

컨테이너선 Side Block 의 Lifting 변형 사례 분석

이준혁[†]*, 유영규*, 성장제*

현대상호중공업 선체설계부*

A Study on Container Ship Side Block Damage at Lifting Stage

Joon-Hyuk Lee[†]*, Yeong-Gyu You* and Chang-Jae Sung*

Hull Design Department, Hyundai Samho Heavy Industry*

Abstract

During assembling the ship block, the lifting and turnover events are not only inevitable but also very important for safety aspects and block accuracy. However, they have been executed in empirical ways rather than numerical ways in consideration of the building schedule. In this paper, a structural analysis has been carried out for the container ship side block that collapsed in the course turnover stage. As a result, the causes of collapse and countermeasure plans are presented.

※Keywords : Ship block (선체블록), Lifting and turnover(권상 및 회전), Damage(손상)

1. 서론

선박 건조에 있어서 Block 의 Lifting 및 Turnover 과정은 조립공정상 필수적일 뿐만 아니라 안전 및 정도 측면에서 매우 중요한 과정이다. 그러나 공정 특성상 상세한 구조 안정성 검토 보다는 단순 반력 분포 계산에 따른 Lifting Lug 및 와이어 로프의 사양 선택이 우선시 되어 왔고 내부재의 변형 예방은 대부분 경험 및 직관에 의존하여 이루어져 왔던 것이 사실이다. 조립 공정상 발생한 내부재의 변형은 그 수리로 인한 예기치

않은 공수투입과 흐름생산에 지장을 초래하는등 생산공정에 큰 영향을 미치게 되므로 구조 안정성 검토가 매우 중요하다고 할 수 있다. Block 의 대형화 및 선행탑재 의장품의 증가 또한 변형 예방의 중요성을 더욱 가중시키고 있다. 최근 건조가 활발히 진행되고 있는 컨테이너선의 경우에도 Block 을 대형화 시켜 생산성 향상을 이루려는 노력이 적극적으로 이루어지고 있으나 Block 의 Turnover 시 대형화에 따른 변형 사례가 보고되었다. 따라서 본 논문에서는 현대상호중공업(주)에서 발생한 컨테이너선 Side Block 의 Turnover 에 따른 변형 사례에 대해 구조 해석을 통하여 원인을 분석하고 추후 동종 Block Turnover 시 변형 재발을 방지할 수 있는 방안을 제시 하였다.

[†]주저자, E-mail : jhlee_halla@hotmail.com

Tel : 061-460-2724

2. 본 론

2.1 컨테이너선 Side Block 의 대형화

종래에는 Container 선의 Hatch Side Coaming 은 정도 관리 차원에서 Dock 에서 단독으로 탑재 하는 것이 일반적 방법 이었으나 탑재용 발판 시공, 도장 Damage 발생, Dock 내工期 증가 등의 부정적 요인 발생과 정도 관리 기술 향상에 힘입어 최근에는 Side Coaming 을 Side Block 과 일체화하여 기존 보다 대형화된 Block 을 탑재하고 있는 추세이다(Fig.1, Fig.2 참조).

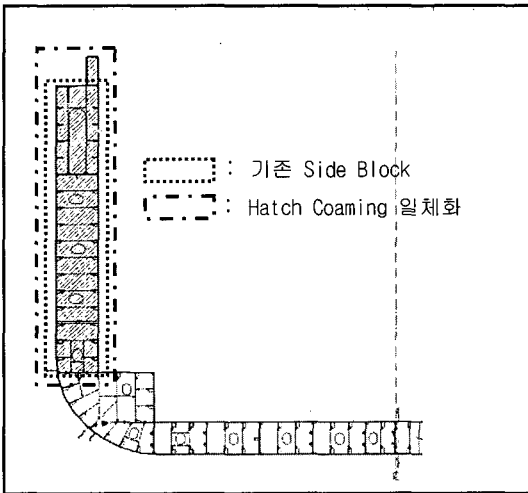


Fig. 1 Side block of container ship

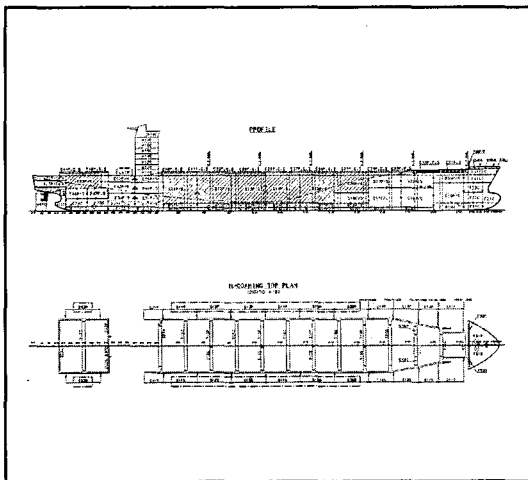


Fig. 2 Hatch coaming united block

Hatch Coaming 이 일체화된 대형화된 Side 블록은 Fig.3 과 같은 조립 Process 를 거쳐 조립 되는데 충격벽이 지면인 상태에서 1 차 조립된 후 최종적으로 선체 외판을 탑재하기 위해 Block 을 뒤집는 Turnover 과정을 거치게 된다.

2.2 Side Block 의 변형사례

현대상호중공업(주)에서 건조중인 Post-Panamax 급 컨테이너선에서 Side Block 의 Turnover 중 변형 사례가 보고 되었는데 변형 당시의 Turnover Sequence 및 변형범위는 Fig.4 및 Fig.5 와 같다.

충격벽이 지면인 상태(Fig.4 ①참조)에서 Block 을 Turnover 하는 과정중 최종 단계인 선체 외판에 탑재하는 작업(Fig.4 ⑤참조)중에 수평을 조정하다가 Lifting Lug 下면 선체 Transverse 의 Opening 을 기점으로 좌굴 현상이 발생하여 전체 Block 에 변형이 발생하였다(Fig.5 참조).

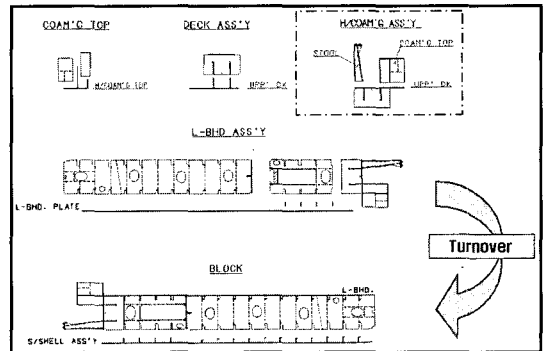


Fig. 3 Side block assembly process

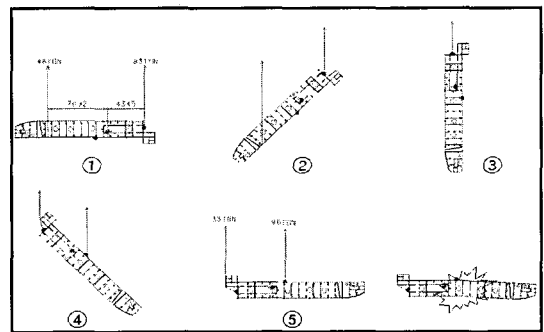


Fig. 4 Turnover sequence of side block

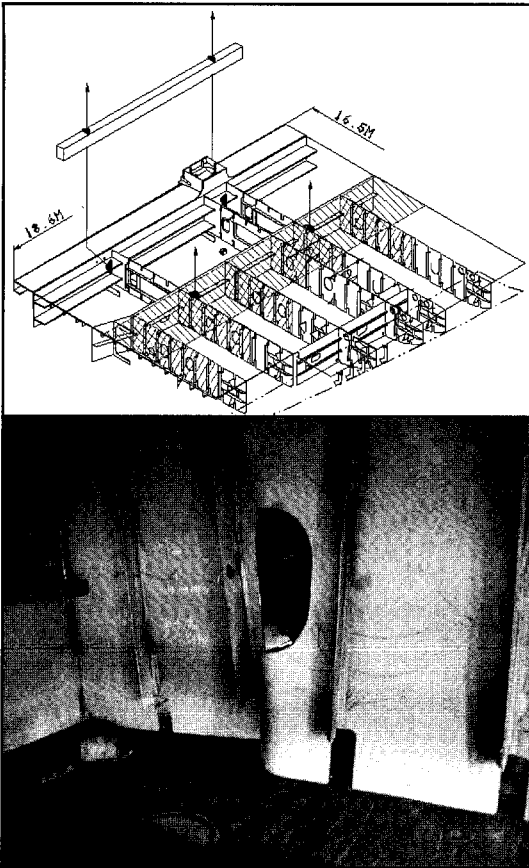


Fig. 5 Block damage extent and picture

2.3 Side Block 의 변형원인

Hatch Coaming 이 일체화 되면서 종전의 Lifting Lug 배치와는 다르게 Lifting Lug 를 배치하게 되었다. 즉, 일체화된 Hatch Coaming 부가 Turnover 중 전도 되지 않도록 보조 Lug 의 위치를 무게중심 쪽으로 이동시켜 Coaming 부에 걸리는 반력을 줄이려 하였으나 선체 외판이 탑재되지 않은 상태에서(하부에 Flange 가 없는 상태) Fig.6 과 같이 자유단이 길어짐으로 인해 Transverse 에 굽힘에 의한 과도한 압축응력이 발생하여 좌굴이 발생된 것으로 생각된다.

2.4 Side Block 의 변형방지

동일한 Lug 배치를 가지는 Block 이 바로 연이

은 작업을 수행하게 되므로 신속한 변형 방지 방안이 필요하였다. 이를 위해 기존의 F.E.M Hold 해석 Model 을 이용하여 최대한 Modeling 시간을 절약한 구조해석을 수행하게 되었다. 해석 Case 는 변형 당시의 Lug 배치(Case1)와 변형 방지를 위해 Lug 를 기존과 같이 이동배치한 경우(Case2)

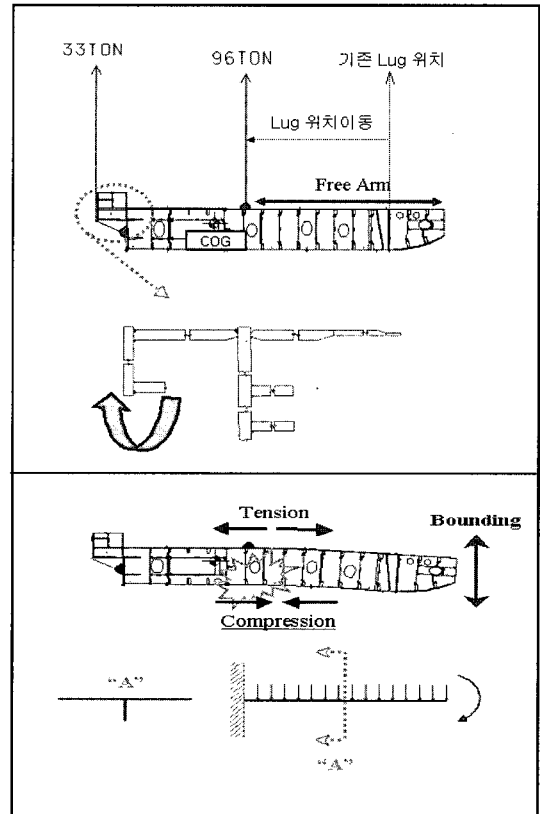


Fig. 6 Probable cause of block damage

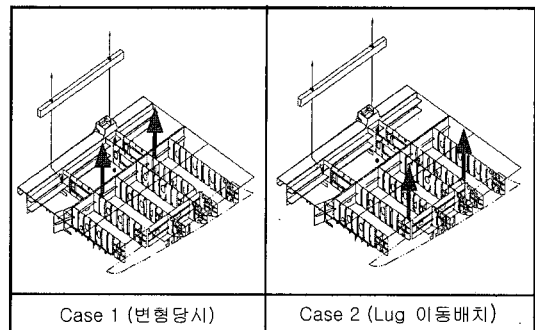


Fig. 7 Structural analysis case

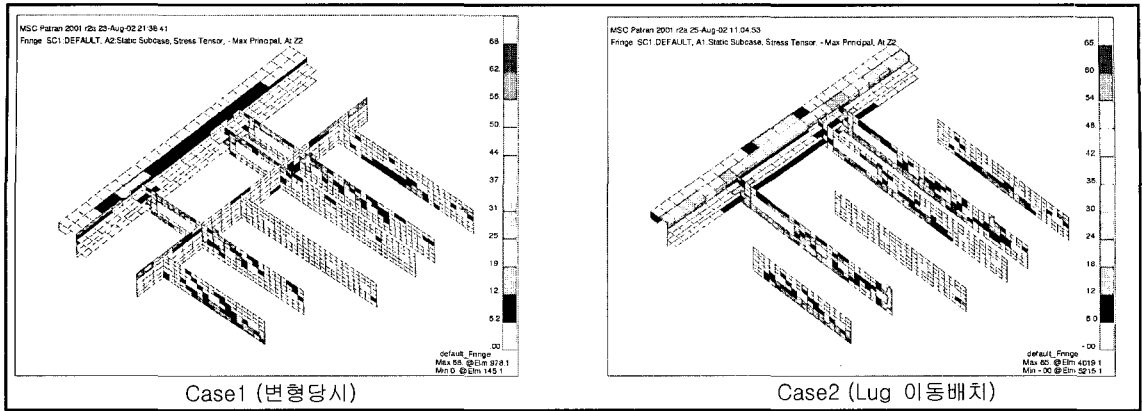


Fig. 8 Tension stress plot

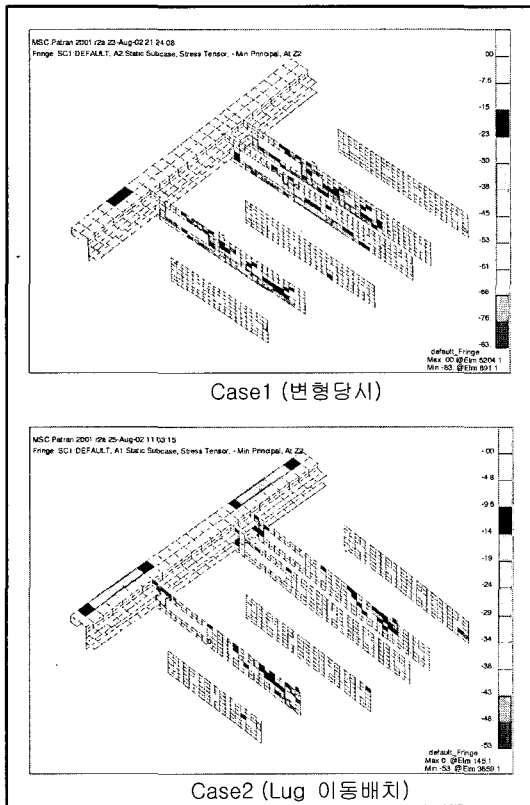


Fig. 9 Compression stress plot

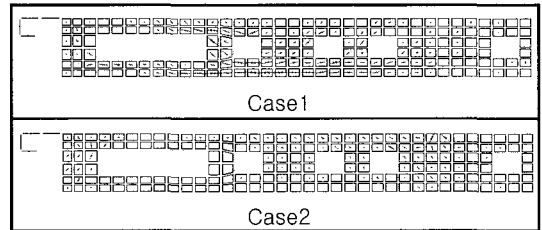


Fig. 10 Compression tensor plot

2 가지를 선택하였으며 하중조건으로는 Gravitational Load 에 API(American Petroleum Institute) Guide 에서 제시한 고려한 Dynamic Factor(1.15)를 적용하여 해석하였다. Wire Rope

는 1D Rod 요소로 모델링하였고 Hook 에 고정 조건을 가하였다. 선형탐재 의장품은 1D Mass 요소를 이용하여 고려하였다.

Case1(변형당시)

예상한 바와 같이 보조 Lug 下면의 Transverse 의 Opening 하부에 압축응력이 집중적으로 발생하였으며(Fig.9, 10 참조) 응력 수준은 83 N/mm^2 으로 해당 Panel 의 좌굴 임계응력인 27 N/mm^2 의 약 3 배가 넘었다. Side Transverse 중 Hatch Coaming 까지 연결된 부재가 응력 분담율이 컸으며 상대적으로 2nd Deck 까지 연결된 부재는 응력 분담율이 낮았다. 이는 최초 좌굴이 보조 Lug 위치의 Transverse 에서 발생하였고 좌굴 발생 후 순차적으로 주변 Transverse 에도 좌굴이 발생하였음을 의미한다.

Case2(Lug 이동배치)

Hatch Coaming 부분에서의 반력 증가로 인해

Case1 대비 인장응력은(Fig.8 참조) 높았으나 응력수준은 최대 65N/mm^2 로 항복응력(315N/mm^2) 대비 우려 할 수준은 아니었으며 Lug 의 이동배치로 인해 굽힘 모드가 바뀌어 좌굴이 발생 하였던 Lug 下면의 Transverse Opening 하부에는 더 이상 압축응력이 발생 하지 않았다(Fig.9, 10 참조).

해석결과에 따라 Case2 를 기준으로 Lug 를 배치하여 후속 블록 Turnover 작업을 수행 하였고 변형은 더 이상 보고 되지 않았다.

2.5 Lifting 해석 System

앞절에서 살펴 보았듯이 해석을 통한 구조 안정성 검토가 Lifting 및 Turnover 시 발생할 수 있는 구조적 위험성을 예지할 수 있는 효과적인 방법이지만 아래와 같은 이유로 적용이 일반화 되지 않고 있다.

① 해석의 활용도 :

구조최수 결정을 위한 Hold 해석이나 전선해석의 경우는 해석방법이 일반화 되어 있고 해석결과 의 활용도도 높지만 Lifting 이나 Turnover 과정의 경우 건조중에서만 발생하는 특별한 조건이고 Lifting Lug 의 배치에 따라 수많은 Loading Case 가 생기므로 해석결과 의 활용도가 떨어진다.

② Modeling Time :

Yard 에서 조립되는 모든 Block 에 대하여 Lifting 이나 Turnover 안정성 해석을 수행하는 것은 불가능할 뿐만 아니라 비효율적이다. 그러나 신중선 이거나 새로운 조립 프로세스를 적용할 경우 구조적 안정성을 검토할 필요가 있는데 이 때 가장 큰 걸림돌이 F.E Modeling 에 소요되는 시간이다. 더욱이 시급성을 요구하는 해석일 경우에는 Modeling Lead Time 절감이 더욱 절실하다.

③ 좌굴해석 :

Lifting 이나 Turnover 시 변형사태 중 상당수가 좌굴에 의한 변형이다. 좌굴강도 평가를 위해서는 선급 Rule 식을 이용하거나 F.E.M 고유치 해석을

수행 하여야 한다. 선급 Rule 식을 이용하는 것이 편리하지만 4 번 단순지지 조건으로 개발된 것이므로 자유단을 갖는 조립과정중(선체외판 탑재전 등)의 부재에 적용하기는 어렵다. 따라서 F.E.M 을 이용한 고유치 해석이 필요한데 적절한 좌굴 Mode 를 계산하기 위해서는 Mesh 수준을 매우 조밀하게 하여 2 차 해석을 수행하여야 하므로 해석 절차가 복잡해 진다.

따라서 Modeling Time 을 줄이면서 신속하게 Lifting 및 Turnover 과정을 해석할 수 있는 시스템이 필요하다(Fig. 11 참조). 현재 개발중인 Lifting 해석 시스템의 일부분을 설명하면 아래와 같다.

- CAE Interface Program 개발

F.E.M Modeling Lead Time 을 줄이기 위한 방안으로 선체 생산도 작업을 위한 CAD(TRIBON)

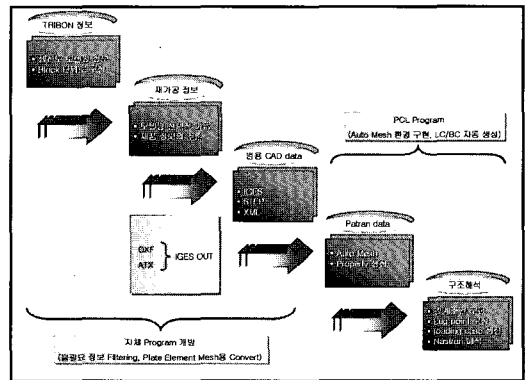


Fig. 11 Lifting analysis system

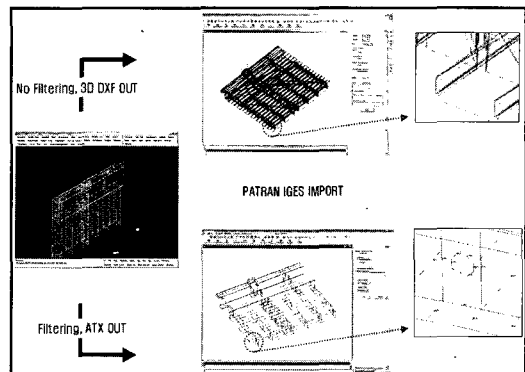


Fig. 12 3-D CAD data filtering system

3D Modeling 정보를 이용하여 구조해석 Model 을 만들 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다. Lifting 해석의 경우에는 시점상 생산도 작업이 모두 완료된 후 실시되는 경우가 대부분 이므로 3 차원 CAD Data 를 최대한 이용함으로써 도면을 보고 수작업으로 F.E.M Modeling 을 수행하는 것 보다는 신속한 작업이 가능하도록 하였다. 생산도 Modeling Data 의 경우 생산작업을 위해 작성된 것이므로 CAE Data 로 활용하기에는 불필요한 정보가 (Small Scallop, Mould Line 등) 많아 이를 적절히 제거할 수 있도록 Filtering 프로그램을 개발하였다(Fig. 12 참조).

- Lifting 해석

Filtering 된 Data 는 범용구조해석 프로그램인 Patran 의 Geometry 로 인식되어져 Mesh 를 수행하게 되고 Lifting Lug 배치를 결정하게되면 자동으로 구조해석을 수행할 수 있도록 하여 해석시간을 단축시키려 한다. 이를 위해서 PATRAN 에서 지원하는 프로그래밍 언어인 PCL(Patran Command Language)을 이용하여 User Interface 를 개발하고 단순 반복적인 작업을 자동화할 예정이다.

3. 결 론

현대상호중공업(주)에서 발생한 Lifting 및

Turnover 시 변형사태에 대하여 F.E.M 구조해석을 통하여 원인을 분석하였고 변형방지 방안을 제시하여 보았다. 또한 향후 개발 예정인 Lifting 해석 System 에 대하여도 소개하였다. 최근 생산성 향상을 위한 Block 의 대형화 추세에 따라 Block Lifting 및 Turnover 의 구조적 안정성 검토가 중요하게 여겨지고 있다. 선박의 기본 성능을 검증하기 위한 연구도 매우 중요하지만 생산성 향상을 연구 노력 또한 중요함을 깨닫게 되었다.

참 고 문 헌

- API, 1993, Recommended Practice for Planning, Design and Constructing Fixed Offshore Platforms (RP 2A).
- Class DNV, Jan, 2003, " Rules for Classification for Ships, Part 3 Chapter 1 Sec.14 Buckling Control"



< 이 준 혁 >



< 유 영 규 >



< 성 창 제 >