

소형선박 유지·관리용 Floating Dock시스템 개념설계

박충환* · 심상목* · 추경훈* · 이경환* · 진종룡**

*중소조선연구원, **세양마리너스

Concept Design of Floating-Dock System for Maintenance and Management of Small Boat

Chung-Hwan Park* · Sang-Mok Shim* · Kyung-Hoon Choo* · Kyung-Hwan Lee* · Jong-Ryung Jin**

*Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

**SAE-YANG MARINOKS

요 약 : 최근, 국민소득 증대와 주5일제 근무 확산으로 낚시를 포함한 레저수요가 가일층 증가하고 있고 더불어 낚시어선을 포함하는 소형선박의 척수도 매년 증가하고 있는 추세이지만, 소형 선박의 수리, 유지관리 등을 목적으로 해상에서 육상으로 선박을 끌어올리는 상가작업은 소형조선소의 작업공간, 예인비용, 작업공기, 안전측면에서 많은 단점으로 지적되고 있다. 이에, 본 연구에서는 연안 소형선박 수리, 유지관리를 위한 Floating dock 시스템 개발의 기초연구로서 Floating dock 시스템 개념정립 및 소형선박의 도크내 유입·출, 계류기능 등을 모형시험·검증 등을 통해 개념설계 도서를 작성함으로써 향후, 소형조선소의 작업공간, 인력 및 공기단축 등에 따른 경상비용 절감과 소형선박 유지관리용 Floating dock 개발, 보급을 통한 신규물량 창출로 경영수지 개선에 기여하고자 한다.

핵심용어 : 소형선박, 플로팅 도크, 부력탱크, 모형시험, 구조해석, 개념설계

ABSTRACT : In recent years, the repairing work of the small boats in dock have pointed out a defects of the many FRP shipbuilding because of a term of works and working-space and man-power. In the paper, By carried out the model tests and structure analysis of the floating dock were mainly drawing on the concept design of the floating dock systems that the above defects were solved

KEY WORDS : small boat, floating dock, buoyancy tank, model test, structure analysis, concept design

1. 서 론

최근, 국민소득 증대와 주5일제 근무 확산으로 낚시를 포함한 레저수요가 가일층 증가하고 있고 더불어 낚시어선을 포함하는 소형선박의 척수도 매년 증가하고 있는 추세이지만, 소형 선박의 수리, 유지관리 등을 목적으로 해상에서 육상으로 선박을 끌어올리는 상가작업은 소형조선소의 작업공간, 예인비용, 작업공기, 안전측면에서 많은 단점으로 지적되고 있다.

또한, 최근 국내외적으로 환경규제가 강화되면서 합성유리 섬유(FRP) 선질이 대부분인 소형선박은 폐선처리의 어려움과

재활용의 한계가 사회적인 문제로 부각되고 있고, 오랜 기간 동안 소형선박 계류 시 수면하 선저부에 달라 붙는 파래 등은 속력저하 원인이 되고 있으며, 어폐물 등을 제거하기 위해 사용되는 A.F도료는 해양환경오염의 주요 요인이 되고 있다.

이에, 수중에 잠긴 소형선박의 선저부를 해수면 위로 노출시켜, 해상에서 소형FRP선박의 수리, 지속적인 유지관리 등을 위한 Floating dock 시스템의 개발은 절실한 실정이나, 해수면에서 편리하고 용이하게 소형선박을 수리, 유지·관리할 수 있는 플로팅 도크(Floating dock) 설비의 개발은 전무한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 연안 소형선박 수리, 유지관리를 위한 플로팅 도크(Floating dock) 시스템 개발의 기초연구로서 유지대상 소형선박의 중량을 고려한 Floating dock 시스템 개념정립과 플로팅 도크 부력탱크의 유체역학적 특성 및 구조해석 검토 등을 통한 개념설계 도서를 작성하고, Floating dock 부력 모형시험 수행을 통한 부력탱크의 적정용량과 소형선박

*chpark@rims.re.kr 016)549-9781
*smshim@rims.re.kr 011)865-5253
*khchoo@rims.re.kr 011)9334-5466
*khlee@rims.re.kr 016)274-1572
**sy52jin@yahoo.co.kr 018) 560-8603

의 도크내 유입·출, 계류기능 등을 시험·검증함으로써 소형 선박 유지·보수 시 소형조선소의 작업공간, 인력 및 작업시간 단축 등에 따른 경상비용 절감방안을 정립하고, Floating dock 개발, 보급을 통한 소형조선소의 사업다각화로 경영수지 개선에 기여하고자 한다.

2. 플로팅 도크(Floating dock) 개념설계

소형선박의 보수, 유지·관리를 위한 플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 개략규모결정, 특성 및 주요시스템 분석 등의 개념정립과 플로팅 도크 부력탱크의 유체역학적인 특성분석 등을 통해 개발대상 플로팅 도크 시스템의 개념설계 도서를 작성하였다.

2.1 개발대상 플로팅 도크 규모설정

소형선박의 보수, 유지·관리를 위한 플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 개략규모 추정과 플로팅 도크 내에 유입되는 소형선박의 한계규모 결정을 위하여 G/T 7톤 미만 2,800여척의 연안어선에 대하여 톤급별 주요목 범위를 조사, 분석하였다. Table 1에 G/T 7톤 미만급 연안어선에 대한 주요목 범위 및 평균값을 나타내었다.

Table 1 Principal Particulars of the coast fishing boat

톤 급	길이(L) (평균)	폭(B) (평균)	깊이(D) (평균)	척수	비율(%)
1톤미만	1.68~13.3 (5.77)	1.05~6.17 (1.71)	0.25~1.68 (0.60)	2,141	7.6
1톤급	1.38~10.61 (6.86)	0.87~11.95 (2.01)	0.21~2.78 (0.73)	2,690	9.5
2톤급	1.95~11.3 (7.74)	1.6~3.8 (2.34)	0.5~2.31 (0.82)	6,620	23.5
3톤급	2.89~11.08 (8.58)	1.91~8.31 (2.61)	0.57~2.52 (0.89)	5,279	18.7
4톤급	2.72~12 (9.39)	0.97~6.73 (2.82)	0.57~2.94 (0.98)	6,473	23.0
5톤급	5.81~13.4 (10.36)	1.98~10.75 (3.06)	0.72~2.97 (1.09)	1,191	4.2
6톤급	8.78~14.22 (10.99)	2.05~4.48 (3.22)	0.72~1.95 (1.14)	1,657	5.9
7톤급	9.4~19.9 (12.15)	2.04~7.49 (3.52)	0.69~1.94 (1.26)	2,138	7.6
합 계	1.68~19.9	1.05~7.49	0.25~1.94	28,189	100

조사결과, 가장 많은 척수를 차지하는 연안어선의 톤수는 G/T 2톤급으로서 전체 23.5%를 차지하였고, 다음으로 G/T 4톤급, G/T 3톤급으로서 조사된 전체 연안어선 중 87%를 차지하는 G/T 5톤급 미만의 연안어선을 Floating dock 유지관리 대상 소형선박의 규모로 최종 결정하였다.

이에 조사된, G/T 5톤급 연안어선의 주요목을 고려하여 유지관리 대상 선박의 최대길이는 최대 12m, 최대 폭은 3m 최대 흘수는 1.2m로 결정하였으며, 유지관리 대상 소형선박의 최대 자중을 12톤, 플로팅 도크 시스템 중량 3톤을 포함하는 최대 15톤의 하중을 상하 유동적으로 조절할 수 있는 플로팅

도크시스템의 부력탱크 용량을 고려하여 플로팅 도크 시스템의 개략규모를 도출하였다. 이를 바탕으로 결정된 플로팅 도크(Floating dock)시스템 및 보수, 유지·관리 대상 소형선박의 개략규모는 Table 2와 같다.

Table 2 Principal Particulars of the Floating dock and coast boat

구 분	유지관리 대상선	플로팅 도크
최대중량	12.0 톤	3.0 톤
L.O.A(m)	12.00	15.00
B (m)	3.00	6.40
D (m)	1.50	2.00

2.2 개발대상 플로팅 도크 개념설계

연안어선의 주요목 조사, 분석을 통해 플로팅 도크(Floating dock) 내의 유지관리 대상 소형선박의 규모와 플로팅 도크 시스템의 개략규모를 결정하였으며, 플로팅 도크의 흘수 대응 유체역학적 특성분석을 바탕으로 개발대상 플로팅 도크 시스템의 개념설계를 수행하였다.

먼저, 플로팅 도크(Floating dock)시스템의 핵심설비가 되는 부력탱크는 해양의 조류, 파도 등의 외란의 작용에 따른 구조강도의 확보의 차원에서 부력탱크는 3개의 격벽을 갖춘 곡률의 타원형상으로 설계하였으며, 플로팅 도크 내에서 소형선박 수리 시 박스 킴(Box keel)장착 어선의 집중하중을 고려하여 플로팅 도크(Floating dock)시스템의 전체 길이방향으로 강철평판(1.0m(L)×0.6m(B))을 부착하였고, 보수, 유지·관리 대상 소형선박의 손상, 파손방지 및 미끌림 방지를 위해 강판위에 고무판을 부착시켰다.

또한, 소형선 수리지원 지그위치는 소형선박의 무게중심의 범위인 선수에서 선미로의 60%를 위치를 고려하여 플로팅 도크 끝단(선미부분)에서 전방 6m로 설정하였으며, 소형선 수리 지원 지그(Jig)의 국부하중시 바닥 쇄망의 탄성력 성질과 지그(Jig)의 크기를 고려하여 0.5m너비의 강철평판을 좌우로 설치하고 소형선박의 손상, 파손방지 및 미끌림 방지를 위하여 평판위에 고무와 동일재질의 Plate를 부착시켰다. Fig. 1에 개발대상 플로팅 도크 시스템의 개략선도를 나타내었다.

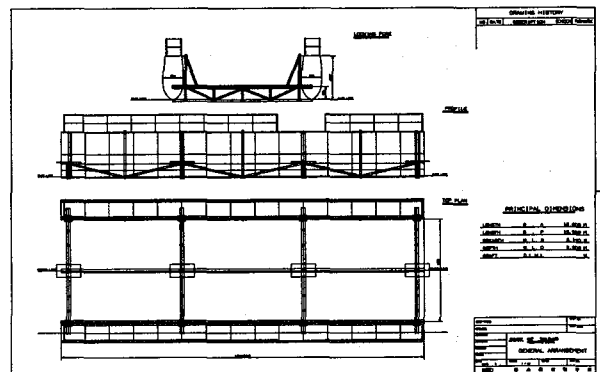


Fig. 1 Lines of the Floating dock systems

한편, 플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 주요 의장품은

로는 펌프, 앵커링 시스템, 계류장치, 방형재(Fender), 핸드 레일(Hand rail), 이동통로, 작업용 사다리 등이 있으며, 그림 Fig. 2 ~Fig. 5는 개발대상 플로팅 도크 개념도이다.

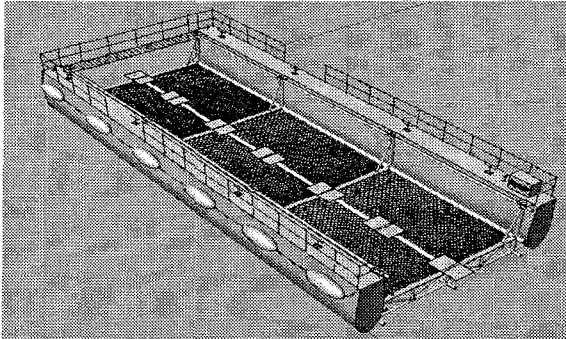


Fig. 2 An Oblique section of the floating dock

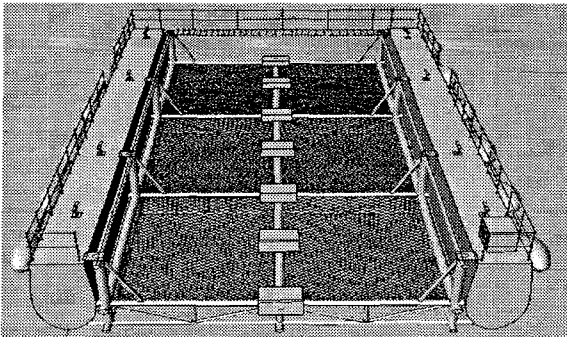


Fig. 3 A Front section of the floating dock

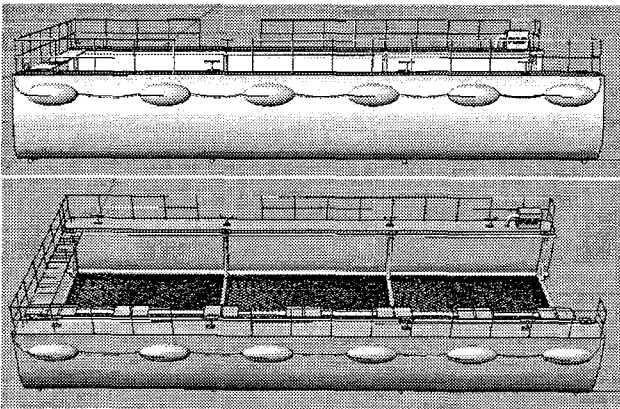


Fig. 4 A Profile section of the floating dock

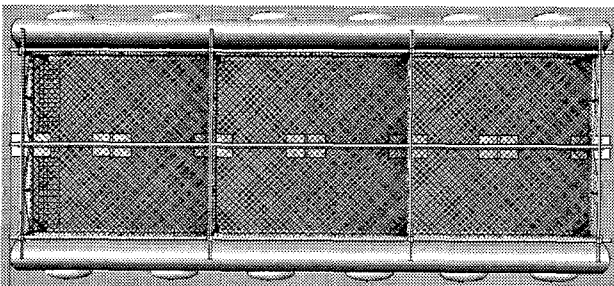


Fig. 5 A Plane section of the floating dock

3. 플로팅 도크(Floating dock)시스템 구조해석

플로팅 도크 시스템의 구조해석을 위하여 플로팅 도크 시스템 연결부의 강관의 결속조건을 적용하고 사용된 각 강관과 일의 단면속성 정보 분석을 통하여 설계하중 12톤에 대한 플로팅 도크 시스템의 주요부재와 보조부재에 분산 모델링 작업과 플로팅 도크 시스템 작용하는 분포하중을 해석하였다.

3.1 플로팅 도크(Floating dock)시스템 구성부재

플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 구조해석을 위해 먼저 플로팅 도크를 구성하고 있는 주요부재 단면속성 분석을 위하여 주요부재의 물성치를 조사하였다. 주요부재로는 양쪽 2개의 부력탱크를 지지하는 주요강관($\phi 150\text{mm}$), 보조강관($\phi 100\text{mm}$) 및 내부강관($\phi 70\text{mm}$)이 있으며, 각 주요부재의 지름은 다음과 같으며, Fig 6은 플로팅 도크 시스템의 구성하는 주요부재 배치도이다.

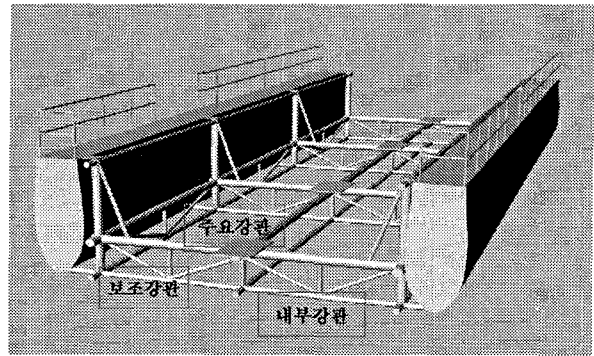


Fig. 6 Structure arrangement of the floating dock system

3.2 플로팅 도크(Floating dock)시스템 해석결과

구조해석은 2차원 트러스 구조물의 인장, 압축 응력해석을 위해 접합부의 보조프레임은 2D-LINK요소를 사용하였으며, 굽힘력을 포함하는 중앙부의 프레임에 각각의 절점에 6자유도계를 갖는 Timoshenko beam theory 를 적용한 BEAM 188요소를 사용하여 요소의 3차원 거동을 모델링하였다. 구속조건은 보조프레임의 양 끝단 x, y방향을 구속하였으며, 중앙부 프레임에서는 용접연결부위의 절점을 x, y방향으로 구속하였다. 설계하중조건은 12톤으로 중앙 프레임에 KN의 분포하중을 작용하였다.

해석결과, 최대 설계하중 12톤을 각 부재의 지름에 비례하여 분포하였을 경우 중앙부에서 가장 큰 하중분포에 따른 반력분포가 나타나며, 상대적으로 양쪽 측면은 내부 보강 강관이 배치되어 있기 때문에 하중분담이 탁월함을 알 수 있었다. 이에 해석된 플로팅 도크 시스템의 최대하중 357.34 kg/cm^2 (35.043MPa) 대응한 개발대상 플로팅 도크 시스템 허용응력 $2,400\text{kg/cm}^2$ 로 나눈 안전계수는 6.7로서, 개발대상 플로팅 도크 시스템의 구조강도는 매우 높고, 안전한 것으로 판명되었다. Fig 7은 플로팅 도크 시스템 중앙부위의 프레임에 작용한 분포하중을 나타낸 것이다.

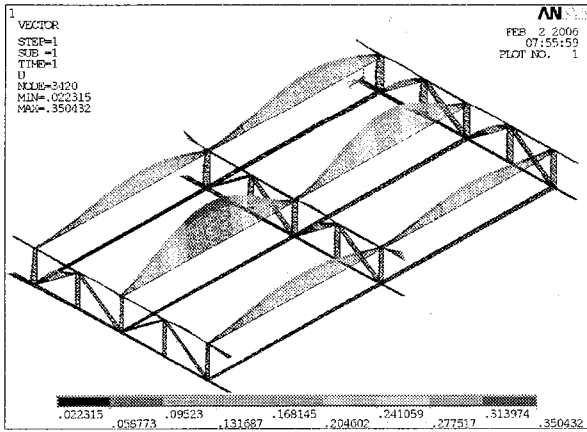


Fig. 7 Structure analysis of the floating dock system

4. 플로팅 도크(Floating dock) 모형시험

G/T5톤 미만 소형선박의 보수, 유지·관리를 위한 선박중량 대비 Floating dock 부력탱크의 부력능력 추정을 위하여 중소조선연구원 회류수조에서 플로팅 도크의 모형시험을 수행하였다. 플로팅 도크에서의 수리, 유지·관리 대상선박의 최대중량과 플로팅 도크 자체중량은 Table 3과 같다.

Table. 3 Weight of the Floating dock & coast boat

구분	시제품	대상모형	비고	
중량 (ton)	대상선박	12.00	0.003560	대상선박 최대중량
	플로팅 도크	3.00	0.000889	자체중량

4.1 대상모형 및 시험설비

모형시험에 사용된 플로팅 도크(Floating dock)시스템의 대상모형은 선도 및 개략도를 기본으로 하여 축척비(Scale Ratio)는 1/15 비율로 하였으며, 부력탱크는 FRP수지로 프레임은 황동관 재질을 사용하여 제작하였다. 플로팅 도크 부력능력 모형시험에 사용된 대상모형의 주요제원은 Table 4와 같으며, 대상모형의 사진은 Fig 8과 같다.

Table. 4 Principal Particulars of the Floating dock model

항목	시제품	대상모형
L.O.A (m)	15.00	1.000
B (m)	6.4	0.427
D (m)	2.00	0.133

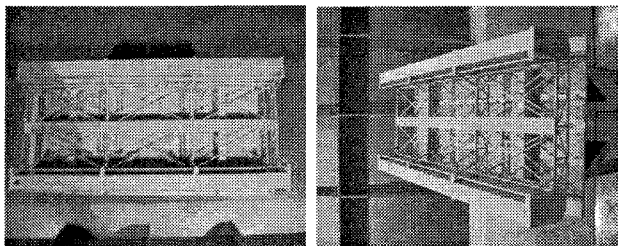


Fig. 8 Photograph of the floating dock model

본 시험에 사용된 회류수조는 선박건조 이전에 건조선박의 모형선을 제작, 선박주위의 물의 흐름특성 관찰과 주요성능을 추정하는 핵심설비로서 주요사양 및 성능은 아래와 같으며, Fig 9는 회류수조 시험모습이다.

- 본 체 : 길이(L)×폭(B)×높이(D) : 17.6m×2.0m×6.4m
- 관측부 : 길이(L)×폭(B)×높이(D)×수심(d) : 6.0m×2.0m×1.55 m×1.2m
- 유속범위 : 0.1 m/s 3.0 m/s
- 유속분포 : 1.0 m/s에서 ± 2.0 % 이내, 2.0 m/s에서 ± 1.5 % 이내
- Surging : 1.0 m/s에서 ± 2.0 mm 이내

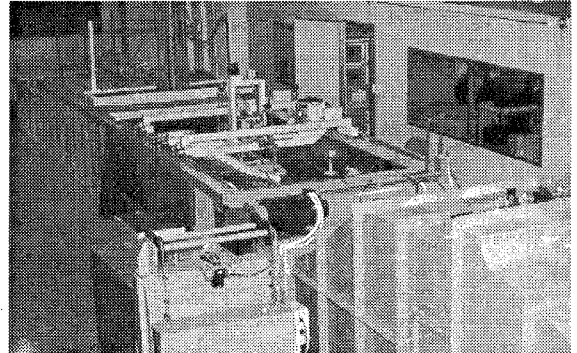


Fig. 9 Feature of the C.W.C

4.2 모형시험 방법 및 결과

소형선박의 보수, 유지·관리를 위한 선박중량 대비 플로팅 도크(Floating dock) 부력탱크의 부력능력 추정을 위하여 플로팅 도크 자체중량, 유지, 보수 대상선박의 최대중량 일 때의 흡수를 계측하였다.

또한, 유지, 보수 대상 최대선박인 G/T 5톤급 미만의 실적선을 조사하여, 수선면에서의 최대 깊이를 1.2m로 결정하였으며 선박이 안착되는 위치(부력탱크 바닥에서)흡수인 0.6m에서 1.8m까지의 부력탱크 부력상태를 확인, 검증하기 위하여 부력탱크에 부력조절 청수를 유입시키면서 부력탱크의 흡수를 관찰하였다. 부력탱크에 유입한 청수량에 따른 부력탱크 흡수변화와 그에 따른 플로팅 도크의 배수용적, 배수량 및 침수표면적을 Table 5에 나타내었다.

Table. 5 Results of the Model Test

부력유입수 (m ³)	흡수 (m)		배수용적 (m ³)		침수표면적 (m ²)		비고	
	시제품	모형	시제품	모형	시제품	모형		
0.00	0.000	0.3	0.02	3.780	0.00112	27.72	0.123	플로팅 도크중량
0.00	0.000	0.6	0.04	10.336	0.00306	47.42	0.211	선박 유지보수
33.75	0.010	1.5	0.10	32.493	0.00963	104.50	0.464	8m미만 선박
40.50	0.012	1.8	0.12	39.200	0.01162	123.47	0.549	8~12m 선박

※ 1 liter = 0.001 m³

모형시험 결과, 플로팅 도크 시스템의 자체중량 3톤(대상 모형은 0.89kg)일 때의 흘수는 약 0.3m로 확인되었으며, Fig 10에 자체중량일 때의 해수에 떠있는 플로팅 도크 (Floating dock) 시제품 모습을 나타내었다.

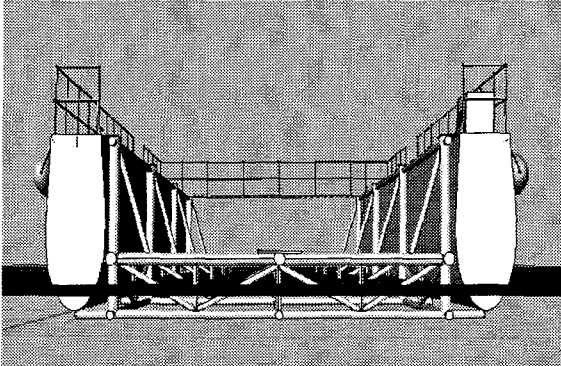


Fig. 10 Draft of the floating dock(only dock weight)

또한, 개발대상 플로팅 도크에서 수리되는 G/T 5톤급 미만 소형선박의 최대중량은 12톤으로 추정하여 시제품 대비 모형의 중량을 밸러스트용 추(Weight) 조절하였을 때의 플로팅 도크 흘수는 0.6m로 측정되었다. 이는 플로팅 도크 바닥에서 선박이 안착되는 위치 흘수인 0.6m와 동일하지만, 본 실험에서는 계획한 플로팅 도크에 사용가능한 최대중량 선박을 모형대상 선박으로 사용하였으므로 대상선박 이하의 선박에서는 대부분의 유지, 보수를 위한 계류, 안착이 가능할 것으로 사료된다. Fig 11~12에 플로팅 도크 내 거취된 최대중량 모형선과 실제 해수에 떠 있을 때의 시제품 모습을 나타내었다.

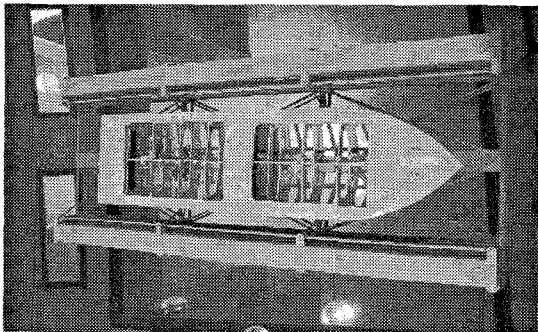


Fig. 11 Feature of the floating dock (G/T 5ton Class)

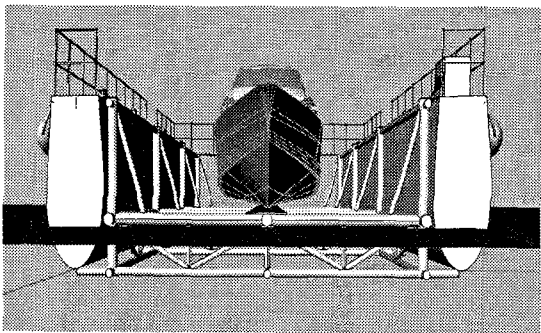


Fig. 12 Draft of the floating dock (G/T 5ton Class)

G/T 5톤급 미만 선박에서 전장이 8.0m미만인 소형선박의 최대 흘수를 0.8m로 추정하였을 때 플로팅 도크의 흘수는 대상선박이 거취 되는 위치에서 0.9m이면 충분할 것으로 판단되며, 이 때 필요한 부력탱크 유입수의 용적은 실험결과 약 33.75m³의 유입수가 필요한 것으로 확인되었다. Fig 13은 전장 8m미만 소형선박 유입시 플로팅 도크 모형선의 모습이며, Fig 14는 전장 8m 미만 소형선박 유입시 플로팅 도크 시제품의 모습을 3D로 표현한 것이다.

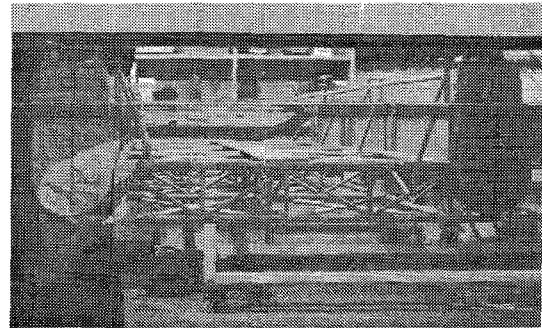


Fig. 13 Draft of Floating dock model (LOA : 8m)

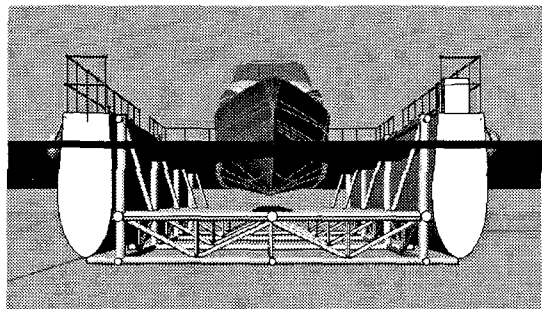


Fig. 14 Draft of the floating dock (LOA : 8m)

또한, G/T 5톤급 미만 선박에서 전장이 8.0m~12.0m 미만인 소형선박의 최대흘수를 1.2m로 추정하였을 때 플로팅 도크의 흘수는 대상선박이 거취 되는 위치에서 1.2m 이상이면 충분할 것으로 판단되며, 이 때 필요한 부력탱크 유입수 용적은 실험결과 40.55m³의 유입수가 필요한 것으로 확인되었다. Fig 15는 전장(Loa) 12m 미만 소형선박 유입시 플로팅 도크 모형선의 모습이며, Fig 16은 전장(Loa) 12m 미만 소형선박 유입시 플로팅 도크 시제품의 모습이다.

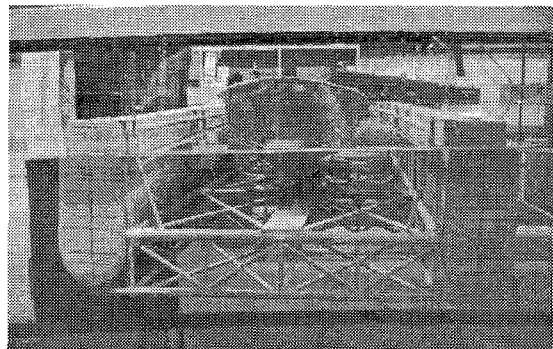


Fig. 15 Draft of Floating dock model (LOA : 12m)

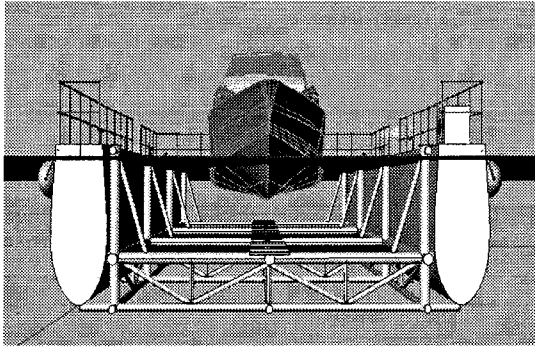


Fig. 16 Draft of the floating dock (LOA : 12m)

5. 결 론

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 소형선박 보수, 유지관리용 해상 플로팅 도크(Floating dock) 시스템 개념설계를 통해 소형선박 유지·보수시 소형조선소의 작업공간, 인력 및 작업시간 단축에 따른 경장비용 절감방안을 정립하였고, 향후, 플로팅 도크(Floating dock)시스템 개발, 보급으로 소형조선소 작업 기피해소의 필수도구 및 해양레저산업 활성화의 주요수단으로 활용될 핵심 기초자료를 마련하였다.

2) 먼저, 유지보수 대상선의 규모는 2,800여척의 연안어선의 주요목의 범위를 조사, 분석을 통해 G/T 5톤급 미만 연안어선으로 결정하였으며, 주요목의 평균을 고려하여 플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 개략규모는 길이 15m, 폭 6.4m, 깊이 2.0m로 도출하였고, 개발대상 플로팅 도크(Floating dock) 시스템의 개략선도와 개념설계 도서를 작성하였다.

3) 또한, 개발대상 플로팅 도크 시스템 구조해석 결과, 대상선의 최대 설계하중 12톤에서의 안전계수는 6.7로서 개발대상 플로팅 도크 시스템은 하중분담이 탁월하고, 구조강도가 매우 높은 것으로 판명되었다.

4) 개발대상 플로팅 도크(Floating dock)의 모형시험 결과, 플로팅 도크 부력탱크에 유입수를 조절로 유지·보수 대상선박인 G/T 5톤급 미만급 모형선의 플로팅 도크 내의 계류, 안착이 원활히 이루어지는 것을 확인하였으며, 이를 통하여 소형선박 보수, 유지관리용 개발대상 플로팅 도크시스템의 부력탱크 용량과 최적규모를 검증하였고, 주요기능을 확인하였다.

후 기

본 연구는 2005년도 중소기업청 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄 사업의 일환으로 수행된 결과로서 중소기업청의 후원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 산업연구원(2003), 해양레저장비산업 육성 기본전략 수립 연구 보고서
- [2] 해양경찰청(2005), 수상레저기구 우수사업장 인증 및 형식 승인 방법에 관한 연구 보고서
- [3] 한국조선공업협동조합, 소형FRP조선소 연안어선 건조실적
- [4] 한국해양과학기술협의회 워크샵(2002), 현 해양수산정책의 평가와 향후과제
- [5] 일본관서조선협회(2003b), 조선설계편람 제4판, pp 293-358
- [6] 小倉理一(1995), "計測用回流水曹の設計と流體力學的性能に関する研究", 西部造船學會誌, 第92號, pp. 59-82
- [7] 小倉理一(1982), "新型回流水槽の諸特性と抵抗試験について", 西部造船會報, 第64會