

湾水振動における長方形港湾理論の現地への適用について

徳島大学工業短期大学部 正員 村上仁士
岡山市役所 正員 〇鈴木一光

1. まえがき : 現地港湾の副振動現象に関する応答振動特性と把握するための方法として、現地観測、模型実験ならびに数値解析がよく用いられる。しかし、これらの方法には経済性的問題および特定のモデルに対する特性は得られるものの解としての一般性がないという問題が常に付随する。一方、単純な港湾モデルに基づく湾水振動理論を用いれば、簡単な計算によって応答振動特性を比較的容易に把握でき、固有周期および共振時の波高増幅率も同時に知ることができ。ここでは、現地港湾と一様水深の長方形港湾にモデル化したのち、理論と適用し、その有用性を検討する。

2. 長方形港湾の振動特性 : 図-1に示すように、単純な長方形港湾モデルとして、水底の形態を①湾内外を通じ一様水深とする場合、②湾内の底勾配を考慮する場合、および③湾口で水深が急変している場合の3つに分類する。図-2は各水底形態①、②および③に相当する理論による応答振動特性と比較した一例である。また、ここには示していないが、基本モードに対して、湾の形状比、防波堤、入射波高および湾口水深が共振時の波高増幅率および共振周期に及ぼす影響について各水底形態の振動特性の比較を行なった。その結果、湾内における

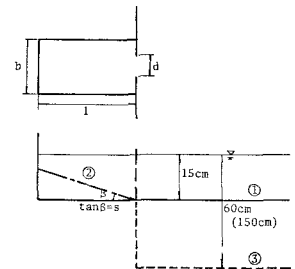


図-1 長方形港湾モデル

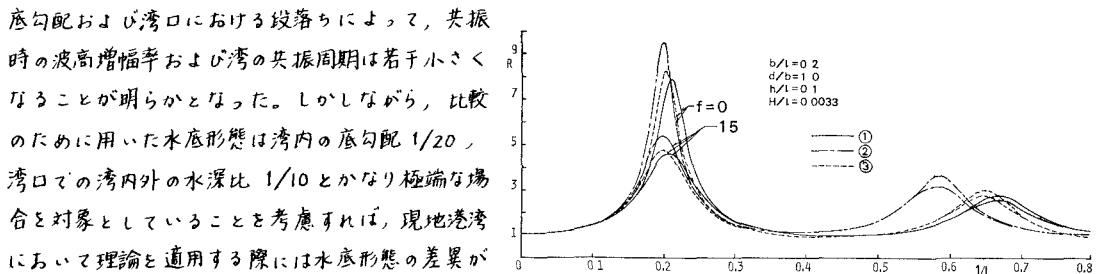


図-2 応答振動曲線

底勾配および湾口における段落ちによって、共振時の波高増幅率および湾の共振周期は若干小さくなることが明らかとなった。しかしながら、比較のために用いた水底形態は湾内の底勾配 1/20、湾口での湾内外の水深比 1/10 とかなり極端な場合を対象としていることを考慮すれば、現地港湾において理論と適用する際には水底形態の差異が振動特性に及ぼす影響は比較的小さいように思われる。なお、これら3つの理論解の妥当性に関し

ては実験を行ない検証している。また、防波堤の現実的な形状として外海に突出している場合の湾水の応答振動を実験的に調べた結果、湾奥の波高増幅率および共振周期に及ぼす防波堤突出の影響は小さく、防波堤が外海に突出していない場合の理論を用いてもほとんど問題はないことを確認している。

3. 現地港湾のモデル化と理論の適用 : (1) モデル化の手法 — 一様水深長方形港湾理論と現地港湾に適用するにあたり、まず各現地港湾をモデル化しなければならない。ここでは、次のような方法でモデル化を行なう。

1) 比較的単純な形状としている湾——まず湾軸を決定し、それに垂直になるように湾口部(湾口幅)を決め、湾口から湾奥までの湾軸の長さを湾長とする。また、港湾の水面積を算定し、これと湾長で割った値を平均湾幅とし、湾口幅で割った値を湾口幅対応湾長とする。2) L字形をしている湾——まず湾口部から折曲部、および折曲部から湾奥までの湾軸を決定し、1)と同様に湾口部(湾口幅)を決定する。湾軸に沿う湾口から湾奥までの長さを湾長とし、さらに湾口から折曲部までの湾軸の延長上に湾奥が位置するように、折曲部と中心として湾奥を回転させる。

表-1 港湾モデル

No	湾 長	湾 幅	水 深
1-1	湾口から湾奥までの長さ	平均湾幅(湾内面積を湾長で割った値)	湾内平均水深
1-2	"	"	湾口平均水深
1-3	"	"	湾口最大水深
2-1	"	湾口幅	湾内平均水深
2-2	"	"	湾口平均水深
2-3	"	"	湾口最大水深
3-1	湾口幅(湾奥から湾内面積を湾長で割った値)	"	湾内平均水深
3-2	"	"	湾口平均水深
3-3	"	"	湾口最大水深

以下は 1) と同様である。3) 複雑な形状としている湾……湾軸がさきわめて不明瞭な湾に関しては、湾口部の決定を先に行ない、それから湾軸を決定する。以下、1)あるいは2)と同様である。表-1は、ここで取り扱う一様水深長方形港湾モデルをとりまとめて示したものである。(2) 那佐湾

のモデル化と理論の適用 — 図-3は、上記の方法によって那佐湾をモデル化したようすを表わしたものである。表-2は、理論と適用した結果で、基本モードおよび2次モードの共振周期および共振時の波高増幅率を表わしている。表中の λ は水深 h 、入射波高 H およびエネルギー損失係数 λ を含むパラメータで、 $\lambda = 4\pi h / 3\pi k$ で表わされる。ここで、 λ の値としては、伊藤ら²⁾と同様に1.5を採用し、

参考までに $\lambda = 0$ (エネルギー損失無視)の場合についても計算し()内に示している。那佐湾の固有周期はおよそ20~22分および7~8分であることがわかっていて、この値に近い共振周期を示すモデルはNo.1-1およびNo.2-1である。これに対し、湾口部

最大水深を用いているNo.1-3およびNo.2-3は非常に小さい共振周期と与え不適当であるといえよう。(3) 釜石湾のモデル化と理論の適用 — 図-4は、釜石湾をモデル化したようすを示している。形状が複雑なのでモデル化は困難であるが、岩崎の実験との比較のため、図に示すような湾口を採用している。表-3は、理論と適用した結果を示している。岩崎は模型実験および数値実験を行ない、基本モードの固有周期は約20分であると指摘しているが、この値に近い共振周期を示すモデルはNo.1-2、No.2-2およびNo.3-2であり、これらが湾口部の平均水深を用いたモデルであるのに対し、湾口部の最大水深を採用したモデルは那佐湾の場合と同様にすべて共振周期が小さくなりすぎる。図-5は、図-4に示すNo.2-2のモデルの1次共振点近傍の応答振動特性を表わし、岩崎の行った実験結果も示している。模型実験が実現象を正しく表わしているものとすれば、理論値は若干小さい値を示すものの共振点をも含めて比較的よく表現している。

4. まとめ: 土佐清水港、大船渡湾および両石湾にも適用した結果、湾口から湾奥までの長さと湾長とし、湾口幅と湾幅とし、水深としては湾内ないしは湾口の平均的な水深を採用すれば応答振動特性とある程度推定でき、固有周期の概算ができることがわかったが、今後さらに多くの理地港湾への適用を行ない、より普遍的なモデル化の手順を見出し、実用化がすすめられることが望まれる。最後に、本研究にあたり、貴重な文献を数多く提供していただいた東北大学岩崎敏夫教授に厚く感謝します。

—参考文献— 1) 村上仁士・野口英二: 湾水振動における防波堤開口部の波のエネルギー損失について, 第23回海岸工学講演会論文集, PP.416-421, 1976. 2) 伊藤春行ら: 長周期波に対する防波堤の効果に関する計算(第1報~第6報), 港湾技術研究所報告, 1962-1970. 3) 岩崎敏夫: 昭和48年度釜石湾湾調査(津波模型実験)報告書, 1974. 4) 岩崎敏夫: 昭和51年度津波上調査報告書, 1977.

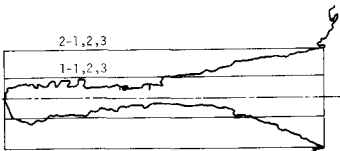


図-3 那佐湾のモデル化

表-2 那佐湾の振動特性

No	b/l	λ	(1/L) _R		共振周期(分)		波高増幅率	
			1st.	2nd.	1st.	2nd.	1st.	2nd.
1-1	0.13	0.0019(0)	0.22(0.22)	0.68(0.68)	21.5(21.5)	6.9(6.9)	9.4(11.2)	3.8(3.8)
1-2	0.13	0.0010(0)	0.22(0.22)	0.68(0.68)	15.2(15.2)	4.9(4.9)	10.1(11.2)	3.8(3.8)
1-3	0.13	0.0006(0)	0.22(0.22)	0.68(0.68)	12.4(12.4)	4.0(4.0)	10.4(11.2)	3.8(3.8)
2-1	0.32	0.0019(0)	0.20(0.20)	0.65(0.65)	23.9(23.9)	7.3(7.3)	5.2(5.4)	1.9(1.9)
2-2	0.32	0.0010(0)	0.20(0.20)	0.65(0.65)	17.0(16.9)	5.2(5.2)	5.1(5.4)	1.9(1.9)
2-3	0.32	0.0006(0)	0.20(0.20)	0.65(0.65)	13.9(13.8)	4.2(4.2)	5.3(5.4)	1.9(1.9)

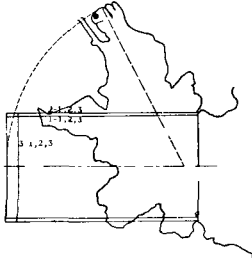


図-4 釜石湾のモデル化

表-3 釜石湾の振動特性

No	b/l	λ	(1/L) _R		共振周期(分)		波高増幅率	
			1st.	2nd.	1st.	2nd.	1st.	2nd.
1-1	0.54	0.045(0)	0.17(0.18)	0.61(0.61)	24.9(24.0)	0.7(0.7)	2.7(3.6)	1.4(1.4)
1-2	0.54	0.029(0)	0.17(0.18)	0.61(0.61)	19.9(19.4)	5.7(5.6)	2.9(3.6)	1.4(1.4)
1-3	0.54	0.019(0)	0.18(0.18)	0.61(0.61)	16.0(15.7)	4.6(4.6)	3.1(3.6)	1.4(1.4)
2-1	0.56	0.045(0)	0.17(0.18)	0.60(0.61)	25.1(24.2)	1.7(1.7)	2.7(3.5)	1.3(1.3)
2-2	0.56	0.029(0)	0.17(0.18)	0.61(0.61)	20.1(19.5)	5.7(5.7)	2.9(3.5)	1.3(1.3)
2-3	0.56	0.019(0)	0.17(0.18)	0.60(0.61)	16.1(15.8)	4.6(4.6)	3.0(3.5)	1.4(1.4)
3-1	0.59	0.045(0)	0.17(0.18)	0.59(0.60)	24.3(23.3)	6.9(6.7)	2.6(3.4)	1.3(1.3)
3-2	0.59	0.029(0)	0.17(0.18)	0.60(0.60)	19.3(18.8)	5.5(5.4)	2.8(3.4)	1.3(1.3)
3-3	0.59	0.019(0)	0.17(0.18)	0.60(0.60)	15.5(15.2)	4.4(4.4)	3.0(3.4)	1.3(1.3)

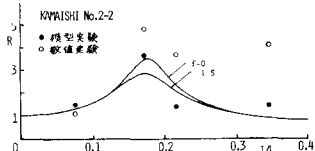


図-5 応答振動曲線