

高潮時の堤外地におけるコンテナ流出対策に関する一考察

株式会社 ウエスコ ○ 内田恵介

論文要旨

近年の台風の強大化に伴い、高潮時において港湾の堤外地に置かれたコンテナの流出被害が報告されている。港湾活動に様々な悪影響を及ぼすコンテナの流出あるいは港湾区域での沈没に対して、それを抑止するための対策が過去から種々取り組まれてきたが、各対策にはそれぞれに問題や課題がある。そこで本研究では、あらたなコンテナ流出抑止策として、コンテナ流出を防ぐ壁「方舟(はこぶね)コンテナ」を提案する。具体的には空コンテナとコンテナが在置されている地盤面とを連結索で結ぶ対策である。これを「方舟コンテナ」と呼ぶことにするが、高潮時にはその方舟コンテナが浸水水位に追従して浮上し、他のコンテナが流出するのを防ぐ壁となる。さらに複数の方舟コンテナを連結し、在置された他のコンテナを取り囲むように配置すれば、コンテナ流出の可能性を低減できると考える。

キーワード:高潮被害、コンテナ流出防止、連結索、浮力

まえがき

近年、日本を襲う台風が強大化してきている。特に平成30年の台風21号による強風で流されたタンカーが関西空港連絡橋に衝突し、橋梁が破損するなどの被害が生じた事案は記憶に新しい。この時は大阪港や神戸港において、高潮により、ふ頭用地や背後の荷捌地、野積場が浸水し、コンテナヤードに置かれていたコンテナが流出するという被害も発生した。それにより、港湾区域などにおける船舶航行に支障が出た上、流出したコンテナを回収する作業や、沈没してしまったコンテナの探索、回収などの作業が続き、一定期間、港湾活動がストップしてしまった。また、コンテナ自体の喪失や損壊だけでなく、流出したコンテナによる他施設への衝突被害なども報告されている。こうした経験をふまえ、高潮時の港湾の堤外地におけるコンテナの流出に有効な対策を再検討することにした。

1. コンテナ流出対策の現状

高潮等による港湾の堤外地に在置するコンテナ流出に対する現状の対策とその問題点について表一、表二にまとめた。

表一 コンテナ流出防止のためのハード対策と問題点

現状の対策	問題点
ヤード背後への鉄柵やネットなど流出防止施設の設置	・施設の高さにより流出するコンテナを捕捉できる水位に限界がある。 ・整備費用が大きい。 ・海側など多方向へのコンテナ流出に柔軟に対応できない。
ヤードの地盤高の嵩上げや浸水防止壁の設置	・整備費用が大きい。 ・整備に時間がかかる。

表二 コンテナ流出防止のためのソフト対策と問題点

現状の対策	問題点
コンテナの多段積み	暴風により多段積みコンテナが倒壊するおそれがある。
コンテナの固縛、拘束等	・固縛や拘束の作業手間が発生する。 ・コンテナのハンドリングを非効率にする。
コンテナ扉の開放による水密性の除去	積荷の散乱・浸水、コンテナ内部・積荷の汚損につながる。
コンテナの高台への一時避難	コンテナの移動に手間と時間がかかる。
コンテナヤードでの在置期間の短縮化	ハンドリングのスケジュール調整がより必要となる。
内陸部インランドデポの整備	コンテナ輸送経路の大幅な見直しが必要となる。

このように、各対策にはそれぞれ問題点もあるため、それらを解決できる対策が必要であると考えられる。

2. あらたなコンテナ流出対策の発案とその概要

1) 要請される機能と効用

- ①現在の流出防止のためのハード対策での問題解決
 - ・様々な潮位への対応や様々な方向への流出防止
 - ・整備にかかる費用と時間の節約
- ②現在の流出防止のためのソフト対策での問題解決
 - ・高潮時の対策のためにかかる手間や時間の節約
 - ・通常のハンドリングへの影響の低減

2) あらたなコンテナ流出対策

前記のような要請機能を満たすため、あらたに「方舟(はこぶ

ね)コンテナ」という対策を提案した。基本的な概念は空コンテナ自体のもつ浮力を活かして流出しようとするコンテナ群を壁として捕捉するというものである。概要は以下となる。

- ①1段の空コンテナでヤードに在置しているコンテナ群を包围
(図-1)

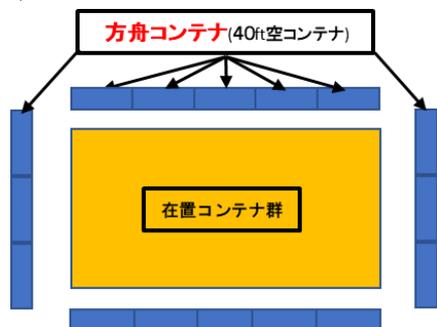


図-1 方舟コンテナのヤードでの平面配置例

- ②囲いとなった空コンテナをヤード地盤と縦連結索で連結
③その空コンテナどうしを横連結索で連結
④潮位上昇に伴い、囲いとなった空コンテナ群(方舟コンテナ)が浮上し、全体的に大きな壁を形成(図-2)

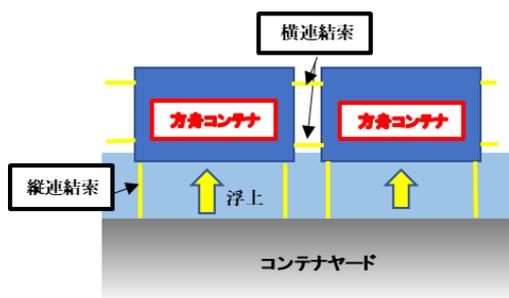


図-2 方舟コンテナとヤードの連結と高潮時の浮上状況

- ⑤在置コンテナ群が流出する際、壁となった方舟コンテナがそれらを捕捉(図-3)

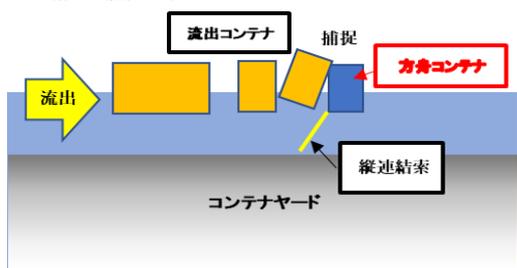


図-3 方舟コンテナによる流出コンテナの捕捉状況

3. 方舟コンテナの構造

1) 方舟コンテナの連結索による緊結

コンテナの荷揚げ荷下ろし時に使用される、コンテナ上下四隅に配置されているコーナーキャスティング(すみ金具)のツイストロック用ホール(図-4)を利用し、その穴に緊結用の索を連結する。



図-4 コンテナのキャスティングブロックとその穴

具体的には、コンテナ底面の四隅コーナーキャスティングブロックのうち対角線上に位置する2つのブロックの穴にそれぞれ縦連結索をかける。そして流出を防止するコンテナ群側に面した上下のブロックの穴にそれぞれ横連結索をかける。(図-5)

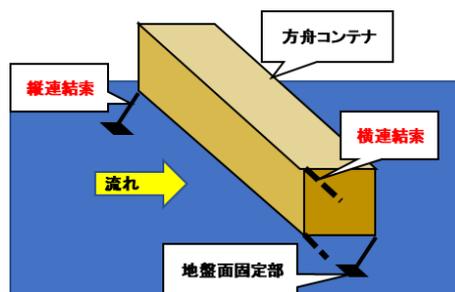


図-5 方舟コンテナの連結方法

特に縦連結索については、流れの様々な方向に対して方舟コンテナの浮上状態が安定するように、コンテナ底面の対角線上に最小限の2本の連結索で地盤面等の固定点と連結する。

2) 連結索の形状寸法、材質

① 連結索の長さ

流出したコンテナのすり抜けを防ぐため、コンテナの最小寸法である2,438mmより小さい2,400mmとする。

② 連結索の材質

以下の条件を考慮して、材質は表面硬度が高く、可撓性も大きいステンレス等の鋼製チェーンとする。

- ・流出するコンテナの捕捉や衝突時の損傷に強いこと
- ・可撓性のあること
- ・方舟コンテナの浮力が大きく、重い索でも可能であること

③ 連結索の太さ

設計条件によるが、後述の台風21号(2018)の大阪港では風速50mで径22mmの鋼製チェーンが必要と試算された。

3) 連結索の緊結方法

① 方舟コンテナのキャスティングブロックへの緊結

鋼製チェーンをシャックルなどを通じて緊結するものとする。

② 地盤面等への縦連結索の緊結

地盤面等への緊結は現場の状況により適宜設計するが、有効な基礎となる地盤等が無い場合は、あらたな基礎が必要である。台風21号(2018)の大阪港では風速50mで、4.9m四方、厚さ60cm程度の基礎コンクリートが必要と試算された。これらにアンカー筋やシャックル等で緊結する。

4. 方舟コンテナの設計

1) 設計条件の設定

① 設計浸水深の設定

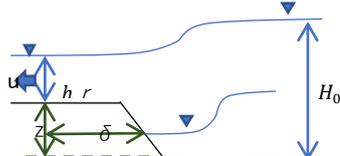
設置現場における設計の浸水深を設定するにあたっては、過去最大水深などが考えられる。なお、台風21号(2018年)による大阪港での浸水事例(参考文献¹⁾)は、表一3のように最大で0.85mの浸水深と推定され、コンテナが流出した。

表一3 台風21号(2018年)による咲洲のふ頭での事例

施設名	①被災時潮位	②平均天端高(Z)	③沖波設定潮位(H ₀)	④(①-②)浸水深(h _r)
J岸壁背後	OP+4.21m	OP+3.36m	OP+4.55m	0.85m
ライナーふ頭	OP+4.31m	OP+3.69m	OP+4.55m	0.62m

② 設計流速の設定

設置現場における設計の流速を設定するにあたっては、別途シミュレーション値を用いるか、潮位、波高等からの推算値を用いる等が考えられる。なお、台風21号(2018年)による大阪港のふ頭での陸上流速としては表一3、表一4の各値を用いて、「津波の陸上流速とその簡易推定法」(参考文献²⁾)より、図一6及び式①から陸上流速 u を推定した。



図一6 陸上流速推定に関する諸元

$$u \doteq \sqrt{\{2g(H_0 - z - h_r) / (1 + 2gn^2\delta / h_r^{4/3} - h_r^2 / H_0^2)\}} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

ここで u: 陸上流速(m/sec)

h_r: 流速推定地点での浸水深(m)

H₀: 沿岸水位(m)

z: 流速推定地点の地盤高(m)

δ: 水際線から流速推定地点までの水平距離(m)

n: 陸域のマニング粗度係数

表一4 台風21号(2018年)による咲洲のふ頭での各値

	J岸壁背後	ライナーふ頭
h _r (m)	0.85	0.62
H ₀ (m)	4.55	4.55
Z (m)	3.36	3.69
δ (m)	10(*1)	
n	0.05(*2)	

*1: 岸壁背後10mにコンテナを置と設定
*2: 参考文献2)における陸域値を採用

上記の計算により、台風21号(2018)による大阪港咲洲での陸上流速推定値は、J岸壁背後で2.06m/sec、ライナーふ頭で1.57m/secとなり、最大値の2.06m/secを用いた。

③ 設計風速の設定

設置現場における設計の風速を設定するにあたっては、過去最大風速や別途シミュレーション値等を用いる。なお、台風21号(2018年)時の瞬間最大風速は50mであった。

④ 方舟コンテナ諸元の設定

ISO標準の40ft海上コンテナを方舟コンテナとして使用し、その基本寸法を用いる。

2) 連結索の設計

連結索径は縦連結索を主に設計し、コンテナ相互を連結するための横連結索は縦連結索と同径とする。縦連結索の設計方法は、方舟コンテナの縦連結索が「係船浮標」の連結索と同様の構造と考えらえるため、係船浮標の設計方法に準じることとする。(参考文献³⁾)ただし、高潮時の風荷重も併せて考慮するものとする。また、高潮時の方舟コンテナの挙動について、以下のフェーズごとに作用力を計算し、最大の作用力で設計するものとする。

- フェーズ1: 方舟コンテナが流され縦連結索が伸びきった状態
- フェーズ2: 縦連結索が伸びきり、方舟コンテナに別の流出コンテナが捕捉された状態
- フェーズ3: 浸水前に方舟コンテナが風荷重を受けた状態

(1) フェーズ1での設計照査

方舟コンテナは浸水深の小さい時(20cm~30cm)から浮上開始し、徐々に索が展張される。そのため、伸びきった時点での連結索に作用する牽引力を算定する。ただし衝撃的な力は考慮しない。また、風圧力や潮流力等の作用力は対角線に配置された縦連結索を結ぶ方舟コンテナの対角面に対して直角に作用すると仮定する(図一7)。

① 方舟コンテナから受ける牽引力の計算

i) 風圧力 R₁

$$R_1 = 0.5 \rho_1 c_1 u^2 (A_1 \cos^2 \theta + B_1 \sin^2 \theta) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

ここで R₁: 風荷重の合力(N)

ρ₁: 空気の密度=1.23(kg/m³)

u: 風速(m/sec)(高潮時の最大風速)

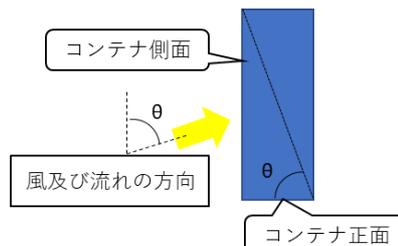
A₁: 水面上の方舟コンテナ正面投影面積(m²)

B₁: 水面上の方舟コンテナ側面投影面積(m²)

θ: 縦連結索を結ぶ対角面のなす角度

= 方舟コンテナ側面に対して風及び流れが入射する方向角=78.7° (図一7)

c₁: 風圧力係数



図一7 方舟コンテナと風・流れの平面的関係

ii) 潮流力 R₂

$$R_2 = 0.5 \rho_2 c_2 V^2 (A_2 \cos^2 \theta + B_2 \sin^2 \theta) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ここで R_2 :潮流力(N)
 ρ_2 :海水の密度=1,023(kg/m³)
 V :流速(m/sec)
 A_2 :喫水面下の方舟コンテナ正面投影面積(m²)
 B_2 :喫水面下の方舟コンテナ側面投影面積(m²)
 c_2 :抗力係数

iii)波浪漂流力

方舟コンテナの浮体としてのサイズが波の波長に対して小さいと考え、漂流力は微小として、無視することとする。

iv)方舟コンテナから受ける水平牽引力 R_0

$$R_0 = R_1 + R_2 \quad \dots\dots\dots ④$$

ここで R_0 :方舟コンテナから受ける水平牽引力(N)

v)縦連結索1本に作用する牽引力 T

索方向に作用する牽引力は浸水深 h_r と縦連結索長(2.4m)から図-8に示す連結索と地盤面とのなす角度 θ_t により

$$T = R_0 \sec \theta_t / \text{縦連結索本数}(2本) \quad \dots\dots\dots ⑤$$

ここで T :縦連結索1本に作用する牽引力(N)

R_0 :方舟コンテナから受ける水平牽引力(N)

θ_t :縦連結索と地盤面がなす角度(図-8)

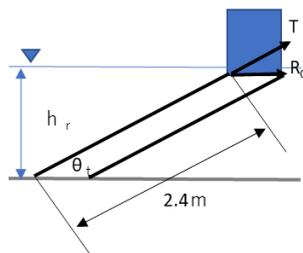


図-8 縦連結索と方舟コンテナの水平牽引力の関係
(縦連結索は過長に表現)

縦連結索2本が同時に伸びきることは想定しにくい、1本が伸びきったあと2本目が伸びきるまでの間は、方舟コンテナがまだ流れている状態であるので、二本が伸びきった状態で牽引力 T が縦連結索に作用するものとする。

②縦連結索によるカタナリー効果

索の自重により、方舟コンテナに作用する水平牽引力に対するカタナリー効果の有無を図-9及び式⑥で確認する。

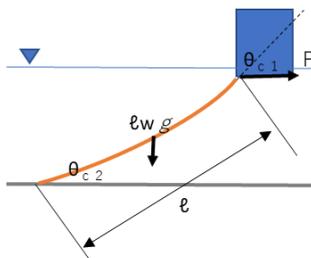


図-9 縦連結索のカタナリー効果
(縦連結索は過長に表現)

$$l = P / w_g \times (\tan \theta_{c2} - \tan \theta_{c1}) \text{ より}$$

$$l w_g / P = \tan \theta_{c2} - \tan \theta_{c1} \quad \dots\dots\dots ⑥$$

ここで P :1本の縦連結索に作用する水平牽引力(N)

l :連結索長(2.4m)

w_g :索の自重(N/m)

θ_{c1} 、 θ_{c2} :図-9に示す角度

$l w_g / P$ の値が大きければカタナリー効果が見込めるが、方舟コンテナの場合、連結索長 l は係船浮標等と比べて短いため安全側も考慮して、カタナリー効果は見込まない。

③フェーズ1における風力や潮流力による方舟コンテナの回転と浸水深との関係についての考察

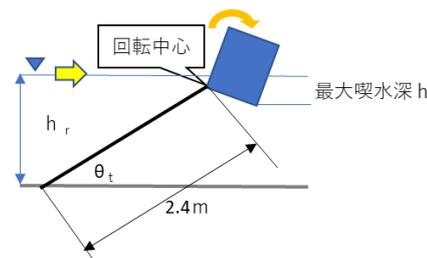


図-10 風力・潮流力による方舟コンテナの回転
(縦連結索は過長に表現)

地盤面と連結する縦連結索が伸びきった時、二本の縦連結索を結ぶ軸を中心として方舟コンテナが回転することが考えられる。図-10のような状態で、縦連結索と方舟コンテナの重心を通る対角線が一直線となる状態まで回転しようとするが、風力及び潮流力と、増加分の浮力及び潮流力による揚力が釣り合う位置まで方舟コンテナが沈み込む状態となる。回転中心回りのモーメントが釣り合うと設定して、図-10に示す角度 θ_t や最大喫水深 h を求め、そして h と浸水深 h_r を比較する。 h_r が h より小さい場合は方舟コンテナが回転して釣り合いの状態になる前に地盤面に着地することになる。着地した場合は、着地点が支点となるため、縦連結索に作用する力は分散されると考えられる。

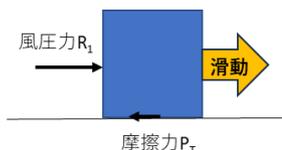
(2)フェーズ2での設計照査

方舟コンテナで捕捉する流出コンテナについては、想定する浸水深において、浮上し流出する可能性のある最大重量の40ft 実入りコンテナを、その長手方向の面で捕捉したと仮定する。また、流れに従いゆっくりと方舟コンテナに捕捉されるものとし、衝撃的な力は発生しないと仮定する。設計は基本的には係船浮標の設計に準じ、フェーズ1の照査での方舟コンテナに流出コンテナを併せて検討する。具体的には風圧力は水面上に出ている面積がより大きい方舟コンテナにかかる力を考慮し、潮流力はより深い喫水となる流出コンテナにかかる力を考慮する。さらに、流出コンテナが捕捉された時の衝突エネルギーについて、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」(参考文献⁴⁾)に基づき、縦連結索の弾性・塑性変形及び方舟コンテナの移動沈下、基礎の回転などによるエネルギーの吸収を照査する。

(3)フェーズ3での設計照査

ふ頭などにおいて、浸水前の方舟コンテナに風荷重が作用した時の方舟コンテナの状態は、ふ頭などの地盤面との関係で様々な挙動を示すと想定される。そこで、方舟コンテナが風を受けた時の最初の挙動が滑動を主としたものであるのか、回転を主としたものであるのか、それぞれの場合の挙動を分析し、連結索に作用する最大の牽引力を求める。

①方舟コンテナの挙動が滑動主体の場合(図一11)



図一11 風力による方舟コンテナの滑動

i)風圧力 R_1

$$R_1 = 0.5 \rho_{1c} u^2 (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots ⑦$$

ここで R_1 : 風荷重の合力(N)

ρ_{1c} : 空気密度 = 1.23(kg/m³)

u : 風速(m/sec)(高潮時の最大風速)

A : 方舟コンテナ正面投影面積(m²)

B : 方舟コンテナ側面投影面積(m²)

θ : 図一7に示す角度

c_1 : 風圧力係数

ii) 摩擦力 P_T

$$P_T = Wg \times \mu \dots\dots\dots ⑧$$

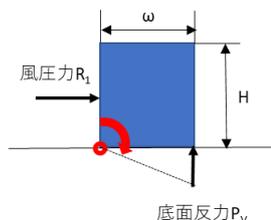
ここで P_T : 方舟コンテナ底面に作用する地盤面との間の摩擦力(N)

Wg : 方舟コンテナ自重(N)

μ : 方舟コンテナと地盤面との間の摩擦係数

上記計算での風圧力 R_1 と摩擦力 P_T を比較して方舟コンテナの滑動可能性の有無を確認する。なお、地盤面がコンクリートの場合、試算では風速30mでも方舟コンテナの自重では滑動をおさえられない。滑動後、縦連結索が伸びきった時の水平力より連結索に作用する牽引力を求める。

iii) 滑動後の回転による地盤面の支持力



図一12 風力による方舟コンテナの回転(1)

方舟コンテナが滑動し、縦連結索が伸びきったあと、縦連結索の地盤面との定着部を中心軸としてコンテナを回転させる力が働く。このとき、地盤面からの反力が作用する。

図一12に示すように、縦連結索の地盤面定着部回転軸回りのモーメントを考えた時、回転させるモーメント M_1 は $R_1 \times 1/2H$ となる。

また回転に抵抗するモーメント M_2 は、底面反力 P_v を最大とする三角形の反力分布ができるとし、 $1/3 \times 1/2 \times L \times \omega \times P_v \times 1/3 \times \omega \times \sin \theta$ となり、

$M_1 = M_2$ より

$$P_v = 9 \times R_1 \times H / (L \times \omega^2 \sin \theta) \dots\dots\dots ⑨$$

ここで P_v : 回転による底面反力(N/m)

R_1 : 風荷重の合力(N)

H : 方舟コンテナの高さ(m)

L : 方舟コンテナの長さ(m)

ω : 方舟コンテナの幅(m)

θ : 図一7に示す角度

また、方舟コンテナ自重により底面に反力が作用し、

$$P_v' = Wg / (\omega \times L) \dots\dots\dots ⑩$$

ここで P_v' : 方舟コンテナ自重による底面反力(N/m)

従って、底面反力最大値 P (N/m)は

$$P = P_v + P_v' \dots\dots\dots ⑪$$

となる。

いっぽう地盤許容支持力 q_k は

$$q_k = \beta \times \rho_{1k} \times g \times \omega' / 2 \times N_{\gamma k} \dots\dots\dots ⑫$$

ここで q_k : 地盤許容支持力(N/m)

β : 基礎の形状係数

ρ_{1k} : 基礎底面から下の地盤の土の単位体積

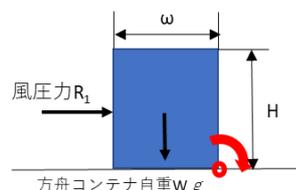
ω' : 基礎幅(m) (= $\omega \sin \theta$)

$N_{\gamma k}$: 支持力係数の特性値

となり、 P と q_k を比較して、方舟コンテナの回転に対する地盤面の支持の可否を確認する。

②方舟コンテナの挙動が回転主体の場合

方舟コンテナが風荷重で滑動せずにすぐに回転する場合として、図一13のように回転すると想定する。風圧力は方舟コンテナ底面の長手方向の軸を中心に回転しようとするので、方舟コンテナ側面に直角に風圧力が作用すると仮定する。



図一13 風力による方舟コンテナの回転(2)

i) 回転開始時

図一13に示す回転軸回りのモーメントを考え、回転させるモーメント M_1 は

$$M_1 = R_1 \times 1/2H \dots\dots\dots ⑬$$

ここで M_1 :回転させるモーメント(Nm)
 R_1 :風荷重の合力(N)
 H :方舟コンテナの高さ(m)

いっぽう回転に抵抗するモーメント M_2 は
 $M_2 = Wg \times 1/2 \omega$ ⑭

ここで M_2 :回転に抵抗するモーメント(Nm)
 Wg :方舟コンテナの自重(N)
 ω :方舟コンテナの幅(m)

上記から M_1 と M_2 の比較で、回転発生の有無を確認する。

ii) 回転開始後、縦連結索により回転停止した時
 方舟コンテナの回転開始後、縦連結索が伸びきって回転が停止した状態を考える(図-14)。

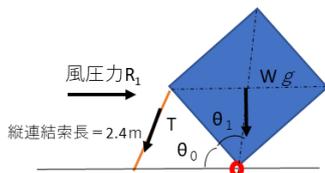


図-14 風力による方舟コンテナの回転(3)

このとき縦連結索長が2.4mであるとする、 θ_0 及び θ_1 は
 $\theta_0 = 59.0^\circ$ 、 $\theta_1 = 46.7^\circ$ 、 $\theta_0 + \theta_1 = 105.7^\circ > 90^\circ$
 と計算され、 $\theta_0 + \theta_1$ が 90° 以上になることから方舟コンテナの重心が 90° 以上に倒れることになる。このため、方舟コンテナの自重が回転させようとする力となり、風が弱くても別の力が作用しないかぎり、もとは戻らず、縦連結索が伸びきったままの状態となると考えられる。

$R_1 = 0.5 \rho c_1 u^2 (A \cos^2 \theta' + B \sin^2 \theta')$ ⑮
 ここで R_1 :風荷重の合力(N)

ρ :空気の密度 = 1.23(kg/m³)
 u :風速(m/sec)(高潮時の最大風速)
 A :方舟コンテナ正面投影面積(m²)
 B :方舟コンテナ側面投影面積(m²)
 θ' :風向と方舟コンテナ側面との角度(90°)
 c_1 :風圧力係数

回転させるモーメント M_1 は

$$M_1 = R_1 \times 1/2 \sqrt{(H^2 + \omega^2)} \times \sin(180^\circ - \theta_0 - \theta_1) + Wg \times 1/2 \sqrt{(H^2 + \omega^2)} \times \cos(180^\circ - \theta_0 - \theta_1)$$
⑯

ここで M_1 :方舟コンテナを回転させるモーメント(Nm)
 R_1 :風荷重の合力(N)
 H :方舟コンテナの高さ(m)
 ω :方舟コンテナの幅(m)
 θ_0 、 θ_1 :図-14の各角度

上記計算で得られた M_1 を、方舟コンテナの回転軸上にない側の縦連結索1本のみで受けると考え、図-14に示す縦連結索に作用する牽引力 T を⑰式から計算する。

$$T \times (\omega \cos(\theta_0/2)) = M_1 \text{ より}$$

$$T = M_1 / 2(\omega \cos(\theta_0/2)) \text{⑰}$$

(4)各フェーズでの計算による縦連結索の径の決定

各フェーズでの縦連結索に作用する牽引力 T を比較して、最大の牽引力で縦連結索の必要径を求める。具体的には、径ごとの連結索の降伏荷重と最大牽引力 T の比較により行う。

3)キャストイングブロック(すみ金具)の強度確認

方舟コンテナの縦連結索が連結されるキャストイングブロック(すみ金具)の強度(日本産業規格 JIS Z1616「国際貨物コンテナ 一すみ金具」上部つり上げ想定荷重150KN)と縦連結索の設計最大牽引力とを比較検討する。

5. 特許関係

登録番号:特許第6906650号
 発明の名称:コンテナ流出防止装置
 特許権者:内田恵介
 登録日:令和3年7月1日

あとがき

方舟コンテナの開発にあたり、当初よりコンテナ流出対策の現状での情報のご提供や理論面での適切なご指導を頂いた青木伸一大阪大学名誉教授、論文作成にあたり適切なご指導を頂いた荒木進歩大阪大学教授、ふ頭関係者等への紹介等でご協力を頂いた、みなと総合研究財団近畿事務所の三村正樹所長、国土交通省北陸地方整備局の佐々木規雄港湾空港部長に対し、深甚の感謝を申し上げます。

今後の課題としては、シミュレーションや実験による、設計上で想定した各フェーズでの方舟コンテナの挙動や作用力の確認の必要性、さらに方舟コンテナの現地設置による、高潮時の有効性確認の必要性、また、既存のコンテナ流出対策のさらなる改善検討の必要性など、早急に対応すべきものが残っている。台風の強大化による被害の増大は待ったなしなのである。

参考文献

- 1) 大阪市港湾局:「台風第21号の波浪・浸水再現シミュレーション及び被害原因の検証」、大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会大阪港部会資料、2019
- 2) 松富英夫、飯塚秀則:「津波の陸上流速とその簡易推定法」、海岸工学論文集第45巻、1998
- 3) 運輸省第三港湾建設局高知港事務所:「上川口地区係留施設設計業務報告書」、運輸省第三港湾建設局、1997
- 4) 由井孝昌、山本修司:「津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)について」、沿岸技術研究センター論文集 No. 9、2009