Journal of Korean Society of Steel Construction
Vol.37, No.5, pp.281-289, October, 2025

ISSN(print) 1226-363X ISSN(online) 2287-4054
DOI https://doi.org/10.7781/kjoss.2025.37.5.281

현장 작업 편의성을 개선한 철근의 겹침 용접이음 상세 제안

최종열[1] · 김희동[2*]

[1]박사과정, 인하대학교, 건축공학과, [2]교수, 인하공업전문대학, 건축학과

Proposal of a Reinforcing Bar Welding Lap Splice Detail for Improved Construction Site Workability

Choi, Jong Youl[1], Kim, Hee Dong[2*]

[1]Graduate Student (Ph.D. Course), Dept. of Architectural Engineering, Inha University, Incheon, 22212, Korea
[2]Professor, Dept. of Architecture, Inha Technical College, Incheon, 22212, Korea

Abstract – The current Korea standard provides welding splice details for weldable reinforcing bars. However, such bars are no longer in production. Nevertheless, certain construction methods necessitate the welding of reinforcing bars, making it necessary to weld general-purpose and seismic-grade reinforcing bars as well. The issue with existing welding splice details is that they involve multiple start and end points, which can introduce uncertainties. In particular, applying these details to general-purpose and seismic-grade reinforcing bars, where welding performance is already uncertain, raises concerns about potential deterioration in weld quality. Therefore, this study aims to propose a new welding splice detail that not only addresses these issues but also enhances construction site workability. In this study, tensile tests were conducted on reinforcing bars welded using two different welding methods double-sided intermittent welding and 10d continuous welding. The results showed that double-sided intermittent welding exhibited unstable strength in some specimens, whereas 10d continuous welding demonstrated stable performance comparable to that of the existing Korea standard details. Consequently, 10d continuous welding was selected as the proposed welding splice detail. Additional tensile tests were conducted under various conditions, and the results confirmed that, except for SD600S reinforcing bars, all specimens met the failure strength requirement (125 % of the specified yield stress) specified by the design standards. Based on these findings, the proposed welding splice detail is expected to enable more reliable welding of general-purpose and seismic-grade reinforcing bars.

Keywords – Welded joint, Double-sided intermittent welding, 10d Continuous welding, General-purpose reinforcing bar, Seismic-grade reinforcing bar

1. 서 론

철근콘크리트 부재에서 철근은 인장력을 저항하는 보강재로서 시공 시 이음이 필수적으로 요구된다. 철근 이음에는 여러 종류가 존재하지만 D35 이하의 철근에서는 일반적으로 겹침 이음이 가장 많이 사용된다. 인장력을 받는 이형 철근 겹침 이음의 최소 길이는 B급 이음의 경우 건축구조기준에 따라 식 (1)로 정의되며, 철근의 지름이 클수록 최소 겹침 길이도 증가한다[1]. 이로 인해 시공성이 저하되고 재료 사용량이 늘어나는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 용접 겹침이음을 적용할 수 있으며, 이를 통해 이음부의 길이와 재료의 사용량을 줄일 수 있다.

$$L_{laplength} = 1.3\left(\frac{0.6\, d_b f_y}{\lambda\, \sqrt{f_{ck}}}\right) \tag{1}$$

철근의 용접이음은 KS B ISO 17660-1에서 겹침 이음부 상세를 제안하고 있으며, 관련 설계 기준에서 용접용 철근을 사용하도록 규정하고 있다[2]. 그러나 현재 국내 사정상 용접용 철근의 수급이 거의 불가능한 상황

Note.-Discussion open until April 30, 2026. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on July 16, 2025; revised on September 10, 2025; approved on September 11, 2025.

*Corresponding author.
Tel. +82-32-870-2251 Fax. +82-32-870-2512
E-mail. drkimhd@inhatc.ac.kr

이다. 그럼에도 불구하고 일부 공법에서는 철근의 용접이 불가피하여 일반용 혹은 내진용 철근을 용접하여 사용할 수밖에 없는 것이 현실이다.

선행 연구에 따르면 일반용 및 내진용 철근을 용접하더라도 일정 조건 하에서는 건축구조기준에서 제시되는 파괴강도($1.25f_y$)가 만족되는 것을 확인할 수 있다[3]. 다만, ISO에서 제안된 용접 이음 상세는 단속 용접으로 시작지점(Start point)과 종료지점(End point)이 다수 존재하여 용접 결함의 우려가 높다. 또한 시공성 입장에서도 정확한 치수 맞춤 및 간격 조정 등 이 힘들고, 이로 인하여 시공성 저하를 초래할 수 있다. 특히 일반용 및 내진용 철근은 용접을 목적으로 생산된 철근이 아니므로 강종 특성에 따라 용접 시 예측 불가능한 상황이 발생할 수 있다. 이럴 경우 기존의 이음상세에서 제시된 문제점과 상호작용하여 불확실성이 증가되고 용접 성능이 저하될 우려가 크다. 따라서 본 연구에서는 기존 용접 겹침이음에서 발생할 수 있는 시공상의 문제점을 보완하기 위해 시작지점과 종료지점의 발생을 최소화하면서 현장의 시공성을 개선할 수 있는 새로운 용접이음 상세를 제안하고자 한다.

2. 철근 용접 이음 상세 제안

2.1 기존 용접 이음 상세 분석의 필요성

선행 연구에서는 Fig. 1(a)와 같이 KS ISO 기준에서 권장하는 단속 용접 상세와 시작지점과 종료지점을 최소화하여 일반용 및 내진용 철근에서 원활한 용접 이음을 적용할 수 있도록 제안된 Fig. 1(b)의 연속 용접 상세를 비교하였다. 그 결과 동일한 용접량을 사용한 경우 SD400 철근에서만 건축구조기준에서 제시하는 파괴강도를 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 다양한 철근 종류에서 동일 용접량을 가진 연속 용접 상세를 사용하기에는 어려움이 있을 것이라고 판단하여 단속 용접 상세의 강도 저하를 개선하기 위해 선행 연구의 연속 용접 상세를 보완할 수 있는 방안을 고민하였다.

단속 용접으로 인한 용접 개소의 증가 및 입열량 증가의 영향을 평가하기 위해 다음과 같은 대조군 실험을 계획하였다. Fig. 2(a)는 기존의 일면 단속 용접 상세의 단면을 나타내며, Fig. 2(b)는 기존 상세를 응용하여 양

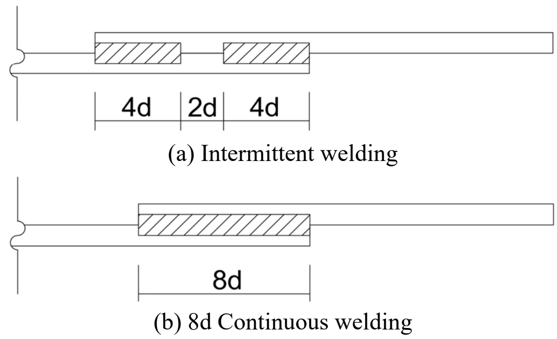


Fig. 1. Welding configuration of reinforcing bar

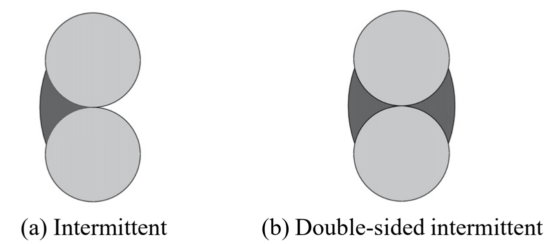


Fig. 2. Welded reinforcing bar cross-sectional detail

면 용접을 실시한 상세이다. 이는 일면에 비해 시작 및 종료지점과 용접량이 2배가 되며, 이에 따라 용접 시 입열량도 증가하게 된다.

따라서 본 연구에서는 시작지점과 종료지점의 영향 및 용접량 증가 방식에 따른 영향을 확인하기 위해 Fig. 2(b)와 같은 상세를 적용하여 인장 시험을 수행하였다.

2.2 철근의 모재 인장 성능 시험

선행 연구에서는 Table 1과 같은 철근 범위에서 연구를 진행하였으며, 본 연구에서도 동일한 범위의 변수로 인장 시험을 수행하여 비교하였다. 단, 철근의 생산 시점에 따라 모재의 기계적 특성에 차이가 발생하므로 철근의 모재 인장 시험을 별도로 수행하였다.

본 연구에서 사용한 철근의 모재 인장시험은 KS B 0802에 명시된 조건으로 KOLAS 인증기관에서 진행하였으며, 인장시험편의 경우 KS B 0801에서 제시하는 2호 시험편으로 철근의 별도 가공 없이 표점거리와 물림부 길이를 준수하여 시험을 수행하였다[4],[5].

Table 2는 철근의 모재 인장 시험 결과를 나타내며, KS D 3504에서 규정한 기준(Table 3)을 만족하는 것으로 확인된다[6]. 또한 Fig. 3는 SD500 철근의 인장 시험 후 단면상태를 확인할 수 있으며, 시험에 사용된 모든

Table 1. Specimen combinations by grade and diameter

Grade	Diameter	Specimens
SD400	D13	4-13
	D22	4-22
SD500	D13	5-13
	D22	5-22
SD500S	D22	5S-22

Table 2. Material properties of test reinforcing bars

Specimens	Yield stress (MPa)	Tensile stress (MPa)	Yield ratio (%)	Tensile / Yield (-)	Elon gation (%)
4-13	481.7	626.7	76.9	1.30	18.3
4-22	438.7	536.0	81.8	1.22	22.7
5-13	543.0	687.0	79.0	1.27	16.7
5-22	560.0	700.7	79.9	1.25	14.0
5S-22	545.7	719.3	75.9	1.32	16.3

Table 3. KS D 3504 tensile property requirements

Grade	Yield stress (MPa)	Tensile stress (MPa)	Elongation (%)
SD400	400–520	Exceeds 1.15 times the yield stress	16 or more
SD500	500–650	Exceeds 1.08 times the yield stress	12 or more
SD600	600–780	Exceeds 1.08 times the yield stress	10 or more
SD400S	400–520	Exceeds 1.25 times the yield stress	16 or more
SD500S	500–620	Exceeds 1.25 times the yield stress	12 or more
SD600S	600–720	Exceeds 1.25 times the yield stress	10 or more


(a) 5-13

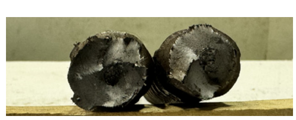

(b) 5-22

Fig. 3. Failure surface after base-metal tensile test

철근에서 연성 파괴형태의 파단면이 관찰되었다[7].

2.3 양면 단속 용접 이음 상세 인장 시험

용접 시편을 제작할 때에는 최대한 실제 공사 현장의 조건을 고려하여 제작하였다. 이에 따라 본 연구에서는 공사 현장에서 일반적으로 사용되는 용접 조건을 최대한 반영하여 철근 용접 경험이 있는 업체를 통해 용접을 진행하였다. 용접 방법은 슬래그 제거의 번거로움이 낮은 가스 금속 아크 용접(Gas Metal Arc Welding, GMAW)을 적용하였으며, 모재의 인장 강도를 고려하여 직경 1.2 mm의 매칭 용접 재료를 선정하였다. 용접은 Fig. 4에서 제시된 것과 같은 작업환경에서 진행하였으며, Table 4와 같은 용접조건을 적용하였다. 또한 서론에서 언급된 선행 연구에 의하면 예열은 강도 저하의 원인이 될 수 있으며, 현장에서 적용이 사실상 불가능하여 별도의 예열은 진행하지 않고 상온에서 진행하였다.

Table 5는 양면 단속 용접 상세의 인장시험 결과를 공칭단면적으로 나누어 인장응력을 산정한 결과이다. 이를 설계 기준에서 제시하는 파괴강도와 비교하였을 경우 SD500 D22철근을 제외한 모든 철근에서 만족하는 것으로 나타났다. 또한 선행 연구에서 진행된 단속 용접 시험결과와 비교하기 위해 모재강도를 활용하여 무차원화를 진행하였으며, 이에 대한 결과와 선행연구의 단속 용접 시험 결과를 Table 6에 정리하였다.

Table 6에 의하면 세 종류(4-13, 4-22, 5-22)의 철근에서 기존 용접 상세보다 용접량을 2배 늘린 양면 단속 용접이 오히려 모재 대비 강도가 낮아지거나 동일한 결과

Fig. 4. Field GMAW procedure for reinforcing bar

Table 4. Welding condition for reinforcing bar

Welding process	GMAW
Preheating temperature	Room temperature
Electric current	200 A
Voltage	30 V

Table 5. Tensile test results of double-sided intermittent

Specimens	Tensile stress (MPa)	Tensile stress / 1.25 fy (-)
4-13	598.0	1.20
4-22	535.7	1.07
5-13	680.0	1.09
5-22	617.0	0.99
5S-22	665.7	1.07

Table 6. Intermittent vs double-sided intermittent

Specimens	Welded stress / Material tensile stress	
	Intermittent welding	Double-sided intermittent welding
4-13	0.974	0.954
4-22	0.999	0.999
5-13	0.937	0.990
5-22	0.882	0.881
5S-22	0.841	0.925

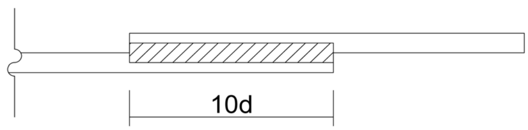


Fig. 5. 10d continuous welding geometry and dimensions

를 나타냈다. 용접량이 증가하면 강도가 증가할 것으로 예상되었으나 용접부 입열량이 함께 증가되기 때문에 강재의 열처리에 의해 강도를 조절하는 국내 철근 생산 방식(Temp core 방식)하에서는 용접 성능의 저하가 확인되었다. 또한 시작지점과 종료지점이 다수 존재할 경우 크레이터 및 응력 집중 등 강도 감소를 유발하는 원인이 될 수 있다. 따라서 용접용 철근이 아닌 일반용 및 내진용 철근을 용접할 경우 용접 결합의 불확실성을 최소화하기 위해 시작지점과 종료지점을 최소화시키는 것 역시 중요하다고 판단된다.

2.4 10d 연속 용접 이음 상세 인장 시험

용접 이음부의 시작지점과 종료지점을 최소화하기 위해 Fig. 5와 같은 연속 용접 상세(10d 연속 용접 이음 상세)를 제안한다. 이는 선행연구에서 기존 단속 용접과 동일한 용접량으로 제안된 연속 용접 상세의 인장성능을 바탕으로 용접 길이를 양단으로 철근 지름 만큼 증가시킨 상세이다.

Table 7은 10d 연속 용접 이음 상세의 인장시험 결과이며, 선행연구의 결과와 비교하기 위해 모재강도를 활용하여 무차원화를 진행한 이후 Table 8에 정리하였다. 이에 의하면 10d 연속 용접 이음 상세는 설계 기준에서 제시하는 파괴강도 이상의 결과를 나타냈으며, 단속 용접 상세의 인장강도보다 최대 5 % 높은 것으로 확인된다. 이에 따라 시작지점과 종료지점을 최소화하고 일면 용접으로 입열량을 제한할 경우 기존의 단속 용접보다

Table 7. Tensile test results of 10d continuous welding

Specimens	Tensile stress (MPa)	Tensile stress / 1.25 fy (-)
4-13	611.7	1.22
4-22	544.3	1.09
5-13	650.7	1.04
5-22	661.0	1.06
5S-22	636.7	1.02

Table 8. Intermittent vs 10d continuous

Specimens	Welded stress / Material stress	
	Intermittent welding	10d Continuous welding
4-13	0.974	0.976
4-22	0.999	1.016
5-13	0.937	0.947
5-22	0.882	0.943
5S-22	0.841	0.885

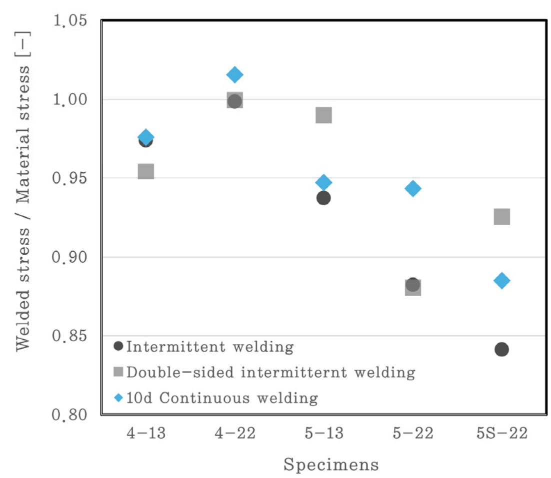


Fig. 6. Welded-to-base tensile strength ratio by reinforcing bar grade and splice detail

우수한 인장성능이 확인된다.

일반용 및 내진용 철근의 용접 이음 시 발생할 수 있는 불확실성을 최소화하기 위해 본 연구에서는 세 가지 용접 상세(단면 단속 용접, 양면 단속 용접, 10d 연속 용접)의 인장성능을 비교하였다. Fig. 6는 각각의 용접 상세에 대한 무차원화된 인장 성능을 철근 종류별로 정리한 결과를 나타낸다. 이에 따르면 전체 다섯 종류의 철근 중 세 종류(4-13, 4-22, 5-22)에서는 10d 연속 용접 이음의 인장 성능이 가장 높은 것으로 보이며, 나머지 두 종류에서는 양면 단속 용접 이음의 인장 성능이 높은 것으로 확인된다. 다만 양면 단속 용접 이음의 경우

Table 9. Chemical composition and carbon equivalents of reinforcing bar (Unit : %)

Specimens	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	B	Ceq	Pcm
4-10	0.25	0.14	0.53	0.021	0.018	0.09	0.11	0.02	0.21	0.002	0.0003	0.38	0.30
4-13	0.24	0.17	0.53	0.036	0.031	0.14	0.24	0.03	0.38	0.006	0.0004	0.42	0.31
4-19	0.20	0.15	0.49	0.022	0.036	0.15	0.25	0.05	0.23	0.006	0.0005	0.37	0.26
4-22	0.19	0.13	0.46	0.022	0.033	0.12	0.19	0.03	0.36	0.002	0.0005	0.34	0.25
5-10	0.26	0.14	0.51	0.022	0.029	0.08	0.14	0.01	0.27	0.020	0.0004	0.40	0.32
5-13	0.28	0.15	0.49	0.014	0.020	0.09	0.07	0.02	0.17	0.001	0.0002	0.40	0.33
5-22	0.28	0.11	0.46	0.031	0.033	0.11	0.24	0.03	0.40	0.005	0.0004	0.45	0.35
6-19	0.33	0.15	0.50	0.020	0.034	0.18	0.12	0.09	0.20	0.022	0.0005	0.49	0.39
4S-10	0.28	0.23	0.99	0.024	0.010	0.09	0.12	0.02	0.29	0.003	0.0004	0.50	0.30
5S-10	0.31	0.18	1.27	0.024	0.026	0.09	0.12	0.02	0.26	0.002	0.0006	0.57	0.40
5S-13	0.32	0.19	1.22	0.021	0.025	0.09	0.17	0.05	0.23	0.003	0.0005	0.59	0.41
5S-22	0.30	0.14	0.95	0.026	0.024	0.11	0.24	0.02	0.25	0.002	0.0005	0.53	0.38
6S-19	0.34	0.23	1.39	0.021	0.029	0.12	0.14	0.04	0.30	0.047	0.0009	0.65	0.45

일부 철근에서 인장 성능이 낮은 것으로 확인되며, 이는 시작지점과 종료지점이 다수 존재함에 따라 불확실성이 증가 및 입열량에 따른 결과로 판단된다. 또한 단속 용접의 경우 시공성이 저하되기 때문에 이러한 점을 전부 고려하게 되면 가장 안정적인 인장성능을 보유하고 있는 10d 연속 용접 상세가 현장에서 일반용 및 내진용 철근으로 사용하기에 적합하다고 판단된다.

3. 10d 연속 용접 이음의 용접성 및 사용 범위

3.1 철근 조건 확장에 따른 모재 성능 특성

10d 연속 용접 이음 상세의 현장 용접 성능 확대 적용성을 평가하기 이전에 철근의 모재 성능을 확인하였다. 본 연구는 일반용 및 내진용 철근을 대상으로 용접 이음 상세를 제안하는 것을 목적으로 하며, 철근 용접성 평가의 주요 변수인 탄소당량(Carbon equivalent, Ceq)을 확인하고자 KS D 1652의 스파크 방전 원자 방출 분광 분석법에 의해 화학성분 시험을 진행하였다[8]. 시험 결과는 Table 9에 정리하였으며, KS D 3504에서 제시된 탄소당량 기준은 Table 10과 같다.

화학성분 시험에 의하면 모든 시험편의 탄소당량이 용접철근에서 요구되는 조건을 만족하는 것으로 보이며, 일반용 철근에 비해 내진용 철근의 탄소당량이 높은 것으로 확인된다. 이는 내진용 철근의 경우 일부 화학성분의 조성을 증가시켜 강도를 확보하였기에 일반용 철근보다 비교적 높은 탄소당량 값을 가지는 것으로 보인다. 또한 재료의 용접성을 정량적으로 판단하기 위해 KS D 3866에 따라 용접균열감수성조성(Pcm)을 확인하였다[9]. 이에 따르면 내진용 철근에 비해 일

Table 10. Ks limits for Ceq of reinforcing bar

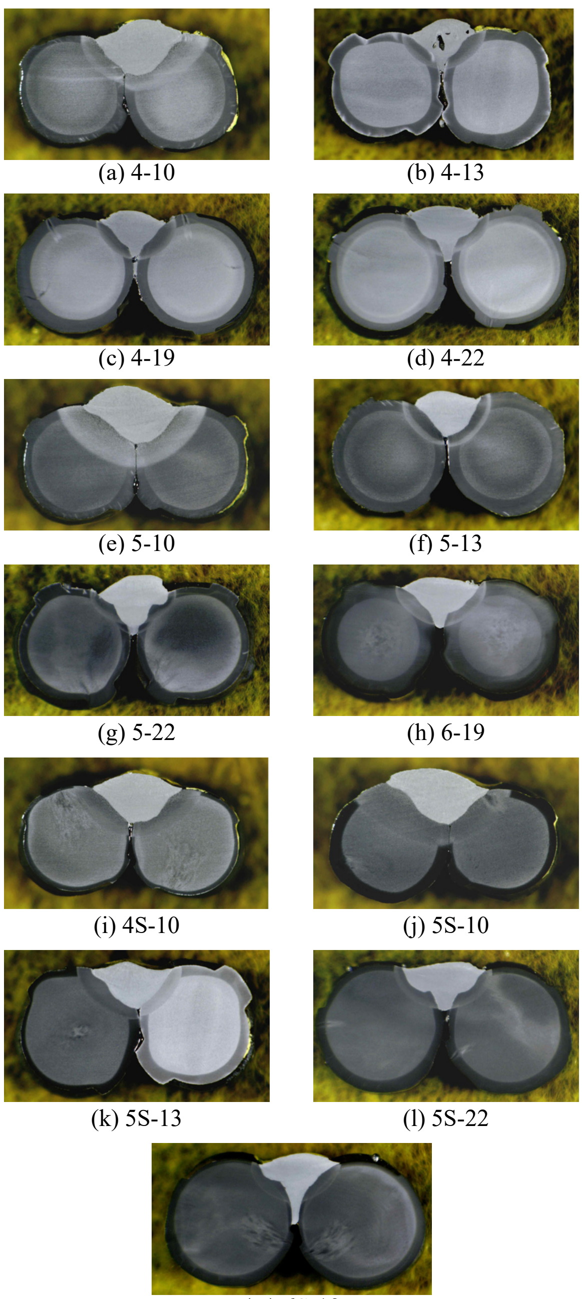
Type	Standard value (%)
SD400	-
SD500	-
SD600	≤ 0.67
SD400S	≤ 0.55
SD500S	≤ 0.60
SD600S	≤ 0.67

Table 11. Material tensile properties of the extended specimen set

Specimens	Yield stress (MPa)	Tensile stress (MPa)	Yield ratio (%)	Elongation (%)
4-10	480.7	604.0	79.6	21.0
4-13	481.7	626.7	76.9	18.3
4-19	492.0	578.7	85.0	20.0
4-22	438.7	536.0	81.8	22.7
5-10	592.7	702.0	84.4	16.7
5-13	543.0	687.0	79.0	16.7
5-22	560.0	700.7	79.9	14.0
6-19	667.3	796.3	83.8	12.7
4S-10	477.0	633.7	75.3	21.3
5S-10	460.7	751.3	61.3	16.7
5S-13	528.7	764.0	69.2	18.7
5S-22	545.7	719.3	75.9	16.3
6S-19	634.0	827.7	76.6	12.7

반용 철근의 용접균열감수성조성이 낮은 것으로 확인된다.

철근의 강종과 지름에 따른 10d 연속 용접 상세의 인장 성능을 분석하기 위해 KS B 0802에 명시된 조건으로 모재부 인장 시험을 진행하였다. 모재부 인장시험 결과는 Table 11에 정리하였으며, 5S-10 철근에서 모재의 최소 항복강도(500 MPa 이상, 620 MPa 이하)를 만족하지 못하는 것으로 확인된다.



(a) 4-10 (b) 4-13 (c) 4-19 (d) 4-22 (e) 5-10 (f) 5-13 (g) 5-22 (h) 6-19 (i) 4S-10 (j) 5S-10 (k) 5S-13 (l) 5S-22 (m) 6S-19

Fig. 7. Macro-etched sections of reinforcing bar splices

3.2 철근 조건 확장에 따른 용접 성능 특성

일반용 및 내진용 철근에서 10d 연속 용접 이음 상세를 적용할 시 인장성능을 확인하기 위해 8종의 철근에서 추가적인 인장 시험을 수행하였다[10]. 용접 조건은 Table 4와 같은 조건으로 진행하였으며, 용접부의 건전성을 확인하기 위해 ASTM E340-20에 따라 매크로 조직 시험을 수행하였다[11].

Fig. 7은 철근의 용접부 매크로 조직 시험 결과를 나타내며, 4-13 철근에서 블로우 홀(Blow hole)이 발견되었다. 이는 용접 중 기공이나 표면 청결 상태에 따라 발생할 수 있으며, 철근 용접의 경우 현장에서 용접부에 대한 비파괴 검사가 사실상 쉽지 않음을 고려할 때 일반용 및 내진용 철근의 용접 이음 시 주의하여 용접을 진행할 필요가 있을 것으로 사료된다. 단, 이번 연구에서는 블로우 홀에 따른 영향은 크게 나타나지 않았다.

Table 12는 10d 용접 이음 상세의 인장 시험 결과를 나타내며, KS B 0802에 준수하여 시험을 수행하였다. 이에 따르면 4-19 및 4-22 철근을 제외하고 모재 인장강도보다 최대 6 % 낮은 강도에서 파단이 발생하였으며, 이는 용접 시 발생하는 입열량의 영향으로 추정된다.

건축구조 기준에서 제시하는 기준 값(1.25 fy)과 비교할 경우 6S-19철근을 제외한 나머지는 기준 값을 만족하는 것으로 확인된다. Table 9에 의하면 6S-19 철근의 경우 탄소당량 및 용접균열감수성이 타 철근 대비

Table 12. Tensile test results for 10d continuous welding (extended specimen set)

Specimens	Tensile stress (MPa)	Welding stress / Material stress (-)	Welding stress / 1.25 fy (-)
4-10	583.7	0.97	1.17
4-13	611.7	0.98	1.22
4-19	576.3	1.00	1.15
4-22	544.3	1.02	1.09
5-10	665.0	0.95	1.06
5-13	650.7	0.95	1.04
5-22	661.0	0.94	1.06
6-19	748.7	0.94	1.00
4S-10	624.0	0.98	1.25
5S-10	747.3	0.99	1.06
5S-13	648.7	0.85	1.04
5S-22	636.7	0.89	1.06
6S-19	481.0	0.58	0.64

높은 수치를 보인다. 이러한 경향은 합금성분을 적용한 내진용 철근에서 공통적으로 나타나는 현상이라 판단된다. 또한 용접균열감수성이 비교적 높은 고강도 철근(6-19)에서도 기준 값에 근접하기 때문에 여유가 확보되지 않는 것으로 확인된다. 따라서 고강도 철근의 경우 용접 시 강도 발현이 불리한 것으로 보이며, 내진용 철근에 비해 일반용 철근의 용접성이 우수한 것으로 판단된다.

이후 철근의 파단 위치를 확인하기 위해 일부 철근의 파단 형상을 Fig. 8에 정리하였으며, 용접부 파단은 모든 실험체에서 발생하지 않는 것으로 추정된다. 따라서 본 연구에서 진행한 용접조건으로 일반용 및 내진용 철근에 10d 연속용접 상세를 적용할 경우 본 연구 결과 상으로는 SD600S 철근을 제외한 모든 철근에서 사용이 가능할 것으로 확인된다.

조기 파단된 6S-19 철근의 거동을 확인하기 위해 하중-변위 곡선을 Fig. 9에 정리하였다. 동일한 강도 및 지름을 갖는 6-19 철근의 결과도 함께 포함하였으며, 일반용 철근과 내진용 철근 간의 거동을 비교하기 위해 5-22 및 5S-22 철근의 결과도 정리하였다. 이에 따르면 건축


(a) 5-22


(b) 5S-22


(c) 6-19

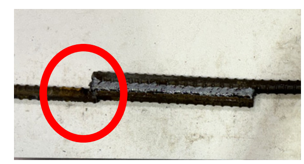
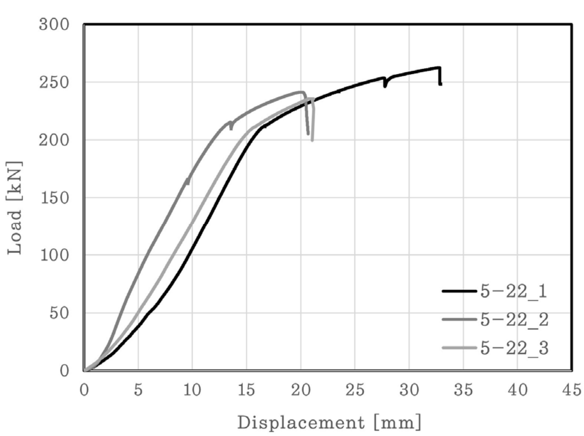
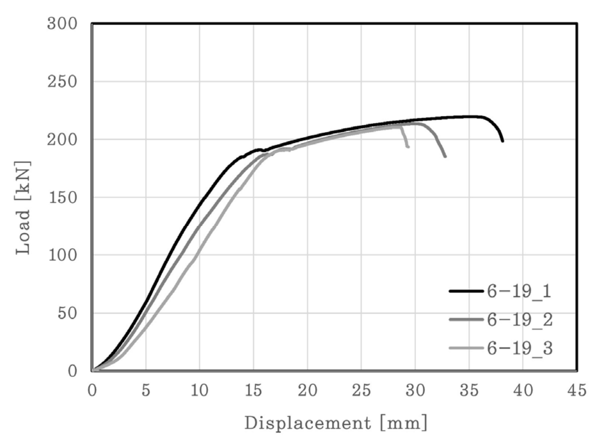

(d) 6S-19

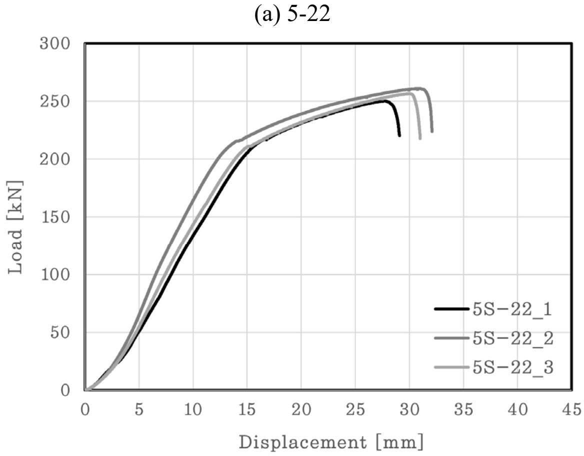
Fig. 8. Failure location after tensile tests of 10d continuous splices



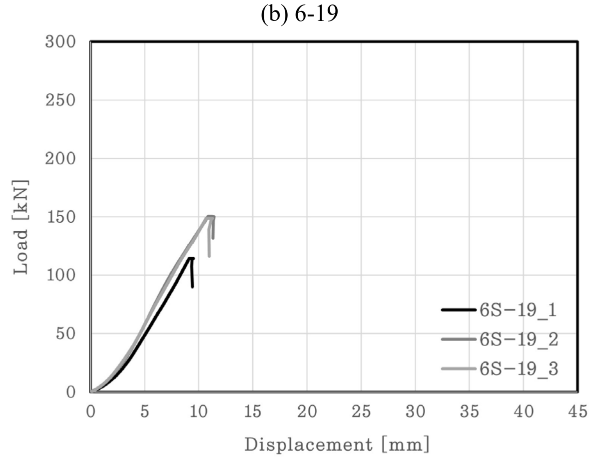
(a) 5-22



(b) 6-19



(c) 5S-22



(d) 6S-19

Fig. 9. Load-displacement response of 10d continuous splices

구조기준에서 제시하는 기준 값을 만족하는 5-22 및 5S-22 철근의 경우 초기 탄성구간의 거동이 유사한 것으로 확인되며, 소성 구간에서의 연성은 내진용 철근이 더 우수한 것으로 나타났다. 반면에 6S-19 철근의 경우 6-19 철근과 초기 탄성구간의 강성은 유사한 것으로 확인되지만 탄성구간에서 파단이 발생하였다. 이는 용접 열영향부에서의 조기 파단에 따른 현상이라 판단되며, 추가적인 연구를 통해 탄소당량이 높은 철근의 열영향부에 대한 정량적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 일반용 및 내진용 철근을 용접할 경우 현장 용접 시공성 확보 및 용접 불확실성을 최소화하기 위해 10d 연속 용접 상세를 제안하였으며, 매크로 조직 시험 및 인장 시험을 수행하였다. 이를 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

(1) 단속 용접 상세의 경우 용접의 시작지점과 종료지점이 다수 존재함으로 인해 용접 결함의 불확실성이 증가하며, 용접 시간 증가 및 시공성이 저하되기 때문에 현장의 적용이 어려울 것으로 판단된다.
(2) 10d 연속 용접 상세의 경우 시작지점과 종료지점을 최소화할 수 있으며, 이는 시공성이 증가되면서 일반용 및 내진용 철근에 적용이 가능할 것으로 기대된다.
(3) SD600S 철근에 10d 연속 용접 상세를 적용할 경우 탄성 구간에서 파단이 발생하였으며, 이는 비교적 높은 탄소당량과 용접균열감수성의 영향에 의한 것으로 보인다. 이에 따라 탄소당량 및 용접균열감수성이 철근의 용접 이음 성능에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 한국연구재단 연구비지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부이다(NRF-2021R1F1A1062650). 이에 논문의 저자들은 감사의 말씀을 전한다.

참고문헌(References)

[1] Korea Design Standards. (2022) *Concrete Structural reinforcing Bar Detailed Design Standards*, KDS 14 20 50 : 2022, Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean).
[2] Korean Agency for Technology and Standards. (2017) *Welding - Welding of Reinforcing Steel - Part 1 : Load-bearing Welded Joint*, KS B ISO 17660 : 2006, Korea Standards Association (in Korean).
[3] Kim, H.D. and Choi, J.Y. (2024) Tensile Performance Evaluation According to the Welded Joint Form of Reinforcing Bar, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.36, No.2, pp.133–142, https://doi.org/10.7781/kjoss.2024.36.2.133 (in Korean).
[4] Korean Agency for Technology and Standards. (2003) *Method of Tensile Test for Metallic Materials*, KS B 0802: 2003, Korea Standards Association (in Korean).
[5] Korean Agency for Technology and Standards. (2017) *Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials*, KS B 0801 : 2007, Korea Standards Association (in Korean).
[6] Korean Agency for Technology and Standards. (2021) *Steel Bars for Concrete Reinforcing*, KS D 3504 : 2021, Korea Standards Association (in Korean).
[7] Choi, J.Y., Yeo, D.J., Kim, H.D., Chung, J.H., and Yang, J.G. (2023) Study on the Material and Welding of 420 MPa Class Seismic and Fire Resistance H-Shape Steel Beam Section, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.35, No.5, pp.261–271, https://doi.org/10.7781/kjoss.2023.35.5.261 (in Korean).
[8] Korean Agency for Technology and Standards. (2022) *Iron and Steel - Method for Spark Discharge Atomic Emission Spectrometric Analysis*, KS D 1652 : 2022, Korea Standards Association (in Korean).
[9] Korean Agency for Technology and Standards. (2024) *Hot Rolled Steel Sections for Building Structure*, KS D 3866, Korea Standards Association (in Korean).
[10] Kim, H.D., and Choi, J.Y. (2024) The Influence of Rebending on the Tensile Performance of Reinforcing Bars, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, Vol.36, No.1, pp.81–89, https://doi.org/10.7781/kjoss.2024.36.1.081 (in Korean).
[11] ASTM International (2020) *Standard Test Method for*

Macroetching Metals and Alloys, ASTM E340-20, ASTM International, USA.

기 호(Notation)

d : Bar size
d_b : Nominal Diameter
f_y : Yield Strength of Reinforcing Bar
λ : Factor for Lightweight Concrete
f_{ck} : Compressive Strength of Concrete
C : Carbon
Si : Silicon
Mn : Manganese
P : Phosphorus
S : Sulfur
Ni : Nickel
Cr : Chromium
Mo : Molybdenum
Cu : Copper
V : Vanadium
B : Boron

요 약 : 현행 KS 기준에서는 용접이음 상세를 용접용 철근을 대상으로 제시하고 있으나, 용접용 철근은 현재 생산되지 않고 있다. 그러나 일부 공법에서는 철근의 용접이 불가피하기 때문에, 일반용 및 내진용 철근에서도 용접이 필요하게 된다. 문제는 기존 용접이음 상세의 경우 시작 및 종료 지점이 다수 존재하여 불확실성을 야기할 수 있다는 점이다. 특히, 용접 성능에 대한 불확실성이 존재하는 일반용 및 내진용 철근에 이러한 상세를 적용하면, 용접 성능이 저하될 우려가 크다. 따라서 기존 상세의 문제점을 보완하면서도 현장의 시공성을 개선할 수 있는 새로운 용접이음 상세를 제안하고자 한다. 본 연구에서는 양면 단속용접과 10d 연속용접을 적용한 철근을 대상으로 인장시험을 진행하였다. 시험 결과, 양면 단속용접은 일부 시험체에서 불안정한 강도를 보이지만, 10d 연속용접은 기존 KS 상세와 비교해도 안정적인 성능을 확보하는 것으로 확인된다. 이에 따라 10d 연속용접을 새로운 용접이음 상세로 채택하여 추가적으로 다양한 변수에서 인장시험을 진행하였으며, SD600S 철근을 제외한 모든 시험체에서 설계기준이 요구하는 파괴강도(1.25 fy)를 만족하는 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서 제안한 용접이음 상세를 적용하면, 일반용 및 내진용 철근에서도 보다 신뢰성 높은 용접이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 용접이음, 양면 단속용접, 10d 연속용접, 일반용 철근, 내진용 철근