

大阪湾大規模海洋構造物の設計波浪

Design waves for large-scale offshore structures in Osaka bay

酒井哲郎^{*}、富永圭司^{**}

Tetsuo Sakai, Keiji Tominaga

The effects of the course of typhoon on the design wave height are examined at two locations in the Osaka bay. The existing data of the hind-casted wave height are utilized. At Nada offshore near the bay head, the 50 years design wave height generated by the typhoons proceeding westside of the bay is larger than that by the typhoons proceeding eastside. At Kashii river offshore along the east coast, the design wave height by those proceeding eastside is larger than that by those proceeding westside. This is opposite to predicted from the wind velocity difference between east and west halves of typhoon.

Keywords : design wave height, Osaka bay, typhoon course

1 まえがき

最近大阪湾の有効利用に関連して、すでに数多くの埋立が行われまた予定されている水深15m以浅の沿岸域ではなく、湾中央部の開発が構想されている。半閉鎖性の大規模湾の環境に対して、その生態系の果たす役割が大きく、しかも水深15m以浅の浅海域での底生生物の存在が重要であるという指摘もあり、湾中央部の杭式あるいは浮体式の構造物は時宜を得たものとも言える。ここでは大阪湾中央部の構造物の設計波浪を検討する第一歩として、従来の種々の大阪湾浅海域での開発にともなって検討された設計波浪を再検討し、とくに台風のコースと50年確率波高との関係を議論する。

2. 従来の大阪湾での設計波浪の調査

大阪湾での設計波浪の調査としては、関西国際空港の建設に伴う環境影響評価の1つとして、波浪に対する影響の調査（運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室、1980、論文中引用記号“A”、表-1参照）の中で、現状での大阪湾のいくつかの地点での50年確率波高が計算されている。またそれが、空港の建設に際しての設計波浪として用いられている（（株）関西国際空港、1986）。

表-1 4つの調査の略記号

	調査報告書名	年	実施者
A	大阪湾南部海岸性状調査報告書	1980	運輸省第三港湾建設局 関西国際空港調査室
B	波浪推算調査報告書	1983	大阪湾広域臨海環境整備センター
C	大阪湾奥部開発保全調査報告書	1984	第三港湾建設局
D	大阪湾波浪推算報告書	1987	兵庫県

しかし、それ以外にも少なくとも5つの調査がある（日本気象協会関西支部鈴木善光氏より）。すなわち運輸省第三港湾建設局・港湾技術研究所（1970）、運輸省第三港湾建設局（1972）、大阪湾広域臨海環境整備センター（1983、論文中引用記号“B”）、運輸省第三港湾建設局（1984、論文中引用記号“C”）、兵庫県（1987、論文中引用記号“D”）である。

これらの調査では、波浪推算法は有義波法とスペクトル法がある。計算領域は、大阪湾内と湾外を含めたものがある。計算格子網の格子間隔は2.5mから6.1mである。対象期間は調査実施年以前であり、調査によ

* 正会員 京都大学工学部 教授 土木工学教室（〒606 京都市 左京区 吉田本町）

** 学生会員 京都大学大学院工学研究科 修士課程学生 土木工学専攻

表-2 4つの調査で対象とした台風

	A	B	C	D		A	B	C	D
4102	○	○			6213	○	○		
4114	○	○			6214	○	○		○
4217	○	○			6303	○	○		
4416	○	○			6309	○	○		
4420	○	○			6414	○	○		
4516枕崎	○	○			6420	○	○	○	○
4520阿久根	○	○			6515	○	○		
4707	○	○			6523	○	○	○	○
4906	○	○			6524	○	○		
5028ジェーン	○	○			6619	○	○		
5029	○	○			6624	○	○	○	○
5106			○	○	6626	○	○		
5115ルース	○	○	○	○	6718	○	○		
5202	○	○			6734	○	○		
5302			○	○	6804				○
5313	○	○			6810			○	○
5405	○	○	○	○	6909		○		
5412	○	○	○	○	7002		○		
5415洞爺丸	○	○	○	○	7009			○	
5522			○	○	7010				○
5526	○	○			7119			○	○
5609	○	○	○	○	7123		○	○	○
5612	○	○			7209			○	○
5705			○	○	7416				○
5710	○	○			7506		○	○	○
5817	○	○	○	○	7803			○	○
5906	○	○		○	7818		○		○
5915伊勢湾	○	○	○	○	7916		○	○	○
5916	○	○			7920				○
6011	○	○			8013			○	○
6012	○	○	○	○	8213				○
6016	○	○		○	8219				○
6118室戸2	○	○	○	○	8410				○
6207	○	○		○					

っては年数が異なる。また対象台風数も14から50までである。なお対象は、すべて台風に限られている。これは、大阪湾最大波高が主として台風によって生じることを考慮したものである。

表-2は、このうち1980年以降の4つの調査“A”から“D”で対象とした台風を示したものである。表から分かるように、調査によって目的が異なるため対象とした台風に相違がある。

3. 設計波高に対する台風のコースの効果

高潮の極値統計においては、台風のコースによって発生する高潮に相違があることが分かっている（河田恵昭，1987）。これは台風の中心から東半分は危険半円と呼ばれ風が強いこと、一方西側は可航半円と呼ばれて風が弱いことによる。すなわち大阪湾の場合、湾の西側を台風が通過した場合は大阪湾は危険半円側となり高潮の偏差も大きくなる。一方湾の東側を通過した場合は、大阪湾は可航半円側となり高潮の偏差も小さくなる。波浪の場合は、その地点に応じて吹送距離が異なるため、高潮のように単純に大阪湾の西側を通過した台風による波高が大きくなるとは言えない。

台風のコースの波高に対する効果については、関西国際空港の環境影響評価（運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室，1980）において、波向き別の50年確率波高を求めており、間接的には台風のコースの影響を調べている。ここでは表-1に示した4つの調査結果を用いて、設計波高に及ぼす台風のコースの効果調べる。

すなわち4つの調査のうち少なくとも2つの調査で共通して波浪推算がなされている地点を選ぶ。1つの調査結果を用いても検討は出来るが、コースに分けることによって統計資料数が減少することを避けるため、2つの調査の結果を一緒に用いる。まず1つの地点として湾奥部灘沖を選ぶ。この付近では、もっとも近い2点として調査“B”のA地点と調査“C”の0210地点がある。両者の距離は、約2kmである。もう1つの地点として、泉南海岸の榎井川沖を選ぶ。この付近では、もっとも近い2点として調査“A”の12地点と調査“C”の0610地点がある。両者の距離は、約1kmである。

2地点とも、いずれかの調査で推算をおこなっている台風とその結果を取り上げる。両方の調査で推算を行っている台風の場合は、両者の推算値の平均を取る。こうして取り上げた台風について、そのコースを調べて大阪湾の西側と東側を通過した台風に分ける。台風のコースにつ

表-3 灘沖での台風コース別推算波高順位

東側通過台風		西側通過台風	
順位	波高 (m)	順位	波高 (m)
1	2.87	1	3.87
2	2.16	2	3.42
3	2.09	3	3.31
4	1.93	4	3.1
5	1.8	5	2.93
6	1.7	6	2.9
7	1.68	7	2.87
8	1.44	8	2.79
9	1.41	9	2.75
10	1.39	10	2.66
11	1.34	11	2.55
12	1.21	12	2.5
13	1.19	13	2.32
14	1.14	14	2.3
15	1.1	15	2.23
16	1.0	16	2.16
17	0.97	17	2.09
18	0.9	18	2.0
19	0.89	19	1.97
20	0.89	20	1.93
21	0.84	21	1.9
22	0.78	22	1.88
23	0.67	23	1.8
24	0.63	24	1.78
25	0.52	25	1.7
26	0.5	26	1.7
		27	1.7
		28	1.68
		29	1.61
		30	1.6
		31	1.44
		32	1.2
		33	1.15
		34	1.14
		35	1.12
		36	0.99
		37	0.97
		38	0.86
		39	0.82

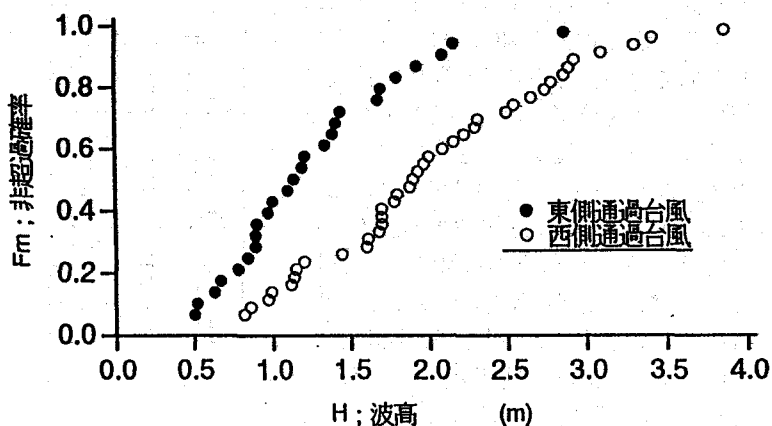


図-1 灘沖での台風コース別の推算波高の非超過確率

いては、過去の台風の規模や経路をまとめている2つの文献によった(日本気象協会(1973)および Japan Meteorological Agency(1992))。大阪湾の上を通過した台風については、東側通過台風、西側通過台風のいずれにも入れた。

(1) 灘沖

関係する台風の期間は、昭和16年の台風4102号から昭和55年の台風8013号までの60台風である。表-3は、これらの台風を大阪湾の東側と通過したものと西側を通過したものに分け、波高の大きい順に並べたものである。両方の台風の数を加えると65となるのは、大阪湾の上を通過した台風を両方に入れたからである。表から明らかなように、この地点に関しては、高潮の場合と同様に大阪湾の西側を通過した台風の方が大きな波高を発生している。

図-1は、西側と東側に分けた波高と非超過確率の関係である。非超過確率の計算では、表-3の極値波高群がWeibull分布の $k = 2.0$ の極値分布に従うものとした(合田良実, 1988)。本来は、波高とその基準化変量との相関係数を求めてその最大のものを最適分布として採用する必要がある。また、むしろGumbel分布を採用すべきとの意見もあるが、ここでは関西国際空港の環境影響評価(運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室, 1980)と同じ分布を採用した。計算に必要なデータ総個数としては、波高0.5m以下のものおよび調査によって波高が計算されていないものも含めている。

図-2は、非超過確率から基準化変量を計算し、波高との関係を図示したものである。また両者の関係に最も近い直線も求めている。さらに50年確率波高に対する非超過確率を求め、それに対する基準化変量から直線関係を用いて50年確率波高を求めた。その結果灘沖においては、大阪湾の東側を通過する台風に関しては2.5m、西側通過台風に関しては3.9mとなった。西側通過台風による波高の方が大きくなる傾向は高潮の場合と一致するが、灘沖の地点は、元々東の風の吹送距離が西の風のそれよりはるかに長いとも関係していると思われる。

(2) 樫井川沖

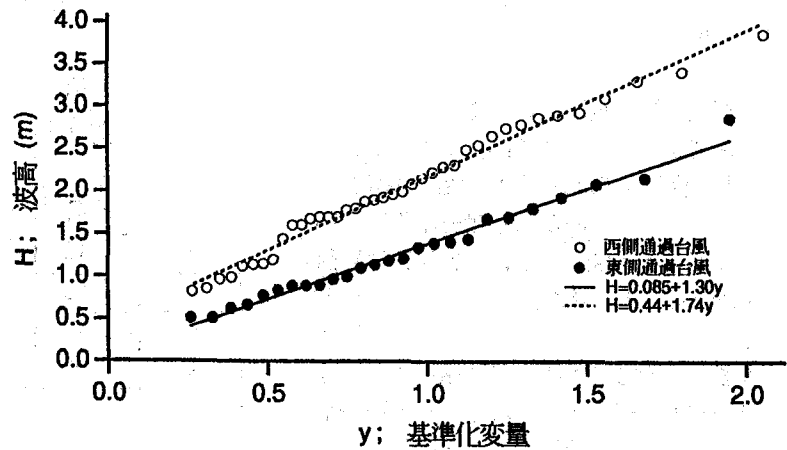


図-2 灘沖での台風コース別の確率波高と基準化変量

表-4 樫井川沖での台風コース別推算波高順位

東側通過台風

順位	波高 (m)
1	3.18
2	2.92
3	2.4
4	2.18
5	2.16
6	2.04
7	2.02
8	1.96
9	1.9
10	1.83
11	1.77
12	1.68
13	1.65
14	1.62
15	1.6
16	1.45
17	1.39
18	1.15
19	1.1
20	1.1
21	0.96
22	0.87
23	0.8
24	0.69

西側通過台風

順位	波高 (m)
1	2.92
2	2.4
3	2.24
4	1.91
5	1.86
6	1.86
7	1.8
8	1.77
9	1.74
10	1.7
11	1.7
12	1.69
13	1.65
14	1.6
15	1.6
16	1.6
17	1.59
18	1.58
19	1.5
20	1.5
21	1.45
22	1.29
23	1.1
24	0.94
25	0.9
26	0.8
27	0.69
28	0.68

順位	波高 (m)
29	0.66
30	0.55
31	0.51

関係する台風は、昭和16年から昭和55年までの57台風である。通過経路ごとに順位付けされた表-4を見ると、東側通過台風による最大波高が西側通過台風による最大波高よりもやや大きい。なお東西の台風の数を加えると55と少なくなっているのは、波高0.5m以下の台風を無視したからである。

図-3および4は、灘沖の図-1および2と同じものである。計算された台風通過経路別の50年確率波高は東側通過台風の場合が3.0mに対し、西側通過台風の場合は2.8mとなった。

この傾向は高潮の場合の傾向と逆であるが、榎井川沖の地点の東西の吹送距離を比較すれば理解できる。すなわち東側通過台風の風向きである西側の吹送距離は、西側通過台風の風向きである東側の吹送距離よりはるかに長いためである。すなわち榎井川沖では、台風自体の東西の半円の風の強さの効果より、その地点の吹送距離の相違の効果の方が大きいことを示している。

以上2地点は、いずれも大阪湾の浅海域に位置している。その場合には吹送距離の効果が無視できないが、湾中央部の場合には、東西の吹送距離の相違はあまりないため、高潮の場合と同じ傾向が生じる可能性がある。

4. あとがき

昭和16年から昭和55年の間の台風による大阪湾での推算波高のデータを用いて、大阪湾沿岸の2地点での50年確率波高に対する台風のコース（すなわち台風が大阪湾の東西どちらを通過したか）の効果を検討した。

- 1) 湾奥の灘沖では、大阪湾西側を通過した台風による50年確率波高のほうが、東側を通過した台風によるものより大きい。
- 2) 東海岸の榎井川沖では、大阪湾東側を通過した台風による50年確率波高のほうが、西側を通過した台風によるものより大きい。これは高潮の場合の台風のコースの効果と逆であり、波浪の場合は湾内での位置による吹送距離の相違の効果の方が確率波高にとって支配的であることを意味する。

5. 参考文献

- 運輸省第三港湾建設局・港湾技術研究所(1970):大阪湾波浪の統計的推算。
 運輸省第三港湾建設局(1972):大阪湾の波浪推算。
 運輸省第三港湾建設局関西空港調査室(1980):大阪湾南部海岸性状調査報告書。
 運輸省第三港湾建設局(1984):大阪湾奥部開発保全調査報告書。

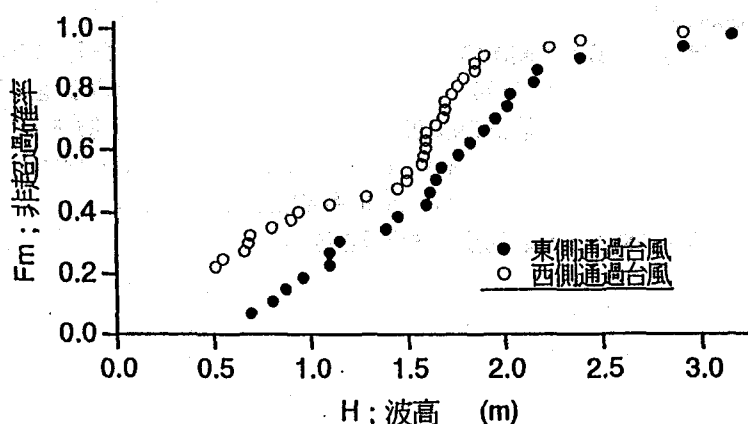


図-3 榎井川沖での台風コース別の推算波高の非超過確率

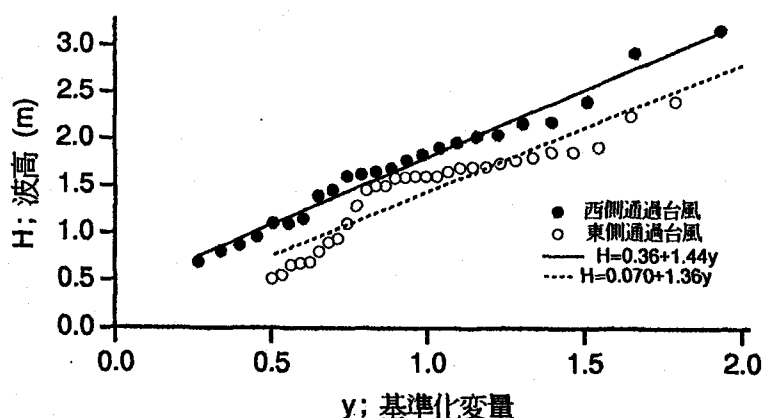


図-4 榎井川沖での台風コース別の確率波高と基準化変量

大阪湾広域臨海環境整備センター（1983）：波浪推算報告書。

河田恵昭（1987）：高潮の極値統計，水工学シリーズ 87-B-7，土木学会水理委員会。

関西国際空港（株）（1986）：関西国際空港建設事業公有水面埋立免許願書。

合田良実（1988）：波浪の極値統計解析，水工学シリーズ 88-B-6，土木学会水理委員会。

Japan Meteorological Agency（1992）：Tropical cyclone tracks in the western north Pacific.

日本気象協会（1973）：1940～1970 台風経路図 30 年集。

兵庫県（1987）：大阪湾波浪推算報告書。