



# Screw별 Clamp Load값에 따른 체결 구조 변화 검토 보고서

## 목 차

1. Screw의 체결 구조 분석
2. Machine Screw의 체결 구조
3. Clamfix Screw의 체결 구조
4. Screw별 Clamp Load값에 따른 Torque값 변화
5. 결 론
- \*. 첨부 자료

	(주) 아세아 볼트
작성 일자	2011. 01. 12.
작성 부서	연구 개발팀
담당자	김창영 선임 연구원 / 이상유, 이유강 연구원

TEL : 032-818-0234  
 FAX : 032-818-6353  
 주소 : 인천광역시 남동구  
 고잔동 645-8 남동공단  
 76B 9L

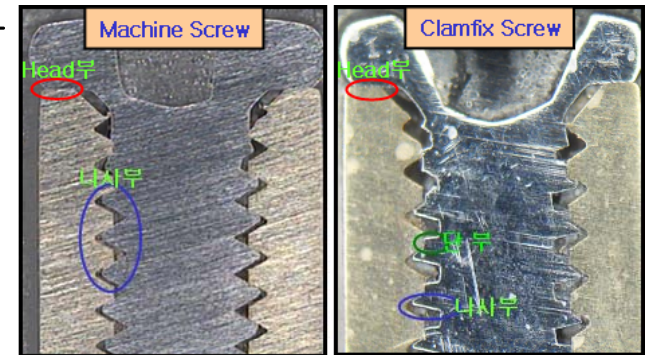
# 1. Screw의 체결 구조 분석

## 1) Screw 체결 구조

(1) Screw 체결 시, 우측 그림과 같이 상대물과 마찰이 일어나는 부분에서 회전력(Torque)이 발생한다. Machine Screw의 경우 Torque(T)와 Clamp Load( $F_c$ )의 관계를 식으로 나타낼 수 있다.

즉,  $T=K*d*F_c$ 으로 표현된다.

→ 첨부 자료 1~4 참조

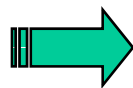


상대물 재질에 따라서 Torque 계수(K)가 변하므로 같은 실험 조건에서 T와  $F_c$ 를 구하면 K를 구할 수가 있다.

Machine M1.4\*L4의 실험에 의해 구해진 측정값은

$T \approx 1.18 \text{ kgf.cm}$ ,  $K \approx 0.2199$ ,  $F_c \approx 39.74 \text{ kgf}$ 이다. → 첨부 자료 1~4 참조  
따라서 조임에 있어서  $T=K*d*F_c$ 를 이용하면 각 부분별 T와  $F_c$ 의 관계를 구할 수 있다. → 첨부 자료 5~8 참조

이 관계는 Clamfix에 적용할 수 있고 Clamfix 또한 각 부분별 T,  $F_c$  관계의 이론적 유추가 가능하다. → 첨부 자료 9~11 참조



위 보고서는  $T=K*d*F$ 라는 대표식을 이용하여 Machine 및 Clamfix의 각 부분별 T,  $F_c$ 의 관계를 이론적으로 증명하고 실험에 의해서 검증하는데 목적을 둔다.



## 2. Machine Screw의 체결 구조

### 1) Machine Screw(M1.4\*L4)에 대해 실험에 의한 대표식 산출

- (1) 일반적으로 Machine Screw의 Torque(T)와 Clamp Load( $F_c$ )의 관계는 다음과 같다. (식 ①에 대한 증명) → 첨부 자료 1~4 참조

$$T = K * d * F_c$$

식1

T: 체결 Torque(kgf.cm), K: Torque 계수,  $d_{(M/S)}$ : 나사 외경(cm),  $F_c$ : Clamp Load(kgf)

K값은 주어진 값이 아니므로 Clamp Load 측정기를 사용함으로써 구할 수 있다. (실험에 의한 K값  $\approx 0.2199$ ) → 첨부 자료 6 참조  
또한, d값은 측정( $\approx 0.135$ )에 의해서 구할 수 있으므로 Machine(M1.4)에 대한 대표식을 구할 수가 있다. 즉, 대표식은

$$T = 0.0297 * F_c$$



Machine Screw(M1.4\*L4)의 대표식으로 지정

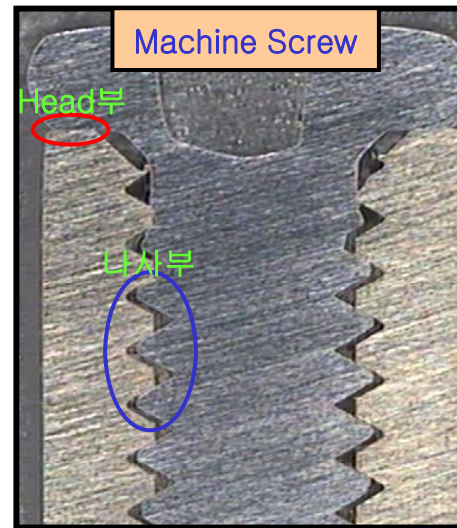




## 2. Machine Screw의 체결 구조

### 2) 체결 구조에 따른 부분별 Torque량의 분포

- (1) Screw 체결 시, 아래 그림과 같이 나사부와 Head부로 Torque량이 나눠지게 된다. 이는 식 ①의 증명 과정에서 발생하는 관계식인 식 ⑥으로서 표현이 가능하다.(식 ①에 대한 증명 과정) → 첨부 자료 1~4 참조



$$T = F_c * (d_2/2) * \tan[\tan^{-1}\{\mu / (\cos 0.5\alpha)\} + \beta] + F_c * (d_n/2) \mu \quad \text{식6}$$

나사산에 작용하는 Torque량( $T_t$ )

Head부 좌면에 작용하는 Torque량( $T_h$ )



## 2. Machine Screw의 체결 구조

식 ⑥에 측정값을 대입하여 나사부와 Head부에 작용하는 Torque량으로 정리하면 다음과 같다. {측정값( $d_2$ ,  $d_n$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\mu$ )} → 첨부 자료 8 참조

$$T = 0.0148 * F_c + 0.0149 * F_c$$

나사산에 작용하는 Torque량( $T_t$ )

Head부 좌면에 작용하는 Torque량( $T_h$ )

따라서  $T_t$ ,  $T_h$ 의 비율(%)은 다음과 같다.

$$T_t : T_h = 0.148 : 0.149 \doteq 49.8 : 50.2$$

즉, 전체 Torque량에 대해서 나사부와 Head부는 각각 49.8 %, 50.2%씩 관여한다는 것을 의미한다.



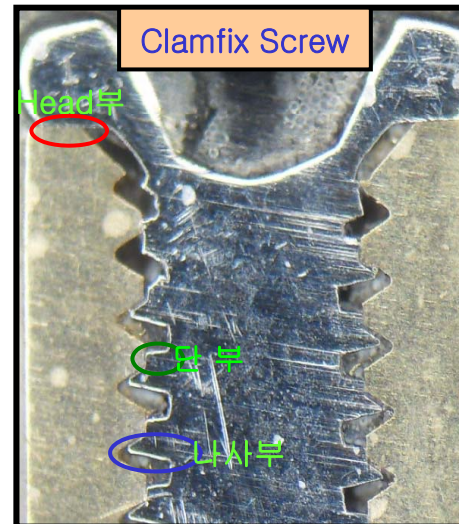
### 3. Clamfix Screw의 체결 구조

#### 1) Clamfix Screw(M1.4)에 대해 대표식 산출

(1) 식 ①( $T=K*d*F_c$ )를 Clamfix Screw에 적용시키면 다음과 같다.  
 (식 ⑩의 증명 → 첨부 자료 9~11 참조)

$$T = \{K_{(C/F)} * d_{(C/F)} * F_{c(C/F)}\} + T_{\lambda} \quad \text{--- 식 10}$$

↓
↓  
 나사부와 Head부에 상하로 작용하는 Torque량      단부위에 좌우로 작용하는 Torque량



여기서  $T_{\lambda}$ 는 다음과 같다.( $T_{\lambda}$ 의 증명 → 첨부 자료 10 참조)

$$T_{\lambda} = 0.0658 * (L/P)$$

체결 길이(L), Pitch(P)



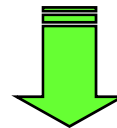
### 3. Clamfix Screw의 체결 구조

Machine Screw와 Clamfix Screw간의 실험 조건(T, 재질)이 같으므로 마찰에 의해 영향을 받는 Torque 계수(K)값은 같다고 볼 수 있다.

즉,  $K_{(C/F)} = K_{(M/S)}$  이다.

따라서 Machine Screw의 실험에 의한 K값을 식 ⑩에 대입하고  $T_{\lambda}$  이용하면 Clamfix의  $F_{c(C/F)}$ 값을 이론적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T = 0.0303 * F_{c(C/F)} + 0.0658 * (L/P)$$



Clamfix Screw의 대표식으로 지정





### 3. Clamfix Screw의 체결 구조

#### 2) 체결 구조에 따른 부분별 Torque량의 분포

(1) Clamfix Screw의 Torque와 Clamp Load의 관계 대표식을 이용하자.

$$T = 0.0303 * F_{c(C/F)} + 0.0658 * (L/P)$$

앞서 구한 Machine Screw의  $T_t$ 와  $T_h$ 의 비율은 49.8:50.2이다. 이 비율을 Clamfix Screw에 적용하자.

Clamfix Screw의 전체 Torque량은  $T = T_t + T_h + T_\lambda$ 이므로 각 부분별로 분산 Torque량을 구할 수 있다.

#### (2) Clamfix Screw M1.4\*L4의 경우

→ 체결 길이(L) ≃ 0.288cm, Pitch(P)=0.03cm, T=1.18 kgf.cm일 때,

①  $T_\lambda \simeq 0.0658 * (0.288/0.03) \simeq 0.632 \text{ kgf.cm}$

②  $T_t + T_h \simeq T - T_\lambda \simeq 1.18 - 0.632 \simeq 0.548 \text{ kgf.cm}$ 이다.

$T_t : T_h = 49.8 : 50.2$  비율을 적용시키면,

$T_t \simeq 0.273 \text{ kgf.cm}$ ,  $T_h \simeq 0.275 \text{ kgf.cm}$  이다.

→ 즉, Clamfix M1.4\*L4의 경우 각 부분별 Torque 분산량을 비율로 따진다면

$$T_t : T_h : T_\lambda \simeq 0.273 : 0.275 : 0.632 \simeq 23.1 : 23.3 : 53.6$$

➔ 위 방법과 마찬가지로 Clamfix Screw의 체결 길이별 Torque 분산량을 구할 수 있다.



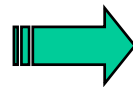


## 4. Screw별 Clamp Load값에 따른 Torque값 변화

### 1) Screw별 대표식에 따른 Clamp Load 비교 (이론값 Vs. 실험값)

\* 단위: 길이(cm), Torque (kgf.cm), Clamp Load (kgf)

Screw Spec	체결 길이	체결 Torque	Clamp Load		이론값 (F <sub>c</sub> )
			Screw	대표식	
M1.4*L4	0.289	1.18	Machine Screw	T = 0.0297*F <sub>c</sub>	39.73
M1.4*L3	0.192				39.73
M1.4*L4	0.288		Clamfix Screw	T = 0.0303*F <sub>c</sub> (C/F) + 0.0658*(L/P)	18.10
M1.4*L3	0.190				25.19



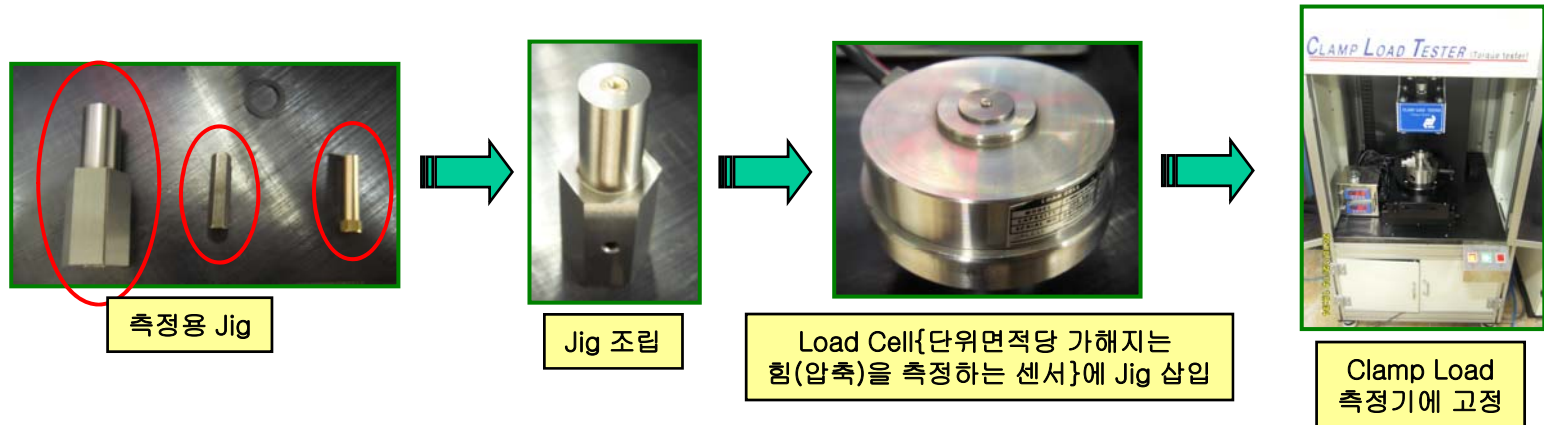
위 표와 마찬가지로 Torque(T)를 알고 Clamfix의 경우 체결 길이를 알면 대표식에 따라 이론적으로 Clamp Load(F<sub>c</sub>)값을 구할 수가 있다.



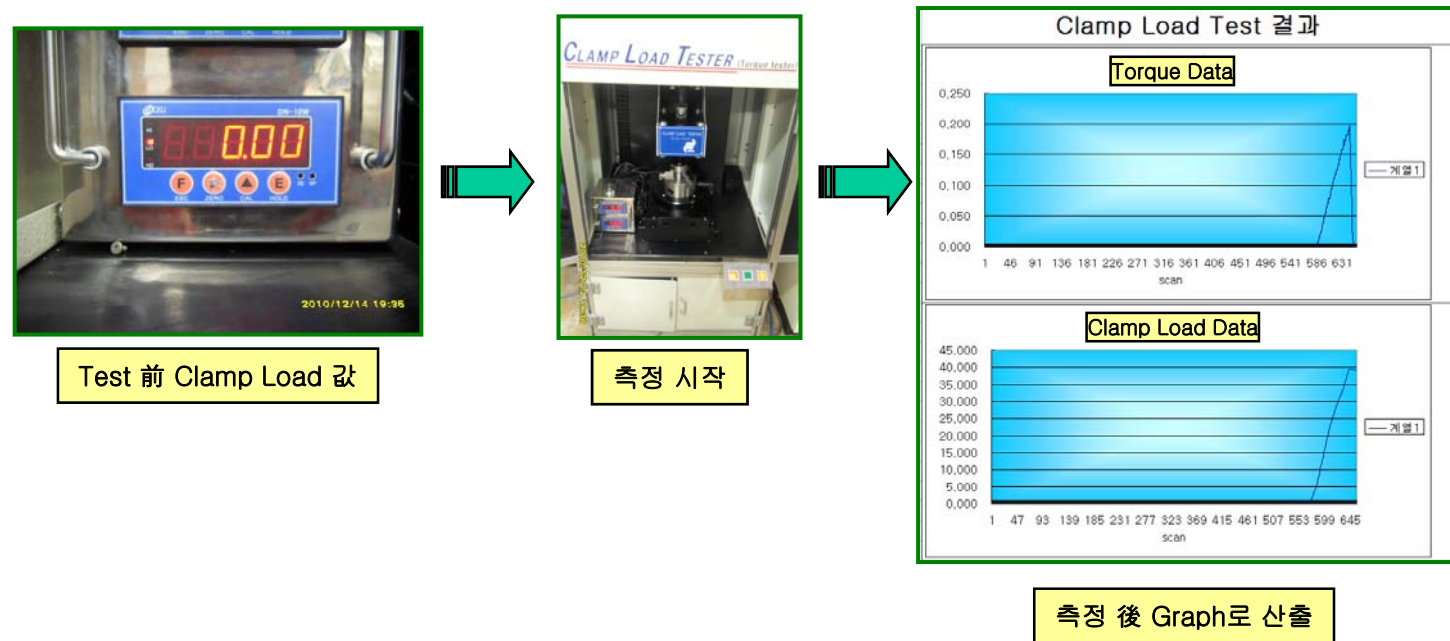
## 4. Screw별 Clamp Load값에 따른 Torque값 변화

### 2) Clamp Load 측정 방법

① Clamp Load 측정용 Jig를 제작하여 Clamp Load 측정기에 고정



② 체결 Torque값에 따른 Clamp Load 변화량을 측정한다.

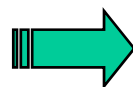


## 4. Screw별 Clamp Load값에 따른 Torque값 변화

### 3) Screw별 Clamp Load 실험 Data

\* 단위: Torque (kgf.cm), Clamp Load (kgf)

Screw Spec	체결 Torque	Clamp Load Screw	Clamp Load (F <sub>c</sub> ) 실험값					이론값	
			#1	#2	#3	#4	#5		Ave
M1.4 *L4	1.18	Machine Screw	41.25	39.54	38.44	43.26	36.43	39.74	39.73
		Machine Nylok (120도 도포)	43.41	41.40	39.95	39.54	39.95	40.43	-
		Clamfix Screw	21.20	24.07	20.95	24.62	21.96	22.41	18.10
M1.4 *L3	1.18	Machine Screw	40.05	39.54	43.21	38.74	40.45	40.01	39.73
		Machine Nylok (120도 도포)	37.73	37.58	39.19	43.71	38.69	38.54	-
		Clamfix Screw	27.28	29.34	26.03	26.78	20.95	26.70	25.19



최대값 및 최소값을 제외한 값으로 Ave를 산정한다.



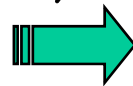
## 4. Screw별 Clamp Load값에 따른 Torque값 변화

### 4) Screw별 체결 시 발생하는 부분별 Torque 분산 비율

\* 단위: 비율(%), Torque (kgf.cm), Clamp Load (kgf)

Screw	Screw Spec	체결 Torque (T)	부분별 Torque량 비율(%)			체결 Torque에 따른 Torque값(kgf.cm)		
			나사부 (Tt)	Head부 (Th)	단 부 (Tλ)	나사부 (Tt)	Head부 (Th)	단 부 (Tλ)
Machine	M1.4*L4	1.18	49.8	50.2	-	0.588	0.592	-
	M1.4*L3		49.8	50.2	-	0.588	0.592	-
Clamfix	M1.4*L4		23.1	23.3	53.6	0.273	0.275	0.632
	M1.4*L3		32.2	32.5	35.3	0.380	0.383	0.417

### 5) Screw별 체결 시 발생하는 부분별 Clamp Load 분산 비율



나사부와 단 부의 Clamp Load값의 비율은 Torque량의 비율과 동일  
Clamfix의 단 부분에는 Clamp Load가 영향을 미치지 않으므로 '0'이다.

\* 단위: 비율(%), Torque (kgf.cm), Clamp Load (kgf)

Screw	Screw Spec	부분별 Clamp Load 비율(%)			이론값에 대한 부분별 Clamp Load 분산(kgf)				실험값에 대한 부분별 Clamp Load 분산(kgf)			
		나사부	Head부	단 부	전체 이론값	나사부	Head부	단 부	전체 실험값	나사부	Head부	단 부
Machine	M1.4*L4	49.8	50.2	-	39.73	19.79	19.94	-	39.74	19.79	19.95	-
	M1.4*L3	49.8	50.2	-	39.73	19.79	19.94	-	40.01	19.92	20.09	-
Clamfix	M1.4*L4	49.8	50.2	-	18.10	9.01	9.09	0	22.41	11.16	11.25	0
	M1.4*L3	49.8	50.2	-	25.19	12.54	12.65	0	26.70	13.30	13.70	0

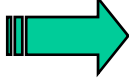




## 5. 결론

### 1) 결론

#### (1) Machine (Nylok 無)과 Clamfix Screw의 Clamp Load 비교 분석

 Machine Screw와는 다르게 Clamfix Screw는 구조적으로 단 부위의 역할에 의해 좌우로 발생하는 힘( $F_f$ )이 작용한다. 이는 상하로 작용하는 힘에 대해 영향을 받는 Clamp Load와는 무관하다. 따라서 Screw 체결 시  $F_f$ 에 의해 발생하는 Torque( $T_\lambda$ )가 발생하게 되며 이는 식 ⑬ ( $T=K*d*F+T_\lambda$ )에 의해서 Clamp Load( $F$ )가 작아지게 되는 역할을 한다. Clamfix의 경우 Machine 보다 Clamp Load가 낮은 이유이다.

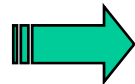
같은 Torque에서 체결 시, Clamp Load값이 낮다는 것은 상대물에 상하로 작용하는 힘이 작다는 것을 의미하기 때문에 상대물 변형을 감소 시킬 수 있다.



## 5. 결 론

### 1) 결 론

#### (2) Screw별 Clamp Load에 따른 체결 구조 분석

 앞서 Machine (Nylok 無) 및 Clamfix의 체결 구조를 검토한 결과, Machine Nylok 제품 또한 Clamfix와 마찬가지로 Nylok에 의해 작용되는 힘( $F_n$ )이 작용하여 Clamp Load 값에 영향을 미칠 것으로 예상되었다. 하지만 실험 측정 결과, Machine (Nylok 無) 제품과 Clamp Load값의 차이가 크게 나지 않았다. 이는 Screw 체결 시, 외력(진동 및 충격 등)이 없는 한 조임에 있어서의  $F_n$ 의 영향은 미미하다는 것을 의미한다. 다만 외력이 작용하였을 때 Nylok에 의한 완충 작용이 발생하기 때문에 풀림에 있어서는 Machine (Nylok 無) 제품 보다 유리한 것이다. 또한 Clamfix Screw는 구조적으로 기계적 작용(억지 끼움)이 발생하기 때문에 외력이 발생한다 하여도 풀림에 있어서 유리하다. → Nylok 첨부 자료 참조



## \* 첨부 자료(1) Torque와 Clamp Load의 관계식 유도

\* Torque와 Clamp Load와의 관계식인 다음 식을 증명하여 보자.

$$T = K * d * F_c \quad \text{--- 식1}$$

일반적으로 Torque는 회전 반경과 회전에 필요한 힘의 곱이다. 즉, 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$T = (R/2) * F \quad \text{--- 식2}$$

T: Torque(kgf.cm), R: 회전경(cm), F: 회전에 필요한 힘(kgf)

식 ②를 Screw가 체결할 경우에 적용한다면, 다음과 같다.

$$T = (d_2/2) * F_t + (d_n/2) * F_h \quad \text{--- 식3}$$

나사산에 작용하는 Torque량( $T_t$ )

Head부 좌면에 작용하는 Torque량( $T_h$ )

T: 체결 Torque(kgf.cm),  $d_2$ : 나사의 유효경(cm),

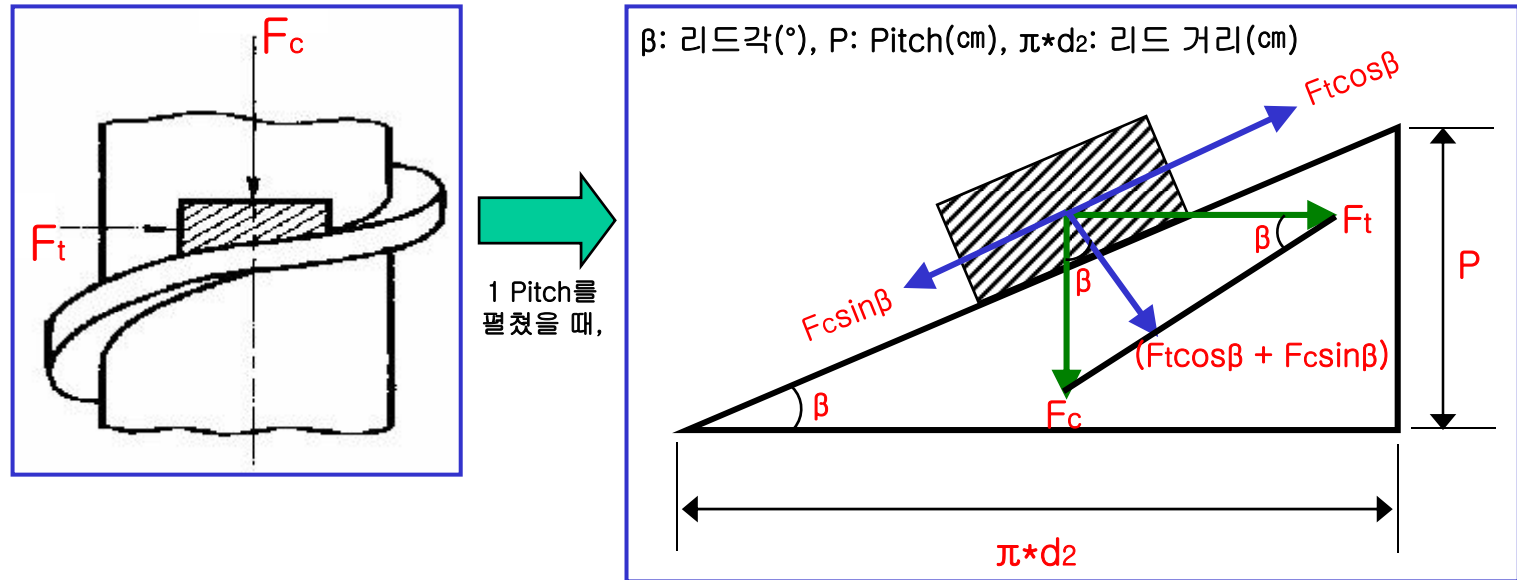
$d_n$ : 나사의 Head부 자리면의 평균 직경(cm),  $F_t$ : Screw 체결 시 필요한 힘(kgf)

$F_h$ : 좌면을 안착시키는데 필요한 힘(kgf)



\* 첨부 자료(2) Torque와 Clamp Load의 관계식 유도

Screw 체결 시, 그림을 이용하여 식 ③의  $T_t$ 를 유도해 보자.

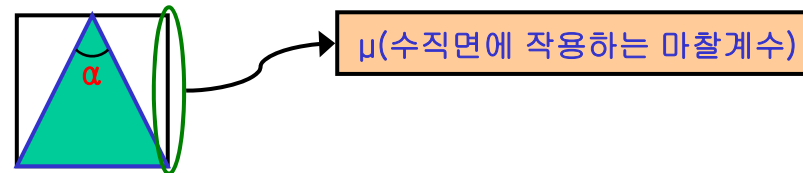


위 그림과 같이 나사산에는  $F_t$ (Screw 체결 시 필요한 힘)과  $F_c$ (축 방향의 저항력=축력)이 작용할 때,

수직으로 작용하는 힘  $\rightarrow (F_c * \cos \beta + F_t * \sin \beta)$

수평으로 작용하는 힘  $\rightarrow (F_t * \cos \beta - F_c * \sin \beta)$ 의 힘이 작용한다.

암나사(Insert)와 수나사(Screw) 간의 접촉이 수직일 때의 마찰 계수를  $\mu$ 라 할 때,



나사산 각이  $\alpha$ 인 경우의 마찰 계수는  $\{\mu / \cos 0.5\alpha\}$ 이다.

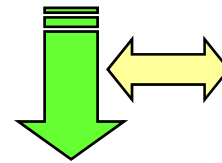




\* 첨부 자료(3) Torque와 Clamp Load의 관계식 유도

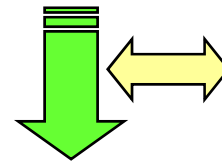
따라서 수직력에 의하여 (0.5α) 방향에 마찰력이 작용하고 평행력이 균형 상태를 유지한다면 다음과 같다.

$$F_t \cdot \cos \beta - F_c \cdot \sin \beta = \left\{ \frac{\mu}{\cos 0.5\alpha} \right\} \cdot (F_c \cdot \cos \beta + F_t \cdot \sin \beta)$$



F<sub>t</sub>에 의해서 양변을 정리하면

$$F_t = F_c \frac{[\sin \beta + \left\{ \frac{\mu}{\cos 0.5\alpha} \right\} \cdot \cos \beta]}{[\cos \beta - \left\{ \frac{\mu}{\cos 0.5\alpha} \right\} \cdot \sin \beta]}$$



좌변의 분모 분자에 (1/cos β)를 곱해주고 tan 덧셈 정리를 이용하면

$$F_t = F_c \cdot \tan[\tan^{-1}\left\{ \frac{\mu}{\cos 0.5\alpha} \right\} + \beta] \text{ --- 식4}$$

마찬가지로 식 ③의 T<sub>b</sub>를 F<sub>h</sub>에 의해 정리하면  
(F<sub>c</sub>은 동일하고 α=β=0이다. Head부 좌면 마찰 계수를 μ'라 한다면)

$$F_h = F_c \cdot \mu' \text{ --- 식5}$$



\* 첨부 자료(4) Torque와 Clamp Load의 관계식 유도

식 ④, ⑤를 식 ③에 대입하여 정리하면,

$$T = (d_2/2) * F_t + (d_n/2) * F_h \quad \text{--- 식3}$$

$$T = F_c * (d_2/2) * \tan[\tan^{-1}\{\mu / (\cos 0.5\alpha)\} + \beta] + F_c * (d_n/2) \mu' \quad \text{--- 식6}$$

나사산에 작용하는 Torque량( $T_t$ )

Head부 좌면에 작용하는 Torque량( $T_h$ )

좌변에  $d/d$ 를 곱해주면( $d$ :나사의 호칭경)

$$T = d * F_c * [(d_2/2d) * \tan[\tan^{-1}\{\mu / (\cos 0.5\alpha)\} + \beta] + (d_n/2d) \mu']$$

축 방향의 저항력(축력=Clamp Load)

Torque 계수 K라 칭한다.

따라서 Machine Screw의 체결 Torque의 크기는 발생하는 Clamp Load(축력)과 Screw의 호칭경을 곱한것에 비례한다. 즉, 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$T = K * d * F_c \quad \text{--- 식1}$$

T: 체결 Torque(kgf.cm), K: Torque 계수,  $d_{(M/S)}$ : 나사 외경(cm),  $F_c$ : Clamp Load(kgf)



\* 첨부 자료(5) 실험에 의한 Torque 및 마찰 계수 산출

\*  $T=K*d*F_c$  식을 이용하여 Torque 계수(K)를 구해 보자.

K(Torque 계수)는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$K = \frac{1}{2} \left[ \frac{d_2}{d} \tan \left\{ \tan^{-1} \left( \frac{\mu}{\cos(0.5\alpha)} \right) + \beta \right\} + \frac{d_n}{d} \mu' \right] \quad \text{--- 식7}$$

→ 나사산에 작용(2\*K<sub>t</sub>)
→ 좌면에 작용(2\*K<sub>h</sub>)

$d_2$ : 나사의 유효경(cm),  $d_n$ : 나사의 Head부 자리면의 평균 직경(cm),

$\alpha$ : 나사산각(°),  $\beta$ : 나사의 리드각(°),  $\mu$ : 나사산 접촉면의 마찰계수

$\mu'$ : 나사 Head 부 자리면과 피체결물과의 접촉면의 마찰계수

$\tan^{-1} \left( \frac{\mu}{\cos(0.5\alpha)} \right)$ : 나사산 접촉면의 환산 마찰각

여기서 식 ⑦에서  $\mu \approx \mu'$ 이라 가정하자. 따라서 Torque 계수(K)는 다음과 같이 나눌 수 있다.

$$K = K_t (\text{나사산에 작용하는 Torque 계수}) + K_h (\text{좌면에 작용하는 Torque 계수})$$

식8



\* 첨부 자료(6) 실험에 의한 Torque 및 마찰 계수 산출

이때 K값은 주어진 값이 아니므로 Clamp Load 측정기를 이용하여 실험에 의해서 구할 수가 있다.

1) Machine Screw(6001-002005 Nylok 無)의 경우

표 1 : Machine의 체결 Torque값에 대한 Clamp Load 측정 실험치

\* 단위: Torque (kgf.cm), Clamp Load (kgf)

시 료	#1	#2	#3	#4	#5	Ave
항 목						
체결 Torque	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Clamp Load	41.25	39.54	38.44	43.26	36.43	39.74

➡ 최대값 및 최소값을 제외한 값으로 Ave를 산정한다.

표 ①에서와 같이 실험에서 구한 T(체결 Torque),  $F_{c(M/S)}$ (Clamp Load)를 이용하여 식 ①에 대입하면 Machine Screw의 경우  $K_{(M/S)}$ 값은,

$$T = K \cdot d_{(M/S)} \cdot F_{(M/S)} \rightarrow \therefore K_{(M/S)} = 1.18 / (0.135 \cdot 39.74) \approx 0.2199$$

또한 식 ⑦을 이용하여 마찰 계수( $\mu \approx \mu'$ )를 구해 보자.





\* 첨부 자료(7) 실험에 의한 Torque 및 마찰 계수 산출

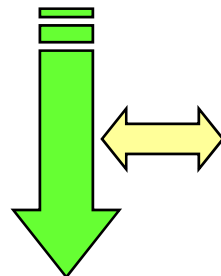


$$K = \frac{1}{2} \left[ \frac{d_2}{d} \tan \left\{ \tan^{-1} \left( \frac{\mu}{\cos 0.5\alpha} \right) + \beta \right\} + \frac{d_n}{d} \mu \right] \Rightarrow K = \frac{1}{2} \left\{ \frac{d_2}{d} \tan(\psi + \beta) + \frac{d_n}{d} \mu \right\}$$

‘ψ’라 놓자

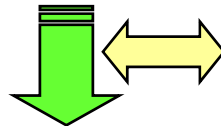
위 식을 정리하면,

$$2Kd = d_2 \cdot \tan(\psi + \beta) + d_n \cdot \mu$$



일반적으로  $\tan(\psi + \beta) = \frac{\tan\psi + \tan\beta}{1 - (\tan\psi \cdot \tan\beta)}$  이고,  
 $\tan\psi = \tan\{\tan^{-1}(\mu/\cos 0.5\alpha)\} = (\mu/\cos 0.5\alpha)$ 이므로

$$2Kd = d_2 \cdot \left\{ \frac{\tan\psi + \tan\beta}{1 - \tan\psi \cdot \tan\beta} \right\} + d_n \cdot \mu$$



분모를 정리하고 μ에 대한 2차 방정식으로 정리하면,

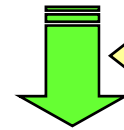
$$d_n \tan\beta \mu^2 - (2Kd \tan\beta + d_2 + d_n \cos 0.5\alpha) \mu + (2Kd - d_2 \tan\beta) \cos 0.5\alpha = 0$$

d, d<sub>2</sub>, d<sub>n</sub>, α, β의 값은 측정 및 실험에 의해 구할 수 있으므로

## \* 첨부 자료(8) 실험에 의한 Torque 및 마찰 계수 산출

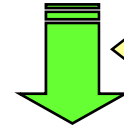
식 ⑨에 측정값을 입력하고 근의 공식을 이용하여 마찰계수( $\mu$ )를 구하면,  
(Machine의 경우,  $d_{(M/S)} = 0.135$ ,  $d_{2(M/S)} \doteq 0.123$ ,  $d_{n(M/S)} \doteq 0.222$ ,  $\alpha = 60$ ,  $\beta = 4.75$  이다.)

$$d_n \tan \beta \mu^2 - (2Kd \tan \beta + d_2 + d_n \cos 0.5\alpha) \mu + (2Kd - d_2 \tan \beta) \cos 0.5\alpha = 0$$



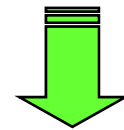
측정값을 대입하자

$$0.0184\mu^2 - 0.3202\mu + 0.0426 = 0$$



근의 공식을 이용하여  $\mu$ 를 구하자

$$\therefore \mu(0 \leq 1) \doteq \{0.3199 - (0.3199^2 - 4 * 0.0184 * 0.0398)^{\frac{1}{2}}\} / (2 * 0.0184)$$



$$\therefore \mu_{(M/S)}(0 \leq 1) \doteq 0.1341$$



\* 첨부 자료(9)  $T=K*d*F_c \rightarrow$  Clamfix Screw로의 적용

\*  $T=K*d*F_c$  식을 이용하여 Clamfix Screw에 적용해 보자.

Machine Screw에 작용하는 Torque 계수 및 마찰 계수는 Clamfix Screw와 동일하다고 볼 수 있다.(재질 및 Test 조건이 동일) 즉,

$$K_{(C/F)} \doteq K_{(M/S)} \doteq 0.2199$$

$$\mu_{(C/F)} \doteq \mu_{(M/S)} \doteq 0.1341$$

여기서 Clamfix Screw는 Machine Screw와는 달리, Screw 체결 시 나사부 단 부위에 작용하는 힘(좌우로 작용하는 힘)은 Clamp Load(상하로 작용하는 힘)에 영향을 끼치지 않는다. 즉, Clamfix Screw는 식 ①( $T=K*d*F$ )에서 전체 Torque량은 Clamp Load에 의한 Torque량 뿐만 아니라 나사부 좌우로 작용하는 Torque량에도 영향을 받는다. 따라서 Clamfix Screw를 식 ①과 같이 나타내면 다음과 같다.

상하로 작용하는 Torque량

좌우로 작용하는 Torque량

$$T = K * d_{(C/F)} * F_{(C/F)} + T_{\lambda} \quad \text{--- 식 10}$$

T: 체결 Torque(kgf.cm), K: Torque 계수,  $d_{(C/F)}$ : 나사 외경(cm),  $F_{(C/F)}$ : Clamp Load(kgf)



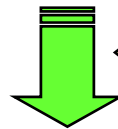
\* 첨부 자료(10)  $T=K*d*F_c \rightarrow$  Clamfix Screw로의 적용

Camfix Screw(M1.4\*L4)의 단 부위 접촉 시, 좌우로 발생하는 Torque량( $T_\lambda$ )은

단부위에 작용하는 힘( $F_f$ )

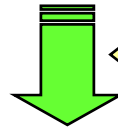
$$T_\lambda = \mu * \sigma_y * \{ \pi * \text{단 너비} * \text{단 외경} * \text{체결 길이/Pitch} \} * \text{회전 반경} \quad \text{--- 식11}$$

$\mu$ : 마찰 계수( $\approx 0.1341$ ),  $\sigma_y$ : Insert(활동)의 항복 강도( $\approx 4724.49\text{Kgf/cm}^2$ ), 단 너비 $\approx 0.005(\text{cm})$   
 단 외경 $\approx 0.115(\text{cm})$ , 체결 길이 $\approx 0.288(\text{cm})$ , Pitch $\approx 0.03(\text{cm})$ , 회전 반경: (단 외경/2) $\approx 0.0575(\text{cm})$



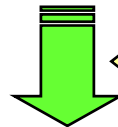
측정값을 대입해서 풀면

$$\therefore T_\lambda \approx 0.6314$$



식 ⑩에다  $T_\lambda$ 를 대입하면,

$$T_t = K*d*F + 0.6314$$



Clamfix(M1.4\*L4)의 경우,  
 $T_{(C/F)} \approx 1.18$ ,  $K_{(C/F)} \approx 0.2199$ ,  $d_{(C/F)} \approx 0.138$  이므로

$$F_{(C/F)} \approx 18.10(\text{kgf})$$

이와 같이, Machine Screw의 Clamp Load값을 이용하여 Clamfix Screw의 예상 Clamp Load값을 구할 수 있다.





\* 첨부 자료(11)  $T=K*d*F_c$  → Clamfix Screw로의 적용

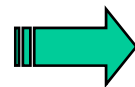
위에서 구한 Clamfix Screw의 이론상 Clamp Load  $\{F_{(C/F)}\}$ 을 가지고 실제 실험값과 비교해 보자.

이론상 Clamp Load  $(F_{(C/F)}) \doteq 18.10(kgf)$

표 2 : Machine & Clamfix의 체결 Torque값에 대한 Clamp Load 측정 실험값 비교

\* 단위: Clamp Load (kgf)

시 료 Screw	#1	#2	#3	#4	#5	Ave
Machine M1.4*L4	41.25	39.54	38.44	43.26	36.43	39.74
Clamfix M1.4*L4	21.20	24.07	20.95	24.62	21.96	22.41



최대값 및 최소값을 제외한 값으로 Ave를 산정한다.

위 Data를 종합한 결과, Clamfix의 이론상 Clamp Load값과 측정 실험값을 비교해 볼 때(실험 오차 등을 감안), 비슷한 경향성을 보임을 알 수 있다.



# \* 첨부 자료(12) Clamfix Vs. Machine 체결력 분포

