

港湾工事の供用係数に関する一考察

片山 裕之¹・前田 勇司²

¹ 正会員 五洋建設株式会社 技術研究所 (〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1)
E-mail: Hiroyuki.Katayama@mail.penta-ocean.co.jp

² 正会員 五洋建設株式会社 名古屋支店 (〒460-8614 愛知県名古屋市中区栄 1-2-7)
E-mail: Yuuji.Maeda@mail.penta-ocean.co.jp

近年、地球温暖化の影響により気象が極端化し、大型で強い台風が来襲する頻度が高くなっていると言われている。各港湾では、適切な工期設定のため波浪ランク別供用係数（休日や荒天で現場休止の場合の割増係数）が設定されているが、荒天が多い港では実態と乖離している場合もあると想定され、台風強大化に伴う荒天日数の増加も懸念される。また昨今、建設業界では働き方改革に伴う施工効率化が求められており、気象条件の影響を受け易い港湾工事でも週休2日を実現するための動きもある。

本検討では、波浪観測データを用い実際の各港湾の荒天日特性を整理すると同時に供用係数の試算も行い、工事の閉所拘束条件による違いや、現行の供用係数との関係を整理した。

Key Words : *climate change, stormy weather, serviced coefficient, port and harbor construction, nowphas, work style reform*

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響により気象が極端化し、大型で強い台風が来襲する頻度が高くなっていると言われている。気象海象条件に大きく作用される港湾工事では、台風強大化による荒天日の増加は施工可能日数の減少につながるだけでなく、安全な作業船退避や工期延長による工費増大など大きな問題となってくる。

各港湾では適切な工期設定のため、波浪ランク別に作業船舶の供用係数（休日や荒天で現場休止の場合の割増係数、以下「供用係数」）が設定されているが、荒天が多い港では年次や季節によっては実態と乖離している地点もあると想定される。即ち、供用係数の設定には工事実施地点において精度の高い波浪観測データ記録が必要となるが、実際には観測地点が限られており、推算波浪データの利用なども考えられる。

このような中、国土交通省は平成30年3月に建設業働き方改革加速プログラムを策定・公表¹⁾し、日本全体の生産年齢人口が減少する中、建設業が継続的にその役割を果たしていくために働き方改革の取り組みを一段と強化する必要性を謳っている。その活動の中で長時間労働の是正が挙げられており、週休2日に向けた取り組みが行われているところである。

港湾工事では陸上工事と違い気象・海象条件の影響を大きく受ける。この特性を踏まえた週休2日の実現を目指し、①土日閉所（原則）、②気象・海象条件により土日に

閉所できなかった場合に当月内の振替閉所する4週8休、③供用開始時期が決まっている等、特別な事情で①②が困難な場合に交代で休みを取得する個人ベースの4週8休、を目指すべき目標とする動きもある²⁾。

本検討では、先ず、国内の波浪観測データを用い、観測地点を供用係数算出地点として荒天日特性を把握した。その上で、供用係数の試算を行い、荒天日特性との関係や供用係数の地域特性や変動特性などを調べ、上記に資する基礎的な検討を行ったものである。

2. 観測地点の荒天日特性

先ず、供用係数が設定されている各港湾における来襲波浪の特性、特に荒天日特性を把握するため、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS、港湾局)^{例(例えば 34))}による波浪データのうちGPS波浪計を除く図-1に示す61地点を用いた。2006年から2016年の11年間を対象に、年測得率90%以上のデータから表-1に示す各海域区分別の荒天日波高閾値⁵⁾および表-2に示す各海域別の適用期間⁵⁾を考慮し、年間換算の実荒天日を抽出した。観測データには当然ながら欠測期間も含まれるが、検討データをなるべく多く扱い検討精度を高めるために、測得率90%以上の年は、6時間(2時間毎の観測データのため3観測)までの連続欠測は線形補間によりデータ補完を行った。なお、伊豆小笠原諸島域の波浮地点については波高閾値の記載

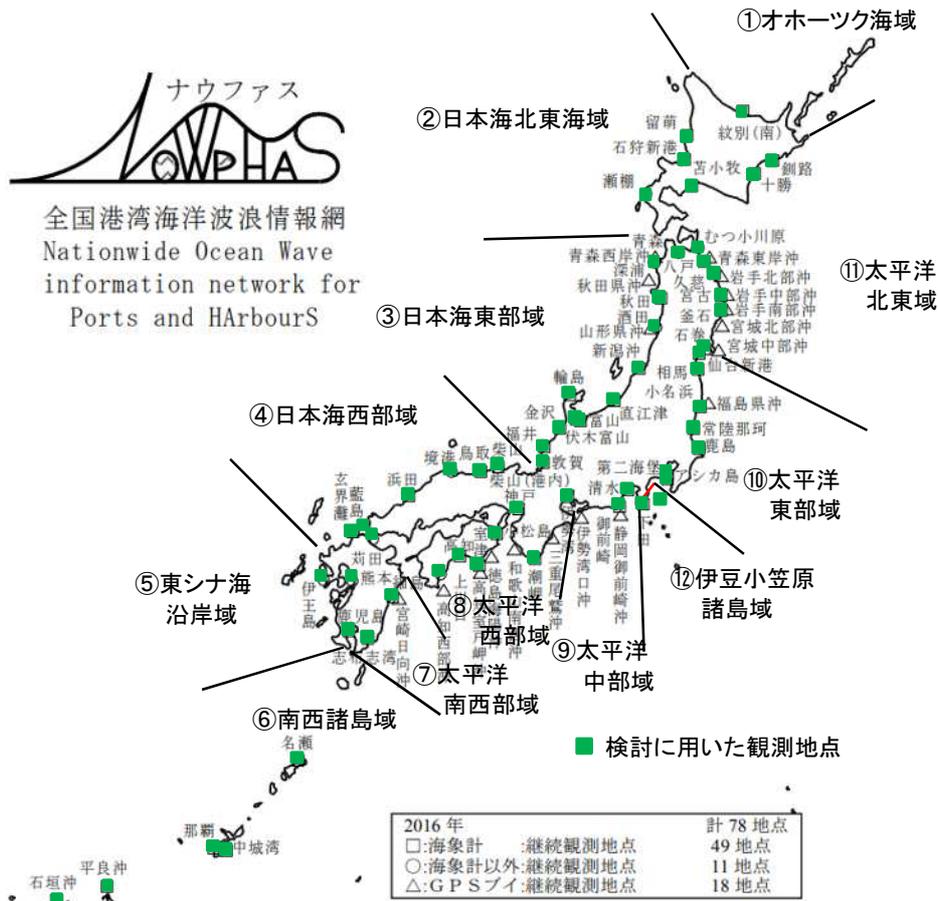


図-1 検討に用いた波浪観測データ観測位置と海域区分 (川口ら³⁾に加筆)

表-1 海域区分別の荒天日波高閾値

海域名称	荒天日波高閾値(m)
1 オホーツク海域	1.2
2 日本海北東部域	1.2
3 日本海東部域	1.0
4 日本海西部域	1.1
5 東シナ海沿岸域	1.1
6 南西諸島域	1.1
7 太平洋南西部域	1.0
8 太平洋西部域	1.1
9 太平洋中部域	1.0
10 太平洋東部域	1.2
11 太平洋北東部域	1.0
12 伊豆小笠原諸島域	1.2

表-2 海域区分別の供用係数適用区間

海域区分	海域境界	供用係数適用期間
オホーツク海域	根室半島～宗谷岬	5～10月 (6ヶ月)
日本海沿岸	宗谷岬～津島韓崎・波戸岬	
太平洋沿岸(北海道)	根室半島～汐首岬	5～10月 (7ヶ月)
太平洋沿岸(北海道以外) ・南西諸島・東シナ海	津島韓崎・波戸岬～汐首岬	1～12月 (12ヶ月)

表-3 実休祝日数

年	①	②	③	④	⑤	⑥	②+①-③+ ⑤+⑥
	全祝日 (振替含)	土日 重複	土日 重複	振替 休日	夏休	年末年始 (土日除)	
2006	16	105	5	1	4	3	123
2007	19	104	6	4	4	3	124
2008	17	104	3	2	4	3	125
2009	17	104	1	1	4	3	127
2010	16	104	1	1	4	3	126
2011	15	105	1	0	4	3	126
2012	18	105	7	3	4	3	123
2013	17	104	4	2	4	3	124
2014	17	104	3	2	4	3	125
2015	17	104	2	1	4	3	126
2016	17	105	1	1	4	3	128
2017	17	105	5	1	4	3	124
2018	20	104	7	4	4	3	124
2019	19	104	5	3	4	3	125

注1) 夏休は平日と仮定
注2) 年末年始は元日(祝日)を除いた12/31と1/2-3、年末は前年度にカウント

がないため、高波浪海域であることを考慮し他海域より大きい1.2 mと設定した。なお、本検討では波浪変形計算等による観測地点から各港湾への変換を行わず、観測データをそのまま用いることとした。

抽出した実荒天日について、海域別の平均有義波高との関係を図-2に、後述する重複率(=荒天日と休祝日との重複日数/荒天日数)との関係を図-3に示した。なお、重複率を算出する際に用いる休祝日については、表-3に整理した各年の実休祝日を採用した。実休祝日数についてはばらつきが少なく、平均で124.4日であった。

これらの結果から各地の荒天日の分布状況を見ると、日本海側では最大で70日程度となるのに対して、太平洋

側では最大で300日近い地点もあり、分布の傾向が異なることがわかる。ただし荒天日数と平均有義波高とは、それぞれの海域で線形の関係にある。また、荒天日数が25日程度より少なくなると重複率が急激に大きくなる傾向に見えるが、非常に高い2地点（青森と熊本）は荒天日が非常に少ない（5日以下）ため重複率が高くなっていることを考慮すると、全体としてはほぼ同程度であり、平均重複率は0.37であった。

次に、荒天日の年変動を調べるため、各地点の荒天日の平均値と最大・最小を整理した（図-4）。荒天日数は各地点で異なるが、日本海側で小さく太平洋側で大きい傾向が見られる。（最大-最小）の最大は中城湾（名護）の77日、最小は熊本の2日、日本海側の平均は21.0日、太平洋側の平均は36.9日、全体の平均は30.9日と比較的大きい値であった。日本海側は年平均荒天日数が50日付近

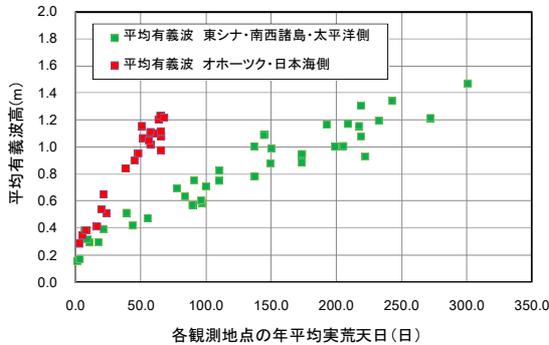


図-2 実荒天日と平均波高との関係

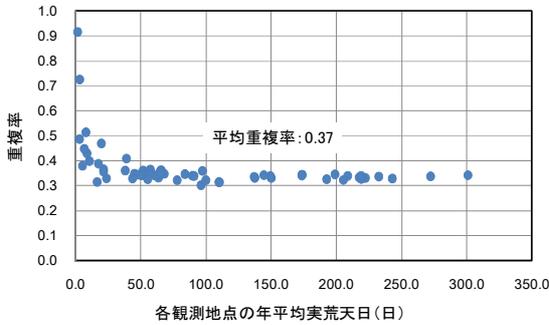


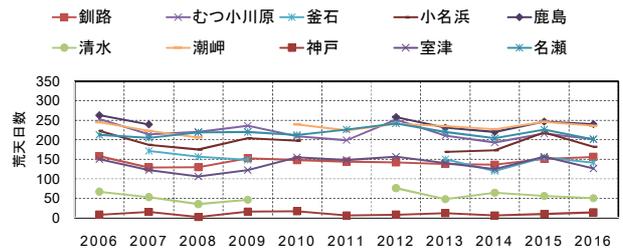
図-3 実荒天日と実重複率との関係

に多く分布している半面、太平洋側の多くは外洋の観測点であるがばらつきが大きい。また内湾の観測点では最大と最小のばらつきが小さい。図-5には海域別代表地点の荒天日の経年変化を示した。これより、各海域の中では荒天日の年変動の傾向が類似していることと、年により荒天日数がばらついていることが確認できる。このことから荒天日数の多い地点の方が年変動も大きいと言える。実荒天日のばらつきは供用係数の実態との乖離につながる可能性が高く、これを回避するためには年変動などに伴うばらつきの考慮とともに、施工位置における精度良い波浪算出が重要となる。

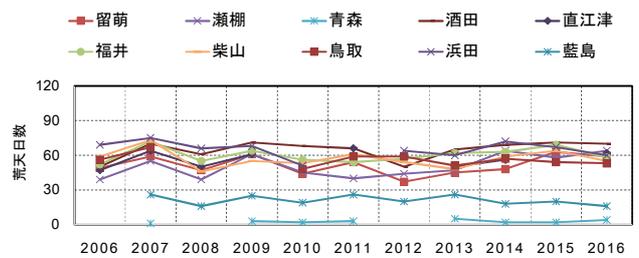
3. 各観測地点の供用係数の試算

(1) 港湾工事の供用係数

港湾工事に供用係数の概念が導入されたのは平成8年からである。供用係数の値は、例えば港湾土木積負工事積算基準⁵⁾（以降、「積算基準」とする）に掲載



(1) 太平洋側



(2) 日本海側

図-5 実荒天日の経年変化

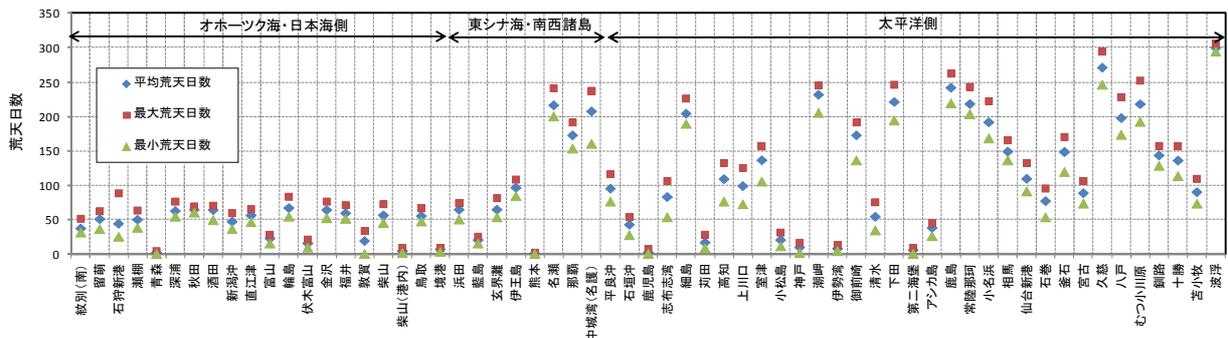


図-4 各地点の荒天日

されている。荒天日の多さで係数ランクが1~9まで設定されており、ランクに応じた供用係数と換算年間荒天日数が整理されている。例えば、青森港は換算年間荒天日数が24日以下と静穏で係数ランクは1、供用係数は1.65に対して、係数ランク9の鹿島港は換算年間荒天日数が241~264日、供用係数が3.70である。代表的な港湾について表-4に整理した。

港湾工事では、波浪の影響が海上作業における休止の主な要因のため、海上作業を行う場合には波浪による荒天待機状況に着目し供用日数を以下のように定めている。

$$\text{供用日数} = \text{運転日数} + \text{休祝日} + \text{安全教育等} + \text{荒天日数} \quad (1)$$

なお、本検討では供用日数は1年間の日数、休日は土日と振替休日を含む祝祭日、安全教育等は安全教育と現場整備日とした。土日と祝日については各年の実日数を使用した。夏休みと年末年始については、土日祝祭日と重複しない前提下、夏休みは8月に4日間、年末年始は休祝日との重複を含め12月31日から1月3日までの4日

表-4 全国主要港湾の供用係数の例

係数ランク	供用係数	換算年間荒天日数	適用港湾(例)
1	1.65	24日以下	青森, 熊本
2	1.80	25~72日以下	伏木富山, 清水
3	2.05	73~120日以下	新潟, 名瀬
4	2.25	121~144日以下	酒田, 室津
5	2.45	145~168日以下	釜石, 御前崎
6	2.65	169~192日以下	相馬, 那覇
7	2.90	193~216日以下	小名浜, 下田
8	3.20	217~240日以下	むつ小川原, 常陸那珂
9	3.70	241~264日以下	鹿島

表-5 供用係数試算のシナリオ

No	内容
(a)	土日完全閉所(週休2日)とする4週8休
(b)	土日を開所し、荒天日に休止する4週8休
(c)	日曜日を完全閉所し、土曜を含め荒天日に4閉所する4週8休

間とした。荒天日は波浪の影響により作業不可能な日数である。本検討では1日の最大有義波高が表-3に示す基準波高を超える日を作業不可能日と考え荒天日とするが、休祝日との重複を考慮した。なお、荒天日と休祝日との重複率を次式で定義した。

$$\text{重複率} = \text{荒天日のうち休祝日との重複日} / \text{荒天日} \quad (2)$$

供用係数 α は、通常、全国主要港湾の供用係数や港湾ランクと呼ばれるが、次式(3)で定義されている。

$$\text{供用係数} \alpha = \text{供用日数} / \text{運転日数} \quad (3)$$

運転日数は本来は実績であるが、本検討では式(1)から次式(4)で評価した。

$$\text{運転日数} = \text{供用日数} - (\text{休祝日} + \text{安全教育等} + \text{荒天日数}) \quad (4)$$

(2) 供用係数の試算

観測データを用いて、供用係数の試算を行った。供用係数の試算にあたっては、表-5に示した3つのシナリオを想定することとした。なお、供用係数は各年の値の平均値として評価した。

シナリオ(a)は土日を完全閉所とする週休2日の4週8休、シナリオ(b)は土日を開所し荒天日に休止して4週8休とする。ただし各月の荒天日M日(祝日との重複は除く)が各月の土日数N日(平均的には8日)以下となると土日数N日の閉所日が確保できないので、各月の土日数に不足する日数分の(N-M)日を、祝日でない静穏日のうち波高の大きい日から順に閉所日とした。

またシナリオ(c)は日曜日を必ず閉所とし、土曜を含め荒天日に4休を取得する4週8休とする。ただし各月の荒天日M日(祝日との重複は除く)が各月の土曜数N日以下となると土曜分の閉所日が確保できないので、各月の土曜数に不足する日数分(N-M)を、祝日でない静穏日のうち波高の大きい日から順に閉所日とした。

上記の3つのシナリオの試算結果を図-6に示した。こ

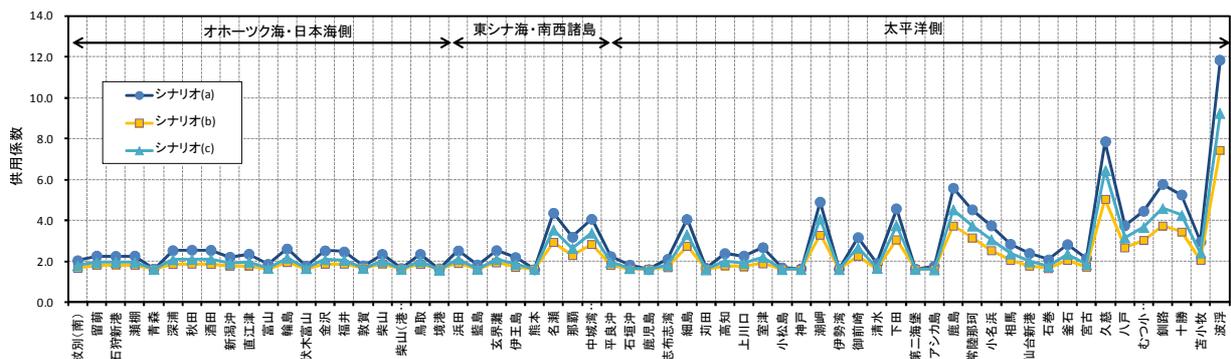


図-6 各シナリオによる供用係数試算結果

の結果からわかるように、供用係数は週末の閉所日の拘束条件に大きく支配され、シナリオ(a), シナリオ(c), シナリオ(b)の順に小さくなり、各シナリオ間の差は、日本海側で小さく、太平洋側では大きくなる。

供用係数の年変動をみるために、各年の供用係数を試算できた 11 地点について供用係数の年変動を図-7 に示した。荒天日が多い供用係数が大きい地点で年による変動が見られる。荒天日が多い地点ほどその年変動が大きい傾向が見られたが、供用係数にも同様のことが言えると考えられる。供用係数を平均値で扱う限りこの変動による実態との乖離は防げないが、なるべく長期間のデータを用い変動の影響を取り込むか、平均値でなく統計的な扱いをする方法も考えられる。

次に、観測波高データと実荒天日数から算出した供用係数と、積算基準⁵⁾に記載されている現行の供用係数値とを、実荒天日別に示したものを図-8 に示した。この結

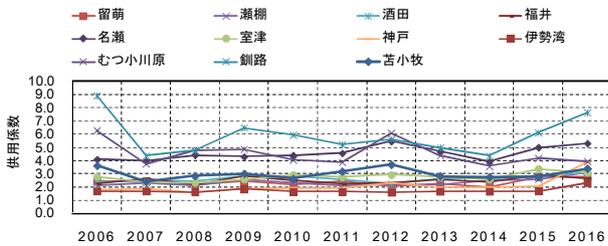
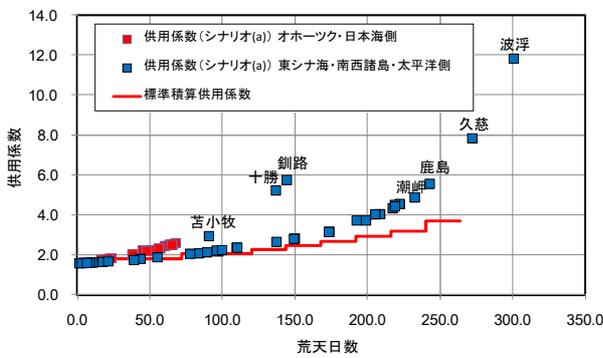
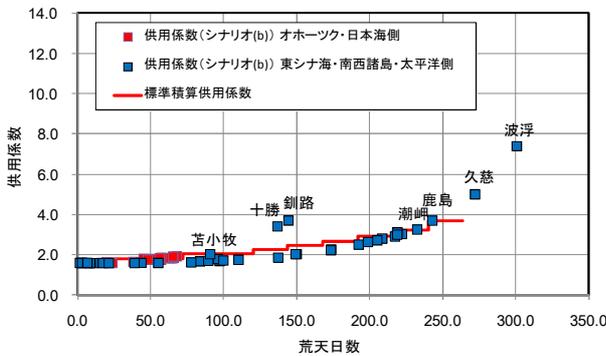


図-7 供用係数 (シナリオ(a)) の年変動



(1)シナリオ(a)



(2)シナリオ(b)

図-8 試算した供用係数と現行値との比較

果をみると、全般に今回試算した供用係数の方が大きい傾向が見られた。ただし、本検討では波浪観測地点の観測波浪データ(有義波高)をそのまま使用しているため、施工位置に比べ観測水深が深い地点や、港湾への波浪侵入に対して岬や半島など地形の影響が大きい地点では、供用係数を算定されると思われる港湾工事実施エリアでは波高が観測データより小さくなる可能性が高く、実際にはその差がもう少し小さくなると予想される。

荒天日数とシナリオ(a)の供用係数および現行の供用係数を比べると、日本海側では太平洋側に比べ荒天日数の少ない範囲に分布し乖離はあるものの小さい。それに対して、太平洋側は荒天日数が少ない地点では乖離が小さいが、荒天日数が多くなると乖離も大きくなる。週末の閉所拘束条件を緩和し4週8閉所のシナリオ(b)とすると、北海道太平洋側を除きほぼ現行と同程度の供用係数となることがわかった。

4. 3日連続静穏日の抽出

港湾工事の工種によっては、例えば3日連続の静穏日が必要になる場合がある。従ってシナリオ(a)や(c)のように閉所日を固定することにより、連続静穏日が確保できる確率が大きく減少する可能性がある。ここでは、連続静穏日が3日間必要な工種を想定し、各シナリオについて連続3日継続する静穏日(以下、連続静穏日とする)の抽出を行い比較を行った。なお、静穏日が3日間連続すると1回とカウントし、例えば5日間静穏日が連続して6日目が荒天日の場合は1回、6日目も静穏な場合に2回とカウントした。なお、年度を跨いだ連続静穏日は、前年度にカウントした。

各シナリオの連続静穏日を抽出した結果を図-9 に整理した。当然ではあるが、供用係数試算結果とは反対に閉所日固定の拘束条件が連続静穏日を減少させており、シナリオ(b), シナリオ(c), シナリオ(a)の順に連続静穏日は少なくなる。抽出された回数としては、シナリオ(b)では最大回数は青森の77.8回、最小回数は波浮の10.5回で、平均は42.7回、シナリオ(a)では最大回数は熊本の51.8回、最小回数は波浮の6.8回、平均は28.5回、シナリオ(c)では最大回数は境港の69.3回、最小は波浮の7.5回、平均は35.9回であった。週末土日閉所を固定すると平均で連続静穏日が14.2回減少し、日曜だけを固定すると6.8回減少することがわかった。また、供用係数のような海域による顕著な違いは見られなかった。

次に、連続静穏日の年変動をみるために、シナリオ(b)の場合を例に、各観測地点の対象期間中の連続静穏日最大・最小回数と平均回数を図-10 に示した。連続静穏日のばらつき(最大-最小)は最大で24回、最小で4回、

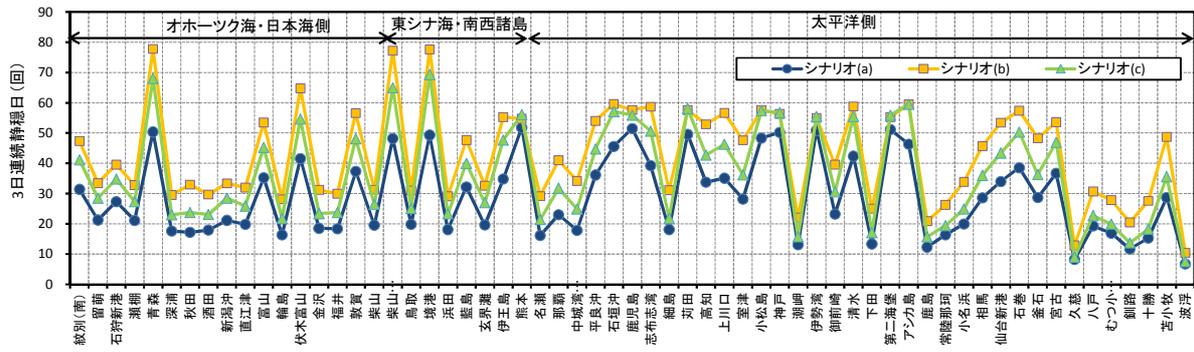


図-9 各シナリオによる3日連続静穏日

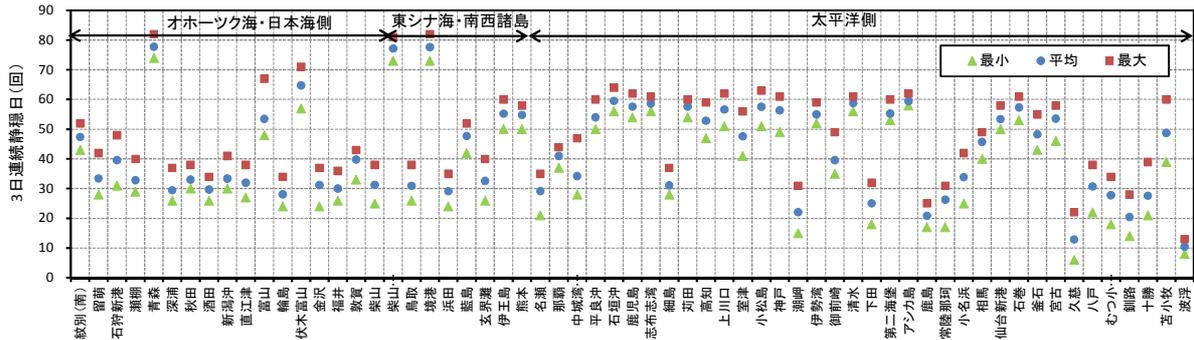


図-10 シナリオ(b)の場合の3日連続静穏日の年変動

平均は11.4回であった。シナリオ(b)の平均42.7回に対して、年によっては±25%の変動が生じることになる。平均的な議論をする際には、特異データによる影響を避けるためにもなるべく長期間のデータを用いることが望ましい。

5. 結論

観測波浪データを用い、各地点の荒天日と供用係数について検討を行った結果、以下の結論を得た。

- ① 休祝日と荒天日の重複率は全体的に同程度で平均0.37であった。荒天日は日本海側と太平洋側で傾向が異なり、年毎の変動幅は平均で30.9日であった。
- ② 供用係数は週末閉所条件を強めるほど小さくなる。土日閉所では現行供用係数との乖離が大きいが、荒天日に休止する4週8休とすると乖離が小さくなる。

- ③ 連続静穏日は海域による違いは見られず、閉所日の固定条件を限定するほど減少する。年変動は比較的大きく、検討には長期間データが望ましい。

参考文献

- 1) 港湾工事積算研究会編：[新訂]港湾工事の積算，pp.34-39，財団法人経済調査会，1997。
- 2) 一般社団法人日本埋立浚渫協会：港湾工事における働き方推進の基本方針，4p.，2018。
- 3) 川口浩二・末廣文一・藤木俊・田村仁：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2016），港湾空港技術研究所資料，No.1342，125p.，2016。
- 4) 永井紀彦：全国港湾海洋波浪観測30か年統計（NOWPHAS 1970-1999），港湾空港技術研究所資料，No.1035，388p.，2002。
- 5) 国土交通省港湾局監修：港湾土木請負工事積算基準（平成30年度改訂版），pp.単-2-単-9，2018。

(2019.2.7 受付)
(2019.4.24 受理)

A STUDY OF THE SERVICED COEFFICIENT OF PORT AND HARBOR CONSTRUCTION

Hiroyuki KATAYAMA and Yuji MAEDA

Workstyle reform is carried out in the construction industry. Therefore, the efficiency improvement of construction is demanded. The port and harbor construction greatly affected by the weather condition also aims at five-day work week. In each port, the serviced coefficient for setting up a suitable construction period is defined. However, the serviced coefficient is conjectured to differ from the actual condition in a harbor with much stormy weather. This study performs fundamental examination about the serviced coefficient using observation wave data.