

改訂前	改訂後
第 2 編 設計条件 第 3 章 波 3.2 設計に用いる波の決定方針 3.2.2 モデル台風 近年では波浪のエネルギー平衡方程式に基づく数値モデルを台風時に適用して、台風による高波浪を推算する方法が用いられるようになっている³⁰⁾。波浪推算の精度は海上風の推定精度に大きく依存するが、台風を対象とする場合には、一般に台風域内の気圧分布をマイヤースの式などで近似し、これから求めた中心対称傾度風と台風の移動に伴う場の風を合成してモデル台風を作成する方法が用いられている。台風域内の風速分布は、個々の台風の強さ、進行速度及び進行方向などによって決定されるので、モデル台風を作成する場合には過去に発生した台風の上陸前の進路や進行速度等についても十分に検討することが望ましい。 3.2.3 設計波の算定手順 設計波の算定手順は、一般に図 2-3-5 にしたがってよい。ただし、波の屈折、回折、浅水変形等の種々の想定される変化を考慮し、対象とする施設や背後施設へ最も不利な作用を及ぼす波を用いる必要がある。	第 2 編 設計条件 第 3 章 波 3.2 設計に用いる波の決定方針 3.2.2 モデル台風 近年では波浪のエネルギー平衡方程式に基づく数値モデルを台風時に適用して、台風による高波浪を推算する方法が用いられるようになっている³⁰⁾。波浪推算の精度は海上風の推定精度に大きく依存するが、台風を対象とする場合には、一般に台風域内の気圧分布をマイヤースの式などで近似し、これから求めた中心対称傾度風と台風の移動に伴う場の風を合成してモデル台風を作成する方法が用いられている。<u>さらに、気象の客観解析値（気象 GPV、JRA-25、JRA-55 等）や、これを初期値・境界値とした局地気象モデルによる海上風の推算が行われている。海上風の推算には、漁港の立地の特性などから、陸上地形の影響を考慮できる推算方法を採用することが望ましく、局地気象モデルによって対象海域周辺の陸上地形が気象場に及ぼす影響を考慮した、より細かな時間及び空間解像度の気象場を推算することが可能である。局地気象モデルとして、MM5³¹⁾や WRF³²⁾が知られている。</u>台風域内の風速分布は、個々の台風の強さ、進行速度及び進行方向などによって決定されるので、モデル台風を作成する場合には過去に発生した台風の上陸前の進路や進行速度等についても十分に検討することが望ましい。 3.2.3 設計波の算定手順 設計波の算定手順は、一般に図 2-3-5 にしたがってよい。ただし、波の屈折、回折、浅水変形等の種々の想定される変化を考慮し、対象とする施設や背後施設へ最も不利な作用を及ぼす波を用いる必要がある。 <u>漁港・漁場の施設の設計波の決定は本図書に記述する方法によることを原則とするが、「海岸施設設計便覧 2000 年版」¹⁶⁾や「新しい波浪算定法とこれからの海域施設の設計法－性能設計法の確立に向けて－」³³⁾、「漁港海岸事業設計の手引 令和 2 年度版」³⁴⁾を適宜、参考にすることができる。</u>

改訂前	改訂後
3.2.5 設計沖波 設計沖波の決定に際し、防波堤等の施設設置位置、若しくはその近傍隣地において信頼すべき実測値が得られる場合は、これらの実測値を統計的に処理し、与えられた波の諸元から換算沖波の算定及び水深による波の変形の逆の手続きにより沖波の諸元を算定する。しかし、信頼すべき実測値が得られない場合は、波の推算により波の諸元を算定する。波の推算は、波を発生・発達させる風域を設定し、その風域条件に最も適切な推算法を用いて、波の発達・減衰を計算する。波浪の推算法としては有義波法（S.M.B.法、ウィルソン法、ブレットシュナイダー法、坂本・井島法及びこれらを数値計算化した方法）及び波浪スペクトル法（エネルギー平衡方程式法、パラメーター法）などがある。なお、詳細については「本編 3.3 設計沖波の算定」を参照のこと。 3.2.8 その他 漁港・漁場の施設の設計波の決定は本図書に記述した方法によることを原則とするが、「海岸施設設計便覧 2000 年版」¹⁶⁾や「新しい波浪算定法とこれからの海域施設の設計法－性能設計法の確立に向	<pre>graph TD A[波の実測] --> C[波の統計資料] B[波の推算] --> C C --> D[波の発生確率の推定] D --> E[設計沖波の決定] F[再現期間] --> E E -.-> 方向別繰り返し C E --> G[屈折] E --> H[回折] E --> I[屈折・回折の組み合わせ] E --> J[反射] G --> K[] H --> K I --> K J --> K K --> L[換算沖波の決定] M[航走波] --> L L --> N[水深のみによる変化 (砕波後も含む)] N --> O[構造物設置位置での設計波]</pre> 図 2-3-5 設計波の算定手順の例 3.2.5 設計沖波 設計沖波の決定に際し、防波堤等の施設設置位置、若しくはその近傍隣地において信頼すべき実測値が得られる場合は、これらの実測値を統計的に処理し、与えられた波の諸元から換算沖波の算定及び水深による波の変形の逆の手続きにより <u>算定した沖波の諸元に、気候変動による気象の状況及び将来の見通しを勘案して設定する。気候変動による気象の状況及び将来の見通しについての検討方法並びに必要と認められる値の設定方法については、「漁港施設等における気候変動適応策の設計に係る手引き」³⁵⁾を参考にすることができる。</u> 信頼すべき実測値が得られない場合は、波の推算により <u>算定した沖波の諸元を準用できる</u>。波の推算は、波を発生・発達させる風域を設定し、その風域条件に最も適切な推算法を用いて、波の発達・減衰を計算する。波浪の推算法としては有義波法（S.M.B.法、ウィルソン法、ブレットシュナイダー法、坂本・井島法及びこれらを数値計算化した方法）及び波浪スペクトル法（エネルギー平衡方程式法、パラメーター法）などがある。なお、詳細については「本編 3.3 設計沖波の算定」を参照のこと。 <u>（削る。）</u>

改訂前	改訂後
けてー」³¹⁾、「漁港海岸事業設計の手引 平成 25 年度版」³²⁾を適宜、参考にすることができる。 <pre>graph TD; A[波の実測] --> C[波の統計資料]; B[波の推算] --> C; C --> D[波の発生確率の推定]; D --> E[設計沖波の決定]; F[再現期間] --> E; E -- "方向別繰り返し" --> G[屈折]; E -- "方向別繰り返し" --> H[回折]; E -- "方向別繰り返し" --> I[屈折・回折の組み合わせ]; E -- "方向別繰り返し" --> J[反射]; G --> K[換算沖波の決定]; H --> K; I --> K; J --> K; L[航走波] --> K; K --> M[水深のみによる変化
(砕波後も含む)]; M --> N[構造物設置位置での設計波];</pre> 図 2-3-5 設計波の算定手順の例	3.3 設計沖波の算定 3.3.1 沖波の諸元と推定方法 (略) (1)・(2) (略) (3) 推算方法 波の推算方法は一般に経験公式に基づくもの、有義波法によるもの、波浪スペクトル法によるものに大別される。経験公式は一般的ではないが、特定の状況に対する簡便な方法として有用な結果を与える場合がある。有義波法には、深海において一定の風が吹く場合に適した S.M.B.法、風が時間的、空間的に変動する場合に適したウィルソン（Wilson）法、浅海域での推算に拡張したブレットシュナイダー（Bretschneider）法、浅海での変動風域に対応できる坂本・井島法等がある³⁶⁾。一方、波浪スペクトル法は、波のエネルギースペクトルの発達減衰過程を追って波を推算するものであり、代表的な手法としてエネルギー平衡方程式法、パラメーター法等がある。波のエネルギースペクトルの平衡方程式を数値計算によって求める方法が開発されてからは、異常気象時の波浪推

改訂前	改訂後
算や日々の波浪予報図の作成にも適用されている³⁴⁾。	算や日々の波浪予報図の作成にも適用されている³⁷⁾。<u>波浪スペクトル法による推算モデルは、開発された年代により、波浪スペクトルを構成する各成分波は互いに独立であると仮定した線形モデルである第 1 世代モデル（1960 年代～1970 年代初め）、非線形効果を間接的に考慮した第 2 世代モデル（1970 年代～1980 年代初め）、非線形効果を直接的に考慮した第 3 世代モデル（1980 年代以降）に分類される。現在では第 3 世代モデルを用いることが標準的になりつつある。第 3 世代モデルでは、非線形エネルギー輸送項のスキームの自由度が高く、二方向波浪、風波とうねりが共存する波浪でも推算できる。波浪推算には、標準的な推算法になりつつある第 3 世代のスペクトル法から現地の波浪再現に適したモデルを使用することが望ましく、いずれの波浪推算モデルを用いるかは波浪観測値と波浪推算値を比較したうえで決定することが望ましい。</u>
① （略）	① （略）
② 波浪スペクトル法 波浪スペクトル法は、波の不規則な性質をスペクトルで表し、単一の周波数に対応する成分波の方向スペクトルの発生・発達・減衰・伝播過程を計算した後、周波数と方向について 2 重積分を行うことにより全エネルギーを求め、これに基づいて波浪諸元を算出する推算法である。初期の波浪推算モデルでは、波の発生メカニズムとして Phillips 理論、波の指数関数的発達を Miles 理論で表し、これに砕波、内部粘性、逆風等によるエネルギーの損失等を算定することにより、スペクトルの各エネルギー成分についてその発達・減衰を追跡計算する方法である。これらは大別すると周波数・方向別のスペクトルの各成分がある平衡状態まで独立に発達するものとして組み立てられたエネルギー平衡方程式法と、スペクトルの形状をパラメーターで表し、そのパラメーターの時間的・空間的变化を追跡する方法によってスペクトルの変化を予測するパラメーター法に分類できる³⁴⁾。	② 波浪スペクトル法 波浪スペクトル法は、波の不規則な性質をスペクトルで表し、単一の周波数に対応する成分波の方向スペクトルの発生・発達・減衰・伝播過程を計算した後、周波数と方向について 2 重積分を行うことにより全エネルギーを求め、これに基づいて波浪諸元を算出する推算法である。初期の波浪推算モデルでは、波の発生メカニズムとして Phillips 理論、波の指数関数的発達を Miles 理論で表し、これに砕波、内部粘性、逆風等によるエネルギーの損失等を算定することにより、スペクトルの各エネルギー成分についてその発達・減衰を追跡計算する方法である。これらは大別すると周波数・方向別のスペクトルの各成分がある平衡状態まで独立に発達するものとして組み立てられたエネルギー平衡方程式法と、スペクトルの形状をパラメーターで表し、そのパラメーターの時間的・空間的变化を追跡する方法によってスペクトルの変化を予測するパラメーター法に分類できる³⁷⁾。<u>第 3 世代モデルとして、気象庁で運用されている MRI-Ⅲ³⁸⁾、WAM³⁹⁾、SWAN⁴⁰⁾ や WAVEWATCH Ⅲ⁴¹⁾が知られている。</u>
③ （略）	③ （略）
④ うねり うねりについては、波浪スペクトル法、パラメーター法等で風波と同時に推算することはできるが、有義波法を用いた場合、別途うねりを推算する必要がある。その際に用いるうねりの推算法はブレットシュナイダー法を用いることができる。ただし、この場合のうねりについては信頼できる観測データが十分に得られていないため、風波の場合よりも推算精度が低い。したがって、うねりの推算値は概略の値を示すものとして取り扱う必要があり、実測値と比較検討の上で使用する必要がある。	<u>（削る。）</u>
（新設）	<u>3.3.3 設計沖波の点検・見直し⁴³⁾</u> <u>波浪の長期的変動傾向や既往の波浪推算手法の有用性等を考慮し、定期的に設計沖波の点検（簡易・詳細）を行い、必要に応じて設計沖波の見直しを行うことが望まれる。「設計沖波の点検」とは、設計沖波が近年来襲する波浪と比較して適切に設定されているか、確認することであり、「設計沖波の見直し」とは、近年の気象擾乱を考慮して設計沖波を設定することである。</u>

改訂前	改訂後
	設計沖波の点検・見直しの手順を図 2-3-6 に示す。 設計沖波の点検時期 ・「前回の設計沖波の設定から概ね 10 年」を基本とする ・ただし、10 年経過しない場合でも以下のような事象が確認された場合は適宜実施する 1. 高波浪による甚大な災害が発生した場合 2. 越波の頻度や打ち上げ高が高くなっている場合 3. 岸壁・用地への浸水が多発している場合 一次点検（簡易）※概ね 10 年間隔 ①波浪観測資料(前回点検時から)を整理し、年最大有義波高が上昇傾向にある ②推奨される算定方法等の適切な手法を用いて設計沖波を設定していない ①②いずれかに該当 ①②どちらにも該当しない 点検終了 二次点検（詳細） 「3.3 設計沖波の算定」に従う 気象・海象情報の収集・整理 海上風・沖波の推算 波の発生確率の推定（確率波高の算出） 見直しの必要がないと判断した場合 確率波高の比較検討（前回と今回） 点検終了 見直しの必要があると判断した場合 見直し ・設計沖波の見直し（更新） 図 2-3-6 設計沖波の点検・見直しの手順 (1) 設計沖波の点検時期 近年の気象・海象状況に対して、順応的かつ合理的に設計沖波等を設定するため、設計沖波の一次点検は「前回の設計沖波設定から概ね 10 年経過したとき」に実施することを基本とするが、10 年経過しない場合であっても、以下のような事象が確認された場合は適宜実施する。 ① 高波浪による甚大な災害が発生した場合 ② 越波の頻度や打ち上げ高が高くなっている場合 ③ 岸壁・用地への浸水が多発している場合 (2) 設計沖波の一次点検（簡易） 設計沖波の一次点検（簡易）では、二次点検（詳細）の必要性の有無を確認する。以下の 2 点に

改訂前	改訂後
	<u>ついて、いずれかが該当すれば設計沖波の二次点検（詳細）を実施して、前回の設計沖波との比較検討から、必要に応じて設計沖波の見直しが必要であると判断できる。</u> <u>① 波浪観測資料（前回点検時から）を整理し、年最大有義波高が上昇傾向にある</u> <u>② 推奨される算定手法等の適切な手法を用いて設計沖波を設定していない</u> <u>設計沖波の一次点検（簡易）にて、二次点検（詳細）が必要と判断した場合は、二次点検（詳細）を実施する。</u> <u>① 波浪観測資料の整理</u> <u>近隣の波浪観測資料から、年最大有義波高を抽出し、年最大有義波高を目的変数、発生年を説明変数とした線形回帰モデルの単回帰変数の値を、1年あたりの上昇量として整理する。前回点検時（あるいは設計沖波算定時）から年最大有義波高が上昇傾向にある場合は、統計処理の結果として設計沖波波高も上昇する可能性があるため、設計沖波の見直しを行うこととする。年最大有義波高は、全国港湾海洋波浪観測年報等を参考にすることができる。年最大有義波高が下降傾向にある場合は、設計沖波を算定しても変更の必要がないと考えられるため、設計沖波の点検を終了する。</u> <u>年最大有義波高が上昇傾向にあると判断する目安として、回帰分析の信頼度水準が 90%以上で有意であった場合には、上昇傾向にあると判断する。ただし、あくまでも目安であり、信頼度水準が 90%未満の場合でも、前回の設計沖波設定年以降に既往最大有義波高を更新している場合や、波浪による被災が相次いでいる場合には、設計沖波の見直しを実施することが望ましい。</u> <u>② 既存の波浪推算手法の有用性の確認</u> <u>沖波の推算にあたっては、海域別の気象・海象特性を考慮できる推算モデルを用いることが望まれる。海上風推算で台風が考慮されていないモデルや、内湾域等、風場が陸上地形の影響を受ける地点において推算精度が十分でないモデルを使用している場合（傾度風モデル、Cardone モデル等）や、波浪推算でうねり性波浪などの推算精度が十分でないモデルを使用している場合（有義波法、第 1 世代モデル等）には、設計沖波の見直しを実施する。二次点検にあたっては、十分な推算精度を有する算定手法（局所気象モデル、第 3 世代波浪モデル等）を用いる。</u> <u>なお、年最大有義波高が上昇傾向にない場合かつ推算手法の精度が十分な場合には、設計沖波を算定しても変更の必要がないと考えられるため、設計沖波の点検を終了する。</u> <u>（3）設計沖波の二次点検（詳細）</u> <u>設計沖波の二次点検（詳細）は、「3.3 設計沖波の算定」を参考とし、信頼すべき実測値が得られる場合は、これらの実測値を用いて算定を行い、前回設定した設計沖波との比較検討から、設計沖波の見直しの必要性についての検討を行う。なお、信頼すべき実測値が得られない場合においては、適切な推算手法を用いて、設計沖波の算定を適切に行うことが望ましい。</u> <u>（4）設計沖波の見直し</u> <u>設計沖波の二次点検（詳細）により、設計沖波の見直しが必要と判断される場合には、設計沖波の見直しを行う。</u>

改訂前	改訂後
(参考文献) (新設) (新設) 31)・32) (略) (新設) 33)・34) (略) (新設) (新設) (新設) (新設) 35) (略) (新設) 36)～70) (略)	(参考文献) 31) Mesoscale and Microscale Meteorology Division National Center for Atmospheric Research, PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide MM5 : Modeling System Version 3 (2015) 32) The National Center for Atmospheric Research: WRF-ARW V3 : User's Guide (2017) 33)・34) (略) 35) 水産庁漁港漁場整備部：漁港施設等における気候変動適応策の設計に係る手引き 36)・37) (略) 38) Uji, T.: A coupled discrete wave model MRI-II, J.Oceanogr.Soc.Japan, 40 (1984), pp.303-313 39) The WAMDI Group: The WAM model-A third generation ocean wave prediction model, J.Phys.Oceanogr., 18 (1998), pp.1775-1810 40) Holthuijsen, L.H.et at.: SWAN Cycle III version 40.11, USER MANUAL, Delft University of Technology (2000), 124p 41) Tolmann, H.L.: User manual and system documentation of WAVEWATCH-III Version 1.18, NOAA/NWS/NCEP/OMB technical note 166 (1999), 110p 42) (略) 43) 加藤広之・遠藤次郎・古市尚基・不動雅之・井上真仁：日本沿岸における最大有義波高の経年変化と設計沖波への影響に関する考察，土木学会論文集 B2(海岸工学)，75 巻 2 号 (2019)，pp. I 109-I 114 44)～78) (略)