

지선공사 기계화를 위한 수직시공용 지선근가 개발

송현석\*, 문성원\*, 김점식\*, 박용범\*, 권신원\*, 신동휘\*\*, 박동환\*\*, 강문호\*\*\*  
 대원전기(주)\*, 한국전력공사(KEPCO)\*\*, 한국전력공사 전력연구원(KEPRI)\*\*\*

Development of Vertical Excavation with Reinforcing Wire for Mechanized Construction

H. S. Song\*, M. S. Mun\*, J. S. Kim\*, Y. B. Park\*, S. W. Kwon\*, D. H. Shin\*\*, D. H. Park\*\*, M. H. Kang\*\*\*

**Abstract** - 기존의 인력굴착을 통한 지선근가 매설시공 방법을 오거크레인에 의한 기계화시공을 하기 위하여 오거크레인 굴착공에 적합한 수직시공용 원형 지선근가를 개발을 하고 개발된 원형근가를 오거크레인을 이용한 기계화시공에 적용함으로써 공사시간 및 비용 절감과 시공 품질의 향상을 이루려 한다.

1. 서 론

현재 배전설비 시설공사 중 건주공사의 굴착은 오거크레인을 이용한 기계화 굴착으로 시공기준이 제정되었으나 건주공사시 병행되는 지선공사의 근가매설을 위한 굴착은 인력굴착으로 시공기준이 되어있다. 그러나 현장에서 지선근가 매설작업은 인력굴착시공을 해야 함에도 불구하고 건주공사에 사용되는 오거크레인을 이용하여 굴착 후 기존 장방형근가에 연결된 지선로드를 찍어 수직으로 삽입하는 편법 불량시공을 하고 있어 시공 후 전선의 불평형 장력을 견디지 못하여 경사 및 균열전주가 발생하여 추가적인 시설유지보수 및 인력굴착에 의한 품질산으로 공사비의 과다 지출되고 있는 실정이다.

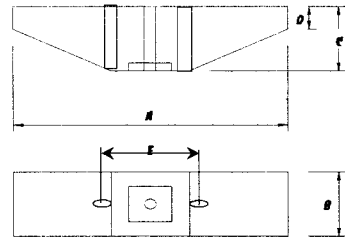
따라서 건주공사에 사용되는 오거크레인을 이용하여 지선근가 매설을 기계화 시공할 수 있도록 오거크레인 굴착범위(50cm)에 적합한 원형 근가를 개발하여 오거크레인을 이용한 기계화공법을 개발하고자 한다.

2. 본 론

2.1 수직시공용 근가개발

기존의 건주공사는 오거크레인을 이용하여 시공하나 건주공사와 병행하는 지선근가의 매설에 관한 시공기준은 인력굴착으로 정해져있다. 따라서 건주공사에 사용되는 오거크레인을 이용하여 근가매설 공사를 할 수 있도록 오거크레인 굴착공(D=50cm)에 알맞은 근가를 개발하기로 하였다.

기존 근가의 형태 및 제원에 관한 그림은 [그림 1], [표 1]과 같다.



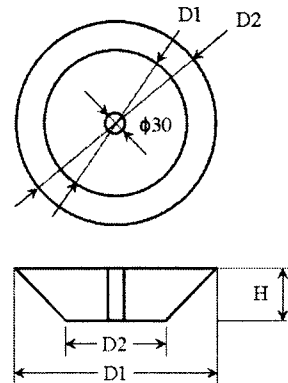
[그림 1] 기존근가의 단면도

[표 1] 기존근가의 제원

(단위:mm)

구 분	A	B	C	D	E	비 고
0.7m	700	200	160	70	-	
1.2m	1,200	240	180	80	340	

오거크레인의 굴착공의 직경은 50cm에 비하여 기존근가는 길이가 70cm, 120cm로 오거크레인을 이용한 지선근가매설 시공에는 적용이 부적합하므로 오거크레인 굴착시공에 적합한 형태를 가지며 기존근가의 성능을 가질 수 있는 근가의 개발이 필요하다. 따라서 [그림 2]와 같은 원판 형태의 근가를 고안하였다.



[그림 2] 개발근가의 단면도

[표 2] 개발근가의 제원

(단위 : mm)

구 분	상부직경 (D1)	하부직경 (D2)	두께(H)	비 고
원형근가 (D=430)	430	250	150	

2.2 개발근가의 성능평가

2.2.1 시물레이션 해석에 의한 안정성 평가

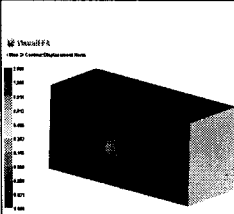
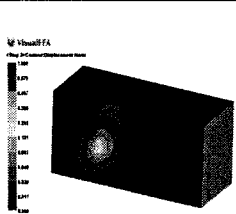
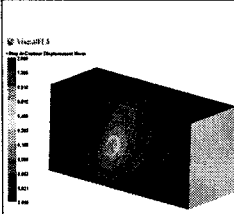
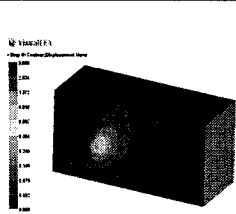
개발근가의 형태 및 크기가 기존 사용하고 있는 0.7m 근가와 비교하여 근가의 매설깊이 및 토질에 따라 동등 이상의 성능을 갖고 있는지 구체적으로 검증하고자 유한요소해석(FEM)에 의한 시물레이션을 시행하여 문제점 및 안정성을 파악하고자 하였다.

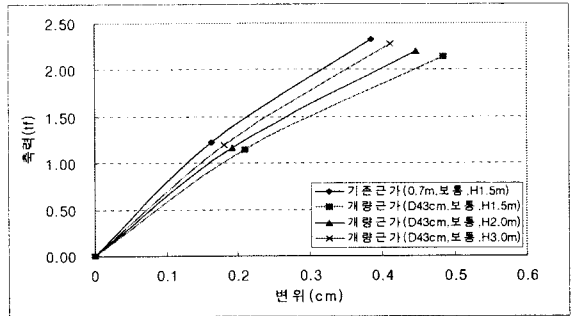
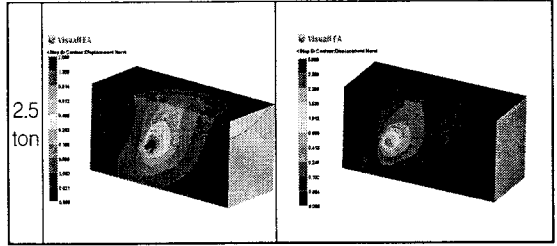
안정성 평가를 하기 위하여 유한요소 해석 프로그램 Visual FEA를 이용하여 3차원 비선형, 단계별 하중에 의한 인발모델을 각각에 대하여 수행하여 변위-축력관계로 부터 지반의 항복점을 찾아 최대 인발력을 산출하고, 축력에 대한 변위량을 검토하였다.

적용지반은 근가가 설치되는 곳을 느슨, 보통, 조밀한 지반으로 구분하였다. 해석결과 느슨, 보통, 조밀한 지반에서의 하중에 따른 근가의 변위의 추이는 비슷하므로 본 논문에서는 보통지반에 관한 해석결과만 나타내었다.

다음 [표 3]은 보통지반에서 기존 0.7m 근가와 43cm 원형근가의 하중에 따른 변위를 나타내는 표이다.

[표 3] 원형(D=43cm)근가에 대한 축력-변위 결과[보통지반]

단 계	기존근가 0.7m (심도 1.5m) 변위	원형근가 D43cm (심도 1.5m) 변위
0.5 ton		
1.5 ton		



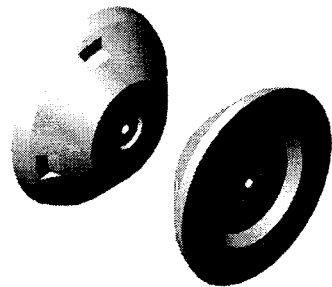
[그림 3] 원형(43cm)근가에 대한 축력-변위 그래프[보통 지반]

위 결과에서 알 수 있듯이 FEM 해석결과 기존근가와 원형근가의 하중에 따른 변위는 거의 비슷한 것으로 보아 기존근가와 개발근가의 인발저항력은 비슷하므로 개발근가는 충분히 근가의 역할을 할 수 있을 것으로 판단 된다.

2.3 수직시공용 근가의 제작 및 성능평가

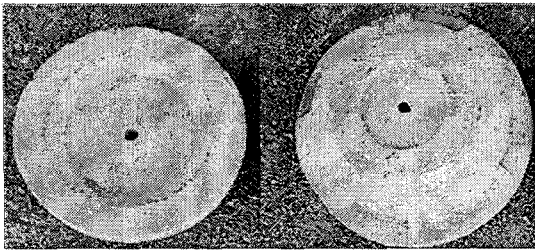
2.3.1 수직시공용 근가의 제작

아래[그림 4]는 근가를 제작하기 전 근가 모델링을 하였다.



[그림 4] 원형(D=43cm)근가모델링

[그림 3]과 [표 2]를 토대로 원형근가를 개발하였으며 근가의 제조공정은 KSF 4023(철근콘크리트근가)을 따랐다. 아래 그림은 제작된 원형근가이다.



[그림 5] 제작된 원형근가(앞면-좌, 뒷면-우)

[그림 5]의 우측 그림에서 알 수 있듯이 근가의 밑 부분에는 근가의 운반을 쉽게 할 수 있도록 손잡이를 만들었으며 또한 근가 상부에는 홈을 만들어 근가를 적층하여 운반할 수 있도록 함으로써 근가의 이동 및 운반을 편리하게 하였으며 또한 근가의 크기가 기존 0.7m 근가에 비해 소형화됨으로써 근가의 무게도 45kg에서 32kg으로 경량화 되었다. 그리고 기존근가의 사각와사 삽입부는 기존의 사각 홈에서 원형 홈으로 변형시켜 기존근가 시공 시 사각와사가 삽입부에 정확히 삽입 안될 경우 사각와사의 휘어짐에 따른 지선로드 이탈사고를 방지하기 위하여 사각와사 삽입부를 원형으로 제작하여 와사의 휘어짐을 방지하고 정확하게 삽입되도록 기존근가의 문제점을 개선하여 제작하였다.



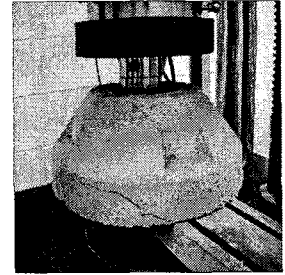
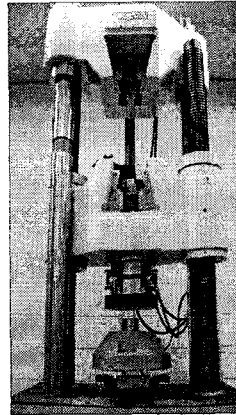
(기존근가-좌, 원형근가-우)

[그림 6] 사각와사 홈 변형

### 2.3.2 강도 성능평가

개발된 근가의 성능평가를 위해 강도실험을 실시하였다. 기존근가의 자체강도에 대한 시험방법은 KSF 4023에 따르면 휨강도 테스트가 있으나 개발된 원형근가는 기존근가와 형태가 다름으로 휨강도 테스트 대신 전단하중 테스트를 실시하였다.

시험방법은 아래 그림에 있는 UTM을 사용하여 시험을 실시하였다. 시험은 공시체의 상하 끝면 및 상하의 가압판의 압축면을 청소한 다음 공시체를 공시체 지름의 1% 이내의 오차에서 그 중심축이 가압판의 중심과 일치하도록 놓는다. 공시체에 충격을 주지 않도록 동일한 변위로(0.1mm/min) 일정하게 하중을 가하였다



[그림 7] 전단하중 시험기 [UTM]

다음 [표 5]는 근가의 전단하중 결과이다.

[표 5] 전단하중 시험결과

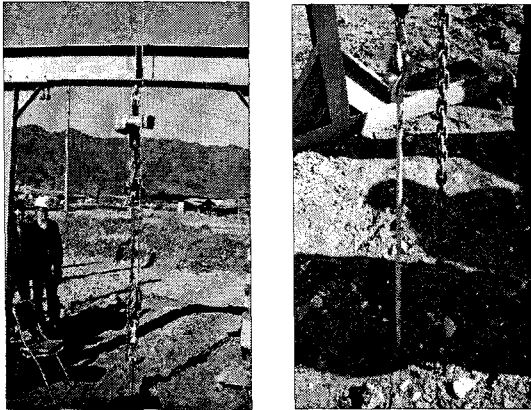
	최대하중(kgf)	중량(kgf)
시료1	17780	35.7
시료2	12480	35.7
시료3	16300	35.7
시료4	13820	35.7
시료5	17660	35.7

자체강도 평가에서는 콘크리트 강도 특성평가에 의한 것과 실제 시험한 것을 분석 할때, 개발근가의 자체강도 안정성이 매우 우수한 것으로 나타났으며, 기존근가의 경우 휨강도로 저항하기 때문에 휨 인장파괴에 취약하고, 원형 근가의 경우는 지간의 길이가 짧기 때문에 휨 강도 보다는 전단파괴의 특성을 보인다. 시험값은 12.4~17.6 tonf로 콘크리트의 품질관리만 잘 이루어질 경우 자체 안정성 측면에서는 기존강도보다 우수한 것으로 나타났다.

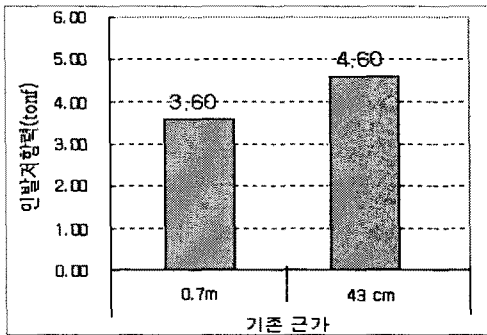
### 2.3.3 현장 성능평가

개발근가를 제작하기 전 안정성평가를 위하여 실행했던 Visual FEA을 이용한 시뮬레이션 결과와 실제 현장에서 지선근가 안정성 비교평가를 위하여 실증시험장에서 기존 0.7m 근가와 개발된 원형근가의 인발 테스트를 실시하였다. 기존근가는 인력시공으로 매설하였고 개발근가는 오거크레인을 이용하여 매설하였다.

실험방법은 매설된 근가의 지선로드에 활차, 체인블럭, 장력계를 연결하여 체인블럭으로 하중을 가하되 장력계에 걸리는 하중에 따라 지선로드의 변위를 측정하였다.



[그림 7] 개발근가 현장 성능시험



[그림 8] 기존-개발근가 현장 성능시험 결과

인발에 대한 실제적인 안정성을 평가하기 위한 인발 시험 결과에 대한 결과는 위의 [그림 8]과 같으며, Visual FEA을 이용한 시뮬레이션 해석에 의한 값과 비슷한 결과를 보였으며, 기존근가에 비하여 약 22%의 인발력 향상을 보였다.

### 3. 결 론

현재 인력시공으로 지선근가 매설 공사를 오거크레인을 이용하여 기계화 시공을 할 수 있는 원형 지선근가를 개발하였다.

- i. 오거크레인의 굴착 직경(50cm)에 적합한 직경(43cm) 원형 근가를 개발하였다.
- ii. 안정성 평가를 위해 유한요소법(FEM)을 이용한 시뮬레이션 해석결과 기존근가와 개발근가의 인발력은 비슷한 결과를 보였다.
- iii. 개발근가의 진단하중시험 결과 약 12.4~17.6 tonf으로 기존근가의 파괴하중보다 약 4배정도 우수한 것으로 나타났다.
- iv. 현장적용시험 결과 기존근가보다 원형근가의 인발력이 약 22% 증가를 보였다.

이상의 결과로 개발된 원형(43cm)근가는 기존근가의 대응으로 적합할 것이라 사료되나 기존 1.2m근가 대응으

로는 부적합하므로 기존 1.2m근가와 비슷한 인발력을 가진 원형근가와 아울러 기계화시공을 위하여 기존 오거크레인 굴착 투스를 확장시킬 수 있는 오거크레인용 확장형 굴착유니트도 추가 개발이 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 배전처, "배전설비시공실무", 2003.4
- [2] 한국전력공사 배전처, "배전가공기준", 2001.6
- [3] "콘크리트 품질과 기술", 강창구 저, 원기술, 2005.5
- [4] KS F 2405 콘크리트 압축 강도 시험 방법
- [5] KS F 4023 철근 콘크리트 근가
- [6] 한전표준구매시방서, ES 106-005~123, 콘크리트근가
- [7] 한전표준구매시방서, ES 113-186~195, 지선로드
- [8] 한국전력공사 중앙교육원, 배전실무 I, 2004.
- [9] 한국전력공사 중앙교육원, 신입배전기초 I, 2004.
- [10] 日本 圖解 電氣設備技術基準 · 解釋, 電氣技術研究會, 電氣書院
- [11] 日本 送配電, 前川幸郎, 荒井聰明, 東京電機大學出版局
- [12] BRAJA M, DEVELOPMENTS IN GEOTECHNICAL ENGINEERING 50, EARTH ANCHORS