

강종에 따른 종방향 필릿용접부 공칭강도 계산식의 제안

조재병^{1)*} · 이혜영²⁾

¹⁾ 교수, 경기대학교, 토목공학과 ²⁾ 석사, 경기대학교, 토목공학과

Proposal of Estimation Equation for Nominal Strength of Longitudinal Fillet Welds with Different Types of Steel

Jo, Jae Byung^{1)*} Lee, Hye Young²⁾

¹⁾ Professor, Dept. of Civil Engineering, Kyonggi Univ., Kyonggi, 433-760, Korea

²⁾ Master, Dept. of Civil Engineering, Kyonggi Univ., Kyonggi, 433-760, Korea

ABSTRACT : High performance, high strength steels were developed and used in steel structures recently. Since the newly developed high strength steels possess different toughness, weldability, yield strength ratio, etc. in compare with conventional structural steels, it is required to investigate the applicability of the design strength of fillet weld specified in the existing design codes. The comparison of the design strengths of various codes from domestic and overseas shows quite a difference. Test results for fillet weld strengths were collected and statistically analysed. Each of yield strength, tensile strength of parent material and tensile strength of weld metal was selected as a main parameter for each estimation equation respectively. All the estimation equations yield almost same values for each type of steel regardless the type of main parameter selected. Considering the behaviour of fillet welded joints and for practical purposes, it is proposed that the equation with tensile strength of parent material is to be used in design codes. The comparison with the proposed nominal strengths of fillet welds shows that the existing design codes could lead to an uneconomical result for low strength steels and lie on an unsafe side for high strength steels.

KEYWORDS : longitudinal fillet weld, strength of fillet welds, nominal strength, high strength steel

1. 서론

최근 구조물에 대해 높은 기능성과 미적수준이 요구되고 있어 고강도, 고성능 강재의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 새로운 고강도, 고성능 강재가 개발되었고, 또 앞으로도 더 높은 강도의 강재가 개발될 것으로 기대된다.

이와 같이 구조물에 대한 시대적 요구에 부합하여 고강도

강재가 강교량에 적용되고 있음에도 불구하고 강교량의 설계 기준, 구조상세, 그리고 제작에 관한 규정들은 대부분 과거의 규정을 따르고 있다. 국내의 필릿용접부에 대한 설계는, Von Mises의 항복이론에 따라 모재의 항복강도를 $\sqrt{3}$ 으로 나누어 얻은 값을 전단에 대한 기본강도로 간주하고, 이 값을 안전율 1.7로 나눈 값을 허용응력으로 정하고 있다. 용접 축에 대한 하중의 작용방향에 따른 영향은 고려하지 않고 있으며, 모든 강종에 대해 동일한 방식으로 구한 값을 적용하고 있다. (도로교설계기준 (2010)⁽¹⁾, 철도설계기준 (2011)⁽²⁾ 참조)

이와 같은 국내 설계기준의 필릿용접 허용응력은 오래 전 일반적인 강도 수준의 용접구조용강재에 대한 연구 결과를 바탕으로 정했을 것으로 추정된다. 그러나 근래 새로 개발, 적용되고 있는 고강도 강재는 기존의 강재에 비해 항복비가 크므로 모재의 항복강도에 비례하는 기존의 필릿용접부 허용

Note.-Discussion open until April 30, 2013. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on June 22, 2012; revised August 9 2012; approved on September 25, 2012. © KSSC 2012

* Corresponding author

Tel. +82-31-249-9722

E-mail: jbj@kyonggi.ac.kr

응력 규정을 고강도 강재에 적용함에 있어 타당성 검토가 필요할 것으로 판단된다.

지금까지 고강도 강재의 필릿용접에 대한 국내 시험결과는 매우 한정적이며, 설계기준에 규정되어 있는 필릿용접부 설계 강도의 적합성을 보여주는 시험결과도^{(3),(4)} 많지 않다. 또한 강도가 낮은 일반 강재에 대해서도 용접성, 용접기술, 용접 품질관리 등이 많이 발전되었는데도 오래 전부터 현재까지 적용되고 있는 필릿용접의 허용응력이 실제 강도에 비하여 적절한 수준인지에 대해서도 발표된 것을 찾기 어렵다.

이 연구에서는 필릿용접부 강도에 대한 시험자료를 수집하여 필릿용접부 강도에 대해 국내외 설계 기준의 차이를 비교하고, 각 용접 변수에 따른 시험강도와 설계기준의 공칭강도에 대한 비교 자료 기반을 구축하여 고강도 강재에 대한 기존 설계기준 적용의 적합성을 검토하고자 한다. 또한 비교자료에 대해 통계 분석을 실시하여 필릿용접부의 설계에 합리적으로 적용할 수 있는 공칭강도 값을 제안하고자 한다.

필릿용접부는 용접축과 하중작용 방향에 따라 공칭강도에 차이가 있다. 이 논문에서는 하중작용 방향에 따른 영향을 고려하지 않고, Fig. 1과 같이 하중이 용접축과 같은 방향으로 작용하는 종방향 필릿용접부의 경우에 대해서만 다루었다.

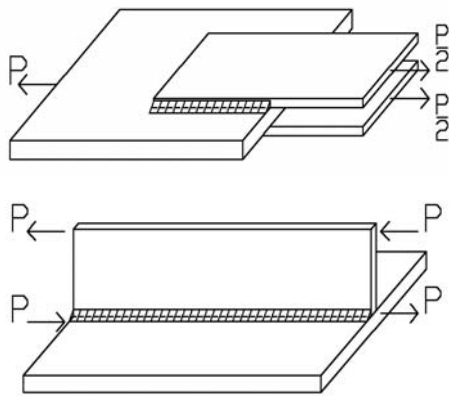


Fig. 1 Shapes of longitudinal fillet welded joint and load direction

2. 설계기준의 필릿용접 강도

2.1 일반사항

국내외의 모든 설계기준은 필릿용접의 목두께와 길이를 곱하여 구한 값을 구조 검토의 기준 단면적으로 사용하고 있다. 강종에 따른 각 설계기준의 필릿용접 공칭강도는 모재의 항복강도, 인장강도 또는 용접금속의 인장강도를 근거로 정한

값을 사용하고 있다. 허용응력설계법은 공칭강도에 안전율을 적용한 허용응력이 규정되어 있다. 국내외의 주요 설계기준에 따른 용접부의 공칭강도는 다음과 같다.

2.1.1 국내 기준

국내에서 현재 적용되고 있는 기준 도로교설계기준 (2010)⁽¹⁾은 허용응력 설계법을 따르고 있다. 모재의 항복강도를 사용하고 모재의 항복강도에 0.6을 곱한 값을 전단에 대한 기본강도로 하고, 다시 안전율 1.7로 나누어 얻은 값을 필릿용접의 허용응력으로 정해 놓았다. 용접축에 대한 하중 작용방향에 따른 구분 없이 모든 경우에 동일한 허용응력을 적용하고 있다. 허용응력설계법을 기반으로 하는 기준에는 공칭강도의 개념이 없으나 이 연구에서는 하중저항계수설계법에 따른 다른 설계기준의 공칭강도와 비교하기 위해 허용응력에 안전율을 곱한 값을 편의상 공칭강도로 사용하였다. 즉 설계기준에 주어진 허용응력이 1.7을 곱한 값을 공칭강도로 간주하였다.

최근 국내에서 발간된 도로교설계기준 (2012)⁽⁵⁾는 한계상태설계법에 기반을 두고 있다. 필릿용접의 설계강도는 용접금속의 분류강도에 0.6과 저항계수, 0.8을 곱한 값으로 규정되어 있다. 설계강도와는 구분되는 공칭강도는 저항계수를 적용하지 않은 값이다. 즉 공칭강도 값은 용접금속의 인장강도에 0.6을 곱한 값이다.

2.1.2 AISC (미국)

AISC (2010)⁽⁶⁾는 하중저항계수설계법을 바탕으로 하고 있다. 용접금속 인장강도에 0.60을 곱한 값을 기본전단강도로 사용하고 있다. 용접축에 대한 하중작용방향의 영향을 고려하여 필릿용접의 공칭강도를 다음 식 (2a)와 같이 제시하고 있다.

$$v_n = 0.60 \times f_{EXX} \quad (2a)$$

여기서,

f_{EXX} : 용접금속의 인장강도 (MPa)

2.1.3 CSA (캐나다)

CSA (2000)⁽⁷⁾는 미국의 AISC⁽⁶⁾와 동일한 형태의 공칭강도 식을 사용하고 있으며 전단강도 값으로 인장강도에 0.67를 곱하여 사용하고 있다. 공칭강도 계산식은 다음 식 (2b)와 같다.

$$v_n = 0.67 \times f_{EXX} \quad (2b)$$

2.1.4 DIN (독일)

DIN (2008)⁽⁸⁾의 필릿용접 허용응력은 모재의 항복강도에 보정계수 α_w 를 곱한 값에 안전율을 고려하여 식 (2c)와 같이 구한 값을 사용한다. 본 연구에서는 하중저항계수설계법에 따른 다른 설계기준과 비교하기 위해 허용응력 계산식에 안전율을 곱한 식 (2d)를 공칭강도 계산식으로 사용하였다.

$$\sigma_w = \frac{\alpha_w \times f_y}{\gamma_M} \quad (2c)$$

$$v_n = \alpha_w \times f_y \quad (2d)$$

여기서,

f_y : 모재의 항복강도 (MPa)

α_w : 강종에 따른 보정계수 (Table 1 참조)

Table 1. Correction factors α_w as per DIN⁽⁸⁾

| 강종 | S235 | S275 | S355 | S420 S450 S460 |
|------------|------|------|------|----------------------|
| α_w | 0.95 | 0.85 | 0.80 | 0.60 |

2.1.5 EC3

EC3 (2003)⁽⁹⁾은 하중저항계수설계법을 적용하고 있다. 필릿용접의 공칭강도는 모재의 인장강도를 $\sqrt{3}$ 으로 나눈 값을 기본 전단강도로 하고, 강종에 따른 영향을 고려하기 위해 계수 β_w 값을 사용하여 보정하도록 제시한 식 (2e)에 따라 구한다.

$$v_n = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w} \quad (2e)$$

여기서,

f_u : 모재의 인장강도 (MPa)

β_w : 강종에 따른 보정계수 (Table 2 참조)

Table 2. Correction factors β_w as per EC3⁽⁹⁾

| 강종 | S235 | S275 | S355 | S420 | S460 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| β_w | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 1.00 | 1.00 |

2.2 설계기준의 공칭강도 비교

국내에서 강교 제작에 사용되는 SM 및 HSB강재에 대해서 위의 2.1에 기술된 각 설계기준에 따른 필릿용접부 공칭강도를 산출하면 Table 3과 같다. 여기서 DIN⁽⁸⁾과 EC3⁽⁹⁾의 경우 보정계수는 모재의 항복강도가 비슷한 유럽 강종에 대한 값을 사용했으며, 그 값은 Table 4와 같다. AISC⁽⁶⁾와 CSA⁽⁷⁾는 필릿용접부의 공칭강도 계산식에 용접재료의 인장강도를 사용하는 것으로 되어 있는데, 여기서는 비교를 위해 매칭용접으로 간주하고 모재의 인장강도와 같은 값을 강도계산식에 사용하였다.

Table 3. Nominal strength of fillet welds according to foreign design codes

| 강종 | 국내 | CSA | AISC | DIN | EC 3 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SM400 | 141.5 | 268.0 | 240.0 | 232.8 | 288.7 |
| SM490 | 187.6 | 328.3 | 294.0 | 276.3 | 332.8 |
| SM520 | 210.7 | 348.4 | 312.0 | 292.0 | 333.6 |
| HSB500 | 219.4 | 335.0 | 300.0 | 228.0 | 288.7 |
| HSB600 | 259.8 | 402.0 | 360.0 | 270.0 | 346.4 |

Table 4. Correction factors α_w and β_w for domestic steel types

| 국내강종 | | α_w | β_w | 유럽강종 | |
|--------|------------|------------|-----------|------|------------|
| 강종 | 항복강도 (MPa) | | | 강종 | 항복강도 (MPa) |
| SM400 | 235 | 0.95 | 0.80 | S235 | 235 |
| SM490 | 325 | 0.85 | 0.85 | S335 | 335 |
| SM520 | 365 | 0.80 | 0.90 | S355 | 355 |
| HSB500 | 380 | 0.60 | 1.00 | S420 | 420 |
| HSB600 | 450 | 0.60 | 1.00 | S460 | 460 |

Fig. 2는 국내기준 도로교설계기준 (2010)⁽¹⁾에 따른 공칭강도에 대한 해외기준의 공칭강도 비를 국내의 교량용 강종에 대해 나타낸 것이다. 이 공칭강도의 비는 SM 400의 경우에 가장 큰 것으로 나타났다. 특히 AISC⁽⁶⁾와 CSA⁽⁷⁾의 경우 국내기준과의 차이가 가장 크며, 국내기준에 따른 값에 비해 1.9배이다. 강재의 강도가 증가할수록 점점 작아진다. 그러나 모든 경우 1.0 이상으로 나타나 국내기준의 공칭강도

가 가장 보수적인 것을 알 수 있다. 따라서 국내의 현행 설계 기준에 따른 값을 사용하면 강도가 낮은 강종에 대해서는 해외기준에 비하여 비경제적인 설계가, 고강도 강재에 대해서는 저장도 강재에 비해 상대적으로 안전율이 낮은 설계가 될 것으로 우려된다.

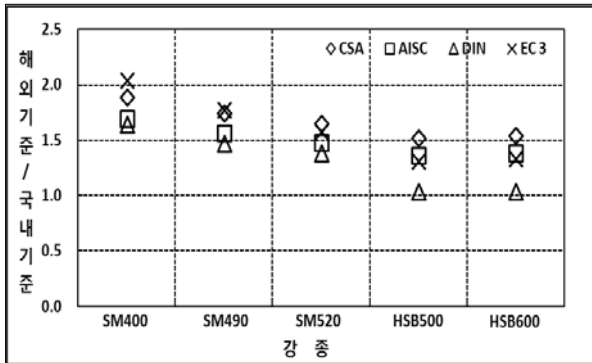


Fig. 2 Ratios of nominal strength according to foreign design codes and that of domestic

3. 필릿용접 공칭강도 추정식

3.1 분석대상 시험자료

이 연구에서는 필릿용접 공칭강도 추정식을 구하기 위해 통계 분석에 사용한 시험자료는 다음 Table 5와 같다.

Table 5. Test cases and sources used for analysis

| 강종 표시 | 재료강도 (MPa) | | | 출처 |
|----------|------------|------------|------------|--------------------------------------|
| | f_y | f_u | $f_{u,WM}$ | |
| SM520 | 396 409 | 541 569 | 625 | 조재병 등 (2006) ⁽³⁾ |
| S690 | 779 789 | 827 833 | 548 758 | Collin 등 (2000) ⁽¹⁰⁾ |
| S690Q | 716 | 760 | 836 981 | Kuhlmann 등 (2008) ⁽¹¹⁾ |
| S960 | 1014 | 1076 | 1245 | Bjork 등 (2010) ⁽¹²⁾ |
| G450 | 450 | 480 | 520 550 | Lip 등 (2000) ⁽¹³⁾ |
| Fe37 | 235 | 360 | 420 | Bornscheuer 등 (1966) ⁽¹⁴⁾ |
| SM50 | 345 | 470 | 420 | Kato 등 (1969) ⁽¹⁵⁾ |
| 300W | 297 | 448 | 480 | Miazga 등 (1986) ⁽¹⁶⁾ |
| Gr.50 | 345 | 448 | 496 | Bowmann 등 (1994) ⁽¹⁷⁾ |
| S355/de/ | 422 | 557 | 583 | FOSTA (2008) ⁽¹⁸⁾ |
| S460/de/ | 466 | 585 | 595 | |
| | 467 | 587 | 602 | |
| | 505 | 621 | 700 | |
| S690/de/ | 797 | 871 | 794 | |
| | 830 | 876 | 836 | |
| | 832 | | | |

3.2 분석방법

필릿용접 강도의 크기를 결정하는 주요변수로는 기하학적 형상과 치수 이외에 모재의 항복강도, 인장강도, 그리고 용접 금속의 인장강도 등을 들 수 있다. 이 연구에서는 이 3개의 변수를 각각 적용하여 필릿용접강도의 크기가 변화하는 경향을 분석하였다.

강종에 따른 필릿용접의 강도 변화에 대한 추이를 분석하기 위해 시험값을 다음 식 (3a)에 따른 전단강도 기본값, v_B 로 나누어서 무차원화시킨 값을 사용하였다.

$$v_B = \frac{f_k}{\sqrt{3}} \tag{3a}$$

여기서,

v_B : 전단강도 기본값

f_k : 주요변수로 사용한 모재의 항복강도.

인장강도 또는 용저접금속의 인장강도

전단강도 기본값에 대한 필릿용접강도의 비를 추정할 수 있는 추세선을 구하였다. 추세선은 선형식, 지수식, 로그식, 거듭제곱식 등을 적용한 경우에 대해 회귀분석을 통하여 구한 추세선 결정계수(R)로 비교하였다. 그 결과 최적의 추세선으로 다음 식 (3b)와 같은 거듭제곱식 추세선을 선정하였고, 따라서 식 (3c)를 시험 결과로부터 구한 확률 50%의 필릿용접 강도식으로 사용하였다.

$$\beta_{k,50\%} = B_{50\%} \times f_k^{(-m)} \tag{3b}$$

$$v_{n,50\%} = \beta_{k,50\%} \times \frac{f_k}{\sqrt{3}} \tag{3c}$$

여기서,

$\beta_{k,50\%}$: 전단강도 기본값

$B_{50\%}$ m : 확률 50% 추세선 식의 상수

식 (3d)를 이용하여 계산한 값을 공칭값_{50%}라 하면, 시험값/공칭값_{50%}의 평균은 1.0이 된다. 시험값/공칭값_{50%}가 정규분포인 것으로 가정하고, 확률 95%의 필릿용접 강도를 구하였다. 공칭값_{50%}에서 표준편차의 1.645배 떨어진 값을 구하면 다음 식 (3d)와 같은 확률 95%의 필릿용접 공칭강도 추정식이 된다.

$$v_{n,95\%} = (1 - 1.645 \times s) \times \beta_{k,50\%} \times \frac{f_k}{\sqrt{3}} \tag{3d}$$

여기서,

s : 시험값/공칭값_{50%}의 표준편차

용접금속은 일반적으로 매칭 용접을 하고 있으므로 모재와

동급의 강도를 갖는다. 그러나 시험체를 의도적으로 언더매칭 용접하여 제작한 경우에는 모재의 항복강도 또는 인장강도를 기준으로 시험값에 대한 추세선을 분석하는 것은 합리적이지 못한 것으로 판단되어 용접금속의 강도를 기준으로 하였다.

3.3 시험자료 분석

3.3.1 모재 항복강도를 적용한 분석

필릿용접 강도의 주요변수로 모재의 항복강도를 적용하고, 시험값을 모재의 항복강도를 사용한 전단강도 기본값으로 나누어서 무차원화 시킨 값을 나타내면 Fig. 3과 같다.

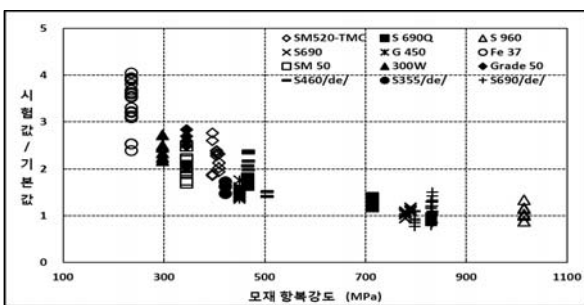


Fig. 3 Test strengths of fillet welds vs. yield strength of base metal

모재 항복강도에 따른 시험값/기본값의 추세선은 식 (3f) 와 같다.

$$\beta_{y,50\%} = 425.1 \times f_y^{-0.898} \quad (3f)$$

이 식을 사용하여 추정된 공칭강도에 대한 시험값의 비(시험값/공칭값_{50%})를 나타내면 Fig. 4와 같고, 표준편차는 0.163이며, 확률 95%의 값은 0.731이다.

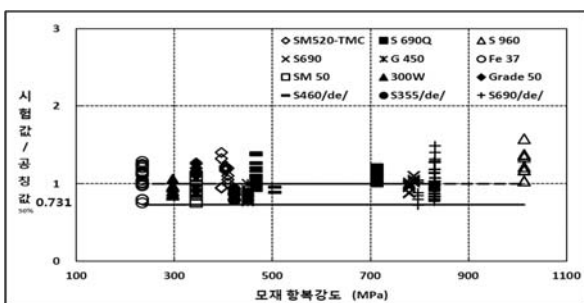


Fig. 4 Ratios of test values and nominal mean value vs. yield strength of base metal

3.3.2 모재 인장강도를 적용한 분석

필릿용접 강도의 주요변수로 모재의 인장강도를 적용하고, 시험값을 모재의 인장강도를 사용한 전단강도 기본값으로 나누어서 무차원화 시킨 값을 나타내면 Fig. 5와 같다.

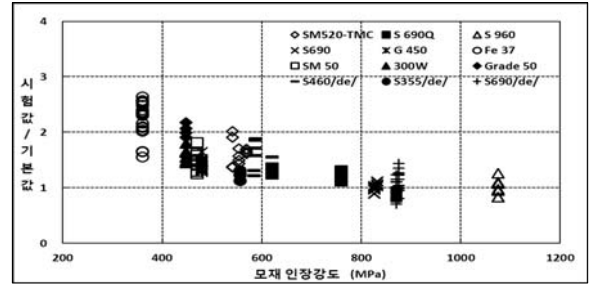


Fig. 5 Test strengths of fillet welds vs. tensile strengths of base metal

모재 인장강도에 따른 시험값/기본값의 추세선은 식 (3g)와 같다.

$$\beta_{u,50\%} = 255.3 \times f_u^{-0.822} \quad (3g)$$

이 식을 사용하여 추정된 공칭강도에 대한 시험값의 비(시험값/공칭값_{50%})를 나타내면 Fig. 6과 같고, 표준편차는 0.159이며, 확률 95%의 값은 0.738이다.

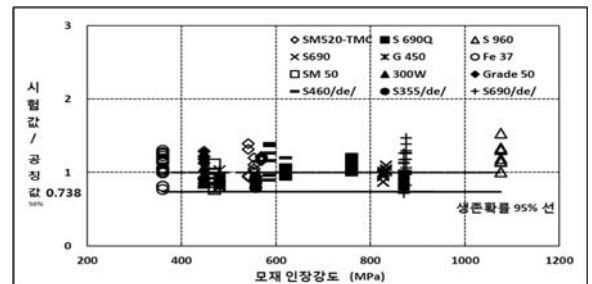


Fig. 6 Ratios of test values and nominal mean value vs. tensile strength of base metal

3.3.3 용접금속 인장강도 적용한 분석

필릿용접 강도의 주요변수로 용접의 인장강도를 적용하고, 시험값을 용접의 인장강도를 사용한 전단강도 기본값으로 나누어서 무차원화 시킨 값을 나타내면 Fig. 7과 같다.

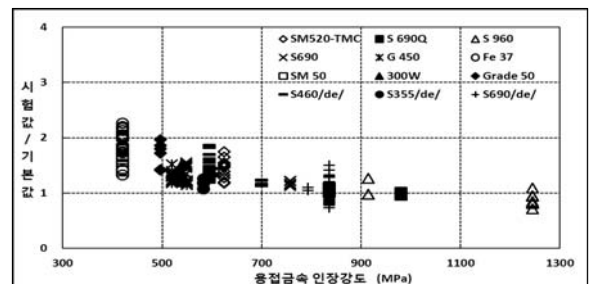


Fig. 7 Test strengths of fillet welds vs. tensile strength of weld metal

용접금속의 인장강도에 따른 시험값/기본값의 추세선은 식 (3h)과 같다.

$$\beta_{u,WM,50\%} = 172.9 \times f_{u,WM}^{-0.762} \quad (3h)$$

이 식을 사용하여 추정된 공칭강도에 대한 시험값의 비(시험값/공칭값_{50%})를 나타내면 Fig. 8과 같고, 표준편차는 0.156이며, 확률 95%의 값은 0.744이다.

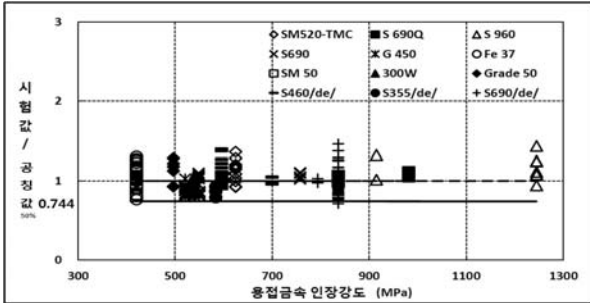


Fig. 8 Ratios of test values and nominal mean value vs. tensile strength of weld metal

3.4 공칭강도 추정식 제안

국내의 구조용강재에 대하여 강종별 각 공칭강도 추정식에 의한 필릿용접부 공칭강도강도 계산값은 Fig. 9와 같다. 강종별 용접금속의 인장강도는 편의상 모재의 규정 최소 인장강도 값을 사용하였다.

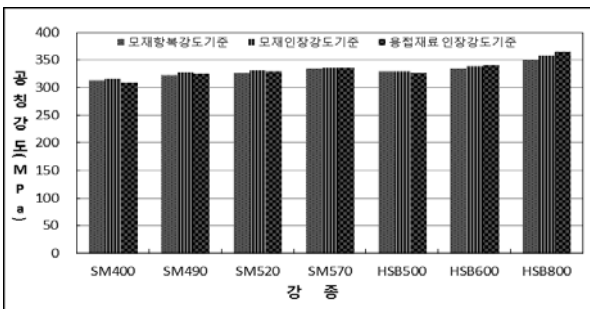


Fig. 9 Estimated nominal strength of fillet welds for different steel types

모재의 항복강도를 기준으로 한 공칭강도 추정 값은 모재의 인장강도를 적용한 경우보다 모든 강종의 경우에 작은 것으로 나타났으며, 2.2%까지 차이를 보이고 있다. 용접금속의 인장강도를 적용한 경우의 공칭강도 추정 값은 모재의 인장강도를 적용한 경우에 비하여 강도가 낮은 강종에서는 작게, 강도가 큰 강종에서는 크게 계산되었으나 차이는 2.2% 범위 이내로 나타났다. 따라서 강도 추정식의 주요변수로 위에서 검토한 강도 중 어떤 것을 택하든 필릿용접부 강도 추정 값에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 필릿용접부는 힘을 전달하는 부재의 극히 작은 일부분이고, 모재의 항복강도보다 큰 값으로 나타나므로 논리상 부적합한 것으로 판단된다. 또한 용접금속의 인장강도를 사용하는 경우에는 설

계 시 용접금속의 인장강도까지 미리 정해야하는 불편함이 있다. 따라서 모재의 인장강도를 기준으로 공칭강도를 산정하는 것이 좋을 것으로 판단하고, 다음의 식 (3i)를 필릿용접의 공칭강도 계산식으로 제안한다.

$$v_{n, 제안} = 187.7 \times f_u^{(-0.821)} \times \frac{f_u}{\sqrt{3}} \quad (3i)$$

4. 고 찰

국내의 강재에 대해 제안된 식 (3i)를 이용해 산출한 공칭강도와 국내 도로교설계기준에 의한 값을 비교하여 나타내면 Table 6과 같다. 도로교설계기준 (2010)⁽¹⁾은 허용응력설계법에 따른 것이므로 기준에 주어진 허용응력에 안전율을 곱을 값을 공칭강도로 간주하였으며, 도로교설계기준 (2012)⁽⁵⁾는 하중저항계수설계법에 근간을 두고 있으므로 주어진 강도계산식을 사용하여 공칭강도 값을 산출하였다.

Table 6. Nominal strengths according to the proposed equation and existing domestic design codes

| 구분 | 제안식 | 기준 ^{주1)} | 기준 ^{주3)} |
|--------|-----|--------------------|-------------------|
| SM400 | 317 | 136 | 240 |
| SM490 | 328 | 187 | 294 |
| SM520 | 332 | 213 | 312 |
| SM570 | 337 | 264 | 342 |
| HSB500 | 330 | 230 | 300 |
| HSB600 | 341 | 264 | 360 |
| HSB800 | 359 | 399 ^{주2)} | 480 |

주1) : 도로교설계기준(2010)의 허용응력에 안전율 1.7을 곱한 값

주2) : HSB800의 경우 허용응력에 안전율 1.816을 곱한 값

주3) : 도로교설계기준(2012)에 따라 구한 값 (용접금속의 강도는 모재의 강도를 적용하고, 저항계수는 고려하지 않았음)

제안된 공칭강도는, 도로교설계기준(2010)⁽¹⁾의 값과 비교하면, 강도가 낮은 강재일수록 월등히 큰 반면, HSB800강재의 경우에는 더 작다. 또한 하중저항계수법에 의한 도로교설계기준 (2012)⁽⁵⁾과 비교하여도 비슷한 경향을 보이며, 강종 HSB600과 HSB800의 경우에는 더 작은 것으로 나타났다. 따라서 기존의 설계기준에 따른 필릿용접부의 공칭강도는 낮은 강도의 강재에 대해서는 비경제적이고, 고강도 강재의 경우에는 적절한 안전성을 확보하지 못할 우려가 있다고 판단된다.

5. 결 론

- (1) 종방향 필릿용접부의 공칭강도에 대해 국내외의 설계기준을 비교하고, 시험 결과를 수집하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.
- (2) 국내 도로교설계기준 (2010)⁽¹⁾에 따른 값은, 해외기준에 비해, 강도가 낮은 강중에 대해서는 비경제적인 설계가, 고강도 강재에 대해서는 저강도 강재에 비해 상대적으로 안전율이 낮은 설계가 될 수 있다.
- (3) 모재의 항복강도강도, 또는 용접금속의 인장강도를 필릿용접 공칭강도 추정식의 주요변수로 사용한 경우는 모재의 인장강도를 사용한 경우에 비하여 계산한 강도 값이 모든 강종의 경우 거의 비슷하며, 최대 2.2%의 차이를 보이고 있다.
- (4) 필릿용접부의 거동특성과 설계의 실용성을 고려하여 모재의 인장강도를 기준으로 공칭강도를 산정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.
- (5) 기존의 설계기준에 따른 필릿용접부의 공칭강도는, 제안된 공칭강도 계산식과 비교했을 때, 낮은 강도의 강재에 대해서는 비경제적이고, HSB 800과 같은 고강도 강재의 경우에는 적절한 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌(References)

- [1] 국토해양부(2010) 도로교설계기준, 한국도로교통협회. MLTM (2010) *Design standard of highway bridge*, Korea Road & Transportation Association (in Korean).
- [2] 국토해양부(2011) 철도설계기준, 한국철도시설공단. MLTM (2011) *Design criteria for railroad* Korea rail network authority (in Korean).
- [3] 조재병, 정경섭, 이정우(2006) 모재의 두께와 용접치수에 따른 필릿용접부의 강도, 한국강구조학회 논문집, 한국강구조학회, 제18권, 제3호, pp.331-337. Jo, J.B., Jung, K.S., and Lee, J.W. (2006) Effects of plate thickness and weld size on the strength of fillet welded Lap Joints, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 18, No. 3, pp.331-337 (in Korean).
- [4] 최선규, 유정환, 이강민, 박재우(2012) 비보강받침접합의 용접강도와 설계도표, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제24권, 제2호, pp.199-206. Choi, S.K., Yu, J.H., Lee, K.M., and Park, J.W. (2012) The Weld strength and design tables for

- the unstiffened seated connections, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol. 24, No. 2, pp.199-206 (in Korean).
- [5] 국토해양부(2012) 도로교설계기준, 한국도로교통협회. MLTM (2012) *Design standard of highway bridge*, Korea Road & Transportation Association (in Korean).
- [6] AISC (2010) *Specification for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, USA.
- [7] CSA (2000) *Canadian Highway Bridge Design Code*, Canadian Standards Association, Canada.
- [8] DIN (1990) DIN 18800 Teil 1 : Steel structures ; design and construction, 1990 Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin (in German)
- [9] EC3 (2003) Eurocode 3: Design of Steel Structures, Part 1.8, Design of joints, *EN 1993-1-8*, European Committee for Standardization, Brussels.
- [10] Collin, P. and Johansson B. (2000) Design of welds in high strength steel, *Proceedings of 4th European Conference on Steel and Composite Structures*, Maastricht, Vol. C, pp.4.10-89~4.10-98, 2005.
- [11] Kuhlmann, U., Günther H.P., and Rasche, C. (2008) High strength steel fillet welded connections, *Steel Construction*, Issue 1, Ernst & Sohn, Berlin, pp.78-84.
- [12] Bjork, T., Toivonen, J., and Nykänen, T. (2010) Capacity of fillet welded joints made of ultra high strength steel, Lappeenranta University of Technology, Finland.
- [13] Lip H. and Hancock, G.J. (2000) Strength of fillet welded connections in G450 sheet steels, Research Report No. R802, The University of Sydney, Austria.
- [14] Bornscheuer, F.W. and Feder, D. (1966) Tests on welded connections with long or thick fillet welds, *IIW Doc. XV-214-66*, International Institute of Welding, France.
- [15] Kato, B. and Manta, K. (1969) The strength of fillet welded joints, *IIW Doc. XV-267-69*, International Institute of Welding, France.
- [16] Miazga, G.S. and Kenndy, D.J.L. (1986) Behaviour of fillet welds as a function of the angles of loading, *Structural Engineering Report 133*,

University of Alberta, Canada.

[17] Bowmann, M.D. and Quin, B.P. (1994) Examination of Fillet Weld strength, Engineering Journal, AISC, Vol. 31, No.3, pp.98-108, American Institute of Steel Construction, USA.

[18] FOSTA (2008) Wirtschaftliche Schweißverbindungen höherfester Baustähle, Forschung für die Praxis

P652, Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf.

FOSTA (2008) Welded connections of high strength steels for the construction sector, Research for practice P652, Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf (in German).

요 약 : 최근 고성능, 고강도 강재가 개발되어 강구조물에 많이 사용되고 있다. 새로 개발된 고강도 구조용 강재는 일반적인 강도의 강재에 비하여 인성, 용접성, 항복강도비 등이 다르므로 필릿용접부에 대해 기존 설계기준의 적용 타당성을 검토할 필요가 있다. 국내외의 설계기준에 따른 필릿용접부의 공칭강도 값을 비교한 결과 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 필릿용접부 강도시험 결과를 수집 분석하였다. 필릿용접의 강도를 결정하는 주요변수로 모재의 항복강도와 인장강도, 그리고 용접금속의 인장강도를 각각 선택하여 강도 추정식을 도출하였다. 공칭강도 추정식을 사용하여 각 강종별로 구한 계산 값은, 선택한 주요변수의 종류와 관계없이 거의 동일한 것으로 나타났다. 필릿용접부의 거동특성과 설계의 실용성을 고려하여 모재의 인장강도를 기준으로 공칭강도를 산정하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 제안된 공칭강도와 비교한 결과 기존의 설계기준에 따른 필릿용접부의 공칭강도는 낮은 강도의 강재에 대해서는 비경제적이고, 고강도 강재의 경우에는 적절한 안전성을 확보하지 못할 우려가 있다.

핵심용어 : 종방향 필릿용접, 필릿용접 강도, 공칭강도, 고강도 강재