



표면처리별 S10T, 10.9HRC 고장력 볼트 세트의 체결 품질 연구

최윤오^a, 석한길^{b*}, 홍현선^c

^aKPF(주) 품질보증부, ^b강원대학교 재료금속공학과, ^c성신여자대학교 청정융합과학과

The Joining Quality of High Strength Bolt, Nut and Washer Set (S10T & 10.9HRC) under the Surface Treatment Conditions

Youn-O Choi^a, Han-Gil Suk^{b*}, Hyeon-Sun Hong^c

^aQuality Assurance Team, Korea Parts & Fasteners (KPF) Co., Ltd, Chungju, 305-600, Korea

^bDepartment of Materials and Metallurgical Engineering, Kangwon National University, Samcheok 245-711, Korea

^cDepartment of Interdisciplinary ECO Science, Sungshin Women's University, Seoul 142-732, Korea

(Received May 12, 2015 ; revised June 15, 2015 ; accepted June 18, 2015)

Abstract

This test focuses on the correlations between joining axial force at non-room temperature and at room temperature according to the surface treatment (Geomet, Dacro, Green Kote, Armore Galv.). The quality characteristics of the fastening axial force required by the KSB 2819 and EN14399-10 standards were discussed. Surface treatment was implemented to S10T and 10.9HRC sets of bolts under the same environmental factors. Development for the stabilization of the fastening axial force required by each standard should continually be enforced, and the fastening and storage in the field should be maintained at room temperature. Managing stabilization of torque enumerated data is required after application of surface treatment. It is concluded that, by conducting the test of applying surface treatment to effectively manage, each lot-specific rate of axial force at room temperature conditions should be maintained below the maximum 4.47%. The decline rate of axial force should be maintained under 2.15% maximum, and the standard deviation of the room temperature condition should be maintained below 0.5.

Keywords : High tension bolt, Joining, Axile Force, Surface Treatment

1. 서 론

최근 건설부문에 널리 사용되는 일반형 고장력 볼트(6각머리)나 특수형인 Torshear(이하T/S) 볼트는 대체로 마찰접합에 의하여 시공되며 접합부의 강성 확보와 응력전달의 효율성이란 관점에서 전단 또는 인장접합에 비하여 뛰어난 성능을 보여준다. 고장력 볼트의 체결은 체결공구와 피체결물과의 마찰에 의한 큰 소음으로 인해 건설현장의 나쁜 작업환경

과 주민 민원도 발생하였으나, 체결 시 소음이 거의 없고 체결품질도 볼트 제조사에 의해 보증된 T/S 볼트가 개발되어 널리 사용됨에 따라 소음에 대한 문제해결 뿐만 아니라 체결 품질도 한층 더 고급화 되었다. 또한 건축의 대형화, 고층화와 더불어 교량은 통행량의 급증 및 중량화 등으로 인해 반복하중과 피로강도에 견딜 수 있는 고장력 볼트 접합이 더욱 보편화되고 있다¹⁻⁴⁾.

상기와 같이 고장력 볼트 접합에 관한 지속적인 기술 개발이 필요하게 되었으며, 또한 현업에서 볼트 체결 후 제품의 “녹” 발생으로 인해 시공된 교량, 건축에 대한 품질보증에 대한 신뢰성이 하락되었다. 이를 방지할 수 있는 고장력 볼트의 내식성

*Corresponding Author : Han-Gil Suk

Department of Materials and Metallurgical Engineering,
Kangwon National University
E-mail : hgsuk@kangwon.ac.kr

Table 1. Test samples of Axial Force

Test Condition	Dacro (S10T, M24X80)	Geomet (10.9HRC, M24X80)	Green Kote (10.9HRC, M24X80)	Armor Galv. (S10T, M24X120)
Room Temperature	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)
Temperaure 30°C / Humidity 80%	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)
Water Immersion 30min.	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)	5sets per 4Lot (Total:20ea)

이 증가된 표면처리에 대한 기술 습득이 절실히 요구되었으며, 표면처리에 대한 기술 습득을 통한 품질안정이 필요하게 되었다.

또한 강구조물의 접합을 위한 고장력 볼트, 너트, 및 와셔의 내식성을 강화하기 위한 표면처리의 요구가 급증하고 있는 상황이며 주위 환경(온도, 습도 등)에 영향을 적게 받는 내식성이 우수한 표면처리가 요구되고 있는 추세이다.

일부 현장에서는 규정에서 요구되는 상온 이외의 극한 조건에서도 체결 시공이 이루어지고 있으며, 보관도 야외 적재 등의 방법을 사용하고 있으나 연구결과와 자료가 부족한 상태이다. 따라서 환경조건에 따른 체결 품질의 특성을 실험을 통해 상관관계의 확인이 필요하며, 내식성이 강화된 표면처리가 고장력 볼트, 너트 및 와셔에 미치는 영향 분석의 필요성이 제기되었다.

이에 본 연구에서는 실험을 통해 KSB2819 (구조용 토크-전단형 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트) & EN14399-10 (High-strength structural bolting assemblies for preloading. Part 10 : System HRC. Bolt and nut assemblies with calibrated preload) 규격에서 요구되는 품질특성을 고찰하고⁵⁻⁹⁾, 각 규격에 적용되는 S10T, 10.9HRC 볼트 세트에 처리된 표면처리 종류(Armor Galv, Green Kote, Dacro 및 Geomet)와 체결축력과의 상관관계를 연구하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 실험 범위 및 규격 요건

KSB2819 S10T와 EN14399-10 10.9HRC 고장력 볼트 세트에 대하여 4종류의 표면처리를 실시 하며, 3종류의 환경요인별 체결축력 실험에 한정한다. 표 1은 실험에 사용된 표면처리 조건(Dacro, Geomet, Green Kote, Armor Galv)과 환경요인(상온, 온도30°C/습도80%, 물침적 30분유지)을 나타내었으며, 각 표면처리별 4 Lot로 5세트씩 20개를 테스트 하였다. 여기서 재료는 S10T (M24 X 80, 120), 10.9HRC (M24 X 80) 고장력 볼트이다.

Table 2. Requirement of Axial Force Spec. for S10T & 10.9HRC

Spec.	Individual of Axial Force.	Average of Axial Force.
S10T	N/A	25.2 ~ 30.4ton
10.9HRC	25.2ton Min.	27.8ton Min.



Photo 1. Armor Galv.



Photo 2. Green Kote.



Photo 3. Dacro.



Photo 4. Geomet.

표 2는 KSB2819 (S10T 고장력 볼트) & EN14399-10 (10.9HRC 고장력 볼트) 규격에서 요구하고 있는 체결 축력 값을 나타내었다.

사진 1은 Armor Galv. 표면처리, 사진 2는 Green Kote 표면처리 사진 3은 Dacro 표면처리, 사진 4는 Geomet 표면처리를 실시하여 실험에 사용된 시료의 사진이다.

2.2 실험방법

체결축력의 관련규격은 KSB2819 & EN14399-10 규격이며, 세트의 구성은 볼트, 너트 및 와셔로 구성되어 있다. 체결축력 시험 방법은 아래와 같다.

① Test 시료는 동일 호칭경, 동일 등급 및 동일 생산 Lot로 제조된 볼트, 너트 및 와셔로 구성된 3 세트(Test Assembly)를 시험한다.

② 와셔 회전 방지를 위한 처리를 해야하며, 와셔와 너트의 조립 방향을 확인한다. 체결된 상태는

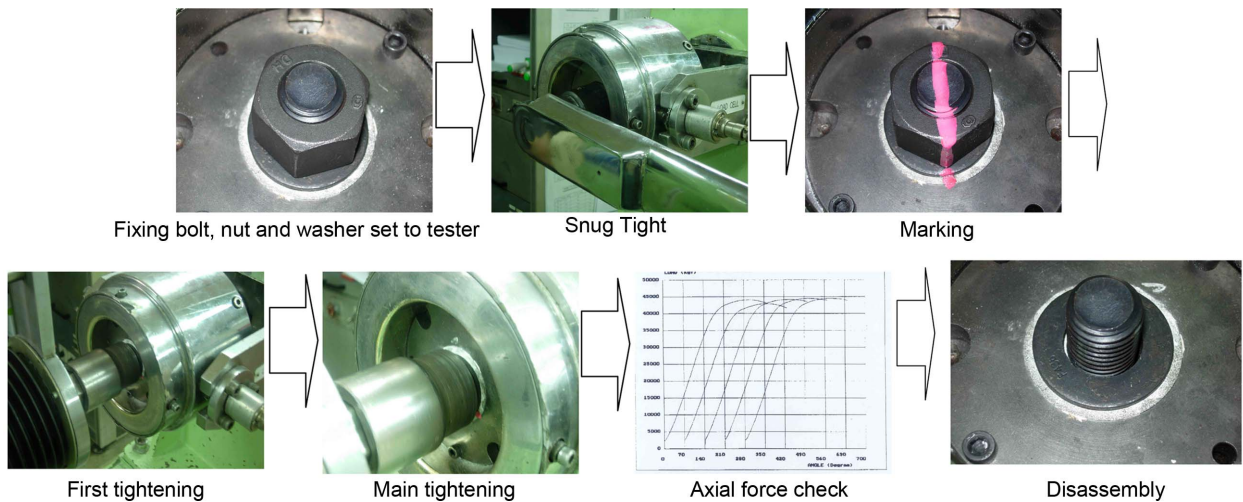


Fig. 1. The test procedure of the fastening axial force.



Photo 5. Bolt testing machine



Photo 6. Constant temperature & humidity chamber

볼트의 여유길이가 2~3피치 정도(너트와 일치 ~5 피치 이내)가 되도록 한다.

③ Snug Tight는 실제 체결할 부재가 완전히 밀착될 수 있는 정도의 체결력으로 하며, Snug Wrench 혹은 Impact Wrench를 활용한다.

④ 볼트, 와셔의 회전 유무를 확인하기 위하여 볼트, 와셔 및 Plate에 마킹을 한다.

⑤ Pin Taile이 끊어질 때까지 본 체결을 실시하여 축력값을 확인한다.

*체결축력 시험은 그림 1의 축력 시험 절차에 따라 시험을 실시한다.

2.3 시험 장비

사진 5는 체결 축력 실험을 위한 고정식 축력시험 장비이며, 사진 6은 항온/항습을 유지시켜주는 항온 항습조 장비의 사진이다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 표면처리 조건별 체결 축력 실험 결과

표 3은 Geomet 표면처리 실시한 시료인 10.9HRC 고장력 볼트의 체결 축력 결과값이다.

표 4는 Dacro 표면처리 실시한 시료(S10T 고장력 볼트)의 체결 축력 결과값이다.

표 5는 Green Kote 표면처리 실시한 시료(10.9HRC 고장력 볼트)의 체결 축력 결과값이다.

표 6은 Armor Galv. 표면처리 실시한 시료(S10T 고장력 볼트)의 체결 축력 결과값이다.

여기서 상기 실험결과를 판정하는 기준은 아래와 같다.

a. 본 체결 후 축력이 Spec. (표 2 참조) 에서 요구되는 축력을 만족하여야 한다.

b. 본 체결 중 볼트 및 와셔의 회전이 발생되지 말아야 하며, 발생 시에는 시험 실패로 판정한다.

Table 3. Axial force results of Geomet surface treatment

Test condition	Axial Force of Geomet (unit :Ton)									Remark
	1	2	3	4	5	min	max	avg	standard deviation	
Room Temp.	32.7	32.3	33.0	32.4	32.1	32.1	33.0	32.5	0.4	A LOT
	31.3	32.8	31.9	30.8	32.3	30.8	32.8	31.8	0.8	B LOT
	33.5	33.2	32.8	32.1	32.7	32.1	33.5	32.9	0.5	C LOT
	34.3	33.4	32.8	33.0	33.4	32.8	34.3	33.4	0.6	D LOT
Temp.30°C Hum. 80%	32.6	34.3	34.1	33.8	31.9	31.9	34.3	33.3	1.0	A LOT
	33.3	32.9	32.8	34.5	29.7	29.7	34.5	32.7	1.7	B LOT
	30.9	32.4	32.2	33.2	31.5	30.9	33.2	32.0	0.9	C LOT
	30.8	30.8	29.2	28.3	29.4	28.3	30.8	29.7	1.1	D LOT
Water Immersion 30min	32.6	28.8	31.2	32.6	30.4	28.8	32.6	31.1	1.6	A LOT
	31.6	31.5	32.4	29.1	31.8	29.1	32.4	31.3	1.3	B LOT
	29.3	30.8	29.0	31.1	27.9	27.9	31.1	29.6	1.3	C LOT
	27.7	30.8	29.5	30.2	29.5	27.7	30.8	29.5	1.2	D LOT

Table 4. Axial force results of Dacro surface treatment

Test condition	Axial Force of Dacro (unit :Ton)									Remark
	1	2	3	4	5	min	max	avg	standard deviation	
Room Temp..	27.9	28.1	28.2	29.5	30.3	27.9	30.3	28.8	1.0	A LOT
	28.3	28.5	29.4	30.1	30.3	28.3	30.3	29.3	0.9	B LOT
	27.9	28.5	28.5	29.4	30.1	27.9	30.1	28.9	0.9	C LOT
	28.7	28.9	29.4	29.9	30.2	28.7	30.2	29.4	0.6	D LOT
Temp. 30°C Hum. 80%	28.0	28.4	29.8	30.6	30.8	28.0	30.8	29.5	1.3	A LOT
	28.2	28.6	30.4	30.9	31.2	28.2	31.2	29.9	1.4	B LOT
	28.7	29.4	30.4	30.4	30.9	28.7	30.9	30.0	0.9	C LOT
	28.5	29.4	30.4	31.2	31.9	28.5	31.9	30.3	1.4	D LOT
Water Immersion 30min	30.2	31.9	31.9	32.0	32.0	32.0	32.0	31.6	0.8	A LOT
	30.4	30.8	31.5	31.7	32.1	30.4	32.1	31.3	0.7	B LOT
	30.1	31.2	31.8	32.1	32.4	30.1	32.4	31.5	0.9	C LOT
	30.3	30.5	31.3	31.8	32.5	30.3	32.5	31.3	0.9	D LOT

3.2 실험결과 판정기준에 의한 합격 여부 결정

표 7은 표면처리 후 각Lot별 환경조건별의 체결 축력의 평균에 대한 결과를 나타내었다. Dacro의 경우 물침적 30분 유지 시 축력이 초과되고, Armor Galv.의 경우에는 상온에서 축력이 미달되는 결과를 나타내었으며, Geomet & Green Kote인 경우에는 규격에서 요구되는 기준 체결 축력값을 모두 만족하였다.

3.3 실험결과의 분석 및 고찰

표 8은 각 표면처리별 시험 결과에 대한 축력의 최소, 최대, 평균, 표준편차를 정리하여 나타내었다. Geomet은 상온대비 온/습도조건에서 2.15% 하락하였으며, 물침적 조건에서는 6.75% 하락하였다.

Dacro는 상온대비 온/습도 조건에서 2.75% 상승 하였으며, 물침적 조건에서 7.90% 상승하였다. Green Kote는 상온대비 온/습도 조건에서 22.78% 상승하였으며 물침적조건에서 15.30% 상승하였다. Armor Galv는 상온대비 온/습도 조건에서 6.85% 상승하였으며, 물침적 조건에서 15.73% 상승하였다.

또한 표준편차는 Geomet 이 상온대비 온/습도 조건에서 1.0, 물침적 조건에서 0.7 상승 하였다. Dacro는 상온대비 온/습도 조건에서 0.3상승하고 물 침적 조건에서 0.1 하락하였다. Green Kote는 상온 대비 온/습도조건에서 0.2, 물침적 조건에서는 0.1 상승하였다. Armor Galv는 상온대비 온/습도조건에서 0.4 상승하고, 물침적 조건에서 0.2 상승하였다. 따라서 표면처리 후 체결 축력의 안정화 관리가 필

Table 5. Axial force results of Green Kote surface treatment

Test condition	Axial Force of Green Kote (unit :Ton)									Remark
	1	2	3	4	5	min	max	avg	standard deviation	
Room Temp.	26.7	27.0	27.3	27.9	28.4	26.7	28.4	27.5	0.7	A LOT
	27.7	28.3	28.5	28.7	28.8	27.7	28.8	28.4	0.4	B LOT
	27.3	27.9	28.7	28.8	29.2	27.3	29.2	28.4	0.8	C LOT
	27.4	27.9	28.2	28.7	28.8	27.4	28.8	28.2	0.6	D LOT
Temp. 30°C Hum. 80%	33.2	33.4	34.2	35.0	35.2	33.2	35.2	34.2	0.9	A LOT
	33.8	34.2	34.8	35.2	35.7	33.8	35.7	34.7	0.8	B LOT
	33.7	33.9	35.2	35.6	35.8	33.7	35.8	34.8	1.0	C LOT
	32.9	33.1	34.2	34.9	35.4	32.9	35.4	34.1	1.1	D LOT
Water Immersion 30min	30.9	31.7	32.1	32.5	33.4	30.9	33.4	32.1	0.9	A LOT
	31.9	32.6	32.9	33.5	33.5	31.9	33.2	32.5	0.8	B LOT
	31.2	32.4	32.9	33.0	33.2	31.2	33.2	32.5	0.8	C LOT
	31.1	31.5	31.9	32.1	32.7	31.1	32.7	31.9	0.6	D LOT

Table 6. Axial force results of Armor Galv. surface treatment

Test condition	Axial Force of Armor Galv (unit :Ton)									Remark
	1	2	3	4	5	min	max	avg	standard deviation	
Room Temp.	24.2	24.6	24.7	25.1	25.4	24.2	25.4	24.8	0.5	A LOT
	24.1	24.3	24.4	24.7	25.2	24.1	25.2	24.5	0.4	B LOT
	24.3	24.7	24.8	25.2	25.4	24.3	25.4	24.9	0.4	C LOT
	24.3	24.7	25.1	25.4	25.6	24.3	25.6	25.0	0.5	D LOT
Temp. 30°C Hum. 80%	25.9	26.4	26.7	27.2	27.8	25.9	27.8	26.8	0.7	A LOT
	26.2	26.4	27.2	27.5	27.8	26.2	27.8	27.0	0.7	B LOT
	25.2	25.9	26.4	27.2	27.5	25.2	27.5	26.4	0.9	C LOT
	24.8	25.2	25.9	26.4	26.8	24.8	26.8	25.8	0.8	D LOT
Water Immersion 30min	27.9	28.4	28.5	28.9	29.4	27.9	29.4	28.6	0.6	A LOT
	28.2	28.7	28.9	29.2	29.4	28.2	29.4	28.9	0.5	B LOT
	27.4	27.9	28.5	28.6	29.4	27.4	29.4	28.4	0.8	C LOT
	27.5	28.7	29.2	29.4	30.2	27.5	30.2	29.0	1.0	D LOT

Table 7. Results of axial force average per Lot

Surface Treatment	Geomet (10.9HRC)				Dacro (S10T)				Green Kote (10.9HRC)				Armor Galv. (S10T)			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Room Temp.	32.5	31.8	32.9	33.4	28.8	29.3	28.9	29.4	27.5	28.4	28.4	28.2	24.8	24.5	24.9	25.0
Temp.30°C Hum.80%	33.3	32.7	32.0	29.7	29.5	29.9	30.0	30.3	34.2	34.7	34.8	34.1	26.8	27.0	26.4	25.8
Water 30min	31.1	31.3	29.6	29.5	31.6	31.3	31.5	31.3	32.1	32.5	32.5	31.9	28.6	28.9	28.4	29.0

요하며 상온상태에서는 체결 중 문제점이 발생되지 않으나, 비상온 상태에서는 축력값이 상승됨에 따라 현장체결 중 볼트 나사부의 파손 등을 유발할 수 있다.

상기 결과값을 참조하여 체결 축력 품질(체결값 기준)의 안정화를 추구하고 현장에서의 문제점(나사부 파손 등)을 방지하기 위하여 아래와 같이 고찰 하였다.

Table 8. Results of experiment

Surface Treatment	Geomet (10.9HRC)				Dacro (S10T)				Green Kote (10.9HRC)				Armor Galv. (S10T)			
LOT Condition	Min	Max	Avg	Stdev	Min	Max	Avg	Stdev	Min	Max	Avg	Stdev	Min	Max	Avg	Stdev
Room Temp.	30.8	34.3	32.6	0.8	27.9	30.3	29.1	0.9	26.7	29.2	28.1	0.7	24.1	25.6	24.8	0.5
Temp.30°C Hum.80%	28.3	34.5	31.9	1.8	28.0	31.9	29.9	1.2	32.9	35.8	34.5	0.9	24.8	27.8	26.5	0.9
Water 30min	27.7	32.6	30.4	1.5	30.1	32.5	31.4	0.8	30.9	33.5	32.4	0.8	27.4	30.2	28.7	0.7

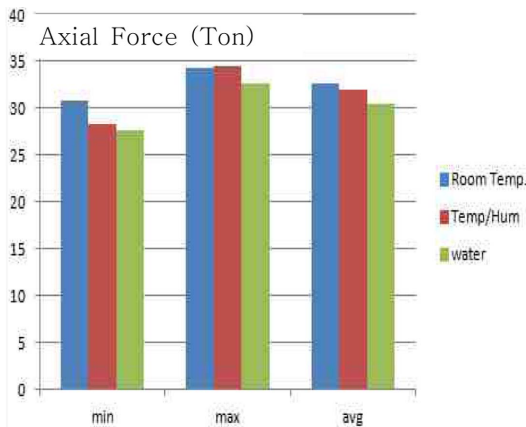


Fig. 2. Results of axile force after Geomet.

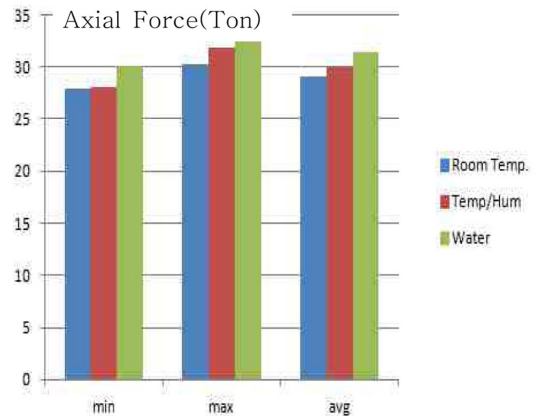


Fig. 3. Results of axile force after Dacro.

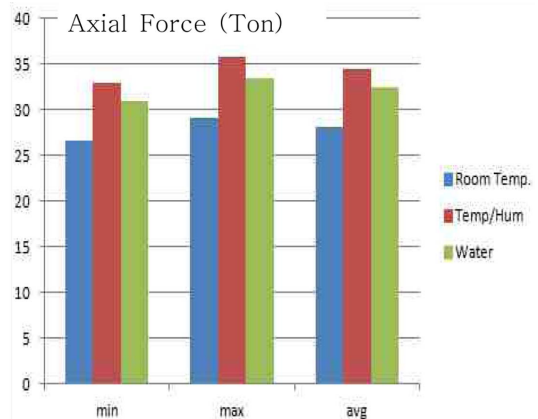


Fig. 4. Results of axile force after Green Kote.

a. 비상온 조건에서의 축력상승은 상온대비 관련 규격을 초과하지 않는 상승률인 4.47%이하(KSB2819 S10T 고장력 볼트 최대 체결 축력 참조)가 유지될 수 있는 표면처리 조건의 관리가 필요하다는 것을 보여준다.

또한, 비상온 조건에서의 축력하락은 상온대비 하락률은 2.15% 이하(Geomet 온/습도 조건에서 2.15% 하락 참조)가 유지될 수 있는 표면처리 조건 관리가 필요하다는 것을 보여 준다.

b. 상온 조건에서의 표준편차는 0.5 이하(Armor Galv. 0.5 참조) 유지될 수 있도록 관리가 필요하며, 비상온 상태의 표준편차 상승은 0.1이하(Green Kote 비상온 0.1 상승 참조)가 유지될 수 있는 표면처리 조건이 필요하다는 것을 보여 준다.

c. 일반적으로 각 표면처리에 따라 상온대비 비상온 조건에서의 체결 축력값의 편차가 크게 나타남을 보여준다.

그림 2는 Geomet, 그림 3은 Dacro, 그림 4는 Green Kote, 그림 5는 Armor Galv. 표면처리후 체결 축력값에 대하여 도식화하여 나타내었다.

4. 결 론

KSB2819 (S10T 고장력 볼트) & EN14399-10 (10.9HRC 고장력 볼트) 규격에서 적용되는 고장력 볼트 세트에 대하여 내식성을 높이기 위한 표면처리별 상온과 비상온 조건에 대한 축력변화 실험을 통해 자료를 분석한 결과, 아래와 같은 결론을 얻을 수 있다 :

a. 각 Lot 별 상온대비 비 상온 조건의 축력 상승률은 최대 4.47% 이하로 유지하고, 축력 하락률은 최대 2.15% 이하로 관리 되어야 한다.

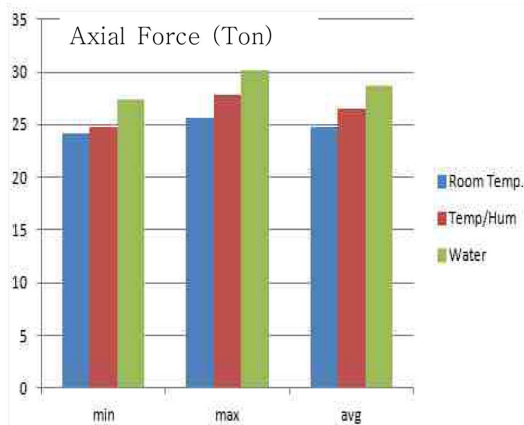


Fig. 5. Results of axile force after Armor Galv.

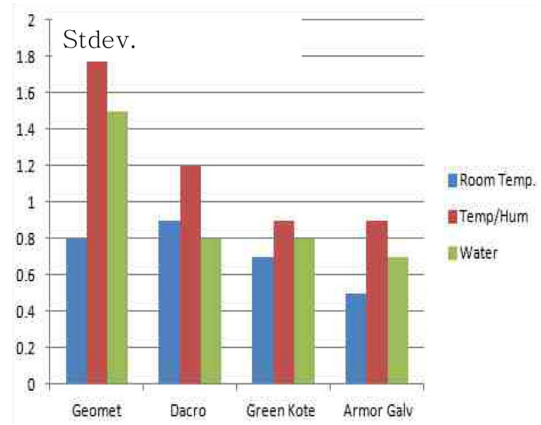


Fig. 6. Results of Standard deviation.

b. 각 Lot 별 상온 조건의 표준편차를 0.5이하로 유지되어야 한다. 또한 상온대비 비 상온조건의 최대 상승은 0.1이하로 관리 되어야 한다.

후 기

이 논문은 2014년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(관리번호-220140053).

References

1. H. G. Suk, I. S. Cho, and H. S. Hong, J. Kor. Inst. Surf. Eng., 44 (2011) 22
2. John H. Blackford, An Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints, Marcel Dekker Inc., New York and Basel (1981) 5
3. H. G. Suk, D. S. Kim, S. H. Kim, and I. S. Cho, Materials Science Forum, 580-582 (2008) 681
4. H. G. Suk, I. S. Cho, Materials Science Forum, 580-582 (2008) 687
5. KS B1010, “마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트”
6. JIS B1186, “마찰접합용 고력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트”
7. KS B2819, “구조용 토크-전단형 고장력 볼트, 6각너트, 평와셔의 세트”
8. EN14399-10, “High-strength structural bolting assemblies for preloading. Part 10: System HRC. Bolt and nut assemblies with calibrated preload”
9. JSS II-09.: “구조용 Torshear 형 고력 볼트, 6각너트, 평와셔의 세트”