

고장력 볼트 세트의 환경조건에 따른 품질특성 변화

The change of quality characteristics according to environmental factors of high strength bolt, nut and washer set

석한길*, 조인습**

* 강원대학교 재료금속공학과

** KPF 품질보증부

1. 서 론

본 연구는 고장력 볼트 세트의 중요 품질특성인 토오크계수치 및 축력이 주위 환경(온도, 습도)에 의해 변화함에도 불구하고, 일부 현장에서 규정에서 요구하는 상온 이외의 극한 조건에서도 체결시공이 이루어지고 있으며, 보관 또한 야외 적재 등의 방법을 사용하고 있으나 환경과 체결특성의 관계에 대한 연구결과와 자료가 부족한 상태이다. 이에 환경과 체결특성과의 관계를 실험을 통하여 상관관계를 확인한다.

1.1 목적

환경에 따라 변화하는 토오크계수치 및 축력의 경향을 파악하여 제조자는 환경이 품질특성 변화를 최소화할 수 있는 제품을 생산하는데 도움이 되고, 사용자는 안전하게 사용하는데 도움이 될 수 있는 자료를 마련하고자 한다.

1.2 범위

H/T Bolt Sets 및 T/S Bolt Sets의 온도별 토오크계수치 및 축력 변화에 대해 실험하고, T/S Bolt Sets의 습도변화에 따른 축력변화를 실험하고자 한다. H/T Bolt Sets의 습도 및 기간 변화에 따른 토오크계수치 변화는 T/S Bolt Sets의 결과와 동일한 결과로 추정되는 바 별도의 실험을 실시하지 않는다.

1.3 시료

Table 1 Samples

단위 : Sets

실험항목	H/T Bolt Sets(M22)		T/S Bolt Sets(M22)	
	Plain	Dacro	Plain	Dacro
온도변화에 따른 변화 - 평균 - 표준편차	각 10 (총70)	각 10 (총70)	각 10 (총70)	각 10 (총70)
습도변화에 따른 변화	-	-	각 5 (총15)	-
기간 경과에 따른 변화	-	-	각 10 (총20)	-

2 실험조건 및 실험방법

2.1 온도변화에 따른 특성변화 실험조건

항온항습기로의 습도를 15%로 일정하게 하여 Plain 및 Dacro 피막된 H/T & T/S Bolt 10Sets를 60℃, 40℃, 25℃, 10℃, 0℃, -5℃, -10℃에서 1시간 동안 유지한 후, 시료를 꺼내 축력시험기를 이용하여 곧바로 실험한다(실험하는 동안 조건변동의 최소화를 위해 설정조건에서 1Set씩 꺼내어 실험).

2.2 습도변화에 따른 특성변화 실험조건

T/S Bolt Plain을 상온에서 정상조건(습도 30%), 물에 침적, 습기 노출(90%이상) 조건에서 각각 5 Sets를 5분 동안 유지한 후 물기 및 습기를 없애기 위해 1일 동안 대기 중에 건조, 축력시험기를 이용하여 실험한다. 실험방법은 위 2.1의 실험방법과 동일하게 한다.

2.3 기간경과에 따른 실험조건

T/S Bolt 20 Sets를 준비하여 10 Sets는 옥외 보관하여 1개월 후에 실험하고, 10 Sets는 7개월 후에 실험한다.

3 실험결과 및 분석

3.1 온도변화에 따른 토오크 계수치 및 축력변화의 분석결과

3.1.1 H/T Bolt Sets의 토오크 계수치

Table 2 Torque Coefficient of H/T Bolt Sets

품명	구분	시험환경 (°C)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Min.	Max.	평균	표준 편차
H/T (M22 X 75)	PLAIN	60	0.209	0.204	0.191	0.189	0.190	0.232	0.209	0.225	0.235	0.188	0.188	0.235	0.210	0.018
		40	0.192	0.185	0.180	0.174	0.185	0.195	0.193	0.179	0.189	0.182	0.174	0.195	0.185	0.007
		25	0.174	0.159	0.163	0.173	0.165	0.176	0.182	0.160	0.174	0.171	0.159	0.182	0.171	0.008
		10	0.179	0.179	0.176	0.170	0.182	0.176	0.180	0.184	0.183	0.179	0.170	0.184	0.179	0.004
		0	0.184	0.178	0.176	0.180	0.169	0.181	0.178	0.183	0.178	0.180	0.169	0.184	0.178	0.004
		-5	0.181	0.177	0.174	0.195	0.185	0.181	0.172	0.176	0.185	0.182	0.172	0.195	0.183	0.007
		-10	0.177	0.180	0.168	0.183	0.179	0.187	0.182	0.180	0.183	0.170	0.168	0.187	0.180	0.006
	DACRO	60	0.128	0.123	0.121	0.120	0.128	0.127	0.124	0.123	0.135	0.122	0.120	0.135	0.126	0.004
		40	0.132	0.133	0.132	0.14	0.133	0.132	0.128	0.137	0.131	0.132	0.128	0.140	0.133	0.003
		25	0.136	0.133	0.138	0.136	0.136	0.137	0.139	0.140	0.141	0.134	0.133	0.141	0.137	0.003
		10	0.143	0.142	0.145	0.143	0.136	0.14	0.141	0.143	0.145	0.139	0.136	0.145	0.141	0.003
		0	0.148	0.136	0.146	0.145	0.146	0.143	0.143	0.147	0.146	0.145	0.136	0.148	0.144	0.003
		-5	0.148	0.142	0.143	0.142	0.134	0.139	0.148	0.137	0.136	0.141	0.134	0.148	0.140	0.005
		-10	0.149	0.153	0.147	0.155	0.145	0.144	0.150	0.147	0.154	0.147	0.144	0.155	0.149	0.004

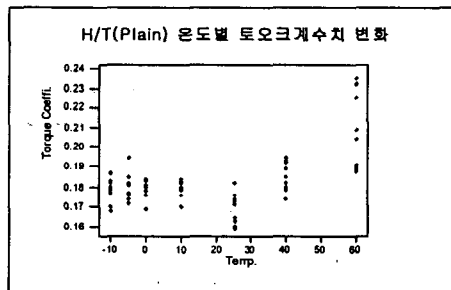


Fig. 1 Variance of Torque Coefficient for Temperature(H/T Plain)

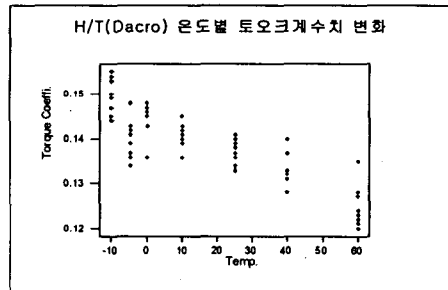


Fig. 2 Variance of Torque Coefficient for Temperature(H/T Dacro)

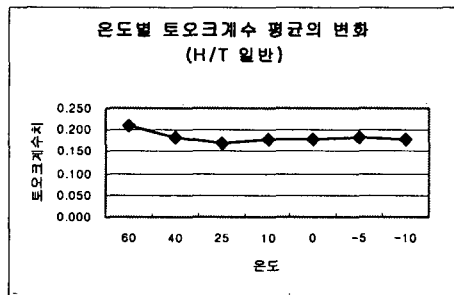


Fig. 3 Variance of Torque Coefficient Average for Temperature (H/T Plain)

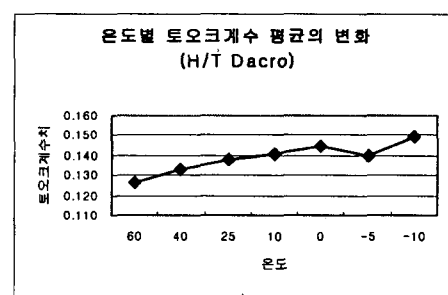


Fig. 4 Variance of Torque Coefficient Average for Temperature(H/T Dacro)

- 상기 H/T Bolt Sets의 온도변화에 따른 토오크계수치 실험결과를 분석해 본 결과, Plain의 경우 온도의 변화에 의해 토오크 계수치 및 표준편차가 상승하며, 60℃에서는 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

Dacro의 경우 온도변화에 따라 토오크계수치가 급격하게 변하며, 산포는 크게 변하지는 않지만 고온 및 저온에서 커지는 경향이 있다.

3.1.2 T/S Bolt Sets의 축력

Table 3 Axial Force of T/S Bolt Sets

(Unit :Ton)

종명	구분	시험환경 (℃)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Min	Max	평균	표준편차
T/S (M22 X 75)	PLAIN	60	25.9	26.6	26.4	25.3	26.0	28.2	25.5	29.0	26.6	25.7	25.3	29.0	26.7	1.186
		40	26.3	27.0	26.6	25.9	27.6	26.8	25.0	25.6	24.7	25.4	24.7	27.6	25.9	0.925
		25	23.4	23.0	25.3	25.3	24.7	23.3	23.9	24.0	25.3	23.8	23.0	25.3	24.3	0.882
		10	23.0	23.2	23.1	23.8	23.7	22.6	21.9	23.5	21.4	22.6	21.4	23.8	22.7	0.758
		0	22.1	23.1	22.2	21.8	21.5	22.6	21.7	21.9	21.8	22.3	21.5	23.1	22.0	0.473
		-5	21.1	21.8	22.2	22.0	21.4	21.2	21.0	22.9	21.2	21.1	21.0	22.9	21.6	0.630
	DACRO	-10	20.6	21.8	21.3	21.4	21.4	20.7	20.7	21.9	21.1	21.3	20.6	21.9	21.2	0.464
		60	26.0	26.4	24.9	26.2	25.4	26.7	25.2	25.8	26.6	26.3	24.9	26.7	26.0	0.603
		40	24.1	25.4	22.8	23.2	23.1	22.1	23.0	24.7	24.1	23.7	22.1	25.4	23.5	0.975
		25	24.9	25.0	23.9	23.0	22.2	25.3	22.2	23.0	23.2	23.4	22.2	25.3	23.3	1.135
		10	25.0	23.3	23.9	21.2	24.1	22.7	22.0	23.2	21.9	22.9	21.2	25.0	22.7	1.132
		0	21.3	22.4	20.8	22.5	21.5	21.1	21.6	21.5	22.4	21.1	20.8	22.5	21.7	0.608
		-5	23.9	22.2	22.3	23.1	23.1	22.5	21.8	24.9	22.9	23.0	21.8	24.9	23.1	0.900
		-10	21.5	21.4	22.1	22.7	21.7	22.4	22.9	22.1	21.2	22.2	21.2	22.9	22.1	0.575

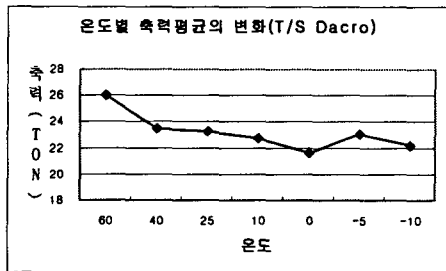


Fig. 6 Variance of Axial Force Average for Temperature(T/S Dacro)

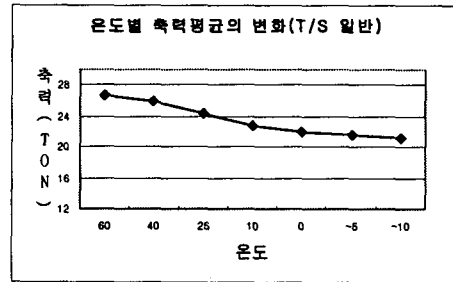


Fig. 5 Variance of Axial Force Average for Temperature(T/S Plain)

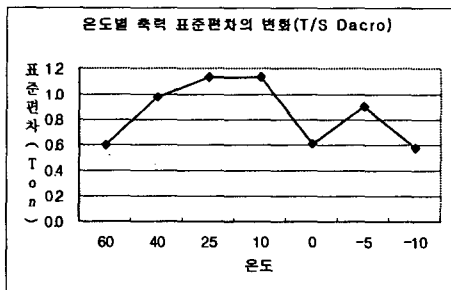


Fig. 8 Variance of Axial Force Standard Deviation for Temperature (T/ S Dacro)

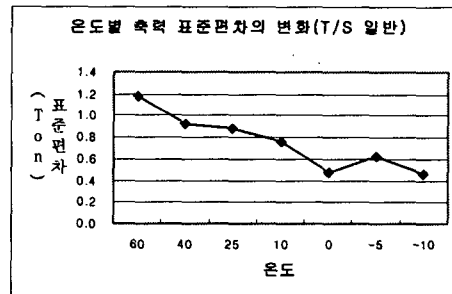


Fig. 7 Variance of Axial Force Standard Deviation for Temperature (T/S Plain)

Table 4 Change of Axial Force for Humidity Variance (Unit : Ton)

환경	조건	온도 °C	결과					평균
실내	정상체결	25	25.4	24.3	24.4	25.5	25.2	25.0
물침적(실내)	물침적5분후	24	20.3	19.4	21.6	22.0	21.7	21.0
물침적(실내)	과다습기후 체결	24	25.2	23	21.4	23.4	22.8	23.2

- 상기 T/S Bolt Set의 온도변화에 따른 축력변화 실험결과를 분석해 본 결과 Plain 및 Dacro 양쪽 모두 온도가 떨어짐에 따라 축력이 감소함을 알 수 있다 (H/T Bolt Sets가 온도가 떨어짐에 따라 토크 계수치가 증가하는 것과 같은 의미).

- 일반적으로 Dacro는 Dacro 성상의 영향에 따라 습기 및 물에 노출되면 축력이 증가한다고 널리 알려져 있다.
- 3.3 기간 경과에 따른 축력변화 실험결과는 다음과 같다.

3.2 습도변화에 따른 축력변화 실험결과

T/S Bolt Set(Plain, 일반)의 기간경과에 따른 축력변화 실험결과를 분석해 본 결과 시간이 경과함에 따라 축력이 감소함을 알 수 있다.

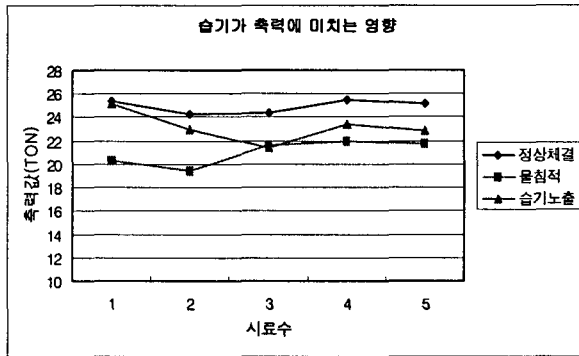


Fig. 9 Influence that Humidity Affects Axial Force

- T/S Bolt Sets Plain을 습기에 노출시켜 건조한 후의 축력변화 실험결과를 분석해 본 결과 축력이 감소함을 알 수 있다 (이와 같이 H/T Bolt Sets Plain 또한 상기와 같은 조건으로 실험한다면 토크 계수치가 증가함을 알 수 있음).
- H/T, T/S Bolt Sets 사용자는 제품이 습기에 노출된 후 건조해서 사용한다면 축력값이 감소할 수 있음을 예측할 수 있어야 한다.

4. 결 론

환경변화에 따른 품질특성 변화에 대한 실험을 통해, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- ① H/T Bolt Sets는 Plain의 경우 60°C를 제외하고는 온도변화 따라 토크계수치가 크게 변하지 않고, Dacro의 경우 토크계수치가 온도와 반비례함을 알 수 있다.
- ② T/S Bolt Sets는 Plain & Dacro 모두 온도가 떨어짐에 따라 축력이 감소함을 알 수 있고, Plain의 경우 습기에 노출 후 건조하여 사용할 경우 축력이 감소함을 알 수 있다.
- ③ T/S Bolt Sets는 시간이 경과함에 따라 축력이 감소함을 알 수 있고, H/T Bolt Sets는 시간이 경과함에 따라 토크계수치가 증가함을 예측할 수 있다.