

# 연료전지 Base Frame의 설계 개선을 통한 구조적 안정성 검토

## Study on Structural Stability of Base Frame by Improvement of Design in Fuel Cell System

\*김수택<sup>1</sup>, #오용민<sup>1</sup>, 김동은<sup>1</sup>, 박용수<sup>1</sup>, 김재호<sup>1</sup>, 김재식<sup>1</sup>

\*S. T. Kim<sup>1</sup>, #Y. M. Oh(petri@poscoenergy.com)<sup>1</sup>, D. E. Kim<sup>1</sup>, Y. S. Park<sup>1</sup>, J. H. Kim<sup>1</sup>, J. S. Kim<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>포스코에너지(주) 연료전지사업실

Key words : Structural Stability, Fuel Cell, Safety Factor, Yield Ratio

### 1. 서론

최근 화석에너지의 소비가 급증하면서 대기 오염이 심각해지고 있다. 특히 급증하는 온실가스 배출은 심각한 기후변화를 야기한다고 알려져 있으며, 이에 따라 배출규제에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 따라서 선진국들은 이산화탄소의 배출량을 줄이기 위해 태양광발전, 태양열발전, 풍력발전, 소수력발전, 연료전지와 같은 신재생에너지 기술 개발에 많은 역량을 투입하고 있다.

신재생에너지 부문 중 연료전지(Fuel Cell)는 연료 중 수소와 공기 중 산소의 전기화학반응을 이용하여 직접 전기와 열에너지를 생산하는 발전시스템으로 연소를 통해 회전력으로 전기를 생산하는 기존 터빈 발전방식과 달리 높은 발전효율을 달성할 수 있으며 연소에 의한 오염을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 연료전지 기계류 장치(Mechanical Equipments)들이 위치하는 바닥 구조물(Base Frame)에 대한 부재 단순화(Simplification) 및 최적화(Optimization), 소재변경을 진행하였으며, 유한요소해석(Finite Element Analysis)을 통해 구조적 안정성(Structural Stability) 평가를 수행하였다. 이러한 설계개선을 통해 바닥 구조물의 제작효율 향상 및 원가절감을 달성하기 위한 기반을 마련하고자 하였다.

### 2. 설계분석 및 개선

발전용 연료전지 시스템은 크게 연료전지 스택 모듈(Stack Module)과 BOP(Blance of Plant)로 구성되어 있으며, BOP는 연료전지 스택 모듈이 전기에너지를 발생시킬 수 있도록 수소 및 공기(산소)를 공급해 주는 MBOP(Mechanical BOP)와 발생된 전

기에너지를 전력계통에 연계시켜 주는 EBOP(Electrical BOP)로 구분된다. (Fig. 1)

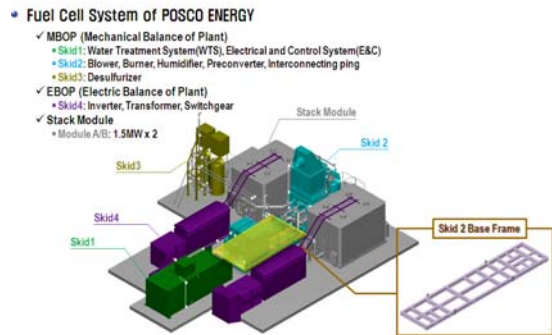


Fig. 1 Power Generation Fuel Cell System of Posco Energy

기존 바닥 구조물의 설계는 미국 규격을 적용한 4개 종류의 형강(4 Type H-Beam)을 사용하였으며, 내진용 소재인 ASTM A992를 적용하였다. 이러한 설계는 자재수급과 작업효율에 있어 많은 애로사항을 발생시켰다. 이에 따라 본 연구에서는 단면계수(Modulus of Section) 및 설계치수(Dimension)를 고려하여 국내 규격의 2개 종류 형강으로 최적화하였다.(Fig. 2) 또한 내진재의 항복비(Yield Ratio)를 고려하여 76% 항복비를 갖는 ASTM A992를 66%의 항복비를 갖는 국내 소재인 SHN490으로 변경하여 내진성능을 고려하였다. (Table 1)

Table 1 Comparison of Yield Ratio of ASTM A992 and SHN 490

Material	Mechanical Properties (MPa)		Yield Ratio (%)
	Yield Strength	Ultimate Strength	
ASTM A992	345	450	76
SHN 490	325	490	66

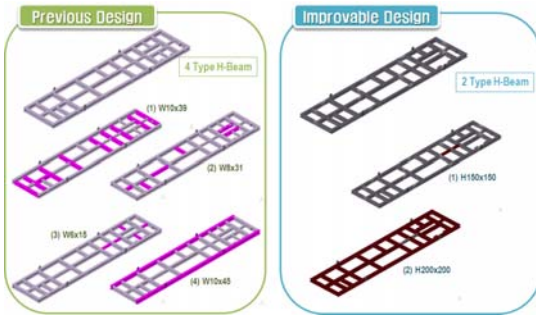


Fig. 2 Simplified Design of Base Frame

### 3. 유한요소해석 및 안전성 검토

바닥 구조물의 설계개선에 대한 구조적 안전성 검토를 위해 Inventor 2012 (Autodesk, Inc.)를 사용하여 변경된 부재(H150×150, H200×200)를 반영한 3차원 모델을 구축하였으며, 범용 유한요소해석 프로그램인 Ansys Workbench 13.0 (ANSYS, Inc.)을 사용하여 계산하였다.

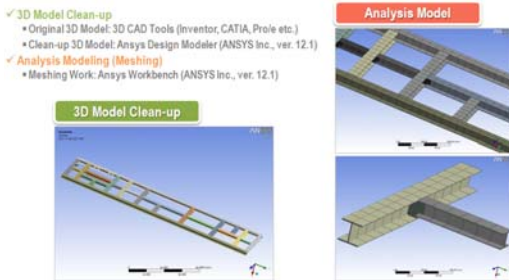


Fig. 3 3D Analysis Model of Base Frame

해석조건은 바닥 구조물이 지지하는 중량인 9100kg (89kN)을 기준으로 1, 2, 5, 10배의 하중을 부과하였으며, 바닥면은 완전 고정(Fixed Support)하였다. 또한 각 부재는 완전 용접을 가정하여 접촉 조건(Contact Conditions)을 적용하였다. (Fig. 4)

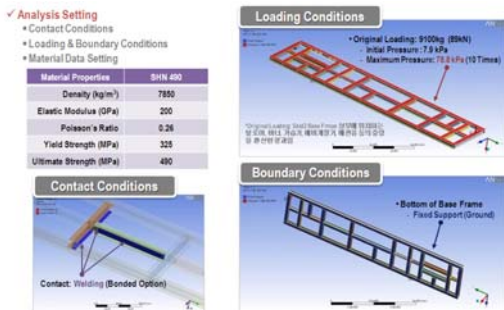


Fig. 4 Loading and Boundary Conditions of FEA

해석결과(Fig. 5) 기준하중의 5배인 45,500Kg 까지 안전계수(Safety Factor)가 4.34로 산출되어 충분한 구조적 안정성이 확보되는 것으로 판단되었다. 또한 기존 설계와 안전계수를 비교한 결과 기준하중의 5배에서 22.7%, 10배에서 40.8% 증가하여 설계개선에 의한 안정성 상승효과가 발생하였다. (Table 2)

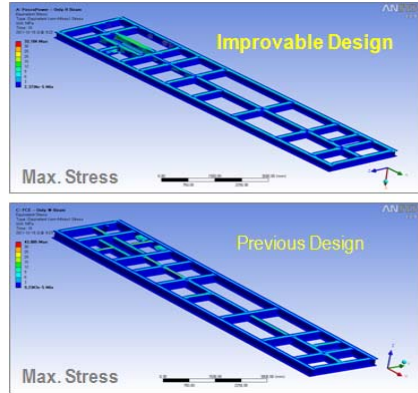


Fig. 5 Stress Distribution of Improvable and Previous Design

Table 2 Comparison of Safety Factor

Loading Conditions		Improvable Design		Previous Design	
Weight (Kg)	Rates	Max. Stress (MPa)	Safety Factor	Max. Stress	Safety Factor (MPa)
9,100	×1	3.3	15	4.3	15
45,500	×5	16.6	15	21.5	11.6
63,700	×7	23.2	13.9	30.1	8.3
91,000	×10	33.2	9.8	43.0	5.8

### 4. 결론

본 연구에서는 부재 단순화 및 최적화, 소재 국산화 등의 설계개선에 의한 바닥 구조물의 구조적 안정성을 검토하였으며, 그 결과 안전계수를 최대 40.8% 증가시킨 결과를 도출하였다. 또한 실제 현장에 적용한 결과 약 58%의 공정단축효과 및 57%의 원가절감효과가 발생하였다.

### 후기

본 연구는 “지식경제부”, “한국산업기술진흥원”, “대경광역경제권 선도산업지원단”의 “광역경제권 선도산업 육성사업”으로 수행된 연구결과입니다.

### 참고문헌

- James, M. Gere, “Mechanics of Materials - 4<sup>th</sup> Edition,” Thomson Learning, 2002.