

래티스거더에 대한 수치해석적 거동분석

양형식, 정현석, 김원범 (전남대학교)

1. 서론

최근 격자지보가 현장에서 적용되고 있으나 외국의 시공 사례를 무분별 하게 도입하거나 경험적인 평가에 따라 시공되고 있다. 래티스 거더의 적용성 검토나 래티스 거더의 실험적 연구가 이루어지고 있으나 래티스 거더의 구조적인 거동분석은 미흡하다. (문홍득, 1997) 본 연구에서는 안정성, 경제성이 우수한 래티스 거더를 터널지보재로 사용하고자 래티스 거더에 대해 비선형해석이 가능한 MIDAS를 이용하여 다양한 하중조건, 하중의 재하방법, 지보재의 형상에 따른 지보재의 거동을 분석하였다.

2. 수치해석을 이용한 격자지보의 구조적 검토

본 연구에서는 격자지보의 수치해석적 거동을 분석하고자 기하비선형해석이 가능한 구조해석 프로그램인 MIDAS를 이용하여 다양한 하중조건, 하중의 재하방법, 지보재의 형상에 따른 변형에 관련된 인자를 가지고 하중-변위곡선그래프를 작성하였다.

격자지보는 삼각형 꼭지점을 이루는 3개의 주부재를 경사방향의 철근으로 용접한 복합구조체이므로 주철근부재의 단면적비나 경사방향의 철근의 기울기, 단면적, 용접길이나 배치형상 등에 따라 해석결과가 상이하게 나타난다.(채수연, 1996) 따라서 본 연구에서는 이러한 조건들을 이상화한 아치구조형태로써 모델링 하였다. 해석에 사용된 프로그램은 해석결과를 입체화표현기능을 이용하여 부재의 실제형상과 같은 거동을 확인할 수 있는 MIDAS/GEN을 이용하였고 항복 이후의 거동해석을 위해 기하 비선형해석을 수행하였다. 모든 구조요소들은 금속부재이므로 비선형·탄성이론을 적용하였고, 6자유도 보요소를 이상화하여 3차원 격자로 해석하였으며 주철근과 보조철근의 연결부는 강체 연결이 되어 있다고 가정하였다.

지보재의 형상은 Fig. 1과 같이 기본적인 3가지 파라메타에 의해서 정의될 수 있다.

먼저 아치지보재의 직경 D , $\lambda = h/H$, 그리고 지보재 다리의 각도 ϕ 에 의해서 결정이 되는데 다음과 같은 3가지 타입으로 분류된다.

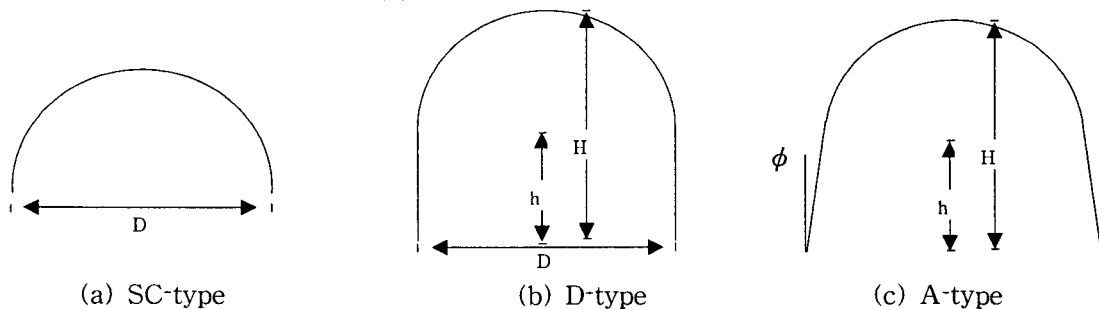


Fig. 1. 대표적인 지보재 형상

3. 해석결과

지보재형태, 하중의 종류, 하중의 재하방법 따른 각각의 해석을 실시하였다.

3.1 하중의 종류에 따른 변화

(1) 등분포하중

먼저 등분포하중이 주어지는 경우 등분포하중의 작용 길이에 따른 결과를 살펴보고자 LG 70×30×20, 직경 12 m의 래티스 거더에 크라운부 길이의 10 %, 30 %, 50 %, 70 %로 등분포하중의 작용 길이를 증가시키면서 수치해석 하였다.

Fig. 2는 등분포하중의 작용 길이에 따른 하중-변위곡선으로 지보재가 견뎌낼 수 있는 최대극한 하중은 등분포하중의 작용길이가 증가할 때 각각 49 kN, 104 kN, 216 kN, 295 kN으로 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 분포하중 작용밴드가 작아지면 사실상 집중하중으로 작용하면서 적은 하중으로도 파괴가 발생한 것으로 해석할 수 있다.

(2) 집중하중

집중하중을 가할 때 지보재의 크라운부에 1점 하중, 3점 하중, 5점 하중을 가하고 또한 집중하중 사이의 간격이 지보재의 거동에 어떠한 영향을 주는지를 검토하기 위해 3점 하중을 가할 때 간격을 달리하여 해석하였다.(Fig. 3)

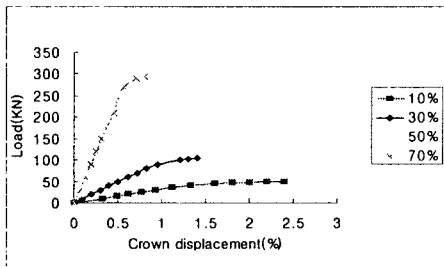


Fig. 2. 등분포하중의 작용 길이에 따른 하중-변위곡선

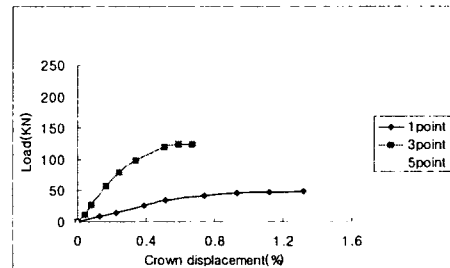


Fig. 3. 집중하중 재하시 하중-변위곡선

해석결과는 하중점이 증가할수록 지보재가 견뎌낼 수 있는 극한 하중이 49 kN, 125 kN, 213 kN으로 증가 하고 있고 하중밴드 면적이 늘어나면서 보다 적은 변위를 허용하면서 파괴가 형성되는 취성적인 파괴거동을 나타내었다.

Fig. 4는 집중하중사이의 간격이 지보재의 거동에 미치는 영향을 알아보기 위해 3점하중을 재하간격을 달리하면서 해석을 수행한 하중-변위곡선 그래프이다.

집중하중점의 간격이 증가될 때 거동을 살펴보면 좁은 간격과 보통간격에서 하중을 재하시킬 경우 지보재가 견뎌낼 수 있는 하중이 125 kN에서 154 kN으로 증가하였다. 그러나 보통간격과 넓은 간격의 극한하중은 154 kN에서 255 kN으로 급작스런 증가를 보인다. 이러한 결과는 하중이 거더의 측벽부에 접근하면서 접촉 면적이 넓어지고 또한 지보재의 수직부에 재하 됨으로서 하중의 분산효과로 인한 영향으로 볼 수 있다.

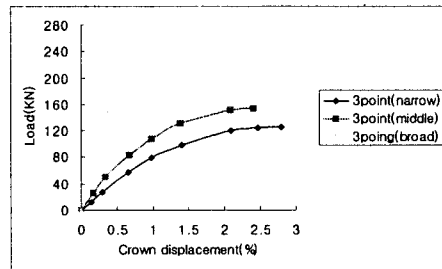


Fig. 4. 간격이 다른 3점 하중 재하시 하중-변위곡선

래티스 거더를 효과적으로 시공하고자 한다면 래티스 거더와 지반이 접촉점이 많을수록 또한 지보간격이 넓을수록 지보효과가 커진다는 것을 알 수 있다. 지보재와 지반이 접촉이 잘되기 위해서는 숏크리트의 타설 상태가 중요한데 래티스 거더는 격자형태의 구성으로 배면 공극이 발생하지 않으므로 지반과 지보재와의 결합성이 탁월하다.

3.2 지보재의 형태

3가지의 지보재형태에 대하여 집중하중과 등분포하중을 적용하였다. 집중하중은 3점집중하중, 등분포하중은 하중밴드길이가 크라운부 길이의 50% 해당하는 하중을 적용하였다.

Table 1. Type별 해석조건

Type	D(m)	$\lambda = h/H$	ϕ (degrees)
SC-type	12	0	0
D-type	12	0.6	0
A-type	12	0.6	10

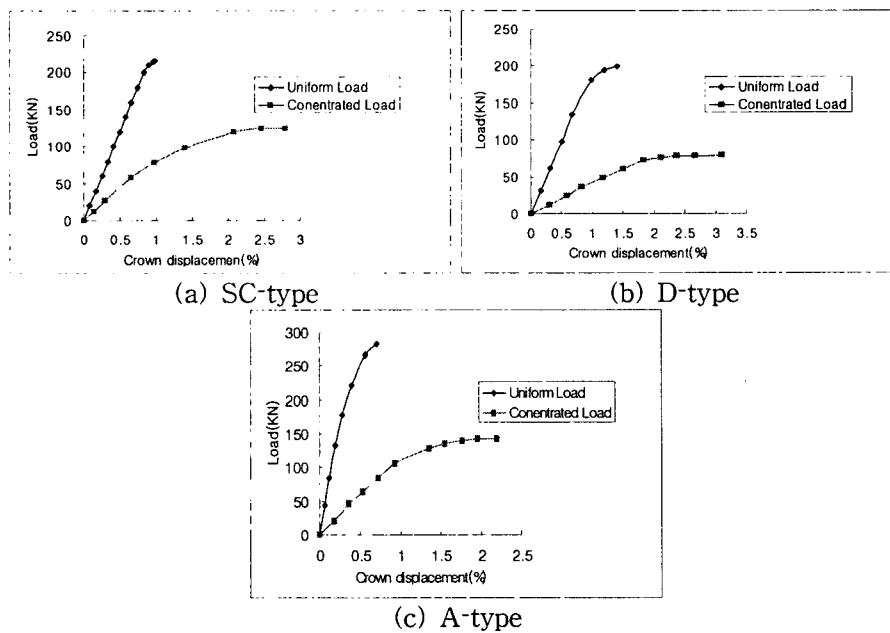


Fig. 10. 각 Type별 하중-변위곡선

결과로부터 D-type에서 등분포하중과 집중하중이 재하된 경우를 비교하면 최대 극한하중이 각각 216 kN, 125 kN으로 등분포하중이 재하된 경우에 상대적으로 우수한 지보능력을 나타내고 있다. 나머지 SC-type, A-type의 경우에도 등분포 하중이 재하된 경우 보다 높은 극한하중 값을 보여준다.

그리고 타입별 해석결과는 등분포하중이 적용된 경우에 SC-type 216 kN, D-type 200 kN, A-type 280 kN의 극한하중 값으로 A-type이 가장 우수한 형태로 판명됐다.

위의 결과와 같이 래티스 거더를 적용하였을 때 다리가 있는 지보재와 아치형태의 지보재의 경우 아치형태의 지보재가 보다 뛰어난 지보 능력을 보여주고 있지만 다리가 있는 경우라 하더라도 다리에 각도를 주면 보다 뛰어난 효과를 발휘할 수도 있다.

4. 결론

본 연구에서는 안정성, 경제성이 우수한 래티스 거더를 터널지보재로 사용하고자 MIDAS를 이용하여 래티스 거더를 수치해석하였다. 해석 결과는 다음과 같다.

1. 등분포하중의 작용 길이가 길수록 최대 극한하중이 증가하였다.
2. 집중하중의 경우 하중점이 많을수록, 그리고 재하간격이 넓을수록 보다 큰 극한하중값을 갖는다.
3. 재하간격의 영향에서 하중이 측벽으로 접근하면서 극한하중이 급격하게 증가된 것은 하중이 거더의 측벽부에 접근하면서 접촉면적이 넓어지고 또한 지보재의 수직부에 재하됨으로서 하중의 분산효과로 인한 영향으로 볼 수 있다.
4. 등분포하중이 집중하중의 경우보다 높은 극한 하중값을 보여준다.
5. 극한하중 값의 비교결과 A-type, SC-type, D-type 순서로 우수하다.

참고문헌

1. 문홍득, 1997, 격자지보의 터널지보재로서의 특성 및 현장 적용성 평가, 경희대학교 대학원 박사학위논문
2. 채수연, 1996, Lattice girder를 이용한 tunnel 강지보공에 관한 연구, 한양대학교 산업대학원 석사학위 논문.
3. Bauman T, and Betzle., M. 1984, Investigation of the performance of lattice girders in tunnelling, Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol. 17, pp. 67-81
4. Mitri E. T. and F. P. Hassani, 1990, Structural characteristic of coal mine Steel Arch Supports. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 27, pp. 121-127