

스파이더와 강봉간 접촉면적을 증가시킨 격자지보재에 대한 연구

A Study on the Lattice Girder by Increasing Contacting Area between Spider and Rod

남 중 우¹ Nam, Joong-Woo
조 용 교³ Cho, Yong-Gyo

김 진 교² Kim, Jin-Kyo
천 병 식⁴ Chun, Byung-Sik

Abstract

Shotcrete, rockbolt, and steel rib are installed to support ground after tunnel was excavated. These are important supports for NATM applied tunnels. Recently, lattice girder is increasingly used because it is easily installed. In this study, we developed a new lattice girder by increasing contacting area between spider and rod. To verify the effect of the new lattice girder, the 3-point and 4-point flexural strength tests were carried out for LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-95×22×32. As a result, in case of contacting area, strength of new SGS lattice girder is 17.95% higher than that of original lattice girder. In case of weakness point, strength of new SGS lattice girder is 19.37% higher than that of original lattice girder.

요 지

NATM공법을 적용한 터널에서 슛크리트, 락볼트, 강지보재 등은 터널 굴착 후에 지반을 지지하기 위해 설치되는 주요한 지보재이다. 이전에는 H형강 지보재와 같은 강지보재가 많이 사용되었지만, 시공성이 떨어지는 등의 문제가 있어 격자지보재의 사용이 증가하였다. 본 연구에서는 기존의 격자지보재에서 스파이더와 강봉간의 접촉면적을 넓혀 강도가 증진된 신형 격자지보재를 개발하여 그 효과 및 성능을 검증하고자 LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-95×22×32 세 가지 규격으로 3점 휨강도 실험과 4점 휨강도 실험을 실시하였다. 그 결과 기존의 격자지보재와 비교하여 신형의 격자지보재는 스파이더와 주강봉 접촉부에서는 평균 17.95%의 강도증진 효과가 있었고, 스파이더와 스파이더 사이에서는 평균 19.37%의 강도증진 효과가 있었으며 이는 스파이더와 주강봉 사이의 기계적 결합과 접촉면적 증가에 의한 격자지보재의 강성증가에 따른 결과로 사료된다.

Keywords : 3-point flexural strength test, 4-point flexural strength test, Lattice girder, New spider, Support, Tunnel

1. 서 론

국내에서 터널에 적용되는 NATM공법은 서울지하철

3호선 및 4호선 건설당시 국내에 처음으로 소개된 후 현재 발파굴착 공법의 표준으로 자리잡고 있다. NATM 터널에서 슛크리트, 락볼트, 강지보재 등은 터널 굴착

1 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 석사과정 (Member, Graduate Student, Dept. of Civil and Environmental Engrg., Hanyang Univ.)

2 비회원, 다산컨설팅 상무 (Standing Director, Dasan Consultants Co., Ltd.)

3 정회원, 보림기계공업(주) 대표이사 (Member, Presedent., Bolim Co., Ltd.)

4 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 교수 (Member, Prof., Dept. of Civil and Environmental Engrg., Hanyang Univ., Tel: +82-2-2220-0326, Fax: +82-2-2298-3270, hengdang@unitel.co.kr, 교신저자)

* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2013년 4월 30일까지 그 내용을 학회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

후 설치되는 주요한 지보재이며 이 중에서 H형강 지보재와 같은 강지보재는 무지보 지반의 직접적인 보강, 숏크리트 라이닝의 하중분산을 위한 보강, 숏크리트 또는 록볼트의 지보기능이 충분히 발휘될 때까지 일시적인 지압지지와 터널단면의 형상을 유지하고, 또한 포아플링 설치를 용이하게 하기 위한 지점의 역할 등의 목적으로 사용되고 있다(Moon, 1999). NATM 도입초기에는 강지보재로 단면성능이 우수하고 조합과 접합이 용이한 H형강을 사용하였으나, H형강은 자체중량이 무거워 시공성이 떨어지고, 후속되는 지보재의 시공에도 영향을 주어 종종 공기지연을 발생시키기도 하였다. 또한, 숏크리트 타설시 H형강 배면과 굴착 지반사이에 공동이 발생하여 굴착지반과 지보재가 완전히 밀착되지 않거나, 숏크리트와 강지보재가 일체화되지 않는 경우도 발생하였다. (Baumann 등, 1984)에 따르면 유럽에서는 80년대부터 시공성 향상 및 굴착지반과 지보재의 완전 밀착을 위해 격자지보(Lattice girder)를 개발하여 사용하고 있으며 특히 지하수위가 높은 지하철 현장의 숏크리트 타설시 등에 사용되고 있다(Weber, 1983). 국내에서는 90년대 초부터 격자지보재의 국내실정 적합성 연구를 수행한 후 현재는 터널갱구부, 저토피구간 및 연약지반을 제외한 모든 지반조건에서 격자지보재를 강지보재로 사용하고 있다. 현재 사용되어지고 있는 격자지보재는 주로 LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-90×22×32 세 가지 타입을 사용하고 있다(K.I.C.T, 1996; Moon, 1997).

본 연구에서는 기존의 격자지보재의 휨강도 특성을 강화하기 위하여 접촉면적이 증가한 신형 격자지보재를 실험 대상으로 하였고 격자지보재의 공학적인 성능을 보다 객관적으로 판단하기 위하여 3점 휨강도 실험과 4점 휨강도 실험에서 하중재하위치에 따른 최대하중을 측정하였고 실험시 가해지는 하중에 따른 변위량을

측정하였다.

2. 이론적 배경

2.1 격자지보재의 특성

강지보재의 일종인 격자지보재의 일반적인 형태는 Fig. 1과 같이 1개의 주강봉과 2개의 보조강봉, 그리고 주강봉과 보조강봉을 이어주는 연결용 부재(spider)로 구성되어 있으며 일반적으로 격자지보재는 주강봉이 터널의 내벽을 향하도록 시공하는 경우가 많다(Braun, 1983). 주강봉과 보조강봉은 주로 하중을 지지하는 역할을 하며, 연결용 부재(spider)는 강봉의 뒤틀림을 방지하고 휨모멘트 저항 및 축력 전달 등의 역할을 한다(Moon, 1999). 강봉과 연결용 부재(spider)는 서로 용접으로 연결되며 일정길이의 격자지보를 서로 연결시키는 연결 이음부를 볼트와 너트로 연결한다. 이 때 용접부와 이음부에서는 구조체에 작용하는 휨모멘트, 축력, 전단력 등에 충분히 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

또한 격자지보재는 H형강 지보재에 비하여 40~60% 정도 가볍기 때문에 작업인부들에 의한 운반이 쉽고 설치가 용이하다. 그리고 숏크리트와의 결합성이 우수하여 방수효과가 뛰어나며 숏크리트 리바운드 양을 현저히 감소시키는 장점도 있다. 또한, 격자지보의 배면까지 숏크리트 타설이 가능하므로 지보재 배면의 숏크리트가 타설되지 않는 공동 발생의 가능성을 최소화시킬 수 있다(Yang 등, 2005). 그러나 강봉과 스파이더 간 용접부의 탈락으로 인한 국부파괴 가능성이 있고 단면 강성이 작아 초기지압이 크게 발생하는 지반의 변형억제에 부적절하다는 단점이 있다.

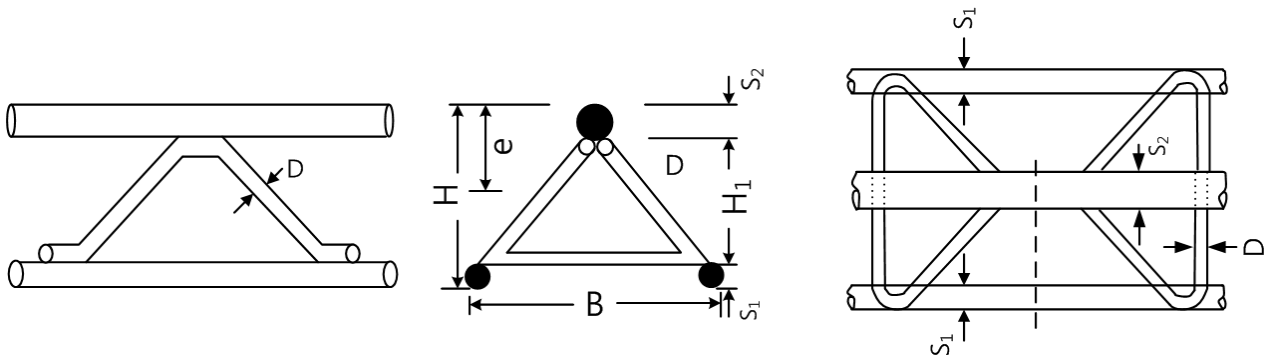


Fig. 1. Normal structure of standard lattice girder (Moon, 1999)

2.2 휨강도 실험방법

격자지보재의 강도 특성을 규명하기 위하여 3점 휨강도 실험과 4점 휨강도 실험을 적용하여 결과를 얻어내는 데 그 재하법에 따라 그 결과값이 상당히 달라지는데 하중을 스파이더와 스파이더 사이(취약부)에 재하하였을 경우에 비해 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하는 경우(접촉부)에 적용하는 경우 강도가 증진된 것으로 나타나는데(Kim 등., 2008b) 이는 스파이더와

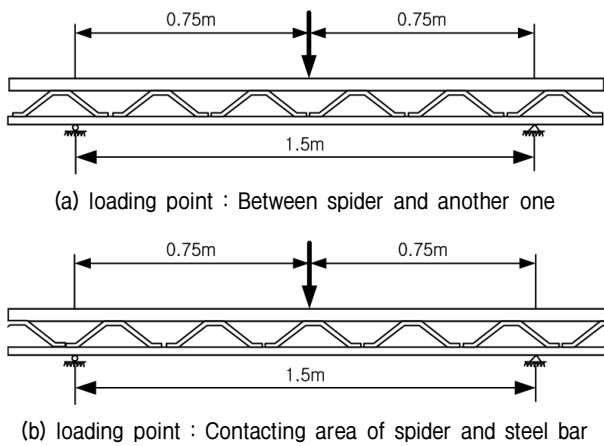
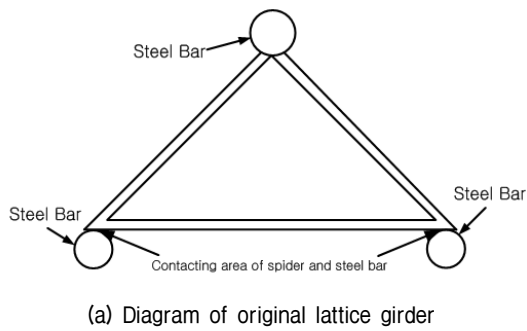
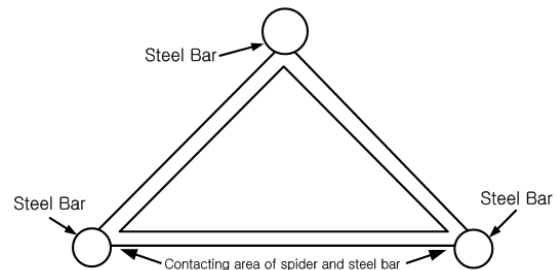


Fig. 2. Two types of 3-point bending stress test(Kim 등., 2008b)



(a) Diagram of original lattice girder



(b) Diagram of new lattice girder



(c) Original lattice girder



(d) New lattice girder

Fig. 3. Original lattice girder and new one

주강봉의 접촉부에 재하하였을 때가 하중이 더 분산이 잘 되기 때문으로 사료된다.

Fig. 2는 휨강도 실험에 적용된 두 가지 하중재하방식을 보여주고 있다. Fig. 2(a)는 하중을 스파이더와 스파이더 사이에 적용하는 경우이고, Fig. 2(b)는 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하는 경우를 보여주고 있다.

3. 실험시편 및 실험방법

3.1 격자지보재 실험시편

본 논문에서는 스파이더의 모양을 다음 Fig. 3과 같이 변형하여 스파이더와 강봉간 접촉면적을 향상시켜 그 효과를 살펴보기 위하여 기존의 격자지보재로 LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-95×22×32의 세 시편을 사용하였고, 신형 격자지보재로는 SGS LG-50×20×30, SGS LG-70×20×30, SGS LG-95×22×32를 사용하였으며 여기서 SGS는 Super Great Spider의 약자로 스파이더의 성능을 향상한 신형 격자지보재를 의미한다. Fig. 3(a)는 기존 격자지보재의 스파이더 모양으로 신형 격자지보재에서는 스파이더의 모양을 Fig. 3(b)와 같이 변형하여 강봉과 스파이더 간

Table 1. Features of lattice girder

Division	Diameter of steel bar (mm)	Yield strength of steel bar (N/mm ²)	Contacting area of spider and steel bar (mm ²)
LG-50×20×30	10	546	350×4 = 1400
LG-70×20×30	10	546	350×4 = 1400
LG-95×22×32	10	546	400×4 = 1600
SGS LG-50×20×30	10	546	550×4 = 2200
SGS LG-70×20×30	10	546	550×4 = 2200
SGS LG-95×22×32	10	546	600×4 = 2400

Table 2. Standard of test for lattice girder (KS D 3504)

Mechanical properties	Kind	Yield strength (N/mm ²)	Tension strength (N/mm ²)	Tension-test material	Extensibility (%)	Bendability		
						Bending angle	inner radius	
	SD500W	over 500	over 620	#2	over 12	90°	2.5 times as nominal diameter of D25	
			#3	over 14	3.5 times as nominal diameter of D25			

Chemical properties	Kind	Chemical components (%)						
		C	Si	Mn	P	S	N	Ceq
	SD500W	below 0.22 (below 0.24)	below 0.60 (below 0.65)	below 1.60 (below 1.7)	below 0.05 (below 0.005)	below 0.05 (below 0.005)	below 0.012 (below 0.013)	below 0.50 (below 0.52)

Feature : Figures inner () would be applied in case of analyzing product

접촉면적이 증가되었다. 접촉면적은 강봉과 스파이더가 접촉하는 4곳의 접촉하는 길이와 강봉의 접촉반경을 곱하여 산출되었고 그 결과는 다음 Table 1과 같다. 기존의 격자지보재는 접촉면적이 1400~1600mm²인데 비하여 신형 격자지보재의 경우 접촉면적이 2200~2400mm²로 크게 향상되었다. 격자지보재를 구성하는 1개의 주강봉과 2개의 보조강봉의 최소항복강도는 Table 2의 KS D 3504 기준을 만족하는 546N/mm²이고, 주강봉과 보조강봉을 연결해 주는 스파이더의 최소항복강도는 500N/mm²이다.

3.2 3점 휨강도 실험방법

본 연구에서는 (Kim 등, 2008a)에서 제시된 바와 같이 변위제어방식을 채택하였으며 변위제어속도는 2.0 mm/min으로 하였다. 또한 하중 재하 방식은 스파이더와 스파이더 사이(취약부)에 하중을 재하하고 스파이더와 주강봉 접촉부에도 하중을 재하하는 두 가지 방식으로 진행하였다.

Fig. 4는 3점 휨강도 실험시 격자지보재의 각 부재에 작용하는 하중분포를 파악하기 위해 각 부재에 부착된 스트레인 게이지의 위치를 보여주고 있다. 3점 휨강도 실험의 경우, 스트레인 게이지는 주강봉 상단에 2개, 주

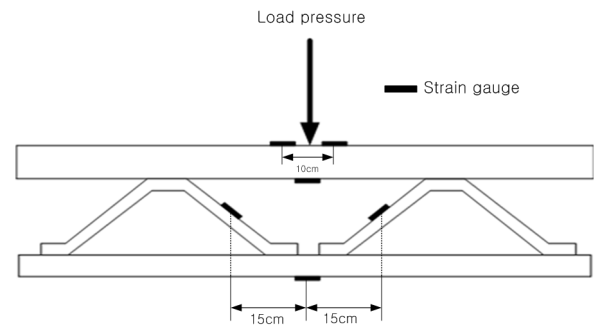


Fig. 4. 3-point bending strength test

강봉 하단에 1개, 하중 재하점을 기준으로 양쪽 스파이더에 각 1개, 두 개의 보조강봉 하단에 각 1개씩 부착되었다.

3.3 4점 휨강도 실험방법

4점 휨강도 실험도 3점 휨강도 실험에서와 마찬가지로 변위제어방식을 채택하였으며 변위제어속도는 2.0mm/min으로 조절하였다. 하중재하방식은 Fig. 5와 같이 주강봉과 스파이더 접촉부에 하중을 가하였다.

Fig. 5는 4점 휨강도 실험시 격자지보재의 각 부재에 작용하는 하중분포를 파악하기 위해 각 부재에 부착된 스트레인 게이지의 위치를 보여주고 있다. 4점 휨강도

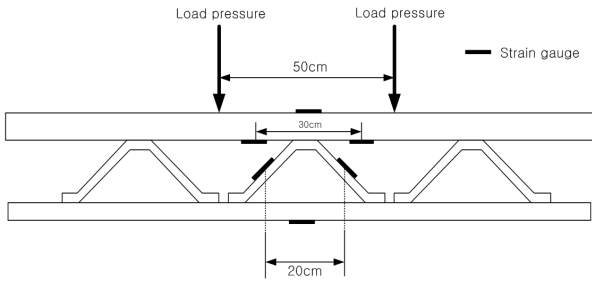


Fig. 5. 4-point bending strength test

실험의 경우, 스트레인 게이지는 주강봉 상단에 3개, 주강봉 하단에 1개, 하중 재하점 사이 스파이더 양쪽에 각각 1개씩, 두 개의 보조강봉 하단에 각각 1개씩 부착되었다.

4. 실험결과

4.1 기존의 격자지보재의 3점 휨강도 실험결과

Fig. 6~8은 LG-50×20×30, LG-70×20×30 및 LG-95×22×32에서 수행된 3점 휨강도 실험결과를 보여주고 있다.

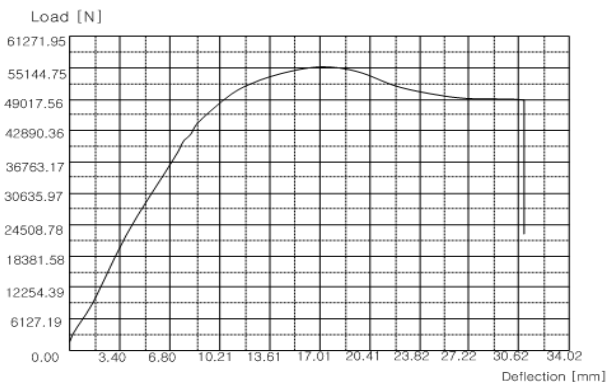


Fig. 6. (a) LG-50×20×30 (Contacting area)

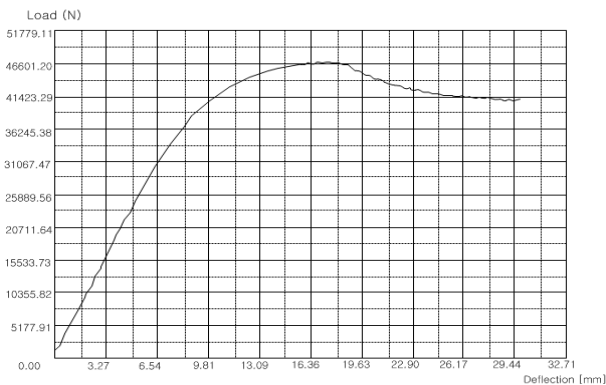


Fig. 6. (b) LG-50×20×30 (weak point)

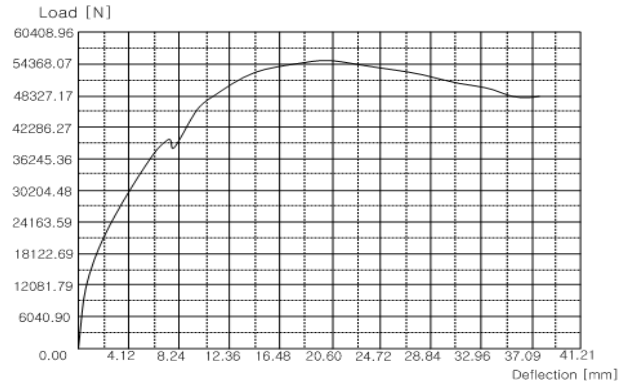


Fig. 7. (a) LG-70×20×30 (contacting area)

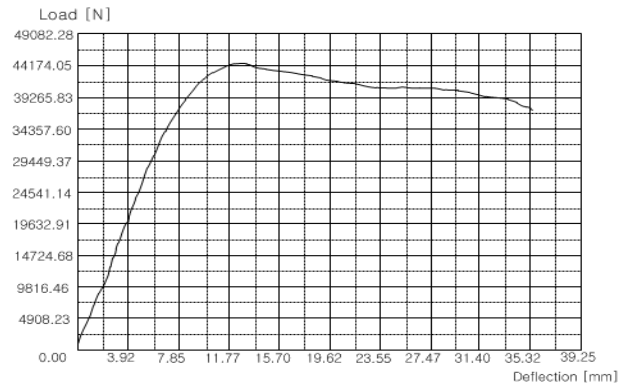


Fig. 7. (b) LG-70×20×30 (weak point)

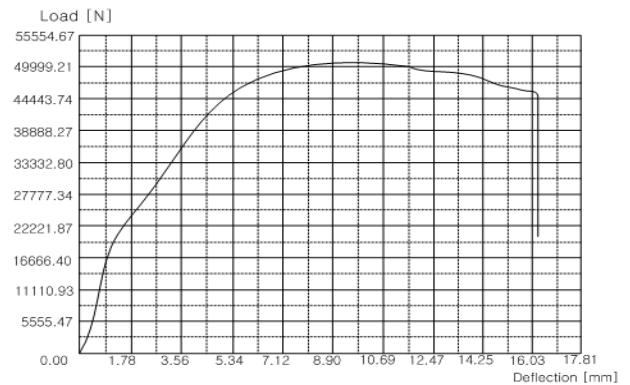


Fig. 8. (a) LG-95×22×32 (contacting area)

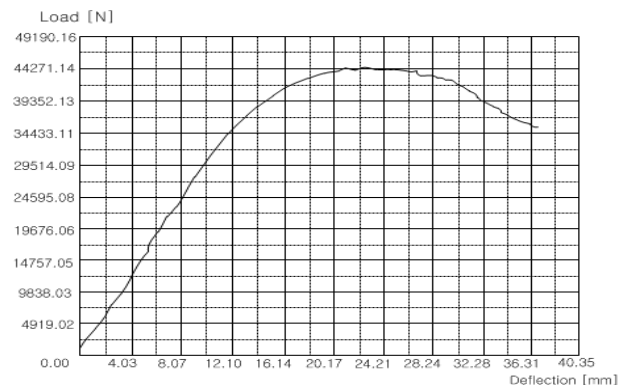


Fig. 8. (b) LG-95×22×32 (weak point)

다. Fig. 6(a), 7(a), 8(a)는 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하여 측정한 결과이고, Fig. 6(b), 7(b), 8(b)는 하중을 스파이더와 스파이더 사이에 적용하여 측정한 결과이다. 또한, Table 3은 두 가지 하중 재하 방식에 따른 최대하중으로 LG-50×20×30을 적용하였을 때는 취약부에서 47071.92N, 접촉부에서 55701.77N, LG-70×20×30을 적용하였을 때는 취약부에서 44620.26N, 접촉부에서 54917.24N, LG-95×22×32을 적용하였을 때는 취약부에서 44704.82N, 접촉부에서 50504.25N로 접촉부에 하중을 재하하였을 때의 최대하중이 취약부에 하중을 재하하였을 때의 최대하중에 비하여 112~123% 정도 증가하였다.

4.2 신형 격자지보재의 3점 휨강도 실험결과

Fig. 9~11은 SGS LG-50×20×30, SGS LG-70×20×30 및 SGS LG-95×22×32에서 수행된 3점 휨강도 실험결과를 보여주고 있다. 여기서 사용된 격자지보재의 스파이더 직경은 10mm이다. Fig. 9(a), 10(a), 11(a)는 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하여 측정한 결과이고, Fig. 9(b), 10(b), 11(b)는 하중을 스파이더와 스파이더 사이에 적용하여 측정한 결과이다. Table 4는 격자지보재의 규격별 하중을 스파이더와 접촉부에 적용하였을 때의 최대하중과 하중을 스파이더와 스파이더 사이에 적용하였을 때의 최대하중을 나타낸 것이다. SGS LG-50×20×30을 적용하였을 때는 취약부에서 56290.17N,

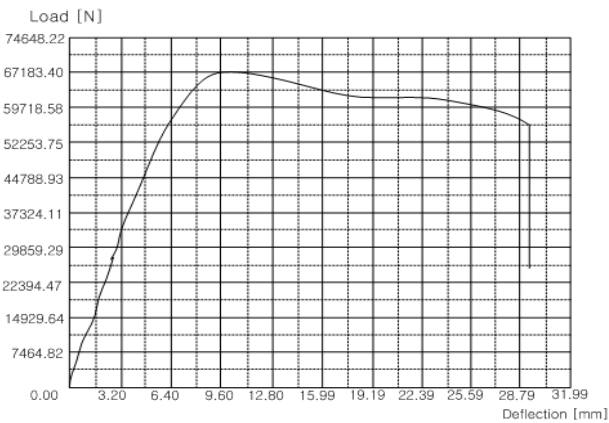


Fig. 9. (a) SGS LG-50×20×30 (contacting area)

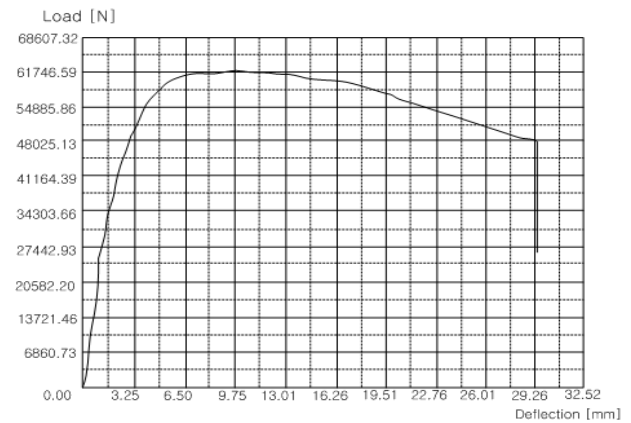


Fig. 10. (a) SGS LG-70×20×30 (contacting area)

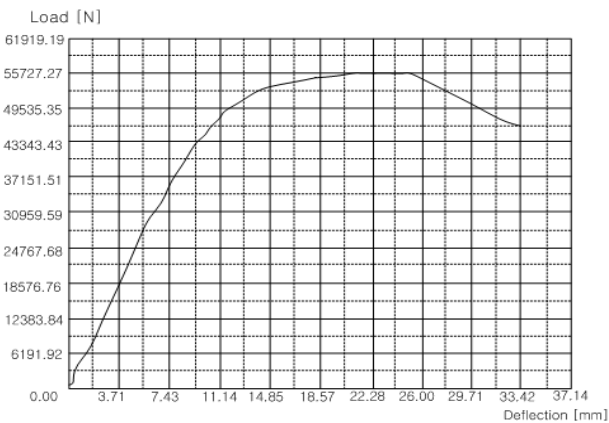


Fig. 9. (b) SGS LG-50×20×30 (weak point)

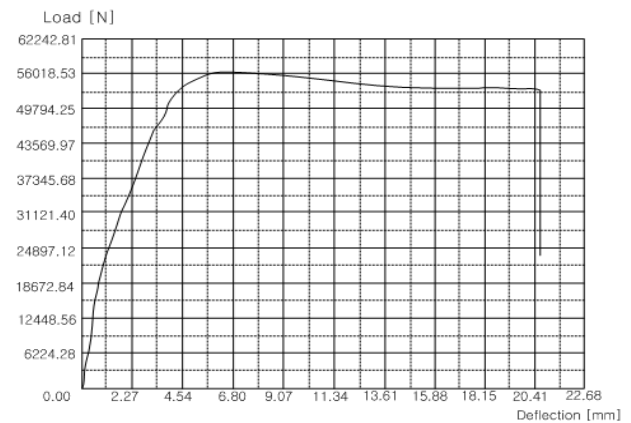


Fig. 10. (b) SGS LG-70×20×30 (weak point)

Table 3. Test result of 3-point bending test for original lattice girder

Division	Contacting area of spider and steel bar	Between spider and another one (weak point)	Contacting area/weak point (%)
LG-50×20×30	55701.77N	47071.92N	118.33%
LG-70×20×30	54917.24N	44620.26N	123.08%
LG-95×22×32	50504.25N	44704.82N	112.97%

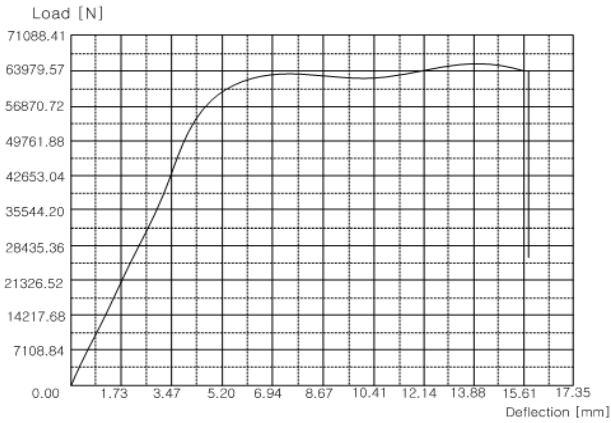


Fig. 11. (a) SGS LG-95×22×32 (contacting area)

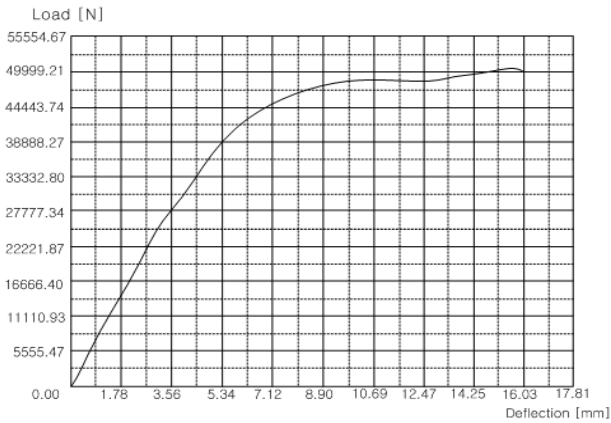


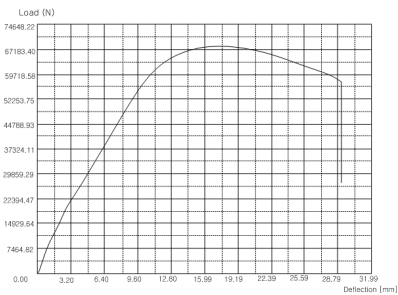
Fig. 11. (b) SGS LG-95×22×32 (weak point)

접촉부에서 67862.02N, SGS LG-70×20×30을 적용하였을 때는 취약부에서 56584.37N, 접촉부에서 62370.29N, SGS LG-95×22×32을 적용하였을 때는 취약부에서 50700.38N, 접촉부에서 64625.82N으로 접촉부에 하중을 재하하였을 때의 최대하중이 취약부에 하중을 재하하였을 때의 최대하중에 비하여 110~127% 정도 증가하였다.

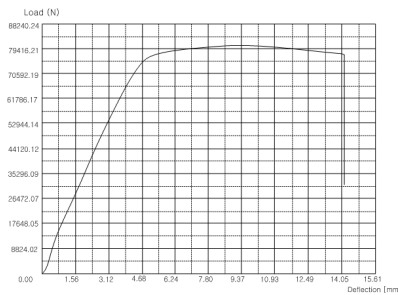
4.3 기존 격자지보재의 4점 실험결과

Fig. 12는 LG-50×20×30, LG-70×20×30 및 LG-95×22×32에서 수행된 4점 휨강도 실험결과를 보여주고 있다. 여기서 사용된 격자지보재의 스파이더 직경은 10mm이다. Fig. 12(a), 12(b), 12(c)는 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하여 측정한 결과이다. Table 5는 격자지보재의 규격별 하중을 스파이더와 접촉부에 적용하였을 때의 최대하중을 나타낸 것이다. LG-50×20×30을 적용하였을 때는 최대하중이 67862.02N, LG-70×20×30을 적용하였을 때는 64625.82N, LG-95×22×32을 적용하였을 때는 77570.60N으로 나타났다.

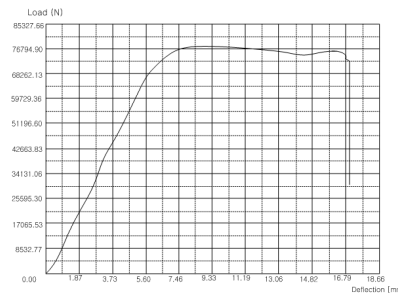
4.4 신형 격자지보재의 4점 실험결과



(a) LG-50×20×30



(b) LG-70×20×30



(c) LG-95×22×32

Fig. 12. Test result of 4-point bending test for original lattice girder

Fig. 13은 SGS LG-50×20×30, SGS LG-70×20×30 및

Table 4. Test result of 3-point bending test for new lattice girder

New type (SGS LG)	Contacting area of spider and steel bar	Between spider and another one (weak point)	contacting area/weak point (%)
50×20×30	67862.02N	56290.17N	120.56%
70×20×30	62370.29N	56584.37N	110.23%
95×22×32	64625.82N	50700.38N	127.47%

Table 5. Test result of 4-point bending test for original lattice girder

(Unit : N)

Division	50×20×30	70×20×30	95×22×32
Contacting area between spider and steel bar	67862.02	64625.82	77570.60

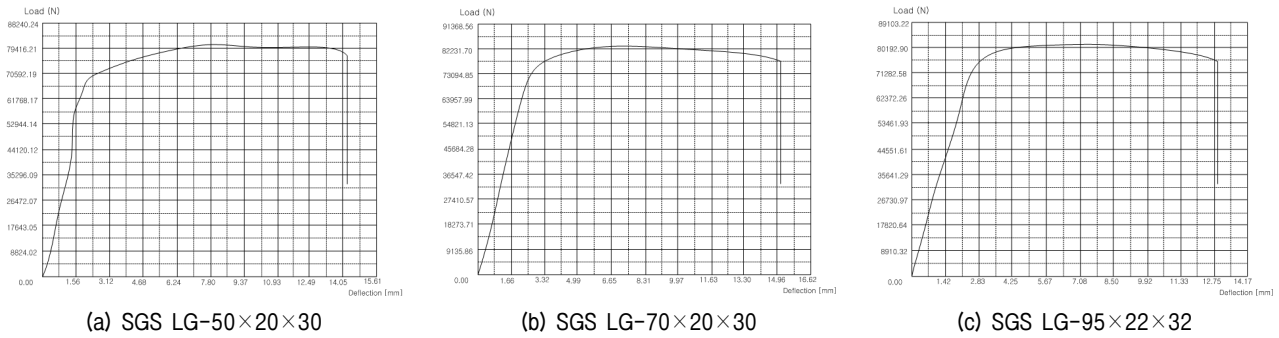


Fig. 13. Test result of 4-point bending test for new lattice girder

Table 6. Test result of 4-point bending test for new lattice girder

(Unit : N)

Division	50×20×30	70×20×30	95×22×32
Contacting area between spider and steel bar	80218.40	83062.33	81002.93

Table 7. Test results of 3-point bending strength

Division	Loading point		Contacting area/weak point (%)
	Contacting area	Weak point	
LG-50×20×30	55701.77N	47071.92N	118.33%
LG-70×20×30	54917.24N	44620.26N	123.08%
LG-95×22×32	50504.25N	44704.82N	112.97%
SGS LG-50×20×30	67862.02N	56290.17N	120.56%
SGS LG-70×20×30	62370.29N	56584.37N	110.23%
SGS LG-95×22×32	64625.82N	50700.38N	127.47%

Table 8. Test results of 4-point bending strength

Division	LG-50×20×30	LG-70×20×30	LG-95×22×32
Original lattice girder	67862.02N	64625.82N	77570.60N
New lattice girder	80218.40N	83062.33N	81002.93N
Ratio of new one's strength versus original	118.21%	128.53%	104.42%

SGS LG-95×22×32에서 수행된 4점 휨강도 실험결과를 보여주고 있다. 여기서 사용된 격자지보재의 스파이더 직경은 10mm이다. Fig. 13(a), 13(b), 13(c)는 하중을 스파이더와 주강봉의 접촉부에 적용하여 측정된 결과이다. Table 6은 격자지보재의 규격별 하중을 스파이더와 접촉부에 적용하였을 때의 최대하중을 나타낸 것이다. SGS LG-50×20×30을 적용하였을 때는 최대하중이 80218.40N, SGS LG-70×20×30을 적용하였을 때는 83062.33N, SGS LG-95×22×32을 적용하였을 때는 81002.93N으로 나타났다.

4.5 기존의 격자지보재와 신형 격자지보재의 성능향상 비교분석

스파이더와 강봉간의 접촉면적을 1400m²~1600m²에

서 2200m²~2400m²으로 향상시켜 Table 7과 같이 기존의 격자지보재의 성능과 신형 격자지보재의 3점 휨강도 실험결과를 비교한 결과, 신형의 격자지보재가 기존의 격자지보재에 비하여 스파이더와 주강봉 접촉부에 재하한 경우 20.56%, 13.57%, 19.73%의 강도증진 효과가 있었고, 스파이더와 스파이더 사이에 재하한 경우 18.33%, 26.81%, 12.97%의 강도증진 효과가 있었다. Table 8에서 기존 격자지보재와 신형 격자지보재의 4점 휨강도 실험결과를 비교한 결과, 신형의 격자지보재가 기존의 격자지보재에 비하여 18.21%, 28.53%, 4.42%의 강도증진 효과가 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 격자지보재의 공학적인 성능을 보다 객관

적으로 판단하기 위하여 국내 터널 현장에서 주로 사용되어 지고 있는 격자지보재의 세 가지 타입인 LG-50×20×30, LG-70×20×30, 및 LG-95×22×32를 사용하여 3점 휨강도 실험과 4점 휨강도 실험을 수행하였다. 또한 하중재하 위치에 따른 격자지보재의 성능을 비교·평가하기 위하여 각각의 실험방법에 두 가지 하중재하위치를 이용하여 실험을 수행하였다. 그리고 각각의 실험방법에 따라 격자지보재의 각 부재에 작용하는 하중분포를 분석하기 위하여 각 부재에 스트레인 게이지를 부착하여 변형률을 측정하였다. 또한 신형 격자지보재의 실제 시공 사례를 통하여 그 시공성 및 안정성을 판단하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 기존의 격자지보재(LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-95×22×32)를 이용하여 3점 휨강도 실험에 적용한 결과, 스파이더와 스파이더 사이에 하중을 재하하였을 때는 최대하중이 47071.92N, 44620.26N, 44704.82N으로 나타났다. 스파이더와 주강봉 접촉부에 하중을 재하하였을 때는 최대하중이 55701.77N, 54917.24N, 50504.25N으로 나타났으며 스파이더와 스파이더 사이에 하중을 재하하였을 때에 비하여 18.33%, 23.08%, 12.97% 강도가 더 높게 측정이 되었다.
- (2) 신형 격자지보재(SGS LG-50×20×30, SGS LG-70×20×30, SGS LG-95×22×32)를 이용하여 3점 휨강도 실험에 적용한 결과 스파이더와 스파이더 사이에 하중을 재하하였을 때는 최대하중이 56290.17N, 56584.37N, 50700.38N으로 나타났다. 스파이더와 주강봉 접촉부에 하중을 재하하였을 때는 격자지보재의 최대하중이 67862.02N, 62370.29N, 64625.82N으로 나타났으며 스파이더와 스파이더 사이에 하중을 재하하였을 때에 비하여 20.56%, 10.23%, 27.47% 강도가 더 높게 측정이 되었다.
- (3) 기존의 격자지보재(LG-50×20×30, LG-70×20×30, LG-95×22×32)를 이용하여 4점 휨강도 실험에 적용한 결과, 스파이더와 주강봉 접촉부에 하중을 재하하였을 때 최대하중이 67862.02N, 64625.82N, 77570.60N으로 나타났다.
- (4) 하중재하 위치별 신형 격자지보재(SGS LG-50×20×30, SGS LG-70×20×30, SGS LG-95×22×32)의 강도

증진 효과를 살펴보면, 3점 휨강도 실험결과 스파이더와 주강봉 접촉부에 하중을 가하였을 경우 21.83%, 15.21%, 27.96%의 강도증진 효과가 있었고, 하중을 스파이더와 스파이더 사이에 가하였을 경우에는 19.58%, 26.81%, 13.41%의 강도증진 효과가 있었다. 4점 휨강도 실험 결과 스파이더와 주강봉 접촉부에 하중을 재하하였을 때 기존의 격자지보재에 비하여 18.21%, 28.53%, 4.42% 강도가 더 높게 측정이 되었다.

- (5) 신형 격자지보재는 기존 격자지보재의 무게와 단면 형상을 유지한 채 강봉과 스파이더 간의 기계적 체결과 접촉면적을 넓혀 격자지보재의 강성을 높임으로써 용접부의 탈락으로 인한 국부파괴 가능성에 대한 안정성 및 시공성, 경제성을 확보하였는바 국내 터널시공 시 활용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김동규, 최윤호, 김동률 (2007), “레티스거더 성능평가를 위한 실내시험기법의 평가”, *Korean Geotechnical Society conference*, pp.1113-1120.
2. Baumann, T. and Betzle M. (1984), “Investigation of the performance of lattice girders in tunnelling”, *Rock mechanics and Rock Engineering*, Vol.17, pp.67-81.
3. Braun, W. M. (1983) “Lattice Girders Offer Economy and Performance for Tunnel Support”, *Tunnels & Tunnelling*, Vol.15, No.5, pp.19-22.
4. Kim, D. G. and Bae, G. J. (2008a), “Development of a laboratory testing method for evaluating the loading capability of lattice girder”, *Journal of Korean Tunnelling Association*, Vol.10, No.4, pp.371-382
5. Kim, D. G., Lee, S. H., and Choi, Y. N. (2008b), “Evaluation of Loading Capacity of Lattice Girder according to Laboratory Testing Method”, *Korean Geo-Environmental Conference*, pp.399-406.
6. K.I.C.T. (1996), “Application of Lattice Girders in Tunnelling”, *천원공업(주)*, pp.1-99.
7. KS D 3504, “Deformed Steel Bar”, pp.3-5.
8. Moon, H. D. (1997), “Mechanical Characteristics and Applicability of a Lattice Girder for a Support in Tunnelling”, *Ph. D. degree thesis*, Kyounghee University, pp.35-52.
9. Moon, H. D. (1999), “Evaluation on the Applicability of a Lattice Girder for a Support System in Tunnelling”, *Journal of Korean Society for Rock Mechanics*, Vol.9, pp.204-213.
10. Weber, J. (1983) “Erfahrungen mit Druckluftvortrieben in Spritzbetonbauweise beim M/inchner U-Bahn-Bau”, *Vortrag auf der STUVA-Tagung Tunnel* 1983.
11. Yang, H. S., Jeong, H. S., and Kim, W. B. (2005), “Numerical Analysis for the Structural Behavior of Lattice Girder”, *Journal of Korean Society for Rock Mechanics*, Vol.15, No.4, pp.243-249.

(접수일자 2012. 1. 11, 심사완료일 2012. 10. 15)