방파제용 대형 케이슨 제작/진수에 따른 부양식 독의 안정성 해석

석준* · 박종천* · 정세민** · 김성용*** · 강현용**** · Moo-Hyun Kim**** · 강윤구*****

*부산대학교 조선해양공학과

**대우조선해양(주) 중앙연구원

***Approval Center Korea, DNV-GL

****Dept. of Civil Engineering, Texas A&M University

***** (주)삼성물산 건설부문

Stability Evaluation of Floating Dock during Construction and Launching of Caisson for Breakwater

Jun Seok*, Jong-Chun Park*, Se-Min Jeong**, Sung-Yong Kim***,
Heon-Yong Kang****, Moo-Hyun Kim**** and Yoon-Koo Kang*****

*Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, Busan, Korea

**R&D Institute, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co., Ltd., Seoul, Korea

***Approval Center Korea, DNV-GL

****Department of Civil Engineering, Texas A&M University, Texas, USA

*****Civil Engineering Team, Samsung C&T Corporation, Seoul, Korea

KEY WORDS: Caisson 케이슨, Floating Dock 부양식 독, Construction 제작, Launching 진수, Static Stability 정적 안정성, Dynamic Stability 동적 안정성

ABSTRACT: In general, huge caissons for breakwaters have been constructed on land or a floating dock. In the case of the construction on a floating dock, a 4 step installation procedure is involved: i) construction on a floating dock, ii) transportation by the floating dock to an area near the target sea, iii) launching from the floating dock, and iv) transference by tug-boats to the installation site. It is especially important to pay attention to the dynamic stability of the floating dock against the conditions in the sea during steps i) and iii). In this paper, the static and dynamic stabilities of a caisson on a floating dock are evaluated based on IMO rules during the construction and launching of the caisson on a floating dock by using independent commercial S/Ws such as NAPA, WAMIT, and CHARM3D.

1. 서 론

방파제용 케이슨(Caisson)을 제작하는 방법에는 장소에 따라, ①건식 독(Dry dock)에서 제작하는 방법, ②부양식 독(Floating dock) 위에서 제작하는 방법, ③모래사장에서 제작하는 방법, ④가체철 방식에 의한 제작, ⑤육상안벽에서 제작 하는 방법 등이 있다(Lee, 2000; Ryu, 1999; MMAF, 2005). 이 중 부양식 독에서 케이슨을 제작할 시 제작부터 설치까지는 일반적으로 제작, 운반, 진수, 예인의 4단계 과정으로 구분 할 수 있다.

먼저 부양식 독에서 방파제형 케이슨의 제작 시 부양식 독은 해상, 기상, 기상에 영향을 많이 받게 되므로 제작이 용이한 지역에서

계류라인 등을 이용한 고정 등을 통해 안전하게 작업을 해야 한다(MLTMA, 2012). 그리고 케이슨을 제작함에 있어 제작과정에 맞춰 부양식 독의 평형수를 조절하여 평형을 유지하여야 한다.

운반 단계에서는 부양식 독에서 제작 완료된 방파제형 케이슨을 예인선을 이용하여 예인한다. 부양식 독을 이용해 케이슨을 운반 시 해상상태에 따른 불규칙한 6자유도 운동을 하게되므로 운반 시 외부환경의 고려가 중요하다(Seok et al., 2010).

진수 단계에서는 해상조건, 기상조건, 조위시각 등을 면밀히 검토하여 진수시기를 결정하여야 하며 부양식 독에서 케이슨을 진수할 시 요동, 기울어짐이나 인근에 제작된 케이슨과의 충돌을 방지할 수 있도록 로프 등으로 단단히 매어두어야 한다. 그

Received 3 July 2013, revised 4 December 2013, accepted 18 December 2013

Corresponding author Jong-Chun Park: +82-51-510-2480, jcpark@pnu.edu

© 2013, The Korean Society of Ocean Engineers

It is noted that this paper is revised edition based on proceedings of KAOST 2010 in Jeju.

리고 케이슨을 진수시킬 장소는 계산상 수심보다 0.5m 이상의 여유가 있는 곳이어야 하고, 정온한 해면으로서 충분한 작업공간을 확보할 수 있어야 하며, 다른 항해선박에 지장을 주지 않는 곳이어야 한다(MLTMA, 2012). 부양식 독을 이용한 진수 방법에는 부양식 독의 평형수를 이용하여 부양식 독을 수직으로 서서히 잠수시켜 선체를 가라앉히는 완전 잠수식 방법과 부양식 독의 한쪽 부분에 물을 채워 경사를 일으켜 자연 슬라이딩으로 해상에 진수시키는 슬라이딩 진수 방법이 있다(Park and Kim, 2006; Zung and Kim, 2005).

케이슨의 진수단계가 끝난 뒤 예인 단계에서는 예인선을 이용해 케이슨을 설치 지역까지 운반한다. 이 때 예인선의 선단배치는 조류의 변화가 심할 때에는 V형으로 배치하며 예인속도를 높이기 위해서는 일렬 선단배치를 한다(Lee, 2000). 단, 운반 속도는 케이슨이 안정성을 유지할 수 있는 속도이어야 하며 케이슨을 대각선 방향으로 예인해서는 안 된다(MLTMA, 2012).

교각 케이슨의 크레인바지 및 부양식 독을 이용한 운송 시 동적 안정성 고찰에 대해서는 Jo et al.(2009)에, 방파제용 대형 케이슨 운반 및 예인에 대한 동적 안정성 평가에 대해서는 Seok et al.(2010)에 각각 소개되어 있다.

본 논문에서는 방파제용 케이슨을 부양식 독에서 제작할 경우, 전술한 총 4단계의 과정 중 Fig. 1 및 Fig. 2에 각각 나타난 것처럼 제작과 진수단계에서의 정적 및 동적 안정성 해석을 수행하고 그 결과를 IMO(International maritime organization) rule과 비교하여 안정성을 평가하였다. 이때 정적 해석에는 NAPA(The naval architectural package)를, 동적 해석에는 WAMIT(Wave analysis

MIT)과 CHARM3D(Kang et al., 2011)를 각각 이용하였다.

2. 케이슨 제작시에 관한 수치 시뮬레이션

2.1 정적 안정성 평가

Fig. 1에서 보듯이 케이슨은 부양식 독 상에서 제작되어 지며 부양식 독은 계류라인과 펜더 등을 통해 Fig. 3의 해석위치 A인 울산 남방파제에 정박되어져 있다고 가정한다. 단, 울산 남방파제 안쪽에 위치하는 제작 해역은 수심이 평균 7m정도로 파고가 높지 않고 잔잔한 해상상태이다.

Fig. 4와 같이 완성된 케이슨은 직사각형 모양의 구조물로, 높이가 20.0m, 폭 25.5m, 길이 43.0m이고 중량은 10,700ton이다. 케이슨의 제작, 운반 그리고 진수에 이용하는 부양식 독은 Fig. 5와 같으며 중량은 15,000ton급이고 높이 25.4m, 폭 47.2m, 길이 72.0m, 그리고 부양식 독에 완성된 케이슨을 실었을 때 흘수는 6.0m이다. 부양식 독과 케이슨 각각의 상세한 제원은 Tables 1~2에 요약하였다.

부양식 독과 케이슨의 정적 안정성 평가를 위해 부양식 독에서 케이슨을 완성 하였을 경우에 대한 해석을 수행하였으며 이때 계산 조건은 Table 3과 같이 흘수는 6m, 총 중량은 20638.7ton, 수직방향 무게중심은 바닥으로부터 10.24m에 위치하며 메타센터의 높이는 24.16m이다. 이 때 파랑, 바람 등의 외부환경 조건은 고려되지 않으며, 부양식 독과 케이슨은 하나의 물체로 취급하였다.

상용프로그램 NAPA를 이용하여 얻어진 수치 시뮬레이션 결과를 Table 4에 나타난 국제해사기구(International maritime organization)에서 규정한 선박의 복원성과 관련된 규정인 IMO rule A.749(18)와 비교해 부양식 독과 케이슨의 정적 안정성 평가를 수행하였다.

수치 시뮬레이션에 사용된 상용소프트웨어 NAPA는 부유체의 복원성과 안정성 해석에 사용되는 프로그램이며, 선박 초기와 기본 설계에 이용되는 프로그램으로 선주 및 해당 국가들의 요구사항을 기술적으로 확인시켜 주는 목적의 프로그램이다.

Fig. 1 Construction for caisson on a floating dock

Fig. 2 Launching for caisson on a floating dock

Fig. 3 Location of caisson for building (A) and launching (B)

Fig. 4 Caisson model with total weight of 10,700ton

Fig. 5 Schematic view of floating dock

Table 1 Floating dock specification with total weight of 15,000ton

Height	25.4m	Breadth	47.2m
Length	72.0m	Dock in breadth	33.9m
Draft	1.9m	Full draft	6.0m
Pontoon depth	6.4m	Dead weight	14,514ton

Table 2 Caisson specification with total weight of 10,700ton

Height	20.0m	Breadth	25.5m
Length	43.0m	Weight	10,700ton
Draft	5.6m	Draft(towing)	13.0m

Table 3 Floating body's general condition

	Draft	Displacement	KG	GM
Step 1	6m	20638.7ton	10.24m	24.16m

Table 4 Criteria for Stability by IMO rule A.749(18)

	Acceptable standards
Area under GZ curve up to 30°	> 0.055m·rad
Area under GZ curve up to 40°	> 0.090m·rad
Min. GZ	> 0.200m
Max. GZ at an angle	> 25°
GM	> 0.150m

2.2 동적 안정성 평가

제작 단계에서 동적 안정성 평가를 위한 해상환경은 Table 5의 세계기상기구(World meteorological organization, WMO)가

정한 해상상태(Sea state, SS) 중 SS-4에 해당하는 경우의 파향을 0°~180°까지 45° 간격으로 조건을 변화시켜 가면서 해석을 수행하였다. 이에 대해서는 Table 6에 요약되어 있다.

정적 안정성 평가와 마찬가지로 케이슨이 완성되었을 때를 가정하였으며, 케이슨과 부양식 독의 제원은 앞서 전절에서 언급한 조건과 동일하다. 단 부양식 독은 방파제와 계류라인으로 연결되어 있으며 부양식 독과 방파제의 사이의 간격은 약 1m이다. 이 때 부양식 독과 방파제 사이에는 펜더가 위치해 충돌을 방지해 준다.

Fig. 6은 동적 안정성 평가를 위해 방파제와 케이슨이 실린 부양식 독의 모델링을 나타내며 파향이 정의되어 있다.

Table 5 WMO sea-state code

Sea-state number	Significant wave height	Characteristics
0	0.0	Calm
1	0.0 ~ 0.1	Calm
2	0.1 ~ 0.5	Smooth
3	0.5 ~ 1.25	Slight
4	1.25 ~ 2.5	Moderate
5	2.5 ~ 4.0	Rough
6	4.0 ~ 6.0	Very rough
7	6.0 ~ 9.0	High
8	9.0 ~ 14.0	Very high
9	> 14.0	Phenomenal

Table 6 Environmental condition (SS-4)

Case	Wave	
	Frequency [rad](components)	Direction [°]
	0~1.6 (25)	0, 45, 90, 135, 180

(a) Modeling of a floating body and breakwater

(b) Definition of wave direction

Fig. 6 Modeling of (a) a floating body and breakwater, and (b) definition of wave direction

케이슨과 부양식 독의 동적 안정성 평가를 위해 WAMIT을 이용하여 주파수 영역 해석을 수행하였다. WAMIT은 미국 MIT(Massachusetts institute of technology)의 Newmann 교수 팀에 의해 개발된 파랑-다물체의 상호유체력에 관한 주파수 영역 계산 프로그램으로 그 정확도가 잘 알려진 프로그램이다. 단, 주파수 영역에서의 동적 안정성 평가 시 부양식 독과 케이슨에 고려되어야 할 풍력의 영향은 상대적으로 작다고 가정하여 무시하였다. 또한, 제작 해역의 수심이 7m로 WAMIT으로 계산하기에는 천수효과가 매우 큰 영역이므로 특히 장주기 파에 대한 해석 오차가 포함될 가능성이 높다.

3. 케이슨 진수에 관한 수치 물레이션

3.1 정적 안정성 평가

부양식 독 상에서 제작된 케이슨을 예인선을 이용해 진수 가능한 지역까지 예인한다. 이 때 케이슨을 진수하는 울산 용연동 전면 해상은 수심이 20~30m 정도로 파고가 높지 않고 비교적 잔잔한 해상상태이며 예인된 부양식 독과 케이슨은 부양식 독의 평형수를 이용하여 수직으로 완전 잠수하는 완전 잠수식 진수방법을 이용해 진수된다. 이 때, 진수 시 케이슨의 상부와 부양식 독은 고정 줄을 이용하여 고정되어 있다.

Table 7과 같이 정적 안정성 평가를 위해 흘수가 8m(Step 1), 10m(Step 2), 12m(Step 3)의 세 가지 경우에 대한 해석을 수행하였다. 이 때 각각의 경우에 대한 배수량, 수직방향 무게중심, 메타센터 높이의 계산조건은 Table 7과 같다.

세 가지 경우에 대한 해석결과를 케이슨의 제작 단계와 동일하게 Table 4의 IMO rule과 비교하여 정적 안정성 평가를 수행하였다. 이 때, 제작 단계의 정적 안정성 해석과 마찬가지로 파랑, 바람 등의 외부환경 조건은 고려되지 않는다.

Table 7 General condition of a floating body for launching

	Step 1	Step 2	Step 3
Draft(m)	8	10	12
Displacement(ton)	24986.7	28660.7	32334.7
KG(m)	9.01	8.51	8.37
GM(m)	8.95	8.30	7.78

3.2 동적 안정성 평가

케이슨의 진수 단계에서 동적 안정성 평가를 위한 해상환경은 Table 8과 같으며 제작 단계와 동일한 SS-4에 해당되는 해상상태를 가정하였다. 케이슨이 부양식 독에서 제작될 때 작업의 용이성을 위해 Fig. 7에 나타난 바와 같이 부양식 독의 중앙이 아닌 방파제 쪽에 치우쳐 제작되며, 파향이 0, 45, 90, 270, 315°에 대한 조건에서 해석을 수행하였다.

Table 8 Environmental condition (SS-4)

	Wave	
	Frequency [rad](components)	Direction [°]
Case	0~1.6 (25)	0, 45, 90, 270, 315

Fig. 7 Modeling of floating body(floating dock and caisson) and definition of wave direction

Fig. 8과 같이 부양식 독과 케이슨의 간격이 각각 5.43m와 0.278m의 2가지 경우에 대하여 다물체 효과를 고려한 해석을 수행하였다. 또한, 불규칙한 해상상태에서 CHARM3D(Kang et al., 2011)를 이용한 불규칙파랑 중 응답 특성을 수치 시뮬레이션 하였다. 단, 해상상태 SS-3과 SS-4에서 파향은 270°이며, 두 물체 사이의 간격이 5.43m인 경우에 대해 수행하였다. 이 때 불규칙파랑 환경은 SS-4 상태에서 유의파고와 주기가 각각 $H_s = 1.88\text{m}$ 와 $T_s = 8.8\text{s}$ 인 Pierson-Moskowitz의 파랑 스펙트럼에 의해 주어진다.

4. 해석 결과 및 토론

4.1 케이슨의 제작 단계

Table 9에서 부양식 독과 케이슨의 정적 안정성 평가를 위해

(a) Gap size : 0.278m

(b) Gap size : 5.430m

Fig. 8 Modeling of a caisson over floating dock with two different gap size

NAPA의 계산 결과를 IMO rule A.749(18)과 비교하였다. IMO rule에서 제안하는 5개의 항목의 조건을 모두 만족하는 것을 볼 수 있으며 부양식 독에서 케이슨이 제작 완성 시 정적 안정성을 만족하는 것을 알 수 있다. 이때 메타센터, 복원정(GZ) 그리고 면적은 Fig. 9에 나타낸다.

Fig. 10은 부양식 독과 케이슨의 동적 안정성을 평가하기 위한 주파수 영역에서의 계산 결과이다. 부양식 독을 이용한 케이슨 제작 시 파랑의 주기가 30s(주파수 ≈ 0.2) 부근의 장주기파에서 파 진폭이 약 0.4m일 때 상하동요의 동요량이 약 1m에 가깝게 나타나고 있으며, 부양식 독의 흘수가 6m이고 부양식 독에서의 케이슨 제작 시 수심이 7m인 해역의 상황을 고려한다면 제작 시 부양식 독이 바닥과의 충돌이 일어날 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 주기가 30s 부근의 파랑은 너울(Swell)이나 군파(Group wave) 효과에 기인하며 부양식 독에서 케이슨이 제작 되고 있는 만내에서는 쉽게 감쇄되기 어려우므로 이러한 상황이 발생할 경우 충돌의 위험이 있을 것으로 판단된다. 부양식 독이 횡파(Beam sea)에서 좌우동요와 횡동요의 경우 주기가 15s(주파수 ≈ 0.4)일 때 값이 크게 나타나지만, 횡동요의 경우 점성 등의 영향으로 인해 실제 상황에서는 다소 줄어든 것으로 예상된다. 하지만, 전체적인 해석결과는 제작 해역이 천수역이므로 WAMIT의 해석범위를 벗어나며, 특히 주파수가 0 부근의 저주파수 영역에서 상하동요나 횡동요의 결과에서 해석오차가 크게 나타나 있음을 고려해야 할 것이다.

Table 9 Static stability results of construction step

IMO rule A.749(18)	Construction step
Area under GZ curve up to 30° > 0.055m·rad	2.192m·rad
Area under GZ curve up to 40° > 0.090m·rad	3.522m·rad
Min. GZ > 0.200m	7.949m
Max. GZ at an angle > 25°	42.563°
GM > 0.150m	24.159m

Fig. 9 Results of static stability for construction step, obtained from NAPA analysis

Table 10 Static stability results of launching step

IMO rule A.749(18)	Step 1	Step 2	Step 3
Area under GZ curve up to 30° > 0.055m·rad	1.72 m·rad	1.44 m·rad	1.26 m·rad
Area under GZ curve up to 40° > 0.090m·rad	3.03 m·rad	2.66 m·rad	2.33 m·rad
Min. GZ > 0.200m	1.31m	1.21m	1.08m
Max. GZ at an angle > 25°	40.22°	42.43°	48.39°
GM > 0.150m	8.95m	8.30m	7.78m

4.2 케이슨의 진수 단계

케이슨의 진수 단계에서 각각의 흘수에 대한 3가지 경우의 정적 안정성 평가를 수행한 결과는 Table 10과 같으며 제작 단계와 마찬가지로 진수 단계에서도 IMO rule과 비교했을 때 모든 경우에서 정적 안정성을 만족하는 것을 볼 수 있다. 각각의 경우에 대한 메타센터, GZ 그리고 면적은 Fig. 11에 나타낸다.

다음으로, 케이슨의 진수 단계에 대한 주파수 영역에서의 동적 안정성 평가 수행 결과는 Figs. 12~15와 같다. 먼저 Fig. 12로부터 알 수 있듯이 부양식 독과 케이슨의 간격이 0.278m로 좁은 경우 부양식 독은 파주기가 15s(주파수 ≈ 0.4 rad/s) 부근에서 최대 응답진폭함수(Response amplitude operator, RAO) 값을 보이고 있다. 횡동요의 경우 뚜렷한 하나의 공진 주파수를 가지고 있으며 횡동요를 제외한 나머지 운동에서는 케이슨에 비해 상대적으로 작은 값을 나타내고 있다. 한편, 케이슨의 주파수 영역 해석 결과는 Fig. 13과 같다. 횡동요의 경우 파주기가 60s(주파수 ≈ 0.1 rad/s) 부근과 15s(주파수 ≈ 0.4 rad/s)에서 2개의 극치를 나타내고 있으며 좌우동요와 종동요 그리고 상하동요는 부양식 독과 동일한 파주기가 15s(주파수 ≈ 0.4 rad/s) 부근에서 최대값을 가진다. 단 선수동요의 경우는 파주기가 6s(≈ 1.0 rad/s)에서 극치를 보인다. 결과적으로, 부양식 독과 케이슨의 간격이 0.278m로 매우 좁은 경우 파주기가 15s(주파수 ≈ 0.4 rad/s)에서는 상하동요로 인해 부양식 독과 케이슨이 충돌할 수 있을 것이다. 또한 횡동요와 종동요 시에도 부양식 독과 케이슨이 서로 충돌할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 부양식 독과 케이슨의 두 부유체의 간격이 5.43m로 넓은 경우 간격이 좁은 경우보다 전체적으로 해석 결과가 감소한 것을 Figs. 14~15로부터 알 수 있다. Fig. 14의 부양식 독의 경우 간격이 좁은 경우에 비해 횡동요의 극치가 크게 감소하였으며 케이슨과 마찬가지로 종동요에서 오히려 극치가 커지는 것을 볼 수 있다. 케이슨의 해석 결과는 종동요의 경우 간격이 좁은 경우에 비해 파주기가 10s(주파수 ≈ 0.6 rad/s) 부근에서 극치가 2배 이상 커진다. 하지만 부양식 독과 케이슨의 간격이 5.43m로 충분한 여유를 가지고 있어 충돌로부터는 안전할 것으로 판단된다. 상하동요의 경우, 약 41s(주파수 ≈ 1.5 rad/s)의 최대 RAO는 5.5m/m정도로 두 부유체의 간격인 5.43m를 이미 초과한 값이 나타나 충돌의 가능성이 높을 것으로 판단된다. 하지만, 이는 파장이 거의 2.6km에 해당되

(a) Surge

(d) Roll

(b) Sway

(e) Pitch

(c) Heave

(f) Yaw

Fig. 10 Response amplitude operator as a function of frequency for a caisson on a floating dock

Fig. 11 Static stability for launching steps

는 일반적인 해상상태로 볼 수 없다는 점을 감안한다면, 그 외의 주파수 영역에서는 충돌 가능성이 낮을 것으로 보인다. 횡동요의 경우 간격이 좁은 경우에 비해 극치가 약 80% 감소하였으며 점성이 존재하는 실제 상황에서는 보다 줄어들 것으로 보인다.

마지막으로, 부양식 독과 케이슨의 두 부유체에 관한 충돌 등의 안정성에 대하여 불규칙파랑 중에서의 시간영역 상호작용을 시뮬레이션 하였으며, 부양식 독과 케이슨의 상하동요(Heave) 및 횡동요(Roll) 결과를 Figs. 16-17에 각각 나타낸다. Fig. 16에서 부양식 독의 동요량은 SS-3에서 극도로 작게 나타나며, SS-4에서도 횡동요의 경우 약 1° 가량으로 양호하게 나타난다. 한편, 케이슨의 경우, 부양식 독에 비하여 상대적으로 적은 동요를 보이나 독과의 충돌 등 상대적인 상호간섭 가능성은 거의 무시할 수 있을 정도로 작다고 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 부양식 독 상에서 방파제용 케이슨을 제작할 경우와 이를 설치 해상에서 진수할 경우의 정적 및 동적 안정성 평가를 수행하였다. 정적 안정성 평가를 위해 상용프로그램인 NAPA를 이용하였으며 그 결과를 IMO rule과 비교·검토하였다. 또한 동적 안정성 해석에는 상용프로그램인 WAMIT을 이용하여 주파수영역에서의 해석을 수행하고 안정성을 평가하였다. 특히, 파랑환경이 선형적이지 않은 해역에서의 보다 정확한 안정성 평가를 위해서는 정적 및 동적 안정성 해석의 상호 적절한 배합이 중요하며, 특히 진수 시 다물체 효과를 고려한 케이슨과 부양식 독의 안정성 평가가 중요할 것으로 판단된다. 또한 Seok et al.(2010)에서 언급했던 것처럼 해상상태가 거칠어질수록 시간영역해석의 신뢰성이 더욱 커질 것으로 보인다.

Fig. 12 Response amplitude operator as a function of frequency for floating dock in case of gap size 0.278m

Fig. 13 Response amplitude operator as a function of frequency for caisson in case of gap size 0.278m

Fig. 14 Response amplitude operator as a function of frequency for floating dock in case of gap size 5.43m

Fig. 15 Response amplitude operator as a function of frequency for caisson in case of gap size 5.43m

(a) heave motion

(b) roll motion

Fig. 16 Dynamic behavior of floating dock in time domain

Fig. 17 Dynamic analysis of caisson in time domain for heave motion

후 기

본 연구는 (주)삼성물산의 “케이슨 운송시 안정성 검토” 과제의 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

References

- IMO, 2002. Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments: Resolution A.749(18) as Amended by Resolution MSC 75(69). IMO Publication.
- Jo, C.-H., Kim, S.-J., Cheong, H., 2009. Dynamic Stability during Transportation of Bridge Caisson. *J. of Ocean Engineering and Technology*, 23(1), 104-108. (Korean)
- Kang, H.-Y., Kim, M.-H., Seok, J., Park, J.-C., Kang, Y.-K. 2011. Safety of Caisson Transport on a Floating Dock, *Proceedings of 2011 International Offshore and Polar Engineering Conference*, Maui, USA.
- Lee, J.-H., 2000. Study on the Execution and Salvage Method of the Caisson for a Breakwater. Master thesis of Pusan

- National University. (Korean)
- MLTMA, 2012. Harbor and Fisheries Construction Standards Specification. The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea, 11-1611000-002639-14. (Korean)
- MMAF, 2005. Harbor and Fisheries Design Standards. The Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Korea, 11-1520000-000842-14. (Korean)
- NAPA. Solution for Design and Operation of Ships. [Online] Available at: <<http://www.napa.fi>> [Accessed October 2013].
- Park, J.-M., Kim H.-B., 2006. New Caisson Fabrication Method in Pusan New Port Project. Korean Society of Civil Engineers Magazine, 54(9), 83-86. (Korean)
- Ryu, J.-B. (1999). Introduction to civil engineering works. Yeamoonsa. (Korean)
- Seok, J., Park, J.-C., Heo, J.-K., Kang, H.-Y., Bae, Y.-H., Kim, M.-H., Kang, Y.-K., 2010. Stability Evaluation during Transportation of Caisson for Breaker. J. of Ocean Engineering and Technology, 24(4), 13-22. (Korean)
- WAMIT, The State of the Art in Wave Interaction Analysis. [Online] Available at: <<http://www.wamit.com>> [Accessed October 2013].
- Zung, Z.-M., Kim, H., 2005. Manufacture of Concrete Caisson by Using Soffit Form and its Conveyance by Jacking System, and Launching Method by DCL. Korean Society of Civil Engineers Magazine, 53(5), 57~63. (Korean)