

용접구조용강재의 기계적 성질에 관한 통계적 분석

A Statistical Analysis on the Mechanical Properties of Structural Welding Steels

장 동 일¹⁾ · 경 갑 수²⁾ · 홍 성 욱³⁾ · 남 왕 현⁴⁾

Chang, Dong-Il Kyung, Kab-Soo Hong, Sung-Wook Nam, Wang-Hyone

요 약 : 본 연구에서는 강구조물에 자주 사용되고 있는 용접구조용강재를 대상으로 강재검사성적증명서를 수집하고 이를 통계적으로 분석, 정리해서 기계적 성질의 특성을 정량적으로 평가하였다. 본 연구결과 현재 국내에서 생산되는 용접구조용강재의 기계적 성질은 현행 KS에서 규정하고 있는 기준값을 만족하였으며, 판두께 및 강도등급과 일정한 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 강종별 판두께 및 강도등급과 기계적 성질 사이에는 선형적인 비례관계가 성립, 본 연구결과는 기존 연구결과와 유사한 경향이 있음을 알 수 있었다. 현행 KS에서는 강재의 기계적 성질 중 항복점 용력에 대한 상한값이 규정되어 있지 않는데, 강재의 변형성능을 충분히 확보하기 위해서는 항복비 (또는 항복강도)의 상한값을 규정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

ABSTRACT : In this study, we have quantitatively estimated the mechanical properties of structural welding steels widely used in steel structures after correcting the millsheets of the steels using statistical technique. From this result, in present, the mechanical properties of the steels produced in domestics have satisfied the prescribed values in Korean Standards. The mechanical properties of the steels were dependent upon the plate thickness & class of the steels. Also, there have been linear relations between the plate thickness & class of the steels and the mechanical properties of the steels. And the results of this study have shown the similar tendencies with the existing results. Because the upper limit value of yield strength is not prescribed at Korean Standards in present, it is necessary to prescribe the upper limit value of yielding ratio(or yield strength) in order to assure the deformation performance of the steels.

핵심용어 : 용접구조용강재, 강재검사성적증명서, 기계적 성질, 항복강도, 인장강도, 연신률, 항복비

KEYWORDS : Structural Welding Steel, Millsheet, Mechanical Properties, Yield Strength, Tensile Strength, Elongation, Yielding Ratio

- 1) 정회원, 한양대학교 도시환경건설공학과군 명예교수, 공학박사
- 2) 정회원, 한국도로공사 도로연구소 강구조연구실 책임연구원, 공학박사
- 3) 정회원, 한림정보산업대학 토목과 전임강사, 공학박사
- 4) 학생회원, 강원대학교 대학원 토목공학과 석사과정

본 논문에 대한 토의를 2000년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

토목구조물에 가장 많이 사용되고 있는 재료는 강재와 콘크리트이다. 이 중에서 강재는 자중에 비해서 강도가 매우 크고 대부분 엄격하게 품질 관리가 실시되는 공장에서 생산되기 때문에 제품에 대한 신뢰성을 충분히 확보할 수 있다.

대부분의 강교량에 사용되는 부재들은 공장에서 제작해서 현장으로 운반한 후 가설하기 때문에 공기를 단축시킬 수 있으며, 콘크리트 구조물에 비해서 구조적 거동을 보다 정량적으로 평가할 수 있는 등의 우수한 장점을 가지고 있다.

현재 설계, 시공되는 대부분의 강교량에서는 사회적, 기술적으로 장기간화에 따른 경량화 추세에 발맞추어 고강도강의 개발이 지속적으로 추진되고 있다.

뿐만 아니라 열처리를 실시하고 조직을 미세화해서 용접성을 향상시킨 TMCP강, 상수원 보호를 위해 도장을 필요로 하지 않는 무도장 내후성강, 내화성강 등 새로운 강재들이 속속 출현하고 있으며, 또한 강재의 가공법과 시공법이 날로 발전함에 따라 강교량의 건설이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.⁽²⁾

또한 강교량이 보유하고 있는 내하력과 변형능은 구조물에 사용되는 재료의 강도특성, 변형능력에 의존하기 때문에 강교량의 안전성을 정량적으로 평가하기 위해서는 강교량에 사용되는 강재의 기계적 성질에 대한 특성을 정량적으로 평가하는 것이 매우 중요하다.

한편, 강재의 기계적 성질에 대해서는 표 1에 서 나타낸 바와 같이 항복점 응력(이하 항복강도라고 표기한다.)의 경우 강재의 두께별로 하한값만이 규정되어 있고 그 하한값은 강재의 두께가 증가함에 따라 감소하고 있으며, 인장강도의 경우 상한값과 하한값이 모두 규정되어 있지만 그 값을 강재의 두께별로 구분하고 있지 않은 실정이다. 또한 연신률의 경우 강재의 두께에 따라서 서로 다른 하한값이 규정되어 있다.

西村^{(5),(6)}는 강재의 기계적 성질에 대해서 Millsheet에서 제시되어 있는 값을 M값, Checktest에 의해서 구한 값을 C값(1967년 1월부터 약 1년간 강재를 사용한 측에서 검증시험한 강재의 기계적 성질)으로 정의하고 이들의 상관관계를 설명하였다.

青木 等⁽⁷⁾은 1978년부터 1981년까지 약 4년간에 걸쳐서 생산된 강재의 Millsheet를 수집, 분석하고 강재의 기계적 성질(여기서는 항복강도, 인장강도 및 항복비)에 대해서 통계분석을 실시해서 대상 강재에 대한 기계적 성질의 분포특성을 정량적으로 평가하였다.

Y. Fukumoto⁽¹⁰⁾는 판두께와 강종이 강재의 항복강도와 인장강도의 변동계수에 미치는 영향을 정량적으로 검토하고 SM490 강재에 대해서 항복강도와 판두께 사이의 관계를 정량적으로 평가하였다.

鈴木⁽⁸⁾는 용접구조용압연강재(SM400, SM490, SM490Y, SM520, SM570)를 대상으로 기계적 성질에 대한 실적조사를 실시해서 인장강도와 항복강도 사이의 관계, 항복강도와 항복비 사이의 관계식을 제안하였다.

田中 等⁽⁹⁾은 약 20년간 수집한 Millsheet 자

표 1. 기계적 성질에 관한 KS 규정⁽¹⁾

구 분	인장시험 (단, 괄호안은 MPa로 환산한 값임)		인장강도 (N/mm ²)	연 신 률	
	항복점응력(N/mm ²)			두께 (mm)	값 (%)
	두께 (mm)				
	t≤16	16<t≤40			
SM 400	≥245	≥235	400~510	t ≤ 5	≥23
				5<t≤16	≥18
				16<t≤50	≥22
SM 490	≥325	≥315	490~610	t ≤ 5	≥22
				5<t≤16	≥17
				16<t≤50	≥21
SM 490Y	≥365	≥355	490~610	t ≤ 5	≥19
				5<t≤16	≥15
				16<t≤50	≥19

료에 기초해서 교량에서 주로 사용되는 강재를 대상으로 통계적으로 분석을 실시함으로써 강종에 따른 기계적 성질의 분포특성을 정량적으로 평가하였다.

장⁽³⁾, 김⁽⁴⁾ 등은 SM490 강재를 대상으로 해서 판두께에 따른 기계적 성질에 대해서 통계분석을 실시하고 SM490 강재의 제성질 특성 및 기계적 성질 상호간의 관계를 정량적으로 평가하였다.

따라서 본 연구에서는 1993년 생산된 강재 중에서 SM400B, SM400C, SM490A, SM490B, SM490YA, SM490YB 강재를 대상으로 해서 대상강재의 기계적 성질에 대한 Millsheet 자료를 수집, 축적하고 이를 통계적으로 정리하여 대상강재에 대한 기계적 성질의 분포특성을 정량적으로 평가함으로써 향후 강구조물의 합리적인 설계를 위한 강재의 재료적 특성에 대한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

2. 분석방법

본 연구에서 사용한 Millsheet 자료는 앞에서 언급한 바와 같이 1993년에 생산된 강재를 대상으로 한 기본물성실험의 결과로써, 본 연구에서 수집하여 분석한 자료의 총수는 표 2와 같으며, 분석방법은 다음에서 설명하고 있다.

1) 수집한 Millsheet 자료를 데이터베이스화하였으며, 여기에 기록된 내용은 다음과 같이 분류해서 정리하였다.

- ① 강재의 종류
- ② 강재의 판두께
- ③ 강재의 기계적 성질

(항복강도, 인장강도, 연신률, 항복비)

2) 데이터베이스에 기록된 Millsheet 자료를 강종별, 판두께별로 구분한 후 통계분석을 실시해서 대상강재의 강종별, 판두께별($t \leq 16\text{mm}$, $16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$) 기계적 성질의 각 요소에 대한 최대값, 최소값, 평균값, 표준편차를 구하고 분포특성을 정량적으로 평가하였다.

표 2. 실험대상자료

구분	SM400B		SM400C		SM490A	
두께	$t \leq 16$	$t > 16$	$t \leq 16$	$t > 16$	$t \leq 16$	$t > 16$
갯수	0	128	0	64	996	436
총수	128		64		1432	

표 2. 실험대상자료 (계속)

구분	SM490B		SM490YA		SM490YB	
두께	$t \leq 16$	$t > 16$	$t \leq 16$	$t > 16$	$t \leq 16$	$t > 16$
갯수	18	80	196	0	21	0
총수	98		196		21	

3. 분석결과 및 고찰

본 연구에서 대상으로 한 강재의 기계적 성질 즉, 항복강도(yield strength), 인장강도(tensile strength), 연신률(percent elongation), 항복비(yielding ratio)에 대해서 데이터베이스에 등록된 자료를 통계적으로 분석을 실시함으로써 강종별 그리고 판두께별 각 기계적 성질의 최대값, 최소값, 평균값, 표준편차를 정리해서 나타내면 표 3~표 8과 같다.

표 3. SM400B 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
$16 < t \leq 40$	최대	368	486	36	0.78
	최소	248	410	25	0.59
	평균	308	449	30	0.69
	표준편차	18.69	16.33	2.25	0.03

표 4. SM400C 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
$16 < t \leq 40$	최대	366	478	37	0.78
	최소	267	402	24	0.60
	평균	301	444	31	0.68
	표준편차	16.75	14.63	2.62	0.03

표 5. SM490A 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
t ≤ 16	최대	564	603	33	0.91
	최소	320	478	21	0.60
	평균	383	538	24	0.71
	표준편차	32.40	18.79	2.30	0.05
16 < t ≤ 40	최대	491	606	32	0.84
	최소	319	491	19	0.60
	평균	358	528	25	0.68
	표준편차	24.61	17.47	2.03	0.03

표 6. SM490B 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
t ≤ 16	최대	467	589	26	0.86
	최소	338	522	19	0.64
	평균	395	543	24	0.73
	표준편차	39.43	17.80	1.52	0.07
16 < t ≤ 40	최대	506	604	30	0.87
	최소	326	452	19	0.59
	평균	392	542	25	0.73
	표준편차	34.24	23.72	2.17	0.05

표 7. SM490YA 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
t ≤ 16	최대	530	608	33	0.87
	최소	367	517	17	0.69
	평균	426	570	22	0.75
	표준편차	34.76	21.20	2.29	0.03

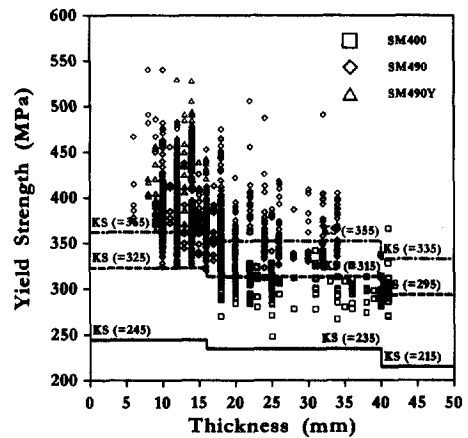
표 8. SM490YB 강재의 기계적 성질

두께	값	기계적 성질			
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신률 (%)	항복비
t ≤ 16	최대	439	582	26	0.76
	최소	365	528	16	0.69
	평균	388	552	23	0.70
	표준편차	30.09	15.01	2.35	0.02

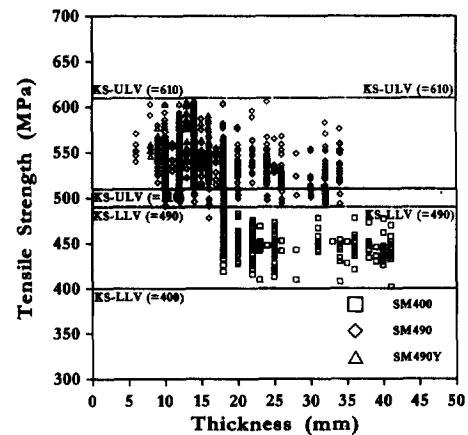
표 3~표 8의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구에서 대상으로 한 강재들의 기계적 성질은 현재 KS에서 규정하는 기준값을 모두 만족하고 있음을 알 수 있었다.

또한 강재의 강도등급이 증가함에 따라서 항복강도와 인장강도는 증가하는 경향을 나타내고 있으나 연신률의 경우는 강도등급이 증가함에 따라서 감소하는 경향을 나타내고 있었으며, 항복비의 경우는 강도등급에 무관함을 알 수 있었다.

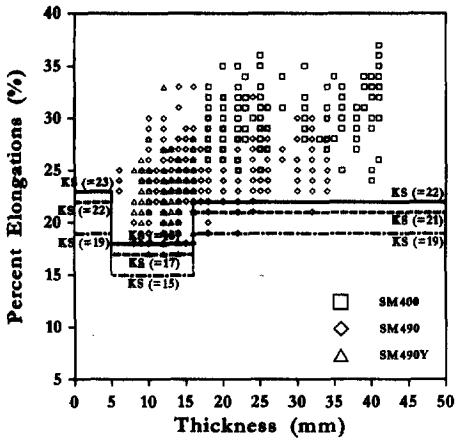
한편 판두께가 기계적 성질에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해서 본 연구에서 대상으로 한 강재의 판두께별 기계적 성질의 특성을 나타내면 그림 1과 같다.



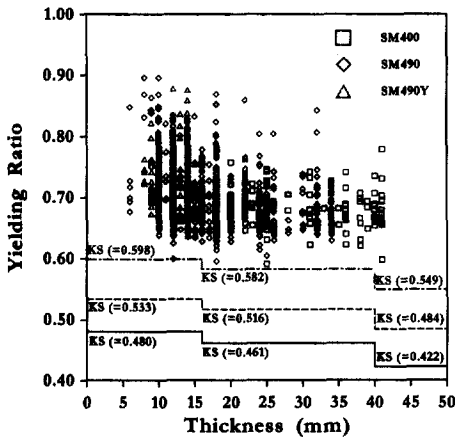
(a) 판두께별 항복강도의 분포특성



(b) 판두께별 인장강도의 분포특성



(c) 판두께별 연신률의 분포특성



(d) 판두께별 항복비의 분포특성

그림 1. 판두께별 기계적 성질의 분포특성

여기서, 그림 1에서 나타난 실선은 SM400 강재, 점선은 SM490 강재, 1점쇄선은 SM490Y 강재에 대한 KS의 기준값을 나타낸 것이며, 그림 1(b)의 ULV와 LLV는 인장강도의 상한값 및 하한값을 의미한다. 또한 그림 1(d)의 항복비에 대한 기준값은 현재 KS에서는 항복비에 대한 기준값이 없으므로 본 논문에서는 항복비의 분포특성을 정량적으로 평가하기 위해서 KS에서 규정하는 인장강도의 최대값에 대한 항복강도의 비로 정의한 값을 나타내었다.

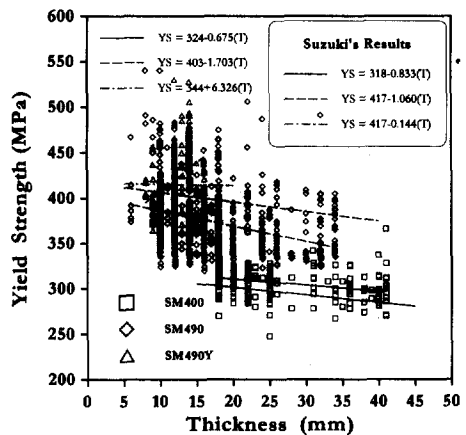
그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구에서 대상으로 한 강재의 항복강도, 인장강도 및 항복

비는 판두께가 증가함에 따라서 감소하는 경향을 나타내고 있으므로 강재의 항복강도, 인장강도 및 항복비는 판두께와 상호의존적인 관계가 있음을 알 수 있었다. 또한 연신률은 판두께가 증가함에 따라서 증가하는 경향을 나타내고 있으므로 연신률을 역시 판두께와 상호의존적인 관계가 있음을 알 수 있었다. 한편 항복비의 경우 상당한 편차가 존재하며, SM490 강재와 SM490Y 강재의 경우 항복비의 최대값이 0.9(항복강도가 인장강도의 약 90%임을 의미한다.)에 이르는 강제도 있는 등 분산폭 또한 매우 큰 것을 알 수 있었다.

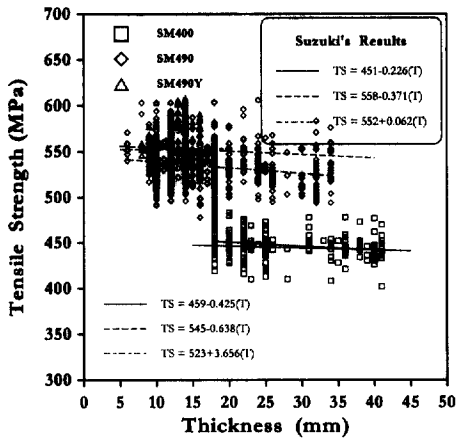
이상의 결과로부터 향후 지진하중과 같은 과대하중에 의한 강구조물의 지진피해를 최소로 억제하기 위해서는 가급적 항복비의 분산폭을 감소시킬 필요가 있을 것으로 생각된다.

따라서 이를 위해서는 현재 항복강도에 대해서 하한값만을 규정하고 있는 KS의 기준값을 인장강도의 경우와 같이 항복강도의 상한값에 대한 규정을 설정하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

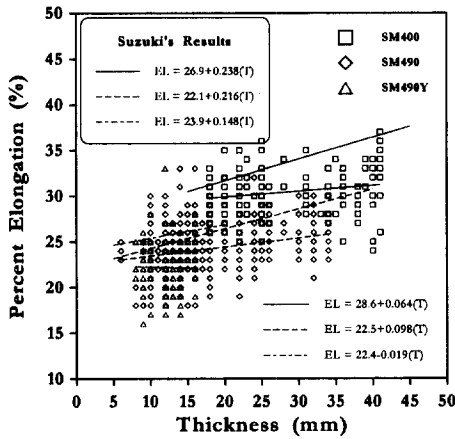
한편, 그림 1에서 나타난 판두께에 따른 강재의 기계적 성질에 대한 분석결과에 기초해서 항복강도와 판두께, 인장강도와 판두께, 연신률과 판두께 및 항복비와 판두께 사이의 관계식을 회귀분석법을 이용해서 산정하고 이 결과를鈴木⁽⁷⁾의 연구결과로부터 제안한 식과 비교해서 나타내면 그림 2와 같다.



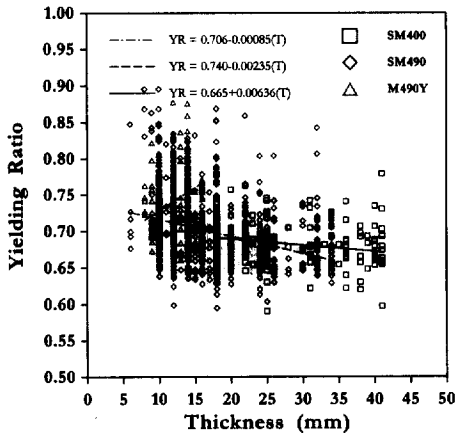
(a) 항복강도와 판두께 사이의 회귀분석결과



(b) 인장강도와 판두께 사이의 회귀분석결과



(c) 연신률과 판두께 사이의 회귀분석결과



(d) 항복비와 판두께 사이의 회귀분석결과

그림 2. 판두께와 기계적 성질 사이의 회귀분석결과

그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 항복강도, 인장강도, 연신률 및 항복비와 판두께 사이에는 선형적인 비례관계가 성립함을 알 수 있었다.

한편 위의 결과로부터 강종별 각 기계적 성질과 판두께 사이의 관계를 회귀분석법을 이용해서 나타내면 식 (1)~식 (4)와 같다.

□ 항복강도와 판두께 사이의 관계

$$\sigma_y = 324 - 0.675t \text{ (SM400)}$$

$$\sigma_y = 403 - 1.703t \text{ (SM490)} \quad (1)$$

$$\sigma_y = 344 + 6.326t \text{ (SM490Y)}$$

□ 인장강도와 판두께 사이의 관계

$$\sigma_t = 459 - 0.425t \text{ (SM400)}$$

$$\sigma_t = 545 - 0.638t \text{ (SM490)} \quad (2)$$

$$\sigma_t = 523 + 3.656t \text{ (SM490Y)}$$

□ 연신률과 판두께 사이의 관계

$$\varepsilon_t = 28.6 + 0.064t \text{ (SM400)}$$

$$\varepsilon_t = 22.5 + 0.098t \text{ (SM490)} \quad (3)$$

$$\varepsilon_t = 22.4 - 0.019t \text{ (SM490Y)}$$

□ 항복비와 판두께 사이의 관계

$$Y_R = 0.706 - 0.00085t \text{ (SM400)}$$

$$Y_R = 0.740 - 0.00253t \text{ (SM490)} \quad (4)$$

$$Y_R = 0.665 + 0.00636t \text{ (SM490Y)}$$

한편 식 (1)~식 (4)에서 나타낸 제안식의 타당성을 검토하기 위해서 본 연구에서는鈴木⁽⁷⁾의 연구결과에서 제안된 식과 비교하였으며,鈴木⁽⁷⁾의 제안식을 나타내면 식 (5)~(7)과 같다.

□ 항복강도와 판두께 사이의 관계

$$\sigma_y = 318 - 0.833t \text{ (SM400)}$$

$$\sigma_y = 417 - 1.060t \text{ (SM490)} \quad (5)$$

$$\sigma_y = 417 - 0.144t \text{ (SM490Y)}$$

□ 인장강도와 판두께 사이의 관계

$$\begin{aligned}\sigma_t &= 451 - 0.226t \text{ (SM400)} \\ \sigma_t &= 558 - 0.371t \text{ (SM490)} \\ \sigma_t &= 552 + 0.062t \text{ (SM490Y)}\end{aligned} \quad (6)$$

□ 연신률과 판두께 사이의 관계

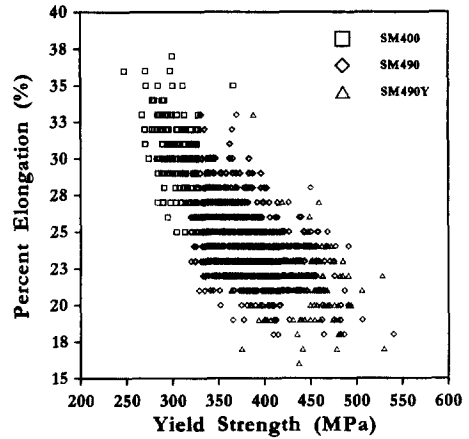
$$\begin{aligned}\epsilon_l &= 26.9 + 0.238t \text{ (SM400)} \\ \epsilon_l &= 22.1 + 0.216t \text{ (SM490)} \\ \epsilon_l &= 23.9 + 0.148t \text{ (SM490Y)}\end{aligned} \quad (7)$$

식 (1)~식 (7)에서 알 수 있는 바와 같이 SM400 및 SM490 강재의 경우 회귀분석결과와鈴木⁽⁷⁾의 연구결과는 비교적 유사한 경향을 나타내고 있으나 SM490Y 강재의 경우 다소 상이한 경향을 나타내고 있다.

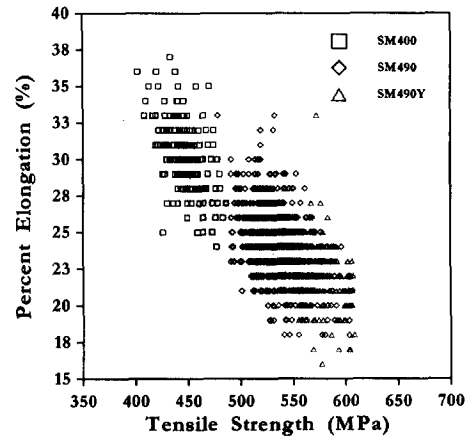
이는 SM490Y 강재의 경우 분석자료가 판두께 전체에 걸쳐서 고루 분포하지 않기 때문인 것으로 생각되며, SM490Y 강재의 기계적 성질을 보다 정량적으로 평가하기 위해서는 16mm 이상 대상강재의 Millsheet를 추가적으로 수집, 분석하여야 할 것으로 생각된다.

일반적으로 강재의 항복강도가 증가하면 항복비가 증가하게 되고 항복비가 증가하면 연신률이 감소한다. 또한 연신률이 감소하면 강재의 인성(toughness)이 저하하기 때문에 항복강도가 지나치게 높은 강재를 사용하면 구조물의 변형성능(deformation performance) 측면에서 바람직하지 않다. 이러한 이유 때문에 외국에서는 건축구조물의 연결부에 사용되는 강재에 대해서는 저항복비용 강재(Low Yielding Ratio Steel)를 개발해서 사용하고 있으나⁽²⁾ 아직까지 우리나라에서는 이와 같은 강재가 개발되고 있지 않은 실정이다.

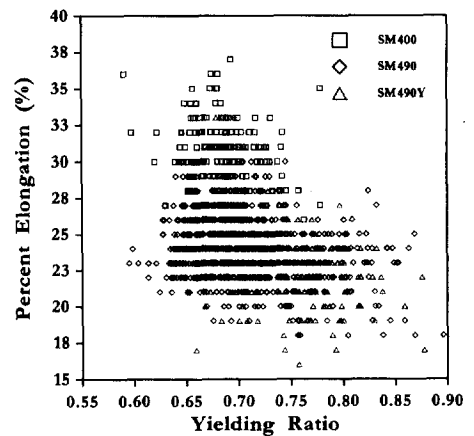
따라서 향후 빈번하게 발생될 것으로 예상되는 지진에 의한 강구조물의 피해를 최소화하기 위해서는 이와 같은 강재의 개발과 구조적 거동에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.



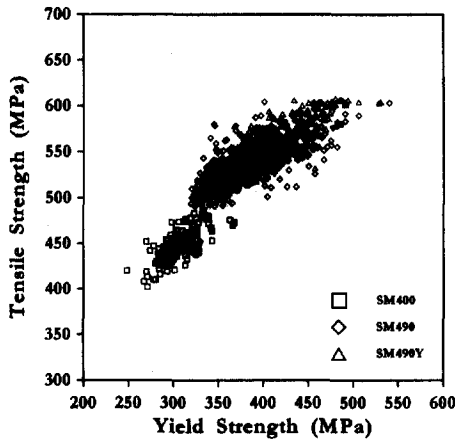
(a) 항복강도와 연신률 사이의 관계



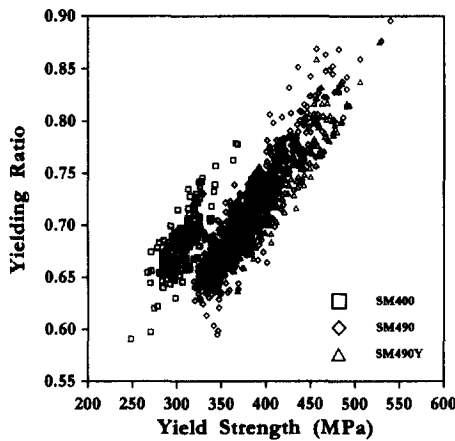
(b) 인장강도와 연신률 사이의 관계



(c) 항복비와 연신률 사이의 관계



(d) 항복강도와 인장강도 사이의 관계



(e) 항복강도와 항복비 사이의 관계

그림 3. 기계적 성질 상호간의 관계

한편 기계적 성질 상호간의 상관관계를 정량적으로 평가하기 위해서 항복강도, 인장강도 및 항복비와 연신률 사이의 관계, 항복강도와 인장강도 및 항복강도와 항복비 사이의 관계를 나타내면 그림 3과 같다.

그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 항복강도, 인장강도 및 항복비가 증가함에 따라서 연신률은 일정하게 감소하는 경향을 나타내고 있는데 이러한 결과로부터 항복강도, 인장강도 및 항복비와 연신률 사이에는 선형적인 반비례 관계가 성립함을 알 수 있었다. 또한 항복강도가 증가함에 따라

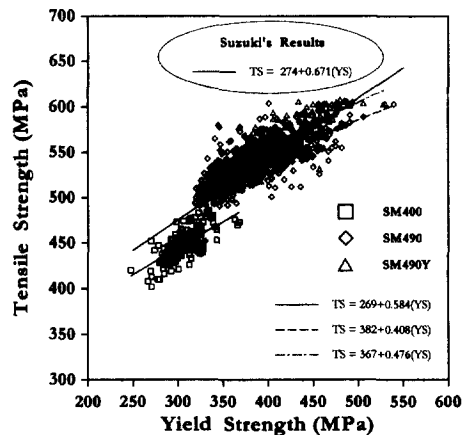
서 인장강도 및 항복비는 일정하게 증가하는 경향을 나타내고 있는데 이 결과로부터 항복강도와 인장강도 및 항복비 사이에는 선형적인 비례관계가 성립함을 알 수 있었다.

한편 강재의 강도등급이 증가함에 따라서 기계적 성질의 분산폭이 증가하는 경향이 있음을 알 수 있는데 이러한 결과로부터 향후 강구조물의 장대화, 경량화 추세에 발맞추어 사용빈도가 지속적으로 증가될 것으로 예상되는 고강도강에 대해서는 강재의 품질관리에 보다 주의를 기울일 필요가 있을 것으로 생각된다.

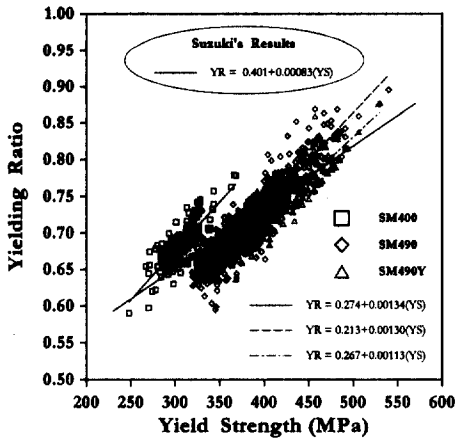
특히 연신률의 경우 항복강도, 인장강도 및 항복비의 경우보다 분산폭이 비교적 큰 것을 알 수 있는데 이러한 결과는 연신률을 파단시까지의 길이변화율로 정의해서 측정된 결과이기 때문인 것으로 생각된다.

따라서 연신률에 대한 분산폭을 감소시키기 위해서는 현재 정의되는 연신률에 대한 실험자료와 항복비까지의 길이변화율로 정의해서 측정된 연신률에 대한 실험자료를 수집하고 현재 파단까지의 길이변화율로 정의되고 있는 연신률에 대한 자료와 비교분석함으로써 연신률과 기계적 성질 상호간의 상관관계를 정량적으로 검토할 필요가 있을 것으로 생각된다.

한편 그림 3의 결과를 이용해서 기계적 성질



(a) 항복강도와 인장강도의 관계식



(b) 항복강도와 항복비의 관계식

그림 4. 기계적 성질 상호간에 대한 본 연구결과와 기존 연구결과와의 비교

사이의 관계 중 항복강도와 인장강도 및 항복강도와 항복비 사이의 관계를 회귀분석법을 이용해서 산정하고 이 결과를鈴木⁽⁷⁾의 연구결과에서 제안한 식과 비교해서 나타내면 그림 4와 같다.

그림 4에서 나타낸 바와 같이 본 연구결과에서 대상으로 한 강재의 기계적 성질 상호간의 관계식은鈴木⁽⁷⁾의 연구결과에서 제안한 식과 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

한편 그림 4에서 나타낸 결과로부터 강종별 항복강도와 인장강도, 항복강도와 항복비 사이의 관계를 회귀분석법을 이용해서 나타내면 식 (8) 및 식 (9)와 같다.

□ 항복강도와 인장강도 사이의 관계

$$\begin{aligned} \sigma_t &= 0.584 \sigma_y + 269 \quad (\text{SM400}) \\ \sigma_t &= 0.408 \sigma_y + 382 \quad (\text{SM490}) \\ \sigma_t &= 0.476 \sigma_y + 367 \quad (\text{SM490Y}) \end{aligned} \quad (8)$$

□ 항복강도와 항복비 사이의 관계

$$\begin{aligned} Y_R &= 0.00134 \sigma_y + 0.274 \quad (\text{SM400}) \\ Y_R &= 0.00130 \sigma_y + 0.213 \quad (\text{SM490}) \\ Y_R &= 0.00113 \sigma_y + 0.267 \quad (\text{SM490Y}) \end{aligned} \quad (9)$$

한편 식 (8)과 식 (9)에서 나타낸 제안식의 타당성을 검토하기 위해서 본 연구에서는鈴木⁽⁷⁾의 연구결과에서 제안된 식과 비교하였으며,鈴木⁽⁷⁾의 제안식을 나타내면 식 (10) 및 식 (11)과 같다.

□ 항복강도와 인장강도 사이의 관계

$$\sigma_t = 0.671 \sigma_y + 274 \quad (10)$$

□ 항복강도와 항복비 사이의 관계

$$Y_R = 0.00083 \sigma_y + 0.401 \quad (11)$$

식 (8)~식 (11)에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구결과로부터 제안한 식은鈴木⁽⁷⁾의 연구결과와 제안한 식과 유사한 경향을 나타내고 있으며, 항복강도와 인장강도, 항복강도와 항복비 사이에는 선형적인 비례관계식이 성립함을 알 수 있었다.

그러나 항복강도와 인장강도 사이의 관계에서 알 수 있는 바와 같이 회귀분석결과에 의한 제안식의 기울기와鈴木⁽⁷⁾의 연구결과에서 제안한 식의 기울기에 다소 차이가 존재하고 있다.

이러한 이유는鈴木⁽⁷⁾의 연구에서는 SM400, SM490, SM490Y 강재 뿐만 아니라 SM520 및 SM570 강재까지 모두 포함해서 통계분석을 실시한 결과이지만 본 연구에서는 SM400, SM490, SM490Y 강재만을 대상으로 한 결과이기 때문인 것으로 생각된다.

4. 결 론

- 1) 국내에서 생산되는 강재의 기계적 성질은 현재 KS에서 규정하고 있는 기준값을 대체적으로 만족하고 있으므로 KS의 기준값은 타당함을 알 수 있었다.
- 2) 강재의 항복강도, 인장강도 및 연신률은 판두께와 일정한 관계가 있었으나 항복비는 판두께에 무관하였다.

- 3) 강재의 항복강도, 인장강도 및 연신률은 강도 등급과 일정한 관계가 있었으나 항복비는 강도등급에 무관하였다.
- 4) 항복강도와 인장강도, 항복강도와 항복비 사이에는 선형적인 비례관계가 있었으며, 기존의 연구결과와도 유사한 경향을 나타내었다.
- 5) 강종에 따라 항복강도가 인장강도의 약 90%에 이르는 강재도 있음을 알 수 있었는데 과대하중에 의한 강구조물의 손상을 방지하기 위해서는 항복강도 또는 항복비의 상한값을 규정하거나 저항복비 강재의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- (1) 한국강구조학회, "강구조편람 I-건설강재", 구미서관, pp. 217, 1998.
- (2) 한국강구조학회, "강구조편람 I-건설강재", pp. 411-432, 1998.
- (3) 장 동일 외 4인, "SWS490A강의 화학성분 및 기계적 성질에 대한 통계적 분석", 대한토목학회학술발표회논문집(I), pp. 131-134, 1999.
- (4) 김 종락 외 3인, "용접구조용 압연강재의 제성질에 관한 통계적 연구-SM490A, SM490B, SM490C 강재의 제성질", 한국강구조학회 학술발표논문집, pp. 52-59, 1999.
- (5) 西村 昭, "ミルシート値とチェックテスト値との關係について-鋼材の機械的性質調査委員會", 日本鋼構造協會誌, 第5巻, 第38號, pp. 3-26, 1969.
- (6) 西村 昭, "鋼材の機械的性質のばらつきについて", 日本鋼構造協會誌, 第5巻, 第48號, pp. 68-74, 1969.
- (7) 青木博文, 村田耕司, "鋼材の降伏点, 引張強さおよび降伏比に關する統計的調査", 日本建築學會論文報告集, 第335號, pp. 157-166, 1986.
- (8) 鈴木博之, "溶接構造用壓延鋼材の機械的性質の實績調査", 日本鋼構造協會誌, 第18號, pp. 23-28, 1995.
- (9) 田中雅人, 鈴木博之, "ミルシートに基づく橋梁用鋼材の分析", 東骨技報, 第41號, pp. 39-51, 1996.
- (10) Yuhshi Fukumoto, "New constructional steels and structural stability", Proceedings of 50th Anniversary Conference of SSRC, pp. 211-225, 1994.

(접수일자 : 1999년 12월 14일)