

49 自由落下式救命艇大型模型の構造応答について

構造強度部 *岡 正義, 橋爪 豊
特別研究官 宮本 武
国土交通省 平方 勝

1. まえがき

自由落下式救命艇システムは、進水降下台上から海面に艇を滑走・落下させて、本船からの脱出を安全かつ迅速に実施できるものとして、近年欧州で開発されたものである。しかしながら、自由落下時の着水衝撃にかかる対策については十分な検討がなされておらず、定量的な設計技術の確立が求められている。そのようなことを背景に、日本造船研究協会第232研究部会において自由落下式救命艇にかかる設計・評価技術の高度化、安全性の向上を目標として設計技術の基礎的検討がなされた¹⁾。その中で、当所は主に大型模型実験による検証を担当し、艇体運動・構造応答などの有用なデータを得た^{2), 3)}。本報では、実験結果をもとにFRP製救命艇の着水衝撃による損傷状況について述べ、損傷発生時における構造解析シミュレーションについて検討した結果を述べる。

2. 大型模型実験

2. 1. 艇体構造

供試艇の主要目を表-1に、概要を写真-1にそれぞれ示す。供試艇は、図-1に示すように艇体、上部構造、内部構造の3つの型の構成となっており、艇体と内部構造はL型継ぎ手により、艇体と上部構造はボルトで固着した後にマット接合することによりそれぞれ2次接合されている。ま

表-1 供試艇主要目

L(m)	6.000
B(m)	1.950
d(m)	0.675
D(m)	2.228
W(kg)	2320
KG(m)	0.776
Scale	3/4
Material	GFRP

た、発泡浮力材のパネル強度に与える影響を調べるため、船首側の船底ボイドには発泡ウレタンの浮力材が充填されている。

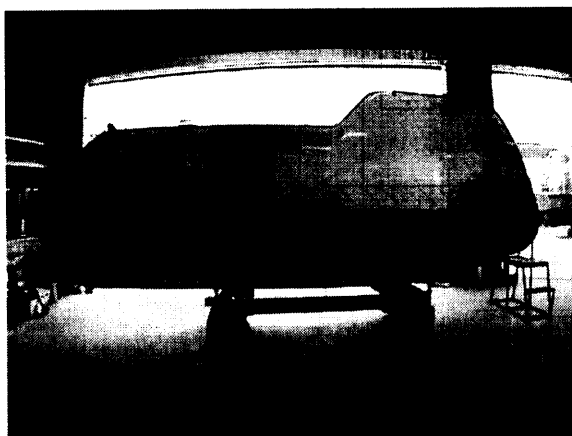


写真-1 救命艇大型模型

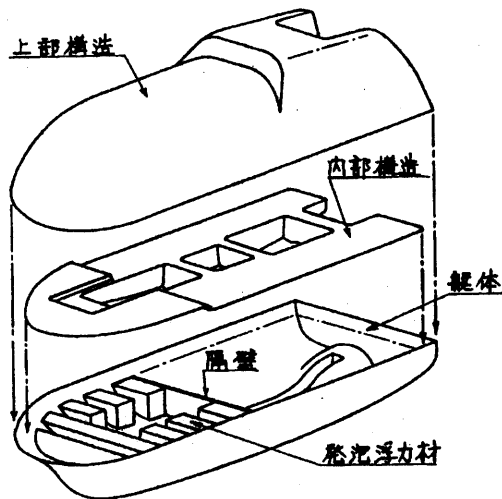


図-1 構造構成

2. 2 実験条件

実験は進水装置からの滑走・落下試験、および実験艇の傾斜角を 40° に保ちクレーンで吊り上げた状態からの垂直落下試験の2種類について行なった。図-2に示すように滑走・落下試験では滑走距離 $\lambda=0.5L, 1.0L$ 、傾斜角 $\Theta=30^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ を

組み合わせて設定パラメータとし、落下高さ (H) は海面から艇の先端までの垂直距離とした。

また、本実験では進水装置として2段滑台方式⁴⁾を採用しているため、艇は進水代の設定傾斜角を保ったまま海面へ突入する。

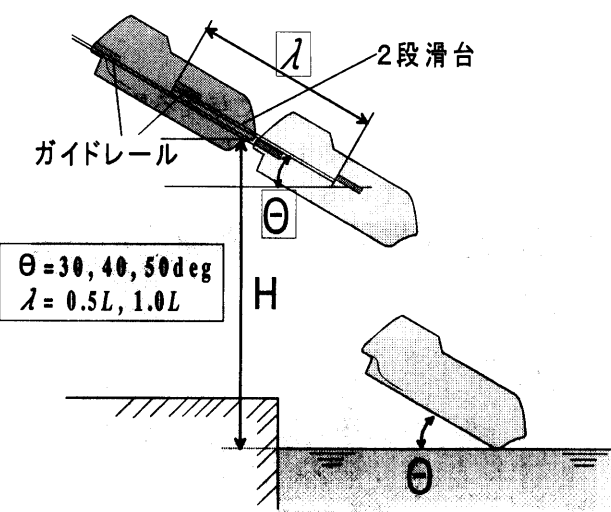


図-2 実験条件

2.3 実験結果

各実験条件での艇の損傷状況を表-2に示す。落下高さ 15m からの垂直落下試験においては、それまでの実験条件での損傷状況および計測データから大規模な破損が予測されたため、計測器類を事前に撤収し、計測は行なわなかった。表中の加速度は実験により得られた加速度から、艇の重心における加速度を求めた値で、加速度の大きい

ものを強調して示している。前後加速度が大きいときには船首部に、上下加速度および回転角加速度が大きいときは船尾部にそれぞれ損傷が発生した。

滑走・落下試験では、 $\Theta=30^\circ, \lambda=1.0L$ でもっとも大きな損傷が発生した。このとき、艇体中央後部から船尾にかけて艇体中心線を挟んで船底両側に外板を貫通する亀裂が入り(写真2)、また、船尾部のSS2からSS3にかけて艇体側部が破損し(写真3)、船尾から艇体中央部にかけて床板と艇体との2次接合部に剥離損傷が発生した。船底の亀裂は、船尾部に積載されたバラスト材・計測機器の慣性力により、外板にせん断力が作用して発生したものと考えられる。また、艇体側部の破損および2次接合部の剥離は、船尾衝撃圧による船体の変形が原因と考えられる。 $H=9.0m$ の垂直落下試験でも同様に艇体側部が破損した。このときの衝撃荷重および構造応答は $\Theta=30^\circ, \lambda=1.0L$ に近く²⁾、船尾衝撃圧によるものと考えられる。

$\Theta=50^\circ, \lambda=1.0L$ で船首部2次接合部に剥離損傷が発生した。このときの前後加速度が大きいことから、船首突入時の衝撃によるものと考えられる。また、この条件では艇体側部は破損しなかった。その原因としては船首部の衝撃の作用時間が短いこともあるが、船首部に充填された発泡浮力材により船首船底パネルの変形が抑えられたことが影響していると考えられる。

表-2 実験条件および損傷状況

	傾斜角	滑走距離	落下高さ	最大加速度			損傷状況
	Θ (deg)	λ (m)	H (m)	上下 (G)	前後 (G)	回転 (G/m)	
滑走・落下試験	30	0.5L	7.9	7.33	-1.56	3.40	艇体側部破損
	30	1.0L	12.2	6.96	-2.11	4.56	艇体側部破損 せん断亀裂 船尾部2次接合剥離
	40	0.5L	7.45	5.47	-1.67	2.62	—
	40	1.0L	10.77	5.32	-1.96	2.23	—
	50	0.5L	9.23	4.09	-2.29	2.19	—
	50	1.0L	12.53	4.31	-3.10	1.50	船首2次接合部剥離
下垂試験落	40	—	6	7.32	-1.57	3.03	—
			9	9.20	-1.84	4.42	艇体側部破損
			15	—	—	—	大規模破損

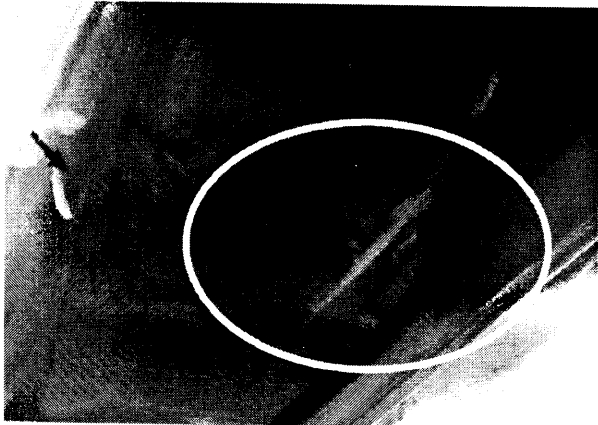


写真-2 船底亀裂

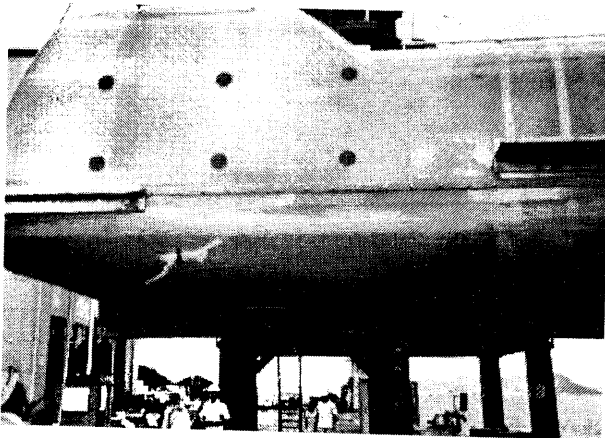


写真-3 艇体側部破損

3. 構造解析

F R P 製救命艇の衝撃発生時における構造解析手法を検討した。FEM モデルについては、外板および甲板等の構造部材は薄板平板とみなして平面殻要素を用い、甲板等の防撓材は梁要素で、船底に充填されているウレタン材は立体要素でモデル化した。モデルの総節点数は 5,464、総要素数は 6,098 で、その構成材料を表-2 に示す。設定荷重については、まず解析条件を垂直落下試験 ($H=9m$) として Wagner の理論により水圧分布形状を求めたものをモデルに与え、汎用構造解析コードの NASTRAN によりモデル全断面フリーの条件で慣性力を考慮した静解析を行った。

図-3 に船首着水時における解析結果を示す。図は艇の変形および応力分布を表したものであり、船底部に大きな応力は発生していないことがわかる。図-4 に船尾着水時の結果を示す。船底中央部に大きな応力が発生している。これは船底中央部に桁や梁などの構造部材や発泡充填材がな

く大きな空洞になっているために発生したものである。実験でも $H=15m$ の垂直落下試験後に船底中央部でのパネルの凹損が確認されている (写真-4)。また、図-5 から船底亀裂箇所 (写真-2) にも応力の高い箇所が確認でき、有限要素法による構造解析の有効性が示されたといえる。

図-6 に船尾部に発泡浮力材を充填したシミュレーション解析結果を示す。発泡浮力材により艇の剛性が増すことで船底部の変形が抑えられ、高い応力が発生しない。このことから海面突入時に発生する船底衝撃荷重に対し、発泡浮力材の充填が有効であることが構造解析により確認された。

表-2 FEMモデル構成材料

	GFRP	ウレタン	鋼	単位
ヤング率	900	2	21,000	kgf/mm^2
降伏応力	10	-	25	kgf/mm^2
ポアソン比	0.3	0.3	0.3	-

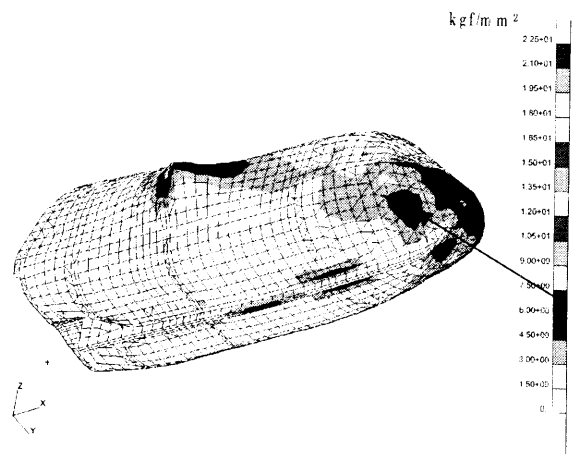


図-3 構造解析結果① (船首部着水時)

4. まとめ

自由落下式救命艇の大型模型実験および有限要素法による強度評価について検討を行うことにより、以下の結果を得た。

- 1) 落下条件における艇の損傷状況を整理し、艇の最大加速度成分と損傷状況に相関性があることが確認できた。
- 2) 構造解析により F R P 製救命艇の変形・応力分布を求めた。

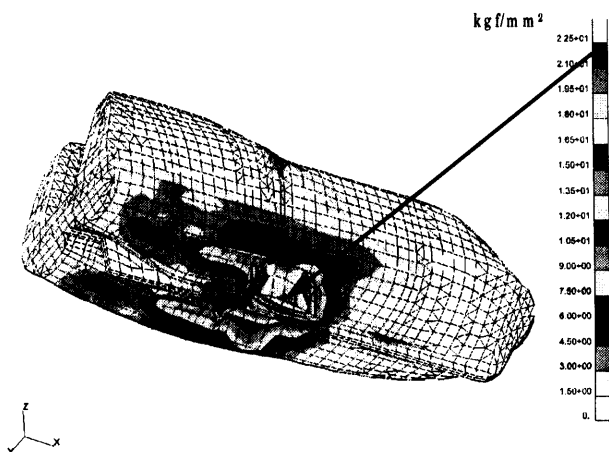


図-4 構造解析結果②（船尾部着水時）

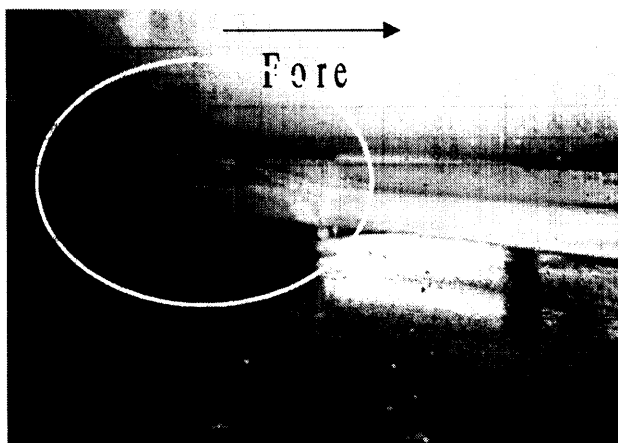


写真-4 船底中央部凹損

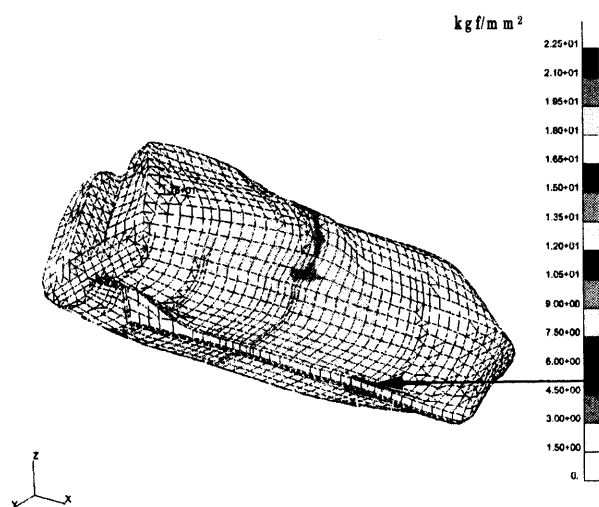


図-5 発泡浮力材充填後の構造解析結果
（船尾部着水時）

謝辞

本研究は、日本造船研究協会第232研究部会「新自由降下式救命艇システムの研究」の一環として行なわれた。長田部会長をはじめとする研究部会委員各位に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本造船研究協会第232研究部会：新自由降下式救命艇システムの研究，平成10年度報告書(1999)
- 2) 岡正義他：自由降下式救命艇の大型模型実験，平成11年度（第73回）船舶技術研究所研究発表会講演集，pp7-12(1999)
- 3) 岡正義，平方勝，橋爪豊，宮本武：自由落下式救命艇の着水衝撃による構造応答について，西部造船会第102回例会
- 4) 荒井誠，岡崎一成：自由落下式救命艇の新しい離脱方法について，関西造船協会誌，第229号 pp.189-195(1998)