

145kV GIS용 스프링 조작기 부품 해석의 신뢰성 향상에 관한 연구

김승오, 석호일, 한동영, 임동수, 최원호
(주)효성 중공업연구소 구조진동팀

A Study on the Reliability Improvement of Part Analysis
in a Spring Operating Mechanism for 145kV GIS

Seung O Kim, Ho Il Seok, Dong Young Han, Dong Soo Lim and Won Ho Choi
Mechanical System Engineering Team, R&D Center, Hyosung Power & Industrial Systems PG

Abstract - 스프링 조작기는 초고압 GIS, GCB 등의 개폐장치를 구동시키는 조작 장치로서 동작 중 부품에 큰 충격력 및 힘이 작용하여 파손되는 경우가 발생한다. 이에 개발 설계 단계에서 스프링 조작기의 구조적 건전성 확보를 위해 각 부품에 작용하는 힘을 예측하여 평가, 검증하는 해석 및 시험 기술이 요구된다. 본 논문에서는 145kV GIS용 스프링 조작기를 ADAMS로 다물체 동역학 해석을 수행하여 추출한 부품의 조인트 반력을 이용하여 응력 해석을 수행하였다. 그리고 그 결과와 응력측정 시험 데이터와의 비교를 통해 해석의 신뢰성을 검증할 수 있었다. 여기서는 한 예로 커넥팅 로드에 대한 신뢰성 평가를 시행하였다.

다음 동작을 대비하여 Open Spring을 Charging시킨다. 본 연구에서는 145kV GIS 차단기에 대하여 Solid Edge를 이용하여 3D CAD 모델링을 하였고 Parasolid 모델로의 변환과정을 거쳐 MSC사의 다물체 동역학 해석 프로그램인 ADAMS에서 시스템 동적 모델을 구성하였다. 이 때 재료 물성치, Link 사이의 조건, Puffer압력 및 Dashpot 반력 측정 데이터를 고려하였다. Fig.2.1은 145kV GIS 차단기의 ADAMS 동적 모델을 나타내었다.

1. 서 론

근래 전력사용의 증가로 인하여 기존 송전계통의 증설, 전력기기의 복합화 및 대용량화가 요구되는 실정이다. 전력기기의 복합화, 대용량화, 기종의 다양화에 대한 고객의 요구와 보다 신뢰성 있는 GIS(Gas Insulated Switchgear)에 대한 고객의 기대에 즉각적으로 대응하고자 구조해석 등의 Computer Simulation의 활용도가 증가하고 있다. 현재 효성 중공업 PG에서 생산하고 있는 GIS 차단기의 경우 조작력에 대한 구동 Link들의 하중 이력 파악이 어려워 동적하중을 고려한 정확한 강도평가가 어렵다. GIS 차단기는 수십 톤에 이르는 조작하중을 받으면서 수십 ms(Millie Second) 내에서 고속 동작하며, 차단과 투입 동작을 위하여 반복적으로 작동하므로 구동 Lever의 피로수명 검토가 필수적이다. 따라서 정확한 하중이력 산출과 응력 해석의 검증이 선행적으로 필요하다.

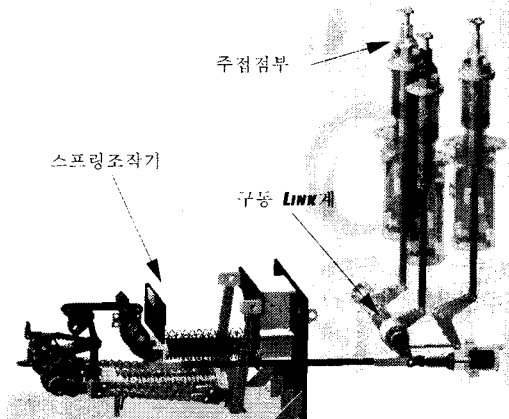


Fig.2.1 145kV GIS 차단기 시스템의 동적 모델

본 논문에서는 145kV GIS 차단기 시스템에 대해 다물체 동역학 해석을 수행한 후 커넥팅 로드에서 작용하는 조인트 반력을 추출하여 응력 해석에 적용한다. 그리고 스트로크 센서, Strain gage 등의 센서 측정 시험 데이터와의 비교를 통해 해석 결과에 대한 신뢰성을 검증한다.

2.2 해석 결과 검증

145kV GIS 차단기의 시험장치 구성도는 Fig.2.2와 같

2. GIS 차단기의 시스템 동적 해석

2.1 해석 모델의 구성

145kV GIS 차단기는 크게 주접점부, 구동 Link계, 스프링 조작기의 3부분으로 구분할 수 있다. 동작 메커니즘은 차단 동작신호에 따라 미리 Charging되어 있는 Open Spring이 작동하면서, 차단 동작을 위한 조작력을 전달한다. 전달된 조작력은 Link, Lever로 구성된 스프링 조작기 및 구동 Link계를 통하여 최종적으로 가동접점이 고정점점에서 이탈되어 차단동작을 완료하게 된다. 한편 차단동작이 진행되는 동안 Dashpot에 의해 차단속도가 감쇠되어 기계적 충격을 완화하게 된다. 차단동작이 일어난 후에는 미리 Charging되어 있는 Close Spring이 작동하여 가동 접점부를 원위치로 복귀시킨 후

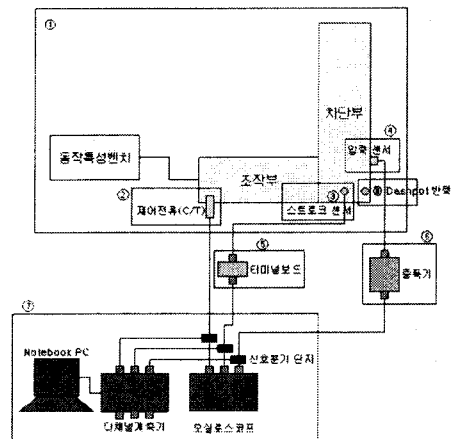


Fig.2.2 145kV GIS 차단기 시스템 시험장치 구성도

으며 각종 센서의 측정값을 동기화하여 동작 특성을 파악할 수 있도록 하였다. 스트로크 센서로부터 측정된 차단 및 투입 속도와 ADAMS를 이용한 강체 동역학 해석 결과를 비교하였을 때 표2.1과 Fig.2.3과 같이 잘 일치함을 알 수 있다.

표2.1 차단 및 투입 속도 비교

구분	해석결과	시험결과	비교
차단속도(m/s)	5.64	5.6	100%
투입속도(m/s)	3.59	3.5	102%

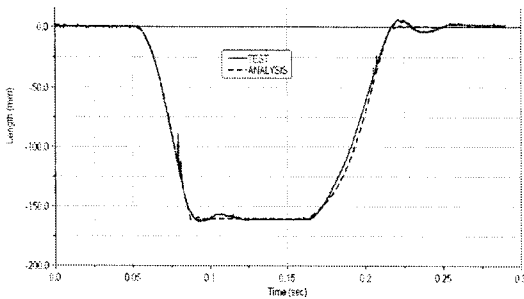


Fig.2.3 차단 및 투입 속도 비교 그래프

3. 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력을 추출하였고, 정적 상태 구간의 한 시점인 0.15s에서의 반력을 이용하여 ANSYS Workbench로 정적 응력 해석을 수행하였다. 해석 결과는 Fig.3.2와 같으며 표시된 값은 Max. Principle Stress이다.

3.1 응력 해석 모델

145kV GIS 차단기를 작동시키는 Open 및 Close Spring의 작용력은 각 6~7ton으로 스프링 조작기 Link에 큰 힘을 전달한다. 커넥팅 로드 역시 Close Spring의 작용력이 전달되어 파손이 우려되는 부품으로 설계 시 구조적 건전성 확보를 위해 응력 해석이 필요하다. 따라서 2.2절에서 검증한 ADAMS 해석 결과에서 Fig.3.1과 같이 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력을 추출하였고, 정적 상태 구간의 한 시점인 0.15s에서의 반력을 이용하여 ANSYS Workbench로 정적 응력 해석을 수행하였다. 해석 결과는 Fig.3.2와 같으며 표시된 값은 Max. Principle Stress이다.

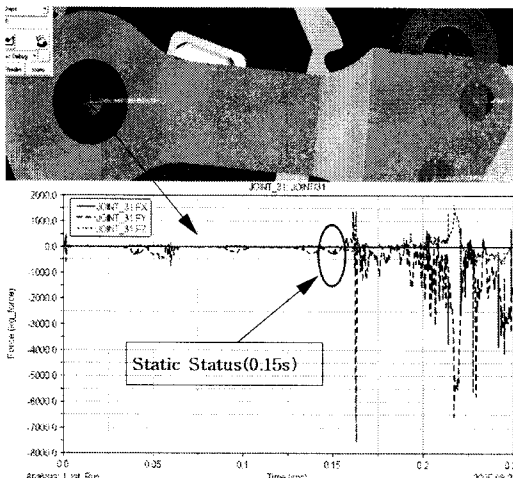


Fig.3.1 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력

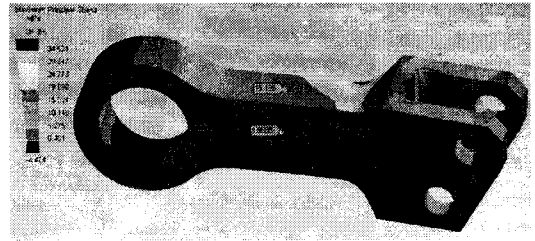


Fig.3.2 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력

3.2 해석 결과 검증

커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력에 대한 신뢰성을 검증하기 위하여 Fig.2.2와 같은 시험 장치를 구성한 후 Fig.3.3과 같이 커넥팅 로드와 상대 부품간에 Rectangular Rosette형 Strain Gage를 부착하여 strain값을 측정하였다. 측정된 데이터를 Fig.3.4의 방정식에 대입하여 최종적으로 최대 주응력에 대한 시험 데이터를 구하였다. 표3.1은 Gage 측정 위치에 대한 같은 시점에서의 응력 해석 결과와 시험 데이터를 비교한 것으로 잘 일치함을 알 수 있다.

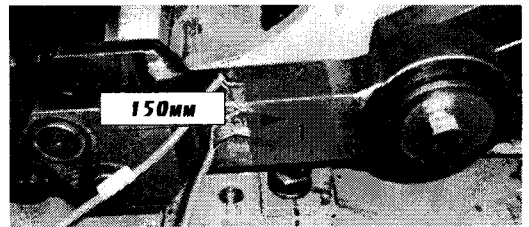
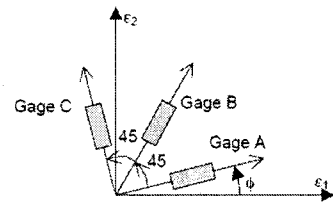


Fig.3.3 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력



$$\epsilon_{1,2} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + (\epsilon_{xy})^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{E}{(1-\nu^2)} (\epsilon_1 + \nu\epsilon_2)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{(1-\nu^2)} (\epsilon_2 + \nu\epsilon_1)$$

Fig.3.4 Rectangular Rosette Gage Orientation과 방정식

표3.1 해석 결과와 시험 데이터의 비교

부착위치	해석σ [MPa] (최대주응력)	시험σ [MPa] (최대주응력)	비교
1	1.96	2.06	95%
2	15.195	15.205	100%

3. 결 론

본 논문에서는 145kV GIS 차단기에 대하여 실제 동작 메커니즘과 같이 동적 해석하여 차단 및 투입 속도를 시험과 비교, 검증하였다. 또한 큰 조작력을 받는 스프링 조작기의 취약 부품인 커넥팅 로드와 상대 부품간의 Joint 반력에 대한 신뢰성을 검증하기 위하여 Fig.2.2와 같은 시험 장치를 구성한 후 Fig.3.3과 같이 커넥팅 로드와 상대 부품간에 Rectangular Rosette형 Strain Gage를 부착하여 strain값을 측정하였다. 측정된 데이터를 Fig.3.4의 방정식에 대입하여 최종적으로 최대 주응력에 대한 시험 데이터를 구하였다. 표3.1은 Gage 측정 위치에 대한 같은 시점에서의 응력 해석 결과와 시험 데이터를 비교한 것으로 잘 일치함을 알 수 있다.

력을 해석 결과로부터 추출하였다.

커넥팅 로드와 구조적 건전성 확보를 위해 추출한 하중 이력을 응력 해석의 경계 조건으로 이용하여 해석하였다. 해석의 신뢰성 검증을 위해 Strain gage를 이용하여 최대 주응력에 대한 시험 데이터를 구하여 응력 해석 결과와 비교하였다.

이러한 해석 신뢰성 검증 과정은 향후 개발 설계 시간 및 시험 비용의 절감 효과를 얻을 수 있고, GIS 차단기 특히 스프링 조작기의 구조적 건전성 향상과 신제품 개발을 위한 기술력을 확보하게 되어 경쟁력 강화에 도움을 줄 것이라 생각한다.

향후 계획으로 반복 하중에 의한 피로수명 해석 신뢰성 검증 과정을 거쳐 통합 해석 과정(Integration Analysis Process)을 정립할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] MSC Software, "ADAMS(Automated Dynamic Analysis of Mechanism System) User Manual", 2005
- [2] Fraik, S. and Wittman, H., "Modeling of Impact Dynamics : A Literature Survey", ADAMS North American User Conference, 2000
- [3] National Instruments Corp., "Measuring Strain with Strain Gauges(Application Note 078)", pp5-6, 2005
- [4] 이채욱, "디지털신호처리", pp423-450, 1999
- [5] ANSYS, "ANSYS Workbench User Manual", 2005
- [6] T. J. Lardner and R. R. Archer, "Mechanics of Solids", pp560-570, 1996