

運輸省水産庁建設局 正会員 ○ 村田 進
 海外経済協力基金 “ 永井 康平
 運輸省水産庁建設局 豊島 照雄

1. まえがき 防波堤等による不規則波の回折計算は、計算量が膨大であることから電子計算機を用いる必要があるが、このための計算プログラムが必ずしも一般的なものではないこと等から、簡単な計算図表、即ち回折図が要請されてくる。半無限堤の場合、距離については正弦波相当の有義波波長で無次元化表示することにより、入射波の卓越波向毎に全てのケースを網羅した回折図を作成することが可能であって、実際に作成もされている。一方、南口堤及び島堤の場合は、入射波の卓越波向のほかに南口幅又は堤長が関係してくるので、全てのケースを網羅した回折図を用意するのは困難である。このため、南口堤に直角入射する場合の回折図を作成しておき、斜め入射の場合はこれから近似的に計算する方法も提案されてはいる。²⁾筆者等のうち永井・豊島は、既に、方向分散のみを考慮して簡単に回折係数を概算する手法（分散法）について紹介し、南口部付近を除けば厳密解との一致がよいのを示した。³⁾この度、この考え方を発展させて、半無限堤の回折図だけでなくより簡便にしかも実用上十分な精度で南口堤の回折係数を算出する手法について検討し、更に本手法が島堤の場合にも適用しうると思われるので、ここにその概要を報告することとした。

2. 本手法の考え方 ここで提案する簡易計算法を従来の計算法（半無限堤の厳密解の線型重ね合法で一般に電子計算機を用いる。以下、在来法と略称する。）と比較して示せば表-1の様になる。本手法において、左右半無限堤による不規則波の回折係数 K_1 , K_2 から南口堤（又は島堤）の回折係数 K を求める場合の重ね合は、式(1)により行う。

$$\left. \begin{aligned} K &= \sqrt{K_1^2 + K_2^2} - 1 \text{ ---- 南口堤の場合} \\ K &= \sqrt{K_1^2 + K_2^2} \text{ ---- 島堤の場合} \end{aligned} \right\} \text{---- (1)}$$

ここで半無限堤は図-1の様に取るものとする。式(1)は分散法の場合の連想から求めたものである。まず、防波堤前面の実際の波の方向分布関数については不明な点も多いので、ここでは一応 $\cos^2 \theta$ 型とした。また、防波堤を貫く方向の成分波はこれを無視するという従来の考え方に従う。この前提下で分散法を用いて K_1 , K_2 と K を求めれば、これらの間に式(1)の関係が一般的に成立することが容易に証明される（南口堤の場合の証明については文献4)に詳しい）。この様に、式(1)は数学的に厳密に導出されたものではなく、分散法の場合に成立する関係をいわゆる拡大運用するものであるから、本手法の妥当性を検証するためには、本手法による計算結果を在来法によるものと比較する必要がある。

3. 計算結果の比較 本手法による計算結果を在来法と比較する。ここでは港外波として式(2)の方向スペクトル $D(f, \theta)$ を用いた。

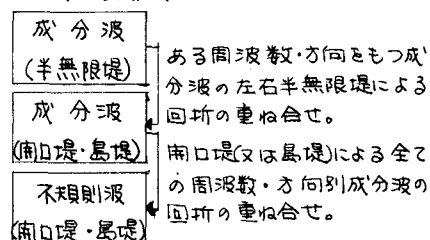
$$D(f, \theta) = F(\theta, \theta_{\max}) \cdot S(f) \text{ ---- (2)}$$

ここで f は周波数、 θ は方向（卓越波向を0）、 $F(\theta, \theta_{\max})$ は方向分布関数、 $S(f)$ は周波数スペクトルで、 $F(\theta, \theta_{\max}) = \frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \theta_{\max}}$

$$\times \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{\theta_{\max}} \right) \text{で} \theta = 1, \text{ 即ち、} F(\theta, \theta_{\max}) = \frac{\pi}{2} \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{\theta_{\max}} \right) \text{ ---- (3)}$$

表-1. 不規則波の回折計算手順

(1) 従来の計算法



(2) 本手法

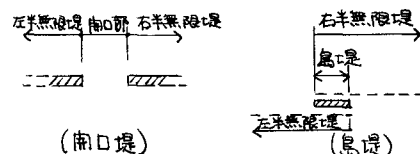
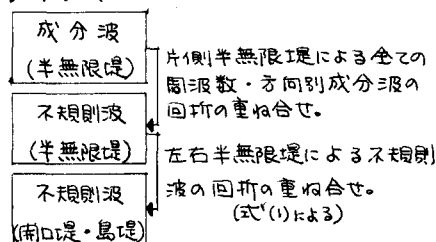


図-1. 左右半無限堤のとり方

S(f)はBretschneider型とする。南口堤の場合の検討結果の1例を図-2に示す。図-2にみられる様に、斜め入射の場合でも実用上はほぼ十分な精度の計算結果が得られている。なお、本稿では割愛したが、直角入射の場合、また B/L がもう少し大きい $B/L=5.0$ の場合も同様な結果が得られた。また、図-3、図-4は島堤の場合に本手法による計算結果と分散法による計算結果とを比較したものであるが、良い一致を示していることが分る。

4. あとがき 本稿で検討した計算手法を用いれば、電子計算機を用いた数値計算を実行しなくても、南口堤による不規則波の回折係数を半無限堤による不規則波の回折図から簡単に、しかも実用上は十分な精度で算定することができよう。また、送堤の場合にも本稿の手法を適用しうるものと思われる。

5. 参考文献 1)永井康平(1972): 不規則な海の波の屈折および回折の計算, 港湾技術報告, Vol.11, No.2, PP47~119. 2)合田良実, 鈴木康正, 高山和司(1976): 不規則波に対する防波堤の回折図について, 第23回海講, 土木学会, PP401~405. 3)永井康平, 田村豊, 豊島照雄(1975): 防波堤による不規則波の回折に関する一考察, 第30回年次学術講, 土木学会, 第2部PP22~23. 4)永井康平, 豊島照雄(1975): 防波堤における波の遮蔽の計算について(第2報)-南口堤への斜め入射不規則波の回折計算法一, 諸般文献KOBEL, Vol.2, No.2, 運輸省第三

港湾建設局神戸調査設計事務所, PP21~44

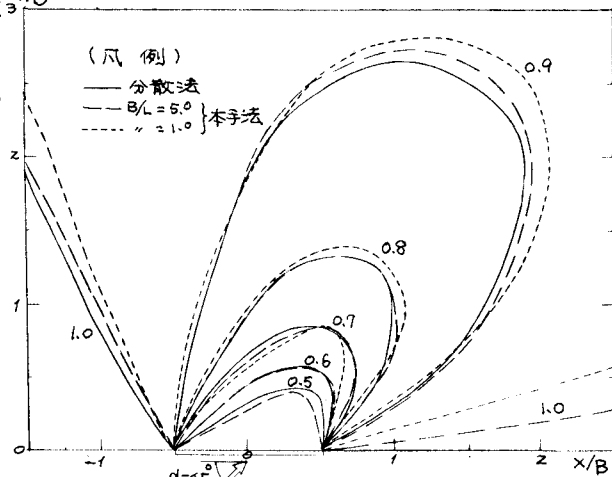


図-3. 計算結果の比較(島堤)

(凡例)
上段: 開口堤による回折係数(在来法)
下段: 半無限堤による回折係数の重ね合せによる回折係数(本手法)

Y/B	0.95	1.07	1.22	1.38	1.55	1.72	1.87	2.00	2.08	2.12	2.12	2.09	2.03
10	0.93	1.11	1.18	1.36	1.53	1.71	1.86	1.98	2.08	2.10	2.11	2.12	2.01
9	0.92	1.05	1.21	1.40	1.60	1.80	1.98	2.12	2.21	2.24	2.23	2.17	2.08
8	0.94	1.08	1.19	1.42	1.53	1.84	1.95	2.14	2.20	2.25	2.25	2.19	2.10
7	0.90	1.03	1.20	1.41	1.64	1.83	2.10	2.26	2.35	2.38	2.33	2.25	2.13
6	0.87	1.06	1.28	1.40	1.60	1.95	2.00	2.32	2.32	2.35	2.37	2.25	2.14
5	0.87	1.00	1.18	1.41	1.68	1.97	2.24	2.43	2.53	2.53	2.44	2.31	2.16
4	0.93	0.97	1.07	1.46	1.70	1.94	2.28	2.42	2.53	2.50	2.45	2.36	2.23
3	0.84	0.96	1.14	1.39	1.72	2.08	2.42	2.65	2.74	2.69	2.55	2.36	2.17
2	0.90	0.91	1.12	1.43	1.71	2.07	2.43	2.66	2.74	2.69	2.59	2.45	2.24
1	0.81	0.92	1.09	1.35	1.73	2.20	2.65	2.93	2.99	2.86	2.63	2.38	2.14
0	0.76	0.97	1.12	1.35	1.71	2.22	2.66	2.89	2.93	2.90	2.66	2.46	2.17
10	0.78	0.88	1.04	1.29	1.72	2.33	2.96	3.31	3.29	3.01	2.66	2.33	2.07
9	0.87	0.84	1.08	1.31	1.70	2.30	2.95	3.31	3.31	3.06	2.68	2.34	2.07
8	0.76	0.85	0.99	1.22	1.65	2.45	3.40	3.84	3.59	3.07	2.59	2.23	1.97
7	0.75	0.83	0.95	1.23	1.65	2.47	3.38	3.86	3.61	3.09	2.58	2.14	1.84
6	0.75	0.83	0.95	1.15	1.53	2.50	4.14	4.60	3.76	2.94	2.42	2.10	1.89
5	0.74	0.82	0.93	1.11	1.53	2.53	4.13	4.63	3.80	2.84	2.24	1.84	1.57
4	0.74	0.82	0.93	1.11	1.43	2.40	4.68	5.32	3.46	2.70	2.33	2.13	1.99
3	0.74	0.82	0.93	1.10	1.42	2.41	5.67	5.35	3.27	2.41	2.04	1.89	1.73
2	0.74	0.82	0.93	1.03	1.41	2.38	5.01	3.77	3.25	2.94	2.72	2.55	
1	0.74	0.82	0.93	1.09	1.41	2.38	5.01	3.77	3.25	2.94	2.72	2.55	
0	0.74	0.82	0.93	1.09	1.41	2.38	5.01	3.77	3.25	2.94	2.72	2.55	

図-2. 計算結果の比較(開口堤) $\alpha=45^\circ, B/L_1=1.0$

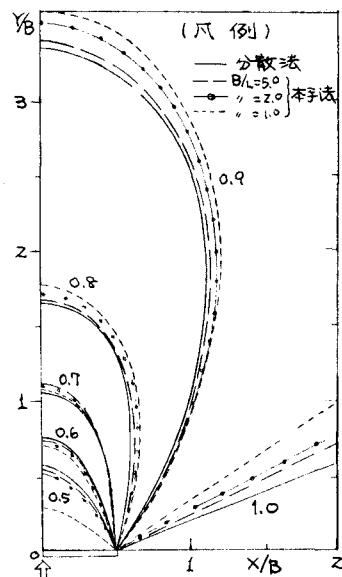


図-4. 計算結果の比較(島堤)