

「仙台新港防波堤の設計波について」

運輸省第二港湾施設工事事務所

○関口雅臣、木暮健一郎、井手忠博

1. 概要

仙台新港の防波堤設計にあたり設計波の検討を行った。通常設計に使用する波の諸元は、20年間以上の実測値によることが望ましいとされている。しかし現地、仙台湾の波浪観測は昭和37年8月からで、この数年間の観測記録を得たのみである。したがって、ここでは過去20年間の既往天気図を用いて波を推算し、それらに対して過去数年間の実測記録から補正を行い設計波を決定することとした。

推算にあたって考慮した点は次の通りである。

- (1) 当地区は、北から東にかけて牡鹿半島に遮蔽される位置にあるので、特にこの方向に著しい冬期風浪は台風時の波と較べて影きようが小さい。したがって異常時の波としては冬期風浪を除外し台風によって起される波のみを考慮することとした。
- (2) 対象期間は、昭和21年から同40年までの20年間とした。
- (3) 天気図は、過去20年間の間で特に当海岸に大きな波をもたらしたと思われる台風時のものを抽出した。

- (4) 推算法は、次の二通りの方法を用いた。(イ) S.M.B法 (ロ) 坂本、井島の方法

2. 沖波の推算

2-1 S.M.B法

2-1-1、天気図による風域と風域内平均風速および風向の決定。

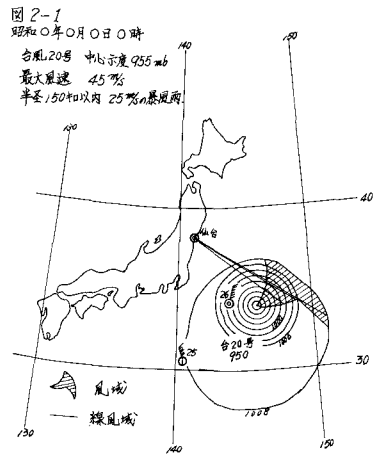
天気図による風域決定は可成の熟練と時間を必要とするので、ここでは原則として次の方法によることとした。

- (1) 風域内の平均風速は、天気図に記入されている風向および風力記号を参考にし、等圧線間隔と曲率から海面風向・風速を推定する。風域は原則として10%以上の風速を示す区域とする。
- (2) 風域の境界は等圧線の配列から決める。即ち推算地点と等圧線上の点とを結ぶ線と風向のなす角度が30°以内の偏角をなす場合には、この点は風域内にあるとする。風向と等圧線のなす角度は台風の場合平均約20°である。

上記仮定により仙台湾に対して影響を与えると考えられる風域を求め例如图2-1である。

2-1-2、風域内の線風域の決定と風下端点および周期下の算定

使用可能な天気図は、気象協会発行の速報天気図(毎日3時と15時のみ)であつたため、風域の時間的変化を考慮することは困難であつた。そこで風域内発生波は減衰域に達するまで一定風域と仮定し、図2-1のように原則として仙台湾より風域内へ3本の線風域を設定した。



風下端の波の算定は各々3本の線風域について、平均風速および吹送距離よりS.M.Bの予報曲線を

4. 設計波の検討

4-1. 予想される沖波

推算結果のうち、波高 $2.0m$ 以上を示す台風を標本として、波高の大きい方から20ケースを抽出し表4-1(S.M.B法の場合)および表4-2(坂本・井島法の場合)に示した。

表4-1 推算結果(SMB法の場合)

台風	年月日	波高(m)	周期(Ts)	波向
4709	22.9.15	2.5	16.2	180°
4821	23.9.16	2.3	13.2	180°
4919	24.10.28	2.7	13.8	180°
5037	25.11.1	3.5	12.1	37°
5415	29.9.26	3.1	9.8	180°
5716	32.10.9	5.4	18.9	167°
5821	33.9.17	3.0	13.7	180°
5822	33.9.27	4.1	12.2	150°
5715	34.9.26	2.6	15.1	180°
6025	35.10.27	3.1	12.9	102°
6104	36.5.27	5.2	11.5	180°
6124	36.10.10	3.2	14.5	180°
6126	36.10.27	3.7	15.2	226°
6212	37.9.18	3.1	15.7	162°
6222	37.10.11	3.8	16.9	132°
6317	38.10.4	3.6	16.5	167°
6517	40.8.21	2.7	16.0	182°
6520	40.9.15	4.1	14.6	122°
6528	40.10.5	3.6	15.8	76°
6530	40.10.20	2.6	14.9	138°

注: 波向は臺北に於て時刻別りに測定値。
Hは $2.0m$ を超過した波高。

表4-2 推算結果(坂本井島法の場合)

台風	年月日	波高(m)	周期(Ts)	波向
4821	23.9.17	5.5	14.0	180°
4910	24.8.31	6.2	17.2	162°
4919	24.10.27	3.7	15.1	180°
5037	25.11.1	4.9	16.2	147°
5313	28.9.24	5.8	16.6	180°
5415	29.9.27	4.1	15.5	180°
5615	31.9.28	3.6	16.5	180°
5716	32.10.10	4.8	15.8	152°
5821	33.9.18	5.3	16.0	150°
5822	33.9.27	3.6	16.5	150°
5715	34.9.27	4.2	15.5	180°
6025	35.10.2	4.5	14.1	155°
6124	36.10.19	6.5	14.0	180°
6212	37.9.19	4.1	14.8	162°
6222	37.10.7	3.7	14.2	152°
6317	38.10.4	4.6	15.8	157°
6517	40.8.21	4.7	15.8	178°
6520	40.9.1	4.3	15.1	122°
6528	40.10.5	4.1	14.7	153°
6529	40.10.10	4.4	15.5	126°

注: 表4-1と同じ。

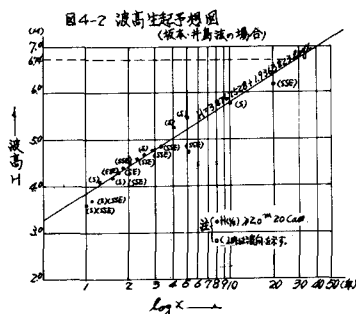
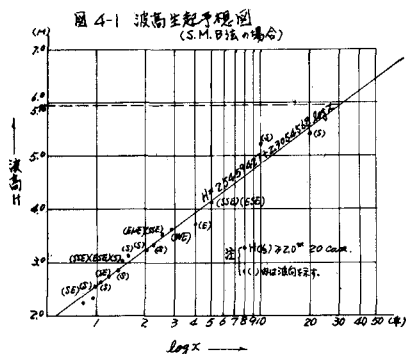
これから20ケースから与えられる各波高 H とそれが1回発生すると考えられる期間 X 年との関係を半対数座標系に表すと図4-1および図4-2のようになる。これより H と X の関係は次式によって表わされる。

$$H = \alpha + \beta \log X$$

但し、 H : X 年に1回発生する波高(m)

X : 任意の波高が1回発生する期間(年)

α および β : 定数。



したがって20ケースについて、 H および X を式に代入して得られる20個の方程式より最小二乗法により α および β を決定し次式が得られる。

(S.M.B法の結果に対して) $H = 2.5459427 + 2.3054568 \cdot \log X$

(坂本・井島法の結果に対して) $H = 3.8767528 + 1.9363823 \cdot \log X$

設計条件として用いられる波の諸元を与える場合は、通例30年生起確率により決定する。従って図4-1および図4-2または前式より $X=30$ として下記の波高の発生が推定される。

(S.M.B法の結果に対して) $H = 5.95m$

(坂本・井島法の結果に対して) $H = 6.74m$

4-2 予想される防波堤前面の波

4-1において予想される沖波の高度をもって推定を行った。ここでは波向、周期についても考慮した沖波が、屈折および水深(浅水度)の影響を受けて防波堤前面に達した場合の波の諸元を求めた。

推算した各ケースの波向別出現率および周期別出現率を示せば表4-3および表4-4の通りとなる。

表4-3 波向別出現率

波向別	S	SSE	SE	その他	計
S.M.B法の場合	47.4	15.8	15.8	21.0	100.0
坂本・井島法の場合	41.2	47.0	5.9	5.9	100.0

表4-4 周期別出現率

周期別(sec)	9'~11.0	11'~13.0	13'~15.0	15'~17.0	17.0~	計
S.M.B法の場合	5.0	20.0	40.0	30.0	5.0	100.0
坂本・井島法の場合	0.0	20.0	75.0	5.0	0.0	100.0

以上より、表4-5の諸元を有する沖波を仮定した。これにより防波堤前面(水深-10'附近)において予想される波の諸元は、表4-6に示す通りとなった。

表4-5 沖波の諸元

推定法	波高 ^m	波向	周期 ^{sec}
S.M.B法の場合	6.00	S	12
			14
		SSE	12
			14
坂本・井島法の場合	6.75	S	12
			14
		SSE	12
			14

表4-6 水深-10'における設計波諸元

推定法	沖波				防波堤前面の波			
	波高 ^m	波向	周期 ^{sec}	屈折係数 K_r	浅水係数 K_s	波高 ^m	波向	周期 ^{sec}
S.M.B法の場合	6.00	S	12	0.54	1.05	3.40	N 152° S	12
			14	0.65	1.10	4.29	N 153° S	14
		SSE	12	0.74	1.05	4.66	N 144° S	12
			14	0.70	1.10	4.62	N 138° S	14
坂本・井島法の場合	6.75	S	12	0.54	1.05	3.84	N 152° S	12
			14	0.65	1.10	4.83	N 153° S	14
		SSE	12	0.74	1.05	5.25	N 144° S	12
			14	0.70	1.10	5.20	N 138° S	14

(注) 沖波の高: H, 防波堤前面波高 H' とすると次式が成立する。

$$H' = K_r \cdot K_s \cdot H \text{ (m)}$$

5 まとめ

既に述べてきたように、設計波の推算について、ここでは二つの方法をもって比較検討してみた。その結果は防波堤前面で0.4~0.6m程度S.M.B法より坂本・井島の法による場合の方が大きな波高を与えている。これは前述の推定値と実測値の比較でも示されたように、波高の増加にもなっており、坂本・井島の法が実測値より大きな推定値を与える傾向がそのまゝ現れたと見て良いであろう。但し、この点については台風時の実測値として波高が3.00mを越えるような資料を今後蓄積して、推定値との比較をすることにより実証的裏付けをより確実ににするつもりである。