

SC-CSJ(Super Compacted-Cold Shrinkable Joint)의 거동해석 Behavior Analysis of Super Compacted-Cold Shrinkable Joint

*이양창¹, #이준성², 배병규², 장현석², 박동근², 최윤중²,한봉수³, 류정현³

*Y.C. Lee¹, #J.S. Lee(jslee1@kyonggi.ac.kr)², B.K. Bae², H.S. Jang², D.K. Park², Y.J. Choi², B. S. Han³, J. H. Ryu³

¹대림대학 기계과, ²경기대학교 기계시스템공학과, ³일진전기(주)

Key words : Cold Shrinkable Joint, Carrier Pipe, Silicon Block

1. 서론

Fig. 1은 지중 송전 전력계통에서의 케이블 및 접속 시스템의 Diagram 이다. Outdoor Termination 은 기중중단 접속재로써 지중케이블과 가공송전 선을 연결하는 접속재이며 GIS/Transformer Termination은 가스중/유중중단 접속재로써 지중 케이블과 GIS 또는 변압기를 연결하는 3, 4세대 CSJ접속재이다[1~2]. 본 논문에서는 CSJ의 구조를 좀더 Compact화 하기 위한 목적과 그 성능을 향상 하기 위한 목적으로서 SC-CSJ(Super Compacted - Cold Shrinkable Joint)는 Fig.1에서 Normal Straight Joint 혹은 Insulation Straight Joint에 해당되는 제품으로 케이블 상호간을 기계적, 전기적으로 연결해 주는 중간 접속재이다.



Fig. 1 Normal straight joint and insulation straight joint

초고압 케이블을 연결하기 위해 기존의 3세대 CSJ나 1단계에서 개발한 4세대 CSJ에서는 154kV에서 220kV로 전압이 증가되면 증가된 전압만큼 절연을 위한 실리콘 Unit의 두께와 길이 또한 증가되어야 한다. 그리고 그 두께 및 길이의 증가는 내부에 삽입되는 Carrier Pipe에 더 큰 압력을 가하게 되어 Carrier Pipe의 붕괴를 초래할 수도 있다. 따라서 대용량의 시스템에서 보다 안정적이며 원가절감에 효과가 있는 Compact화 되는 접속재의 개발을 위해 고탄성구조의 거동해석 통해 최적화

설계에 적용하고자 한다.

2. Normal and Insulation Straight Joint 구조

Fig. 2는 Normal and Insulation Straight Joint의 구조를 보여주고 있고, 내부에 고 절연체인 실리콘 블록의 현장 작업의 용이성을 위하여 실리콘 블록 내부에 캐리어 파이프를 삽입하여 사용하게 된다. Fig. 3은 실리콘 블록을 Carrier Pipe의 외경만큼 확대하여 삽입한 모습이다. 실리콘 블록은 고탄성 재료로 되어있고 두 가지 종류의 실리콘으로 이중 사출된 구조가 일반적이다.

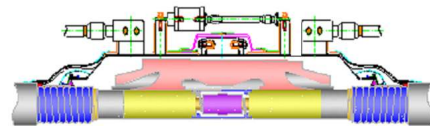


Fig. 2 Normal and insulation straight joint

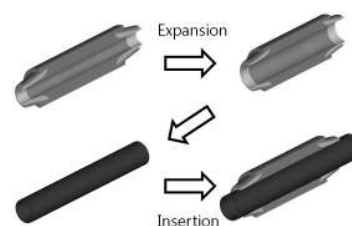


Fig. 3 Insertion of the carrier pipe into the silicon block

3. 유한요소법에 의한 해석

고탄성 실리콘 블록의 유한요소 해석을 위해 Fig. 4와 같이 1/4로 모델링하였고, 구조는 반도체가 2개 이상의 물성치를 갖는 구조로 되어있다. 경계 조건은 우측면과 전면부를 대칭조건으로 구속하였다. 그리고 하중조건은 Fig 7에서 직경 (a)를 직경

(b)만큼의 변위값을 적용, 강제변위 조건을 이용하였다. Table. 1은 해석 대상의 치수를 나타낸 것이고, CSJ의 내부직경을 확대하였을 때 작용하는 압력을 구하여 2중 구조의 CSJ의 구조에 있어서 내부에 작용하는 압력을 예측하여 다음단계인 Carrier Pipe 의 최적화된 구조설계를 위해 적용하고자 한다.

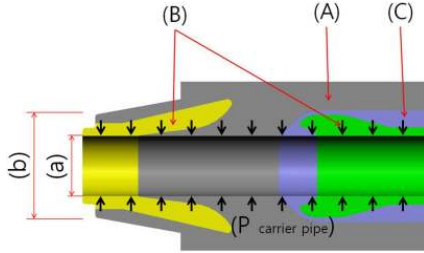


Fig. 4 Boundary conditions for the structural analysis

Table. 1 Loading conditions(displacement)

CASE	Inside diameter	Expansion diameter	Displacement of diameter
CASE(I)	Ø70mm	Ø148mm	39.0mm
CASE(II)	Ø70mm	Ø150mm	40.0mm

4. 해석결과

고탄성 실리콘 블록의 내면에 Carrier Pipe가 삽입된 형태로의 해석을 통해 Table. 2와 같은 결과를 얻었다. 여기서 내면의 압력은 Ø148mm일 경우 최고 3.4MPa이고 Ø150mm일 경우는 최고 3.7MPa로 나타났다. Fig 5에 나타난 것처럼, 4세대 모델로 개발된 2중 구조와 달리 3중 구조일 때 압력이 약 0.5MPa이상 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 구간별 압력도 증가함을 알 수 있다. 특히 3중 구조의 형태가 압력의 증가로 초고압 케이블의 압착력이 매우 향상될 것으로 예상된다.

Table. 2 Results of Analysis for the inside diameter expansion

Result component	Ø148mm (Diameter displacement 39.0mm)	Ø150mm (Diameter displacement 40.0mm)
Max. equi.-stress	6.39 MPa	6.55 MPa
Max. displacement	65.56 mm	67.23mm
Max. principal stress	5.293 MPa	5.429 MPa
Max. contact stress	3.537 MPa	3.627 MPa
Max. equi.-strain	1.203	1.236
Max. contact pressure	3.4 MPa	3.7 MPa

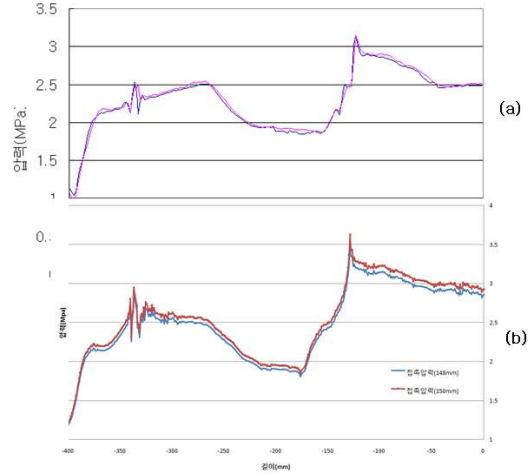


Fig. 5 Pressure distribution. (a) dual structure, (b) triple structure

5. 결론

본 SC-CSJ(Super Compacted - Cold Shrinkable Joint)의 개발을 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 3중 구조를 갖는 초고압 케이블 접속재 개발에 필요한 데이터를 산출하였다. 내부압력은 Ø148mm일 경우 최고 3.4MPa이고 Ø150mm일 경우는 최고 3.7MPa로 나타났다. 특히, 고탄성 실리콘 블록의 내압을 실제적으로 측정하기란 매우 어려움이 있다. 따라서, 본 해석 결과를 통해 관련 제품 개발을 위해 적극 활용될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. H. Kurihara et al., "Development of cold shrinkable joint for 66-kV CV cables," Electrical Review, No. 416, 2000. (in Japanese)
2. Nakamura S, Kuwaki A, Hayashi K, "Development of cold shrinkable joints for 110-230kV XLPE cable," Electrical Review, pp. 186-190, 2002.
3. Y.C.Lee, J.S.Lee et al., "Deformation behavior analysis for CSJ carrier pipe by finite elements method," Proceedings of annual meeting of KSPE, pp 697-698, 2008.