

津波による漂流コンテナの衝突力算定式に関する一考察

名古屋大学大学院 学生会員 ○ 廉 慶善
 名古屋大学大学院 学生会員 荒木 駿
 名古屋大学大学院 正 会 員 水谷法美

1. はじめに: 津波来襲時の波力や浸水による一次的な被害に関する研究は従来より多数行われているが、遡上波による漂流物の衝突のような二次的な被害を解明する研究についてはいまだ十分に行われていないと断言は難しい。近年関心の高い漂流コンテナの衝突に関しては、水谷ら(2005)が運動量変化と力積の関係に基づいた漂流衝突力の算定式を式(1)のように提案している。

$$f_{xm}dt = (W/g + \alpha\rho_w\eta_mB_cV_xdt)V_x \quad (1)$$

ここに f_{xm} : 最大衝突力, dt : 衝突時間(衝突瞬間から最大衝突力までの時間), W : コンテナ重量, g : 重力加速度, 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 : コンテナの漂流速度である。しかし、後述するように水理模型実験結果による比較から上記の算定式は実験値を過小評価する傾向のあることが確認された。そこで本研究では、上述の漂流コンテナの衝突力算定式を修正し、新たな算定式を提案する。すなわち、上述の式は平均的な衝突力を対象としていたのに対し、本研究では衝突力の時間変化を考慮することにより、次(2)のように算定式を改良する。

$$\int_0^t f_x dt = (W/g + \rho_w\eta B_cV_xdt)V_x \quad (2)$$

$$f_{xm}dt = \beta(W/g + \rho_w\eta B_cV_xdt)V_x \quad (3)$$

ここで、 β は積分による係数である。上式に、コンテナの漂流シミュレーションから得られた漂流速度(V_x)とコンテナ背後水位(η)の関係を利用して求めた衝突力と非線形衝突解析モデル LS-DYNA からの衝突力の比較を用い、本研究で修正した算定式の適用性を確認する。

2. 算定式の修正: 図-1(a)は、式(1)の算定式による漂流コンテナと受圧板の最大衝突力と実験結果の比較を示したものであるが、算定式による計算値が実験値より小さい傾向のあることが確認できる。一方、図-1(b)は、各々のケースでの積分係数 β を乗じた修正算定式を用いた場合の比較を示したもので、図-1(a)に比較して実験値との整合性が改善されていることがわかる。

ついで、修正算定式の妥当性を検証するため、LS-DYNA を用いた衝突力との比較を行った。図-2にはモデル化した漂流コンテナとアクリル製受圧板の衝突シミュレーションの様子を例示したものであり、コンテナ背後の水位(η)が2cmで半載の40ftコンテナの場合の衝突力を検討した。表-1は修正算定式からの衝突力(f_{xm})とLS-DYNAからの衝突力(F_{max})を示しており、ここでは計算の単純化のため積分係数(β)を1.8と一定値とした。表-1より算定式による衝突力は漂流速度(V_x)120cm/sと140cm/sの場合にシミュレーション結果とよく一致することがわかる。これは背後水位2cmと漂流速度は密接に関連しており、例示の条件の場合、漂流速度が120cm/s~140cm/sに近いことによる。すなわち、漂流コンテナの衝突力の算定には、水理模型実験や数値計算によって漂流速度(V_x)と背後水位(η)の関係を明らかにした上で使用する必要のあることを示している。

そこで、本研究では現実的な漂流コンテナの漂流速度と背後水位の関係を把握するために、VOF (Volume Of Fluid) 法に体積力型 IB (Immersed Boundary) 法を導入した漂流モデルを適用した。詳細は廉ら(2008)、Nakamuraら(2008)を参照されたい。漂流モデルによるコンテナ漂流速度と背後水位の関係が入射波やコンテナ形状に依存することを確認したため、本研究では既往の東海・南海地震津波の海岸での波高H8mを想定して条件を設定した。すなわち、入射波高(H_1)9cmを基準にし、入射波高(H_1)9cm, 14cm, 入射波周期(T_1)10.5s, 21.0s, 31.5sの波を造波し、横向き半載から満載の40ftコンテナの漂流速度と背後水位を計算した。なお、計算は1/75の縮尺に基づいて行った。図-3は計算から得

られた漂流速度と背後水位の関係の一例を示している．そして，得られた漂流速度及び背後水位を用いて図-2 と同様の衝突計算を行った．図-4 はその結果を示しており，LS-DYNA と修正した算定式による衝突力は精度良く一致することが確認できる．

3. おわりに: 既往の漂流コンテナの衝突力算定式を積分係数やコンテナの漂流速度と背後水位の関係を
用いて修正し，実験や計算結果との比較から修正した式が良好な結果を与えることを確認した．今後，
幅広い条件や実スケールのコンテナの衝突問題への適用について検討を行う所存である．最後になるが，
本研究は科学研究費補助金（基盤研究(B)，代表者：水谷法美）により行われたことを付記する．

<参考文献>：1) 水谷ら（2005），海工論文集，第 52 巻，pp741-745．2) 廉ら（2008），海工論文集，第
55 巻，pp281-284．3) Nakamura ら（2008），Coastal Eng. J., JSCE, Vol. 50, No. 2, pp. 209-246.

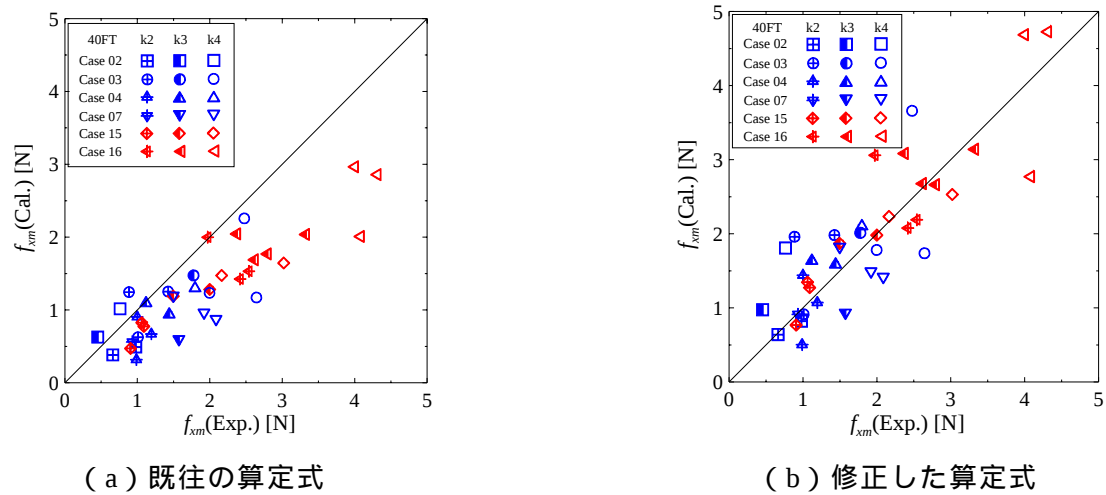


図-1 最大衝突力の実験値と計算値

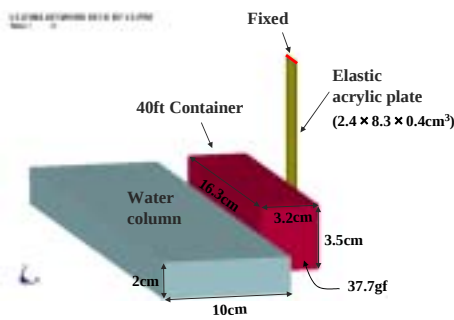


図-2 コンテナと受圧板の衝突

表-1 衝突力の比較

η [cm]	V_x [cm/s]	dt [s]	β	f_{xm} [N]	F_{max} [N]	$V_x/(g\eta)^{1/2}$
2	25	0.0175	1.8	1.34	2.54	0.57
	42	0.0175		2.66	4.33	0.95
	60	0.0175		4.44	6.60	1.36
	80	0.0180		6.77	8.96	1.81
	100	0.0175		9.74	11.35	2.26
	120	0.0175		13.10	13.74	2.71
	140	0.0175		16.93	16.05	3.16

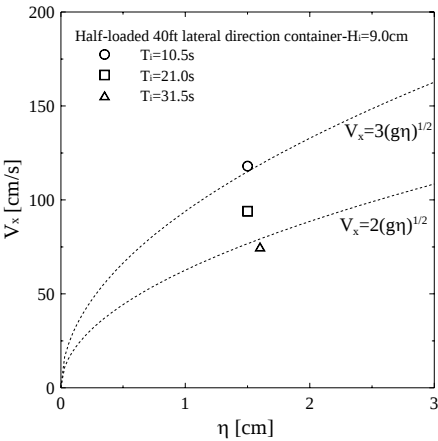


図-3 漂流速度と背後水位の関係の一例

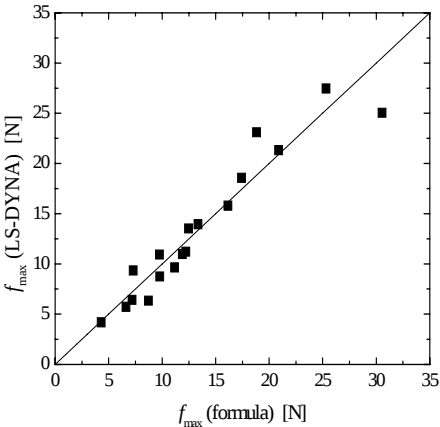


図-4 修正算定式と LS-DYNA による衝突力の比較