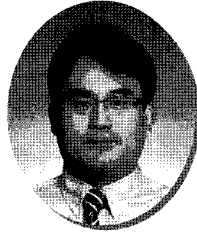




터널지보재중 격자지보재의 종류, 특성 및 품질검사에 대하여 알고 싶습니다.



김 동 규
한국건설기술연구원
지반연구실 연구위원
(dgkim2004@kict.re.kr)

국내에서 터널 강지보재로 주로 사용되고 있는 격자지보재는 1980년대 유럽(독일)에서 개발되었으며 90년대 초중반부터 국내에 도입되어 현재에는 국내 강지보재의 표준으로 자리잡고 있다. 이것의 정식명칭은 'Pentax Lattice Girder'로 강봉을 삼각형 또는 사각형으로 엮어 만들어 터널형상에 맞도록 제작한 강지보재의 한 종류이다. 지보재로서의 기능을 수행하기 위해서는 허용 지지하중 범위 내에서 어느 정도의 변위를 허용할 수 있어야 하고, 외력을 다소 흡수할 수 있는 시스템으로 구성되어야 한다. 이를 위해서는 연결용 부재인 스파이더가 격자지보재의 상·하부 강봉에서 전달되는 힘들을 흡수할 수 있는 접합요소(integral element)로서의 역할을 하여야 한다.

스파이더와 강봉의 용접부는 격자지보의 지지력 발휘에 매우 중요한 역할을 하므로 용접기술이 격자지보의 품질 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 일반적으로 용

접부의 길이는 전단력에 저항할 수 있도록 3cm 이상으로 하며, 취성파괴가 발생하지 않도록 완전한 접합이 되도록 용접되어야 한다.

격자지보재는 일반적으로 표준형 3개강봉, 보강형 4개강봉, 침하방지용 4개강봉으로 나뉘어진다. 표준형 3개강봉은 단면형상이 삼각형 모양으로 3개의 강봉으로 구성되어 있고, 보강형 4개강봉은 표준형과 형태상 동일하나 상부에 강봉 하나를 더 결합한 형태이다. 4개강봉은 단면형상이 사각형 모양으로 4개의 강봉으로 구성되어 있고, 터널하부 지지지반이 연약한 경우 바닥지보재로 주로 사용되고 있다.

국내에서는 주로 표준형 3개강봉 격자지보재가 사용되어지며 격자지보재를 구성하는 강봉과 스파이더는 고강도(high strength), 우수한 제작성(Great Formability) 및 용접성 매우 우수한(very good welding suitable) 소

표 1. 격자지보재의 물리/화학적 특성

특성	강봉	스파이더
항복강도	≥520MPa	≥500MPa
극한강도	≥항복강도×1.15	≥550MPa
연신율	≥14%	≥10%
C함량	0.16~0.24	0.16~0.24
Mn함량	0.8~1.0	0.65~1.0
Si함량	0.15~0.35	0.15~0.35
탄소당량(Ceq)*	≤0.48	≤0.48

*: $Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ (국제용접협회 (International Institute of Welding))

재이어야 한다. 격자지보재가 독일에서 최초로 개발되었을 때 아래 표와 같이 강봉과 스파이더로 사용되는 강재의 물리/화학적 특성을 규정하였다.

항복강도는 강봉의 경우 520MPa 이상으로 규정하였으며 스파이더는 500MPa 이상으로 규정하였다. 연신율은 강재의 연성파괴를 의미하는 것으로 연신율이 이보다 작을 경우 강재가 취성파괴를 일으켜 격자지보재의 특징중에 하나인 작용하는 외력에 대한 흡수력이 떨어져서 급작스러운 파괴가 발생하여 터널붕괴사고를 발생시킬 수 있다. C, Mn 및 Si는 강재의 항복강도를 좌우하는데 이들의 함량이 증가할수록 강도는 증가하는 장점이 있지만 용접성능이 떨어지는 단점이 있다. 용접성능이 떨어지면 격자지보재 전체 지지성능이 감소하므로 격자지보재의 강

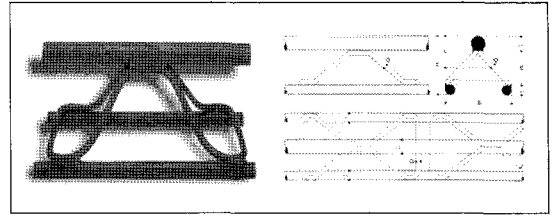


그림 1. 표준형 3개강봉 격자지보재

도를 증가시키면서 부재간 용접성능도 증가시킬 수 있도록 이들의 함량을 규정하였다. 또한, 용접성능 확보를 위하여 탄소당량을 적용하였는데, 탄소당량은 증가할수록 용접성능이 떨어지고 C 및 Mn 함량과 비례하므로 아래 표에 제시된 탄소당량보다 클 경우 격자지보재의 용접성능이 저하되어 격자지보재의 전체적인 지지성능이 저하될 수 있다.

국내에서는 주로 사용되는 표준형 3개강봉의 격자지보재는 아래 표와 같이 각 형태(타입)별로 지반조건, 하중조건 및 시공조건등에 따라 다양한 제원을 가지고 있다. 그러나, 국내에서는 회색으로 표시된 3가지 타입만 사용되고 있는데 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 지반조건, 하중조건 및 주변여건에 따라 강지보재가 설계되어야 하지만 국내실정에서는 강지보재를 설계에 반영하지 않고 있으며 각각의 국내기관별 강지보재의 설계패턴이 획일화되어 있기 때문이라고 판단된다.

국내에서는 터널설계기준(2007)과 터널표준시방서

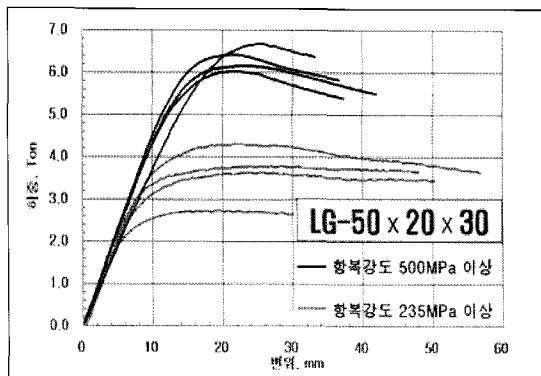


그림 2. 50타입 휨강도 실험결과

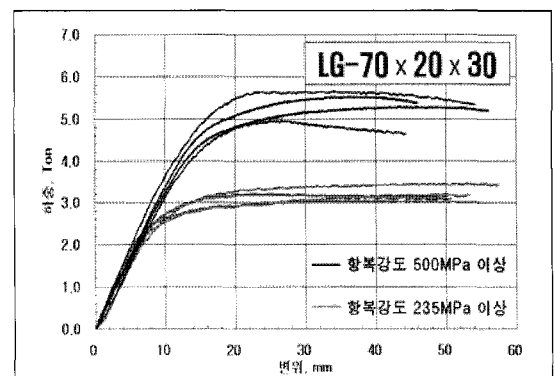


그림 3. 70타입 휨강도 실험결과

표 2. 표준형 3개강봉 격자지보재 치수 및 단면제원

형태	단면치수(mm)					단면적 (cm ²)	단위중량 (kg/m)	단면2차모멘트 (cm ⁴)		단면계수 (cm ³)	
	S ¹	S ²	H	B	D			I _x	I _y	Z _x	Z _y
50	18	26	94	100	10	10.4	10	138	89	29	18
	20	30	100	100	10	13.6	12.3	193	106	38	21
70	18	26	114	140	10	10.4	10.2	223	192	39	27
	20	30	120	140	10	13.6	12.5	306	232	51	33
	22	32	124	140	10	15.6	14.3	375	272	60	39
	26	34	130	140	10	19.7	17.5	501	356	71	51
95	18	26	139	180	10	10.4	10.7	359	337	51	37
	20	26	141	180	10	11.6	11.7	405	406	53	45
	20	30	145	180	10	13.4	13.1	485	407	66	85
	22	32	149	180	10	15.6	14.9	589	482	78	54
115	26	34	155	180	10	19.7	18.2	774	641	92	71
	18	26	159	220	12	10.4	11.7	491	521	61	47
	20	30	165	220	12	13.6	14.1	658	634	78	58
130	22	32	169	220	12	15.6	15.9	795	752	94	68
	18	34	175	220	12	19.7	19.2	1040	1010	109	92
	20	26	174	220	12	10.4	11.7	603	521	69	47
	22	30	180	220	12	13.6	14.1	806	634	87	58
130	26	32	184	220	12	15.6	15.9	971	752	105	68
	26	34	190	220	12	19.7	19.2	1264	1010	122	92

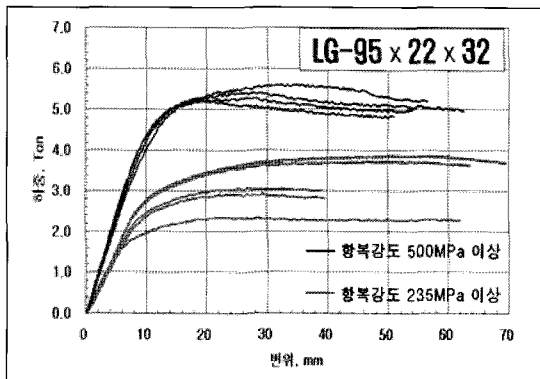


그림 4. 95타입 휨강도 실험결과

(2009)에서 '격자지보의 재질은 KS D3504에 규정된 SD500W를 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 하여야 한다.'는 내용을 추가하여 격자지보재의 강봉과 스파이더의 항복강도와 용접성능을 규정하였다. 이것은 국내에서 생산되는 용접구조용 저탄

소(탄소함량이 0.3% 이하) 강봉은 KS D3504에 규정된 SD500W(SD: 이형철근, 500:항복강도, W: 용접용 강재)가 가장 높은 항복강도를 가지고 있어 이와 같은 국내 강재 현실을 고려하여 국내 격자지보재의 강봉과 스파이더의 항복강도를 500MPa이상으로 규정한다는 의미이다.

그러나, 일부(설계사 및 시공사)에서는 본 내용을 자의적으로 해석하여 SD500W만을 사용하여 격자지보재를 제작한다고 판단하고 있다. 이것은 격자지보의 강봉과 스파이더의 재질에 대한 항복강도와 용접성능 확보라는 취지와 어긋나므로 현장에서 수행하는 품질검사시 최초로 개발된 격자지보재 재질의 공학적, 물리적 및 화학적 특성을 바탕으로 격자지보재의 품질관리가 수행되어야 할 것이다.

격자지보재는 강재의 항복강도에 따라 지지성능이 확연하게 달라진다. 아래 그림들은 격자지보재 50타입, 70

타입 및 95타입에서 강재의 항복강도 500MPa이상 가진 경우와 강재가 235MPa이상 가진 경우에 대하여 실내 휨 강도실험 결과를 보여주고 있다. 지지성능이 36%에서 42%까지 떨어지는 현상을 보였으며 격자지보재를 구성

하는 강재가 기준에 적합한 항복강도를 가지고 있지 않으며 터널현장에 설치된 격자지보재가 지보효과를 제대로 발휘 할 수 없으며 공사중 터널 붕괴사고를 야기시킬 수 있다.