

2) エネルギー平衡方程式への回折項の導入

a) 回折項の定式化

放物型波動方程式を基にして回折項を定式化し、エネルギー平衡方程式に導入することを考える。基本的な放物型波動方程式は、以下のように書くことができる。

$$2ikCC_g A_x + i(kCC_g)_x A = (CC_g A_y)_y = 0 \quad (16)$$

式(16)に A の共役複素数を乗じたものと、式(16)全体の共役複素数に $*$ を乗じたものを加えて、すなわち、 $\{式(16) \times A^*\} + \{式(16)^* \times A\}$ を求めると、

$$\left(C_g |A|^2 \right)_x - \frac{i}{2\omega} \left\{ (CC_g |A|_y)_y - 2CC_g A_y A_y^* \right\} = 0 \quad (17)$$

が得られる。上式が成り立つためには

$$\left(C_g |A|^2 \right)_x = 0 \quad (18) \quad (CC_g |A|_y)_y - 2CC_g A_y A_y^* = 0 \quad (19)$$

である。

式(18)はエネルギーの保存式を表し、式(19)は回折によるエネルギーの釣り合いを示している。波エネルギーは $E \propto |A|^2$ であり、式(18)及び式(19)の左辺第1項は E で表現できるが、第2項の $A_y A_y^*$ は E で表現できない。そこで、 $A = ai + b$ として得られる $A_y A_y^*$ の表示式ができるだけ同じになるように $E_{yy}/4$ と近似する。したがって式(19)は

$$(CC_g E_y)_y - CC_g E_{yy} / 2 \cong 0 \quad (20)$$

となる。

いま、式(18)の左辺が式(13)の左辺と比べ、エネルギー E を方向スペクトル S とみなす。そして、ほぼゼロである式(20)の E を S として式(13)の右辺に加えると、モデル方程式として次式を得る。

$$\frac{\partial(v_x s)}{\partial x} + \frac{\partial(v_y s)}{\partial y} + \frac{\partial(v_\theta s)}{\partial \theta} = \left(C_g |A|^2 \right)_x - \frac{k}{2\omega} \left\{ (CC_g \cos^2 \theta S_y)_y - \frac{1}{2} CC_g \cos^2 \theta S_{yy} \right\} - \varepsilon_y s$$

ここで、 k は回折項に関する影響係数である。すなわち、式(20)のようにこの項は完全にゼロにはならないのでこの影響係数によって回折項を調整する。この項は個別にはほぼゼロとなるが、差分化に当たって左辺の S へと達成するため、拡散項の役目を果たすことになる。放物型近似方程式は、波の伝播方向(ほぼ x 軸方向)に垂直な方向に回折効果を導入することができる。ここでは多方向不窺則波の成分波のそれぞれに回折効果を導入しようとするものである。それぞれの成分波の伝播方向は元軸とは異なり、その分 $\cos \theta$ の重みがついている。

b) 数値計算法

成分波はすべて岸に向かって伝播するとする。図 2-9 のような要素中央部における方向スペクトルと矢印で示した特性速度の定義点の元で、風上差分を用いて式(21)を差分化すると、以下の式が得られる。

$$A_1 S_n^{ijk} + A_2 S_n^{i(j-1)k} + A_3 S_n^{i(j+1)k} + A_4 S_n^{ij(k-1)} A_5 S_n^{ij(k+1)} = -BS_n^{(i-1)jk} \quad (22)$$

ここで、 A_1 および A_2 はそれぞれ x 軸および y 軸方向の格子番号、 A_3 は周波数番号、 A_4 は波向番号を表し、 $A_1 \sim A_5$ および B は次のようである。

$$A_1 = v_{x_n}^{ijk} / \delta x + \varepsilon_{\theta_n}^{ij} + \frac{\kappa}{2\omega_n \delta y^2} \left\{ (CC_g)^{i(j+1)k} + (CC_g)^{ijk} - (CC_g)^{i(j+1/2)k} \right\} \cos^2 \theta_k \quad A_4 = \begin{cases} -v_{\theta_n}^{ijk} / \delta \theta & (v_{\theta_n}^{ijk} \geq 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} \geq 0) \\ -v_{\theta_n}^{ijk} / \delta \theta & (v_{\theta_n}^{ijk} \geq 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} < 0) \\ 0 & (v_{\theta_n}^{ijk} < 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} \geq 0) \\ 0 & (v_{\theta_n}^{ijk} < 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} < 0) \end{cases} \quad (27)$$

$$+ \begin{cases} v_{y_n}^{i(j+1)k} / \delta y & (v_y \geq 0) \\ -v_{y_n}^{ijk} / \delta y & (v_y < 0) \end{cases} \quad (23) \quad A_5 = \begin{cases} 0 & (v_{\theta_n}^{ijk} \geq 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} \geq 0) \\ v_{\theta_n}^{ij(k+1)} / \delta \theta & (v_{\theta_n}^{ijk} \geq 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} < 0) \\ 0 & (v_{\theta_n}^{ijk} < 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} \geq 0) \\ v_{\theta_n}^{ij(k+1)} / \delta \theta & (v_{\theta_n}^{ijk} < 0, v_{\theta_n}^{ij(k+1)} < 0) \end{cases} \quad (28)$$

$$A_2 = \frac{\kappa}{2\omega_n \delta y^2} \left\{ -(CC_g)^{ijk} + \frac{1}{2} (CC_g)^{i(j+1/2)k} \right\} \cos^2 \theta_k + \begin{cases} -v_{y_n}^{ijk} / \delta y & (v_y \geq 0) \\ 0 & (v_y < 0) \end{cases} \quad (24)$$

$$A_3 = \frac{\kappa}{2\omega_n \delta y^2} \left\{ -(CC_g)^{i(j+1)k} + \frac{1}{2} (CC_g)^{i(j+1/2)k} \right\} \cos^2 \theta_k + \begin{cases} 0 & (v_y \geq 0) \\ v_{y_n}^{i(j+1)k} / \delta y & (v_y < 0) \end{cases} \quad (25)$$

$$B = -v_{x_n}^{ijk} / \delta x \quad (26)$$

ここで、 δ_x および δ_y は x 軸および y 軸方向の格子間隔である。

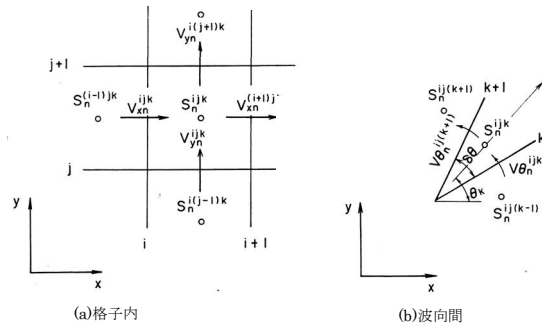


図 2-9 成分波のエネルギーの流出入

式(22)の右辺の $S_n^{(i-1)jk}$ は既知であり、周波数成分 n に対して、 $j=1 \sim J, k=1 \sim K$ の $J \times K$ 個の連立方程式を解くことによって S_n^{ijk} を求めることができる。すなわち、沖波条件として所定方向スペクトルを与え、境界条件を考慮して前進的に S_n^{ijk} を求めていく。計算された S_n^{ijk} を用いて、有義波高 $H_{1/3}$ 、有義周期 $T_{1/3}$ 、平均波向き $\bar{\theta}$ を以下の式で求める。

$$H_{1/3} = 4.0 \sqrt{m_0} \quad (29)$$

$$T_{1/3} = T_0 \sqrt{m_0 / m_2} / \bar{T}_0 \quad (30)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \theta_k S_n^{ijk} / m_0}{\sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K S_n^{ijk} / m_0} \quad (31)$$

ここで

$$m_i = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K f_n^i S_n^{ijk} \quad (32)$$

である。 T_0 および \bar{T}_0 はそれぞれ沖波の有義周期と平均周期である。砕波減衰項は、高山らの定式化を用いる。

計算について、橋梁建設による影響を評価するためには、橋脚を的確に表現する必要がある。そのため、橋脚周辺を 5m メッシュで表現することとした。図 2-10 に計算領域の節点配置図を示す。

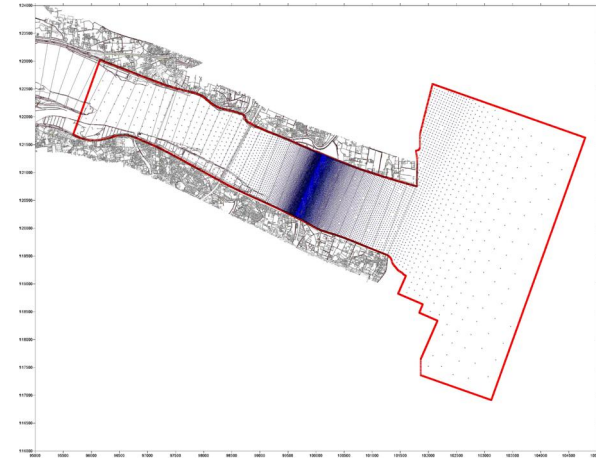


図 2-10 計算領域の節点配置図

図 2-11 は、計算時間内での水位変動を出力するポイントであり、海側と河川の中央部および(仮)東環状大橋の上下流、沖の州水門を計算結果を出力するようにした。

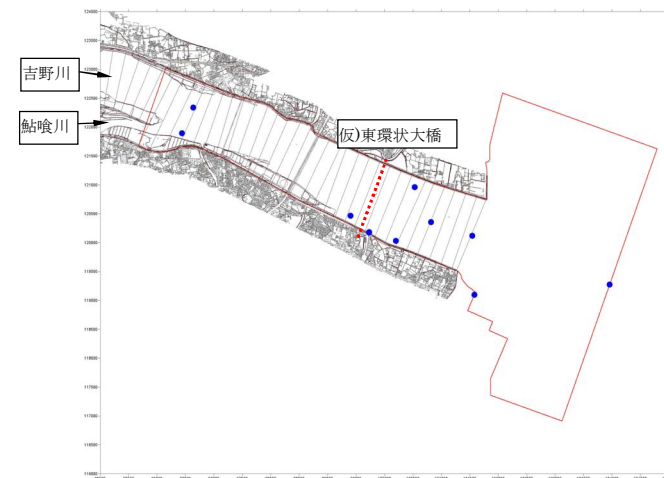


図 2-11 解析結果の出力ポイント

次に、パラメータチューニングについて示す（3-17頁）。

a) 数値粘性係数、タイムステップ

前節で示したとおり潮流解析では計算を簡略化するために集中質量行列 \overline{M}^e を用いる。しかし、2段階陽的スキームでは、人工的に導入される粘性が大きすぎて実際に計算で得られる流速結果が解析解より小さくなることが知られている。そこで、計算を安定するために導入された人工粘性をゼロにすることはできないが極力影響の少ないものにするために、集中係数 \overline{M}_{ap}^e の代わりに、混合比 ε を用いて

$$\tilde{M}_{ap}^e = \varepsilon \overline{M}_{ap}^e + (1 - \varepsilon) M_{ap}^e$$

として計算を行う。

ε は 0~1 の間で 1 に近いほど望ましいが計算が不安定となるため、試行錯誤的に妥当な値を設定する必要がある。本解析では 0.92~0.96 の間で検討を行い、全ての計算ケースで発散しない 0.92 を採択することとした。

一方、タイムステップ dt は、

$$dt < \frac{dx}{6} \sqrt{\frac{2}{gh}} \quad \text{および} \quad \frac{dx}{L} < 0.05$$

(h : 水深, L : 代表長さ)

を満たす必要がある。なお、これらの条件は必要条件であり十分条件ではないため、洪水計算等ではさらに小さく見積もる必要がある。本解析条件では、 $dt=0.15$ 程度で上式を満たすが、計算ケースによっては発散することがあるため、 $dt=0.1$ で解析を行った。

b) 粗度係数、底質粒度

マニング粗度係数については、 $n=0.025\sim 0.035$ で検討した。国土交通省による一次元洪水流解析での結果を参考に $n=0.0275$ を採択することとした。

また、流砂計算に必要な底質の代表粒径 d については、現地観測の結果をもとに 0.2~0.4mm の範囲で検討し $d=0.3\text{mm}$ を採択することとした。

次に解析条件を示す。

(1) 洪水流量

洪水流量は、上流端の流量境界には中央橋流量観測点の実測流量をスプライン関数で補間して与え、海境界での水位は小松島港における潮位観測データを与えた。この際、海境界の南端と北端とで、潮汐の伝播速度を考慮し位相差が生じるように与えた。図 2-12 は台風 10 号から台風 23 号までの吉野川河口の流量と降水量を表した図である。流量計算は吉野川中央橋流量から旧吉野川流量を差し引

いた値としている。計算の結果、5000m³/s を超える大出水に注目して、計算時間を 120 時間として解析を行った。したがって、解析の対象とした台風は台風 0410 号、0416 号、0421 号、0423 号である。

流砂量の境界条件には、上流端、海境界とも平衡流砂量を与え、河床変動が起こらないものとして扱っている。

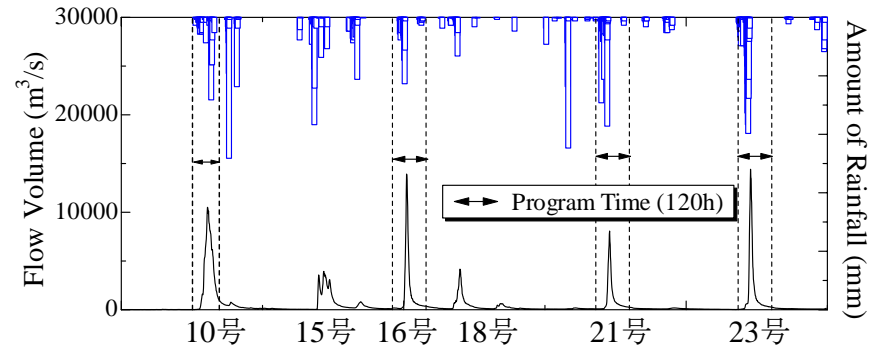


図 2-12 台風発生による流量と洪水量

(2) 波浪条件

地形変動解析の初期値として与える波浪による底面摩擦速度を得るために、平面波浪解析を行った。2001 年から 2004 年までの間に徳島県小松島観測所で測定された主波向、沖波有義波高、沖波有義波周期の頻度分布図を図 2-13 から図 2-15 に示す。これらの図から、沖合より進入する主波向は南東と南南東方向が卓越していること、最頻の有義波高は 0.2m から 0.4m、有義波周期は 2 秒から 4 秒であることが分かる。

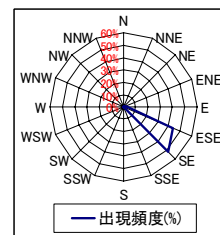


図 2-13 主波向の出現頻度

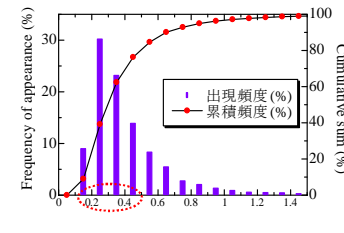


図 2-14 有義波高の頻度分布

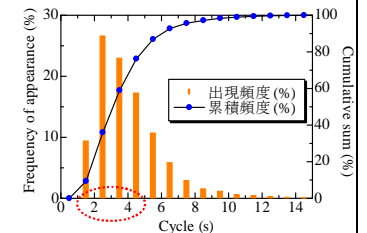


図 2-15 有義波秋季の頻度分布

平面波浪場解析の計算条件を表2-3に示す。計算領域は7km×3.2km、メッシュ幅は5mである。図2-14と図2-15の頻度分布図より、平常時および高波浪時の波浪諸元を表2-6に示すとおりとした。ここで、平常時波高は最頻波高の波高階の中央値を、周期は最頻波高階に対応する周期階の中央値とした。また、高波浪時は2001年から2004年の小松島港観測値の各年有義波高の最大値の平均値とした。主波向は図2-12より南東方向から進入するものとした。

表2-5 吉野川河口の波浪解析の計算条件

吉野川河口の波浪解析の計算条件		数値
沖波主波向	度	135
メッシュ幅	$\delta x \times \delta y$	5
寸法	$(x \times y)$	7000×3200
メッシュ数	(i, j) 数	1400×640
方向集中度パラメータ	S_{max}	10

表2-6 入力波浪緒言（平常時）

	有義波高	周期	波長	H_0/L_0	S_{max}	備考
平常時	0.25m	3.0sec	14.0m	0.018	10	出現頻度 30.2%,累積頻度 39.2%

表2-7 入力波浪緒言（高波浪時）

	有義波高	周期	波長	H_0/L_0	S_{max}	備考
2001(13)年	2.67m	7.3s	83.1m	0.032	10	2001/8/21 14:00 台風0111号
2002(14)年	(2.60m)	(13.3s)	(275.9m)	(0.009)		2002/8/18 18:00 台風0213号
2003(15)年	3.71m	8.4s	110.1m	0.034		2003/8/8 20:00 台風0310号
2004(16)年	4.22m	7.4s	85.4m	0.049		2004/6/21 10:00 台風0406号
平均値	3.53m	7.7s	92.4m	0.038		2002年のデータを除く。

表2-8 反射率の概略値

構造形態	反射率の概略値	採用値
直立壁	0.7~1.0	0.85
直立堤水没時	0.5~0.7	
捨石斜面	0.3~0.6	0.45
異形消波ブロック	0.3~0.5	0.40
直立消波構造物	0.3~0.6	
天然海岸	0.05~0.2	0.10

表2-9 小松島港 高波一覧表（2001年）

小松島 2001年(1~8)

順位	発生期間	最大有義波の起時	有義波		対応最高波		気象要因
			波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	8月18日4時 - 8月22日0時	8月21日14時	2.67	7.3	4.28	13.3	台風0111号
2	9月8日22時 - 9月10日14時	9月10日2時	2.38	14.7	3.74	15.0	台風0115号
3	10月9日12時 - 10月10日12時	10月10日2時	1.84	6.4	2.92	6.6	二つ玉低気圧
4	10月28日4時 - 10月29日0時	10月28日10時	1.71	5.9	2.68	6.1	日本海低気圧
5	12月13日6時 - 12月13日14時	12月13日6時	1.30	5.1	2.00	6.0	二つ玉低気圧
6	7月26日14時 - 7月27日8時	7月27日2時	1.20	10.5	1.62	9.7	台風0106号
7	6月5日16時 - 6月6日2時	6月5日20時	1.04	5.2	1.59	5.3	停滞前線
8	10月18日6時 - 10月18日12時	10月18日8時	1.02	4.0	1.82	4.2	台風0121号

表2-10 小松島港 高波一覧表（2002年）

小松島 2002年(1~16)

順位	発生期間	最大有義波の起時	有義波		対応最高波		気象要因
			波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	8月16日20時 - 8月19日8時	8月18日18時	2.60	13.3	3.31	12.1	台風0213号
2	1月21日0時 - 1月21日14時	1月21日4時	2.35	8.5	4.37	8.5	二つ玉低気圧
3	7月24日18時 - 7月26日16時	7月25日10時	2.26	12.9	3.48	11.9	台風0209号
4	8月27日22時 - 9月2日4時	8月29日6時	2.11	12.2	2.95	13.0	台風0215号
5	10月13日0時 - 10月14日2時	10月13日14時	1.99	15.1	3.29	14.5	台風0222号
6	6月20日10時 - 6月20日20時	6月20日12時	1.69	5.9	2.47	5.9	南岸低気圧
7	10月6日16時 - 10月7日2時	10月6日18時	1.61	5.3	2.74	5.1	寒冷前線通過
8	5月7日10時 - 5月7日16時	5月7日12時	1.23	5.3	2.12	5.4	北高型気圧配置
9	12月21日12時 - 12月22日20時	12月21日14時	1.20	5.0	2.14	4.7	南岸低気圧
10	7月6日0時 - 7月7日0時	7月6日14時	1.16	4.9	2.15	5.1	台風0205号
11	7月14日2時 - 7月16日8時	7月16日0時	1.14	5.5	1.72	4.9	台風0207号
12	9月3日2時 - 9月4日22時	9月4日4時	1.13	10.3	1.63	10.9	台風0216号
13	3月26日22時 - 3月27日20時	3月27日2時	1.10	4.7	2.00	4.4	南岸低気圧
14	7月9日4時 - 7月10日16時	7月10日2時	1.07	7.5	1.62	8.0	台風0206号
15	3月5日18時 - 3月6日12時	3月5日18時	1.06	5.3	1.49	4.7	二つ玉低気圧
16	1月7日14時 - 1月7日22時	1月7日20時	1.01	5.7	1.72	6.1	日本海低気圧

表 2-11 小松島港 高波一覧表 (2003 年)

順位	発生期間	最大有義波の起時	有義波		対応最高波		気象要因
			波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	8月8日2時 - 8月9日14時	8月8日20時	3.71	8.4	5.96	8.8	台風0310号
2	5月29日12時 - 5月31日22時	5月31日6時	2.61	6.7	3.76	9.0	台風0304号
3	3月6日22時 - 3月7日20時	3月7日4時	1.94	6.4	3.46	7.2	南岸低気圧
4	1月27日0時 - 1月27日22時	1月27日8時	1.77	5.9	2.80	6.5	日本海低気圧
5	4月11日16時 - 4月12日18時	4月12日0時	1.63	6.4	2.44	6.8	南岸低気圧
6	6月19日12時 - 6月20日0時	6月19日16時	1.56	5.0	2.44	4.9	台風0306号
7	4月8日4時 - 4月8日20時	4月8日10時	1.54	5.4	2.57	4.6	日本海低気圧
8	6月10日8時 - 6月11日16時	6月10日18時	1.43	10.0	2.09	10.6	南岸低気圧
9	4月25日14時 - 4月26日0時	4月25日22時	1.37	4.9	2.23	4.9	日本海低気圧
10	11月27日20時 - 11月29日18時	11月28日6時	1.28	8.4	1.86	5.8	南岸低気圧
11	3月22日14時 - 3月24日4時	3月23日8時	1.27	10.4	2.03	11.1	南岸低気圧
12	5月24日20時 - 5月27日12時	5月25日14時	1.26	5.4	1.84	5.5	南岸低気圧
13	7月18日16時 - 7月19日10時	7月19日6時	1.19	4.9	2.09	4.8	日本海低気圧
14	9月21日2時 - 9月21日20時	9月21日18時	1.18	4.0	1.90	3.8	台風0315号
15	9月29日18時 - 9月30日10時	9月29日22時	1.09	3.9	1.87	3.7	北風型気圧配置
16	4月22日22時 - 4月23日22時	4月23日14時	1.07	5.8	1.68	6.4	南岸北風型
17	3月1日16時 - 3月1日22時	3月1日20時	1.06	7.3	2.13	9.1	南岸低気圧
18	5月14日12時 - 5月15日16時	5月15日2時	1.05	7.7	1.72	7.3	南岸低気圧
19	10月12日14時 - 10月13日10時	10月12日16時	1.05	4.8	1.77	4.2	南岸低気圧
20	12月6日10時 - 12月6日14時	12月6日12時	1.04	5.6	1.54	4.3	日本海低気圧
21	4月29日16時 - 4月30日4時	4月29日16時	1.04	4.8	1.60	5.1	日本海低気圧
22	6月24日0時 - 6月24日2時	6月24日2時	1.04	4.3	1.45	4.1	南岸低気圧

表 2-12 小松島港 高波一覧表 (2004 年)

順位	発生期間	最大有義波の起時	有義波		対応最高波		気象要因
			波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	
1	6月19日18時 - 6月22日4時	6月21日10時	4.22	7.4	-	-	台風0406号
2	10月18日4時 - 10月21日2時	10月20日14時	3.98	7.8	-	-	台風0423号
3	7月30日12時 - 8月2日16時	7月31日14時	3.21	8.4	4.84	7.8	台風0410号
4	8月25日10時 - 8月31日16時	8月30日18時	3.15	6.6	-	-	台風0416号
5	9月29日6時 - 9月29日22時	9月29日18時	2.68	6.3	4.09	5.4	台風0421号
6	8月4日14時 - 8月6日0時	8月5日0時	2.65	7.9	4.18	10.3	台風0411号
7	9月3日6時 - 9月8日8時	9月7日16時	2.55	6.4	-	-	台風0418号
8	11月10日14時 - 11月12日0時	11月11日4時	2.07	6.2	3.25	6.1	日本海低気圧
9	12月4日18時 - 12月5日10時	12月5日0時	1.99	5.8	3.16	5.4	南岸低気圧
10	4月26日22時 - 4月27日20時	4月27日2時	1.99	5.4	3.07	5.2	日本海低気圧
11	6月11日14時 - 6月11日22時	6月11日18時	1.63	6.7	2.32	6.3	台風0404号
12	4月19日8時 - 4月20日4時	4月19日16時	1.63	5.2	2.57	4.7	日本海低気圧
13	7月1日0時 - 7月2日0時	7月1日16時	1.58	15.9	2.28	17.1	台風0408号
14	4月2日4時 - 4月2日10時	4月2日4時	1.54	5.4	2.55	6.0	日本海低気圧
15	3月30日6時 - 3月30日22時	3月30日14時	1.49	6.1	2.40	6.5	南岸低気圧
16	8月18日2時 - 8月19日22時	8月19日8時	1.41	5.3	2.14	4.4	台風0415号
17	10月9日18時 - 10月9日20時	10月9日18時	1.35	13.2	2.07	12.8	台風0422号
18	10月27日0時 - 10月27日18時	10月27日6時	1.23	4.1	2.14	4.3	南岸低気圧
19	10月8日14時 - 10月8日22時	10月8日18時	1.16	4.9	1.88	6.6	台風0422号
20	2月22日16時 - 2月23日6時	2月22日16時	1.16	4.2	1.93	3.6	日本海低気圧
21	7月4日14時 - 7月5日8時	7月5日6時	1.13	4.5	1.86	3.9	日本海低気圧と寒冷前線
22	10月30日2時 - 10月30日4時	10月30日4時	1.06	5.5	1.88	7.8	南岸低気圧
23	4月23日18時 - 4月23日22時	4月23日20時	1.01	4.2	1.74	3.2	寒冷前線

以下に、解析結果を示す。まず、小規模攪乱力解析は以下の表 2-13 の条件で解析をしている。図 2-16～図 2-21 に解析結果を示す (4-10 頁)。

表 2-13 解析ケース一覧

CASE	有義波高 $H_{1/3}$	周期 $T_{1/3}$	波長	潮位	備考
1	3.53m	7.7s	92.4m	L.W.L	小松島港観測所 2001～2004 年 年最高波高の平均値 p16-(2) 波浪条件参照
2	3.53m	7.7s	92.4m	M.W.L	
3	3.53m	7.7s	92.4m	H.W.L	
4	0.25m	3.0s	14.0m	L.W.L	小松島港観測所 2001～2004 年 出現頻度 30.2%, 累積頻度 39.2% p16-(2) 波浪条件参照
5	0.25m	3.0s	14.0m	M.W.L	
6	0.25m	3.0s	14.0m	H.W.L	

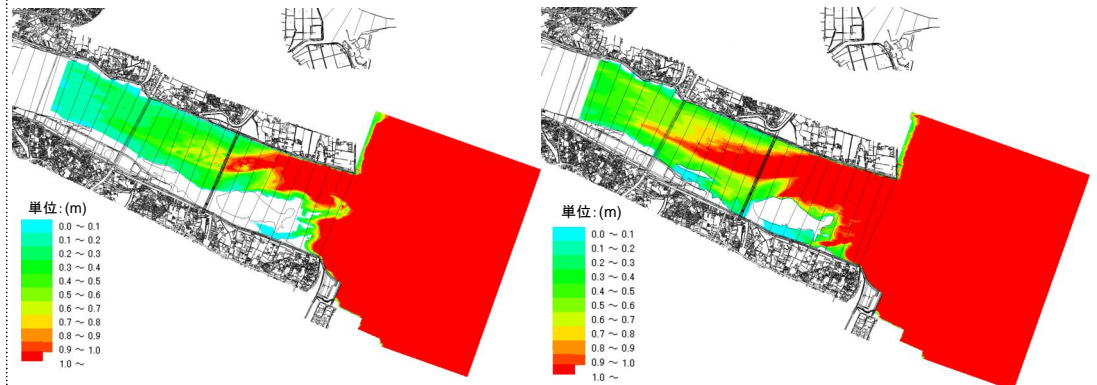


図 2-16 CASE1[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53m$, $T_s=7.7sec$, L.W.L 時) の波高分布] 図 2-17 CASE2[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53m$, $T_s=7.7sec$, M.W.L 時) の波高分布]

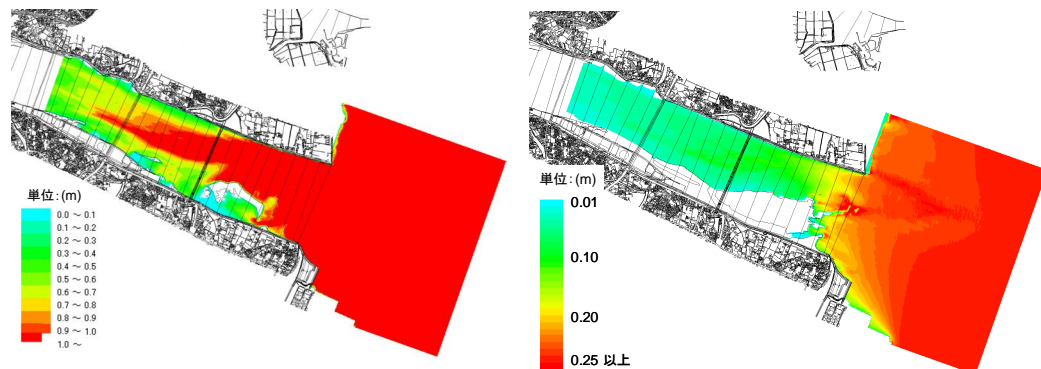


図 2-18 CASE3[高波浪時 ($H_{1/3}=3.53\text{m}$ 、 $T_s=7.7\text{sec}$ 、
H. W. L 時) の波高分布]

図 2-19 CASE4[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ 、 $T_s=3.0\text{sec}$ 、
L. W. L 時) の波高分布]

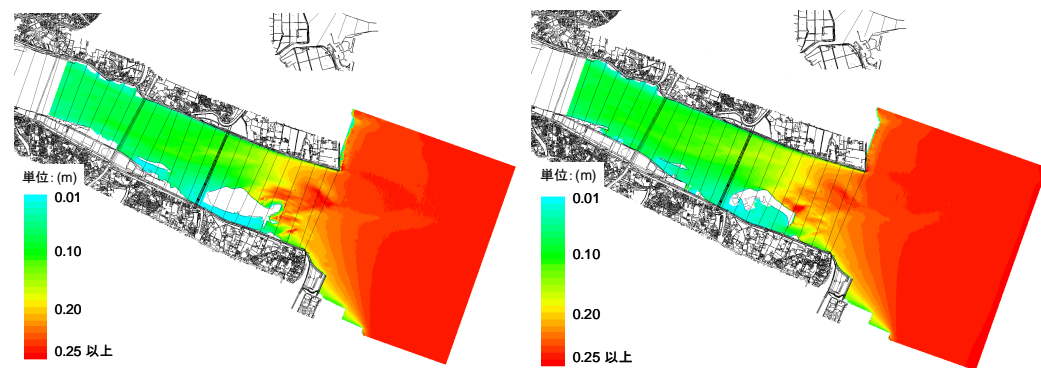


図 2-20 CASE5[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ 、 $T_s=3.0\text{sec}$ 、
M. W. L 時) の波高分布]

図 2-21 CASE5[平常時 ($H_{1/3}=0.25\text{m}$ 、 $T_s=3.0\text{sec}$ 、
L. W. L 時) の波高分布]

次に、地形変動解析の結果を以下に示す (3-28 頁)。

1) 洪水・高波浪による地形変化の検討

【2004 年 10 号、16 号、21 号、23 号台風による地形変化】

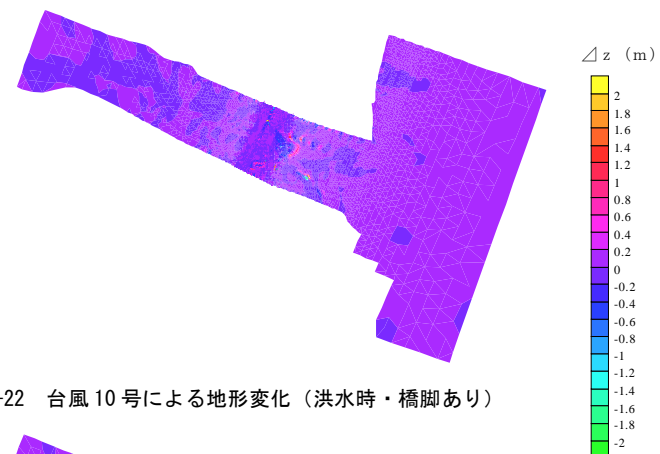


図 2-22 台風 10 号による地形変化 (洪水時・橋脚あり)

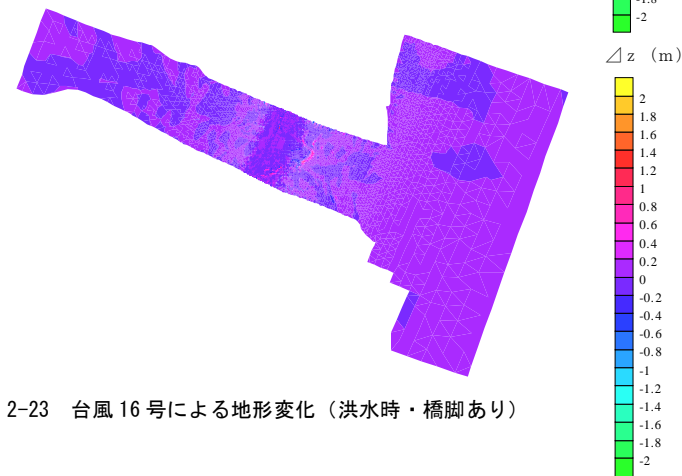


図 2-23 台風 16 号による地形変化 (洪水時・橋脚あり)

2) 洪水・高波浪による地形変化の検討

【2004年10号、16号、21号、23号台風による地形変化】

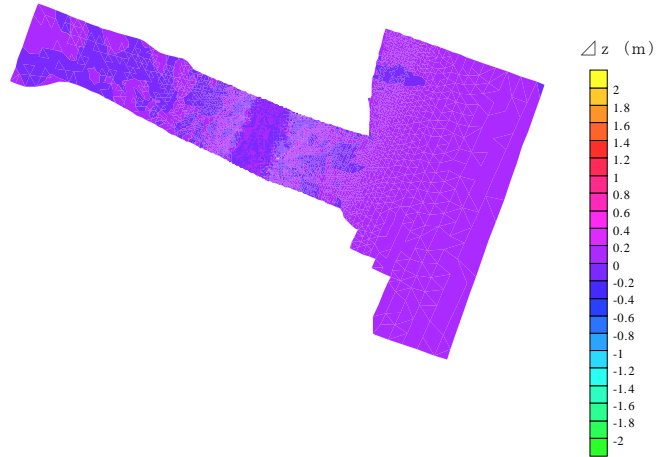


図 2-24 台風 21 号による地形変化 (洪水時・橋脚あり)

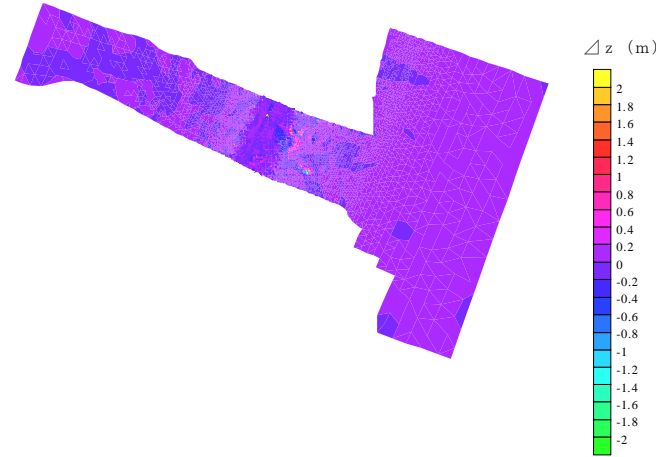


図 2-26 台風 10 号による地形変化 (平常時・橋脚あり)

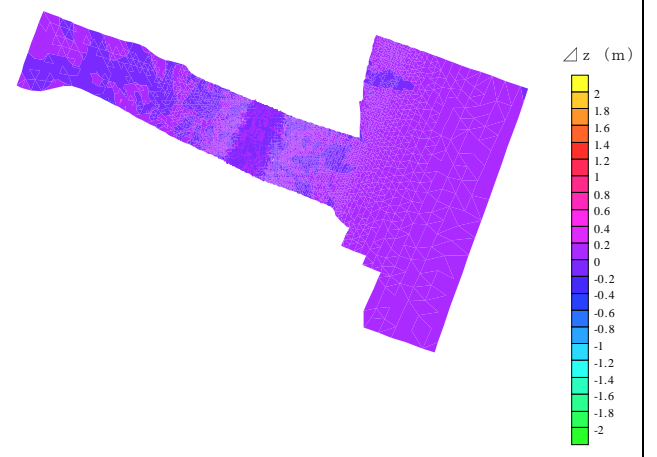


図 2-28 台風 21 号による地形変化 (平常時・橋脚あり)

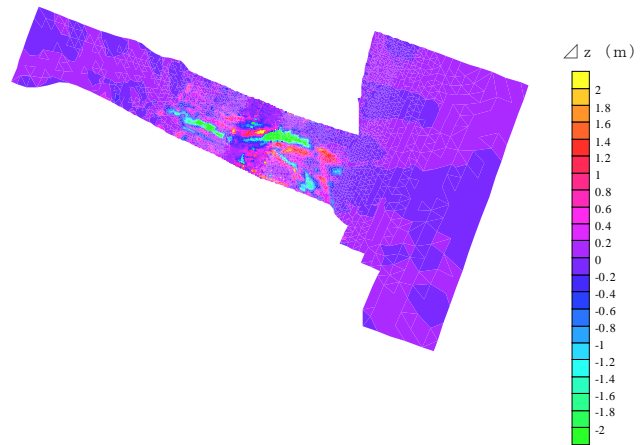


図 2-25 台風 23 号による地形変化 (洪水時・橋脚あり)

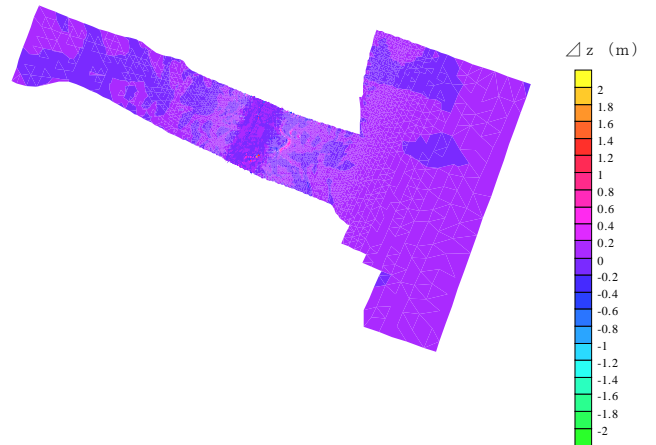


図 2-27 台風 16 号による地形変化 (平常時・橋脚あり)

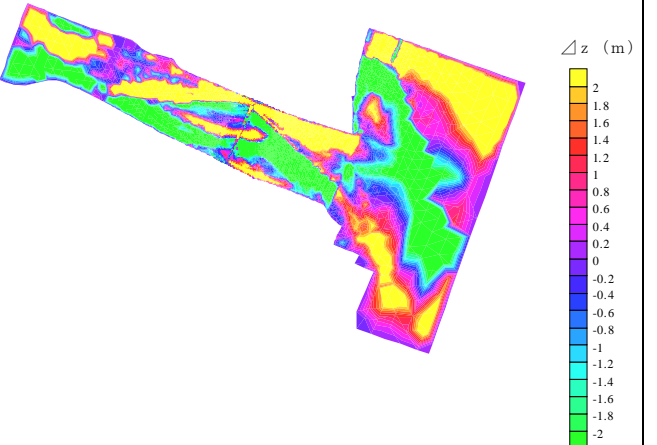


図 2-29 台風 23 号による地形変化 (平常時・橋脚あり)