

II-319 ケーン式混成防波堤の近似最適設計

東海大学 海洋学部 正真 菅野 一

1. はしがき

最適設計法は非線形によるものが多く発表されているが、複雑かつ収束性に問題があるので今回発想を変え、繰返し計算を主とするものを近似最適設計法として考えた。本法は各設計諸元にくわいの刻みを与え、すべての組合せについて、設計と工費積算を行ない最少の工費が得られるような寸法組合せを求めるものである。

2. 近似最適設計の実施

計算の概略の流れは、図-1に示す。図-2はケーン式混成防波堤の一般図である。

図-1 流れ図

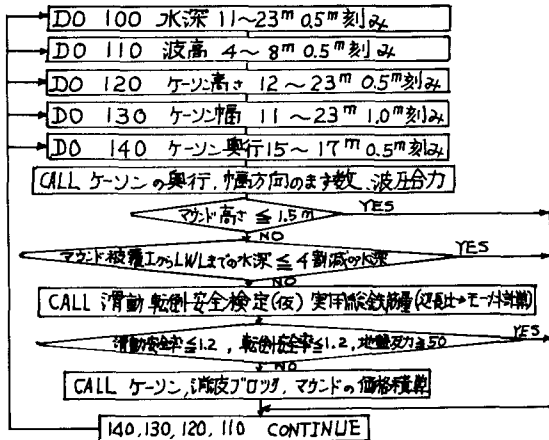
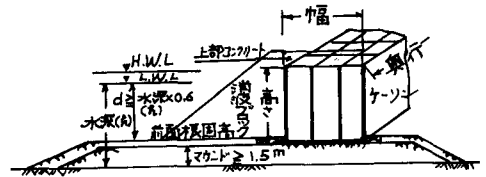


図-2 ケーン式混成防波堤一般図



*積算

$$C = \sum_{k=1}^n S_k \cdot U_k \quad C: \text{純工事費} \quad S: \text{I種別数量}$$

n ; 変数(水深、波高等 n 個)

$$U_k = \left[\sum_{l=1}^m (SU)_l \cdot (UN)_l \right]$$

l ; I種別材料労力の名称数 (m 個)

SU ; I種別材料労力名称 UN ; I種別材料単価

今回対象範囲として、比較的大形に属するもの、水深11~23、波高4~8mをとった。砂質地盤を対象とした。各種文献および現在施工中の混成堤を調査し、ケーンについては高さ12~23、幅11~23、奥行15~17、側壁厚0.4~0.6、隔壁厚0.2~0.4、底板厚0.6~0.9m、天端高については+3.6~+7.6mとした。側壁、隔壁および底板の厚さは全体の安全を考慮し制限を設け、水深、波高、ケーン高、幅、厚さおよび奥行の各組合せについて、安定計算を行ない、安全でないものを除外した。次に浮揚時、掘付時および完成時の荷重を求め、側壁、隔壁については水平に3段、底板については、2x3の6ブロックに分け、各最大曲げモーメントを求める。鉄筋計算は概の計算法による係数表を記憶させておき、対応する曲げモーメントにより、正負の両側、XYの方向別、法線平行、直角別に単鉄筋で求める。計算鉄筋量に対し、あらかじめ段階的に歪とピッチを与えたものと照合し、モーメント量に応じた使用鉄筋量を計算する。以上のようにして求めた鉄筋と型枠、コンクリート捨石その他を物価表により、また労力は標準歩掛表により積算して直接工事費を求める。これらすべての組合せについて実行し、最少の工費となる一組の諸元をもって近似最適断面とした。制限条件として、マウンドの捨石厚は1.5m以上、前面根固高さを衝撃砕波の発生を避け、水深の60%より大きくした。前面捨石部の肩幅、被覆部のブロック等については、技術基準を参考にした。

3. 結果と考察

混成堤の近似最適計算結果より、消波ブロックの有無別に抜粋すると表-1、表-2のようになり、同一波高で水深が増加するにつれ、全波圧、ケーン幅、高さおよび工事費は増加の傾向にあるが、マウンド高さ、奥行、滑動安全率および端圧には、一定の方向性がみられない。これは各条件に適する諸元が工事費の積算に関し、複雑な増減がからみ合うことによると考えられる。次に本法の実用性を検討するために、波高、水深など類似の4港湾を選び、現存堤に対し天端高、水深および波高を合わせ、近似最適計算を行ない、マウンド高、ケーン諸元がわか

うなけ法になるかを調べたものが表-3である。A, B, D港は予想どおり寸法について、かなりの差がみられ、工費費については、すべて近似最適計算の方が数%少なくなっている。C港については奥行を除き、幅、高さおよびマウンド高が同一の数値になり、単価もほとんど同じになった。近似最適計算法の観点から考えるかぎり、C港は4港中

表-1 消波ブロックを有する混成堤の計算結果

波高(m)	水深(m)	全波圧(t/m)	ラッド厚(m)	ケーソン					滑動安全率	端部支圧(t/m ²)	消波ブロック重(t)	工事費(円/m)
				縦封	横封	幅(m)	奥行(m)	高さ(m)				
4	11	53.6	2.6	3	3	11.0	16.0	11.5	2.06	32.3	8	723
	14	57.8	3.6	3	3	11.0	16.0	13.5	2.18	39.4	8	880
	17	59.1	5.1	3	3	11.0	16.0	15.0	2.34	44.1	8	1048
	20	61.4	6.1	3	3	12.0	16.0	17.0	2.72	43.0	8	1262
	23	61.8	7.6	3	3	12.0	16.0	18.5	2.90	47.1	32	1462
6	11	82.6	2.6	3	3	12.0	15.0	12.0	1.52	40.2	32	179
	14	86.8	3.6	3	3	13.0	15.0	13.5	1.61	46.6	32	913
	17	88.8	5.1	3	3	14.0	16.0	15.0	1.87	43.1	32	1107
	20	92.3	6.1	3	3	14.0	16.0	17.0	2.62	47.8	32	1297
	23	95.0	7.1	3	3	15.0	17.0	19.0	2.32	48.9	50	1530
8	11	109.2	2.6	3	3	15.0	17.0	12.0	1.22	45.7	50	772
	14	114.9	3.6	3	3	16.0	16.5	13.5	1.40	42.7	50	983
	17	117.9	5.1	3	3	16.0	17.0	15.0	1.52	46.8	50	1159
	20	125.4	5.6	3	3	17.0	17.0	17.5	1.77	48.7	50	1381
	23	123.7	7.6	3	3	17.0	16.5	18.5	1.91	49.9	50	1589

表-2 消波ブロックの無い滑成堤の計算結果

波高(m)	水深(m)	全波圧(t/m)	ラッド厚(m)	ケーソン					滑動安全率	端部支圧(t/m ²)	工事費(円/m)
				縦封	横封	幅(m)	奥行(m)	高さ(m)			
4	11	71.9	1.6	3	3	11.0	16.0	12.5	1.64	36.9	481
	14	78.9	2.1	3	3	11.0	16.0	15.0	1.74	47.6	559
	17	83.8	2.6	3	3	12.0	16.0	17.5	2.03	48.2	670
	20	92.4	1.6	3	3	14.0	16.0	21.5	2.54	48.8	782
	23	90.0	3.6	3	3	14.0	16.0	22.5	2.72	50.0	961
6	11	107.8	1.6	3	3	13.0	15.0	12.5	1.20	44.1	530
	14	121.6	1.6	3	3	14.0	16.0	15.5	1.39	49.8	631
	17	125.8	2.6	3	3	15.0	16.5	17.5	1.60	48.5	765
	20	131.5	3.1	3	3	16.0	17.0	20.0	1.86	49.9	896
	23	132.9	4.1	3	3	17.0	16.5	22.0	2.13	49.7	1057
8	11	142.3	1.6	3	4	19.0	16.0	12.5	1.23	29.2	663
	14	160.8	1.6	3	3	17.0	17.0	15.5	1.20	26.7	715
	17	170.5	2.1	3	4	18.0	16.0	18.0	1.40	48.5	842
	20	184.0	1.6	3	4	20.0	17.0	21.5	1.71	49.6	992
	23	170.4	5.1	3	4	19.0	16.0	21.0	1.73	49.5	1160

もっとも最適計算値に近いといえる。本法は刻み幅、安全率その他条件の設定に依る改善の余地がある。しかし現在慣行のマウンド高さとケーソン幅の組合せを段階的に変化させてやる概略計算と異なり、奥行、鉄筋その他を含めた全設計を岸および葎草のすべてを実行させるこの中から最少の工事費を与える寸法諸元を算出せば、最適解に近づくと考えられる。ただし今回とりあげなかった円弧すべりによる基礎計算、ハウチ付設および前面、後面側壁厚さの不同などの計算が追加の場合、計算量が相当多くなるのでさらに電算機の容量増大が望まれる。本方式は理論的に単純であり、設計方法が確立されてい

表-3 現存堤近似最適計算値の比較

項目	A 波高17.8m水深24m		B 波高6.3m水深16m		C 波高13m水深15m		D 波高13.4m水深13.4m	
	現存堤	近似最適	現存堤	近似最適	現存堤	近似最適	現存堤	近似最適
ケーソン幅(m)	20.5	21.0	16.0	14.0	15.0	15.0	17.0	17.0
〃 奥行(m)	14.0	17.0	15.0	15.5	15.0	16.0	15.0	17.0
〃 高さ(m)	19.0	21.0	14.5	14.0	11.5	11.5	10.0	12.5
〃 側壁厚(cm)	45.0	45.0	40.0	40.0	50.0	40.0	40.0	45.0
〃 隔壁厚(cm)	20.0	20.0	20.0	20.0	30.0	20.0	20.0	20.0
〃 底版厚(cm)	65.0	60.0	70.0	60.0	70.0	65.0	60.0	65.0
マウンド高(m)	7.5	5.5	3.7	4.2	4.4	4.4	4.4	1.9
波力(t/m)	176.0	189.8	101.3	98.7	134.0	134.0	146.8	170.9
滑動安全率	1.89	1.92	2.12	1.86	1.43	1.42	1.32	1.30
端部支圧(t/m ²)	44.8	49.2	40.38	48.83	58.9	59.3	36.1	47.1
直立部重量(t/m)	1002.5	1109.2	637.5	543.5	562.0	559.0	569.3	657.1
マウンド価格(円/m)	754.2	610.1	371.6	372.8	410.4	410.4	817.6	214.1
ケーソン価格(円/m)	745.1	811.0	480.4	413.5	448.7	448.7	469.0	522.0
混成堤価格(円/m)	1499.3	1421.1	1189.1	1078.5	1054.5	1053.5	786.6	736.9

るものは、ほとんどすべての場合に適用される可能性がある。