

## 간이화된 격자 구조 모델을 사용한 선박의 도킹 해석에 대하여

김성찬\*, 유철호†\*\*, 이장현\*\*,  
이경석\*\*\*, 백기대\*\*\*, 손상용\*\*\*, 최종효\*\*\*\*

인하공업전문대학 선박해양시스템과\*/ 인하대학교 선박해양공학과\*\*  
대우조선해양(주) 구조설계팀\*\*\*/ 대우조선해양(주) 구조 R&D 팀\*\*\*\*

### On the Docking Analysis of Global Ship Structure Using Simplified Grillage Model

Sung Chan Kim\*, Cheolho Ryu†\*\*, Jang Hyun Lee\*\*,  
Kyung Seok Lee\*\*\*, Ki Dae Baek\*\*\*, Sang Yong Sohn\*\*\* and Joong Hyo Choi\*\*\*\*

Department of Ship and Ocean Systems, Inha Technical College\*

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University\*\*

Structure Design Team, Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co. Ltd.\*\*\*

Structure R&D Team, Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co. Ltd.\*\*\*\*

#### Abstract

This paper presents a simple and fast approach to plan the arrangement of supports and to do a ship docking analysis. The unpredicted structural damages often happen from a docking works as the size of ships are getting larger and larger. In docking a ship, excessive reaction forces from supports are primary causes of the structural damage. The grillage analysis method is employed to simply calculate only the reaction forces at supports. The grillage modeling strategies are proposed to improve the accuracy. In this paper, the results obtained by the proposed approach are compared with those of the current whole-ship FEA for typical types of ships. Comparison shows that the results from the present grillage approaches are reasonably in a good agreement with the 3-D full F.E one. Finally, an integrated program developed for the ship docking analysis is described.

※Keywords: Docking(도킹), Docking analysis(도킹해석), Grillage analysis(격자구조 해석법), Whole-ship FEA(전선 유한요소해석)

접수일: 2008년 7월 25일, 승인일: 2008년 11월 7일

†교신저자: cheolho\_ryu@inha.ac.kr, 032-860-8486

### 1. 서론

선박의 신조 또는 운항 중인 선박이 정기검사를 위해 재도킹(redocking)되는 경우, 도크에서 반목의 설치에 따른 국부적인 응력집중이 발생한다. 신조시 도크 바닥에 반목을 설치할 경우 도크 가동율의 극대화를 위해 아주 특별한 선종이 아니면 표준화된 배치로 선박을 건조하고 있다. 특이한 중량분포 및 돌발적인 도킹(docking) 상황 하에서 구조부재의 손상이 발생한 경우도 있음이 보고되고 있다. 탱커와 B/C 및 FPSO 등에서 큰 구조중량에 의한 국부적인 과도한 집중하중이 발생하는 경우도 있고, 컨테이너선 및 LNG/LPG 선과 같이 선수/선미에서의 선형이 훌쩍하여 반목 설치위치가 제한적인 경우, 하중이 한 점에 집중하므로 정밀한 해석을 통하여 구조부재의 안전성을 확보하고 있다.

일반적으로 설계시 도킹 관련 구조부재의 안전성과 반목배치의 타당성을 검증하기 위해서는 3차원 전선해석 모델을 사용하고 있다. 국내 조선사들은 이미 3차원 전선해석 모델을 이용한 도킹 해석 시스템을 구축하여 사용하고 있으며 이를 통해 도킹 시의 구조 안전성을 검증하고 있다 (Choi et al. 2002, Chun et al. 2006, Chun and Seo 2007). 3차원 전선해석 모델을 사용하는 경우의 장단점이 Table 1에 기술되어 있다.

Table 1 Valuations of 3D docking analysis

장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 구조부재의 중량분포를 자연스럽게 표현 가능</li> <li>● 발라스트 수 및 주엔진 등 중량물 분포를 유연하게 구현이 가능</li> <li>● 현실적인 반목배치 구현이 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 선박의 구조도가 작성된 후 구조 모델 작성 가능</li> <li>● 반목배치 및 구조보강 등의 조치가 늦을 수 있음</li> <li>● 시간과 비용이 많이 소요</li> </ul>

본 논문에서는 초기 설계시 반목배치를 용이하게 수행하고, 구조부재의 안전성을 빠른 시간 내에 평가하기 위하여 간이화된 해석모델에 의한 평가법의 개발에 초점을 맞추었다. 설계 초기단계에서 대응이 용이하고, 해석 시수 절감을 가능하게 할 수 있는 간이화된 도킹 해석 과정에는 다음 사항이 고려되어야 한다.

- 선박 전체 구조도면의 완성 전에 도킹반목 배치에 대한 평가가 가능하도록 해야 함. 따라서 2차원 격자(grillage) 구조 해석에 의한 평가가 타당한 것으로 판단됨
- 2차원 격자 구조 해석에 의한 결과가 3차원 전선 구조해석에 의한 결과와 비교하여 계산 정도가 확보되어야 함.
- 적용이 간단하고 3차원 전선 구조해석 결과의 효과를 고려한 2차원 격자 해석법 및 해석 프로그램이 개발되어야 함.
- 도킹 반목에서의 계산된 지지력과 허용치의 비교를 통한 타당성 분석 기준이 정립되어야 함

### 2. 3차원 도킹 (docking) 해석

도킹 해석(docking analysis)은 선박의 도킹 시 반목으로부터 전달되는 국부적인 집중하중에 대한 구조 안전성 검토를 위해 비교적 자주 수행되는 해석으로 주로 선주의 요구에 의해 수행되고 있다.

도킹해석은 해상 운항상태가 아닌 도크 내 탑재 단계에서 반목에 의해 선체에 국부 집중하중이 가해질 때 선체의 안전성을 검토하는 작업으로 과거에는 선체 구조 부재를 보요소로 가정하여 격자 구조해석을 통하여 수행하였다(Lloyd 1983). 이런 경우 중부재가 위치한 영역만 이상화하기 때문에 실제 반목위치를 정확히 반영하기 힘들뿐 아니라, 계산 정도도 그리 높지 않은 문제점이 있었다. 격자 구조 해석 결과에 의해 구해진 과도한 반력의 발생위치에서 선급의 좌굴식을 이용하여 이중저의 좌굴 검토가 이루어졌다. 하지만 최근에는 해석기술과 컴퓨터의 발달로 3-D F.E 해석을 통상 수행

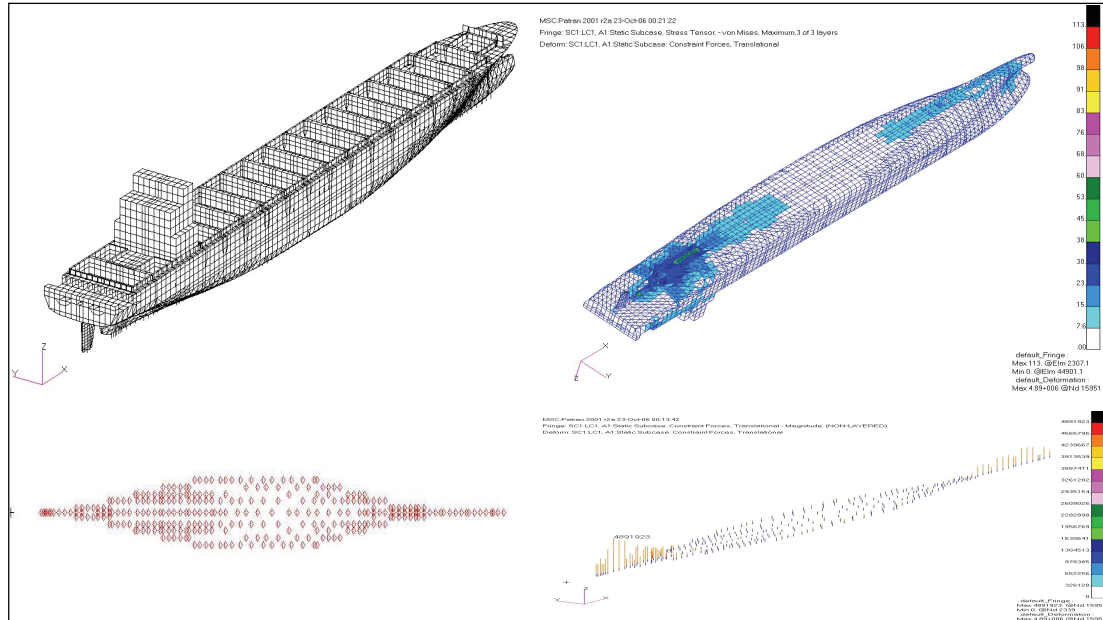


Fig. 1 Sample of 3D docking analysis – structural model, support arrangement, and stresses

하고 있으며, 반목위치에서 선체에 작용하는 응력을 직접 구하여 선체의 안전성을 검토하고 있다. Fig. 1 은 컨테이너선에 대한 3 차원 도킹 해석을 위한 구조해석 모델과 반목의 위치, 계산 예를 보여주고 있다. 보통의 경우 도킹 해석을 위해 구조해석 모델을 별도로 만들지 않고, 진동 해석 또는 전선 구조해석용으로 개발된 것을 수정하여 사용하고 있으나, 그러한 사전 모델이 없는 경우 도킹용 해석모델을 별도로 만들어 수행하고 있다.

3 차원 도킹 해석이 가지는 뛰어난 장점에도 불구하고, Table 1 에 기술된 단점들로 인해 3 차원 전선구조해석 결과의 효과를 고려한 정밀도 높은 2 차원 격자 구조해석법을 정립할 필요성이 대두되었다. 또한 선체 설계 과정에서 설계 모델이 없는 경우 해석 모델을 만드는데 필요한 시간 및 노력에 대한 부담과 기존의 전선해석 모델을 사용하더라도 도크 반목을 정확한 위치에 배치할 수 없는 것이 문제점으로 대두되기도 하였다.

도크 내에서의 도킹 상태에 대한 해석 방법은 통상 LR(Lloyd Register of Shipping)에서 제안한 탄성해석(Lloyd 1983)을 이용하고 있으며, LR 을

제외한 다른 선급은 뚜렷한 방법을 제공하지 않고 있다. LR 에서는 반목을 스프링(spring)으로 가정하고 동시에 선체를 유한요소로 이상화한 후 중력 가속도와 하중을 가하여 정적 해석을 수행하도록 제시하고 있다. 이때 하중조건은 도킹 시 (Dry docking condition), 즉 선체의 자중만이 작용하는 경하 중량 분포(Light weight condition)와 도킹 시의 트림을 없애기 위해 선수부 탱크에 채워지는 해수 또는 청수에 의한 하중이 작용하는 조건이다. 해석 결과로 반목위치에서의 반력, 선체에 발생하는 응력 등을 알 수 있으며, 반력을 이용하여 반목의 안전성을 평가하고 선체에 발생하는 응력을 이용하여 선체의 안전성을 평가한다.

### 3. 2 차원 도킹 해석 구조 모델

전통적인 2 차원 격자 구조 해석 모델은 Fig. 2 와 같이 Web Floor 및 횡격벽 등의 횡방향 부재와 Girder 와 종격벽, 선측 외판 등의 종방향 부재에 대한 보요소(beam Element) 모델로 만들어진다(Rigo and Rizzuto 2003). 그러나 이러한 모델은

3 차원 해석에 비해 다음과 같은 어려운 점을 가지고 있다.

- (1) 전통적인 2 차원 격자 구조 모델은 하중 분포를 구현하기 위하여 별도의 계산 및 하중 적용에 대한 이상화가 필요하다.
- (2) 선박의 이중저 형상에 있어 횡방향의 중량 분포가 일정하지 않으나, 전통적인 2 차원 격자 구조 모델은 횡방향의 하중 분포의 특성을 반영하기 힘들다.
- (3) 전통적인 2 차원 격자 구조 모델에서 각 구조 부재의 단면에 대한 단면 특성치, 즉 면적(area) 및 관성 모멘트 (moment of inertia)를 정의하기 힘들며, 단면 특성치 계산에 많은 시간과 노력이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하고 정확성 향상하기 위하여 2 차원 격자 구조 모델을 생성하는 방법을 제안하였다. 제안된 각 방법들은 3 차원 도킹 해석결과와 비교 검토를 통해서 타당성 검토가 수행되었다. 이러한 2 차원 격자 구조 모델은 inner bottom plan, midship section drawing, construction profile 등의 구조 설계 도면으로부터 확보할 수 있는 간단한 정보, 예를 들어 프레임 간격, 거더(girder) 및 side/bottom tangent line 등으로부터 선박의 선저부 격자 구조 해석 모델을 자동으로 생성할 수 있도록 구현하였다.

### 3.1 하중 분포의 계산

하중은 선체에 작용하는 모든 구조물 및 도킹 시에 탑재되는 모든 중량물을 고려하여 길이방향으로 분포시켜 각 프레임에서 값을 계산한 후, 이 계산된 하중을 해당 프레임, 즉 Fig. 3 에 보여지듯이 Trans. Web 및 횡격벽과 같은 주요 횡방향 부재에 분포시켰다. 도킹 해석을 수행할 때 횡방향 보요소에 대한 분포 하중으로만 적용하게 된다. 이것은 선박의 경하 중량(light weight) 분포와 Trim & Stability (T&S) 계산의 조건 중 도킹 상태의 분포를 그대로 사용할 수 있기 때문에 사용자 입장에서 장점이 있다.

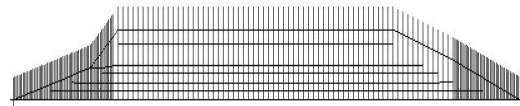


Fig. 2 2D simplified grillage model



Fig. 3 Scheme of load distribution

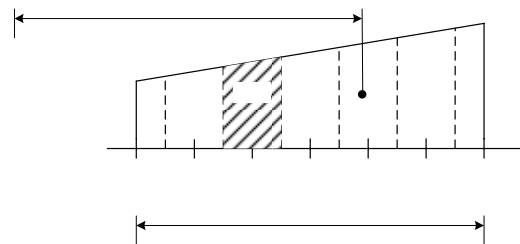


Fig. 4 Sample diagram of linear load distribution

선체 및 부가 중량물들의 자중 분포는 하중 분포구간(Aft End, Fore End), 무게(weight), 종방향 무게중심(longi. center of gravity, LCG), 모멘트 (Moment)로 주어진다. 주어진 하중 분포 구간에서 무게를 단위 길이당 균일 분포 하중으로 계산이 된다면 그 LCG 가 하중이 위치한 구간의 중앙에 존재하게 되어 주어진 LCG 과 일치하지 않게 된다. 본 논문에서는 주어진 LCG 와 계산된 하중 분포로부터 얻어진 LCG 가 일치하도록 선체 및 부가 중량물의 하중분포를 선형 분포로 가정하고 Fig. 4 와 같이 계산한다.

Fig. 4 에서 근사 선형 분포에서 시작과 끝 위치에서의 값  $D1$  과  $D2$  는 다음 식과 같이 구해진다.

$$D1 = \frac{4W}{X_e - X_s} - \frac{6W(X_{LCG} - X_s)}{(X_e - X_s)^2} \quad (1)$$

$$D2 = \frac{6W(X_{LCG} - X_s)}{(X_e - X_s)^2} - \frac{2W}{X_e - X_s}$$

여기서  $W$  는 중량물의 무게이고  $X_{LCG}$  는 주어진 중량물의 종방향 무게중심(longi. center of gravity, LCG)의 위치이며,  $X_s$ 와  $X_e$ 는 각각 중량 분포의 시작과 끝 위치이다.

하중 분포를 Fig. 4 와 같이 이산화하여  $A_i$ 를 해당 프레임에 부여하고 하중  $A_i$  를 그 프레임의 폭 ( $B_i$ )으로 나누어 프레임에서 균일하게 분포되게 한다. 주의할 사항은  $B_i$ 가 다음 절에서 설명할 호퍼 특설늑판(hopper web floor)에 추가로 연장된 길이를 포함하고 있다는 것이다.

### 3.2 횡 방향에서의 하중분포

본 2 차원 도킹 해석에서는 선측에서의 하중분포를 현실적으로 적용하기 위하여 다음과 같은 두 가지 방법으로 고려하는 것이 가능하다.

#### (1) 횡 방향 하중분포를 변화시키는 법

횡 방향으로 하중을 분포시킬 때 폭 방향에 대해 가중치를 두어 적용할 수 있다. 선종별로 선체 중앙부 혹은 선측에서 하중이 많이 적용되도록 조정할 수 있으나 선종별 또는 위치별로 가중치가 틀려 일반적인 가중치 산정이 힘든 단점이 있다.

#### (2) 호퍼거더(hopper girder) 외부로 추가 횡 부재 연장

하중 분포 계산을 통해 얻어진 횡 방향 하중분포를 균일하게 적용하는 대신 보 길이를 호퍼거더(hopper girder, 선측거더) 외부로 추가 연장하는 방법이 있다. 이것은 Centerline 및 Mid-Span 에서의 분포 경향보다는 선측 외판 부근 반력에 주목하는 법으로 선종별 또는 크기 그리고 프레임 위치에 따라 연장 길이가 다를 수 있다. 그러나 중앙부에 비해 선측으로 중량이 편심되는 경향을 자연스럽게 얻을 수 있는 장점이 있다. 간단히 도식화하면 Fig. 5 와 같다.

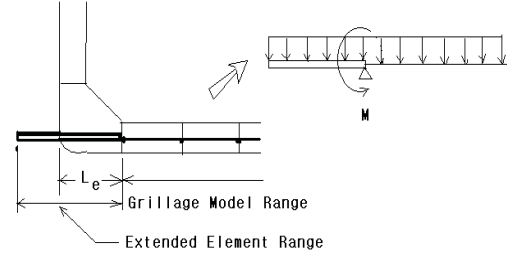


Fig. 5 Improvement of load distribution along ship breadth

본 연구에서는 (2)의 호퍼거더 외부로 추가 횡 부재를 연장하는 방법을 적용하였다. 즉 호퍼거더 외부 하중은 선체 중앙부에 비해 큰 하중이 전달되는데, 중량 분포를 횡방향 부재에 대해 균일분포의 선하중으로 처리하는 경우 호퍼거더 외부에 추가되는 보의 길이에 따라 횡방향 분포가 정확히 구현된다. 횡방향으로의 연장길이가 길수록 선측 외판 부근에서의 반력이 크게 나타난다.

### 3.3 부재의 단면 속성 계산

늑판(floor) 및 횡격벽 등의 횡방향에서의 보요소의 특성치와 거더와 종격벽, 선측 외판 등의 종방향 보요소의 특성치 계산에 대한 구체적인 방법은 Lloyd 선급에서 제안했던 방법으로 선체 거더의 특성을 충분히 고려할 수 있도록 하였고, 격자 구조 모델에 따라 선측 외판 주변과 선미, 기관실, 선수부 부재의 단면 특성치는 배 길이방향에서의 단면 변화에 따라 감소하도록 일부 수정하여 고려하였다.

본 연구에서는 실제 조선소에서 배치된 선종의 3 차원 전선해석 모델에 대한 도킹해석 결과와 비교 검토를 통해서 각 선종별, 위치별, 선측외판 주변과 선미, 기관실, 선수부 부재에 대한 단면 특성치를 Lloyd 선급에서 제시한 방법으로 구하여 결과를 비교 검증하였다. 또한 선종별 각 부분에 대한 단면 특성치가 선체 중앙부의 단면 특성치에 대한 상대적인 관계로 정의할 수 있음을 확인하였다.

4. 간이화된 2 차원 Grillage 모델 해석

앞서 제시한 간략화된 2 차원 격자 구조 해석법에 따라 컨테이너선에 대한 도킹 해석을 수행하여, 추가 호퍼웹(hopper web)의 길이와 부재의 단면 특성치의 변화가 결과에 끼치는 영향을 검토하였다.

Table 2 와 같이 추가 호퍼웹(hopper web) 의 길이를 변화해 가며 계산한 결과는 Fig. 6 에서 보여주고 있으며, Side Girder 외부의 횡부재의 연장 크기는 호퍼웹(hopper web) 의 길이를 300 ~ 400% 연장한 것이 3 차원 전선해석 결과와 유사함을 알 수 있다. 이것은 컨테이너선의 경우에 실험한 결과를 보여 주고 있는 것이며 선종에 따라서 설계 요소의 배치 및 구조가 다르기 때문에 선종에 따라 그 범위가 결정되어야 하는 것이 당연하다. 본 연구에서 수행한 여러 실험들은 대략적으로 호퍼웹(hopper web) 길이의 300% 전후에서 연장시키는 것이 매우 적절함을 보여주었다.

그리고 부재의 단면 특성치에 따른 결과를 보면 Fig. 7 과 같이 결과에 상당한 영향을 끼침을 알 수 있다. 즉, LR 에서 제시하는 전통적인 방법과 일부 선체 거더(hull girder) 특성치를 종부재에 수정하여 적용한 결과 및 3 차원 해석결과를 비교하였다. 선체 중앙부에서의 단면 특성치는 같고 선수 및 선미, E/R 에서의 부재 단면 특성치의 변화에 따른 결과를 3D 해석 결과와 함께 보여주고 있다. 따라서 선종에 따라 적절한 분포를 가지도

Table 2 Extension length of hopper web

Case No.	연장 길이
1	50% of Le
2	100% of Le
3	200% of Le
4	300% of Le

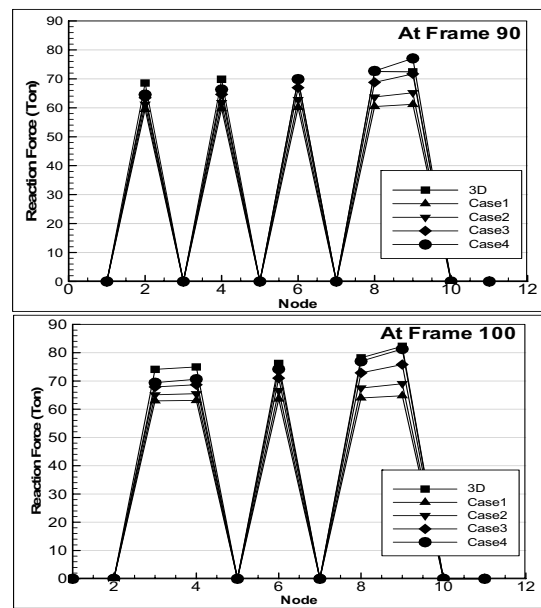


Fig. 6 Reaction forces along the breadth by variation of additional length of hopper web

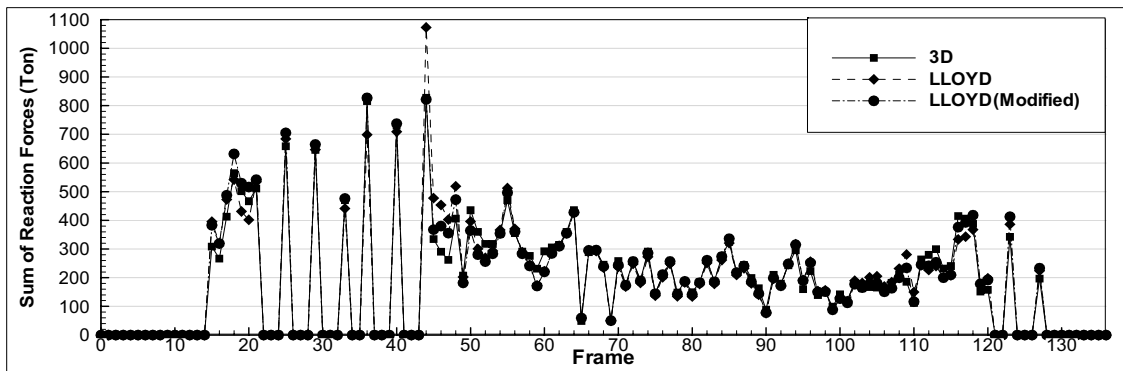


Fig. 7 Reaction force distribution for different section properties and 3D docking result

록 선수, 선미에서의 값들을 선정할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

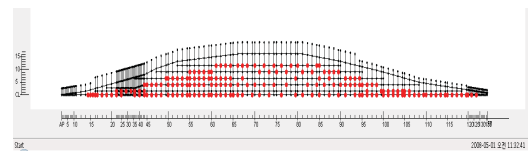
간단한 격자형 구조모델을 이용한 2 차원 도킹 해석법은 새로운 구조 해석법은 아니지만 본 논문에서 제안한 모델링 및 하중 계산 전략을 통해 선박의 전선 구조 모델을 이용하는 3 차원 도킹 해석법과 정성, 정량적으로 부합하는 결과를 제공할 수 있고 Table 1 에 기술된 3 차원 도킹 해석법의 단점을 극복할 수 있을 것으로 평가되었다. 3 차원 구조 모델에서는 유한 요소의 크기 제약으로 인해 생략될 수 있는 도킹 반목을 2 차원 해석에서는 모두 표현이 가능하고 간단한 선체 설계 정보만으로 격자형 구조의 모델링이 가능하기 때문에 선체 상세 구조가 결정되기 전에 구조 해석 모델을 작성하여 도킹 반목 배치 계획을 평가할 수 있기 때문에 필요한 비용과 시간을 획기적으로 줄였다. 또한 실제 계산 시간은 최대 1~2 분내로 빠르게 그 결과를 확인할 수 있다.

5. 간이 도킹 해석 시스템 개발

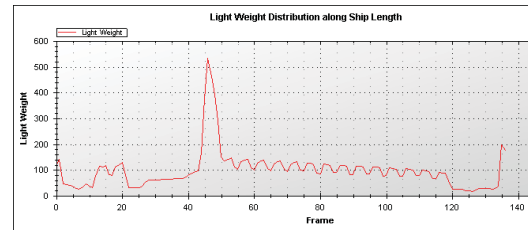
앞서 제시한 2 차원 격자 구조 해석법을 이용한 도킹 해석을 용이하게 할 수 있도록 격자 구조 모델링 및 간이 해석 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템은 선박의 프레임 간격, 거더위치 및 Bottom tangent line 등의 위치정보를 입력하면 자동으로 Fig. 2 와 같은 격자 구조 모델이 생

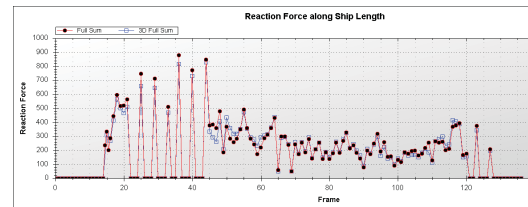
성될 수 있도록 구성하였다. 또한 부재의 단면 특성치는 선체 중앙부에서의 특성치를 구하여 선종별로 각 위치에서의 상대적인 값으로 구할 수 있도록 구성하였다. 반목의 위치는 그래픽상에서 직접 입력할 수 있도록 하였고, 반목 특성치는 해당 조선소의 특성치를 DB 화하여 사용할 수 있도록 구현하였다. 각 반목에서의 반력을 테이블과 그래프를 통해 검토할 수 있는 기능을 갖추었다. 개발된 프로그램의 주화면은 Fig. 8 과 같다.



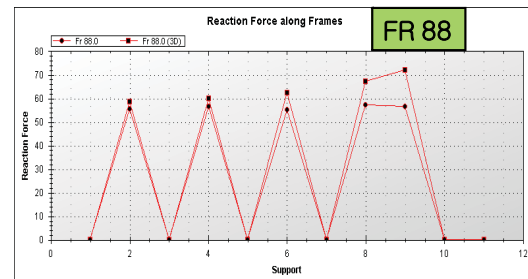
(a) Simplified grillage model



(b) Light weight distribution



(c) Reaction forces along frames (Solid Symbol=2D, Blank Symbol=3D)



(d) Reaction forces along the breadth Fig. 9 2D docking analysis for containership

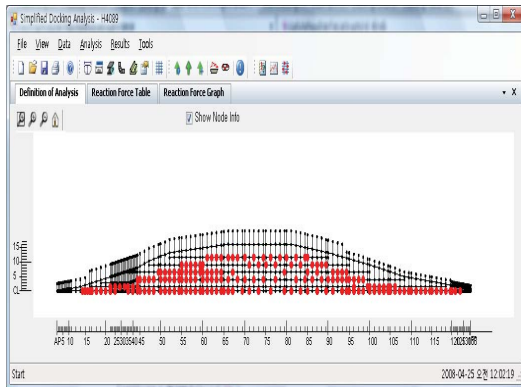
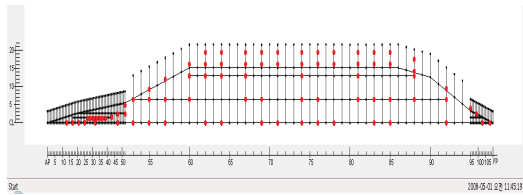


Fig. 8 Integrated docking analysis system (DSME-Docking™)

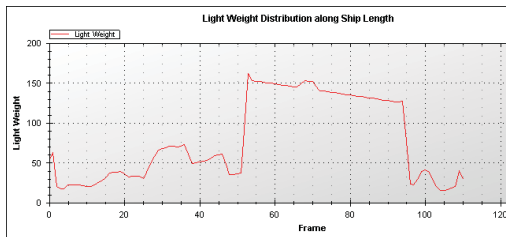


개발된 도킹 해석을 시스템을 이용하여 Aframax 급 탱커 및 컨테이너선에 대한 적용 사례를 살펴보고자 한다. Fig. 9 는 컨테이너선의 해석 결과이고, Fig. 10 은 탱커의 해석 결과이다. 추가로 각각 세부 그림들은 다음을 나타내고 있다.

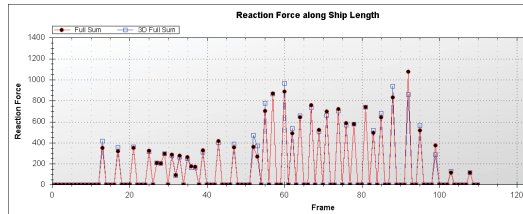
- (a) 간이 격자구조 모델,
- (b) 총 하중 분포 (경하 중량만 고려),



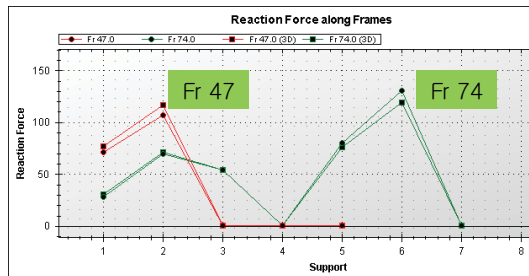
(a) Simplified grillage model



(b) Light weight distribution



(c) Reaction forces along frames  
(Solid Symbol-2D, Blank Symbol-3D)



(d) Reaction forces along the breadth  
Fig. 10 2D docking analysis for Tanker

- (c) 프레임별 반력 합 의 그래프,
- (d) 폭방향 반력 분포

Fig. 9 와 10 의 (c), (d)는 간이화된 도킹해석 시스템이 3D 도킹 해석과 비교해서 타당한 결과를 제시하고 있음을 보여 주고 있다. 개발된 시스템을 통해서 격자 모델의 생성, 반목의 배치, 도킹 해석 실행 및 결과의 확인 등을 용이하게 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 6. 결론

최근에 선박의 도킹해석은 3 차원 전선 구조 해석을 통해 수행되어 왔으나 도킹해석 모델을 구성하는데 많은 시간과 노력이 필요하였다. 전선구조 해석 모델을 만들기 위해 필요한 선박구조 도면이 완성되기 전인 초기 설계단계에서 도킹시 반목배치를 조기에 확정하고, 구조 안정성을 확보하기 위한 노력이 요구되어 왔기 때문에 본 연구에서는 간이화된 도킹 해석 프로그램을 개발하여 그 유용성을 검증하였다. 2 차원 Grillage 해석 모델을 통해 얻은 반목에서의 지지력이 3 차원 전선해석 모델을 사용하여 얻은 반목에서의 반력 결과와 비교해 타당한 결과를 보여 주고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 추가로 간이화된 도킹용 해석 프로그램을 개발하였으며, 다음과 같은 기능을 갖추어 사용자가 쉽게 Grillage 모델을 생성하고 해석을 수행할 수 있도록 구성되었다.

- 프레임 간격, Girder 위치 및 Bottom Tangent Line 등의 간단한 정보로 도킹해석을 위한 격자 구조 모델을 자동으로 생성이 가능함.
- Trim & Stability (T&S) 보고서의 하중 Data를 활용하여 Docking 용 하중을 자동 계산함.
- 편리한 윈도우 프로그램을 이용한 반목을 유연하게 배치하고 적용할 수 있음.
- 반목에서의 반력 분포 및 합력의 출력이 가능함.



### 후 기

본 연구는 (주) 대우조선해양, 인하공업전문대학, 인하대학교의 산학 공동 연구의 일부로 수행된 것을 함께 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- Choi, J.H., Oh, S.H., Hang, C.H., and Jun, M.J., 2002, "Development of Docking Analysis System," Proceeding of the. Annual Autumn Meeting, SNAK, pp. 437-442.
- Chun, M.S. Seo, Y.S. Heo, K.S., Chung, S.W., Park, S.M. and Cho, H.G., 2006, "A Study on Structural Safety Assessment for Docking Condition," Special Issue of the Society of Naval Architects of Korea, pp. 89-96.
- Chun, M.S. and Seo, Y.S., 2007, "Development of Hull Safety Assessment Method in Docking," Virtual Product Development Conference 2007, MSC Software Korea, Seoul.
- Lloyd, 1983, Lloyd's Register's Plan Appraisal Systems for Ships-ship Type Procedural Documents for Oil Tankers, STPD.

- Rigo, P. and Rizzuto, E., 2003, "Analysis and Design of Ship Structure," In T. Lamb (ed), Ship Design and Construction, Vol. 1, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, NJ, pp. 18-1~76.



< 김 성 찬 >



< 유 철 호 >



< 이 장 현 >



< 이 경 석 >



< 백 기 대 >



< 손 상 용 >



< 최 중 효 >