

## 중형엔진 실린더 프레임 턴오버용 지그의 구조 최적화

이종환<sup>+</sup>, 손정호<sup>++</sup>

### Structural Optimization of Turnover Jig of Cylinder Frame for Medium-speed Diesel Engine

Jong-Hwan Lee<sup>+</sup>, Jung-Ho Son<sup>++</sup>

**Abstract :** 본 논문은 중형엔진 조립과정에서 실린더 프레임 회전 작업에 사용하는 지그의 구조해석을 수행한 후, 지그의 안전성을 검토하고 지그의 경량화를 통하여 실용적인 지그 설계안을 제안하였다. 현장 작업자가 들 수 있는 최대 무게를 넘는 지그를 구조해석 모델로 선정 한 후, 해석모델은 지그, 실린더 프레임, 볼트, 너트, 샤클 핀을 3차원 입체요소로 구성하고 ABAQUS/Standard를 사용하여 재료 비선형 및 접촉을 고려한 구조해석을 수행하였다. 구조최적화를 위하여 응력이 상대적으로 낮은 부위와 작업성을 고려하여 설계변수를 선정하고, 실험계획법의 직교배열표를 활용하여 설계변수에 대한 각 부위의 민감도와 경량화 모델을 도출하였다.

**Key words :** 턴오버(turn-over)용 지그, 크레인 작업 하중, 구조 최적화, 실험계획법, 경량화

# 중형엔진 실린더 프레임 턴오버용 지그의 구조 최적화

이종환, 손정호

현대중공업 선박해양연구소

### 연구배경 및 목적

**연구배경**

- 실린더 프레임 턴오버용 지그는 구조 안전성이 중요
- 지그의 중량이 무거우면 작업 효율 및 생산성이 크게 떨어짐.

**연구목적**

- 지그의 안전성 검토 및 경량화를 통한 현장성을 갖춘 실용적인 지그 제작이 필요
- 현장 작업자가 들 수 있는 최대 중량(20 kg)을 넘는 지그를 해석 대상으로 선정
- 구조해석과 구조최적화 방법을 사용하여 최적의 지그 설계안 도출

### Turnover 과정

### 크레인 하중의 조합(KS 규격)

● 충격계수(S)

항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중

● 작업계수(M)

항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중
항목	중	중	중	중

**취급 하중**

중량 = M · S

+ 이종환(현대중공업 기계설계연구실), E-mail: hwan73@hhi.co.kr, Tel: 052)230-4579  
 ++ 손정호, 현대중공업 기계설계연구실

### 구조해석 모델 및 하중조건

**FE model**

- 해석조건 : 재료 선형탄성
  - CASE 1
    - 자중 0.135kg (중력중심(1)에서 직접중심(2)로 중력 중심과 해당 1/3 단면에서의 무게중심에 대한)
  - CASE 2 : 자중만 고려
- 자중 : 25.322 kg (Sub assembly 중 자중)

실제 지그 모습

Stress Pin, 5% Case 1 하중만 고려 시점, 5% Case 2 하중만 고려 시점, 5% Case 1 하중만 고려 시점, 5% Case 2 하중만 고려 시점

Global Leader HYUNDAI

### 지그의 등가응력 분포

**CASE 1**

**CASE 2**

Global Leader HYUNDAI

### 지그의 구조강도 평가

		부재부의 최대 최대						
		1	2	3	4	5	6	7
Case 1	최대 등가응력 (MPa)	215	92	252	200	228	104	158
	안전율*	1.24	2.86	0.39	1.37	1.07	2.38	1.55
Case 2	최대 등가응력 (MPa)	141	61	167	137	152	69	101
	안전율*	1.74	4.02	1.47	1.79	1.61	3.50	2.70

\* 안전율 = (최소 항복응력) / (최대 등가응력)

- 최대 이온 응력 : 등가응력 (von-Mises stress)
- 최고 재료 : S240C
- 최소 항복응력 (min. yield stress, Sy) : 245 MPa
- 최소 인장강도 (min. tensile strength, Su) : 400 MPa
- 항복 계 한계치 : 유동행위선 계한치인 0.2%

사물린 조립부의 강도 평가

CASE 1 (1/3 단면), CASE 2 (1/3 단면), CASE 3 (1/3 단면)

Global Leader HYUNDAI

### 직교배열표를 이용한 구조 최적화

**CASE 1**

		부재부의 최대 최대						
		1	2	3	4	5	6	7
Case 1	최대 등가응력 (MPa)	150	101	101	200	200	200	101
	안전율*	1.71	2.77	2.77	1.50	1.50	1.50	2.77
Case 2	최대 등가응력 (MPa)	100	50	100	100	100	100	50
	안전율*	2.00	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00	4.00

\* 안전율 = (최소 항복응력) / (최대 등가응력)

설계변수

- 가운데 판 두께 : 인자 A
- 사물린 판 두께 : 인자 B
- Hole의 용무 : 인자 C

	수준	
	0	1
인자 A	20 mm	30 mm
인자 B	20 mm	30 mm
인자 C	ff	ff

Global Leader HYUNDAI

### 제안된 경량화 모델

**현재 모델**

- 가운데 판 두께 : 30 mm
- 사물린 판 두께 : 30 mm
- 구멍의 용무 : ff
- Weight : 22 kg

**제안 모델 1**

- 가운데 판 두께 : 20 mm
- 사물린 판 두께 : 30 mm
- 구멍의 용무 : ff
- Weight : 16.7 kg

**제안 모델 2**

- 가운데 판 두께 : 20 mm
- 사물린 판 두께 : 30 mm
- 구멍의 용무 : ff
- Weight : 16.0 kg

		부재부의 최대 최대 (MPa)						
		1	2	3	4	5	6	7
Case 1	최대 등가응력	22.0	21.5	92	250	250	104	158
	안전율*	1.14	1.24	2.86	0.39	1.27	2.38	1.55
Case 2	최대 등가응력	16.7	16.0	170	137	137	70	101
	안전율*	1.46	1.56	1.37	1.46	1.46	2.86	1.46

\* 안전율 = (최소 항복응력) / (최대 등가응력)

Global Leader HYUNDAI

### 결론

- 지그 2개로 실린더 프레임용 턴 오버할 때를 가장 가혹한 하중조건으로 판단 → 해석 조건으로 2가지 하중조건 적용
  - 실린더 프레임의 자중 × 1.54 (충격 및 좌압 계수: KS 참조) : Case 1
  - 실린더 프레임의 자중만 고려 : Case 2
- 상대적으로 응력이 낮은 부분의 두께를 설계변수로 선정
  - 3개 설계변수 : 지그의 중간 판 두께(A), 사물린 판 용무(B), 중간 판의 구멍 용무(C)
- 실험계획법으로 각 설계변수의 민감도 조사
  - 지그 부재는 A와 C의 변화가 가장 효과적이나, 지그와 용무의 접촉부의 응력에 큰 영향을 미침.
- 경량화 모델 2개 제시
  - 지그의 중간 판 두께(A) 감소와 중간 판의 구멍 용무(C)
    - 제안 모델 1 (16.7kg), 제안 모델 2 (16kg)

Global Leader HYUNDAI