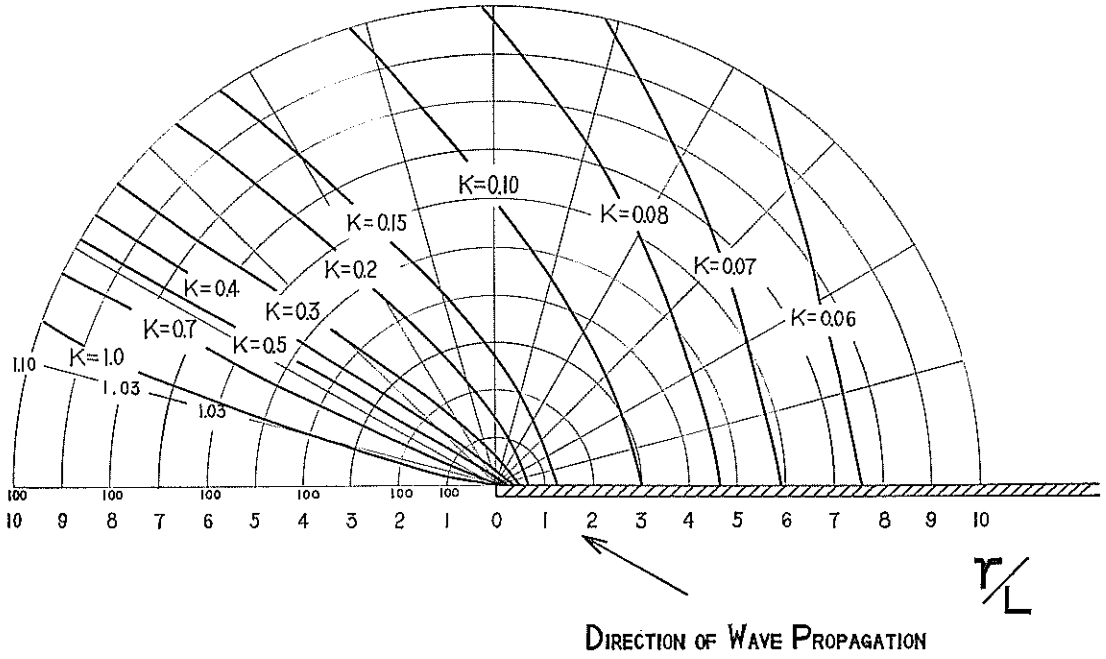


図-10 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single breakwater

(direction of wave propagation $\theta=150^\circ$)

$r/L=0\sim 10$



$r/L=0\sim 100$

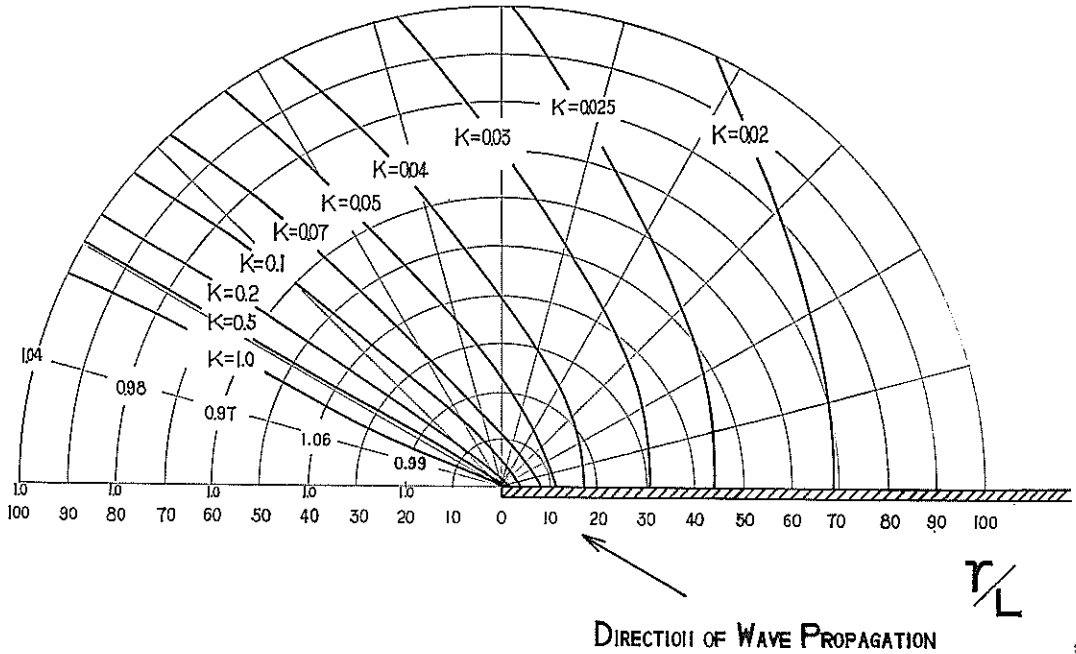
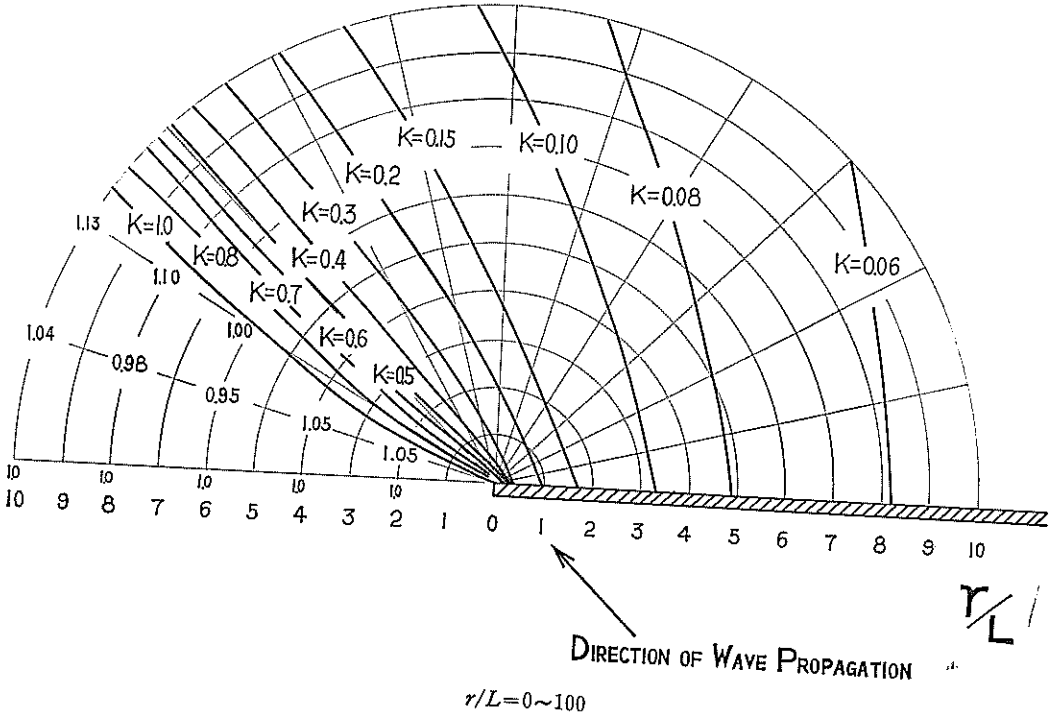


図-11 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water

(direction of wave propagation $\theta = 135^\circ$)

$r/L = 0 \sim 10$



$r/L = 0 \sim 100$

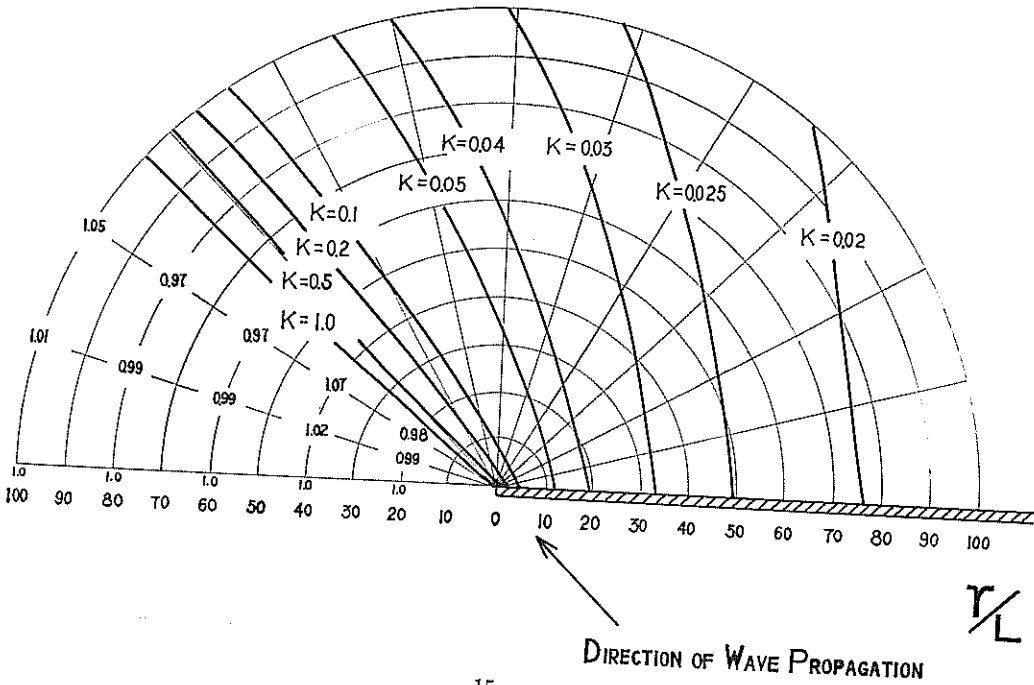
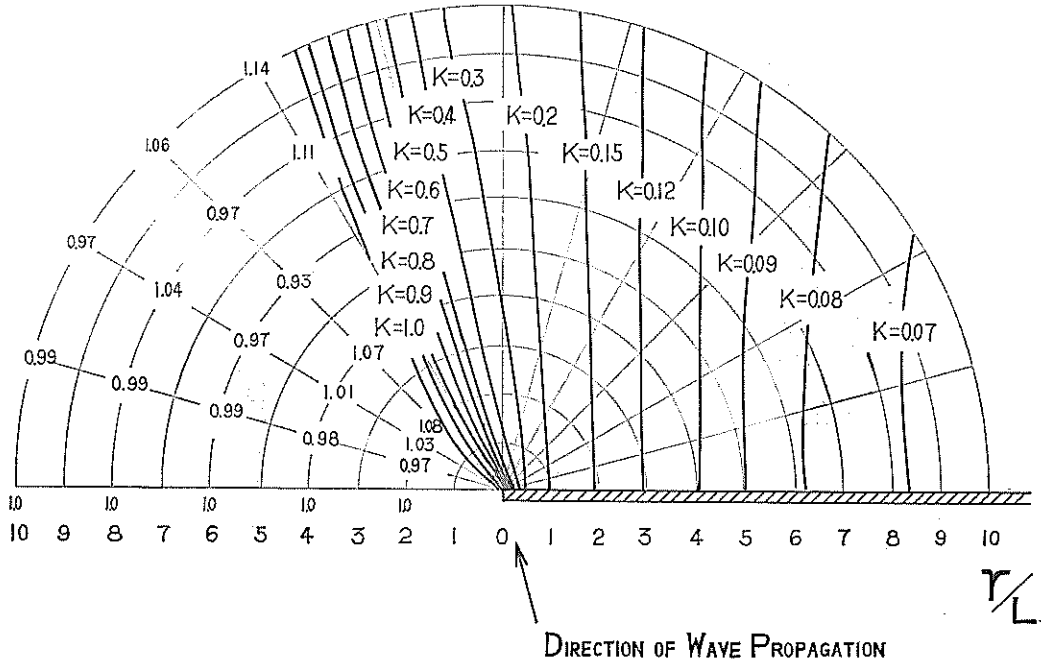


図-13 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water
(direction of wave propagation $\Theta=105^\circ$)

$r/L=0\sim 10$



$r/L=0\sim 100$

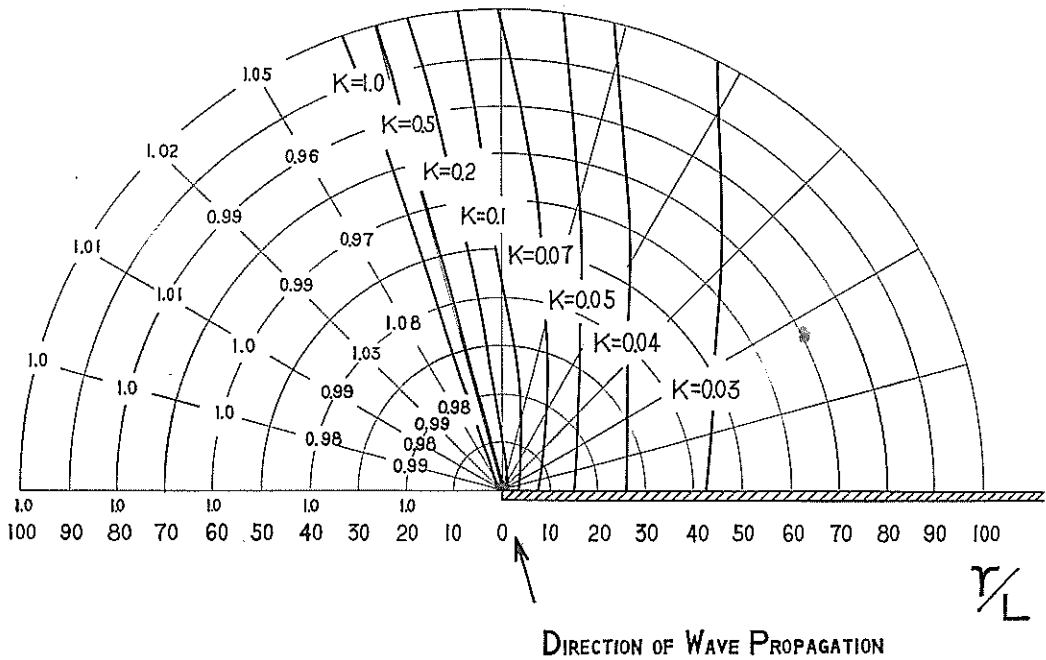
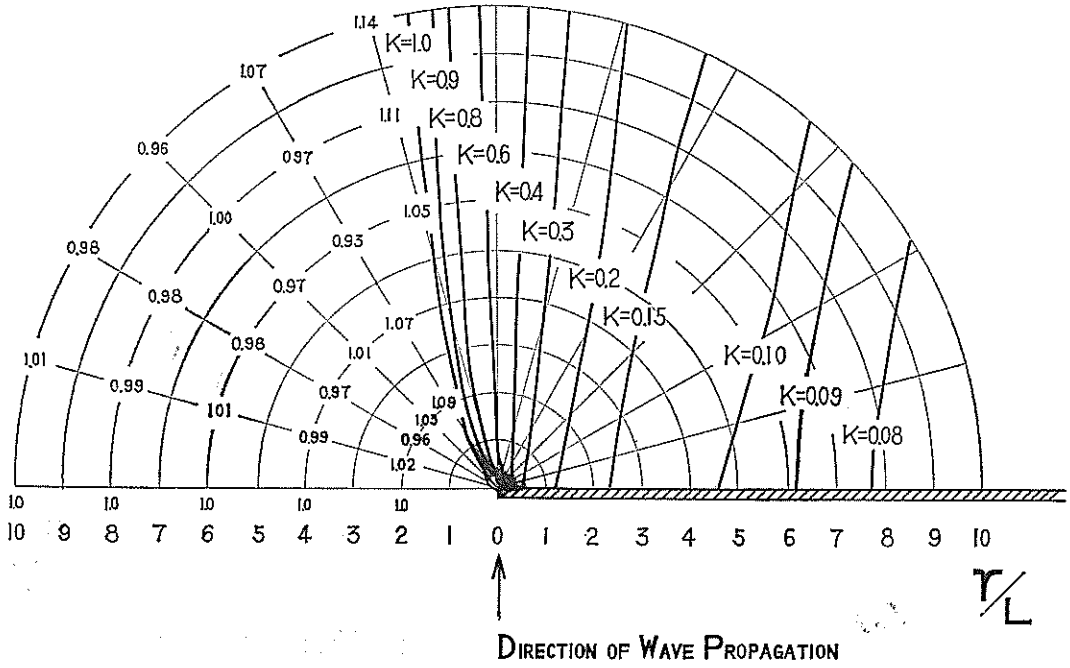


図-14 半無限防波堤による回折図

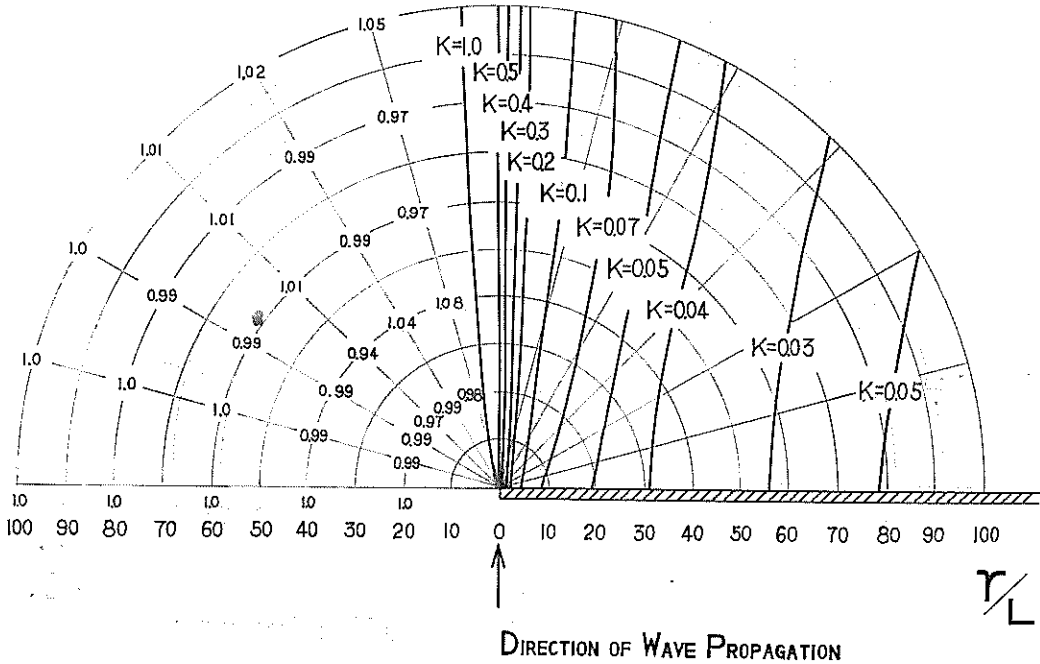
Diffraction diagram for a single break water

(direction of wave propagation $\theta=90^\circ$)

$r/L=0\sim 10$

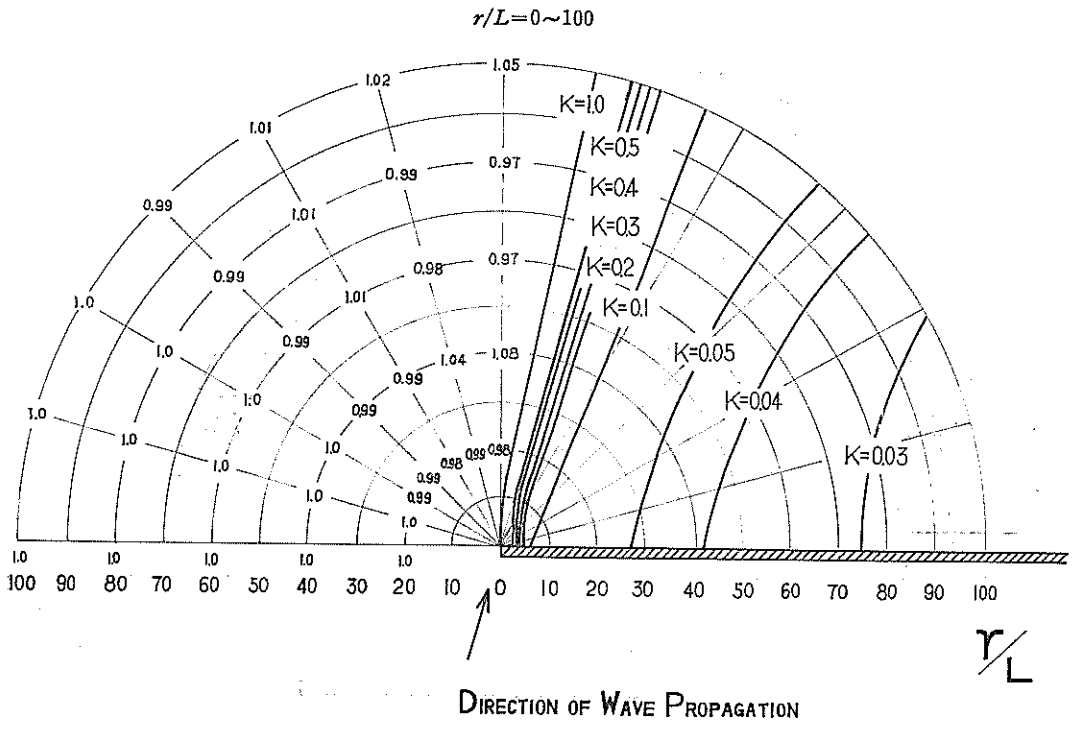
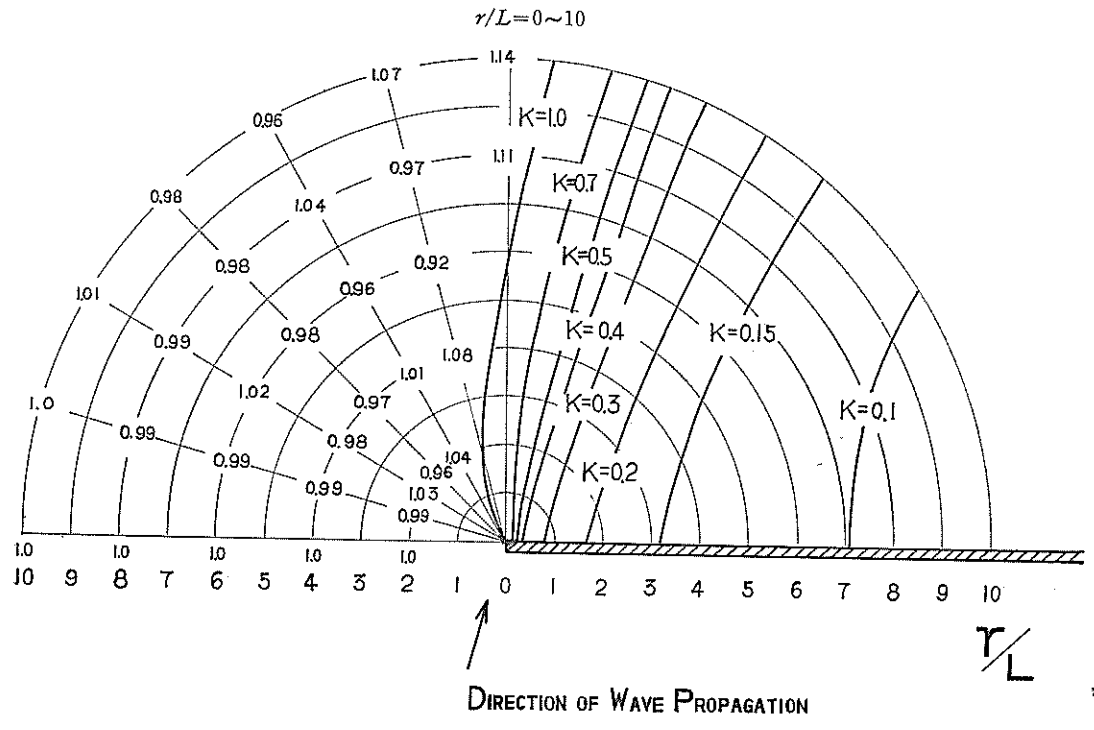


$r/L=0\sim 100$



図一五 半無限防波堤による回折図

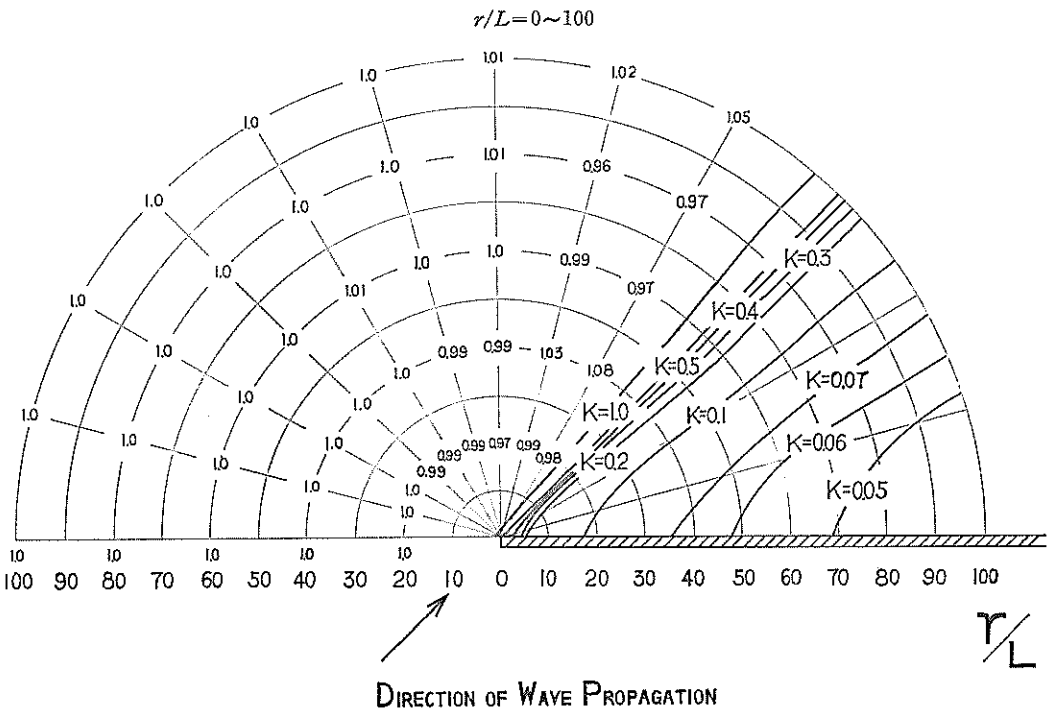
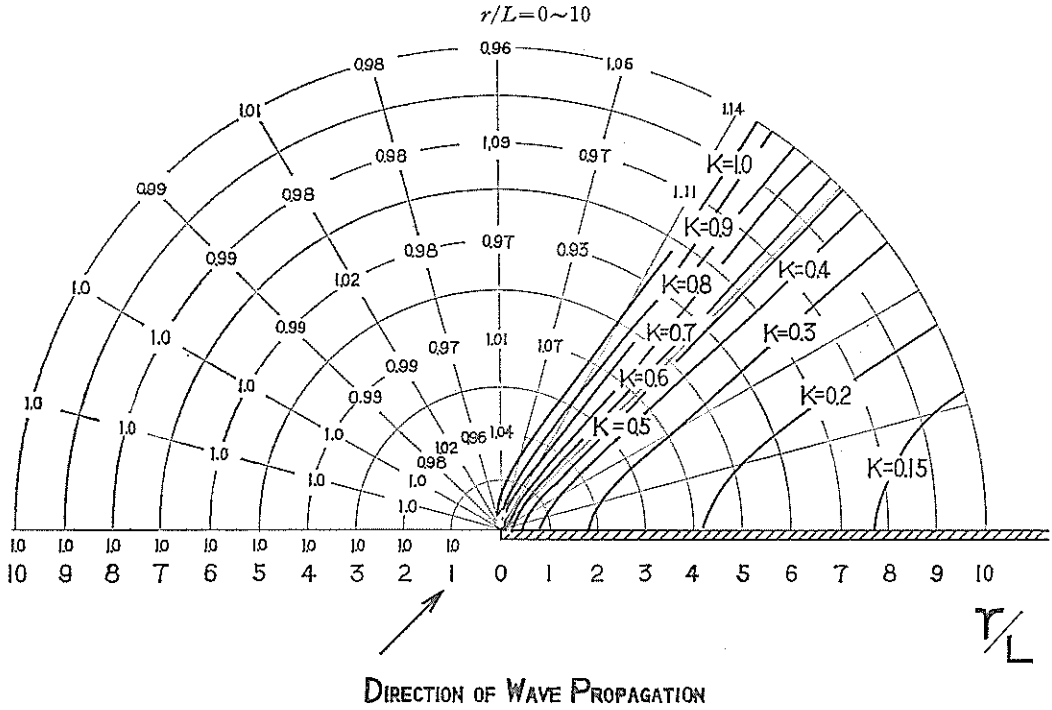
Diffraction diagram for single break water
(direction of wave propagation $\theta = 75^\circ$)



図一七 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water

(direction of wave propagation $\Theta = 45^\circ$)



図一18 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water
(direction of wave propagation $\Theta=30^\circ$)

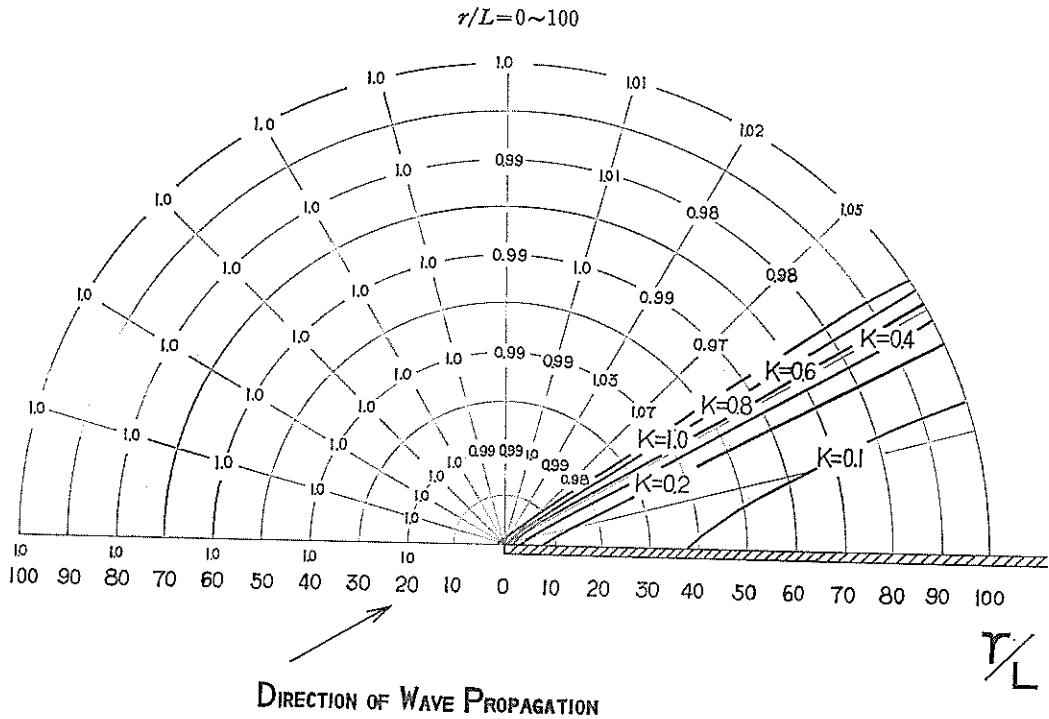
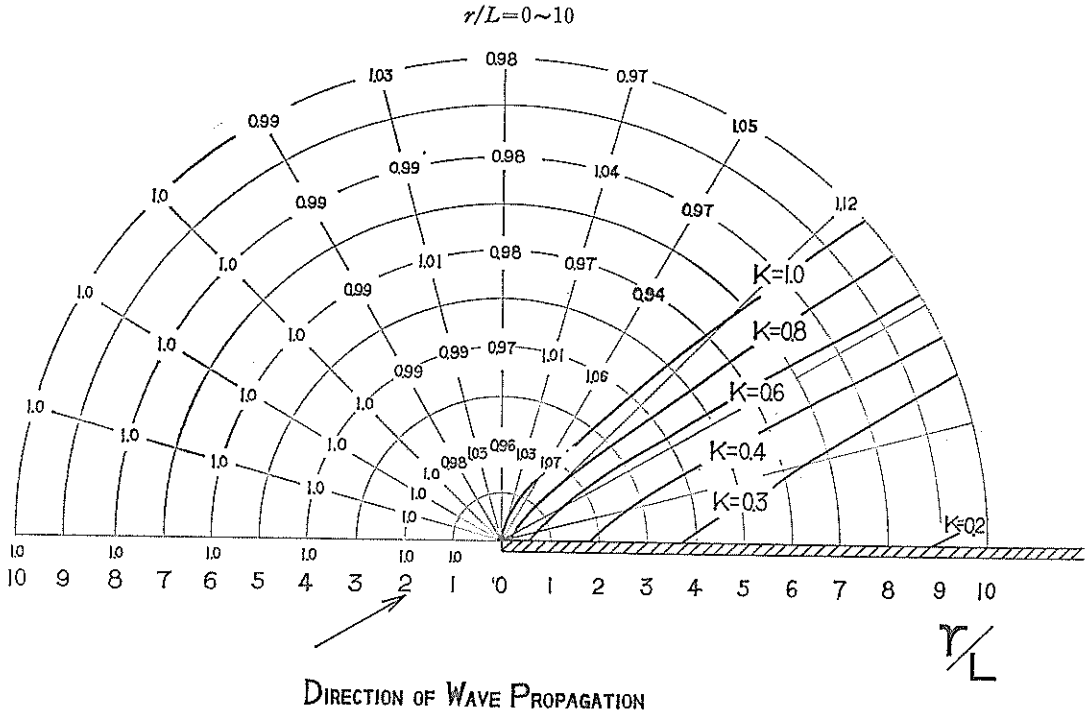
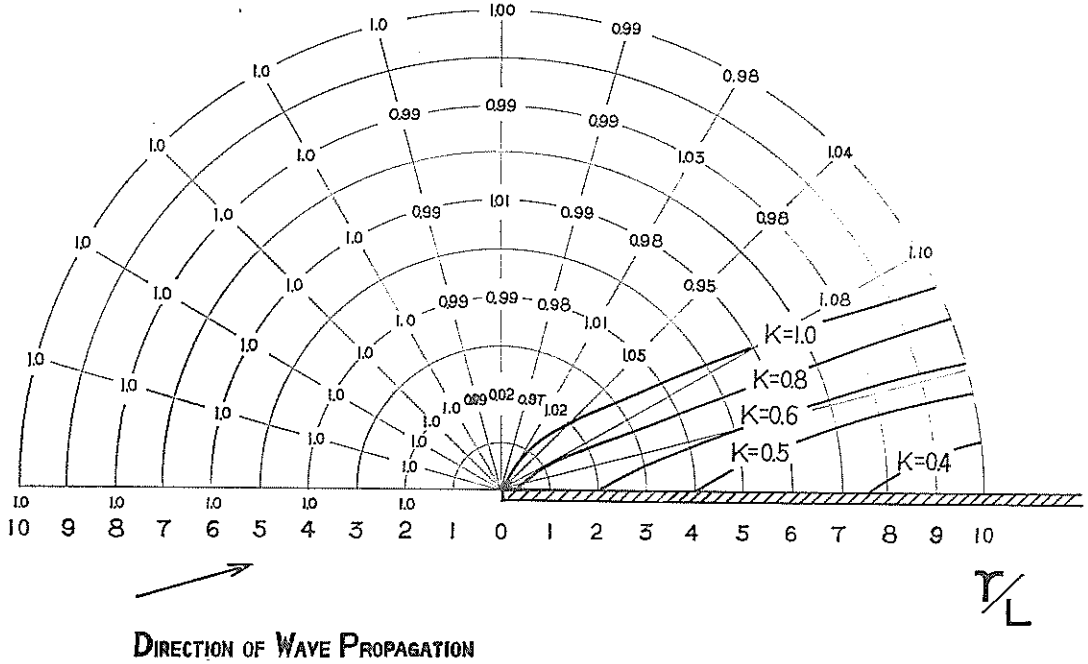


図-19 半無限防波堤による回折図

Diffraction diagram for a single break water

(direction of wave propagation $\theta = 15^\circ$)

$r/L = 0 \sim 10$



$r/L = 0 \sim 100$

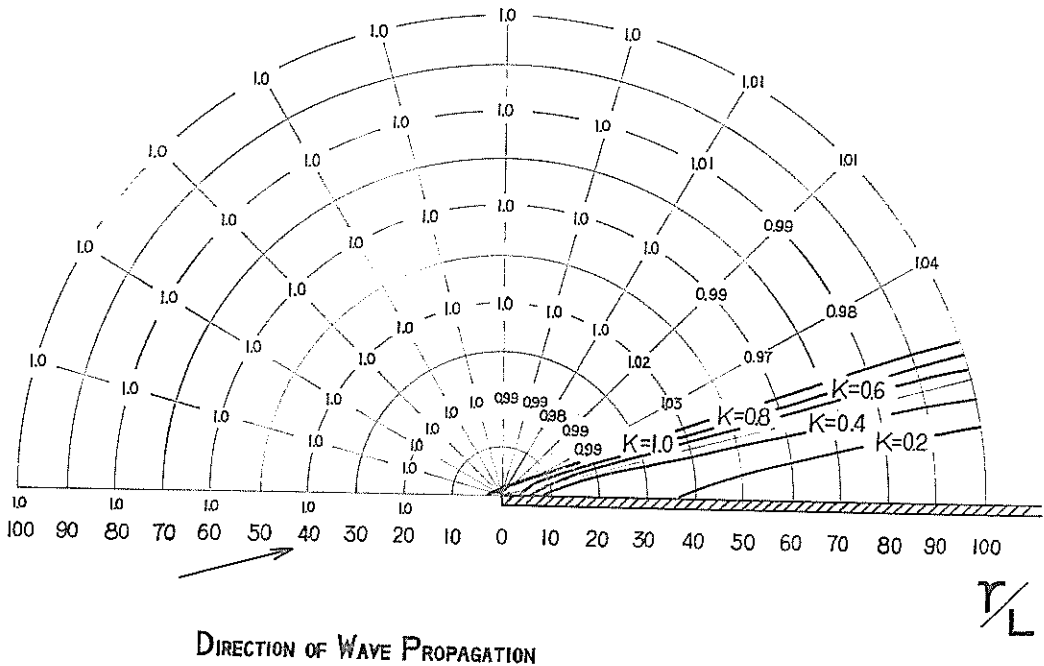


図-20 防波堤開口部からの回折図 ($\theta=90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 0.5$$

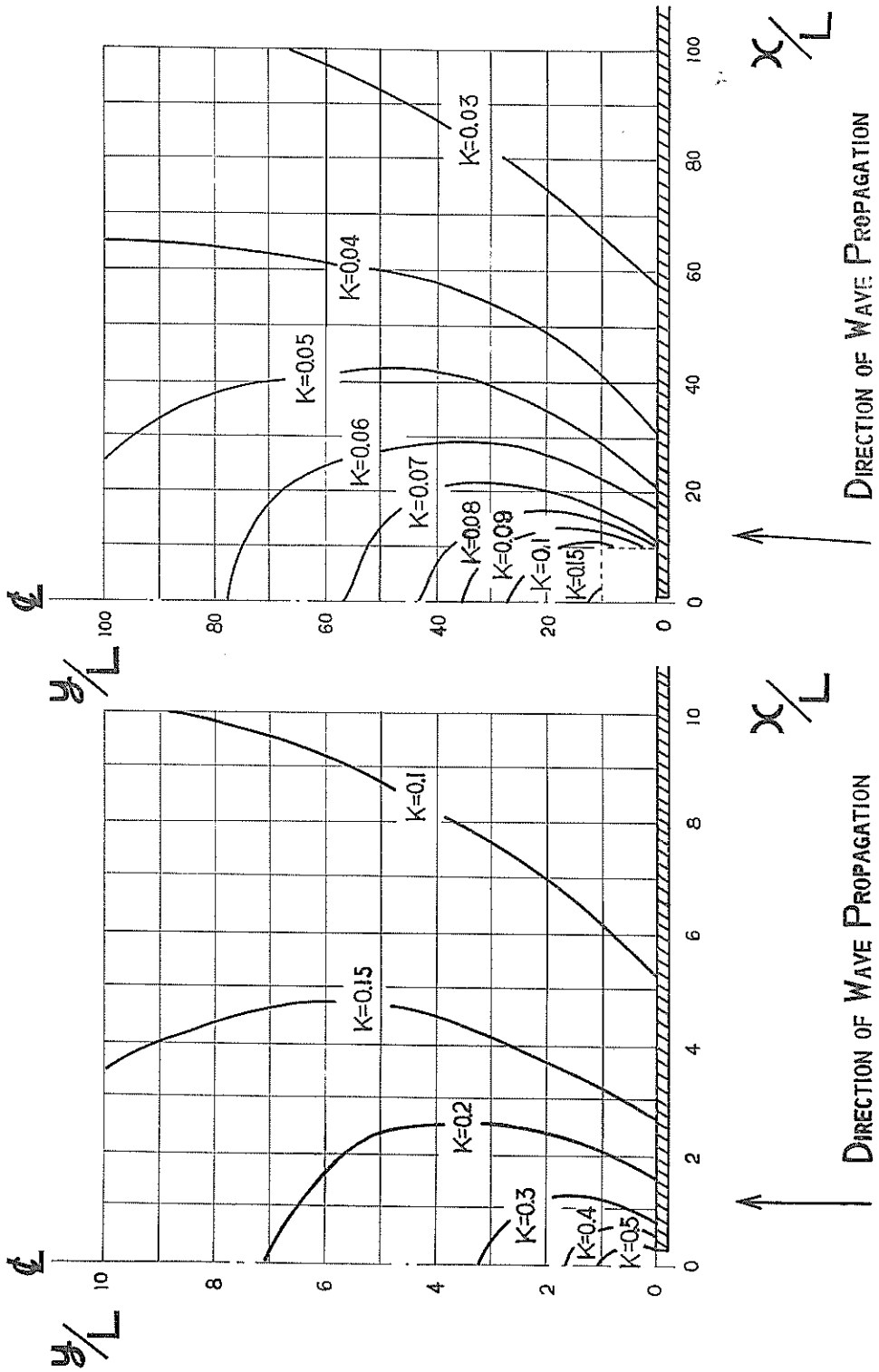


図-21 防波堤開口部からの回折図 ($\theta=90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 0.6$$

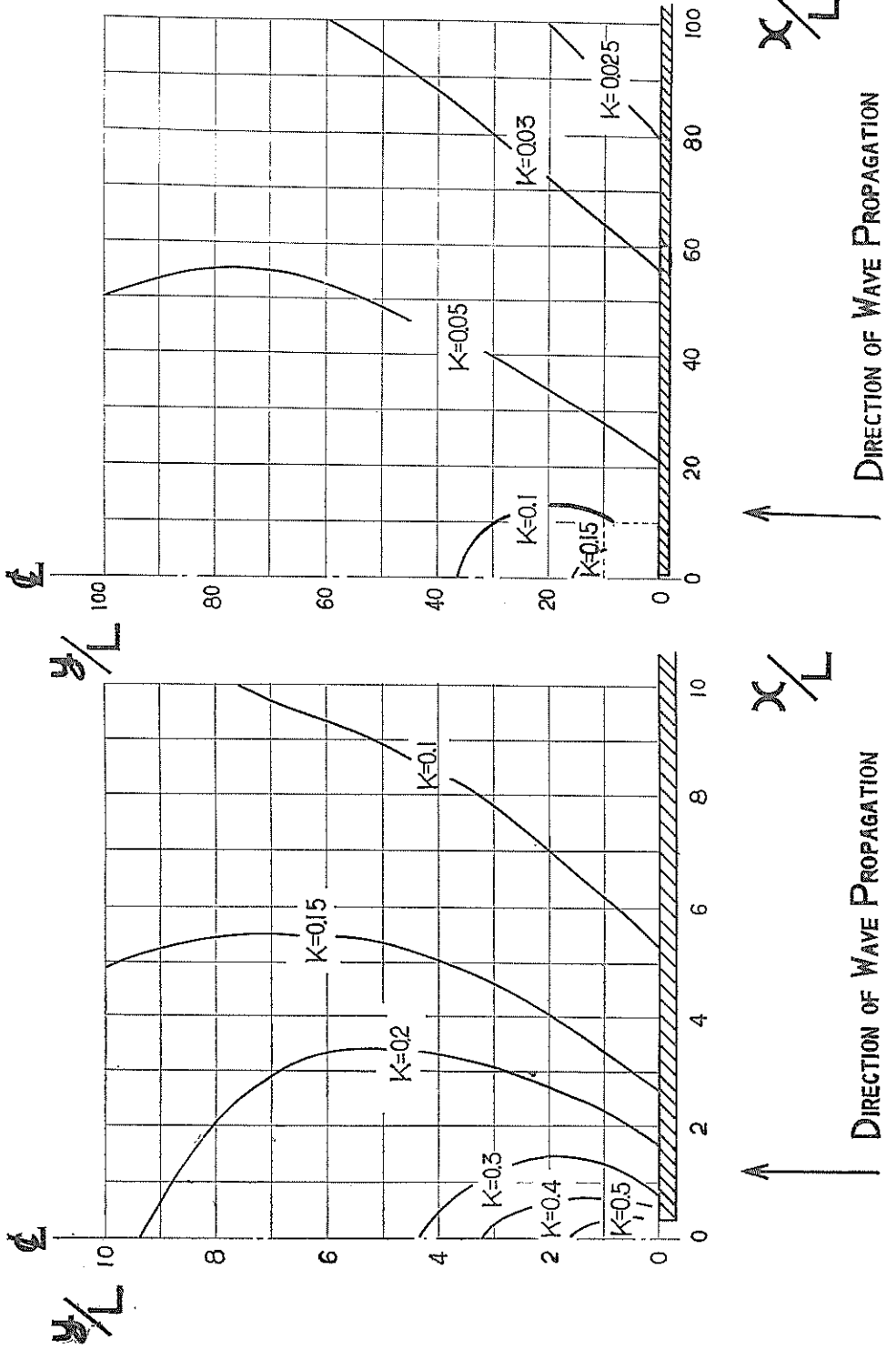


図-22 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 0.8$$

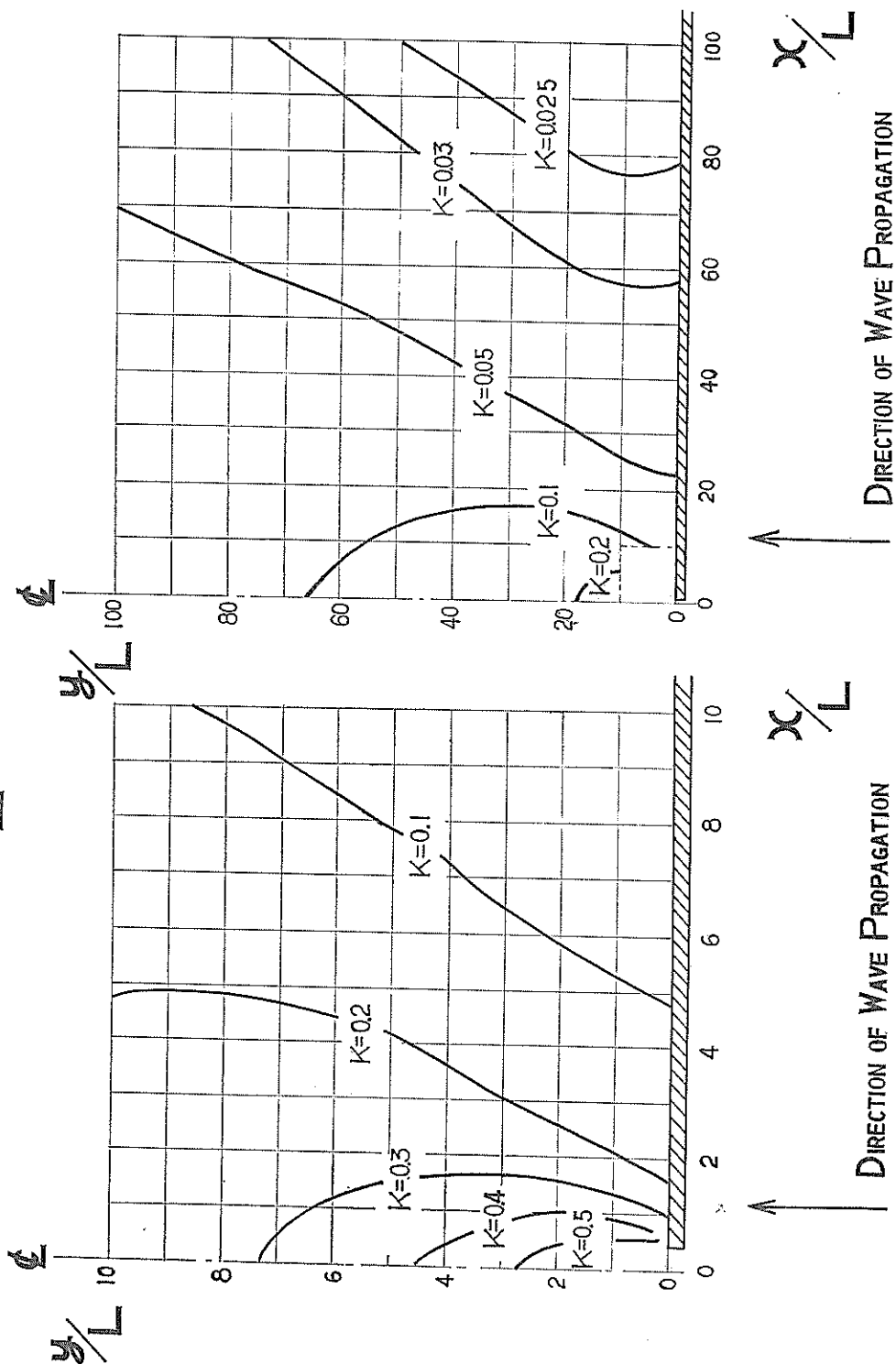


図-23 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1$$

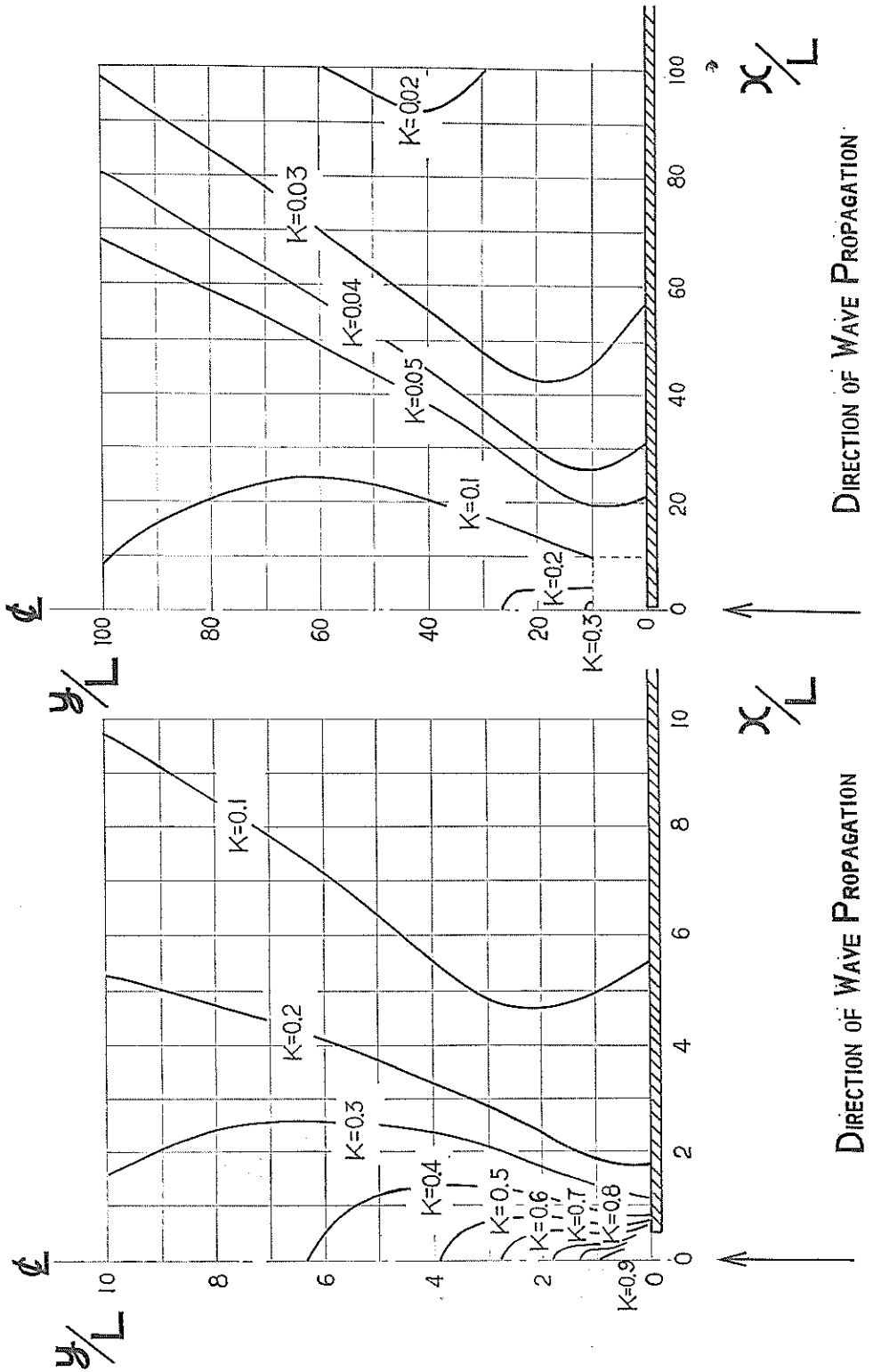


図-24 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1.4$$

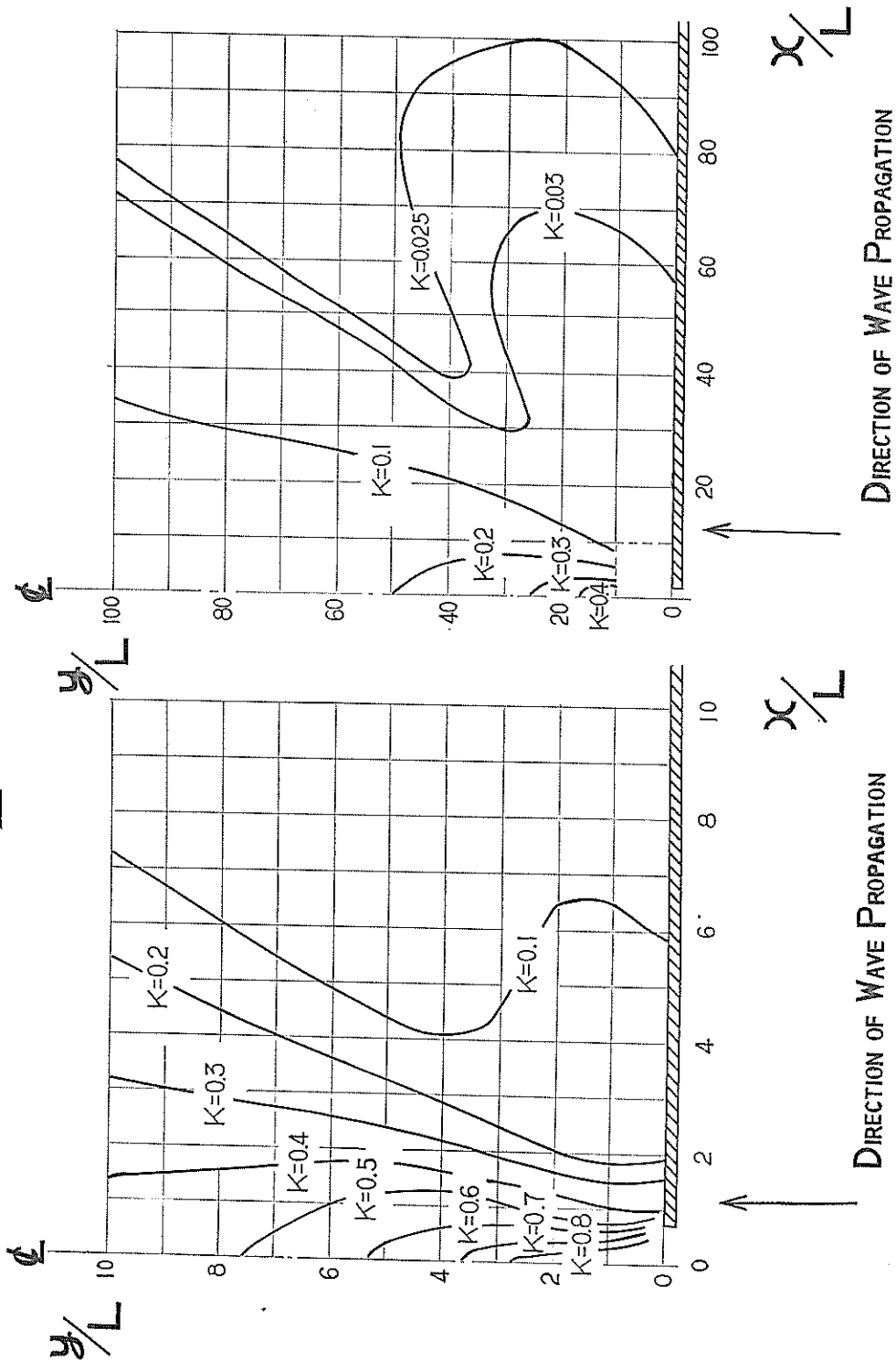


図-25 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1.2$$

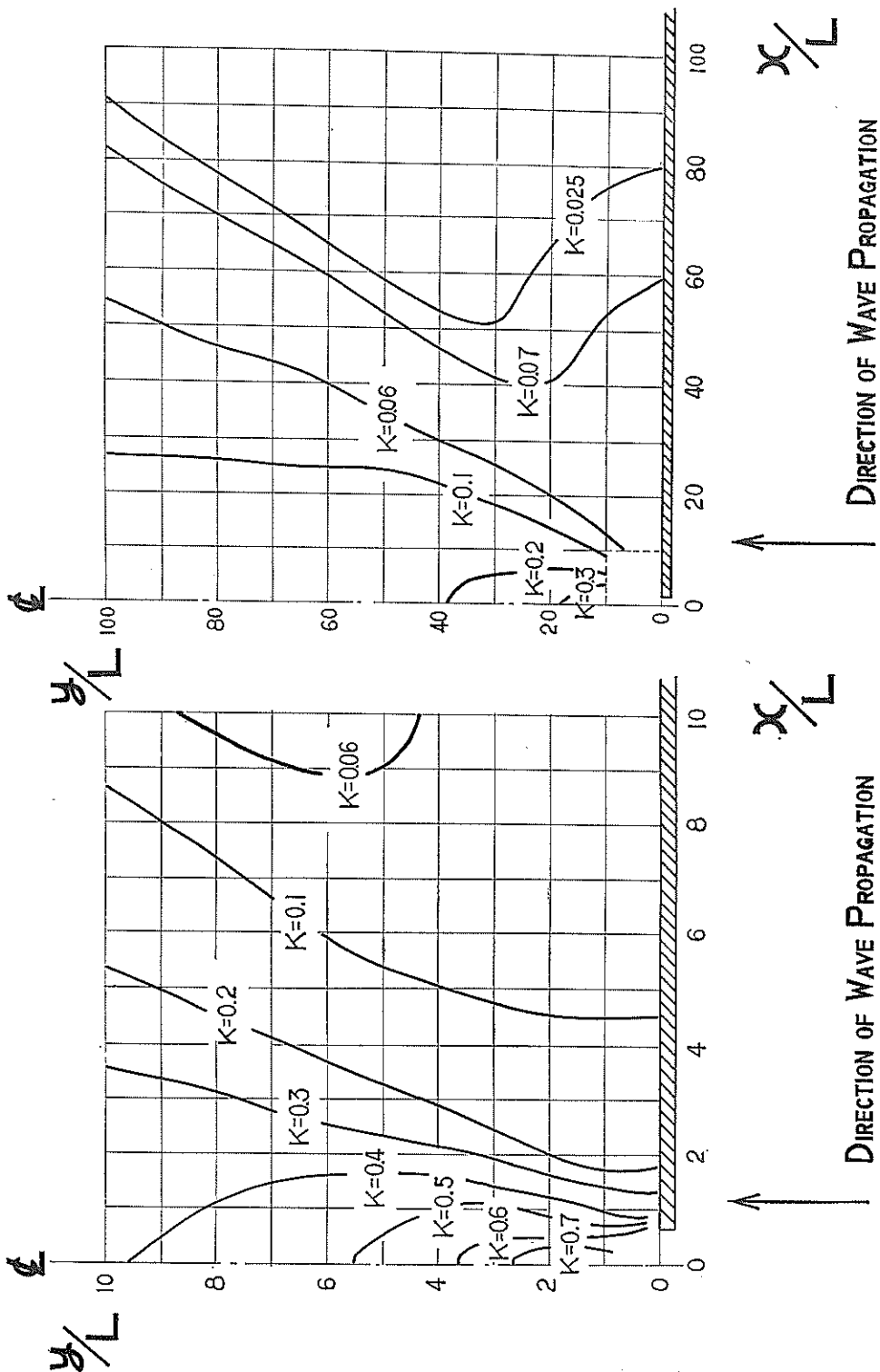


図-26 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1.6$$

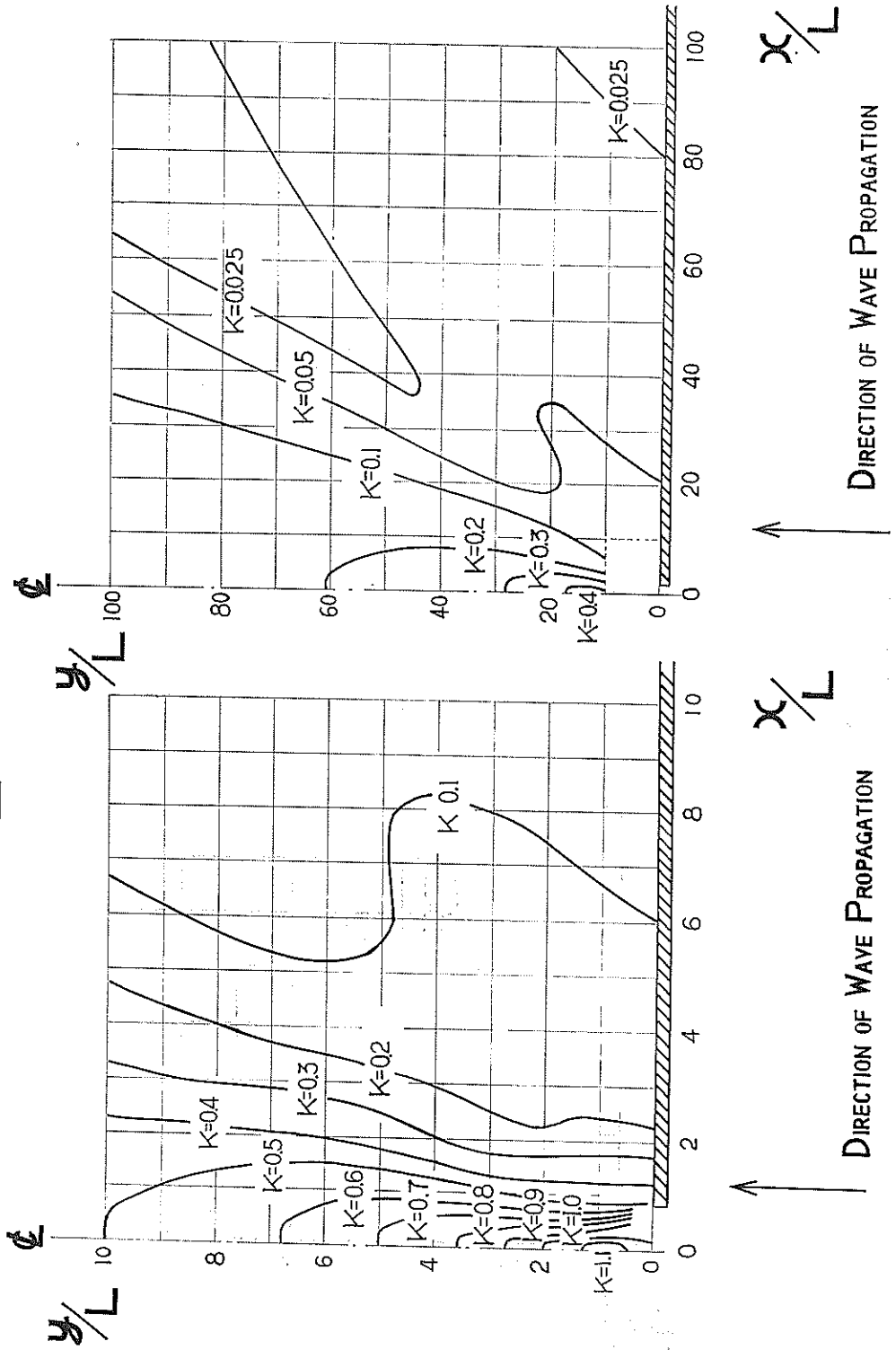


図-27 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1.8$$

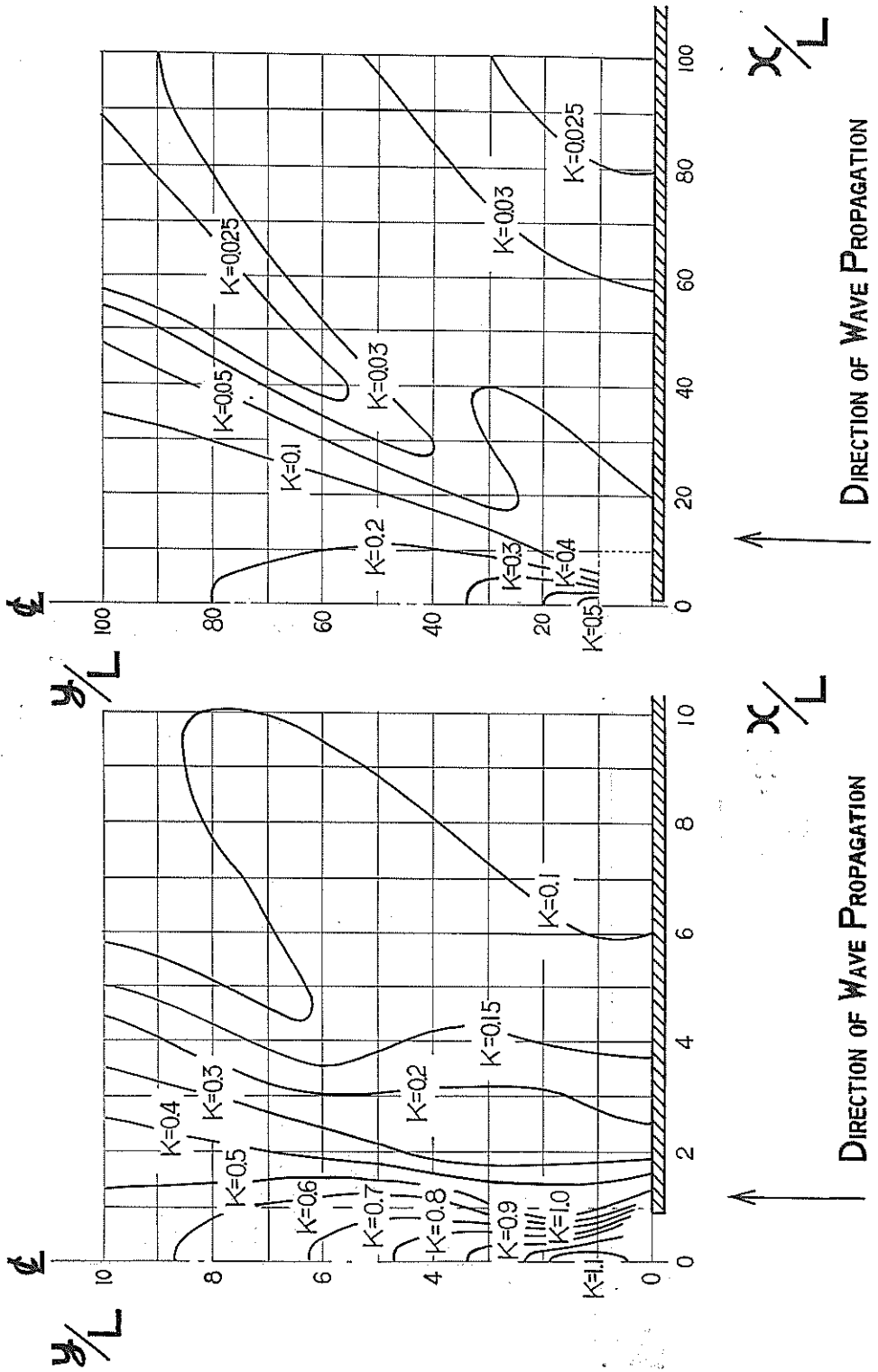


図-28 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 2$$

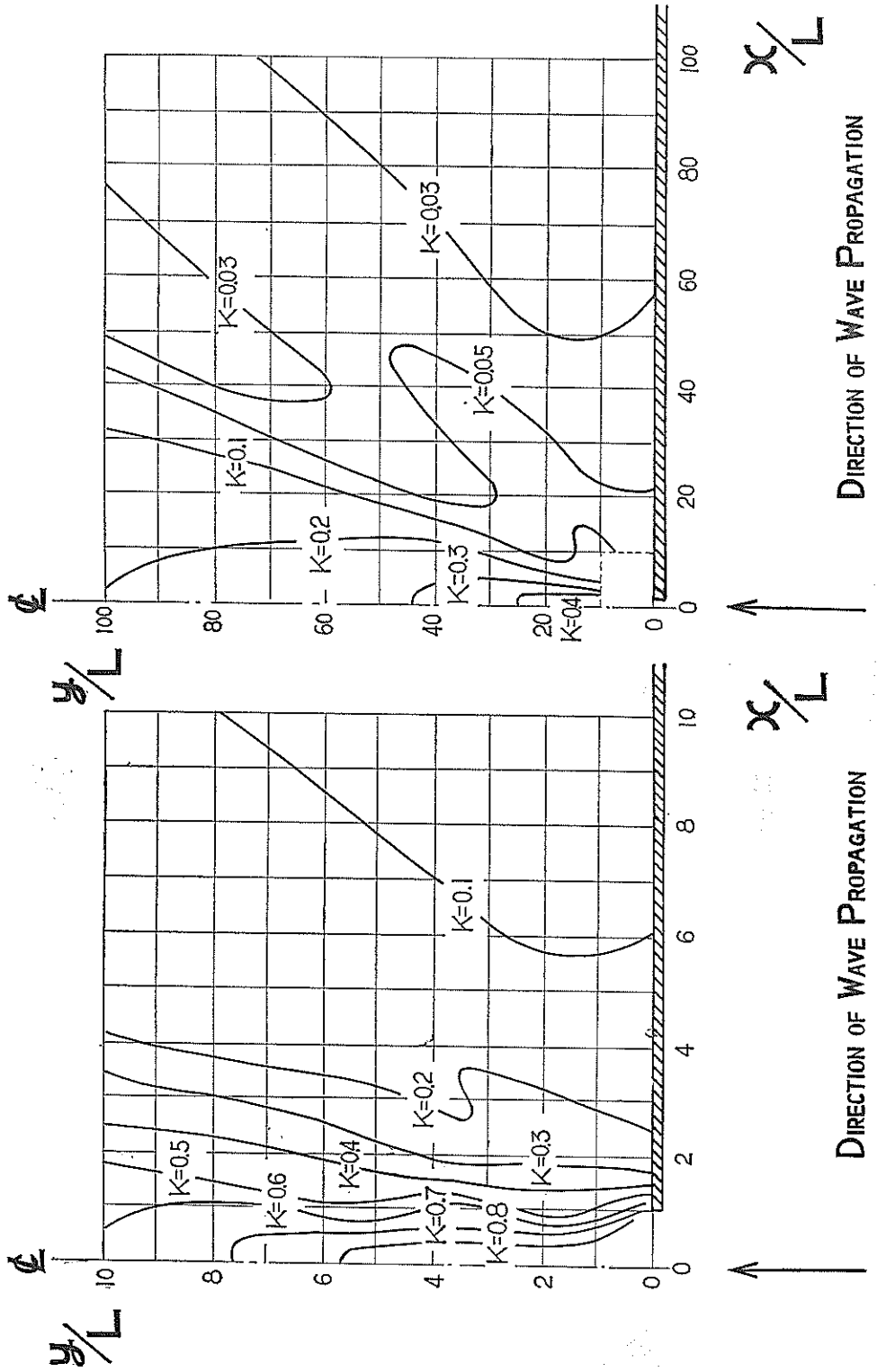


図-29 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 2.2$$

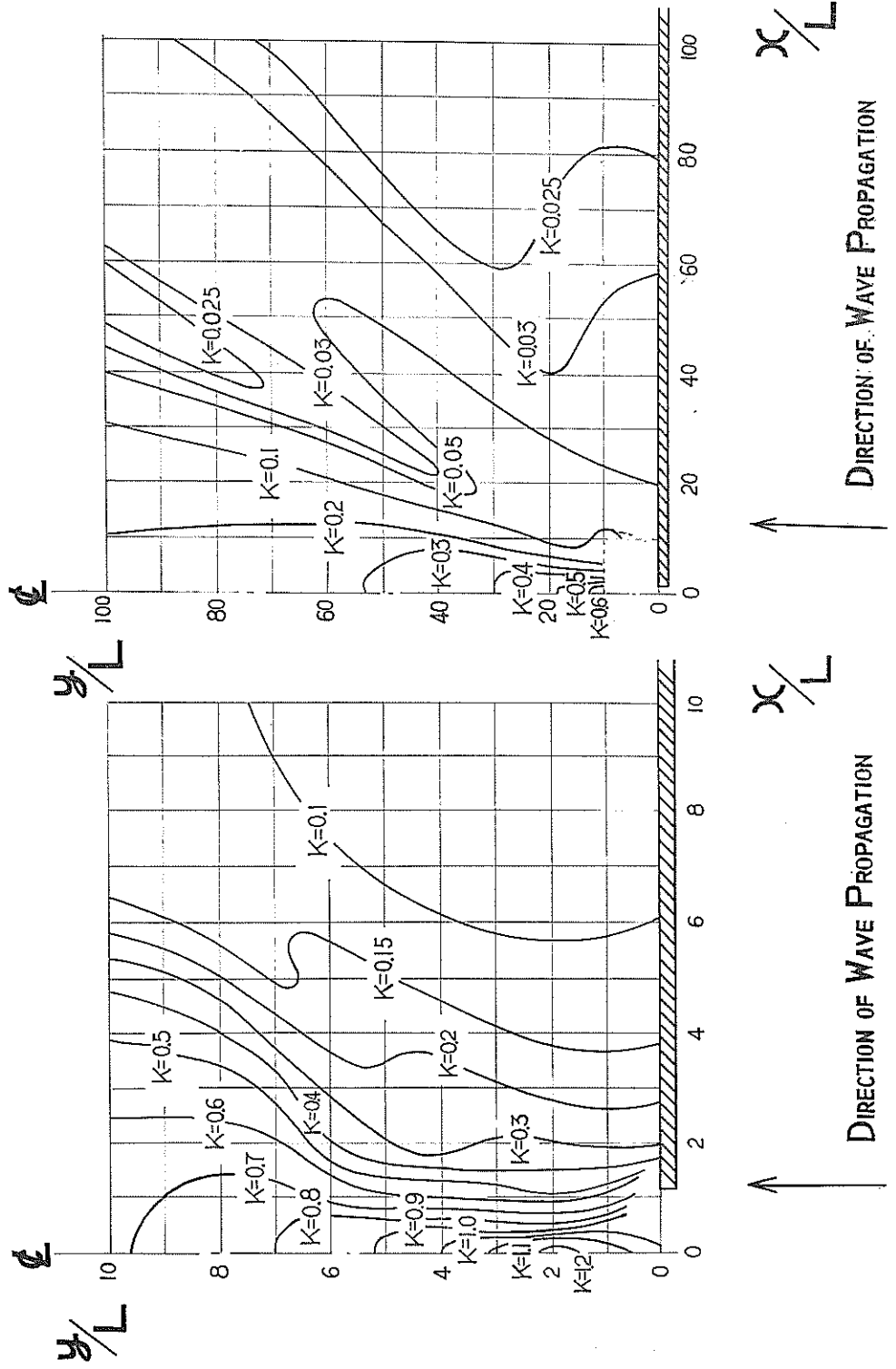
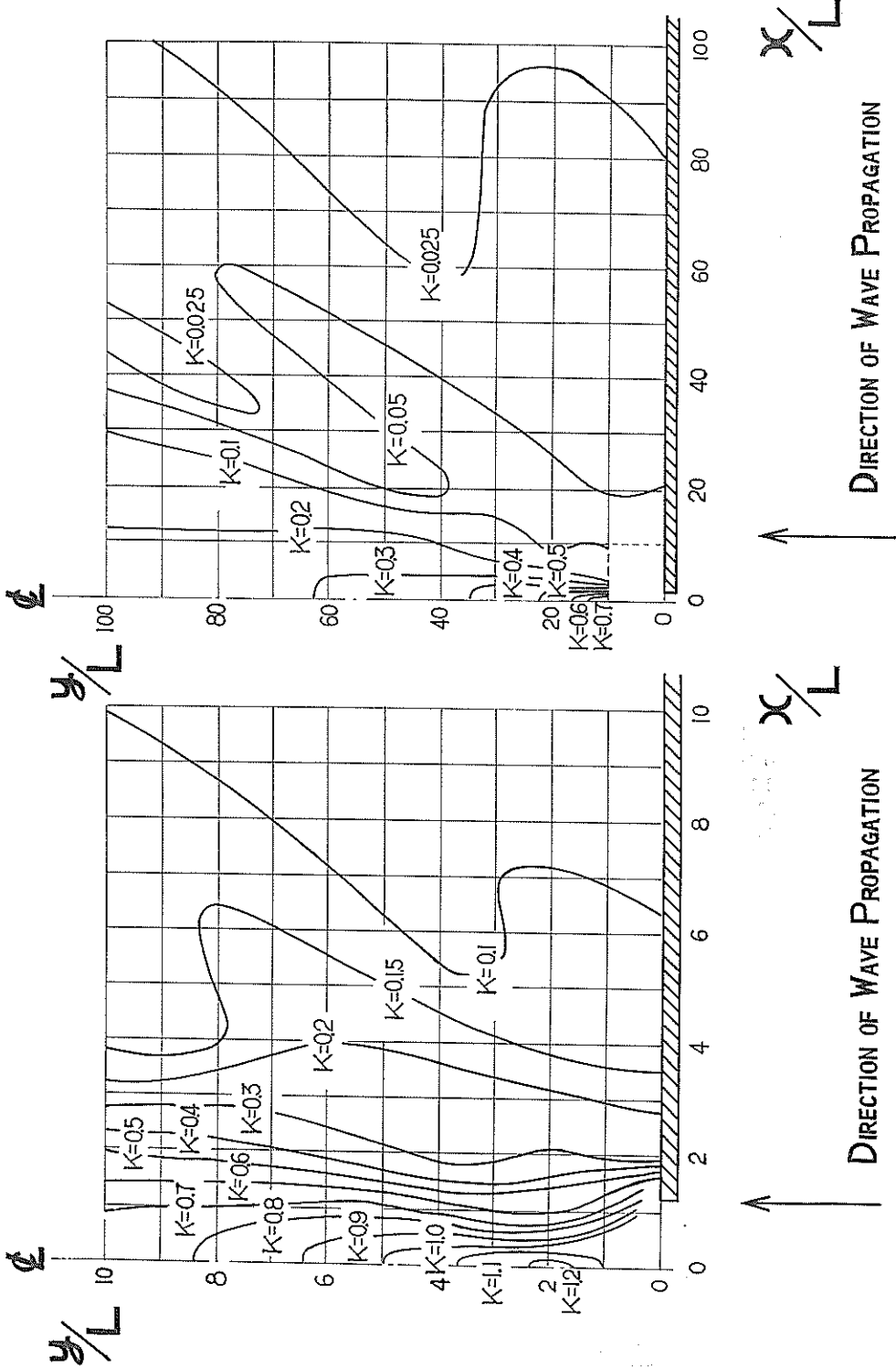


図-30 防波堤開口部からの回折図 ($\theta=90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

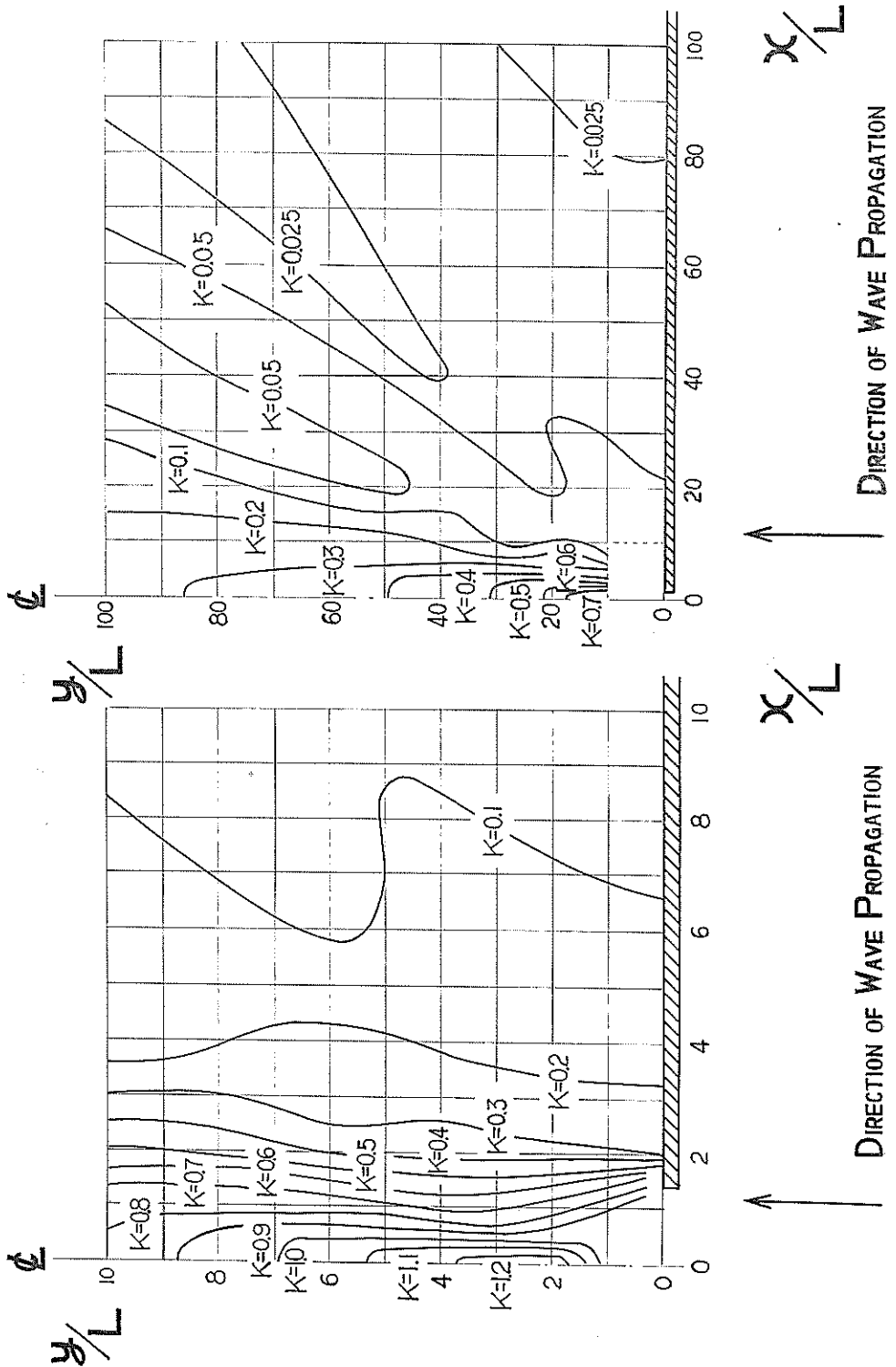
$$\frac{B}{L} = 2.4$$



図一32 防波堤開口部からの回折図 ($\theta=90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 2.8$$



図—33 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 5$$

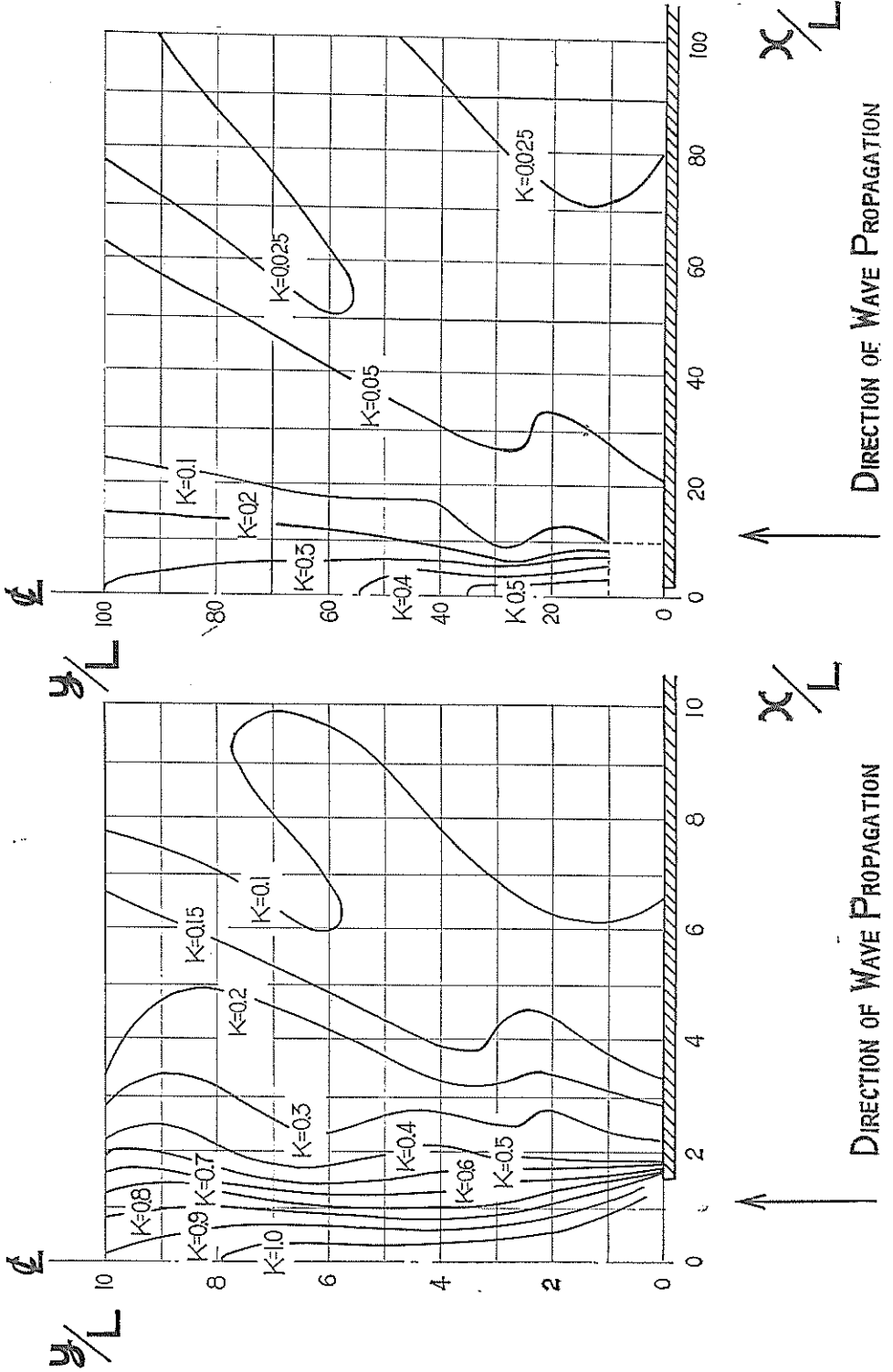


図-34 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 3.5$$

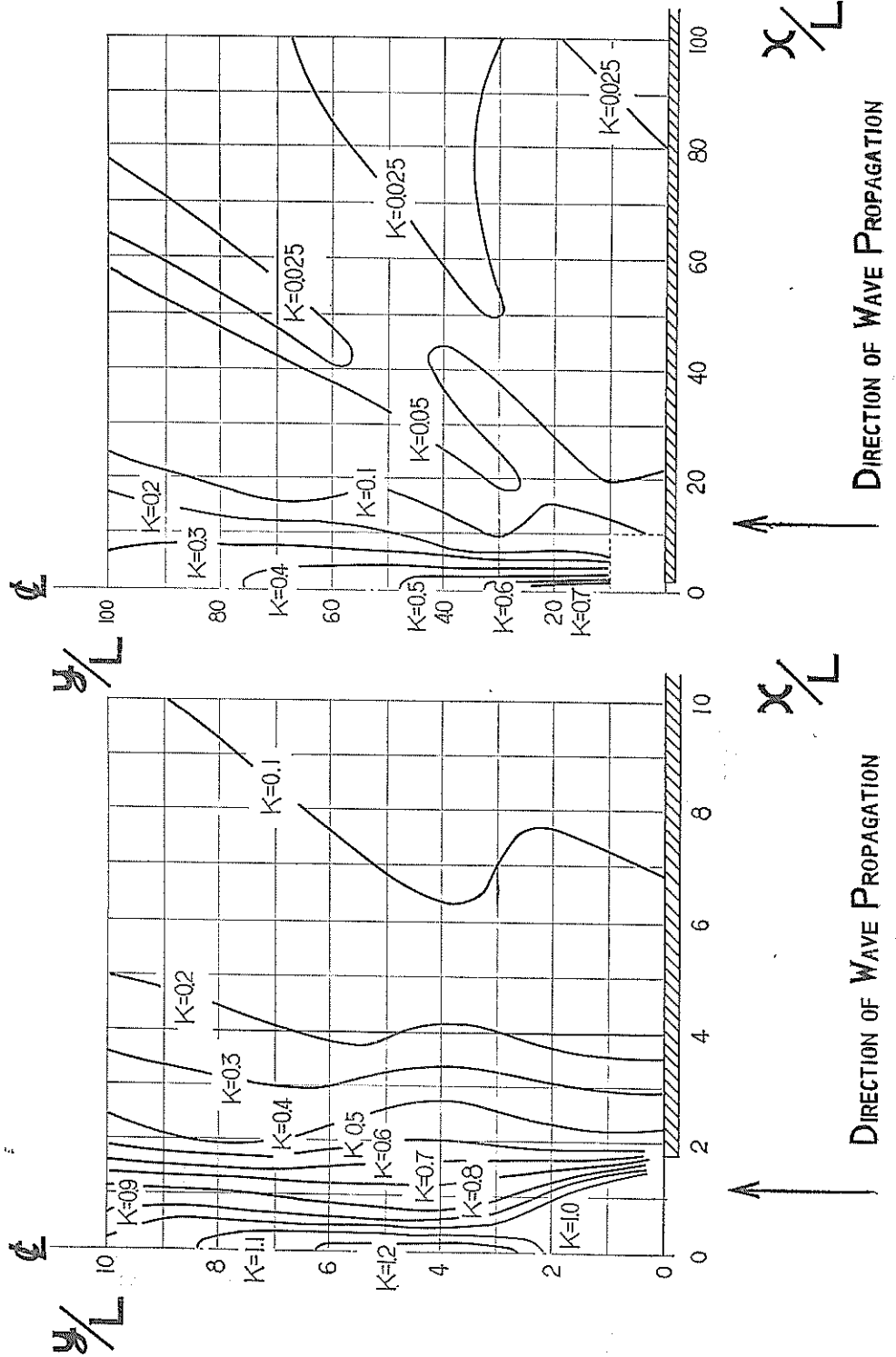


図-35 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 4$$

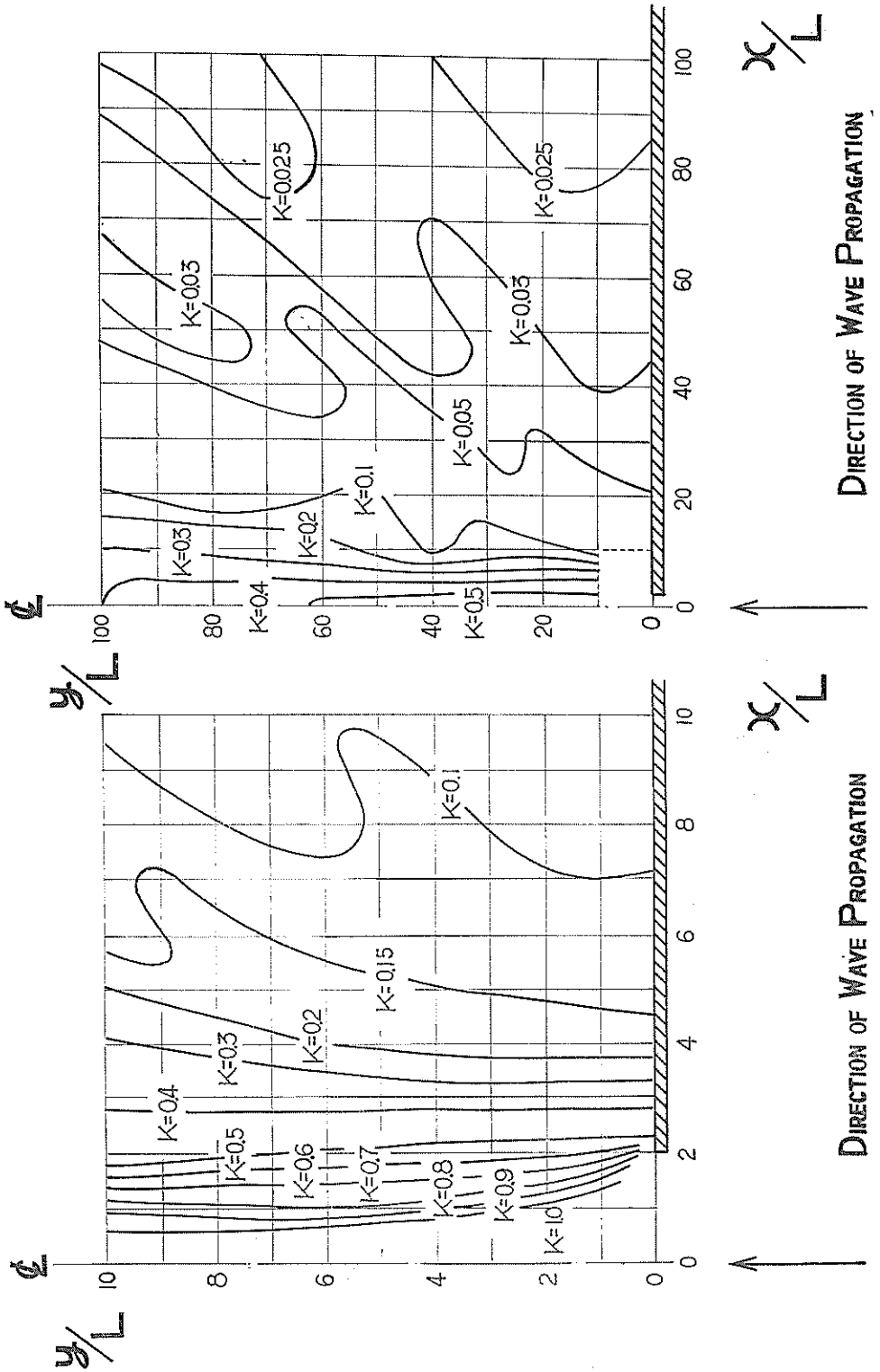


図-36 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 4.5$$

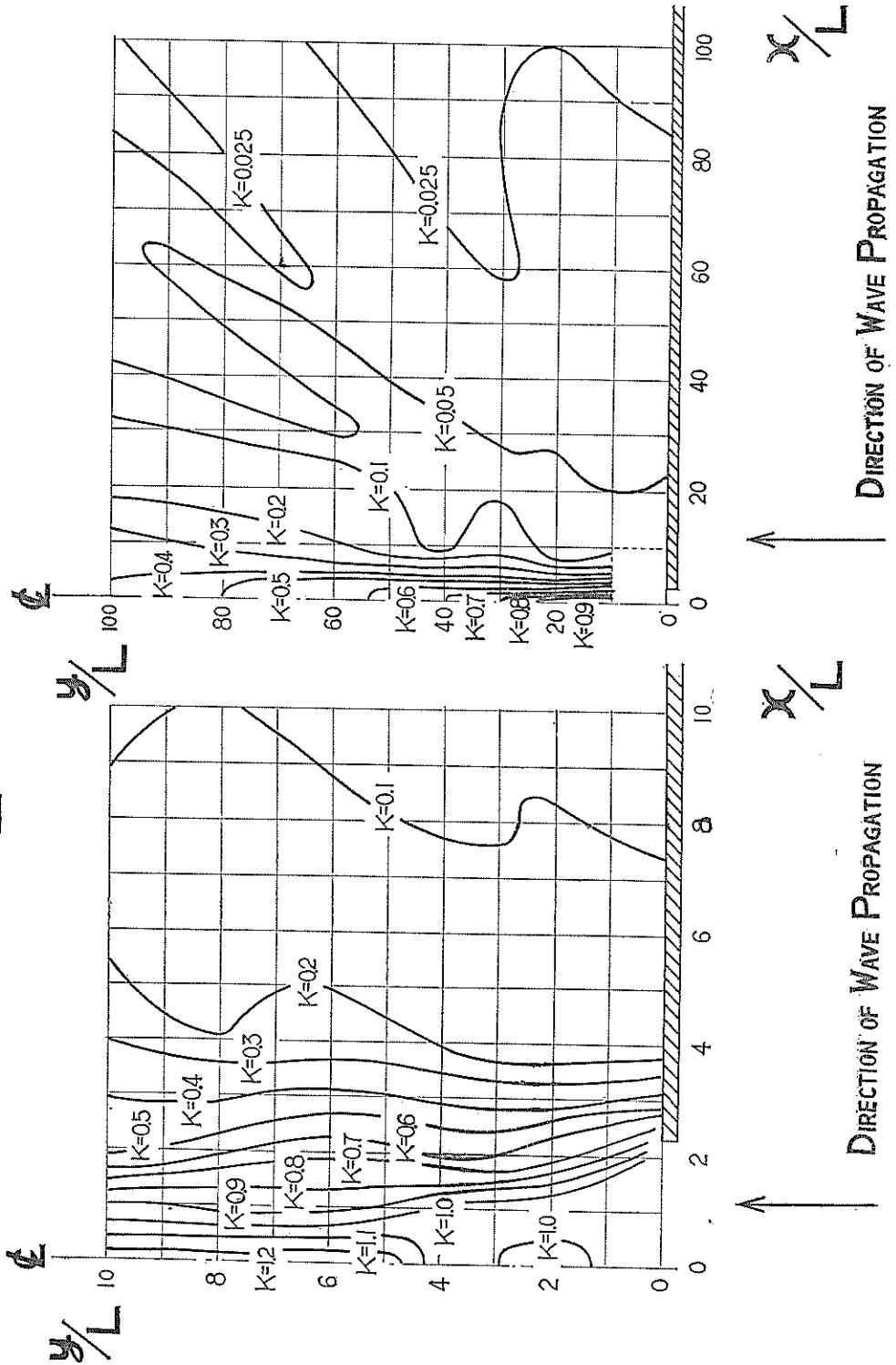


図-37 防波堤開口部かゝの回折図 ($\theta = 90^\circ$)
 Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 5$$

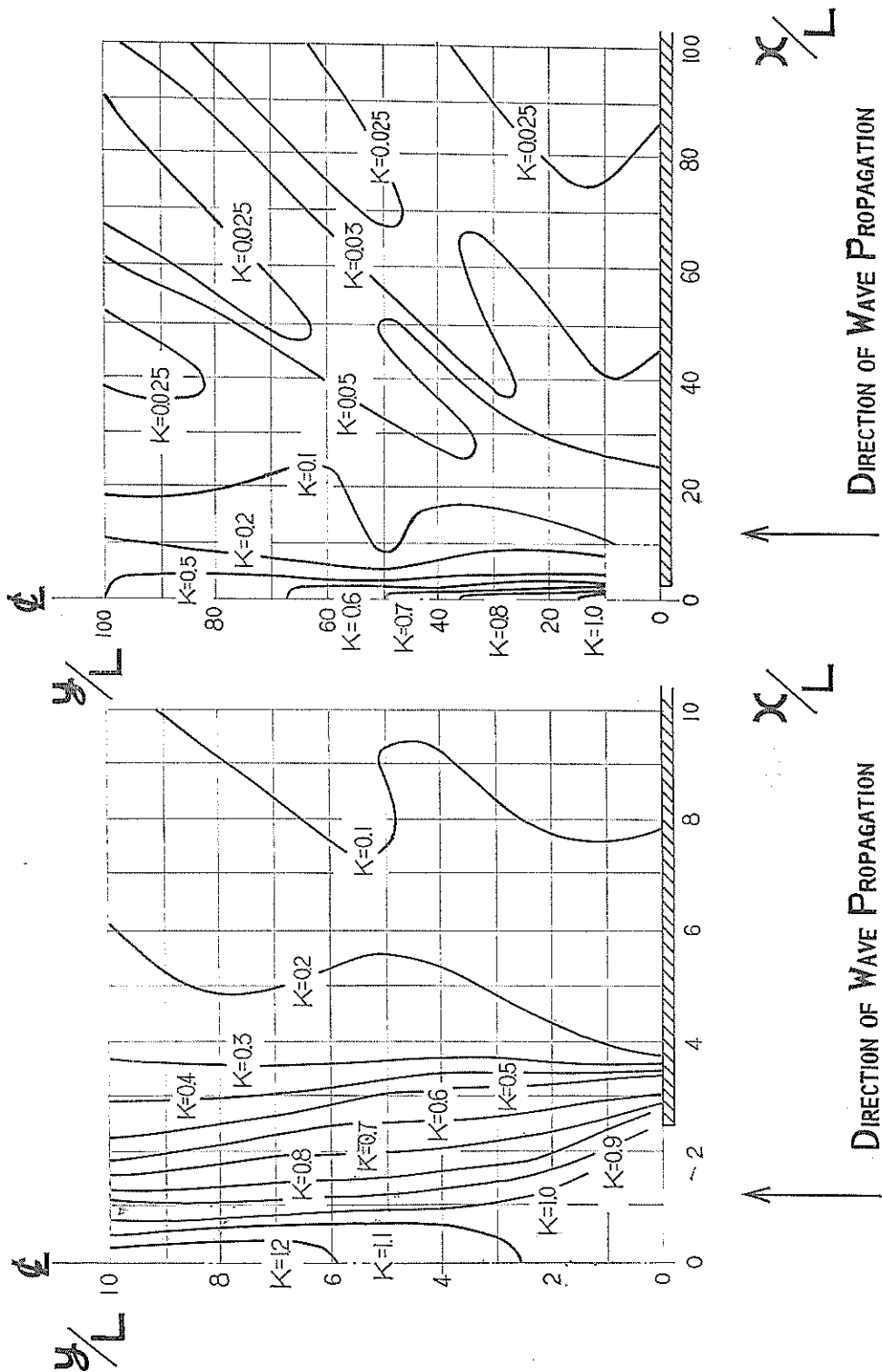
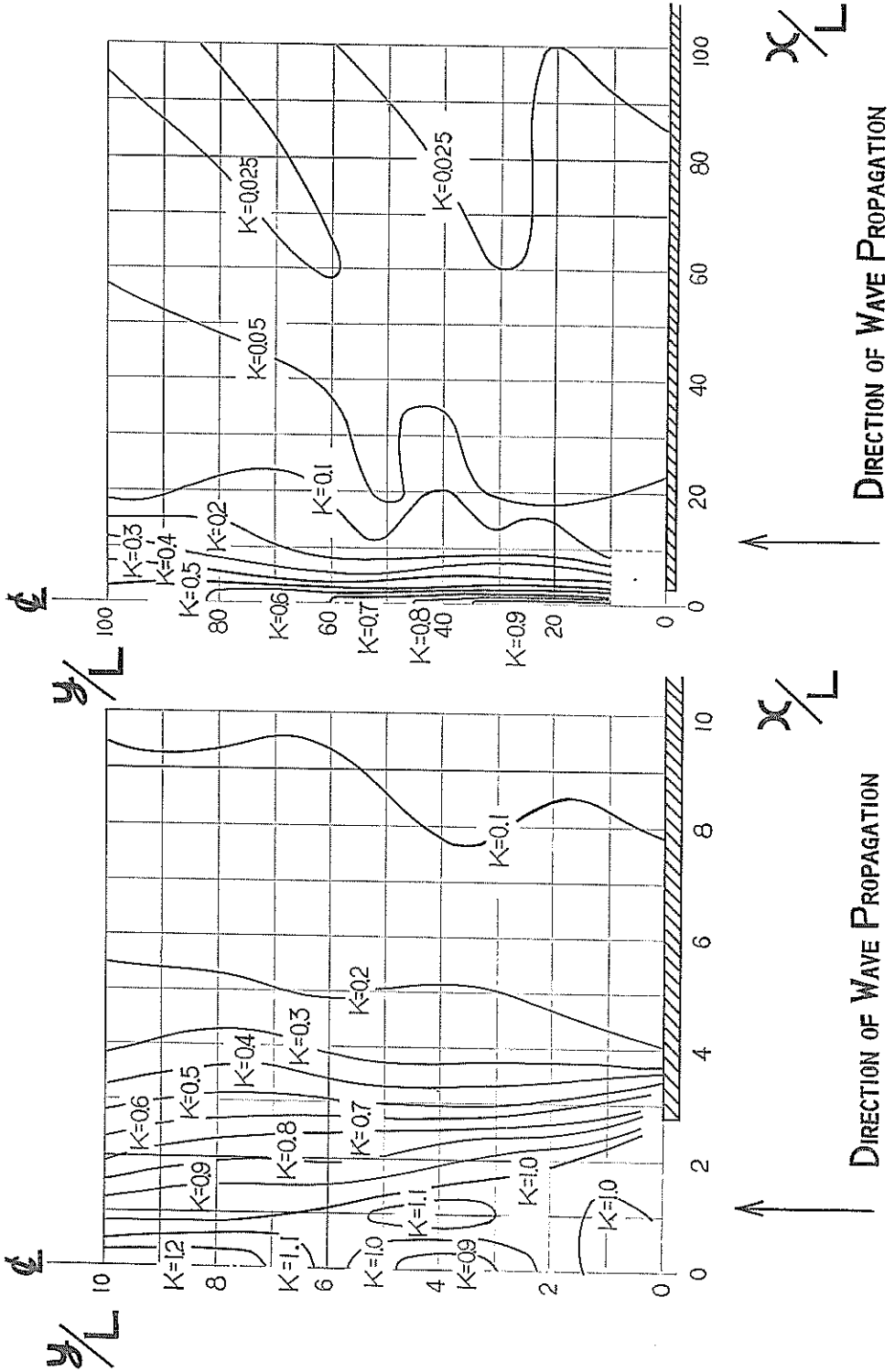


図-38 防波堤開口部かゝの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

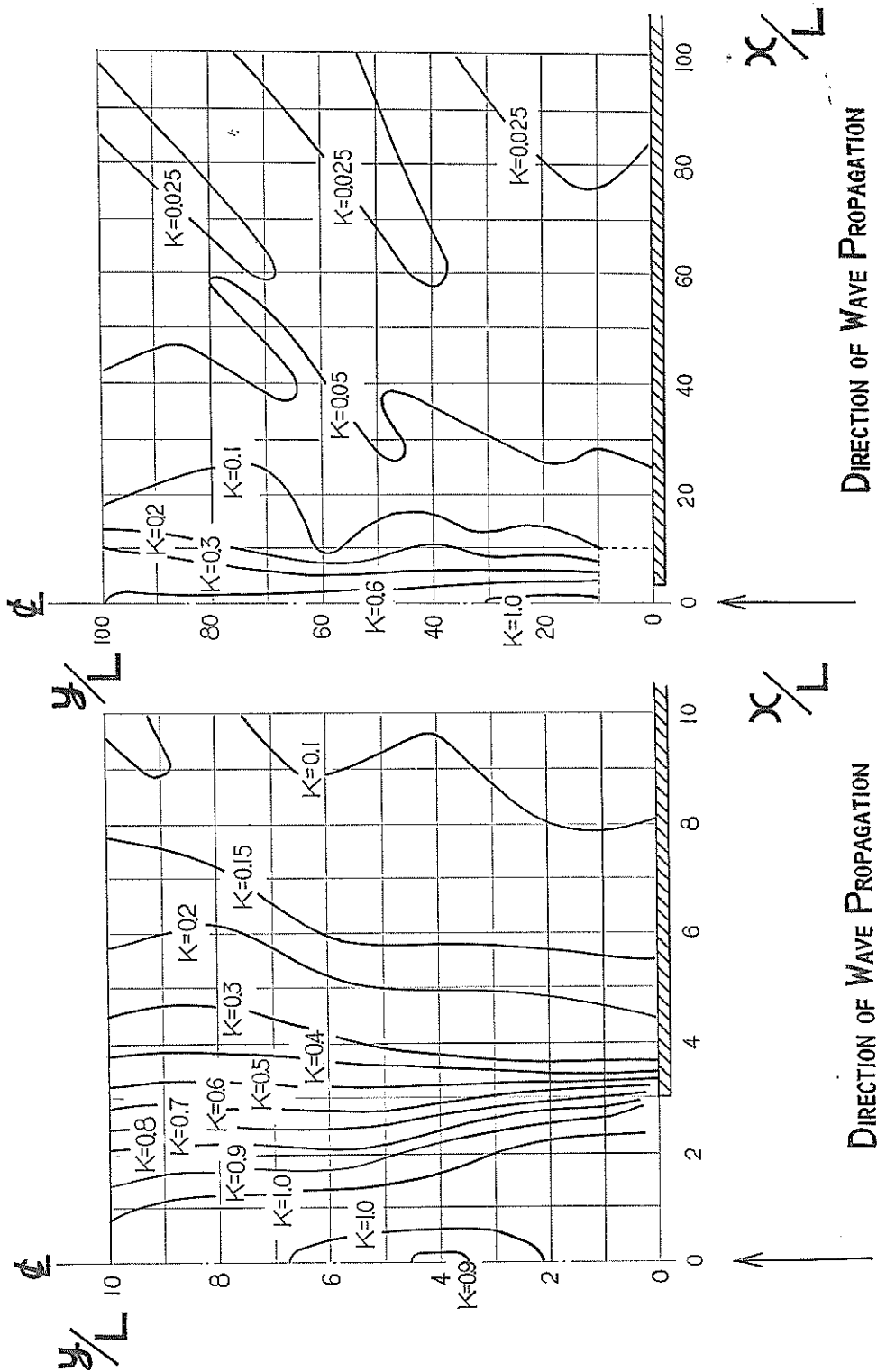
$$\frac{B}{L} = 5.5$$



図—39 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

Diffraction diagram for a break water gap

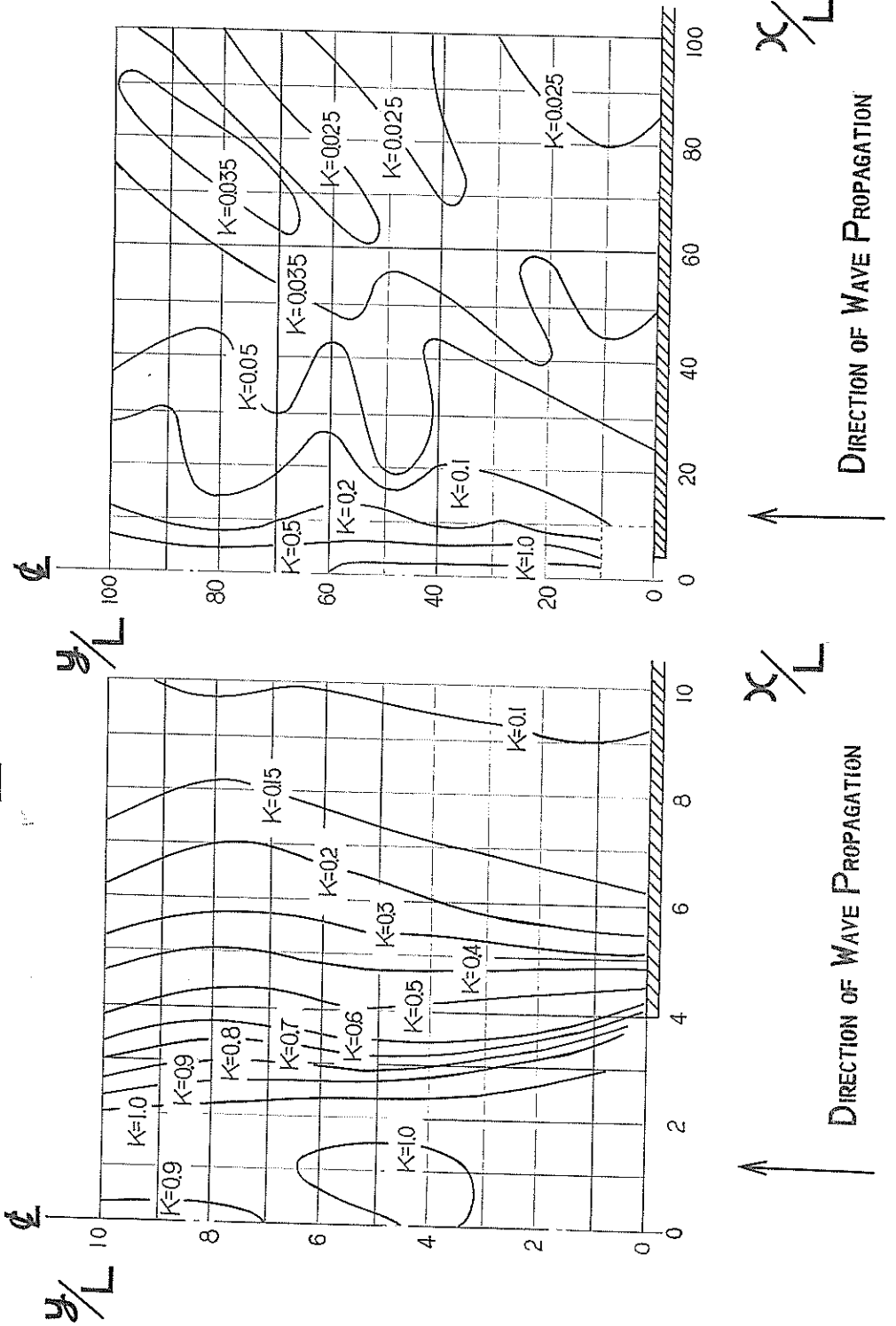
$$\frac{B}{L} = 6$$



図一40 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)

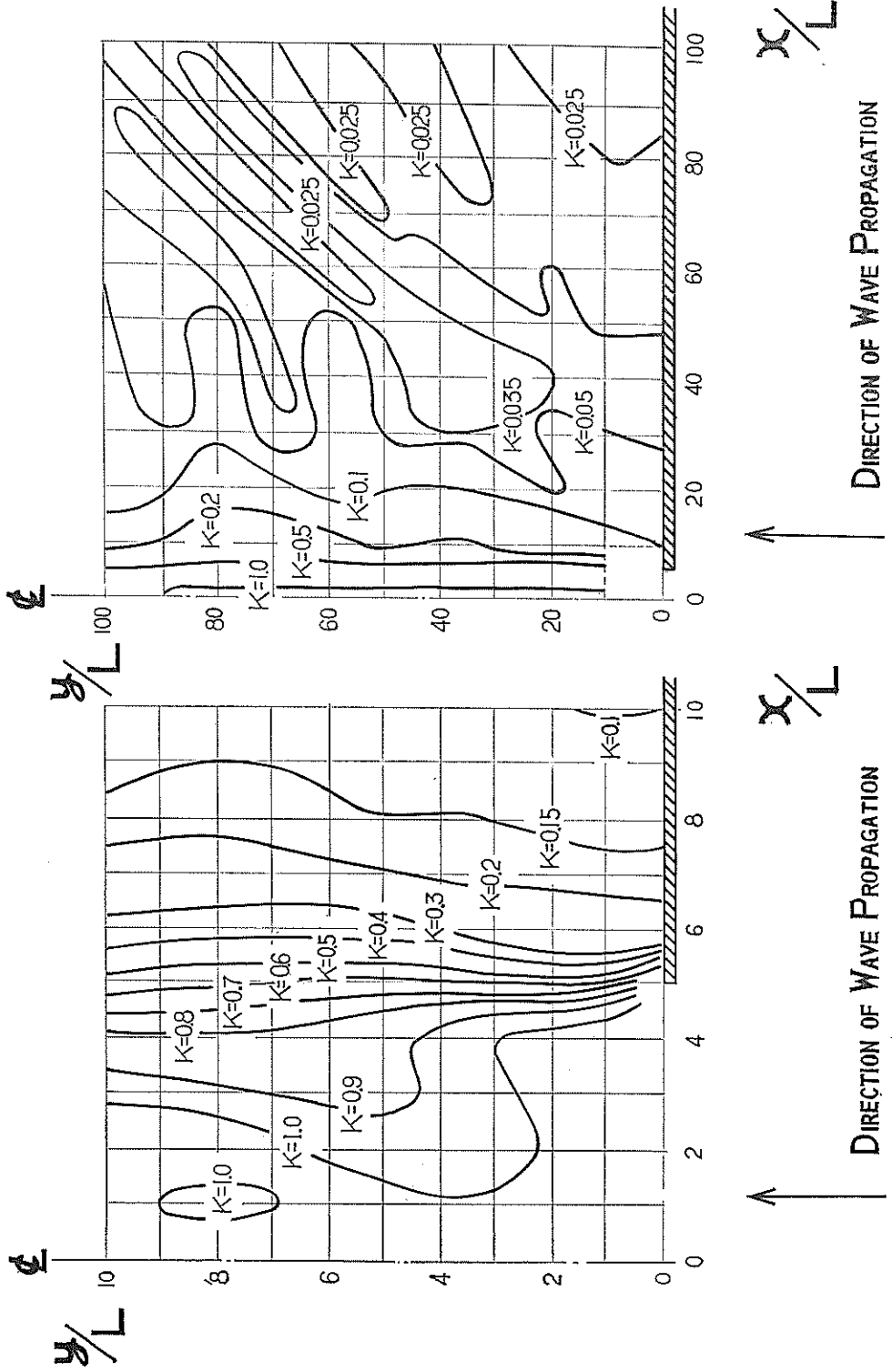
Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 8$$



図—41 防波堤開口部からの回折図 ($\theta = 90^\circ$)
 Diffraction diagram for a break water gap

$$\frac{B}{L} = 1.0$$



附録一 理論式の誘導について

[1] 半無限直立防波堤に任意の角度で波が入射する場合の理論式

いま、座標系を附図一のように極座標で表わせば、Helmholz の方程式は (1-1) 式ようになる。

$$\frac{\partial^2 F(r, \theta)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial F(r, \theta)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 F(r, \theta)}{\partial \theta^2} + k^2 F(r, \theta) = 0 \quad \dots\dots\dots (1-1)$$

(1-1)式を、防波堤に沿う境界面で防波堤壁面に垂直な流体の分速度が 0 で、 r が無限に大きく、 $\theta=180^\circ$ のとき、 $F(r, \theta)=e^{-ikr\cos(\theta-\theta)}$ なる条件のもとに解けばつぎようになる。ここに、 θ は波の防波堤に対する入射角度である。

$$F(r, \theta) = e^{-ikr\cos(\theta-\theta)} \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \times \int_{-\infty}^{2\sqrt{kr/\pi}\sin((\theta-\theta)/2)} e^{-i\pi w^2/2} dw + e^{-ikr\cos(\theta-\theta)} \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \times \int_{-\infty}^{-2\sqrt{kr/\pi}\sin((\theta+\theta)/2)} e^{-i\pi w^2/2} dw \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

(1-2)式で

$$\begin{cases} u_1 = 2\sqrt{\frac{kr}{\pi}} \sin\left(\frac{\theta-\theta}{2}\right) \\ u_2 = -2\sqrt{\frac{kr}{\pi}} \sin\left(\frac{\theta+\theta}{2}\right) \\ f(u_1) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^{u_1} e^{-i\pi w^2/2} dw \\ g(u_2) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\pi/4} \int_{-\infty}^{u_2} e^{-i\pi w^2/2} dw \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

とおくと、つぎようになる。

$$F(r, \theta) = f(u_1) e^{-ikr\cos(\theta-\theta)} + g(u_2) e^{-ikr\cos(\theta+\theta)} \quad \dots\dots\dots (1-4)$$

ここに、 u_1, u_2 は㊸領域では共に負の符号を持ち、㊸の領域では u_1 は正、 u_2 は負の符号を持ち、㊸領域では共に正の符号を持つ。

ここで、 $f(-u_1), g(-u_2)$ をつぎのようにおけば、㊸領域、㊸領域の回折係数はそれぞれ (1-7)'式、(1-8)'式により求められる。

$$\begin{cases} f(-u_1) = S_1 + iW_1 \\ g(-u_2) = S_2 + iW_2 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1-5)$$

ここに、

$$\begin{cases} S_i = \frac{1}{2} [1 - C(u_i) - S(u_i)] \\ W_i = \frac{1}{2} S[u_i - C(u_i)] \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1-6)$$

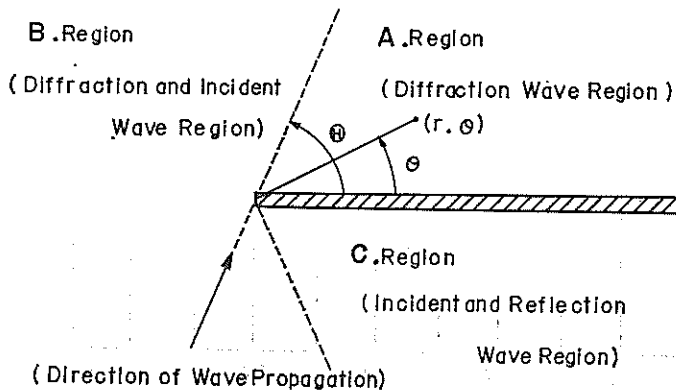
(i=1, 2)

である。

㊸領域 (回折波領域) においては、 u_1, u_2 ともに負であるからつぎようになる。

$$\begin{aligned} F(r, \theta) &= e^{-ikr\cos(\theta-\theta)} f(-u_1) + e^{-ikr\cos(\theta+\theta)} g(-u_2) \\ &= \{S_1 \cos[kr\cos(\theta-\theta)] + W_1 \sin[kr\cos(\theta-\theta)] \\ &\quad + S_2 \cos[kr\cos(\theta+\theta)] + W_2 \sin[kr\cos(\theta+\theta)]\} \\ &\quad + i \{-S_1 \sin[kr\cos(\theta-\theta)] + W_1 \cos[kr\cos(\theta-\theta)] \\ &\quad - S_2 \sin[kr\cos(\theta+\theta)] + W_2 \cos[kr\cos(\theta+\theta)]\} \\ &= R_{\text{㊸}} + iI_{\text{㊸}} \quad \dots\dots\dots (1-7) \\ &\therefore K = \sqrt{R_{\text{㊸}}^2 + I_{\text{㊸}}^2} \quad \dots\dots\dots (1-7)' \end{aligned}$$

㊸領域では u_1 が正、 u_2 が負であるからつぎようになる。



附図一 半無限防波堤に波が斜めに入射する場合の回折 Diffraction from semi-infinite breakwater when waves propagate to breakwater with inclined angle

$$\begin{aligned}
 F(r, \theta) &= e^{-ikr\cos(\theta-\Theta)} \{1-f(-u_1)\} \\
 &\quad + e^{-ikr\cos(\theta-\Theta)} g(-u_2) \\
 &= \{\cos[kr\cos(\theta-\Theta)] - S_1 \cos[kr\cos(\theta-\Theta)] \\
 &\quad - W_1 \sin[kr\cos(\theta-\Theta)] + S_2 \cos[kr\cos(\theta+\Theta)] \\
 &\quad + W_2 \sin[kr\cos(\theta+\Theta)] + i\{-\sin[kr\cos(\theta-\Theta)] \\
 &\quad + S_1 \sin[kr\cos(\theta-\Theta)] - W_1 \cos[kr\cos(\theta-\Theta)] \\
 &\quad - S_2 \sin[kr\cos(\theta+\Theta)] + W_2 \cos[kr\cos(\theta+\Theta)]\} \\
 &= R_{\text{㊸}} + iI_{\text{㊸}} \dots\dots\dots (1-8)
 \end{aligned}$$

$$\therefore K = \sqrt{R_{\text{㊸}}^2 + I_{\text{㊸}}^2} \dots\dots\dots (1-8)'$$

つぎに、㊸領域（入射波反射波領域）においても同様な演算を行なえばつぎようになる。この領域では u_1, u_2 ともに正である。

$$\begin{aligned}
 F(r, \theta) &= e^{-ikr\cos(\theta-\Theta)} \cdot \{1-f(-u_1)\} \\
 &\quad + e^{-ikr\cos(\theta-\Theta)} \cdot \{1-g(-u_2)\} \\
 &= \{\cos[kr\cos(\theta-\Theta)] + \cos[kr\cos(\theta+\Theta)] \\
 &\quad - S_1 \cos[kr\cos(\theta-\Theta)] - S_2 \cos[kr\cos(\theta+\Theta)] \\
 &\quad - W_1 \sin[kr\cos(\theta-\Theta)] - W_2 \sin[kr\cos(\theta+\Theta)]\} \\
 &\quad + i\{-\sin[kr\cos(\theta-\Theta)] - \sin[kr\cos(\theta+\Theta)] \\
 &\quad + S_1 \sin[kr\cos(\theta-\Theta)] + S_2 \sin[kr\cos(\theta+\Theta)] \\
 &\quad - W_1 \cos[kr\cos(\theta-\Theta)] - W_2 \cos[kr\cos(\theta+\Theta)]\} \\
 &= R_{\text{㊹}} + iI_{\text{㊹}} \dots\dots\dots (1-9)
 \end{aligned}$$

$$\therefore K = \sqrt{R_{\text{㊹}}^2 + I_{\text{㊹}}^2} \dots\dots\dots (1-9)'$$

〔2〕 防波堤開口部に直角に入射する場合の理論式
Blue の重ね合わせの原理によれば、この場合の回折式は、附図-2 に示すようになる。この場合、原点は開

口部の中心点にとつている。

右防波堤に関する項にサファイックス 1 を、左防波堤に関する項にサファイックス 2 をつけて表わせば、2 つの領域でつぎのようになる。

$0 \leq x \leq B/2$ のとき

$$\begin{aligned}
 F(x, y) &= e^{-iky} - e^{-iky} f(-u_1)_1 + e^{iky} g(-u_2)_1 \\
 &\quad - e^{-iky} f(-u_1)_2 + e^{iky} g(-u_2)_2 \dots\dots (2-1)
 \end{aligned}$$

$B/2 \leq x$ のとき

$$\begin{aligned}
 F(x, y) &= e^{-iky} f(-u_1)_1 + e^{iky} g(-u_2)_1 - e^{-iky} f(-u_1)_2 \\
 &\quad + e^{iky} g(-u_2)_2 \dots\dots\dots (2-2)
 \end{aligned}$$

いま

$$\begin{cases}
 f(-u_1)_1 = S_{11} + iW_{11} \\
 g(-u_2)_1 = S_{21} + iW_{21} \\
 f(-u_1)_2 = S_{12} + iW_{12} \\
 g(-u_2)_2 = S_{22} + iW_{22}
 \end{cases} \dots\dots\dots (2-3)$$

とおくと、回折係数はつぎのようになる。

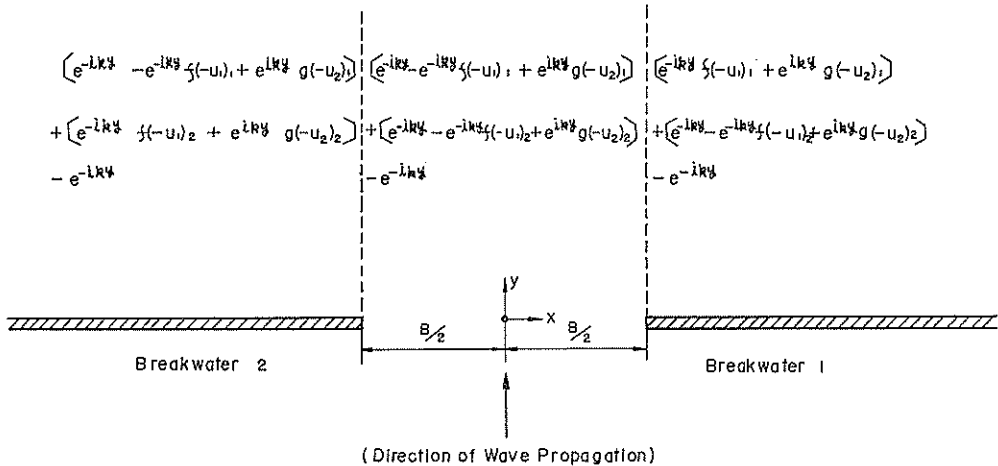
$0 \leq x \leq B/2$ のとき

$$\begin{aligned}
 F(x, y) &= \{(1 - S_{11} + S_{21} + S_{12} + S_{22}) \cos ky \\
 &\quad + (-W_{11} - W_{21} - W_{12} - W_{22}) \sin ky\} \\
 &\quad + i\{(-1 + S_{11} + S_{21} + S_{12} + S_{22}) \sin ky \\
 &\quad + (-W_{11} + W_{21} - W_{12} + W_{22}) \cos ky\} \\
 &= R_1 + iI_1 \dots\dots\dots (2-4)
 \end{aligned}$$

$$\therefore K = \sqrt{R_1^2 + I_1^2} \dots\dots\dots (2-5)$$

$B/2 \leq x$ のとき

$$F(x, y) = \{(S_{11} + S_{21} - S_{12} + S_{22}) \cos ky$$



附図-2 開口部に直角に入射する場合の回折式
Diffraction equation from breakwater gap when waves propagate to breakwater at right angle

$$\begin{aligned}
& + (W_{11} - W_{21} - W_{12} + W_{22}) \sin ky \\
& + i \{ (-S_{11} + S_{21} + S_{12} + S_{22}) \sin ky \\
& + (W_{11} + W_{12} - W_{21} + W_{22}) \cos ky \} \\
& = R_2^2 + iI_2^2 \dots\dots\dots (2-6)
\end{aligned}$$

$$\therefore K = \sqrt{R_2^2 + I_2^2} \dots\dots\dots (2-7)$$

ここに,

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \{ 1 - C(u_i)_j - S(u_i)_j \}$$

$$W_{ij} = \frac{1}{2} \{ S(u_i)_j - C(u_i)_j \}$$

($i, j = 1, 2$)

であり, Fresnel 積分の上限値 u_1, u_2 はつぎのようになる。

右防波堤 1 に関する u_{11}, u_{21} は,

$$u_{11}^2 = \frac{4(r_1 - y)}{L} = 4 \left[\sqrt{\left(\frac{x - B/2}{L}\right)^2 + \left(\frac{y}{L}\right)^2} - \frac{y}{L} \right]$$

$$u_{21}^2 = \frac{4(r_1 + y)}{L} = 4 \left[\sqrt{\left(\frac{x - B/2}{L}\right)^2 + \left(\frac{y}{L}\right)^2} + \frac{y}{L} \right]$$

左防波堤 2 に関する u_{12}, u_{22} は

$$u_{12} = \frac{4(r_2 - y)}{L} = 4 \left[\sqrt{\left(\frac{x + B/2}{L}\right)^2 + \left(\frac{y}{L}\right)^2} - \frac{y}{L} \right]$$

$$u_{22} = \frac{4(r_2 + y)}{L} = 4 \left[\sqrt{\left(\frac{x + B/2}{L}\right)^2 + \left(\frac{y}{L}\right)^2} + \frac{y}{L} \right]$$

である。

附録-2 Fresnel の積分表

$$C(x) = \int_0^x \cos \frac{\pi}{2} x^2 dx$$

$$S(x) = \int_0^x \sin \frac{\pi}{2} x^2 dx$$

(表-1-1 ~ 表-1-12)

表—1—1

x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)
0.00	0.0000	0.0000	1.00	0.7799	0.4333	2.00	0.4483	0.3434	3.00	0.6057	0.4963
0.01	0.0100	0.0000	1.01	0.7797	0.4383	2.01	0.4482	0.3437	3.01	0.6055	0.5063
0.02	0.0200	0.0000	1.02	0.7795	0.4432	2.02	0.4480	0.3447	3.02	0.6053	0.5162
0.03	0.0300	0.0000	1.03	0.7793	0.4482	2.03	0.4478	0.3462	3.03	0.6051	0.5259
0.04	0.0400	0.0000	1.04	0.7791	0.4532	2.04	0.4476	0.3484	3.04	0.6049	0.5354
0.05	0.0500	0.0000	1.05	0.7789	0.4583	2.05	0.4474	0.3513	3.05	0.6047	0.5445
0.06	0.0600	0.0001	1.06	0.7787	0.4633	2.06	0.4472	0.3547	3.06	0.6045	0.5531
0.07	0.0700	0.0002	1.07	0.7785	0.4683	2.07	0.4470	0.3587	3.07	0.6043	0.5613
0.08	0.0800	0.0003	1.08	0.7783	0.4733	2.08	0.4468	0.3633	3.08	0.6041	0.5691
0.09	0.0900	0.0004	1.09	0.7781	0.4783	2.09	0.4466	0.3685	3.09	0.6039	0.5765
0.10	0.1000	0.0005	1.10	0.7779	0.4833	2.10	0.4464	0.3743	3.10	0.6037	0.5835
0.11	0.1100	0.0007	1.11	0.7777	0.4883	2.11	0.4462	0.3805	3.11	0.6035	0.5902
0.12	0.1200	0.0009	1.12	0.7775	0.4933	2.12	0.4460	0.3873	3.12	0.6033	0.5965
0.13	0.1300	0.0012	1.13	0.7773	0.4983	2.13	0.4458	0.3945	3.13	0.6031	0.6025
0.14	0.1400	0.0014	1.14	0.7771	0.5033	2.14	0.4456	0.4023	3.14	0.6029	0.6081
0.15	0.1500	0.0018	1.15	0.7769	0.5083	2.15	0.4454	0.4105	3.15	0.6027	0.6133
0.16	0.1600	0.0021	1.16	0.7767	0.5133	2.16	0.4452	0.4193	3.16	0.6025	0.6181
0.17	0.1700	0.0026	1.17	0.7765	0.5183	2.17	0.4450	0.4287	3.17	0.6023	0.6225
0.18	0.1800	0.0031	1.18	0.7763	0.5233	2.18	0.4448	0.4387	3.18	0.6021	0.6275
0.19	0.1899	0.0036	1.19	0.7761	0.5283	2.19	0.4446	0.4493	3.19	0.6019	0.6321
0.20	0.1999	0.0042	1.20	0.7759	0.5333	2.20	0.4444	0.4605	3.20	0.6017	0.6365
0.21	0.2099	0.0048	1.21	0.7757	0.5383	2.21	0.4442	0.4723	3.21	0.6015	0.6405
0.22	0.2199	0.0056	1.22	0.7755	0.5433	2.22	0.4440	0.4845	3.22	0.6013	0.6441
0.23	0.2298	0.0064	1.23	0.7753	0.5483	2.23	0.4438	0.4973	3.23	0.6011	0.6473
0.24	0.2398	0.0072	1.24	0.7751	0.5533	2.24	0.4436	0.5105	3.24	0.6009	0.6501
0.25	0.2498	0.0082	1.25	0.7749	0.5583	2.25	0.4434	0.5243	3.25	0.6007	0.6525
0.26	0.2597	0.0092	1.26	0.7747	0.5633	2.26	0.4432	0.5387	3.26	0.6005	0.6545
0.27	0.2696	0.0103	1.27	0.7745	0.5683	2.27	0.4430	0.5537	3.27	0.6003	0.6561
0.28	0.2796	0.0115	1.28	0.7743	0.5733	2.28	0.4428	0.5693	3.28	0.6001	0.6573
0.29	0.2895	0.0128	1.29	0.7741	0.5783	2.29	0.4426	0.5855	3.29	0.6000	0.6581
0.30	0.2994	0.0141	1.30	0.7739	0.5833	2.30	0.4424	0.5923	3.30	0.6000	0.6585
0.31	0.3093	0.0156	1.31	0.7737	0.5883	2.31	0.4422	0.6005	3.31	0.6000	0.6585
0.32	0.3192	0.0171	1.32	0.7735	0.5933	2.32	0.4420	0.6093	3.32	0.6000	0.6581
0.33	0.3290	0.0188	1.33	0.7733	0.5983	2.33	0.4418	0.6187	3.33	0.6000	0.6573
0.34	0.3389	0.0205	1.34	0.7731	0.6033	2.34	0.4416	0.6287	3.34	0.6000	0.6561
0.35	0.3487	0.0224	1.35	0.7729	0.6083	2.35	0.4414	0.6393	3.35	0.6000	0.6545
0.36	0.3585	0.0244	1.36	0.7727	0.6133	2.36	0.4412	0.6505	3.36	0.6000	0.6525
0.37	0.3683	0.0264	1.37	0.7725	0.6183	2.37	0.4410	0.6623	3.37	0.6000	0.6501
0.38	0.3780	0.0286	1.38	0.7723	0.6233	2.38	0.4408	0.6745	3.38	0.6000	0.6473
0.39	0.3878	0.0309	1.39	0.7721	0.6283	2.39	0.4406	0.6873	3.39	0.6000	0.6441
0.40	0.3975	0.0334	1.40	0.7719	0.6333	2.40	0.4404	0.7005	3.40	0.6000	0.6405
0.41	0.4072	0.0359	1.41	0.7717	0.6383	2.41	0.4402	0.7143	3.41	0.6000	0.6365
0.42	0.4168	0.0386	1.42	0.7715	0.6433	2.42	0.4400	0.7287	3.42	0.6000	0.6321
0.43	0.4264	0.0414	1.43	0.7713	0.6483	2.43	0.4398	0.7437	3.43	0.6000	0.6273
0.44	0.4359	0.0443	1.44	0.7711	0.6533	2.44	0.4396	0.7593	3.44	0.6000	0.6225
0.45	0.4455	0.0474	1.45	0.7709	0.6583	2.45	0.4394	0.7755	3.45	0.6000	0.6173
0.46	0.4550	0.0506	1.46	0.7707	0.6633	2.46	0.4392	0.7923	3.46	0.6000	0.6117
0.47	0.4646	0.0539	1.47	0.7705	0.6683	2.47	0.4390	0.8095	3.47	0.6000	0.6057
0.48	0.4741	0.0574	1.48	0.7703	0.6733	2.48	0.4388	0.8273	3.48	0.6000	0.5993
0.49	0.4837	0.0610	1.49	0.7701	0.6783	2.49	0.4386	0.8455	3.49	0.6000	0.5925
0.50	0.4932	0.0647	1.50	0.7699	0.6833	2.50	0.4384	0.8643	3.50	0.6000	0.5853
0.51	0.5026	0.0686	1.51	0.7697	0.6883	2.51	0.4382	0.8835	3.51	0.6000	0.5777
0.52	0.5119	0.0727	1.52	0.7695	0.6933	2.52	0.4380	0.9033	3.52	0.6000	0.5697
0.53	0.5212	0.0769	1.53	0.7693	0.6983	2.53	0.4378	0.9235	3.53	0.6000	0.5613
0.54	0.5304	0.0812	1.54	0.7691	0.7033	2.54	0.4376	0.9443	3.54	0.6000	0.5525
0.55	0.5397	0.0857	1.55	0.7689	0.7083	2.55	0.4374	0.9655	3.55	0.6000	0.5433
0.56	0.5489	0.0904	1.56	0.7687	0.7133	2.56	0.4372	0.9873	3.56	0.6000	0.5337
0.57	0.5581	0.0952	1.57	0.7685	0.7183	2.57	0.4370	1.0095	3.57	0.6000	0.5237
0.58	0.5672	0.1001	1.58	0.7683	0.7233	2.58	0.4368	1.0323	3.58	0.6000	0.5133
0.59	0.5762	0.1053	1.59	0.7681	0.7283	2.59	0.4366	1.0555	3.59	0.6000	0.5025
0.60	0.5851	0.1105	1.60	0.7679	0.7333	2.60	0.4364	1.0793	3.60	0.6000	0.4913
0.61	0.5939	0.1160	1.61	0.7677	0.7383	2.61	0.4362	1.1035	3.61	0.6000	0.4797
0.62	0.5927	0.1216	1.62	0.7675	0.7433	2.62	0.4360	1.1283	3.62	0.6000	0.4677
0.63	0.6015	0.1273	1.63	0.7673	0.7483	2.63	0.4358	1.1535	3.63	0.6000	0.4553
0.64	0.6102	0.1333	1.64	0.7671	0.7533	2.64	0.4356	1.1793	3.64	0.6000	0.4425
0.65	0.6189	0.1393	1.65	0.7669	0.7583	2.65	0.4354	1.2055	3.65	0.6000	0.4293
0.66	0.6275	0.1456	1.66	0.7667	0.7633	2.66	0.4352	1.2323	3.66	0.6000	0.4157
0.67	0.6361	0.1520	1.67	0.7665	0.7683	2.67	0.4350	1.2595	3.67	0.6000	0.4017
0.68	0.6446	0.1585	1.68	0.7663	0.7733	2.68	0.4348	1.2873	3.68	0.6000	0.3873
0.69	0.6529	0.1653	1.69	0.7661	0.7783	2.69	0.4346	1.3155	3.69	0.6000	0.3725
0.70	0.6597	0.1721	1.70	0.7659	0.7833	2.70	0.4344	1.3443	3.70	0.6000	0.3573
0.71	0.6665	0.1792	1.71	0.7657	0.7883	2.71	0.4342	1.3735	3.71	0.6000	0.3417
0.72	0.6733	0.1864	1.72	0.7655	0.7933	2.72	0.4340	1.4033	3.72	0.6000	0.3257
0.73	0.6800	0.1937	1.73	0.7653	0.7983	2.73	0.4338	1.4335	3.73	0.6000	0.3093
0.74	0.6867	0.2012	1.74	0.7651	0.8033	2.74	0.4336	1.4643	3.74	0.6000	0.2925
0.75	0.6934	0.2089	1.75	0.7649	0.8083	2.75	0.4334	1.4955	3.75	0.6000	0.2753
0.76	0.6999	0.2167	1.76	0.7647	0.8133	2.76	0.4332	1.5273	3.76	0.6000	0.2577
0.77	0.7064	0.2246	1.77	0.7645	0.8183	2.77	0.4330	1.5595	3.77	0.6000	0.2397
0.78	0.7127	0.2327	1.78	0.7643	0.8233	2.78	0.4328	1.5923	3.78	0.6000	0.2213
0.79	0.7190	0.2410	1.79	0.7641	0.8283	2.79	0.4326	1.6255	3.79	0.6000	0.2025
0.80	0.7252	0.2493	1.80	0.7639	0.8333	2.80	0.4324	1.6593	3.80	0.6000	0.1833
0.81	0.7313	0.2579	1.81	0.7637	0.8383	2.81	0.4322	1.6935	3.81	0.6000	0.1637
0.82	0.7373	0.2666	1.82	0.7635	0.8433	2.82	0.4320	1.7283	3.82	0.6000	0.1437
0.83	0.7432	0.2753	1.83	0.7633	0.8483	2.83	0.4318	1.7635	3.83	0.6000	0.1233
0.84	0.7490	0.2841	1.84	0.7631	0.8533	2.84	0.4316	1.7993	3.84	0.6000	0.1025
0.85	0.7548	0.2932	1.85	0.7629	0.8583	2.85	0.4314	1.8355	3.85	0.6000	0.0813
0.86	0.7605	0.3023	1.86	0.7627	0.8633	2.86	0.4312	1.8723	3.86	0.6000	0.0597
0.87	0.7661	0.3116	1.87	0.7625	0.8683	2.87	0.4310	1.9095	3.87	0.6000	0.0377
0.88	0.7717	0.3209	1.88	0.7623	0.8733	2.88	0.4308	1.9473	3.88	0.6000	0.0153
0.89	0.7772	0.3303	1.89	0.7621	0.8783	2.89	0.4306	1.9855	3.89	0.6000	0.0025
0.90	0.7827	0.3398	1.90	0.7619	0.8833	2.90	0.4304	2.0243	3.90	0.6000	0.0000
0.91	0.7881	0.3494	1.91	0.7617	0.8883	2.91	0.4302	2.0635	3.91	0.6000	0.0000
0.92	0.7934	0.3590	1.92	0.7615	0.8933	2.92	0.4300	2.1033	3.92	0.6000	0.0000
0.93	0.7987	0.3688	1.93	0.7613	0.8983	2.93	0.4298	2.1435	3.93	0.6000	0.0000
0.94	0.8039	0.3786	1.94	0.7611	0.9033	2.94	0.4296				

表一—2

x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)
5.30	0.5636	0.4992	6.00	0.4995	0.4470	7.00	0.5455	0.4997	8.03	0.4946	0.4602	9.00	0.5354	0.4999
5.31	0.5628	0.5002	6.01	0.5009	0.4479	7.01	0.5448	0.5006	8.01	0.5097	0.4615	9.01	0.5340	0.5007
5.32	0.5620	0.5011	6.02	0.5191	0.4507	7.02	0.5441	0.5191	8.02	0.5149	0.4651	9.02	0.5329	0.5100
5.33	0.5557	0.5231	6.03	0.5260	0.4552	7.03	0.5359	0.5276	8.03	0.5270	0.4710	9.03	0.5234	0.5266
5.34	0.5514	0.5366	6.04	0.5344	0.4614	7.04	0.5260	0.5367	8.04	0.5334	0.4787	9.04	0.5150	0.5318
5.35	0.5449	0.5442	6.05	0.5424	0.4689	7.05	0.5206	0.5402	8.05	0.5376	0.4876	9.05	0.5055	0.5347
5.36	0.5373	0.5506	6.06	0.5475	0.4775	7.06	0.5112	0.5437	8.06	0.5394	0.4976	9.06	0.4959	0.5348
5.37	0.5248	0.5558	6.07	0.5503	0.4869	7.07	0.5014	0.5450	8.07	0.5387	0.5075	9.07	0.4859	0.5322
5.38	0.5195	0.5575	6.08	0.5522	0.4968	7.08	0.4914	0.5441	8.08	0.5356	0.5170	9.08	0.4775	0.5269
5.39	0.5098	0.5617	6.09	0.5517	0.5068	7.09	0.4819	0.5411	8.09	0.5301	0.5253	9.09	0.4709	0.5194
5.40	0.4998	0.5624	6.10	0.5497	0.5165	7.10	0.4733	0.5360	8.10	0.5228	0.5320	9.10	0.4666	0.5104
5.41	0.4898	0.5614	6.11	0.5451	0.5256	7.11	0.4660	0.5292	8.11	0.5139	0.5367	9.11	0.4651	0.5006
5.42	0.4802	0.5599	6.12	0.5396	0.5337	7.12	0.4605	0.5209	8.12	0.5042	0.5390	9.12	0.4664	0.4907
5.43	0.4710	0.5589	6.13	0.5324	0.5406	7.13	0.4569	0.5116	8.13	0.4943	0.5387	9.13	0.4704	0.4816
5.44	0.4627	0.5474	6.14	0.5233	0.5460	7.14	0.4559	0.5017	8.14	0.4847	0.5360	9.14	0.4769	0.4740
5.45	0.4553	0.5347	6.15	0.5147	0.5496	7.15	0.4563	0.4918	8.15	0.4761	0.5300	9.15	0.4852	0.4658
5.46	0.4491	0.5248	6.16	0.5064	0.5514	7.16	0.4592	0.4822	8.16	0.4691	0.5238	9.16	0.4947	0.4575
5.47	0.4443	0.5201	6.17	0.4994	0.5513	7.17	0.4643	0.4736	8.17	0.4641	0.5151	9.17	0.5047	0.4506
5.48	0.4419	0.5167	6.18	0.4951	0.5493	7.18	0.4711	0.4664	8.18	0.4615	0.5055	9.18	0.5143	0.4438
5.49	0.4391	0.5069	6.19	0.4924	0.5454	7.19	0.4794	0.4608	8.19	0.4614	0.4955	9.19	0.5226	0.4378
5.50	0.4379	0.4970	6.20	0.4876	0.5394	7.20	0.4887	0.4573	8.20	0.4638	0.4859	9.20	0.5291	0.4314
5.51	0.4403	0.4870	6.21	0.4806	0.5327	7.21	0.4986	0.4559	8.21	0.4667	0.4772	9.21	0.5332	0.4240
5.52	0.4434	0.4775	6.22	0.4753	0.5244	7.22	0.5066	0.4568	8.22	0.4756	0.4700	9.22	0.5345	0.5003
5.53	0.4474	0.4656	6.23	0.4651	0.5152	7.23	0.5181	0.4599	8.23	0.4841	0.4648	9.23	0.5330	0.5102
5.54	0.4513	0.4536	6.24	0.4641	0.5054	7.24	0.5266	0.4650	8.24	0.4936	0.4619	9.24	0.5286	0.5191
5.55	0.4538	0.4466	6.25	0.4693	0.4951	7.25	0.5338	0.4719	8.25	0.5036	0.4616	9.25	0.5219	0.5265
5.56	0.4562	0.4479	6.26	0.4651	0.4856	7.26	0.5406	0.4803	8.26	0.5133	0.4638	9.26	0.5134	0.5317
5.57	0.4733	0.4437	6.27	0.4651	0.4764	7.27	0.5426	0.4897	8.27	0.5221	0.4665	9.27	0.5037	0.5361
5.58	0.4879	0.4410	6.28	0.4667	0.4681	7.28	0.5437	0.4996	8.28	0.5294	0.4753	9.28	0.4928	0.5337
5.59	0.4978	0.4399	6.29	0.4677	0.4611	7.29	0.5426	0.5095	8.29	0.5348	0.4837	9.29	0.4844	0.5305
5.60	0.5076	0.4405	6.30	0.4703	0.4555	7.30	0.5393	0.5189	8.30	0.5377	0.4932	9.30	0.4763	0.5247
5.61	0.5175	0.4427	6.31	0.4652	0.4513	7.31	0.5339	0.5273	8.31	0.5362	0.5032	9.31	0.4702	0.5168
5.62	0.5258	0.4465	6.32	0.4621	0.4499	7.32	0.5267	0.5343	8.32	0.5360	0.5129	9.32	0.4667	0.5074
5.63	0.5352	0.4518	6.33	0.4601	0.4500	7.33	0.5166	0.5396	8.33	0.5314	0.5218	9.33	0.4660	0.4975
5.64	0.5427	0.4594	6.34	0.4591	0.4520	7.34	0.5087	0.5425	8.34	0.5287	0.5291	9.34	0.4692	0.4878
5.65	0.5470	0.4662	6.35	0.4590	0.4560	7.35	0.4987	0.5433	8.35	0.5163	0.5345	9.35	0.4731	0.4771
5.66	0.5518	0.4747	6.36	0.4532	0.4617	7.36	0.4889	0.5418	8.36	0.5067	0.5375	9.36	0.4803	0.4723
5.67	0.5572	0.4844	6.37	0.4531	0.4589	7.37	0.4796	0.5381	8.37	0.4968	0.5379	9.37	0.4892	0.4678
5.68	0.5599	0.4822	6.38	0.4644	0.4773	7.38	0.4714	0.5323	8.38	0.4870	0.5357	9.38	0.4990	0.4661
5.69	0.5549	0.5002	6.39	0.4663	0.4866	7.39	0.4648	0.5249	8.39	0.4782	0.5311	9.39	0.5089	0.4673
5.70	0.5572	0.5140	6.40	0.5496	0.4965	7.40	0.4601	0.5161	8.40	0.4709	0.5243	9.40	0.5180	0.4713
5.71	0.5539	0.5235	6.41	0.5472	0.5065	7.41	0.4575	0.5064	8.41	0.4656	0.5153	9.41	0.5256	0.4779
5.72	0.5491	0.5322	6.42	0.5467	0.5162	7.42	0.4573	0.4965	8.42	0.4627	0.5063	9.42	0.5309	0.4850
5.73	0.5438	0.5400	6.43	0.5426	0.5252	7.43	0.4593	0.4867	8.43	0.4624	0.4963	9.43	0.5335	0.4959
5.74	0.5394	0.5466	6.44	0.5366	0.5332	7.44	0.4635	0.4777	8.44	0.4647	0.4866	9.44	0.5332	0.5059
5.75	0.5269	0.5518	6.45	0.5291	0.5398	7.45	0.4697	0.4698	8.45	0.4695	0.4779	9.45	0.5300	0.5153
5.76	0.5176	0.5556	6.46	0.5205	0.5448	7.46	0.4776	0.4637	8.46	0.4764	0.4707	9.46	0.5282	0.5238
5.77	0.5078	0.5576	6.47	0.5110	0.5479	7.47	0.4867	0.4595	8.47	0.4859	0.4656	9.47	0.5163	0.5294
5.78	0.4978	0.5580	6.48	0.5011	0.5491	7.48	0.4964	0.4576	8.48	0.4968	0.4629	9.48	0.5069	0.5329
5.79	0.4879	0.5567	6.49	0.4912	0.5462	7.49	0.5064	0.4580	8.49	0.5085	0.4626	9.49	0.4970	0.5334
5.80	0.4794	0.5537	6.50	0.4816	0.5454	7.50	0.5160	0.4607	8.50	0.5142	0.4653	9.50	0.4873	0.5310
5.81	0.4698	0.5471	6.51	0.4729	0.5406	7.51	0.5247	0.4656	8.51	0.5228	0.4703	9.51	0.4798	0.5259
5.82	0.4616	0.5430	6.52	0.4654	0.5342	7.52	0.5320	0.4728	8.52	0.5298	0.4775	9.52	0.4721	0.5184
5.83	0.4548	0.5357	6.53	0.4593	0.5264	7.53	0.5376	0.4807	8.53	0.5347	0.4862	9.53	0.4679	0.5094
5.84	0.4494	0.5273	6.54	0.4546	0.5174	7.54	0.5410	0.4801	8.54	0.5370	0.4958	9.54	0.4666	0.4995
5.85	0.4456	0.5181	6.55	0.4520	0.5078	7.55	0.5422	0.4899	8.55	0.5348	0.5055	9.55	0.4693	0.4897
5.86	0.4434	0.5083	6.56	0.4515	0.4978	7.56	0.5409	0.5008	8.56	0.5330	0.5153	9.56	0.4728	0.4808
5.87	0.4429	0.4984	6.57	0.4531	0.4879	7.57	0.5374	0.5192	8.57	0.5295	0.5238	9.57	0.4797	0.4736
5.88	0.4442	0.4838	6.58	0.4566	0.4786	7.58	0.5318	0.5274	8.58	0.5212	0.5305	9.58	0.4885	0.4688
5.89	0.4471	0.4749	6.59	0.4623	0.4702	7.59	0.5248	0.5341	8.59	0.5123	0.5350	9.59	0.4982	0.4669
5.90	0.4517	0.4700	6.60	0.4694	0.4631	7.60	0.5166	0.5389	8.60	0.5025	0.5369	9.60	0.5081	0.4674
5.91	0.4578	0.4621	6.61	0.4773	0.4575	7.61	0.5060	0.5418	8.61	0.4925	0.5329	9.61	0.5173	0.4718
5.92	0.4652	0.4554	6.62	0.4866	0.4538	7.62	0.4960	0.5416	8.62	0.4831	0.5322	9.62	0.5249	0.4782
5.93	0.4736	0.4500	6.63	0.4964	0.4521	7.63	0.4863	0.5394	8.63	0.4751	0.5271	9.63	0.5302	0.4866
5.94	0.4828	0.4462	6.64	0.5064	0.4525	7.64	0.4773	0.5350	8.64	0.4687	0.5194	9.64	0.5328	0.4962
5.95	0.4926	0.4442	6.65	0.5161	0.4549	7.65	0.4697	0.5285	8.65	0.4647	0.5103	9.65	0.5324	0.5062
5.96	0.5026	0.4438	6.66	0.5253	0.4591	7.66	0.4638	0.5205	8.66	0.4632	0.5004	9.66	0.5290	0.5156
5.97	0.5125	0.4453	6.67	0.5327	0.4654	7.67	0.4601	0.5112	8.67	0.4645	0.4905	9.67	0.5230	0.5235
5.98	0.5219	0.4494	6.68	0.5395	0.4731	7.68	0.4586	0.5014	8.68	0.4684	0.4813	9.68	0.5149	0.5293
5.99	0.5317	0.4532	6.69	0.5443	0.4819	7.69	0.4595	0.4914	8.69	0.4747	0.4736	9.69	0.5054	0.5324
6.00	0.5395	0.4575	6.70	0.5477	0.4915	7.70	0.4628	0.4820	8.70	0.4827	0.4677	9.70	0.4955	0.5325
6.01	0.5458	0.4671	6.71	0.5474	0.5015	7.71	0.4667	0.4737	8.71	0.4921	0.4643	9.71	0.4860	0.5276
6.02	0.5500	0.4757	6.72	0.5463	0.5113	7.72	0.4755	0.4664	8.72	0.5020	0.4636	9.72	0.4777	0.5240
6.03	0.5535	0.4851	6.73	0.5425	0.5207	7.73	0.4842	0.4620	8.73	0.5118	0.4655	9.73	0.4716	0.5162
6.04	0.5552	0.4949	6.74	0.5372	0.5291	7.74	0.4938	0.4593	8.74	0.5207	0.4700	9.74	0.4630	0.5069
6.05	0.5551	0.5049	6.75	0.5302	0.5362	7.75	0.5038	0.4613	8.75	0.5294	0.4768	9.75	0.4675	0.4969
6.06	0.5533	0.5147	6.76	0.52										

表一-3

x	$O(x)$	$S(x)$	x	$O(x)$	$S(x)$	x	$O(x)$	$S(x)$	x	$O(x)$	$S(x)$	x	$O(x)$	$S(x)$
10.00	0.4999	0.4682	11.00	0.5200	0.4999	12.00	0.4999	0.4735	13.00	0.5205	0.5000	14.00	0.5000	0.4773
10.01	0.5097	0.4697	11.01	0.5272	0.5097	12.01	0.5097	0.4753	13.01	0.5225	0.5097	14.01	0.5096	0.4794
10.02	0.5146	0.4743	11.02	0.5223	0.5146	12.02	0.5146	0.4807	13.02	0.5168	0.5178	14.02	0.5175	0.4895
10.03	0.5256	0.4813	11.03	0.5147	0.5248	12.03	0.5239	0.4887	13.03	0.5083	0.5230	14.03	0.5220	0.4984
10.04	0.5301	0.4902	11.04	0.5084	0.5283	12.04	0.5291	0.4982	13.04	0.4985	0.5244	14.04	0.5223	0.5043
10.05	0.5317	0.5100	11.05	0.4955	0.5284	12.05	0.5251	0.5082	13.05	0.4889	0.5217	14.05	0.5103	0.5134
10.06	0.5301	0.5099	11.06	0.4861	0.5252	12.06	0.5203	0.5169	13.06	0.4782	0.5155	14.06	0.5108	0.5149
10.07	0.5254	0.5187	11.07	0.4763	0.5189	12.07	0.5126	0.5232	13.07	0.4700	0.5067	14.07	0.5013	0.5226
10.08	0.5194	0.5257	11.08	0.4732	0.5184	12.08	0.5031	0.5262	13.08	0.4759	0.4968	14.08	0.4915	0.5209
10.09	0.5095	0.5301	11.09	0.4713	0.5066	12.09	0.4932	0.5254	13.09	0.4792	0.4876	14.09	0.4834	0.5153
10.10	0.4996	0.5315	11.10	0.4722	0.4950	12.10	0.4843	0.5211	13.10	0.4860	0.4801	14.10	0.4784	0.5067
10.11	0.4898	0.5298	11.11	0.4777	0.4821	12.11	0.4774	0.5177	13.11	0.4951	0.4762	14.11	0.4777	0.4968
10.12	0.4810	0.5251	11.12	0.4851	0.4755	12.12	0.4741	0.5144	13.12	0.5050	0.4763	14.12	0.4812	0.4875
10.13	0.4742	0.5179	11.13	0.4944	0.4719	12.13	0.4744	0.4945	13.13	0.5141	0.4803	14.13	0.4898	0.4807
10.14	0.4699	0.5089	11.14	0.5044	0.4713	12.14	0.4783	0.4853	13.14	0.5204	0.4876	14.14	0.4978	0.4776
10.15	0.4637	0.4992	11.15	0.5139	0.4750	12.15	0.4853	0.4783	13.15	0.5240	0.4970	14.15	0.5077	0.4842
10.16	0.4706	0.4922	11.16	0.5215	0.4813	12.16	0.4945	0.4744	13.16	0.5232	0.5069	14.16	0.5160	0.4882
10.17	0.4755	0.4805	11.17	0.5266	0.4893	12.17	0.5044	0.4742	13.17	0.5184	0.5156	14.17	0.5212	0.4927
10.18	0.4829	0.4739	11.18	0.5289	0.4996	12.18	0.5137	0.4777	13.18	0.5106	0.5217	14.18	0.5223	0.5025
10.19	0.4920	0.4698	11.19	0.5269	0.5094	12.19	0.5210	0.4845	13.19	0.5009	0.5241	14.19	0.5190	0.5114
10.20	0.5014	0.4658	11.20	0.5217	0.5161	12.20	0.5253	0.4935	13.20	0.4912	0.5228	14.20	0.5120	0.5189
10.21	0.5116	0.4711	11.21	0.5164	0.5245	12.21	0.5258	0.5034	13.21	0.4826	0.5170	14.21	0.5027	0.5261
10.22	0.5201	0.4762	11.22	0.5090	0.5279	12.22	0.5227	0.5128	13.22	0.4775	0.5086	14.22	0.4928	0.5212
10.23	0.5266	0.4838	11.23	0.4951	0.5279	12.23	0.5162	0.5204	13.23	0.4760	0.4988	14.23	0.4844	0.5160
10.24	0.5303	0.4930	11.24	0.4857	0.5245	12.24	0.5074	0.5249	13.24	0.4745	0.4892	14.24	0.4790	0.5077
10.25	0.5319	0.5030	11.25	0.4782	0.5180	12.25	0.4985	0.5289	13.25	0.4745	0.4815	14.25	0.4778	0.4978
10.26	0.5234	0.5126	11.26	0.4733	0.5093	12.26	0.4900	0.5230	13.26	0.4753	0.4749	14.26	0.4809	0.4884
10.27	0.5229	0.5209	11.27	0.4711	0.4995	12.27	0.4822	0.5168	13.27	0.4765	0.4673	14.27	0.4878	0.4813
10.28	0.5151	0.5271	11.28	0.4737	0.4897	12.28	0.4754	0.5081	13.28	0.4720	0.4797	14.28	0.4915	0.4779
10.29	0.5057	0.5304	11.29	0.4787	0.4813	12.29	0.4742	0.4983	13.29	0.4719	0.4866	14.29	0.5070	0.4768
10.30	0.4957	0.5306	11.30	0.4863	0.4751	12.30	0.4767	0.4807	13.30	0.5236	0.4958	14.30	0.5155	0.4860
10.31	0.4862	0.5276	11.31	0.4962	0.4721	12.31	0.4827	0.4807	13.31	0.5232	0.5058	14.31	0.5209	0.4923
10.32	0.4792	0.5218	11.32	0.5062	0.4726	12.32	0.4927	0.4807	13.32	0.5180	0.5187	14.32	0.5221	0.5021
10.33	0.4724	0.5137	11.33	0.5153	0.4765	12.33	0.5011	0.4742	13.33	0.5112	0.5211	14.33	0.5190	0.5115
10.34	0.4695	0.5042	11.34	0.5220	0.4833	12.34	0.5108	0.4766	13.34	0.5084	0.5238	14.34	0.5121	0.5186
10.35	0.4698	0.4942	11.35	0.5279	0.4922	12.35	0.5188	0.4824	13.35	0.4919	0.5224	14.35	0.5062	0.5210
10.36	0.4733	0.4839	11.36	0.5241	0.5021	12.36	0.5241	0.4908	13.36	0.4835	0.5171	14.36	0.4929	0.5210
10.37	0.4795	0.4771	11.37	0.5254	0.5117	12.37	0.5257	0.5006	13.37	0.4779	0.5089	14.37	0.4884	0.5158
10.38	0.4879	0.4718	11.38	0.5197	0.5199	12.38	0.5235	0.5103	13.38	0.4762	0.4991	14.38	0.4791	0.5074
10.39	0.4976	0.4695	11.39	0.5115	0.5255	12.39	0.5179	0.5185	13.39	0.4787	0.4895	14.39	0.4780	0.4975
10.40	0.5075	0.4703	11.40	0.5014	0.5279	12.40	0.5095	0.5238	13.40	0.4844	0.4817	14.40	0.4813	0.4882
10.41	0.5166	0.4743	11.41	0.4917	0.5267	12.41	0.4997	0.5256	13.41	0.4936	0.4771	14.41	0.4781	0.4812
10.42	0.5248	0.4811	11.42	0.4831	0.5222	12.42	0.4900	0.5216	13.42	0.5035	0.4765	14.42	0.4797	0.4780
10.43	0.5305	0.4896	11.43	0.4754	0.5188	12.43	0.4810	0.5180	13.43	0.5128	0.4801	14.43	0.5076	0.4795
10.44	0.5305	0.4996	11.44	0.4729	0.5086	12.44	0.4763	0.5097	13.44	0.5198	0.4871	14.44	0.5159	0.4887
10.45	0.5290	0.5094	11.45	0.4729	0.4956	12.45	0.4744	0.5000	13.45	0.5234	0.4963	14.45	0.5210	0.4932
10.46	0.5243	0.5133	11.46	0.4757	0.4862	12.46	0.4764	0.4900	13.46	0.5228	0.5063	14.46	0.5218	0.5031
10.47	0.5171	0.5251	11.47	0.4823	0.4786	12.47	0.4819	0.4820	13.47	0.5204	0.5151	14.47	0.5192	0.5124
10.48	0.5081	0.5293	11.48	0.4910	0.4738	12.48	0.4902	0.4764	13.48	0.5104	0.5212	14.48	0.5197	0.5191
10.49	0.4992	0.5303	11.49	0.5003	0.4723	12.49	0.5000	0.4745	13.49	0.5008	0.5236	14.49	0.5014	0.5219
10.50	0.4945	0.5250	11.50	0.5103	0.4744	12.50	0.5097	0.4765	13.50	0.4910	0.5218	14.50	0.4916	0.5203
10.51	0.4970	0.5274	11.51	0.5181	0.4798	12.51	0.5180	0.4820	13.51	0.4820	0.5162	14.51	0.4836	0.5185
10.52	0.4730	0.5151	11.52	0.5263	0.4878	12.52	0.5253	0.4822	13.52	0.4777	0.5077	14.52	0.4759	0.5058
10.53	0.4793	0.5077	11.53	0.4979	0.4974	12.53	0.5354	0.5000	13.53	0.4798	0.4978	14.53	0.4795	0.4999
10.54	0.4771	0.4998	11.54	0.5060	0.5073	12.54	0.5234	0.5097	13.54	0.4798	0.4883	14.54	0.4868	0.4868
10.55	0.4731	0.4863	11.55	0.5223	0.5162	12.55	0.5179	0.5140	13.55	0.4862	0.4810	14.55	0.4901	0.4810
10.56	0.4791	0.4783	11.56	0.5150	0.5231	12.56	0.5096	0.5234	13.56	0.4953	0.4770	14.56	0.4997	0.4781
10.57	0.4873	0.4727	11.57	0.5059	0.5269	12.57	0.4999	0.5253	13.57	0.5053	0.4771	14.57	0.5094	0.4803
10.58	0.4969	0.4701	11.58	0.4957	0.5272	12.58	0.4901	0.5233	13.58	0.5142	0.4814	14.58	0.5172	0.4865
10.59	0.5058	0.4707	11.59	0.4865	0.5259	12.59	0.4819	0.5177	13.59	0.5206	0.4889	14.59	0.5213	0.4955
10.60	0.5160	0.4746	11.60	0.4787	0.5175	12.60	0.4765	0.5093	13.60	0.5234	0.4985	14.60	0.5211	0.5084
10.61	0.5234	0.4813	11.61	0.4741	0.5067	12.61	0.4748	0.4996	13.61	0.5210	0.5083	14.61	0.5165	0.5182
10.62	0.5292	0.4900	11.62	0.4726	0.4990	12.62	0.4769	0.4899	13.62	0.5164	0.5166	14.62	0.5085	0.5200
10.63	0.5299	0.4998	11.63	0.4874	0.4893	12.63	0.4827	0.4817	13.63	0.5081	0.5219	14.63	0.4988	0.5217
10.64	0.5295	0.5076	11.64	0.4980	0.4810	12.64	0.4910	0.4765	13.64	0.4982	0.5233	14.64	0.4893	0.5189
10.65	0.5236	0.5176	11.65	0.4943	0.4753	12.65	0.5008	0.4849	13.65	0.4987	0.5204	14.65	0.4820	0.5122
10.66	0.5152	0.5251	11.66	0.4980	0.4728	12.66	0.5105	0.4772	13.66	0.5085	0.5139	14.66	0.4745	0.5029
10.67	0.5071	0.5270	11.67	0.5079	0.4739	12.67	0.5185	0.4830	13.67	0.4772	0.5088	14.67	0.4794	0.4930
10.68	0.4972	0.5297	11.68	0.5167	0.4785	12.68	0.5236	0.4915	13.68	0.4773	0.4989	14.68	0.4847	0.4866
10.69	0.4876	0.5271	11.69	0.5233	0.4857	12.69	0.5250	0.5014	13.69	0.4815	0.4859	14.69	0.4931	0.4794
10.70	0.4774	0.5214	11.70	0.5264	0.4953	12.70	0.5225	0.5110	13.70	0.4891	0.4795	14.70	0.5030	0.4786
10.71	0.4735	0.5134	11.71	0.5267	0.5052	12.71	0.5165	0.5189	13.71	0.4997	0.4768	14.71	0.5123	0.4822
10.72	0.4706	0.5059	11.72	0.5230	0.5144	12.72	0.5078	0.5238	13.72	0.5084	0.4784	14.72	0.5189	0.4895
10.73	0.4710	0.4939	11.73	0.5162	0.5217	12.73	0.4980	0.524						

表-1-4

x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)
15.00	0.5212	0.5000	16.00	0.5003	0.4801	17.00	0.5187	0.5000	18.00	0.5000	0.4823	19.00	0.5168	0.5000
15.01	0.5194	0.5096	16.01	0.5096	0.4826	17.01	0.5161	0.5095	18.01	0.5094	0.4851	19.01	0.5151	0.5094
15.02	0.5175	0.5171	16.02	0.5169	0.4853	17.02	0.5090	0.5166	18.02	0.5160	0.4925	19.02	0.5062	0.5164
15.03	0.5155	0.5209	16.03	0.5159	0.4880	17.03	0.4994	0.5187	18.03	0.5173	0.5022	19.03	0.4963	0.5163
15.04	0.4934	0.5201	16.04	0.5149	0.5005	17.04	0.4900	0.5158	18.04	0.5173	0.5113	19.04	0.4870	0.5114
15.05	0.4850	0.5149	16.05	0.5140	0.5161	17.05	0.4833	0.5084	18.05	0.5054	0.5168	19.05	0.4833	0.5026
15.06	0.4799	0.5064	16.06	0.5024	0.5197	17.06	0.4811	0.4987	18.06	0.4955	0.5171	19.06	0.4889	0.4928
15.07	0.4792	0.4966	16.07	0.4920	0.5184	17.07	0.4846	0.4894	18.07	0.4871	0.5120	19.07	0.4916	0.4856
15.08	0.4830	0.4874	16.08	0.4840	0.5125	17.08	0.4822	0.4831	18.08	0.4827	0.5031	19.08	0.5012	0.4834
15.09	0.4906	0.4811	16.09	0.4805	0.5035	17.09	0.4920	0.4815	18.09	0.4837	0.4933	19.09	0.5104	0.4869
15.10	0.5003	0.4749	16.10	0.4813	0.4936	17.10	0.5112	0.4851	18.10	0.4899	0.4856	19.10	0.5159	0.4851
15.11	0.5099	0.4814	16.11	0.4867	0.4854	17.11	0.5172	0.4929	18.11	0.4992	0.4824	19.11	0.5159	0.5049
15.12	0.5173	0.4890	16.12	0.4955	0.4858	17.12	0.5188	0.5027	18.12	0.5008	0.4888	19.12	0.5103	0.5131
15.13	0.5209	0.4972	16.13	0.4954	0.4810	17.13	0.5194	0.5118	18.13	0.5130	0.4919	19.13	0.5011	0.5166
15.14	0.5198	0.5071	16.14	0.5137	0.4860	17.14	0.5063	0.5175	18.14	0.5175	0.5016	19.14	0.4916	0.5183
15.15	0.5183	0.5154	16.15	0.5167	0.4960	17.15	0.4965	0.5182	18.15	0.5130	0.5109	19.15	0.4884	0.5070
15.16	0.5057	0.5202	16.16	0.5192	0.5054	17.16	0.4876	0.5138	18.16	0.5050	0.5165	19.16	0.4836	0.4973
15.17	0.4958	0.5206	16.17	0.5186	0.5132	17.17	0.4823	0.5055	18.17	0.4960	0.5170	19.17	0.4880	0.4885
15.18	0.4869	0.5163	16.18	0.5163	0.5186	17.18	0.4820	0.4956	18.18	0.4874	0.5121	19.18	0.4967	0.4837
15.19	0.4808	0.5095	16.19	0.4965	0.5193	17.19	0.4868	0.4870	18.19	0.4820	0.5034	19.19	0.5065	0.4847
15.20	0.4791	0.4987	16.20	0.4875	0.5152	17.20	0.4954	0.4821	18.20	0.4837	0.4936	19.20	0.5140	0.4911
15.21	0.4820	0.4893	16.21	0.4817	0.5071	17.21	0.5033	0.4823	18.21	0.4848	0.4854	19.21	0.5168	0.5006
15.22	0.4890	0.4822	16.22	0.4806	0.4973	17.22	0.5136	0.4875	18.22	0.4991	0.4824	19.22	0.5133	0.5099
15.23	0.4975	0.4792	16.23	0.4884	0.4882	17.23	0.5181	0.4963	18.23	0.5087	0.4844	19.23	0.5053	0.5157
15.24	0.5092	0.4838	16.24	0.4921	0.4821	17.24	0.5174	0.5062	18.24	0.5155	0.4920	19.24	0.4935	0.5159
15.25	0.5161	0.4867	16.25	0.4921	0.4805	17.25	0.5117	0.5183	18.25	0.5174	0.5017	19.25	0.4872	0.5105
15.26	0.5204	0.4957	16.26	0.5012	0.4839	17.26	0.5027	0.5182	18.26	0.5137	0.5108	19.26	0.4835	0.5014
15.27	0.5201	0.5056	16.27	0.5170	0.4915	17.27	0.4929	0.5170	18.27	0.5050	0.5165	19.27	0.4857	0.4918
15.28	0.5152	0.5142	16.28	0.5195	0.5012	17.28	0.4851	0.5109	18.28	0.4997	0.5169	19.28	0.4929	0.4851
15.29	0.5070	0.5196	16.29	0.5164	0.5166	17.29	0.4817	0.5016	18.29	0.4872	0.5118	19.29	0.5027	0.4837
15.30	0.4971	0.5206	16.30	0.5092	0.5172	17.30	0.4835	0.4919	18.30	0.4820	0.5030	19.30	0.5115	0.4881
15.31	0.4879	0.5169	16.31	0.4995	0.5195	17.31	0.4900	0.4885	18.31	0.4840	0.4932	19.31	0.5162	0.4968
15.32	0.4815	0.5094	16.32	0.4940	0.5168	17.32	0.4995	0.4816	18.32	0.4903	0.4856	19.32	0.5151	0.5066
15.33	0.4792	0.4997	16.33	0.4831	0.5077	17.33	0.5091	0.4840	18.33	0.4997	0.4826	19.33	0.5086	0.5140
15.34	0.4817	0.4902	16.34	0.4805	0.5002	17.34	0.5001	0.4918	18.34	0.4919	0.4827	19.34	0.4991	0.5164
15.35	0.4884	0.4828	16.35	0.4830	0.4906	17.35	0.5183	0.5006	18.35	0.5092	0.4853	19.35	0.4899	0.5130
15.36	0.4977	0.4794	16.36	0.4898	0.4834	17.36	0.5153	0.5100	18.36	0.5172	0.5028	19.36	0.4833	0.5069
15.37	0.5075	0.4828	16.37	0.4993	0.4806	17.37	0.5079	0.5165	18.37	0.5131	0.5114	19.37	0.4883	0.4950
15.38	0.5156	0.4864	16.38	0.5089	0.4827	17.38	0.4982	0.5182	18.38	0.5047	0.5167	19.38	0.4900	0.4870
15.39	0.5201	0.4952	16.39	0.5163	0.4894	17.39	0.4890	0.5186	18.39	0.4940	0.5165	19.39	0.4993	0.4836
15.40	0.5200	0.5051	16.40	0.5194	0.4988	17.40	0.4830	0.5068	18.40	0.4867	0.5110	19.40	0.5088	0.4861
15.41	0.5153	0.5138	16.41	0.5175	0.5085	17.41	0.4820	0.4969	18.41	0.4828	0.5020	19.41	0.5151	0.4937
15.42	0.5071	0.5194	16.42	0.5110	0.5160	17.42	0.4862	0.4880	18.42	0.4886	0.4925	19.42	0.5160	0.5035
15.43	0.4975	0.5204	16.43	0.5017	0.5193	17.43	0.4985	0.4826	18.43	0.4913	0.4851	19.43	0.5022	0.5120
15.44	0.4881	0.5168	16.44	0.4920	0.5176	17.44	0.5043	0.4823	18.44	0.5009	0.4828	19.44	0.4925	0.5162
15.45	0.4816	0.5093	16.45	0.4883	0.5113	17.45	0.5129	0.4871	18.45	0.5102	0.4861	19.45	0.4925	0.5166
15.46	0.4794	0.4997	16.46	0.4898	0.5021	17.46	0.4958	0.4958	18.46	0.5161	0.4939	19.46	0.4855	0.5076
15.47	0.4820	0.4901	16.47	0.4883	0.4923	17.47	0.5173	0.5056	18.47	0.5168	0.5038	19.47	0.4838	0.4979
15.48	0.4897	0.4828	16.48	0.4884	0.4846	17.48	0.5138	0.5138	18.48	0.5120	0.5124	19.48	0.4879	0.4890
15.49	0.4990	0.4795	16.49	0.4976	0.4809	17.49	0.5029	0.5180	18.49	0.5032	0.5169	19.49	0.4928	0.4881
15.50	0.5078	0.4810	16.50	0.5074	0.4822	17.50	0.4931	0.5168	18.50	0.4938	0.5159	19.50	0.5062	0.4849
15.51	0.5158	0.4859	16.51	0.5192	0.4862	17.51	0.4853	0.5107	18.51	0.4858	0.5097	19.51	0.5138	0.4892
15.52	0.5201	0.4958	16.52	0.5191	0.4973	17.52	0.4897	0.5014	18.52	0.4820	0.5003	19.52	0.5163	0.5008
15.53	0.5197	0.5057	16.53	0.5179	0.5071	17.53	0.4838	0.4918	18.53	0.4855	0.4908	19.53	0.5129	0.5100
15.54	0.5147	0.5143	16.54	0.5120	0.5153	17.54	0.4910	0.4818	18.54	0.4930	0.4843	19.54	0.5048	0.5156
15.55	0.5063	0.5195	16.55	0.5030	0.5190	17.55	0.5001	0.4819	18.55	0.5027	0.4831	19.55	0.4949	0.5155
15.56	0.4964	0.5201	16.56	0.4931	0.5179	17.56	0.5095	0.4846	18.56	0.5168	0.4958	19.56	0.4869	0.5097
15.57	0.4875	0.5161	16.57	0.4851	0.5121	17.57	0.5162	0.4919	18.57	0.5166	0.4958	19.57	0.4837	0.5004
15.58	0.4813	0.5082	16.58	0.4811	0.5031	17.58	0.5180	0.5016	18.58	0.5162	0.5057	19.58	0.4825	0.4909
15.59	0.4796	0.4995	16.59	0.4820	0.4933	17.59	0.5185	0.5108	18.59	0.5103	0.5137	19.59	0.4942	0.4843
15.60	0.4828	0.4891	16.60	0.4878	0.4852	17.60	0.5067	0.5168	18.60	0.5011	0.5171	19.60	0.5040	0.4843
15.61	0.4899	0.4823	16.61	0.4967	0.4811	17.61	0.4969	0.5178	18.61	0.4975	0.5188	19.61	0.5124	0.4895
15.62	0.4995	0.4796	16.62	0.5066	0.4820	17.62	0.4880	0.5135	18.62	0.4886	0.5077	19.62	0.5162	0.4926
15.63	0.5075	0.4818	16.63	0.5147	0.4877	17.63	0.4827	0.5051	18.63	0.4830	0.4910	19.63	0.5140	0.5082
15.64	0.5166	0.4838	16.64	0.5188	0.4967	17.64	0.4826	0.4953	18.64	0.4870	0.4889	19.64	0.5067	0.5148
15.65	0.5202	0.4975	16.65	0.4898	0.5065	17.65	0.4877	0.4868	18.65	0.4953	0.4836	19.65	0.4969	0.5159
15.66	0.5190	0.5073	16.66	0.5123	0.5186	17.66	0.4965	0.4823	18.66	0.5051	0.4837	19.66	0.4883	0.5127
15.67	0.5132	0.5154	16.67	0.5033	0.5188	17.67	0.5063	0.4831	18.67	0.5133	0.4893	19.67	0.4880	0.5023
15.68	0.5044	0.5198	16.68	0.4935	0.5179	17.68	0.5168	0.4890	18.68	0.5170	0.4988	19.68	0.4856	0.4926
15.69	0.4985	0.5195	16.69	0.4854	0.5123	17.69	0.5179	0.4982	18.69	0.5150	0.5081	19.69	0.4926	0.4856
15.70	0.4854	0.5186	16.70	0.4812	0.5033	17.70	0.5162	0.5079	18.70	0.5080	0.5150	19.70	0.5023	0.4880
15.71	0.4807	0.5162	16.71	0.4821	0.4935	17.71	0.5095	0.5152	18.71	0.4983	0.5169	19.71	0.5111	0.4912
15.72	0.4801	0.4963	16.72	0.4891	0.4873	17.72	0.5001	0.5180	18.72	0.4892	0.5131	19.72	0.5158	0.4893
15.73	0.4822	0.4873	16.73	0.4964	0.4812	17.73	0.4906	0.5153	18.73	0.4837	0.5049	19.73	0.5	

表一—5

x	0(x)	g(x)	x	0(x)	g(x)	x	0(x)	g(x)	x	0(x)	g(x)	x	0(x)	g(x)
20.30	0.5000	0.4881	21.00	0.5152	0.5000	22.00	0.5000	0.4855	23.00	0.5138	0.5000	24.00	0.5000	0.4867
20.01	0.5095	0.4871	21.01	0.5120	0.5093	22.01	0.5092	0.4889	23.01	0.5104	0.5091	24.01	0.5091	0.4903
20.02	0.5151	0.4891	21.02	0.5034	0.5187	22.02	0.5142	0.4973	23.02	0.5107	0.5137	24.02	0.5137	0.4992
20.03	0.5131	0.5049	21.03	0.4894	0.5139	22.03	0.5127	0.5070	23.03	0.4922	0.5114	24.03	0.5102	0.5085
20.04	0.5093	0.5129	21.04	0.4867	0.5073	22.04	0.5053	0.5134	23.04	0.4866	0.5034	24.04	0.5016	0.5131
20.05	0.5000	0.5159	21.05	0.4851	0.4976	22.05	0.4955	0.5137	23.05	0.4877	0.4937	24.05	0.4922	0.5107
20.06	0.4906	0.5128	21.06	0.4897	0.4869	22.06	0.4897	0.5077	23.06	0.4950	0.4871	24.06	0.4870	0.5024
20.07	0.4889	0.5048	21.07	0.4907	0.4850	22.07	0.4857	0.4981	23.07	0.5048	0.4871	24.07	0.4889	0.4928
20.08	0.4850	0.4950	21.08	0.5082	0.4873	22.08	0.4902	0.4894	23.08	0.4935	0.5121	24.08	0.4968	0.4978
20.09	0.4908	0.4871	21.09	0.5143	0.4951	22.09	0.4893	0.4856	23.09	0.5134	0.5032	24.09	0.5065	0.4885
20.10	0.5002	0.4842	21.10	0.5143	0.5069	22.10	0.5086	0.4885	23.10	0.5079	0.5113	24.10	0.5126	0.4961
20.11	0.5095	0.4874	21.11	0.5082	0.5126	22.11	0.5140	0.4967	23.11	0.4985	0.5137	24.11	0.5118	0.5058
20.12	0.5151	0.4954	21.12	0.4897	0.5153	22.12	0.5129	0.5064	23.12	0.4898	0.5092	24.12	0.5064	0.5126
20.13	0.5149	0.5053	21.13	0.4897	0.5110	22.13	0.5056	0.5132	23.13	0.4862	0.5001	24.13	0.4948	0.4121
20.14	0.5099	0.5131	21.14	0.4851	0.5024	22.14	0.4950	0.5138	23.14	0.4897	0.4909	24.14	0.4879	0.5053
20.15	0.4995	0.5158	21.15	0.4866	0.4927	22.15	0.4881	0.5138	23.15	0.4903	0.4864	24.15	0.4876	0.4955
20.16	0.4902	0.5124	21.16	0.4941	0.4861	22.16	0.4857	0.4985	23.16	0.5078	0.4867	24.16	0.4941	0.4882
20.17	0.4888	0.5042	21.17	0.5039	0.4855	22.17	0.4900	0.4897	23.17	0.5134	0.4868	24.17	0.5038	0.4874
20.18	0.4883	0.4944	21.18	0.5120	0.4910	22.18	0.4989	0.4857	23.18	0.5121	0.5065	24.18	0.4935	0.4935
20.19	0.4915	0.4867	21.19	0.5154	0.5004	22.19	0.5088	0.4883	23.19	0.5047	0.5129	24.19	0.5128	0.5032
20.20	0.5010	0.4843	21.20	0.5110	0.5096	22.20	0.5139	0.4864	23.20	0.4950	0.5128	24.20	0.5071	0.5111
20.21	0.5101	0.4879	21.21	0.5032	0.5147	22.21	0.5129	0.5062	23.21	0.4877	0.5062	24.21	0.4975	0.5129
20.22	0.5153	0.4963	21.22	0.4934	0.5135	22.22	0.5059	0.5130	23.22	0.4925	0.4868	24.22	0.4893	0.5076
20.23	0.5185	0.5061	21.23	0.4865	0.5065	22.23	0.4962	0.5134	23.23	0.4925	0.4868	24.23	0.4870	0.4981
20.24	0.5091	0.5135	21.24	0.4895	0.4978	22.24	0.4882	0.5081	23.24	0.5021	0.4865	24.24	0.4977	0.4997
20.25	0.4995	0.5156	21.25	0.4905	0.4884	22.25	0.4858	0.4966	23.25	0.5100	0.4913	24.25	0.5013	0.4849
20.26	0.4895	0.5117	21.26	0.4905	0.4863	22.26	0.4900	0.4898	23.26	0.5137	0.5066	24.26	0.5099	0.4914
20.27	0.4886	0.5031	21.27	0.5090	0.4851	22.27	0.4989	0.4857	23.27	0.5090	0.5066	24.27	0.5131	0.5007
20.28	0.4858	0.4934	21.28	0.5145	0.4962	22.28	0.5088	0.4857	23.28	0.5004	0.5136	24.28	0.5090	0.5095
20.29	0.4925	0.4862	21.29	0.5137	0.5060	22.29	0.5139	0.4965	23.29	0.4914	0.5108	24.29	0.4999	0.5131
20.30	0.5022	0.4845	21.30	0.5070	0.5132	22.30	0.5128	0.5063	23.30	0.4865	0.5024	24.30	0.4909	0.5094
20.31	0.5110	0.4898	21.31	0.4973	0.5147	22.31	0.5058	0.5131	23.31	0.4884	0.4928	24.31	0.4869	0.5005
20.32	0.5155	0.4974	21.32	0.4866	0.5098	22.32	0.4960	0.5137	23.32	0.4962	0.4864	24.32	0.4902	0.4935
20.33	0.5139	0.5073	21.33	0.4851	0.5007	22.33	0.4881	0.5079	23.33	0.5060	0.4877	24.33	0.4949	0.4870
20.34	0.5068	0.5141	21.34	0.4877	0.4913	22.34	0.4854	0.4983	23.34	0.5124	0.4947	24.34	0.5033	0.4894
20.35	0.4970	0.5154	21.35	0.4857	0.4857	22.35	0.4903	0.4896	23.35	0.5126	0.5087	24.35	0.5130	0.4984
20.36	0.4895	0.5105	21.36	0.5057	0.4862	22.36	0.4993	0.4896	23.36	0.5084	0.5120	24.36	0.5105	0.5078
20.37	0.4884	0.5016	21.37	0.5130	0.4928	22.37	0.5087	0.4887	23.37	0.5067	0.5132	24.37	0.5021	0.5129
20.38	0.4856	0.4920	21.38	0.5147	0.5024	22.38	0.5139	0.4970	23.38	0.4887	0.5076	24.38	0.4926	0.5108
20.39	0.4941	0.4856	21.39	0.5160	0.5110	22.39	0.5125	0.5067	23.39	0.4865	0.4980	24.39	0.4872	0.5026
20.40	0.5039	0.4849	21.40	0.5009	0.5188	22.40	0.5052	0.5132	23.40	0.4913	0.4895	24.40	0.4890	0.4930
20.41	0.5121	0.4902	21.41	0.4915	0.5122	22.41	0.4994	0.5135	23.41	0.5000	0.4864	24.41	0.4969	0.4873
20.42	0.5156	0.4994	21.42	0.4858	0.5042	22.42	0.4878	0.5073	23.42	0.5096	0.4903	24.42	0.5066	0.4887
20.43	0.5128	0.5038	21.43	0.4862	0.4944	22.43	0.4860	0.4977	23.43	0.5136	0.4892	24.43	0.5125	0.4965
20.44	0.5050	0.5148	21.44	0.4927	0.4871	22.44	0.4908	0.4892	23.44	0.5106	0.5085	24.44	0.5115	0.5062
20.45	0.4951	0.5148	21.45	0.5074	0.4854	22.45	0.5000	0.4898	23.45	0.5021	0.5134	24.45	0.5040	0.5124
20.46	0.4873	0.5099	21.46	0.5113	0.4900	22.46	0.5092	0.4892	23.46	0.4925	0.5113	24.46	0.4943	0.5117
20.47	0.4884	0.4995	21.47	0.5148	0.4991	22.47	0.5140	0.4978	23.47	0.4869	0.5034	24.47	0.4878	0.5084
20.48	0.4879	0.4903	21.48	0.5121	0.5085	22.48	0.5121	0.5074	23.48	0.4880	0.4937	24.48	0.4881	0.4944
20.49	0.4961	0.4950	21.49	0.5041	0.5142	22.49	0.5044	0.5135	23.49	0.4954	0.4873	24.49	0.4952	0.4874
20.50	0.5054	0.4857	21.50	0.4943	0.5137	22.50	0.4946	0.5111	23.50	0.5052	0.4875	24.50	0.5050	0.4880
20.51	0.5134	0.4921	21.51	0.4870	0.5071	22.51	0.4874	0.5064	23.51	0.5122	0.4942	24.51	0.5119	0.4948
20.52	0.5151	0.5106	21.52	0.4854	0.4975	22.52	0.4863	0.4967	23.52	0.5129	0.5040	24.52	0.5121	0.5046
20.53	0.5113	0.5076	21.53	0.4902	0.4889	22.53	0.4917	0.4880	23.53	0.5069	0.5116	24.53	0.5055	0.5117
20.54	0.5026	0.5153	21.54	0.4853	0.4851	22.54	0.5011	0.4864	23.54	0.4972	0.5132	24.54	0.4958	0.5123
20.55	0.4929	0.5138	21.55	0.5067	0.4881	22.55	0.5100	0.4901	23.55	0.4890	0.5074	24.55	0.4984	0.5058
20.56	0.4861	0.5067	21.56	0.5143	0.4962	22.56	0.5114	0.4900	23.56	0.4886	0.4984	24.56	0.4876	0.4961
20.57	0.4888	0.4970	21.57	0.5135	0.5060	22.57	0.5114	0.5084	23.57	0.4967	0.4898	24.57	0.4938	0.4884
20.58	0.4897	0.4885	21.58	0.5064	0.5131	22.58	0.5032	0.5137	23.58	0.5003	0.4903	24.58	0.5035	0.4884
20.59	0.4907	0.4886	21.59	0.4971	0.5144	22.59	0.4955	0.5125	23.59	0.5094	0.4865	24.59	0.5112	0.4935
20.60	0.5083	0.4869	21.60	0.4887	0.5094	22.60	0.4869	0.5052	23.60	0.5135	0.4891	24.60	0.5125	0.4932
20.61	0.5145	0.4946	21.61	0.4853	0.5002	22.61	0.4867	0.4964	23.61	0.5105	0.5085	24.61	0.5067	0.5110
20.62	0.5148	0.5048	21.62	0.4864	0.4909	22.62	0.4929	0.4876	23.62	0.5020	0.5133	24.62	0.4971	0.5126
20.63	0.5091	0.5124	21.63	0.4967	0.4857	22.63	0.4929	0.4862	23.63	0.4929	0.5112	24.63	0.4891	0.5070
20.64	0.4998	0.5154	21.64	0.5065	0.4868	22.64	0.5110	0.4922	23.64	0.4869	0.5032	24.64	0.4873	0.4974
20.65	0.4905	0.5121	21.65	0.5133	0.4938	22.65	0.5140	0.5005	23.65	0.5055	0.4872	24.65	0.4935	0.4893
20.66	0.4851	0.5039	21.66	0.5143	0.5035	22.66	0.5103	0.5095	23.66	0.4957	0.4872	24.66	0.4928	0.4893
20.67	0.4850	0.4941	21.67	0.5084	0.5117	22.67	0.5016	0.5140	23.67	0.5055	0.4872	24.67	0.5035	0.4883
20.68	0.4924	0.4867	21.68	0.4949	0.5147	22.68	0.4921	0.5116	23.68	0.5124	0.4947	24.68	0.4972	0.4926
20.69	0.5018	0.4847	21.69	0.4904	0.5111	22.69	0.4864	0.5036	23.69	0.5127	0.5085	24.69	0.5127	0.5021
20.70	0.5107	0.4849	21.70	0.4856	0.5025	22.70	0.4874	0.4934	23.70	0.5063	0.5114	24.70	0.4982	0.5128
20.71	0.5152	0.4877	21.71	0.4872	0.4929	22.71	0.4945	0.4871	23.71	0.4968	0.5130	24.71	0.4898	0.5078
20.72	0.5135	0.5074	21.72	0.4946	0.4864	22.72	0.5043	0.4867	23.72	0.4887	0.5072	24.72	0.4872	0.4984
20.73	0.5063	0.5140	21.73	0.4944	0.4860	22.73	0.5120	0.4927	23.73	0.4868	0.4976	24.73	0	

表-1-12

x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)	x	C(x)	S(x)
55.00	0.50548	0.51000	56.00	0.50000	0.49843	57.00	0.50556	0.50000	58.00	0.50000	0.49843	59.00	0.50548	0.50000
55.01	0.49991	0.50557	56.01	0.50557	0.50111	57.01	0.49988	0.50544	58.01	0.50544	0.50111	59.01	0.49991	0.50557
55.02	0.49435	0.49912	56.02	0.50977	0.50373	57.02	0.49477	0.49966	58.02	0.50977	0.50373	59.02	0.49435	0.49912
55.03	0.50226	0.49848	56.03	0.49522	0.49699	57.03	0.50343	0.49846	58.03	0.49600	0.49622	59.03	0.50226	0.49848
55.04	0.50887	0.50374	56.04	0.50339	0.49599	57.04	0.50339	0.50343	58.04	0.50466	0.49771	59.04	0.50887	0.50374
55.05	0.49859	0.50411	56.05	0.50333	0.50866	57.05	0.49850	0.50275	58.05	0.50117	0.50522	59.05	0.49859	0.50411
55.06	0.49866	0.49953	56.06	0.49866	0.50224	57.06	0.49866	0.49866	58.06	0.49866	0.50003	59.06	0.49866	0.49953
55.07	0.50522	0.49774	56.07	0.49866	0.49866	57.07	0.50522	0.49999	58.07	0.50111	0.49866	59.07	0.50522	0.49774
55.08	0.50117	0.50355	56.08	0.50522	0.49997	57.08	0.49866	0.50522	58.08	0.50544	0.50224	59.08	0.49866	0.50117
55.09	0.49953	0.50308	56.09	0.49992	0.50556	57.09	0.49866	0.49777	58.09	0.49866	0.50422	59.09	0.49953	0.50308
55.10	0.50011	0.49942	56.10	0.49866	0.49866	57.10	0.50033	0.49955	58.10	0.49866	0.49955	59.10	0.50011	0.49942
55.11	0.50557	0.50110	56.11	0.50275	0.49511	57.11	0.50336	0.50422	58.11	0.50511	0.49866	59.11	0.50557	0.50110
55.12	0.49991	0.50355	56.12	0.50643	0.50337	57.12	0.49951	0.50226	58.12	0.50000	0.50343	59.12	0.49991	0.50355
55.13	0.49848	0.49772	56.13	0.49866	0.50333	57.13	0.49866	0.49866	58.13	0.49866	0.49992	59.13	0.49848	0.49772
55.14	0.50355	0.49954	56.14	0.49774	0.49866	57.14	0.50556	0.49998	58.14	0.50224	0.49866	59.14	0.50355	0.49954
55.15	0.50339	0.50322	56.15	0.49774	0.49866	57.15	0.49866	0.50556	58.15	0.50343	0.50343	59.15	0.50339	0.50322
55.16	0.49952	0.50322	56.16	0.50000	0.50556	57.16	0.49866	0.49777	58.16	0.49866	0.50333	59.16	0.49952	0.50322
55.17	0.49774	0.49866	56.17	0.49866	0.49999	57.17	0.50333	0.49955	58.17	0.49774	0.49866	59.17	0.49774	0.49866
55.18	0.50556	0.49866	56.18	0.50117	0.49866	57.18	0.50336	0.50422	58.18	0.50544	0.49992	59.18	0.50556	0.49866
55.19	0.50000	0.50357	56.19	0.50550	0.50227	57.19	0.49951	0.50226	58.19	0.49951	0.50226	59.19	0.50000	0.50357
55.20	0.49866	0.49866	56.20	0.49866	0.50444	57.20	0.49866	0.49866	58.20	0.49866	0.49866	59.20	0.49866	0.49866
55.21	0.50111	0.49998	56.21	0.49998	0.49998	57.21	0.50556	0.49999	58.21	0.50322	0.49998	59.21	0.50111	0.49998
55.22	0.50355	0.50222	56.22	0.49866	0.49773	57.22	0.50556	0.50556	58.22	0.50322	0.50322	59.22	0.50355	0.49999
55.23	0.49774	0.50322	56.23	0.50110	0.50544	57.23	0.49866	0.49777	58.23	0.49951	0.49866	59.23	0.49774	0.50322
55.24	0.49957	0.49866	56.24	0.49866	0.50000	57.24	0.50343	0.49866	58.24	0.49951	0.49866	59.24	0.49957	0.49866
55.25	0.50443	0.49866	56.25	0.49866	0.49866	57.25	0.50333	0.50333	58.25	0.50544	0.50000	59.25	0.50443	0.49866
55.26	0.50226	0.50350	56.26	0.50355	0.50110	57.26	0.49950	0.50225	58.26	0.49866	0.50511	59.26	0.50226	0.49866
55.27	0.49866	0.50322	56.27	0.49773	0.50550	57.27	0.49866	0.49866	58.27	0.49866	0.49866	59.27	0.49866	0.49866
55.28	0.49999	0.49866	56.28	0.49950	0.49866	57.28	0.50556	0.50000	58.28	0.50422	0.49866	59.28	0.49999	0.49866
55.29	0.50358	0.49999	56.29	0.49866	0.49866	57.29	0.49866	0.50544	58.29	0.50222	0.50550	59.29	0.50358	0.49999
55.30	0.49992	0.50357	56.30	0.50226	0.50550	57.30	0.49950	0.49774	58.30	0.49866	0.50000	59.30	0.49992	0.50357
55.31	0.49866	0.49866	56.31	0.49866	0.50110	57.31	0.50333	0.49957	58.31	0.50556	0.49866	59.31	0.49866	0.49866
55.32	0.50226	0.49866	56.32	0.49955	0.49866	57.32	0.50343	0.50444	58.32	0.50511	0.50110	59.32	0.50226	0.49866
55.33	0.50556	0.50334	56.33	0.50556	0.50000	57.33	0.49866	0.50225	58.33	0.49866	0.50225	59.33	0.50556	0.50334
55.34	0.49866	0.49866	56.34	0.49866	0.50544	57.34	0.49866	0.49866	58.34	0.49866	0.49866	59.34	0.49866	0.49866
55.35	0.49866	0.49866	56.35	0.49866	0.50544	57.35	0.49866	0.49866	58.35	0.49866	0.49866	59.35	0.49866	0.49866
55.36	0.50556	0.49866	56.36	0.50333	0.49957	57.36	0.49866	0.50544	58.36	0.50000	0.49866	59.36	0.50556	0.49866
55.37	0.50111	0.50556	56.37	0.50333	0.50444	57.37	0.49951	0.49774	58.37	0.49866	0.49955	59.37	0.50111	0.50556
55.38	0.49866	0.50556	56.38	0.49866	0.50225	57.38	0.50333	0.49955	58.38	0.50110	0.49866	59.38	0.49866	0.50556
55.39	0.50556	0.49866	56.39	0.49866	0.49866	57.39	0.50333	0.50544	58.39	0.50443	0.50311	59.39	0.50556	0.49866
55.40	0.50556	0.50110	56.40	0.50556	0.49866	57.40	0.49866	0.50226	58.40	0.49866	0.50355	59.40	0.50556	0.49866
55.41	0.49774	0.50352	56.41	0.49992	0.50556	57.41	0.49992	0.49866	58.41	0.49774	0.49950	59.41	0.49774	0.50352
55.42	0.49952	0.49866	56.42	0.49866	0.49866	57.42	0.50556	0.50556	58.42	0.50556	0.49951	59.42	0.49952	0.49866
55.43	0.50443	0.49866	56.43	0.50226	0.49952	57.43	0.49866	0.50556	58.43	0.49866	0.49951	59.43	0.50443	0.49866
55.44	0.50334	0.50366	56.44	0.50443	0.50333	57.44	0.49866	0.49771	58.44	0.49866	0.49866	59.44	0.50334	0.50366
55.45	0.49866	0.50226	56.45	0.49866	0.50333	57.45	0.50333	0.49611	58.45	0.50322	0.49866	59.45	0.49866	0.50226
55.46	0.49866	0.49866	56.46	0.49774	0.49866	57.46	0.50226	0.50444	58.46	0.50334	0.50443	59.46	0.49866	0.49866
55.47	0.50556	0.49957	56.47	0.50556	0.49866	57.47	0.49866	0.50117	58.47	0.49866	0.50222	59.47	0.50556	0.49957
55.48	0.49999	0.49866	56.48	0.50000	0.50556	57.48	0.49866	0.49866	58.48	0.49992	0.49866	59.48	0.49999	0.49866
55.49	0.49866	0.49997	56.49	0.49866	0.49866	57.49	0.50556	0.50000	58.49	0.50544	0.50000	59.49	0.49866	0.49997
55.50	0.50226	0.49866	56.50	0.50226	0.49866	57.50	0.49774	0.50511	58.50	0.49774	0.50500	59.50	0.50226	0.49866
55.51	0.50443	0.50311	56.51	0.50443	0.50322	57.51	0.49866	0.49677	58.51	0.49866	0.49677	59.51	0.50443	0.50311
55.52	0.49866	0.50322	56.52	0.49866	0.50333	57.52	0.50443	0.49677	58.52	0.50443	0.49677	59.52	0.49866	0.50322
55.53	0.49866	0.49866	56.53	0.49866	0.49866	57.53	0.50226	0.50443	58.53	0.50226	0.50511	59.53	0.49866	0.49866
55.54	0.50556	0.49866	56.54	0.50556	0.49866	57.54	0.49866	0.50110	58.54	0.49866	0.50000	59.54	0.50556	0.49866
55.55	0.50111	0.50556	56.55	0.50000	0.49866	57.55	0.50556	0.50110	58.55	0.50556	0.50222	59.55	0.50111	0.50556
55.56	0.49866	0.50000	56.56	0.49866	0.49774	57.56	0.50544	0.50110	58.56	0.49866	0.50222	59.56	0.49866	0.50000
55.57	0.50000	0.49866	56.57	0.50110	0.49866	57.57	0.49774	0.50443	58.57	0.49866	0.50443	59.57	0.50000	0.49866
55.58	0.50556	0.50110	56.58	0.50556	0.50225	57.58	0.49866	0.49866	58.58	0.49866	0.49955	59.58	0.50556	0.50110
55.59	0.49774	0.50355	56.59	0.49866	0.50443	57.59	0.50556	0.49866	58.59	0.50511	0.49866	59.59	0.49774	0.50355
55.60	0.49952	0.49866	56.60	0.49866	0.49866	57.60	0.50226	0.50511	58.60	0.50033	0.50544	59.60	0.49952	0.49866
55.61	0.50334	0.49866	56.61	0.50556	0.49774	57.61	0.49866	0.50000	58.61	0.49866	0.49866	59.61	0.50334	0.49866
55.62	0.50355	0.50366	56.62	0.50110	0.50544	57.62	0.50000	0.49866	58.62	0.50443	0.50322	59.62	0.50355	0.50366
55.63	0.49866	0.50226	56.63	0.49866	0.50000	57.63	0.50322	0.50110	58.63	0.50443	0.50322	59.63	0.49866	0.50226
55.64	0.49866	0.49866	56.64	0.50000	0.49866	57.64	0.49774	0.50443	58.64	0.49866	0.50226	59.64	0.49866	0.49866
55.65	0.50556	0.49866	56.65	0.50556	0.50110	57.65	0.49866	0.49866	58.65	0.49866	0.49866	59.65	0.50556	0.49866
55.66	0.49866	0.50357	56.66	0.49774	0.50443	57.66	0.50443	0.49773	58.66	0.50544	0.50000	59.66	0.49866	0.50357
55.67	0.49866	0.49866	56.67	0.49866	0.49866	57.67	0.50110	0.50556	58.67	0.49866	0.50522	59.67	0.49866	0.49866
55.68	0.49866	0.49866	56.68	0.49866	0.49866	57.68	0.49866	0.50000	58.68	0.49866	0.49772	59.68	0.49866	0.49866
55.69	0.50443	0.50322	56.69	0.50226	0.50522	57.69	0.50110	0.49866	58.69					

港湾技研資料 No. 21

1965年11月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 白泉社
東京都港区麻布霞町7