

コンテナの漂流衝突力に及ぼす付加質量の影響に関する一考察

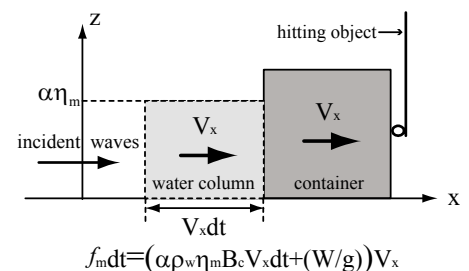
名古屋大学大学院 学生会員 ○ 宇佐美敦浩

名古屋大学大学院 正 会 員 水谷 法美

1. はじめに： 島国である日本には大小の港湾が多数存在し、取扱貨物量は年々増加するなど、重要なインフラ施設の一つとなっている。このような港湾に津波が来襲すると、人的被害や構造物の浸水・損壊といった一次的な被害のみならず、船舶やコンテナ、木材、自動車などの取扱貨物、さらには破壊された建造物の部材など種々な物体が遡上波によって漂流し、港湾構造物を含む背後の施設などに衝突し、破壊するといった二次的な被害が懸念されている。東海地震などの海溝型大地震の発生が危惧されている現在、漂流物による衝突力の発生メカニズムとその大きさなどを詳細に把握し、対策を検討することは急務である。

漂流物としてコンテナを対象とし、水谷ら (2005, 2006) はコンテナの衝突力 f_m が、運動量の変化と力積の関係を用いて、コンテナの質量とコンテナ背後に堰き止める水の質量 (付加質量) による力の和で表されるとし、次式を提案した (図-1, 式(1)参照)。

$$f_m = \left(\frac{WV_x}{gdt} \right) + \alpha \rho_w \eta_m B_c V_x^2 \quad (1)$$



ここに α : 打上係数 ($\alpha=2$)、 ρ_w : 水の密度、 η_m : 最大遡上水位、 B_c : コンテナ幅、 V_x : コンテナの移動速度、 W : コンテナ重量、 g : 重力加速度、 dt : 衝突作用時間である。さらに、この漂流衝突力に及ぼす付加質量の効果について詳細に検討するため、被衝突物の剛性を変化させた実験を行い、剛性の違いによる衝突作用時間の差により付加質量の影響が異なることを明らかにした。しかし、彼らは付加質量がない場合の実験を行っていないため、付加質量とコンテナ質量の個々の定量的な評価は十分に行われておらず、付加質量の影響の評価について課題が残されている。そこで、本研究では、空中でコンテナを衝突させた場合の衝突力を計測し、それらを波浪水槽内で行った漂流衝突力の実験結果と比較することにより、コンテナ衝突時における付加質量の影響について考察する。

2. 実験概要： 本研究では(1)空中衝突実験と(2)漂流衝突実験の二種類を行った。両実験とも、コンテナバースの背後施設を想定した受圧板 (図-2 参照) を用い、受圧板にコンテナが衝突した際に発生する衝突力を、受圧板に作用するモーメントによるひずみとして検出することにより計測した。使用した受圧板は、厚さ $k=2, 4$ mm の 2 種類であり、コンテナ模型の縮尺を 1/75 とした。また、衝突直前の速度については、上方から撮影した (図-3 参照) ビデオ画像から抽出した 1/30 秒毎の BMP ファイルの画像の輝度値分布からコンテナの位置を逐次求め、その時間変化から算出した。なお、実験では、コンテナの影をなくすために、デフューザーで装置全体を覆い、その外側からライトを用いて照明を行った。

漂流衝突実験では、二次元造波水路内に廉ら (2007) とほぼ同様な海底・陸上地形を設置し、入射波として長周期波を使用して行った。

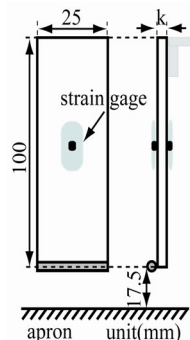


図-2 受圧板の形状

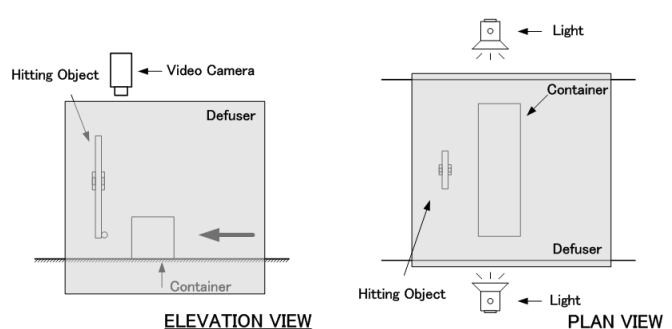


図-3 空中衝突実験の概要図

3. 実験結果及び考察：まず，空中衝突実験の結果について考察する．

図-4 に板厚 2mm の受圧板を使用した実験値 f_{exp} と付加質量を含まない衝突力算定式（式(2)）による算定値 f_{cal} の比較を例示する．コンテナが受圧板にやや斜めに衝突する場合も含まれていることや底面に作用する摩擦力を考慮していないことなどにより，全般的に算定値が大きくなる傾向にあるが，式(2)による算定値は実験値に近い．

$$f_m = WV_x / gdt \quad (2)$$

ついで，漂流衝突実験との比較を行う．この際，背後水塊以外の衝突力への影響要因を同じにするため，同重量のコンテナで，コンテナが受圧板へ衝突する直前の速度が同程度のケースのみを選び，比較を行った．

その一例を図-5，図-6 に図示する．なお，これらの詳細な結果を表-1 に示す．両図より，受圧板の剛性の違いにより衝突力の時間波形は大きく異なり，剛性の大きい場合（k4），衝突作用時間は短い，衝突力の値が大きくなることが分かる．また，水塊の有無に着目すると，ともにコンテナの背後に水塊がある場合（with water），水塊のない場合に比べ，衝突力が大きくなっていることが確認できる．これらの大きさの差に対してコンテナ背後に存在する水塊による付加質量の影響が支配的であると考えられる．そして，付加質量の影響は剛性の小さい受圧板（k2）の場合に特に顕著で，衝突力は空中衝突の場合の2倍以上になっている．さらに，背後水が存在すると衝突作用時間は剛性の大小に関わらず長くなることが確認できる．これは受圧板を大きく変形させるためであると考えられる．したがって，このような付加質量を定量的に評価するためには，コンテナと水塊との連成を考慮した衝突現象の解析が必要であることが指摘できる．なお，漂流衝突実験（with water）では，衝突力がピークから低下した後でもほぼ一定の力が作用しているが，これは衝突後もコンテナに押し寄せる遡上波による波力の影響である．

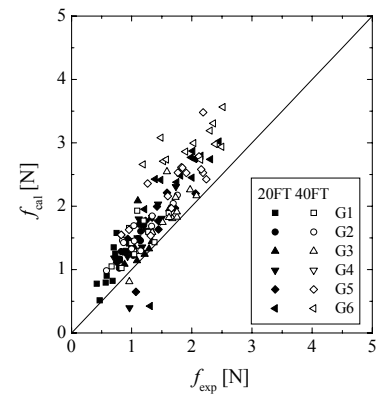


図-4 衝突力の実験値と算定値の比較

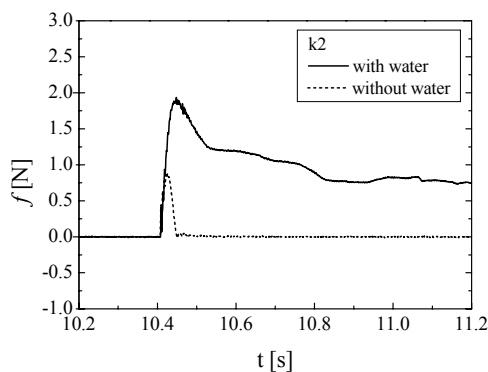


図-5 衝突力の時系列（受圧板 k2）

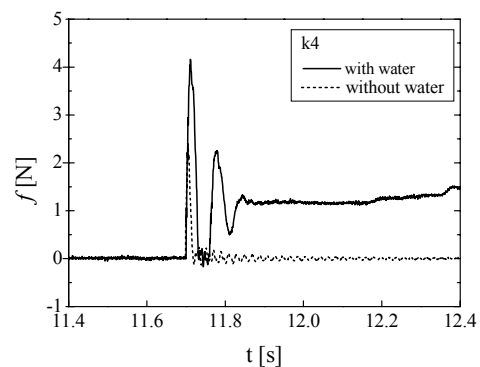


図-6 衝突力の時系列（受圧板 k4）

表-1 剛性の違いによる衝突力と衝突作用時間の比較

受圧板の種類	k2		k4	
条件	with water	without water	with water	without water
衝突力 f_{exp} [N]	1.93	0.88	4.16	2.41
衝突作用時間 dt [s]	4.05×10^{-2}	1.90×10^{-2}	1.15×10^{-2}	0.70×10^{-2}

4. おわりに：本研究により付加質量の影響によって衝突力が増大することや衝突作用時間が長くなることが確認できた．今後，数値解析も実施ながらより詳細に衝突力について検討を行う所存である．

<参考文献>：1) 水谷ら（2005），海工論文集，第 52 巻，pp741-745． 2) 水谷ら（2006），海工論文集，第 53 巻，pp791-795． 3) 廉ら（2007），海工論文集，第 54 巻，pp851-855．