

高潮・津波ハザードマップ作成における技術的検討

本資料の位置付け

本資料は、「高潮・津波ハザードマップ作成技術マニュアル(仮称)」の策定に向け、高潮・津波ハザードマップ作成における技術的検討について第2回研究会において検討した事項からとりまとめたものである。

目 次

1 . はじめに	1
2 . 津波ハザードマップ作成時における諸条件の設定方法	3
2.1 地震断層モデル	3
2.2 地震断層モデルで表現される初期水位	6
2.3 格子間隔	7
2.4 標高	9
2.5 河川地形条件	13
2.6 潮位	15
2.7 構造物条件	16
2.8 構造物の地震被害	17
2.9 津波数値解析手法	18
3 . 高潮ハザードマップ作成時における諸条件の設定方法	19
3.1 台風規模及び台風進路	19
3.2 潮位偏差	21
3.3 計算波高	22
3.4 河川遡上	23
3.6 施設の機能状況	26
3.7 高潮数値解析手法	27

1. はじめに

本資料では、津波及び高潮に起因する浸水ハザードマップの作成に係わる不確実性要素について、どのように各要素をコントロールすれば住民の被害を最小化するハザードマップが実現されるのか、という命題を念頭に、不確実性要素すなわちハザードマップ作成時の諸条件の設定方法についてとりまとめたものである。検討対象とする津波及び高潮ハザードマップ作成時の諸条件を表1及び表2に示す。また、諸条件が浸水予測区域へ与える影響度についてのイメージを、図1及び図2に示す。

表1 津波ハザードマップ作成時の諸条件

項目	不確実性要素（ハザードマップ作成時の諸条件）
津波外力	1. 地震断層モデル
	2. 地震断層モデルで表現される初期水位
地形条件	3. 格子間隔
	4. 標高
	5. 河川地形条件
潮位	6. 潮位
構造物条件	7. 構造物条件
	8. 構造物の地震被害
解析法	9. 津波数値解析手法

表2 高潮ハザードマップ作成時の諸条件

項目	不確実性要素（ハザードマップ作成時の諸条件）
台風	1. 台風規模
	2. 台風進路
潮位・波浪 ・河川遡上	3. 潮位偏差
	4. 計算波浪
	5. 河川遡上
構造物条件	6. 構造物の破壊条件
	7. 施設の機能状況



図1 津波ハザードマップが有していると考えられる不確実性

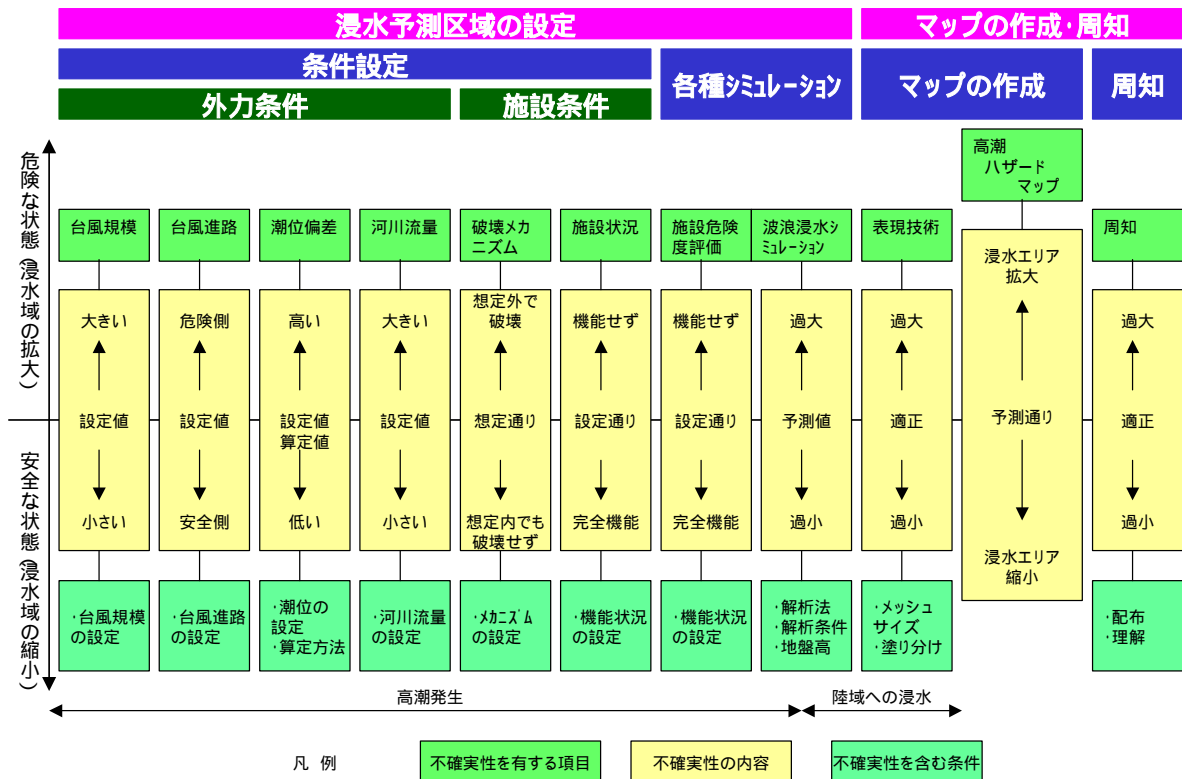


図2 高潮ハザードマップが有していると考えられる不確実性

2. 津波ハザードマップ作成時における諸条件の設定方法

2.1 地震断層モデル

地震発生時には、地盤高の変位（隆起・沈降）が生じるため、最大津波高を与える地震と最大浸水深を与える地震が異なる場合がある。したがって、津波ハザードマップで対象とする地震断層モデルは、津波高のみを考えるのではなく、浸水深（津波高 - 変位後の地盤高）によって評価を行う必要がある。

地震断層モデルの設定に際しては、下記条件による地盤高から浸水深を算定し、既往又は想定最大規模の浸水深の要因となる地震断層モデルの選定を基本とする。

地盤が沈降すると予測される場合には、沈降後の地盤高

地盤が隆起すると予測される場合には、隆起を無視した当初の地盤高

< 解説 >

1. 地盤変位が浸水シミュレーションの結果に与える影響について

地震断層モデル（断層の位置・深さ・長さ・幅・すべり量・走向角・傾斜角等）は、津波計算を実施する上での、初期条件（初期水位）と地盤変位を決定する。これらの諸元は津波の大きさと浸水状況に直接影響する。

地震の発生によって地盤変位（隆起・沈降）が生じる場合、最大津波高を生じる地震と最大浸水深を生じる地震とは異なる可能性があり、地震被害と浸水被害に正の相関がない可能性もある。したがって、最大規模の浸水被害を想定する際の地震断層モデルは津波高及び地盤変位を考慮した上で決定する。

地盤変位は1 m以上に及ぶことも予想されるが、これまでのマニュアル類では統一的な地盤変位の見解が示されておらず、下記のような判断がケースバイケースで実施されてきた。浸水に関して最も危険側の判断を行うためには、下記 の考え方をとることとなる。

地盤変位を取り扱わない。（地盤変位量が無視できる場合）

地盤の隆起と沈降の両方を考慮する。

地盤の沈降のみ考慮する。（浸水にとって危険側の判断を行うため）

図3に示す概念図を例にして、同じ規模の地震で発生場所の異なるA地震とB地震を想定すると、対象地点（図中 印）での相対的な影響の程度は表3の様な関係になると考えられる。この例では、A地震とB地震では地震被害と浸水被害の相対関係は逆転する。

表3 対象地点（印）での2つの地震による影響の相対関係

Case	地震名	地震動	地盤高	津波高	地震被害	浸水被害
Case1	A地震	Bより強い	隆起 (+2m)	Bより高い (10m)	Bより多い (地震動に比例)	少ない (浸水=津波高-地盤高) (10-2=8m)
Case2			隆起無し (±0m)			(10-0=10m)
Case3	B地震	強い	沈降 (-1m)	高い (8m)	多い	多い (8-(-1)=9m)

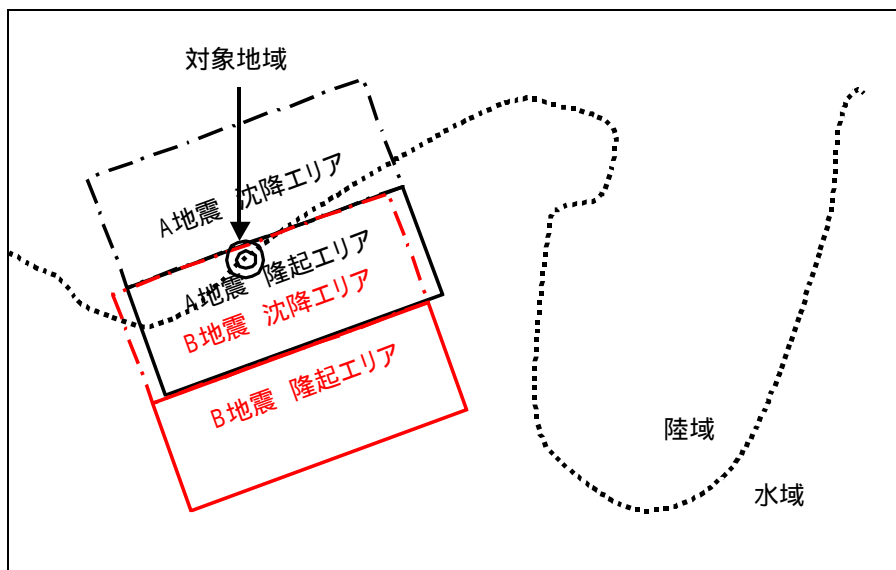


図3 断層位置と検討対象地点の概念図

図3の概念図において浸水深(津波高 - 変異後の地盤高)により評価を行う場合には、Case3 (B地震)が最大の浸水被害(9m)を及ぼし、Case1(8m、A地震)よりも大きい値となる。しかしながら、A地震の隆起量(+2m)が無いものとすれば、Case2(10m)が最大の浸水深を与えるものとなり、A地震が設定条件として選定されることとなる。

2. 既往及び想定地震の取り扱いについて

既往地震については、津波高や浸水状況に関して信頼できるデータが残されているものを対象とする。また、想定地震については有識者による合意が得られている地震断層モデルを対象とする。想定地震の設定例としては、中央防災会議による想定東海地震や想定地

震断層モデル¹がある。

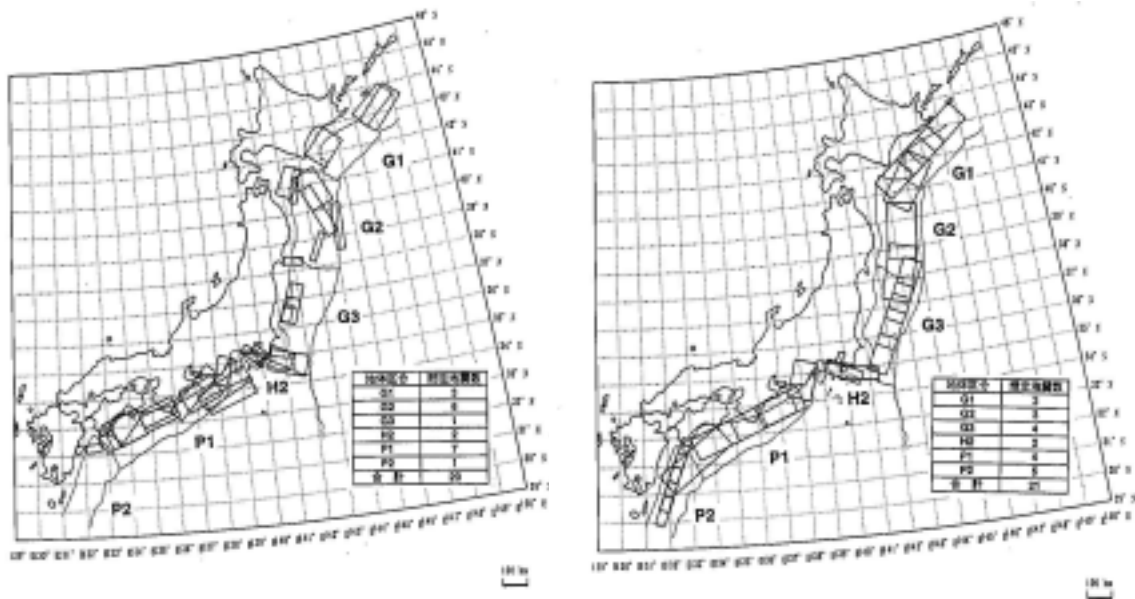


図4 地震断層モデル例（左：既往地震、右：想定地震）

3. 津波の発生原因

津波の発生原因としては、断層運動に伴う地震の他に、火山噴火、陸域からの土砂・土石流の海中への突入、海底地すべり、隕石の衝突等があり、これらの発生原因を認識することは重要である。なお、本マニュアルでは、これらの発生原因の中でも、発生割合が極めて大きく、発生場所も広範囲にわたる断層運動（地震）に伴う津波を対象とする。

¹ 農林水産省構造改善局、農林水産省水産庁、運輸省港湾局、建設省河川局：太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査 報告書、平成9年3月

2.2 地震断層モデルで表現される初期水位

津波ハザードマップに供する津波計算に使用する「初期水位」は、津波再現計算を実施し、その妥当性を検証したものとして発表されている断層モデル（津波から見た最適断層モデル）により設定することを基本とする。

< 解説 >

1. 想定浸水シミュレーションの結果に与える地盤変位の影響

津波の数値計算は初期条件として海面の変位分布（＝初期水位）を与え、運動方程式と連続式を時間経過に伴い数値的に解くものである。このため、アウトプットとして得られる津波の水位は、この初期水位の条件に大きく左右される。

初期水位は以下のような断層モデルによって設定されることが多いが、後者ほど誤差が減少し、確度の高いシミュレーションが可能となる。

- ・ 地震学的データや測地学的データから決められた断層モデル
- ・ 「津波から見た最適断層モデル」（津波再現計算を実施しその妥当性を検証したのものとして発表されている断層モデル）
- ・ 「津波から見た最適断層モデル」を基本とし、痕跡値等を利用して、調査で使用する津波計算モデルに適合するように修正した断層モデル

2. 「初期水位」設定の考え方

既往地震の場合、ひとつの地震に対して地震学的データによって決められた断層モデルや、津波再現計算を実施し、その妥当性を検証したのものとして発表されている断層モデルなど複数の断層モデルが提唱されている場合がある。

津波ハザードマップに供する津波計算に使用する「初期水位」は、津波から見た最適断層モデルにより設定することを基本とする。設定に際しては、使用する津波計算モデルによって再現計算を実施し、その再現性を確認するとともに、津波計算モデルに起因する系統的な誤差が生じている場合はその補正を行う。

なお、想定地震津波による予測を実施する場合も、あらかじめ前記の再現性の確認と津波計算モデルに起因する系統的な誤差補正を行っておくことが望ましい。

2.3 格子間隔

津波計算時の評価地点周辺海域及び遡上域における格子間隔は、12.5mを目安として、以下の観点から適切に設定するものとする。

浸水区域予測の精度を確保する。

構造物等の微地形の影響を考慮する。

< 解説 >

1. 格子間隔と浸水区域の予測について

図5は格子間隔が浸水シミュレーションに与える影響についてのモデル図である。図中A区域内において50mメッシュの浸水域は緑線で地形近似を行っているため、B線で浸水しなくなる。一方、実際の浸水域は黒線で表される通りC線まで浸水することとなり、50mメッシュの地形近似においては浸水域を過小評価することとなる。12.5mメッシュの地形近似を行うことにより、C線に近いより精度の高い浸水域を表現することができる。すなわち、A区域に建物が建っている場合、50mメッシュでは浸水しないことと予測されるが、12.5mメッシュにすると正しく予測される（浸水する）こととなる。

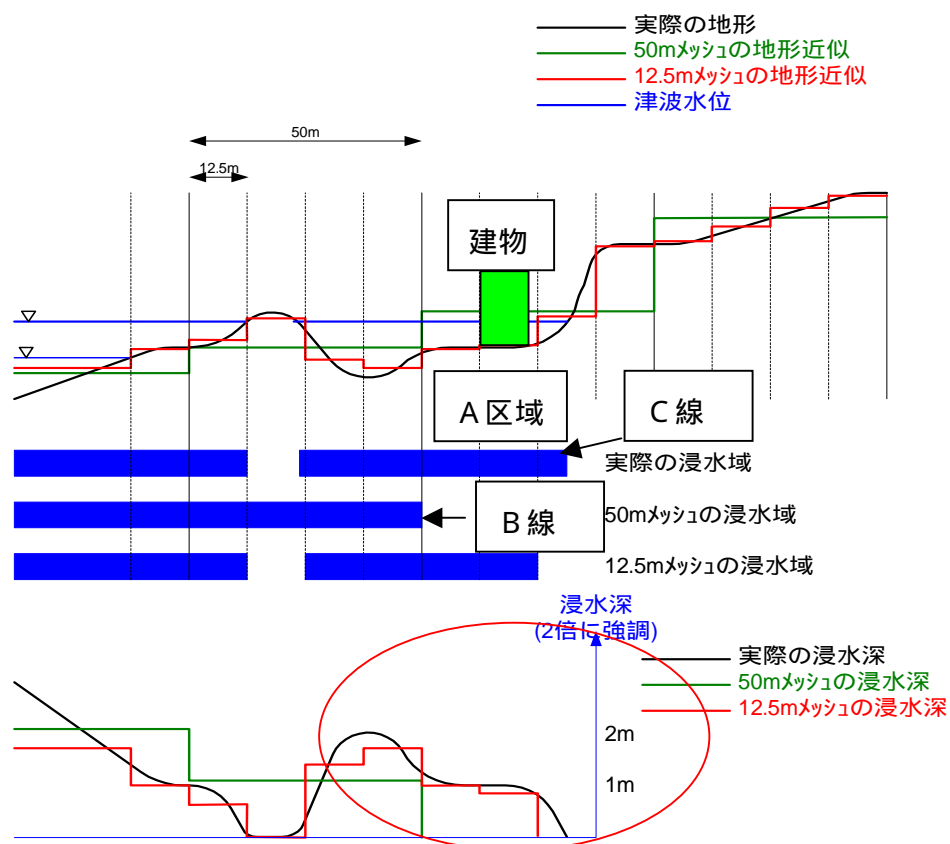


図5 格子間隔が浸水予測に与える影響に関するモデル図

2. 格子間隔と微地形の取扱いについて

津波計算では一般に矩形格子で地形を表現しており、標高は格子内の平均的な地盤高で表現している。このため格子内の構造物等（ビル、水門、陸こう、土手、防潮林等）を直接考慮することは出来ない。また、陸上での津波挙動を予測するための津波計算では、計算格子間隔を狭くすることによって地形近似が高まり、構造物や微地形の影響をより正確に反映できるため計算精度は向上する。

構造物等による影響を検討する場合は、下記に示す方法を採用する。

1) 1:2,500 地形図や航空写真測量及びその他の測量データなどの信頼されるデータを用い、12.5m程度の格子間隔を採用する。但し、12.5mの分解性能を持たないデータの場合は、より大きな格子間隔のデータを内挿して算出することになり、データそのものに信頼性がないため、精度の高い浸水予測とならないことに留意する必要がある。

2) 格子内の土地利用状況に応じた平均的な粗度（表4参照）で考慮する。

表4 粗度係数の設定値

土地利用	粗度係数
住宅地	0.04 ~ 0.08
工場地等	0.04
農地	0.02
林地	0.03
水域	0.025
その他（空地、緑地）	0.025

なお、国・県等の広域な範囲を対象に津波・浸水挙動を把握することが目的である場合においては、目的と対象範囲の広さに応じて、50～100mなどの適切な格子間隔により浸水域を把握するものとする。

2.4 標高

計算に用いる標高値は浸水深に直接影響を及ぼすため、精度の高いデータが必要となる。特に、津波浸水が予想される地域の標高データは、浸水深の評価のため1 mより詳細な精度が必要である。そのような精度のデータが存在しない地区では、地形図の測点による修正、踏査・海岸の専門家による確認などの方法で必要精度を確保する必要がある。

< 解説 >

1．想定浸水シミュレーションの結果に与える影響について

図6は標高が浸水深に与える影響を表したモデル図である。A区域において50 mメッシュで表される標高ではB線が浸水深となり1 mと表現される。実際の地形による浸水深は2 mより深く、浸水深において過小評価をしている。12.5 mメッシュの標高を設定することにより、実際の浸水深に近いC線で表すことができ、浸水深も1.8~2.0 mと実際の値に近いものとなる。

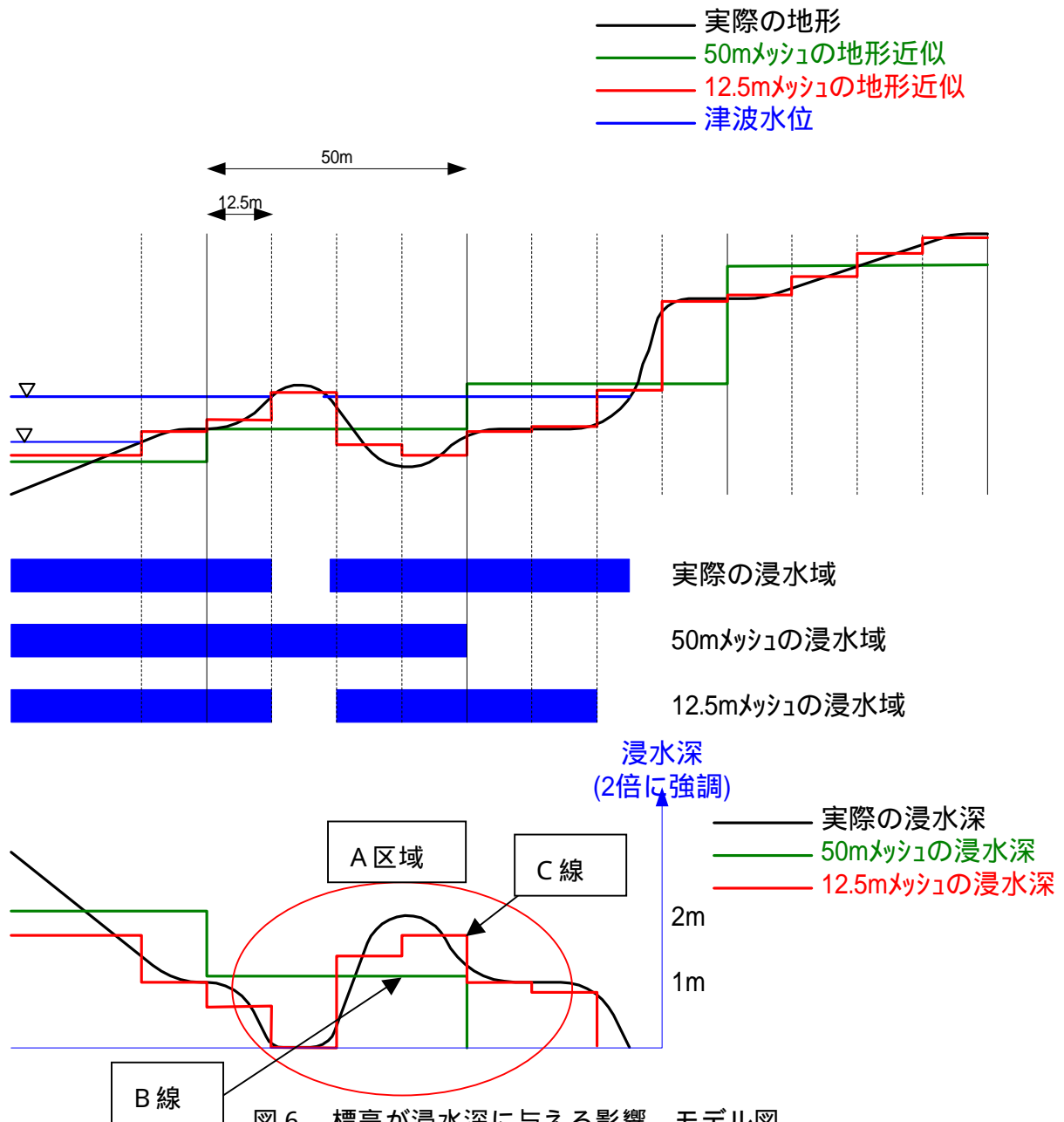


図6 標高が浸水深に与える影響 モデル図

2. 標高データの設定について

標高データは津波計算の計算条件と浸水状況の推定に使用される。津波計算では各格子点の標高をもとにその伝播過程を計算し、これによって各格子点の水位の時刻歴が得られる。一方、浸水状況は計算結果としての津波水位と地盤高との差で表される。

標高データとしては一般的に下記を利用することが多い。

- ・ 国土地理院発行の縮尺 1:50,000 地形図または 1:25,000 地形図の等高線
- ・ 国土地理院発行の数値地図の 50m 格子標高値

- 自治体が整備している 1:2,500 地形図（国土基本図）の等高線や個々の標高値
 1:25,000 の小縮尺の地形図では 10m 間隔の等高線で標高が表現されている。このため、浸水被害が発生しやすい水際線付近の低平地の標高を忠実に再現することは困難な場合がある。また、数値地図の 50m 格子標高値も 1:25,000 の等高線から作成されたものであるため、同程度の精度である。これに対し、1:2,500 地形図では等高線間隔が 1m で表現されているため、より精度の高い標高データを作成することが可能である。

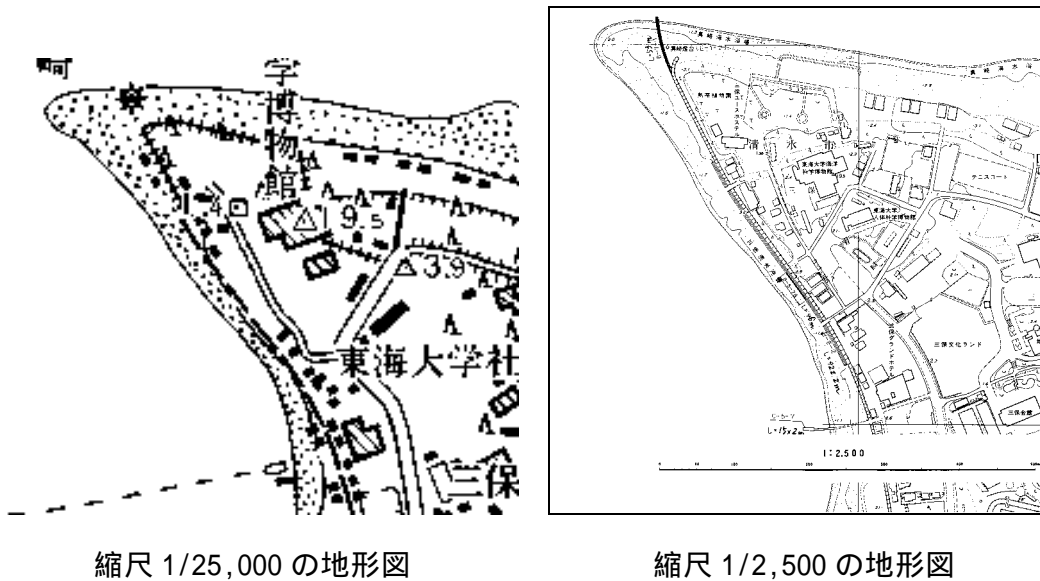


図7 モデル図縮尺と地形図での標高表現

例えば、図7は清水市真崎の地形図で、左が 1/25,000 縮尺で作成された地形図、右が 1/2,500 縮尺で作成された地形図である。両者の記載内容を比較するために同縮尺で示してある。

これらの地形図に記載されている標高に関する情報を比較すると、1/25,000 の地形図には等高線が記載されておらず（この範囲には標高が 10m を越える地盤がないため）、三角点等の標高が 3 地点分記載されているのみである。一方、1/2,500 地形図の方には 1m 毎の等高線が記載されていて、かつ標高値の記載密度が高い。

この地区の水際線付近は砂浜となっているが、その地盤高は 1/25,000 の地形図では読み取ることができないが、1/2,500 地形図では砂浜内に 2m の等高線が記載されていて、地盤高を知ることができる。同様に、家屋のある地区の標高も 1/25,000 の地形図では分からないが、1/2,500 地形図では知ることができる。

このように、低平地での標高情報は、簡略化してある 1/25,000 の地形図では読み取ることが難しく、1/2,500 の地形図で把握する必要が高い。

また、津波高と被害程度に関して整理した既往の調査結果(表5参照)を参考にすると、津波高が 1m と 2m の場合で被害の程度に差が生じている。この結果を踏まえると、浸水深(予測津波高 - 地盤高)は 1m 以内の誤差が理想である。よって、地盤高データは 1:2,500 の地形図データもしくは航空写真測量などの最新のデータを用いることが必要である。

表5 津波高と被害程度

津波強度		0	1	2	3	4	5
津波高(m)		1	2	4	8	16	32
津波形態	緩斜面	岸で盛上がる	沖でも水の壁 第二波砕波	先端に砕波を伴うものが増える。		第一波でも巻波砕波を起こす。	
	急斜面	速い潮汐	速い潮汐				
音響		前面砕波による連続音 (海鳴り、暴風雨)					
						浜での巻き波砕波による大音響 (雷鳴。遠方では認識されない)	
						崖に衝突する大音響 (遠雷、発破。かなり遠くまで聞こえる)	
木造家屋		部分的破壊	全面破壊				
石造家屋		持ちこたえる		(資料なし)		全面破壊	
鉄・コンクリート		持ちこたえる			(資料なし)		全面破壊
漁船		被害発生		被害率 50%		被害率 100%	
防潮林被害		被害軽微		部分的被害		全面的被害	
防潮林効果		津波軽減		漂流物阻止		無効果	
養殖筏		被害発生					
沿岸集落		被害発生		被害率 50%		被害率 100%	
打上高(m)		1	2	4	8	16	32

注：表中、津波高(m)は船舶・養殖筏など海上にあるものに対しては汀線における津波の高さ、家屋や防潮林など陸上にあるものに関しては地面から測った浸水深となっている。最下段は一集落全体を対象とした表現となっており、その集落の浸水域内で発生した最高遡上高(最高打上げ高)(m)とその浸水域内全体としての家屋被害率の被害程度との関係となっている。

2.5 河川地形条件

津波計算に際しては、河川の地形条件（河川形状・河床高）を計算メッシュと標高(水深)データで表現するとともに、河川堤防の天端高など構造物条件を設定する。

< 解説 >

1．想定浸水シミュレーションの結果に与える影響について

震源から沿岸に達した津波の一部は、河口から遡上して河川から溢れて浸水を引き起こす可能性がある。浸水シミュレーションにおいては、河川の地形形状（河川形状・河床高）や堤防の天端高などを考慮しないと、河川から生じる浸水を適切に評価することができない。

河川地形を考慮しない場合は、河口から上流の堤外地に該当する計算格子に左右岸の堤内地の標高をあてはめている場合が多く、この場合河川から越流するような津波は考慮できない。一方、河川地形を考慮する場合は、河川縦横断面図等を根拠にして堤外地の標高データに河床高を設定する場合が多く、河川を遡上する津波を考慮できる。

2．河川条件設定の考え方

津波計算に際しては、河川の地形条件（河川形状・河床高）を計算メッシュと標高データで表現するとともに、河川堤防の天端高等の構造物条件を設定しておく。なお、河川内は浅い水深が続いて波状段波を形成することがあるが、このような現象は浅水理論では表現できない。

河川区間の取り扱いの概念について図 8 に示す。河川区間の標高・水深データには河床高（黒線）を設定し、左右岸に堤防がある場合は構造物として、その位置と天端高の情報（赤一点鎖線）を線境界として設定している。また、河川内の水位は便宜上海域と同一（H.W.L、朔望平均満潮位）として扱っている。

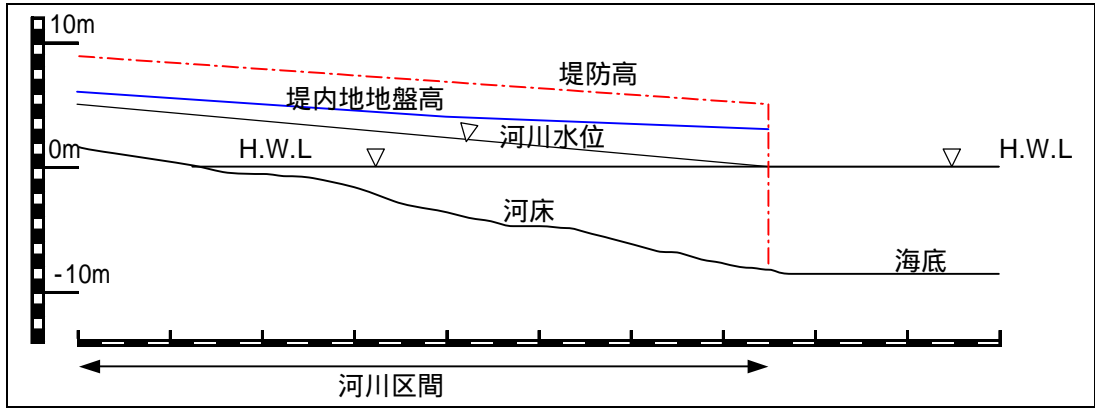


図 8 河川縦断面の模式図

2.6 潮位

津波浸水予測を実施する際には、潮位条件としてH.W.L. (朔望平均満潮位)を基本として設定する。

<解説>

1．想定浸水シミュレーションの結果に与える潮位の影響

津波は通常、潮位が高いほど陸上に遡上しやすく浸水被害も増大する。

2．潮位条件設定の考え方

津波浸水予測を実施する際には、浸水被害の危険側を想定し、潮位条件としてH.W.L. (朔望平均満潮位)を基準とする。ただし、再現性の確認を目的とした津波数値計算の実施に際しては、発生当時の信頼できる潮位データがある場合はこれを採用する。

2.7 構造物条件

津波浸水予測を実施する際には、津波の伝播過程にあつて地盤より高い構造物（防波堤、防潮堤、胸壁、道路の盛土等）を取り扱う。

水門・陸閘等の防護施設については、基本的に津波到達時間が短いために閉鎖が困難であったり、地震動による変形等により十分に閉鎖できないことが想定されるため、開放状態として取り扱う。ただし、以下の施設については閉鎖状態として取り扱う。

耐震性を有し自動化された施設

常時閉鎖の施設

耐震性を有し津波到達時間より早く閉鎖できると考えられる施設

< 解説 >

1．想定浸水シミュレーションの結果に与える影響について

津波の伝播過程にあつて地盤より高い構造物（例えば防波堤、防潮堤、胸壁、道路の盛土等）は津波の遡上を阻止する効果が期待できる。ただし、水門や陸閘等の操作を必要とする構造物は、津波来襲までの余裕時間が短い場合、閉鎖することができないことも想定され、この部分から浸水被害が拡大する可能性を有している。

2．構造物条件設定の考え方

構造物を計算条件として適切に取り扱うことでシミュレーションの精度を向上させる。また、水門・陸閘等の防護施設の機能状況（閉鎖・開放）を考慮する。

水門・陸閘等の防護施設については、津波到達時間が短いために閉鎖が困難であったり、地震動による変形等により十分に閉鎖できないことが想定されるため、開放状態として取り扱う。ただし、耐震性を有し自動化された施設や 常時閉鎖の施設及び 耐震性を有し津波到達時間より早く閉鎖できると考えられる施設については、閉鎖状態として取り扱うこととする。

2.8 建造物の地震被害

津波浸水予測を実施する際には、選定された地震断層モデルによる地震動を外力として建造物被害を算定し、その被害状況を考慮した浸水予測を実施する。

< 解説 >

1. 想定浸水シミュレーションの結果に与える影響について

防波堤、防潮堤、胸壁等の施設は、その機能が保たれている場合、背後地の浸水被害を軽減する効果があることがシミュレーションで確認されている。また、これらの施設が地震による被害で、その機能を発揮できない場合は、背後地の浸水被害が拡大することもシミュレーションで確認されている。

2. 建造物の地震被害設定の考え方

地震動によって建造物被害が生じた場合には津波の遡上を阻止する効果が薄れる可能性がある。過去の港湾施設の地震被害事例によれば、津波の遡上阻止効果が大きく損なわれるような機能的破壊に至ったケースは多くはないが、ここでは安全側を考慮し、対象として選定された地震断層モデルに基づく地震動を外力として建造物の被害を算定し、その被害状況を考慮した浸水予測を実施する。

2.9 津波数値解析手法

津波の数値計算は、深い海域においては線形長波理論によることを基本とする。また、陸上遡上を含めた浅い海域においては、海底での摩擦及び移流を考慮した非線形長波の理論式（浅水理論式）によることを基本とする。

< 解説 >

1．想定浸水シミュレーションの結果に与える影響について

津波のような波長の長い波の運動は、非線形長波の理論式（浅水理論式）によって表現され、津波波源から陸上遡上に至る津波伝搬の基本的な挙動を再現することができる。ただし、遠浅海岸に到達した津波は、分散効果によってソリトン分裂（ある波長の波がより短い波長を持ついくつかの波に分裂）する場合があります、分裂後の波頂部は分裂前に比べて高くなる。

2．ソリトン分裂の考え方

日本海中部地震で観測されたソリトン分裂や波状段波を起こした津波は、波形曲率効果により波高が増幅し、増幅した波高はいずれ砕波するので、砕波モデルを考慮する必要がある。このような現象は、波数分散効果を考慮したブーシネスク式を用いた場合に再現することができるが、現在、ブーシネスク式は開発途中であり、実用化に至っていない。

現時点では、ソリトン分裂による波高増大が広域で発生することが明らかな場合は、波高増大に見合うように、断層諸元のすべり量を適宜補正するなどにより対応する。また、将来的には、砕波モデルを考慮できる実用性の高い計算手法の開発が期待される。

3. 高潮ハザードマップ作成時における諸条件の設定方法

3.1 台風規模及び台風進路

高潮ハザードマップ作成時の外力は、観測された既往最大の潮位偏差と想定される最大規模の台風により起こされる潮位偏差を比較し、より大きい方を想定外力とする。

想定する台風は当該地域の既往最大及び伊勢湾台風規模の台風による計算を実施する。また、浸水計算の際の台風進路は、過去に観測された進路を参考として、より被害が大きくなるものを用いる。

< 解説 >

1. 想定外力について

過去のマニュアルを参考にして、信頼できる資料より得られる既往最大の潮位偏差と共に、現在の知見に基づいて想定される最大規模の台風により起こされる潮位偏差をも取り上げ、両者を比較した上で常に安全側になるよう、潮位偏差のより大きい方を想定外力として設定する。

2. 想定台風について

台風については、観測データ等が少なく、河川流量のように確率分布で表すことが困難であるため、当該地域における既往最大の台風規模と、観測史上最大の台風である伊勢湾台風規模の台風の両方を用いて検討することとする。この際、**台風のスPEEDについても適切な条件設定を行うものとする。**なお、伊勢湾台風規模の台風は、地域の状況に応じて設定するものとし、必ずしも伊勢湾台風を使用する必要はないと考えられる。また、堤防等の破壊条件については、台風規模によって適宜設定する必要がある。

(参考) 河川における台風規模及び台風進路の設定の例

東京湾に河口を有する河川では、伊勢湾台風、キティ台風などのモデル台風（規模）モデルコース（経路）を想定し、平面2次元モデルによって最大偏差を算定している。計算に用いられた台風の経路と計算ケースを図9に示す。

計算結果には若干の差異があるが、伊勢湾台風程度の規模の台風がキティ台風コースを来襲した場合が、多摩川の河口部で最大の偏差を示している。

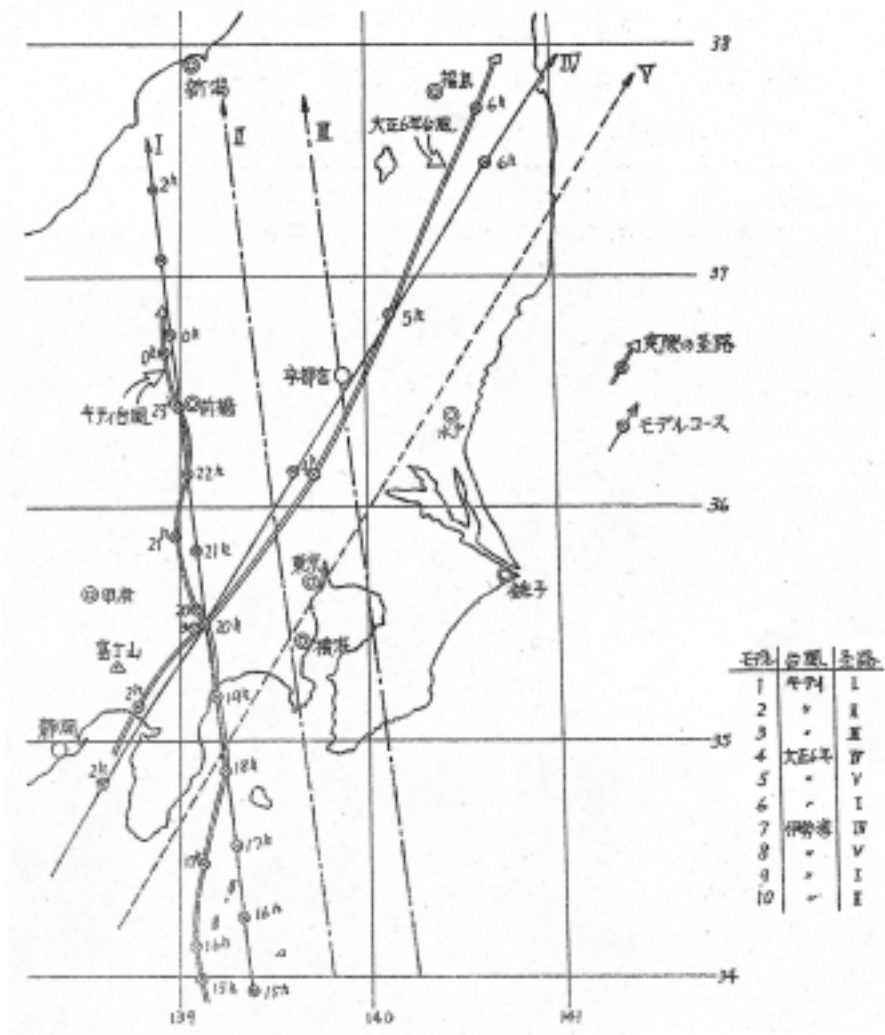


図9 計算に用いられた台風の経路と計算ケースの例

3.2 潮位偏差

高潮計算に用いる潮位は、朔望平均満潮位(H.W.L.)を基本とし、潮位偏差は想定した台風により計算されるものを用いる。

< 解説 >

1 . 潮位の設定方法

朔望平均満潮位(H.W.L.)や 平均潮位(M.S.L.)の設定に際しては、高潮ハザードマップを作成する地域の最寄りの検潮所で得られる過去の全ての潮位データについて、台風期の平均値を採用する。台風期は地域により差があるが、一般的に7月～10月である。

3.3 計算波高

計算に用いる波高は、想定した台風を用いたシミュレーションで得られる波高を基本とする。なお、観測された既往最大の潮位偏差を想定外力に設定している場合には、既往データを参考に、適切な計算波高を設定する。

< 解説 >

1．波高の設定方法

観測された既往最大の潮位偏差を想定外力に設定している場合には、例えば、施設設計に用いた設計波高や 50 年確率波高をピークとして用いるなど、適切な波浪の継続時間を設定した波高を計算波高とする。

2．条件設定の目安

ハザードマップ作成に供する高潮計算時に採用する条件設定は表 6 を目安として、対象地区の特性を勘案して決定するものとする。

表 6 高潮計算時に用いる計算波高の目安

種別	設定条件の目安	備考
住民用ハザードマップ	シミュレーションで得られる波高	
行政用ハザードマップ	シミュレーションで得られる波高	

3.4 河川遡上

高潮による河川からの浸水が想定される場合は、高潮の河川遡上について計算を実施する。その際、河川流量は、河川特性や過去のデータ等から適切に設定する。

< 解説 >

1．河川遡上を考える必要がある河川について

外洋に面し、湾の奥行きが深く、水深の浅い湾などは、高潮に襲われやすい条件にある。このような湾の奥に河口を持つ河川は、高潮が遡上しやすい条件にある。

2．河川流量について

河川流量が、高潮の河川遡上に与える影響の程度については、現時点で明確な答えは得られていない。シミュレーションによる傾向としては、高潮の河川遡上による河川の水位上昇は、河川の流量が大きくなるほど、小さくなることが分かっている。すなわち、河川流量が大きくなると、高潮に伴う河口部の潮位上昇の影響は、河川の上流に伝わらなくなり、河川の水位は洪水流量によって決まってくる。これに対して、河川の流量が小さいと、高潮に伴う河口部の潮位上昇は、そのまま、河川の水位の上昇となって上流に伝わる。すなわち、高潮に伴う河川水位の上昇量だけをみると、河川流量をゼロと仮定した場合が最も大きくなると考えられる。ただし、これは高潮に伴う河川水位の上昇量のみを取り上げた場合であって、河川水位そのものが大きくなるということではない。

ここでは、高潮の河川遡上と洪水の流下を併せた挙動はよく分からないのが実情であるため、当面、河川流量として次の通りに設定する。

- 1) 背後地に重要な資産を有する河川については、危機的な状況を想定するべきとの視点から、河口部において、計画高水ピーク流量の発生時刻が最大潮位の発生時刻に重なるように洪水ハイドログラフ与え、計算を行うこととする。
- 2) 背後地に重要な資産を有しない河川及び計画洪水ハイドログラフが無い河川については、河川流量を平水流量程度として、高潮の遡上計算を行うこととする。

3.5 構造物の破壊条件

海岸保全施設等の構造物の取り扱いについては、高潮の越波・越流による施設の破壊を考慮するものとする。

< 解説 >

1．施設条件設定の考え方

施設条件の設定については、構造物毎に越波の可能性を把握し、幾つかの条件でシミュレーションをした上で、等間隔に構造物が破壊するものと仮定する。なお、伊勢湾台風規模の台風を用いて計算を行う場合には、過大な浸水予測にならないように設定する必要がある。

2．堤防の破堤メカニズムについて

高潮発生時における破堤は、異常な海面上昇により堤前波が高くなり、その越波量によって堤体が破壊されているものと考えられるが、高潮が発生していない（海面上昇量が波浪の来襲状況にはそれほど影響していない）場合と同様に、その詳細なメカニズムまでは把握されていない。

3．堤防の破堤幅について

高潮発生時における破堤幅は様々であり、その範囲を具体的に設定することは困難である。一方、河川においては、河道幅によって破堤幅をある程度推定しているが、海岸堤防においては困難であり、同一海岸でも、その各々の地点の地形や堤防の状況、タイミングによって破堤幅が異なると思われる。

4．堤防の破堤敷高について

海岸堤防が破壊された場合には、本体工のコンクリート等はその位置に残されるものの、基本的に海水はそのまま堤内地へと侵入する。したがって、堤防は基部まで破堤するものとし、堤防位置における堤内地盤高と等しいものとして破堤敷高を設定することとする。

5．破堤の時間進行

海岸堤防の破堤は、時々刻々と変化する潮位と波高の組み合わせによって決定され、破

堤の開始時期を設定することは困難であることから、最も危険な状態になると思われる高潮潮位ピーク時に始まるとして検討することとする。また、破堤の進行（破堤幅の拡大）については、海岸堤防が一般に三面張りのコンクリート構造であり、堤防破壊時にはある程度まとまった延長ごとに破壊されると考えられることから、破堤の時間進行については特に考慮しないこととする。

6．その他

地震が発生した直後に高潮が発生する場合については、必要に応じて検討することとする。

3.6 施設の機能状況

水門・陸閘等の施設は、明らかに機能しないものを除き、閉鎖されているものとして、計算を行うものとする。また、必要に応じて、一部開放している場合の検討を行う。

< 解説 >

1. 施設条件設定の考え方

高潮は来襲までに相当時間があり、ほぼ間違いなく水門・陸閘は閉鎖できると考えられるが、防護すべき人口が相当集積されており被災の影響も大きいと考えられる大都市部(例えば政令市等)等では、万が一に備え閉鎖・開放両方の検討を行うものとする。

3.7 高潮数値解析手法

高潮の数値計算は、深い海域においては線形長波理論によることを基本とする。また、陸上遡上を含めた浅い海域においては、海底での摩擦及び移流を考慮した非線形長波の理論式（浅水理論式）によることを基本とする。なお、計算は高潮が引くまで続ける必要がある。

< 解説 >

1. 高潮計算の特長

高潮現象の規模は発生要因となる気象擾乱とほぼ同じオーダーであり、水深に比べてはるかに大きい。したがって、高潮は長波理論式で表現される。また、高潮の特徴は、気圧変化による水面の昇降と、暴風による吹き寄せという継続的に作用する外力によりもたらされる強制的な水面変動という点にある。したがって、計算には地球自転、気圧低下、水表面に働く風の摩擦、海底摩擦を考慮することとなるが、特に、山地等の地形による風の場のゆがみを適切に考慮することができれば、計算精度を向上させることが可能となる。

2. その他の不確実性要素について

外力上の不確実性項目である台風速度や、計算上の不確実性項目である砕波によるウェーブ・セットアップ、海面上の摩擦係数及び越波流量の不規則性等については、現行の技術水準に基づき必要に応じて考慮する。

3. 陸上部の粗度

陸上部（遡上域）における構造物等による影響を検討する場合は、計算格子内の土地利用状況に応じた平均的な粗度（表4参照）で考慮することができる。