

STS 304 스테인리스강의 응력도-변형도 곡선에 관한 제안

A Proposal on the Stress-Strain Curve of Stainless Steel STS 304

신 태 송^{1)†}

Shin, Tae Song

요약 : 오스트나이트계 STS 304 스테인리스강의 응력도-변형도 곡선을 전 영역에 걸쳐 연구하는 것을 본 논문의 목적으로 한다. 실험적, 이론적 연구를 통하여 비교분석하였고, 개선된 곡선을 제안한다. 0.2% 강도까지 Ramberg-Osgood 곡선은 유용하지만, 이 영역을 초과하는 한계상태의 경우 그것은 원칙적으로 일치하지 않는다. Rasmussen 곡선은 Ramberg-Osgood 곡선의 원리에 기초하여 0.2% 강도를 초과하는 영역에 대하여 개발되었다. 실험과 비교한 결과 잘 일치하지 않기 때문에 실험결과를 분석하여 개선된 식을 제안하며 응력도-변형도 관계를 전 영역에 걸쳐 비교 평가한다.

ABSTRACT : This paper is to investigate into the stress-strain curves for austenite stainless steel STS 304 over the full strain range. The Ramberg-Osgood expression is useful up to the 0.2% proof stress, but it becomes incorrect principally beyond the 0.2% proof stress in the ultimate state. The Rasmussen curve has developed for stresses beyond 0.2% proof stress, based on the Ramberg-Osgood concept. These expressed curves don't good agree with the test results. It is here proposed the based on the analysis of the test results better curve.

핵심 용어 : 스테인리스강, 응력도-변형도 곡선, 실험, Ramberg-Osgood 곡선, Rasmussen 곡선

KEYWORDS : Stainless steel, Stress-strain curve, Test, Ramberg-Osgood curve, Rasmussen curve

1. 서 론

스테인리스강은 고가이기 때문에 외장재 및 부식 방지용으로 건축물에 부분적으로 활용되어왔다. 그러나 최근에 외관뿐만 아니라 유지 관리적 차원에서 스테인리스강이 구조부재로도 사용성이 확대되고 있다.

스테인리스강은 일반탄소강 구조설계와는 서로 다른 재료 및 구조역학적 특성을 지니고 있다. 항복점이 뚜렷이 나타나는 철강재료와 다른 응력도 변형도 성상을 나타낸다. 뚜렷한 항복점이 나타나지 않으며 점진적으로 응력도가 상승하여 알루미늄합금과 유사한 특성을 나타낸다.

변형률이 비교적 적은 범위에서 내력이 결정되는 기동재와 달리 휨재에서는 변형률이 비교적 큰 범위까지도 내력에 영향을 미친다. 이러한 비교적 변형률이 큰 경우 일반적인 항복강도 개념으로 내력을 평가하기엔 충분히 적절하지 않다고 사료된다. 전 영역의 응력도-변형도 성상을 파악하고 예측할 수 있는 추정식이 필요시 된다. 현재 Ramberg-Osgood 곡선(1941)은

0.2% 옵셋 항복점 범위에서는 타당하지만 전 영역으로 확장하기에는 정확성이 확보되지 않는다. 전 영역에 관한 최근의 Rhodes(2000)와 Rasmussen(2003)의 연구가 있으나 아직 보편적으로 적용하기엔 추가적인 연구가 보완되어야한다.

또한 냉간성형 스테인리스강의 구조설계기준은 국제적으로 1990년대부터 연구가 진행되어 미국의 ANSI/ASCE 기준(1991)과 유럽의 EC 3 Part 1.4 (1996)기준이 대표적이다. 국내에서도 스테인리스강 수요가 급격히 증가하고 있으나 구조설계에 관한 기준이 없는 실정이다.

본 연구의 목적은 오스트나이트계 스테인리스강의 응력도-변형도 곡선을 전 영역에 관하여 예측하는 것이다. 응력도-변형도 관계의 비선형성에 관하여 인장실험자료 및 관련 연구결과를 비교 평가하여 개선된 예측 곡선을 제안한다.

2. Ramberg-Osgood Curve

스테인리스강은 낮은 비례한도와 지속적인 변형도 경화능력

본 논문에 대한 토의를 2006년 10월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1) 교신저자, 정희원, 동명대학교 건축공학과, 부교수
(Tel. 051-610-8602, Fax. 051-610-8840, E-mail : tsshin@tu.ac.kr)

을 지니고 있으며 전 영역의 응력도-변형도 곡선을 대표적으로 나타내면 그림 1과 같다.

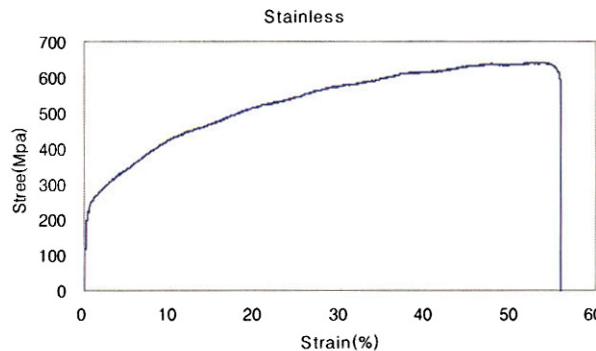


그림 1. 오스트나이트계 스테인리스강의 응력도-변형도 관계

철강과 달리 뚜렷한 항복점이 존재하지 않으며, 등가 항복강도가 일반적으로 사용되고 있다. 미국 및 호주(2001)의 스테인리스기준에서는 응력도-변형도 곡선을 다음과 같이 Ramberg-Osgood 방정식으로 사용하고 있다.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E_o} + p \left(\frac{\sigma}{\sigma_p} \right)^n \quad (1)$$

식 (1)은 원래 알루미늄합금을 위하여 개발되었으며 스테인리스강을 포함하여 비선형 금속에 적합한 것으로 증명되었다. 여기서 초기 영계수 E_o , 소성변형도 p 에 대응하는 항복응력도 σ_p , 소성화 계수 n 을 포함하고 있다. 실무에서 알루미늄과 스테인리스강의 대체 항복강도는 일반적으로 0.2% 응력도를 사용하고 있으며 이를 대입하여 응력도-변형도 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E_o} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n \quad (2)$$

여기서 소성화 계수 n 은 응력도-변형도 곡선의 꺽임 정도를 나타내며 일반적으로 0.01% 응력도와 0.2% 응력도를 사용하여 다음과 같이 구한다.

$$n = \frac{\ln(20)}{\ln(\sigma_{0.2}/\sigma_{0.01})} \quad (3)$$

식 (3)은 0.01% 응력도와 0.2% 응력도에 정확히 대응하며 이로써 Ramberg-Osgood 곡선은 0.2% 응력도 범위이내에서 측정된 응력도-변형도 곡선과 아주 잘 일치한다. 그림 2에서

Ramberg-Osgood 곡선을 나타내고 있다.

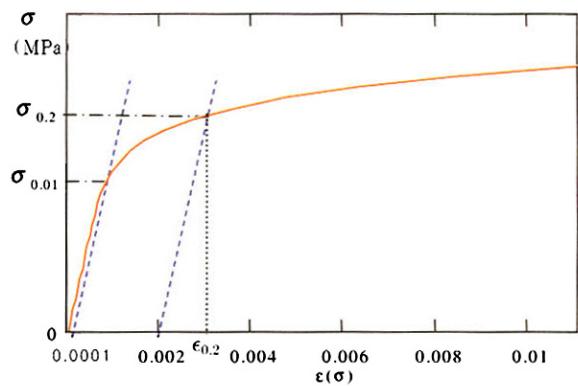


그림 2. Ramberg-Osgood 곡선

중심압축력을 받는 기둥에서 최대하중에 도달할 때 변형도는 미소한 상태에 있다. 그래서 Ramberg-Osgood 곡선에 기초한 설계개념이 가능하고 실험 내력값과 잘 일치한다. 0.2% 강도에 대응하는 전체 변형도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\epsilon_{0.2} = \frac{\sigma_{0.2}}{E_o} + 0.002 \quad (4)$$

$$e = \frac{\sigma_{0.2}}{E_o} \quad (5)$$

여기서 e 는 무차원으로 변형도 $e = \epsilon_{0.2} - 0.002$ 를 나타낸다.

그러나 최대내력에 도달하기까지 상당한 변형이 진전되는 컴팩트 보와 같은 부재는 0.2% 옵셋강도를 초과한 영역까지도 변형이 진행된다. 전 영역에 대한 응력도-변형도 관계는 실험결과와 Ramberg-Osgood 곡선사이에 커다란 차이를 그림 3에서 보이고 있다.

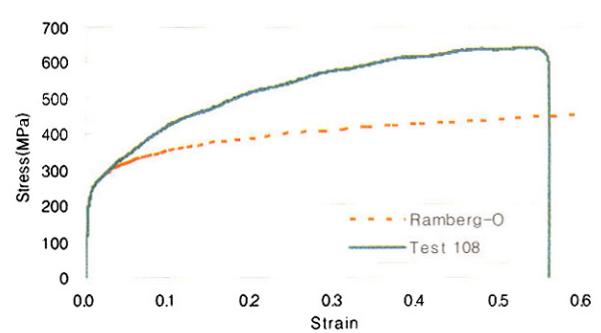


그림 3. 스테인리스강과 Ramberg-Osgood 곡선

본 연구에서는 0.2% 항복강도까지 Ramberg-Osgood 곡선을 응력도-변형도 관계식으로 사용하고 0.2%부터 최대인장강

도 σ_u 까지는 최근의 연구들을 참고로 하여 추정식을 개발한다.

3. 인장실험

스테인리스강 오스트나이트계 (Austenite) STS304재질의 기계적 성질을 파악하기 위하여 KS B 0801(금속재료 인장시험편)에 규정된 5호(판재)에 의해 인장시험편을 제작하여 KS B 0802(금속재료 인장시험방법)에 의해 인장시험을 수행하였다.

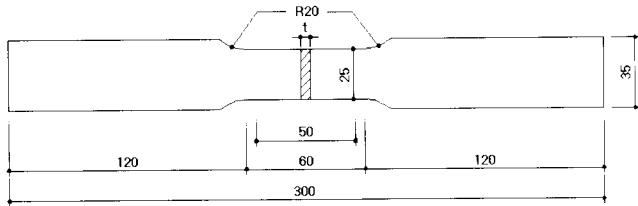


그림 4. 인장시험편

스테인리스강판을 냉간성형한 립드형강 90x40x12와 150x40x12 두 종류에서 평판부를 절취하여 인장시험편을 가공하였다. 표 1에서 시험체 Profile의 첫 번째 숫자는 립드형 강의 웨브길이(90 또는 150)를 두 번째 숫자는 공칭판두께를 나타낸다. 인장시험기는 M&T사의 20 Ton 재료용 U.T.M.을 사용하였다. 인장시험은 $\epsilon = 1\%$ 까지 Wire Strain Gauge(W.S.G.)를 이용하여 측정하였고 속도는 $v = 0.10 \text{ mm/min}$ 으로 유지하였다. 총 변형률이 $\epsilon = 1\%$ 에 도달하면 W.S.G.는 더 이상 유효하지 않으며, 하중속도를 $v = 5 \text{ mm/min}$ 로 증대하여 파단될 때까지 일정하게 유지하였다. 각 실험체별 응력도-변형도 곡선을 변형도 약 1%범위 이내에 나타내어 초기탄성계수와 0.2% 강도를 대표적으로 표시하면 그림 5와 같고 인장실험결과는 표1에 요약하였다. 시험편 101, 103의 경우 초기 슬립발생으로 초기탄성계수 E_0 에 편차가 나타났다.

4. Rasmussen Curve

2장에서 설명한 바와 같이 0.2%강도까지는 Ramberg-Osgood 곡선을 사용하고 0.2%강도를 초과하는 구간에 대하여 몇몇 연구가 이루어지고 있다.

Rasmussen은 0.2%강도를 초과하는 영역에서 새롭게 Ramberg-Osgood 곡선을 적용하여 확장시키고 있다.

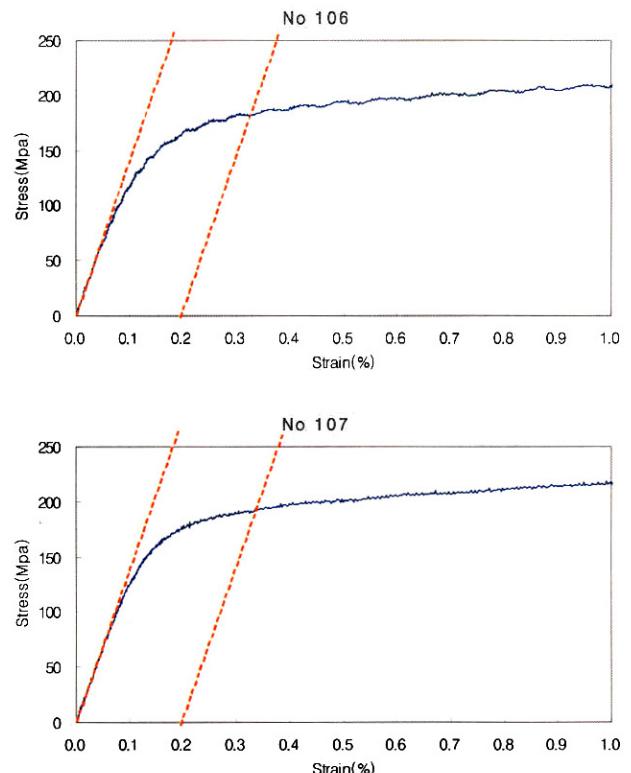


그림 5. No. 106, 107 인장실험체 초기탄성계수와 0.2%강도

표 1. 인장실험결과

No	Profile	t	E_0	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	σ_u	ϵ_u
		mm	MPa				
101	90/1.5	1.47	160 000	225	140	718	0.53
102	90/1.5	1.48	140 000	187	100	649	0.59
103	150/1.0	0.98	170 000	170	110	590	0.63
104	150/1.0	0.98	140 000	170	85	622	0.68
105	150/1.5	1.49	140 000	195	125	682	0.61
106	90/1.5	1.46	140 000	185	110	634	0.57
107	150/1.5	1.45	140 000	194	130	616	0.57
108	150/1.5	1.45	140 000	210	140	644	0.55
			average	-	192	-	644
			coefficient of variation	-	0.10	-	0.06

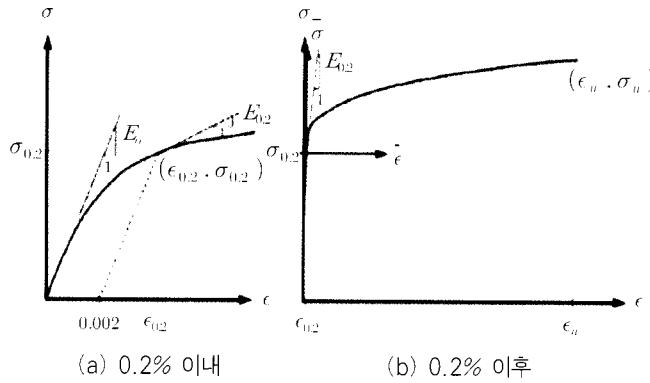
$$\bar{\epsilon} = \frac{\bar{\sigma}}{E_{0.2}} + \bar{\epsilon}_{u_p} \left(\frac{\bar{\sigma}}{\sigma_u} \right)^m, \quad \sigma > \sigma_{0.2} \quad (6)$$

여기서 $\bar{\epsilon} = \epsilon - \epsilon_{0.2}$, $\bar{\sigma} = \sigma - \sigma_{0.2}$ 로 변환된 값이다. 식 (2)를 미분하여 $\sigma = \sigma_{0.2}$ 일 때 탄성계수를 다음과 같이 구한다.

$$E_{0.2} = \frac{E_o}{1 + 0.002 \frac{n}{e}} \quad (7)$$

식 (1)에서 σ_p 는 변환 최대인장강도로 대치된다.

$$\bar{\sigma}_u = \sigma_u - \sigma_{0.2} \quad (8)$$



소성변형도 p 도 다음과 같이 변환 최대소성변형도로 대치된다.

$$\bar{\epsilon}_{u_p} = \epsilon_u - \epsilon_{0.2} - \frac{\bar{\sigma}_u}{E_o} \quad (9)$$

스테인리스강은 연성이 크므로 변환 최대소성변형도를 전체 최대변형도와 같다고 근사적으로 가정한다.

$$\bar{\epsilon}_{u_p} \approx \epsilon_u \quad (10)$$

여러 실험에 의한 응력도 변형도곡선으로부터 시행착오법에 의하여, 0.2%강도와 최대 인장강도의 관계를 나타내는 지수 m 은 다음과 같이 표현된다.

$$m = 1 + 3.5 \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} \quad (11)$$

전 영역의 응력도-변형도 곡선은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\epsilon = \begin{cases} \frac{\sigma}{E_o} + 0.002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{0.2}} \right)^n & , \sigma \leq \sigma_{0.2} \\ \frac{\sigma - \sigma_{0.2}}{E_{0.2}} + \epsilon_u \left(\frac{\sigma - \sigma_{0.2}}{\sigma_u - \sigma_{0.2}} \right)^m + \epsilon_{0.2} & , \sigma > \sigma_{0.2} \end{cases} \quad (12)$$

여기서 최대인장강도 σ_u 와 이에 대응하는 소성변형도 ϵ_u 는 여러 실험결과에 기초하여 다음과 같다.

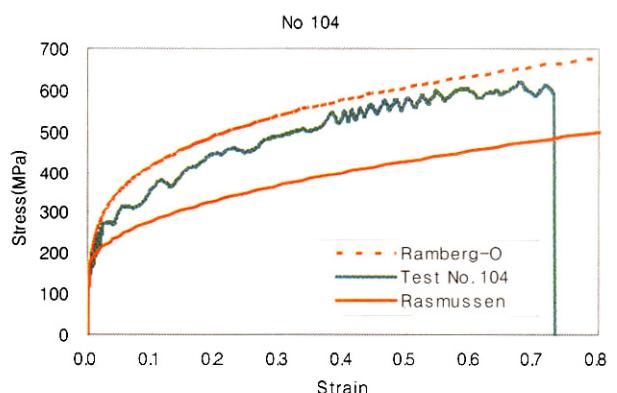
$$\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} = \frac{0.2 + 185e}{1 - 0.0375(n-5)} \quad (13)$$

$$\epsilon_u = 1 - \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} \quad (14)$$

스테인리스강의 응력도-변형도 관계의 실험결과를 이론적 결과와 비교한다. 이론적 곡선에는 Ramberg-Osgood 이론을 전구간에 확장한 곡선, Rasmussen 곡선 두 가지가 있다. Rasmussen 곡선에 필요한 변수들, 특히 σ_u , ϵ_u 을 산정하여 표 2에 요약하였으며 비교곡선들은 그림 7, 그림 8에 나타낸다.

표 2. Rasmussen 곡선을 위해 산정된 변수

No	e	n	m	σ_u 식(13)	ϵ_u 식(14)
				MPa	
101	0.00141	6.31	2.10	465	0.48
102	0.00134	4.79	2.01	422	0.44
103	0.00100	6.88	2.01	410	0.41
104	0.00121	4.32	1.96	411	0.41
105	0.00139	6.74	2.00	398	0.49
106	0.00132	5.76	2.02	404	0.46
107	0.00139	7.48	2.10	386	0.50
108	0.00150	7.39	2.14	400	0.52



그림으로부터 Ramberg-Osgood 곡선은 2장에서 지적한 바와 같이 0.2%강도 범위이내에서는 잘 일치하지만, 초과한 영역에서는 실험값과 차이가 많음을 알 수 있다.

Rasmussen 곡선도 0.2% 초과 영역에서 실험 곡선과 일치하지 않고 있다. 이는 Rasmussen 식에서 σ_u , ϵ_u 의 추정식과 지수 m 이 수정 보완되어야 할 것으로 사료된다.

지수 m 은 여러 종류의 스테인리스강을 위한 값으로 본 실험에서 사용한 오스트나이트계에 잘 맞지 않을 수 있다.

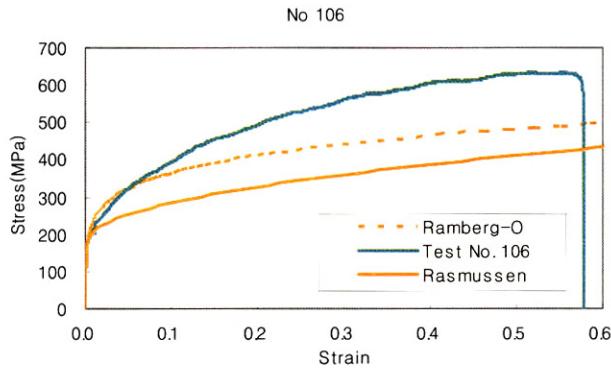
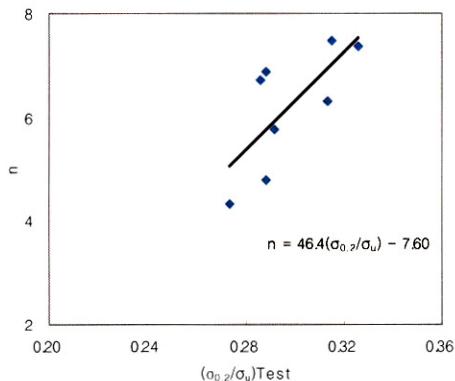


그림 8. 응력도-변형도 비교 (No. 106)

5. 개선모델 제안

최대응력도 σ_u 와 이에 대응하는 최대변형도 ϵ_u 를 추정하기 위하여 실험결과로부터 관계식을 유도한다. 먼저 최대응력도를 구하기 위하여 실험결과에 의한 $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 식(3) n 의 관계를 그림 9와 같이 나타낸다.

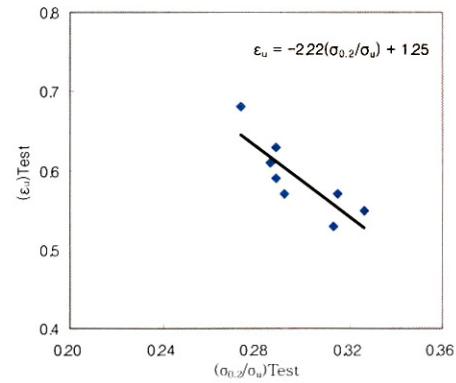
그림 9. $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 n (3)의 관계

그림으로부터 다음의 관계가 성립한다.

$$\frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} = \frac{n + 7.6}{46.4} \quad (15)$$

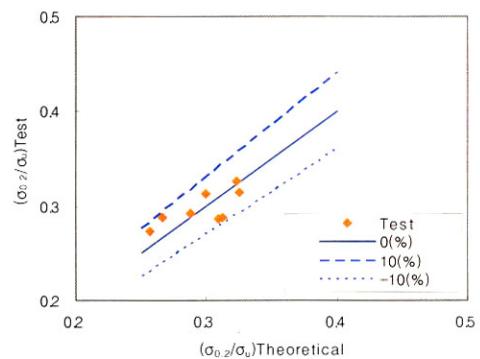
또한 응력비 $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 최대변형도 ϵ_u 의 관계는 그림 10과 같이 나타난다. 분포상태로부터 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\epsilon_u = -2.22 \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_u} + 1.25 \quad (16)$$

그림 10. $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 ϵ_u 의 관계

Rasmussen에 의한 σ_u 가 실험결과와 차이가 크므로 지수 m 을 수정할 필요가 있으며 이를 Ramberg-Osgood곡선의 지수 n 과 유사한 방법으로 변경하여 표현하면 다음과 같다. 여기서 ϵ_u 를 실험결과에 기초하여 50%로 설정하였다.

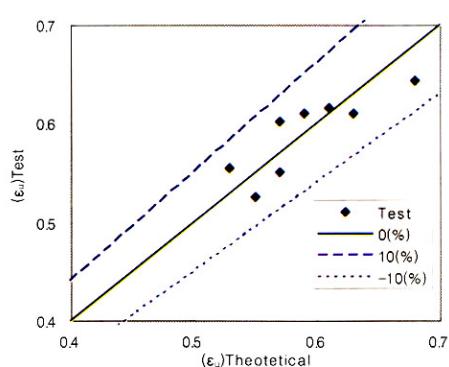
$$m = \frac{\ln(50/0.2)}{\ln(\sigma_u/\sigma_{0.2})} \quad (17)$$

그림 11. $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 의 계산값(15)과 실험값의 관계

식(15)에 의한 $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 의 이론값과 실험값을 그림 11에 나타내었으며 10% 범위내의 분포로 매우 만족한 결과를 보이고 있다.

또한 ϵ_u 의 실험결과와 이론결과를 비교하였으며 그림 12에서 나타내고 있다. 여기서도 10%정도의 오차로 매우 만족할 만한 분포를 보이고 있다.

표 3에서 $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 σ_u , ϵ_u 에 대한 이론값과 실험값을 비교하였다. 이상으로부터 σ_u 와 ϵ_u 에 대한 이론 추정식은 표준 편차 0.06으로 매우 만족스럽다.

그림 12. ϵ_u 계산값(16)과 실험값의 비교표 3. $\sigma_{0.2}/\sigma_u$ 와 σ_u , ϵ_u 에 대한 계산값과 실험값 비교

No	$\sigma_{0.2}/\sigma_u$		
	theory	test	test/theory
101	0.300	0.313	1.05
102	0.267	0.288	1.08
103	0.312	0.288	0.92
104	0.257	0.273	1.06
105	0.309	0.286	0.93
106	0.288	0.292	1.01
107	0.325	0.315	0.97
108	0.323	0.326	1.01

No	σ_u		ϵ_u			
	theory	test	test/theory	theory	test	test/theory
101	750	718	0.96	0.530	0.554	1.05
102	701	649	0.93	0.590	0.610	1.03
103	545	590	1.08	0.630	0.610	0.97
104	662	622	0.94	0.680	0.643	0.95
105	631	682	1.08	0.610	0.615	1.01
106	642	634	0.99	0.570	0.602	1.06
107	597	616	1.03	0.570	0.551	0.97
108	650	644	0.99	0.550	0.526	0.96
Average	1.00		Average	1.00		
Std	0.06		Std	0.06		

6. 비교평가

스테인리스강의 응력도-변형도의 실험곡선과 개발된 제안 곡선을 비교 평가한다. 모델별 적용식의 차이를 표 4에 요약하였으며, 각 실험체의 비교는 그림 13~20과 같고 전 영역에 걸쳐 잘 일치함을 보여주고 있다.

변형률이 비교적 큰 범위까지 내력에 영향을 미치는 부재의 경우, 스테인리스강의 지속적인 변형도 경화능력을 설계에 반영한다면 보다 경제적인 이점을 얻을 수 있을 것이다. Rasmussen(2003)에서는 2% 변형도를 극한 한계상태 변형도의 상한치로 보고 있으며 $\epsilon = 2\%$ 까지 내력이 발휘된다고 가정하여 그때의 응력도 $\sigma_2(\epsilon = 2\%)$ 를 계산하여 정확성을 비교

평가하고 $\sigma_{0.2}$ 와 비교한다.

표 4. 기존모델과 제안모델의 비교

이론	ϵ_u	$\sigma - \epsilon$ 곡선	m	$\sigma_{0.2}/\sigma_u$	적용 범위
Ramberg-Osgood	-	(2)	-	-	0.2% 강도 이내
Rasmussen	(14)	(12)	(11)	(13)	전 영역
제안모델 (Proposed)	(16)	(12)	(17)	(15)	전 영역

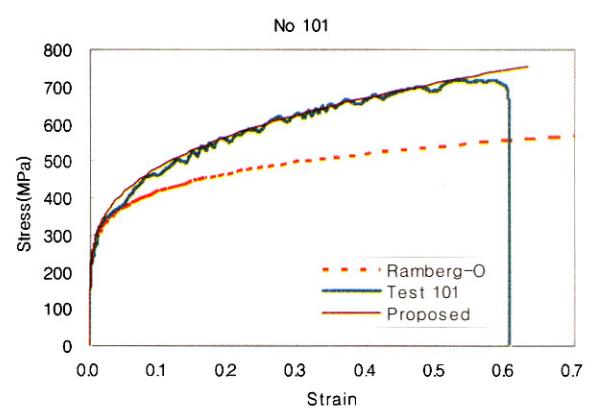


그림 13. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 101)

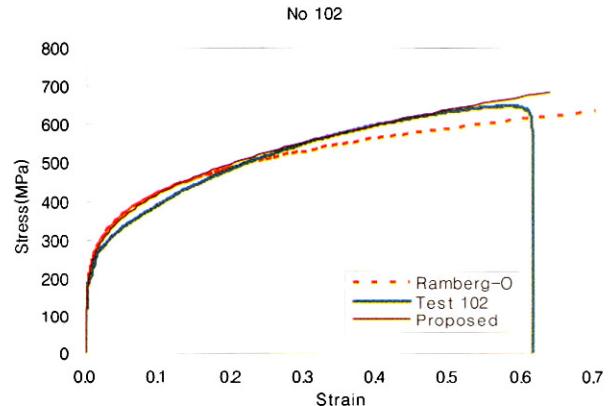


그림 14. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 102)

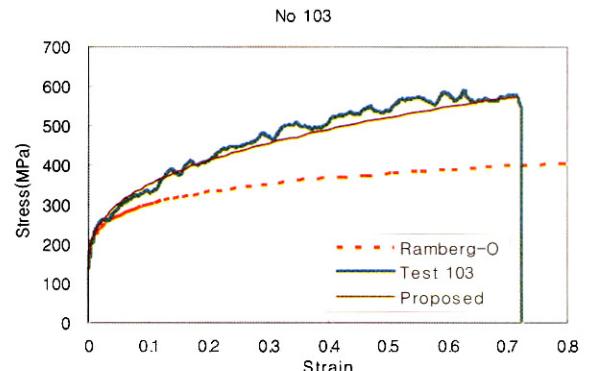


그림 15. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 103)

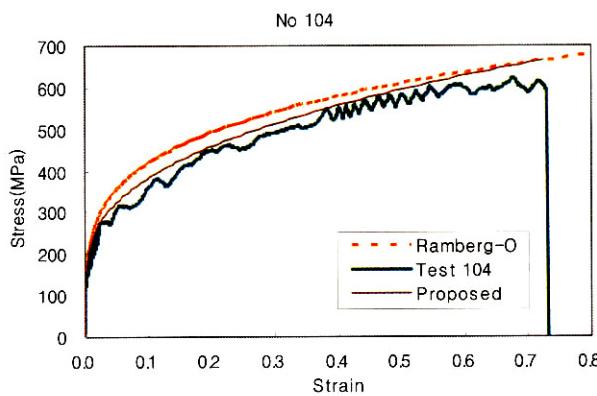


그림 16. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 104)

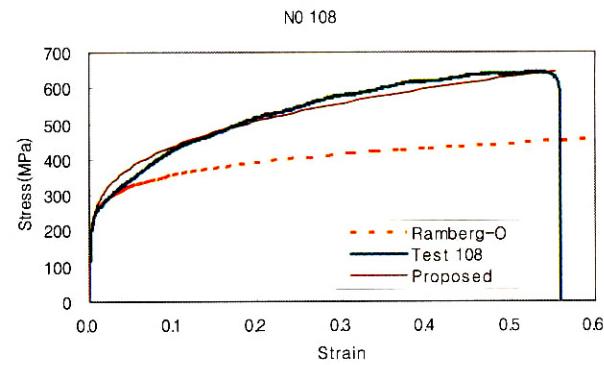


그림 20. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 108)

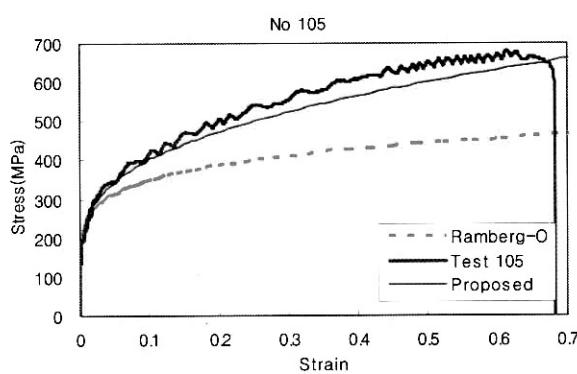


그림 17. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 105)

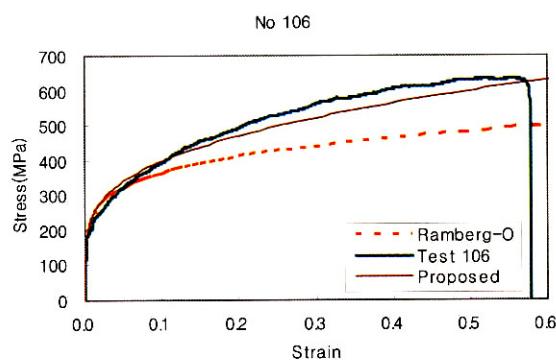


그림 18. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 106)

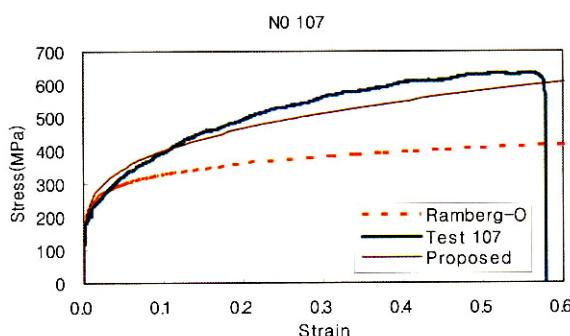
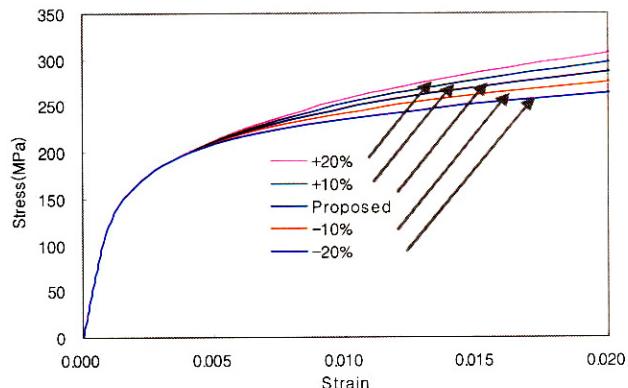


그림 19. 실험곡선과 제안곡선의 비교 (No. 107)

먼저 σ_u 의 기본값을 650MPa로 가정하고 10%씩 변화시켜 -20%부터 +20%까지의 σ_2 의 변화정도를 비교 평가한다. 그림 21과 표 5에서 보는 바와 같이 최대 8%의 오차를 나타낸다. 이때 가정된 재료적 특성은 다음과 같다.

$$E_o = 140 \text{ GPa}, \epsilon_u = 0.6, \sigma_{0.2} = 190 \text{ MPa}, n = 6$$

그림 21. σ_u 변화에 의한 응력도-변형도 곡선표 5. σ_u 변화에 의한 σ_2 의 영향

σ_u	σ_u 변화	σ_2 ($\epsilon = 2\%$)	$\delta\sigma$
MPa	%	MPa	-
780	+ 20	306	7.0
715	+ 10	296	3.5
650	0	286	0.0
585	-10	275	-3.8
520	-20	263	-8.0

$$E_o = 140 \text{ GPa}, \epsilon_u = 0.6, \sigma_{0.2} = 190 \text{ MPa}, n = 6$$

두 번째로 ϵ_u 를 0.6로 가정하고 -20%부터 +20%사이를 10%씩 변화시켜 σ_2 의 변화를 비교분석한다. 그림 22와 표 6에서 최대 3.4%의 오차를 보이고 있다. 가정한 재료적 특성은 다음과 같다.

$$E_o = 140 \text{ GPa}, \sigma_u = 650 \text{ MPa}, \sigma_{0.2} = 190 \text{ MPa}, n = 6$$

σ_u 와 ϵ_u 의 20%변화량에 대하여 σ_2 는 8%의 오차범위내에 유지되기 때문에 충분한 정확성을 지니고 있다.

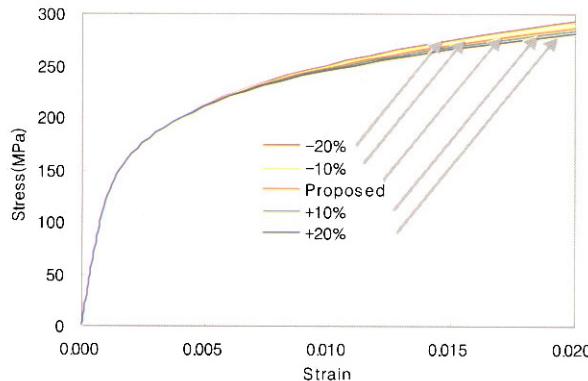


그림 22. ϵ_u 변화에 의한 응력도-변형도 곡선

표 6. ϵ_u 변화에 의한 σ_2 의 영향

ϵ_u	ϵ_u 변화	σ_2	$\delta\sigma$
-	%	MPa	-
0.72	+20	280	-3.4
0.66	+10	283	-2.4
0.60	0	286	0.0
0.54	-10	290	0.0
0.48	-20	293	1.0

$$E_o = 140 \text{ GPa}, \sigma_u = 650 \text{ MPa}, \sigma_{0.2} = 190 \text{ MPa}, n = 6$$

각 실험체에 대한 $\sigma_2/\sigma_{0.2}$ 를 비교하면 표 7과 같으며 평균 1.5를 나타낸다. 결과적으로 $\epsilon=2\%$ 의 응력도 σ_2 를 적용한다면 항복강도에 비하여 1.5배 높게 설계내력을 산정할 수 있다.

표 7. $\sigma_2/\sigma_{0.2}$ 의 비교

No	σ_2	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_2/\sigma_{0.2}$
	MPa	MPa	-
101	343	225	1.52
102	291	187	1.56
103	250	170	1.47
104	264	170	1.55
105	285	195	1.46
106	280	185	1.51
107	287	194	1.48
108	314	210	1.50
Average			1.51

7. 결 론

스테인리스강의 응력도-변형도 관계를 전 영역에 걸쳐 연구하기 위하여 이론적, 실험적 방법을 통하여 비교 평가하여 다

음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 0.2% 강도까지의 영역에서 응력도-변형도 관계는 Ramberg-Osgood 곡선과 잘 일치한다.
- (2) 0.2% 강도를 초과하는 영역에서 응력도-변형도 관계를 나타내는 Rasmussen 곡선은 실험결과와 잘 일치하지 않는다.
- (3) Rasmussen 곡선을 수정 보완한 제안 곡선은 스테인리스강 응력도-변형도의 실험곡선과 잘 일치한다.
- (4) 2% 강도 σ_2 는 항복강도 $\sigma_{0.2}$ 에 비하여 1.5배 높은 강도를 보이고 있으며, 최대내력에 이르기까지 큰 변형율이 진전되는 부재에서 σ_2 강도의 적용이 가능하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2004학년도 동명정보대학교 교내학술연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 장호주, 양영성(2005) 중심압축하중을 받는 스테인리스강관기둥의 좌굴내력에 관한 연구, 한국강구조학회 논문집, 제17권 2호.
- Ramberg W, Osgood WR (1941) Determinations of stress-strain curves by three parameters, Technicak note no. 503, National Advisory Committee on Aeronautics (NACA).
- ANSI/ASCE-8-90 (1991) Specification for the Design of Cold-Formed Stainless Steel Structural Members.
- ENV 1993-1-3, Eurocode 3 (1996) Design of Steel Structures: Part 1.4 : General Rules-Supplementary Rules for Stainless Steel.
- MacDonald M, Rhodes J, Taylor GT (2000) Mechanical properties of stainless steel lipped channels, In Laboube RA, Yu W-W, editors, Proceedings, 15th International Specialty Conference on Cold-formed Steel Structures, University of Missouri-Rolla.
- Kim J.R. Rasmussen (2003) Full-range stress-strain curves for stainless steel alloys, *Journal of Constructional Steel Research* 59, 47-61.

(접수일자 : 2005. 5. 27 / 심사일 2006. 2. 3 /
심사완료일 2006. 3. 3)