

技術論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 43(12), 1089-1096(2015)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2015.43.12.1089

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

Froude Scaling 기법을 적용한 헬기 비상부주 장비 해수면 안정성 입증 시험

장인기*, 류보성**, 김정훈*, 김영진*

Stability Test Using Froude Scaling Method of
Emergency Flotation System for Helicopter

In-Ki Chang*, Bo-Seong Ryu**, Joung-Hun Kim* and Young-Jin Kim*

Defense Agency for Technology and Quality*

Korea Aerospace Industries**

ABSTRACT

A marine helicopter should remain sufficiently upright to permit safe evacuation of all personnel with a flotation system. And the rule requires that after ditching in water, the adequate flotation time will allow the occupants to leave the rotorcraft. To this end, stability test of the emergency flotation system for Korean marine helicopter was performed by using "Froude scaling method" in water tank. Test configuration and conditions were determined in consideration of the helicopter loading condition and related specifications. Test results meet the stability requirements at sea state code 4 and sea state code 2 with puncture conditions.

초 록

해상 운용 헬리콥터는 비상부주를 적용하여 탑승자의 안전한 탈출을 위해 일정시간 이상 안정된 상태를 유지할 수 있어야 한다. 규정에서도 헬기가 해상에 착륙 후 승객이 탈출할 수 있는 충분한 부양시간을 요구하고 있다. 이를 위해 국내개발 헬기의 비상부주 장비는 해수면에서의 안정성 입증에 위해 "Froude Scaling" 기법을 적용하여 수조시험을 수행하였다. 시험 형상 및 조건은 헬기 하중조건과 요구되는 규격을 고려하여 설정하였다. 시험결과 요구 조건인 해상 상태 코드4와 손상조건 해상 상태 코드2에서 안전성이 있음을 확인하였다.

Key Words : Emergency Flotation System(비상부주 장비), Scale Model(축소모형), Froude Scaling(플루드 스케일링), Sea State(해상 상태), Float Bag(부주)

1. 서 론

비상부주(emergency flotation) 장비는 헬리콥터가 비행 중 해상에 비상착수 시 탑승자의 안전

한 탈출시간 확보를 위해 부력을 제공하는 것으로 크게 제어장치, 부주 조립체 및 공압장치로 구성된다. 비상부주 장비는 비상착수 후 입수감지기에 의한 제어를 통해 자동으로 작동되며, 조종

† Received : August 31, 2015

Revised : November 26, 2015

Accepted : November 26, 2015

* Corresponding author, E-mail : inkij@dtaq.re.kr

사의 수동조작에 의해서도 펼칠 수 있다[1].

해상 상태(sea state)는 파도 높이 및 바람의 세기에 따라 코드0에서 9까지로 분류되며, 감항 인증을 위한 기준으로 정상적인 부주에서는 해상 상태 코드4, 손상된 모드에서는 적어도 코드2의 환경에서 일정시간 이상 헬기의 안정된 부양을 요구하고 있다[2].

수리온 파생헬기에 적용된 부주 조립체는 총 4개의 부주(전방 2개, 후방 2개)로 구성되어 있으며, 각 부주 내부는 다중 격실 형태를 갖추고 있다. 이를 통해 1개의 부주 내부 격실 1곳이 손상 되어도 부력을 제공할 수 있도록 한다. 부주(float bag)는 비상착수 시 공압장치에서 제공되는 가스의 팽창에 의해 부력을 얻는다. 공압장치는 압력용기와 공압 호스 조립체로 구성되며 헬륨가스를 사용하였다.

지금까지 해수면 안정성 시험을 국내에서는 수행한 경험이 없으며 해당 기술에 대한 국내 연구 사례도 없다. 해외 선진국 헬기 개발 및 적용 사례도 제한적인 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 해외 선진업체 기술지원을 받아 수행되었다. 이러한 시험에는 대형 수조를 포함하여 전자 제어식 파도 발생기, 파도 흡수기 및 바람 발생기/측정기, 각종 계측기 등의 설비가 필요하며 향후 해상 운용 항공기 개발을 위해서는 국내에도 시설투자가 요구된다.

본 논문은 해외 전문업체와 기술협력을 바탕으로 최초 국내개발 헬기에 적용한 해수면 안정성 시험의 조건설정 및 근거, 시험방법 그리고 시험 결과를 제시하고자 한다.

II. 본 론

2.1 시험형상

감항인증 규격에는 부주의 안정성 입증을 위한 수조시험(model test)은 가장 가혹한 하중조건에서 수행될 것을 요구한다[2]. 시험조건 설정을 위해 먼저 해석을 통해 헬기(Type I, II, III) 별 운용 조건에서 발생 가능한 최대이륙중량(MTOGW) 및 무게중심(CG, center of gravity) 제한치 등을 고려한 가장 가혹한 하중조건을 산출하고 관성모멘트(MOI) 값을 계산하였다.

이를 기준으로 비상부주 장비 설계 내용을 적용하고 부력과 침수라인 해석 결과[3]를 근거로 Fig. 1 및 Table 1과 같이 헬기 Type 별 16개의 주요한 형상에 대해 물리량을 계산 후 수조시험에 적용할 5개의 형상조건을 선정하였다.

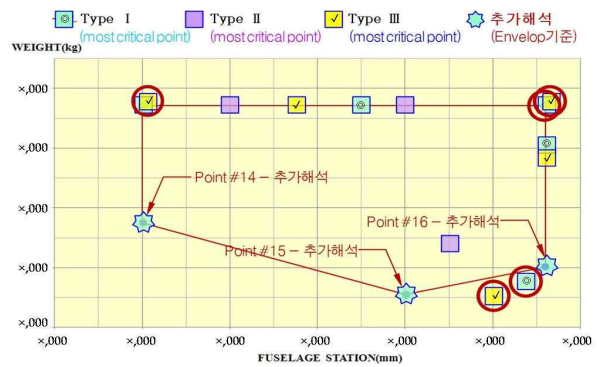


Fig. 1. Loading condition diagram

Table 1. Loading condition of rotorcraft type

No	Config' Name		Mass (kg)	CG Loc'(mm)		
	Type	CG		X	Y	Z
#1	I	Empty	×,745	×,936	-4.3	×,347
#2		Most FWD 1	×,705	×,500	0.4	×,913
#3		Most FWD 2	×,704	×,748	-1.2	×,978
#4		Most AFT 1	×,040	×,959	0.4	×,981
#5		Most AFT 2	×,704	×,959	-0.2	×,979
#6	II	Empty	×,371	×,851	-4.7	×,305
#7		Most FWD 1	×,703	×,605	-2.2	×,956
#8		Most AFT 1	×,703	×,852	-0.9	×,957
#9	III	Empty	×,493	×,894	-12.5	×,336
#10		Most FWD 1	×,709	×,500	-7.1	×,864
#11		Most FWD 2	×,703	×,674	-6.2	×,917
#12		Most AFT 1	×,672	×,959	-7.6	×,963
#13		Most AFT 2	×,703	×,959	-4.9	×,912
#14	Envelop - FWD		×,754	×,500	-0.4	×,962
#15	Envelop - Nominal		×,554	×,800	-2.4	×,226
#16	Envelop - AFT		×,024	×,959	-0.5	×,280

* 헬기 주요 물성을 유추할 수 있는 값은 ×로 표기(이하 동일)

2.2 수조시험 Scaling

공학에서 실제 일어나는 현상을 관측하기 위해 모형을 만들어 실험을 하며, 이때 수리현상을 쉽게 이해하기 위한 것이 축소모형(scale model)이다.

모형을 적용하기 위한 전제조건으로 수리학적 거동이 유사해야 하며, 이러한 수리학적인 상사가 이루어지려면 기하학적(길이, 면적, 체적), 운동학적(시간, 속도, 가속도, 유량) 및 동역학적(힘, 질량, 동력) 유사성이 이루어져야 한다. 하지만 현실적으로 가능하지 않기 때문에 물의 점성력(Reynolds No.), 중력(Froude No.), 표면장력(Weber's No.) 및 탄성력(Mach's No.) 등의

Table 2. Froude scaling ratio

물리량	비	물리량	비
길이 (L_model)	$= \frac{L_{real}}{Sc_l}$	가속도 (a_model)	$= \alpha_{real}$
면적 (A_model)	$= \frac{A_{real}}{Sc_l^2}$	힘 (F_model)	$= \frac{F_{real}}{Sc_l^3}$
체적 (V_model)	$= \frac{V_{real}}{Sc_l^3}$	무게(질량) (W_model)	$= \frac{W_{real}}{Sc_l^3}$
시간 (T_model)	$= \frac{T_{real}}{\sqrt{Sc_l}}$	관성모멘트 (I_model)	$= \frac{I_{real}}{Sc_l^5}$
속도 (S_model)	$= \frac{S_{real}}{\sqrt{Sc_l}}$	동력 (P_model)	$= \frac{P_{real}}{Sc_l^{\frac{7}{2}}}$

Scaling 기법을 적용하여 실험한다[4].

수리온 파생헬기에 대한 수조시험에서는 구조물의 유체흐름 및 파도 영향성에 대해 가장 일반적으로 적용하는 “Froude Scaling” 기법을 적용하였다. 이는 관성력과 중력이 동일하다는 전제를 기본으로 하며 계산식은 Table 2와 같다[5].

2.3 축소모형 제작

본 시험조건 및 모형 크기를 적용하여 구현된 3차원 모델을 기반으로 수조시험 전문 해외업체에서 Fig. 2와 같이 블레이드 및 부주 등 해당형상의 축소모형을 제작하였다. 또한 제작된 모델은 수조시험 결과의 유효성을 위해 형상 조건별 물리량이 실제 헬기와 허용 공차를 만족하도록 보정 과정을 거쳐 확정하였다.

메인로터 블레이드는 가벼운 나무를 사용하고, 메인로터 허브(hub), 스와시 플레이트(swash plate) 및 메인로터 마스트(mast)는 알루미늄을 적용하여 단순화된 형태로 모사하였다. 또한 메인로터는 수조시험 시 바람 및 항공기 거동에 의해 자유회전이 가능하도록 제작하였다. 모형으로 제작된 메인로터 블레이드의 특성 값은 Table 3과 같다.

꼬리 로터(tail rotor) 블레이드는 전체 형상 대



Fig. 2. Scaled model configuration

Table 3. Main rotor model characteristic

Main Rotor	Length(mm)	Width(mm)	Weight(g)
Blade #1	×95.0	×6.5	×72.4
Blade #2	×95.0	×6.0	
Blade #3	×95.0	×7.0	
Blade #4	×96.0	×7.0	

Table 4. Tail rotor model configurations

Tail Rotor	Length(mm)	Width(mm)	Weight(g)
Blade #1	×63.0	×1.5	×5.4
Blade #2	×64.0	×1.9	
Blade #3	×63.0	×1.5	
Blade #4	×64.0	×1.5	

Table 5. Scaled floats characteristics

Float	Diameter (mm)	Length (mm)	Weight (g)
Intact - FWD/LH	××0.5	×97.0	×7.8
Intact - FWD/RH	××0.0	×96.5	×5.0
Intact - AFT/LH	××0.0	×97.0	×0.6
Intact - AFT/RH	××0.0	×96.5	×9.2
Puncture - FWD/LH	××0.0	×72.5	×3.6
Puncture - AFT/LH	××0.5	×72.9	×4.7

비 크기 및 중량이 작아 수조시험 시 꼬리로터 관성모멘트 등에 의해 회전 시의 영향성이 미미하므로 자유회전은 적용하지 않았다. 제작된 꼬리로터 블레이드의 특성 값은 Table 4와 같다.

부주(float) 모형은 GRP(glass reinforced plastic) 및 레진(resin)을 이용하였고, 수조시험 형상을 고려하여 온전한 형상(intact) 4개 및 전방/좌측 부주의 전방격실 손상된(puncture) 형상 1개와 후방/좌측 부주 후방격실 손상된 형상 1개 등 전체 6개를 제작하였다. 수조시험 시 각 시험조건의 형상별로 동체모형에 장·탈착이 가능하도록 하였다.

부주에 대한 축소 모형은 각 시험형상 별 중량, 무게중심 및 관성모멘트를 고려하여 부주 구성품에 해당하는 무게를 추가하여 보정하였다. 시험에 사용된 부주 모델의 특성 값은 Table 5와 같다.

Table 6. Weight calibration results(W/O rotor)

No	Configuration Name	Weight(kg)
#1	Type I Weight Empty	×.718
#5	Type I Most AFT CG2	×.397
#9	Type II Weight Empty	×.598
#10	Type II Most FWD CG1	×.420
#13	Type II Most AFT CG2	×.379



Fig. 3. Water tank test facilities

Table 7. CG/MOI calibration results(W/O rotor)

No	Scale Model (1:12)			
	CG Position(m)		MOI(kg.m ²)	
#1	Xg	×.399	Ixx	×.0322
	Yg	×.000	Iyy	×.1398
	Zg	×.085	Izz	×.1242
#5	Xg	×.406	Ixx	×.0472
	Yg	×.000	Iyy	×.1916
	Zg	×.061	Izz	×.1727
#9	Xg	×.394	Ixx	×.0307
	Yg	×.001	Iyy	×.1378
	Zg	×.082	Izz	×.1221
#10	Xg	×.364	Ixx	×.0474
	Yg	×.000	Iyy	×.1872
	Zg	×.049	Izz	×.1699
#13	Xg	×.406	Ixx	×.0445
	Yg	×.000	Iyy	×.1815
	Zg	×.054	Izz	×.1652

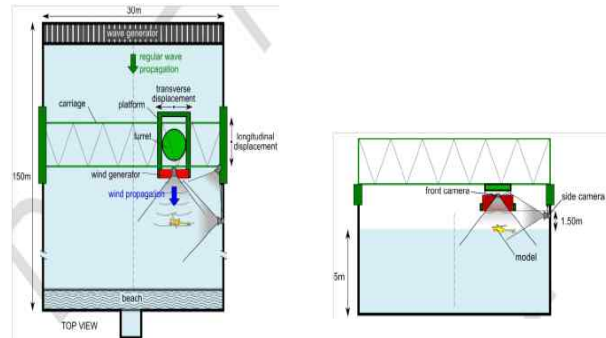


Fig. 4. Water tank view(top & section)



Fig. 5. Waterlines verification using fresh water

선정된 헬기 Type 별 가장 가혹한 시험조건인 중량, 무게중심 위치 및 관성모멘트의 요구조건을 맞추기 위해 축소모형 내부에 무게추(납)를 이용하여 물리량을 맞추었다.

시험형상 별 무게중심 위치 및 관성모멘트에 대해 진자운동시험(oscillation test)을 통해 최종 확인하고 필요 시 추가 조절하였다. 각 시험조건 별 무게, 무게중심 위치 및 관성모멘트를 설정한 후 각 형상별 특성 및 물리량 측정 결과는 Table 6 및 Table 7과 같다.

2.4 시험설비

수조시험은 선박 모형에 대한 수조시험 전문 기관인 CEHIPAR사(스페인)에서 수행하였다.

시험 수조설비는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같고 길이 150m, 폭 30m, 깊이 5m이며 길이 방향의 시험장 양쪽 끝부분에 유압장치를 이용한 파도 생성기와 해안 형태의 파도 흡수기가 설치되어 있고, 전자식 제어 방식으로 파도를 생성한다.

수조설비의 길이는 150m이나 실제 시험에 사

용되는 수조의 길이는 해상 상태(sea state) 코드 6 기준 약 80m 정도(파도 수량 15~20개)이다. 시험 간 축소모형은 파도와 바람에 의해 이동하게 되는데, 이때 레일 시스템 위로 플랫폼(control booth)이 축소모형을 따라가면서 모형에 바람을 공급하고 시험과정을 녹화하며 파도특성 측정 등의 과정이 실시간으로 이루어진다.

시험에 앞서 Fig. 5와 같이 각 시험형상 별 무게추와 블레이드를 장착하고 수조에 축소모형을 담근 후 해석 시의 수면선(waterlines level)과 실제 축소모형의 수면선을 비교하여 특이사항을 확인한다.

일반적으로 축소모형의 동체가 물속에 침수되는 표면적에 해당하는 부력이 발생하므로 실제 수면선은 해석치 대비 다소 높게 위치시킨다.

또한 수조시험 간 축소모형의 거동분석 등을 위해 축소모형 내부에 최대 5g까지 계측 가능한 3축(X, Y, Z) 가속도계 3개와 데이터 획득장비(DAS, data acquisition system)를 장착하였다.

Table 8. Waterlines measuring results

No	Scale Model (1:12)			
	@X=210mm(전방)		@X=585mm(후방)	
	LH(mm)	RH(mm)	LH(mm)	RH(mm)
#1	-12	-13	-4	-5
#5	+3	+3	+15	+15
#9	-13	-14	-7	-7
#10	+8	+8	+9	+9
#13	+3	+2	+15	+14

2.5 시험조건 설정

비상부주 시험의 시험조건은 파도 높이, 파도 길이 및 시간 등이며 해상 상태별로 Table 2의 식(Froude scaling ratio)과 관련 감항인증 규격을 적용하여 산출하였다. 시험 해상 상태는 요구조건인 코드4와 손상조건 해상 상태 코드2 및 구성품 개발목표인 해상 상태 코드6 조건으로 하였다.

해상 상태 별 최대 파도 높이는 AC 29.801에 따라 일반 파고의 1.6배로 설정한다. 또한 파도 길이는 헬기 유형(category) 별로 파도 높이와의 비율로 정의되며, Fig. 6과 같이 시험 헬기는 AC 29.801의 "Category B rotorcraft with Category A engine isolation" 조건을 적용하여 파도 높이와 파도 길이 비를 1:10으로 적용하였다[2].

수조설비의 특성상 수조시험에서 모형에 적용되는 파도 관련 시험조건은 보정은 파도 길이 등에서 실제로 측정이 어려우며 측정에 대한 정밀도가 떨어져 쉽지 않다. 따라서 식 (1)을 적용하여 파도 길이를 시간함수로 변환하여 확정하였다[6].

$$\lambda_{reg} = \frac{gT^2}{2\pi} \approx 1.56T^2 \tag{1}$$

- λ_{reg} = 파도 길이(m)
- g = 중력가속도 : 9.81(m/sec²)
- T = 시간(초)

여기에서 물리량 비는 Froude Scaling 기법의 식 (2) 및 식 (3)을 적용하였다.

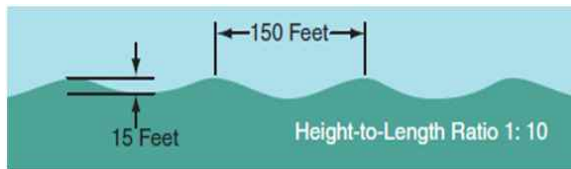


Fig. 6. Wave height to length ratio

Table 9. Wave generation summary table

Scale	Sea State Code	L _{Max} (m) Wave Height	L _{reg} (m)* Regular Height	λ_{reg} (m)** Wave Length	T (sec) Wave Period
Full	#2	0.5	0.8	8	2.3
	#3	1.25	2.0	20	3.6
	#4	2.5	4.0	40	5.1
	#5	4.0	6.4	64	6.4
	#6	6.0	9.6	96	7.8
	Model (1:12)	#2	0.04	0.07	0.67
#3		0.10	0.17	1.67	1.03
#4		0.21	0.33	3.33	1.46
#5		0.33	0.53	5.33	1.85
#6		0.50	0.80	8.00	2.26

· 파도 높이(m) :

$$L_{model} = \frac{L_{real}}{Scl} \tag{2}$$

· 파도 부여 시간(초) :

$$T_{model} = \frac{T_{real}}{\sqrt{Scl}} \tag{3}$$

위의 적용 기준과 관련 계산식을 토대로 산출된 파도 길이 및 파도 높이, 부여 시간 등은 Table 9와 같다.

* $L_{reg} = L_{Max} \times 1.6$

** $\lambda_{reg} = L_{reg} \times 10$

시험 시 부여하는 바람 조건도 해상 상태(sea state) 코드 별로 AC 29.801에 따라 설정한다. 해상 상태 코드 별 바람 속도는 개방된 바다환경에서 해수면 고도 19.5m 기준으로 식 (4)를 사용한다[7].

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{H_2}{19.5}\right)^{\frac{1}{7}} \tag{4}$$

V_1 = 최대바람 속도 : 고도 19.5m 기준

H_2 = 헬기 최대 바람 고도 : 2m

V_2 = 바람속도 : 고도 H_2 기준

여기에서 물리량 비는 Froude Scaling 기법의 식 (5) 및 식 (6)을 적용하였다.

· 길이(m) : $L_{model} = \frac{L_{real}}{Scl}$ (5)

· 바람 속도(Knots) : $S_{model} = \frac{S_{real}}{\sqrt{Scl}}$ (6)

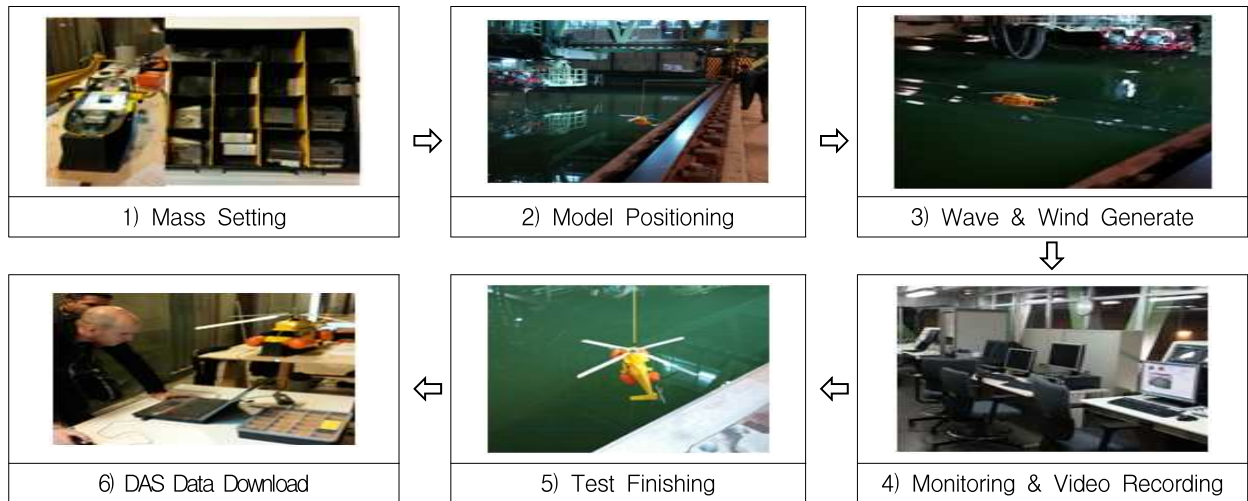


Fig. 7. Floating system test sequence

Table 10. Wind generation summary table

Sea State	Full Scale				Model Scale(1:12)		
	Wind Range Fig. AC29.801		V ₁ (Knots)	H ₂ (m)	V ₂ (Knots)	H ₂ scaled (m)	V ₂ Scaled (Knots)
	Min	Max	@ 19.5m Alt.	(Penal. Alt.)	@ H ₂ Alt.	(Penal. Alt.)	@ H ₂ Alt.
#2	7	10	10	2	7.2	0.16	2.2
#3	11	16	16	2	11.6	0.16	3.3
#4	17	21	21	2	15.2	0.16	4.4
#5	22	29	29	2	20.9	0.16	6.0
#6	28	47	47	2	33.9	0.16	9.8

바람의 세기는 해상 상태 별 최대속도와 식(4)에 따라 결정한다. 해석 결과 시험 헬기가 해상에 착수 시 가장 높은 동체 위치인 2m 부위가 바람의 영향을 가장 많이 받는다. 2m 조건을 적용한 계산식을 토대로 산출된 바람 속도는 Table 10과 같다.

계산 결과를 기준으로 수면 0.16m 높이(Full Scale 기준 2.0m)에 풍속계(anemometer)를 설치하여 설정하였다. 풍속계 위치를 기준으로 5m, 6m, 7m 지점의 바람 속도를 측정하여 평균을 취해 보정하였으며, 팬(fan)의 속도(RPM)를 조절하여 해상 상태별로 적용하였다.

2.6 시험 결과

수조시험은 설정된 형상 조건 및 해상 상태, 부주 상황(#6_Intact, #4_Intact, #2_Puncture) 별로 차례로 수행하였다. 시험 순서는 Fig. 7과 같

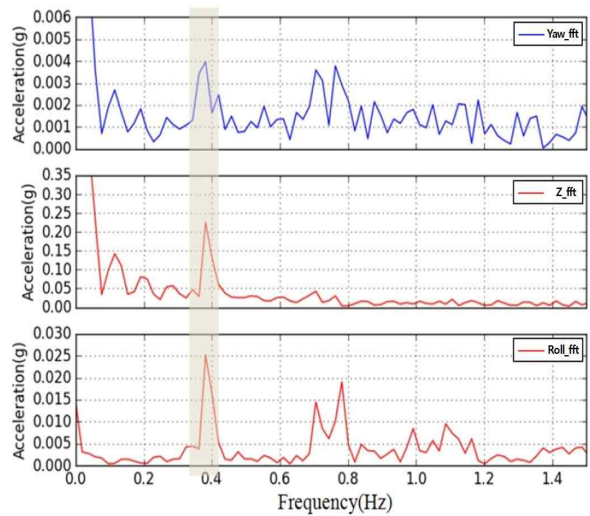


Fig. 8. Yaw and roll acceleration

이 축소모형 내부에 시험형상(No) 조건에 해당하는 균형추(납)를 부착하고, 축소모형을 입수 및 위치시킨 다음 시험 별 해당 파도와 바람(wave No)을 인가한 후 시험과정 및 결과를 모니터링하고 기록하였다. 시험 종료 후 모형을 회수하고 내부 계측장비(DAS) 저장 자료를 다운로드하여 추가 분석하였다.

해상 상태(sea state) 별 각 형상 조건에서 수행한 시험결과는 다음과 같다. 시험결과의 판단은 해당 시험조건에서 해수면에 안정성을 갖는 지이며, 특별한 거동이나 침몰 상황이 확인되면 내부 계측장비로 획득된 가속도 자료로 추가 분석 후 원인을 파악하고 조치하게 된다.

내부 계측된 가속도 값을 통해 요(yaw) 및 롤(roll) 방향에 대해 모형의 거동 특성은 확인할 수 있다. 가속도계를 통해 획득된 자료를 Fig. 8

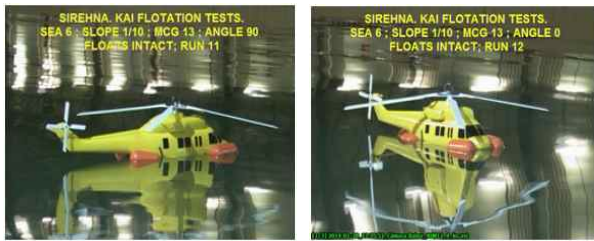


Fig. 9. Floating system test(state #6 - Intact)

Table 11. Test results(state #6-intact)

No	No of Wave	Test Results
#1	15	· Model : 90°→20~50° 회전 · 거동 안정적인
#5		· Model : 90°→20~45° 회전 · 과중량 조건에서 2회 정도 MR blade/수면 가볍게 부딪히나 비교적 안정적인
#9		· Model : 90°→5~10° 회전 · 거동 안정적인
#10		· 부드럽게 바람을 향해 회전 후 안정적인
#13		· Model : 90°→20~45° 회전 · 거동 안정적인

과 같이 주파수 기준으로 변환하여, 최대 가속도 측정 지점에서 변위를 계산하고 모형의 자세를 산출하는 방식으로 요(yaw) 및 롤(roll) 모션으로 나누어 안전성을 분석한다.

해상 상태 #6 수조시험 결과, 바람이 인가되면 축소모형은 바람 및 파도를 향하여 회전하였으며 전체적으로 안정적인 거동 특성을 보였다. 시험 수행 상황 및 전체적인 모형의 거동 특성은 Fig. 9 및 Table 11과 같다.

해상 상태(sea state) #4의 시험결과 해상 상태 #6의 시험과 유사하게 바람이 인가되면 모형은 파도 및 바람을 향해 회전(90° → 60°~0°) 하였다. 해상 상태 #6 대비 파도의 길이가 짧아 롤/피치(roll/pitch) 방향의 요동이 상대적으로 크며, 간헐적으로 꼬리로터(tail rotor)가 수면에 부딪치는 현상이 있었으나 전체적으로는 비교적 안정적인 거동 특성을 보였다. 해상 상태(sea state) #4의 시험결과 및 모형의 거동 특성은 Fig. 10 및 Table 12와 같다.

해상 상태(sea state) #2 수조시험은 전.후방 격실 손상조건을 모사한 부주 모형을 헬기에 장착하여 영향성을 확인하는 시험으로, 각 하중 조



Fig. 10. Floating system test(State #4 - Intact)

Table 12. Test results(state #4 - Intact)

No	No of Wave	Test Results
#1	20	· Model : 90°→45° 회전 · 중반부터 헬기가 파도/바람 방향 0°위치
#5		· Model : 90°→60° 회전 · 거동 안정적인
#9		· Model : 90°→0° 회전 · 헬기가 완전하게 파도 /바람 방향 향해 위치/아주 안정적인
#10		· Model : 파도/바람 향해 90°→0° 회전 · Nose부위 diving 현상(꼬리로터 수면 가볍게 충돌). 전체적 안정적인
#13		· 모형 : 90°→45° 회전 · 거동 안정적인



Fig. 11. Floating system test(state #2-puncture)

건 별로 시험을 수행하였다.

시험결과 해상 상태 #2 시험에서의 축소모형은 바람의 영향보다 파도의 길이가 짧음에 따라 파도의 영향을 많이 받는 특성을 보이는 것을 알 수 있다.

시험 간 모형의 위치는 파도의 영향에 따라 초기 좌현으로 회전(90° → 100°~120) 하였으며, 특정 시험조건에서는 간헐적으로 파도와 모형간의 동조화(coupling) 현상에 따라 심하게 요동을 치는 모습도 있었으나, 전체적으로는 안정적인

Table 13. Floating system test(state #2-puncture)

No	Puncture	Waves	Test Results
#1	FWD	30	<ul style="list-style-type: none"> Model : 90°→100~110° 좌현 회전 비교적 거동 안정적임
	AFT		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90°→110~120° 좌현 회전 비교적 거동 안정적임
#5	FWD		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90→100° 미세히 좌현 회전
	AFT		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90→100~110° 좌현 회전
#9	FWD		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90→110°~120° 좌현 회전/거동 안정적임
	AFT		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90°→100~110° 좌현 회전 거동 안정적임
#10	FWD		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90°→110~120° 좌현 회전 /안정적 거동
	AFT		<ul style="list-style-type: none"> 파도/모형간 Coupling으로 요동 현상/비교적 거동 안정적임
#13	FWD		<ul style="list-style-type: none"> Model : 90°→110~120° 좌현 회전
	AFT		<ul style="list-style-type: none"> 비교적 거동 안정적임

거동 특성을 보였다. 해상 상태 #2의 시험 수행 상황 및 전체적인 모형의 거동 특성은 Fig. 11 및 Table 13과 같다.

V. 결 론

본 논문에서는 국내에서 개발 중인 헬기의 비상부주 장비 장착에 따른 축소모형을 이용한 수조에서의 해수면 안정성 입증시험 수행 방법 및 시험결과를 제시하였다.

비상부주 장비 설계를 바탕으로 부력과 침수 라인 해석 결과를 적용한 헬기 Type별 가장 가혹한 형상에서의 해석 결과를 기준으로 대표성을 갖는 5개의 시험형상 조건을 선정하고 시험모형을 제작하였다.

축소모형 제작 및 파도, 바람 등의 시험조건은 유체 흐름 및 파도에 대한 실험 시 일반적으로 활용하는 “Froude Scaling” 기법을 적용하였다.

제작된 모형에 산출된 시험조건을 적용하여 시험결과 규격서 및 감항인증 요구조건의 해상 상태에서 안정성이 있음을 확인하였다.

References

- 1) Primary Item Development Specification for KUH-1M Helicopter, HMAPS0001, 2014, pp.208
- 2) Advisory Material For Substantiation Of Emergency Flotation System, AC29 MG10, 2014, pp.D-89~D-96, pp.MG 10-4, pp.A-1
- 3) Buoyancy and Waterlines ZESE-KUH-DN001, 2013, pp.8
- 4) Bum-Shick Shin, Hyun-Joon Chung, Kyu-Han Kim Experimental study on new artificial reef for hydraulic stability, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 2014, pp.557
- 5) Michael J. Briggs, Basic of Physical Modeling in Coastal and Hydraulic Engineering, ERDC/CHL CHENTN-XIII-3, EUS Army Corps of Engineers, 2013, pp.7
- 6) A. R. J. M. Lloyd, Seakeeping-Ship Behavior in Rough Weather, Ellis Horwood Limited, 1989, pp.27
- 7) Standardized Wave and Wind Environments for NATO Operational Areas, ANEP-11 Ed. 1, 1983, pp.F-6