BOLT 체결법 정리

1. 대상 WORK : DUE + DIFF DRIVE GEAR
2. 체결방법 : 각도별 체결

체결방법 및 특징검토

1. 체결방법
- TORQUE法
- YIELD 法
- 角度法

2. 방법別 적용 및 특징

1) TORQUE法 : 체결목표치의 T/Q값을 SETT'G하여 MOTOR를 제어

- 나사자체의 체결應力이 탄성역내에서 충분한 여유가 있는 범위의 체결에 적용되며, 체결 TORQUE검증이 비교적 용이하기 때문에 보편적으로 사용되는 체결 방법이다.

- 나사를 체결할 때의 체결 TORQUE T와 체결력 P의 관계는 그 나사산의 항복점 이하의 체결력의 경우는 다음과 같다. 즉 나사산에 작용하는 나사부 TORQUE T s와 NUT 또는 bolt 머리부 좌면에 작용하는 좌면 TORQUE T w로 나누어진다.

◎ TF = Ts + Tw

- 체결 목표치를 TORQUE로 설정하여 나사산의 不良이나 BOLT 열처리 부족등에 의한 체결 TORQUE의 설정치 미달은 체결각도 상, 하한치와 체결시간 및 기타 검수수단을 사용하여 검지 한다.

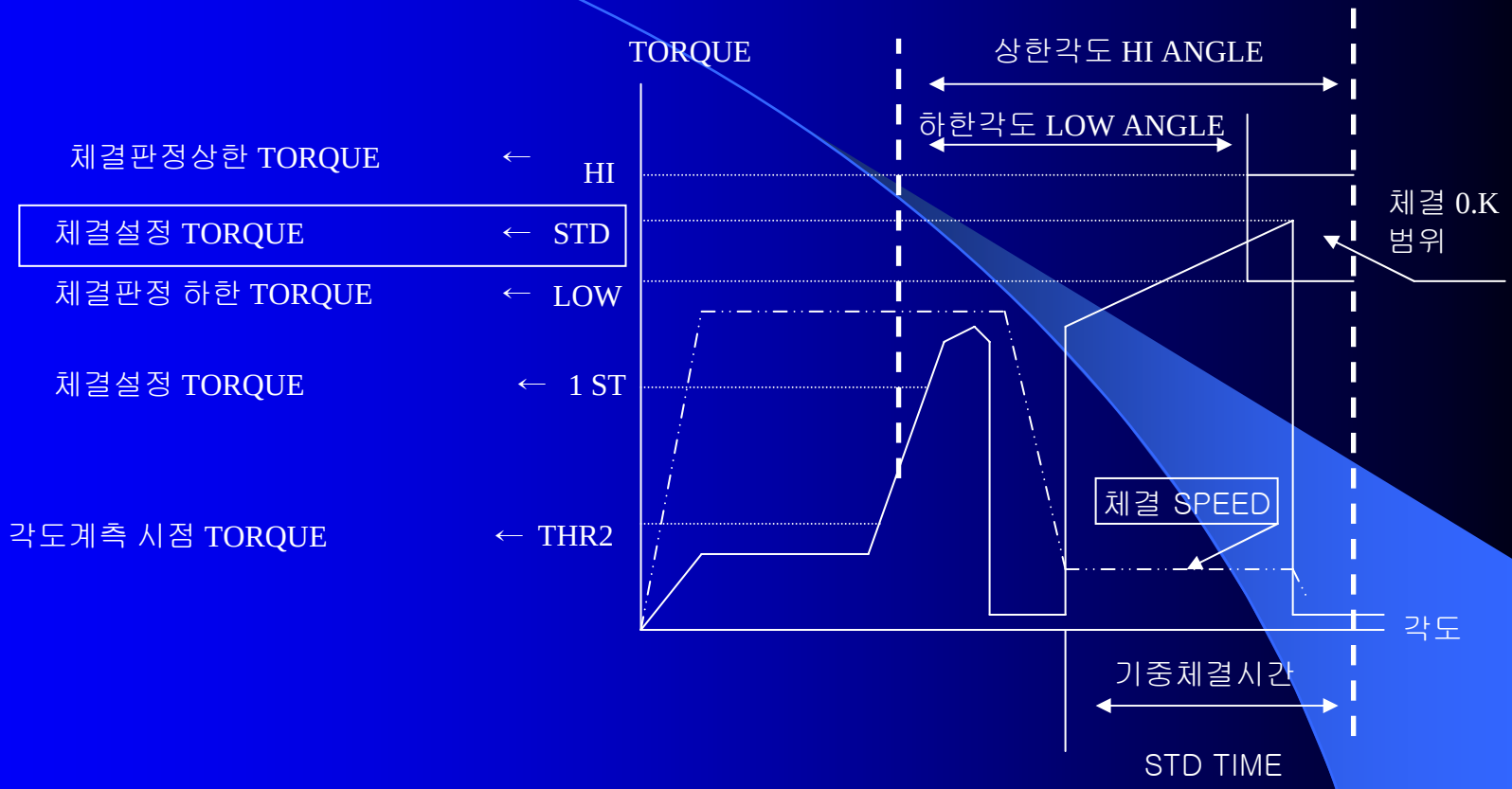
체결방법 및 특징검토

- 정상체결상태에서는 체결 TORQUE가 목표 체결 TORQUE 설정치에 도달하면 TOOL를 정지시키지만, 非정상체결 상태일 경우는 다른 검사수단의 상한 판정치에서 TOOL를 비상정지 시킨다.

- 제어방법: TORQUE METER로 부터 FEED BACK된 TORQUE를 기준으로 MOTOR를 제어

- 現 A/T, M/T ALL TORQUE법 적용

<<TORQUE?>



- 체결설정 TORQUE 기준에 의하여 체결됨
- TOOL을 체결 설정 TORQUE에서 정지시켜도 체결체 좌면의 갉아먹음이나 열흔등에의한 충격적인 체결 TORQUE가 발생하는 경우를 판정하기위해 체결상한 TORQUE가 설정된다.
- BOLT의 응력부족이 잇어 체결각도가 상한각도에 도닥하여도 체결 T/Q가 체결설정 T/Q에 도달하지않은 경우에는 상한각도에서 TOOL은 정지하고 체결 NG로 판정.

<<TORQUE법>>

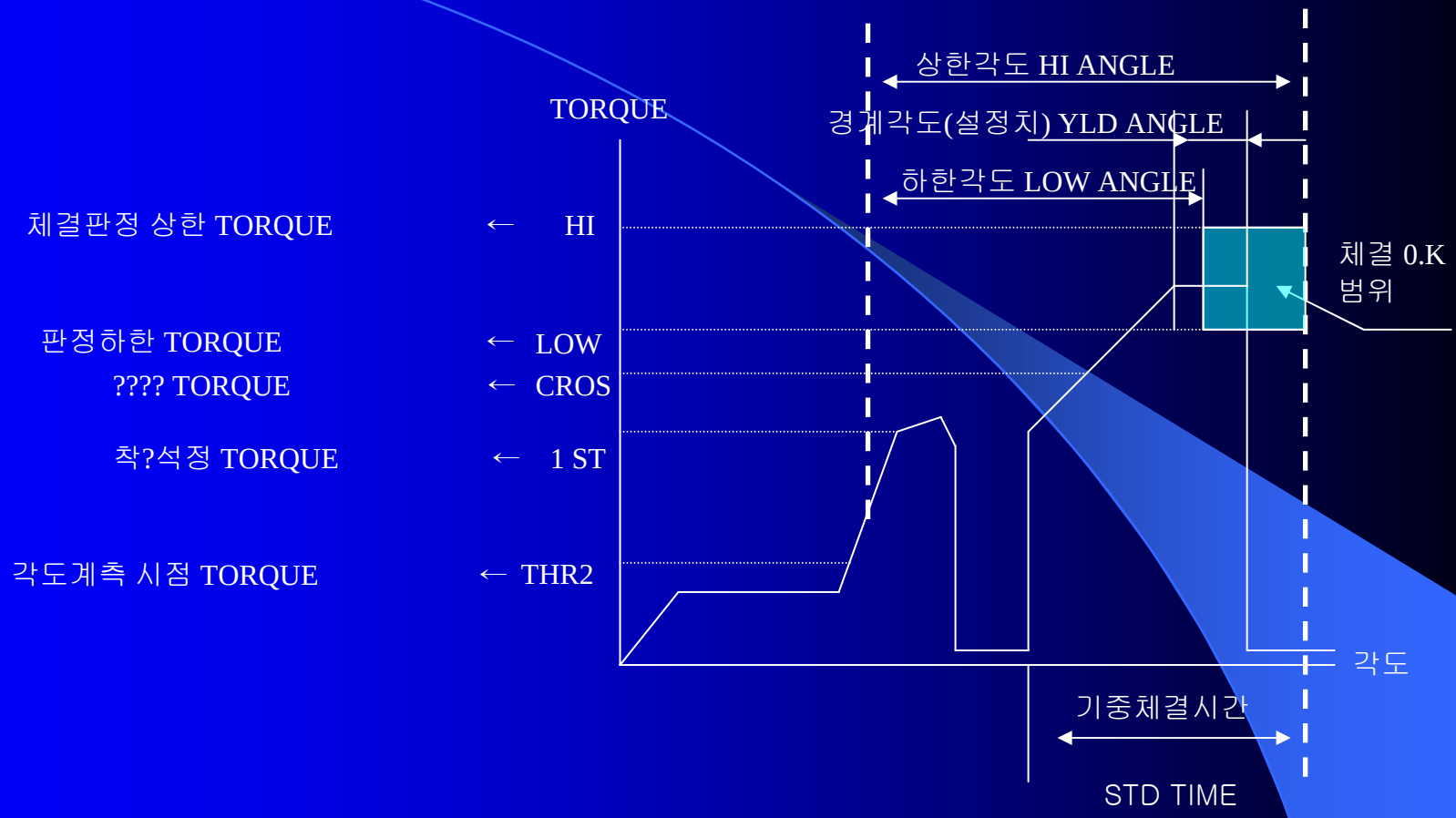
- 2) YIELD法 : 나사를 탄성역과 소성역의 성게를 통과한 위치까지 체결하는 방법이다.

  - 나사자체가 가진應力의 한도(MAX)에서 체결이 가능토록 체결부위에 여분을 만들필요없이 합리적인 제품 설계가 가능해져 최근에 와서 각광받는 체결방법임.

  - 장비자체가 연산에 의해 항복점에 도달했는지를 검지하며, 그항복점부터 일정각도까지 체결하는것이 주체이며, TORQUE 및 각도의 상, 하한 설정치가 부속된다.

  - 제어방법 : TORQUE 對각도를 기준으로 MOTOR를 제어함.

<<YIELD?>



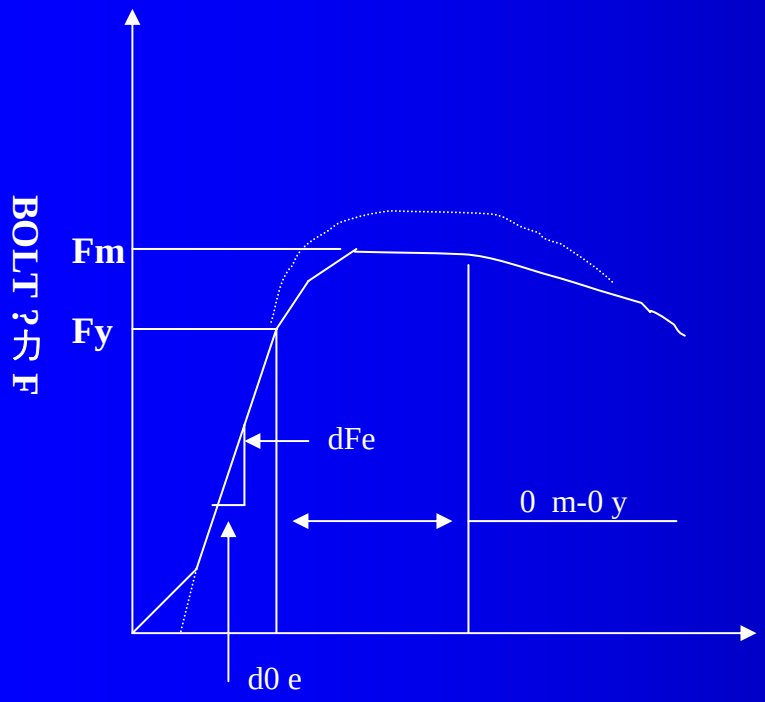
- SOFTWARE에 의해 체결의 기준점에 있는 항복점을 연산으로 구하는것이 특징
- 이 항복점은 上圖에 표시한 초기 TORQUE에 각도 1° 를 가산한 계산시점 TORQUE를 기점으로 推?계측 TORQUE까지의 T/Q 구배치에 의해 계산된다.
- 이체결법은 어디까지나 자동적으로 연산하여 구해진 항복점 까지의 설정치로 체결이 절대조건이며 이설정치에서 TOOL를 정지시키는 조건임.

- 3) 角度法 : TORQUE法에서는 소성연신량을 제어할수 없기 때문에 NUT(OR BOLT)의 회전각에 의하여 BOLT의 소성연신량을 규제하여 초기체결력을 관리하는 방법이다.

- - 나사결합체에 있어서 축력의 산포가 크게되면 최기체결력의 관리는 불가능하다. 나사결합체에서 가장중요한것은 필요최소 축력의 확보에 있다. 탄성역내에서 NUT 회전각에 의하여 초기 체결력을 관리하면 TORQUE法보다 40% 높은 최소축력을 얻을수 있다.

- - 이와 같이 소성체결은 경략化, COMPACT化등에는 매우 유효한 수단이다.

- - 소성역 체결법의 최적 제어를 위한 BOLT의 필수 특징으로는
  1) BOLT재의 항복점 FY의 산포를 작게 관리할것
  2) 체결 정밀도의 관점에서 황복점까지의 체결출력의 균배 dFe /D0 e가 작고 항복 까지 도닳는 각도 0y가 클것.
  3) 또한 항복점으로부터 최대축력에 도달하는 각도 즉, 항복각도 0 y와 최대축력사 이 각도 0 m과의차(여유연신)가 클것.
  4) BOLT 인장강도의 규격푝을 종래의 ¾으로 하여 항복점의 산포를 제어하고
  5) 열처리 조건, BOLT의 늘어날수있는 나사부의 길이를 충분히 고려하여야 한다.



- 탄성체결과 소성체결의 BOLT 사양비교

구분	탄성체결	소성체결
DIM'S	유효나사부:2D	유효나사부:4D
형상	크다(STD)	작다(특수형)
강도	크다	작다
연신량	작다	크다

6) 실제의 나사결합에는 피체결물 접촉면의 밀착상태와 NUT 회전각이 반드시 일치 하지많은 않다.

<< 角度法의 특징>>

1) 소성역 체결에의해 최소초기 체결력이 TORQUE法의 2배가 된다.

2) 축력이 높은 반면에 BOLT의 안정성도 증가한다.

3) BOLT의 피로강도는 저감하지만 결합체의 피로강도는 증가한다.

4) 각도법으로 체결하여 再사용하여됴 실용상 문제가 없다.

5) 소성역 체결에의해 BOLT SIZE와 수량을 대폭 감소시킬수 있다.

6) BOLT 경도를 HRC 36 이하로하고 제조공정을 관리하면 자연파괴를 방지할수 있다.

7) 허용좌면압은 허용치를 만족하도록 해야한다.

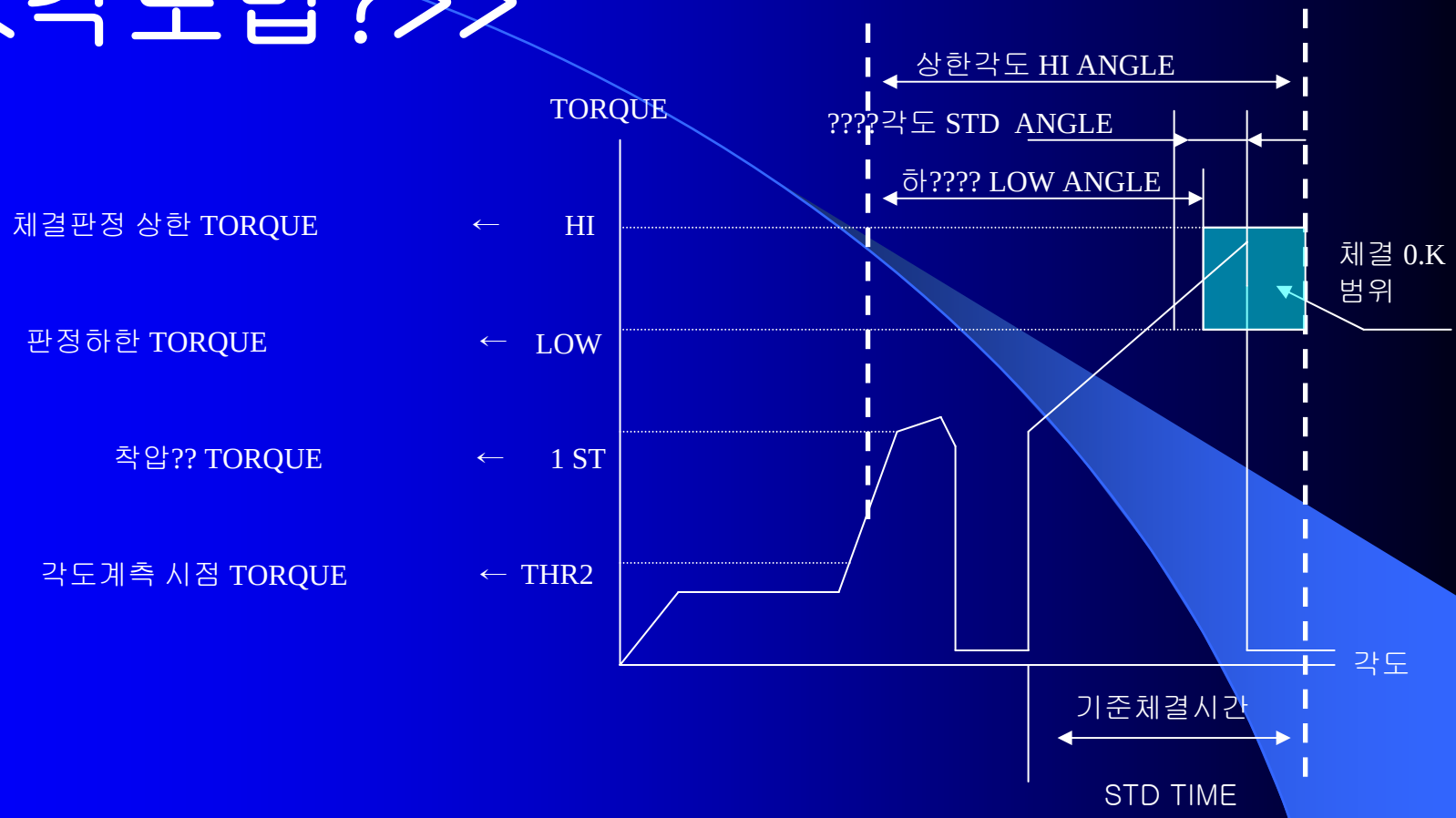
8) 윤활재의 도포에의해 마찰계수의 저감은 나사, 좌면의 보호 소성력 체결의 최대축력 증가에 유효하다.

9) 소성역 체결을 하기위한 BOLT는 충분한 소성변형량을 유지할수있는 형상을 필요로 한다.

<<체결방법과 축력의 산포 및 COST 비교>>

체결방법	축력 산포	평균 축력비	최소 축력비	COST
손의 감각	± 35%	0.9	0.6	0.7
TORQUE WRENCH	± 25%	1	1	1
NUT 회전각	탄성역 ± 15%	1.1	1.4	3
	소성역 ± 15%	1.5	2	2
BOLT의 연신	± 3.5%	1.3	1.9	10
STRAIN GUAGE	± 1%	1.3	2	13

<<각도법?>>



- 이체결법의 특징은 어디까지나 체결설정 각도가 기준이다.
- WORK PIECE가 불량인경우 TOOL은 반드시 체결설정각도에서 정지한다.
- 나사와 피체물의 좌면에 갉아먹음이나 열흔이 발생하거나 나사자체의 불량이나, TAP HOLE CHIP 등으로 채워질경우 체결설정각도에 도달하기이전에 체결 T/Q가 초과하는 현상이 생긴다. 이경우 TOOL은 체결판정 상한치에 정지하고 체결 NG로 판정한다.

탄성체결과 소성체결의 비교

탄성체결

1. 일반적인 BOLT의 초기 취부력

Ff = As(0.7Ó s) kgf

- AS = BOLT의 유효단면적
- Ó s = BOLT의 항복강도

2. 탄성체결時 단점
   - 체걸시 동일한 체결력 유지의 보증이 않됨
   - 체결후 상대물 함몰로 인한 풀림밨ㅇ
   - 체결후 이음발생 소지있음
   - 축방향 진동에의한 풀림예상됨
3. 장점
   - BOLT의 제조관리가 쉽고 체결시 요구조건이 간편하여 사용이 용이함
   - 제조가격이 저렴함
   - 피막과 관계없이 적정체결 설정하여 사용가능함.
4. 연신량 : 평균 0.33 ~ 0.1%

소성체결

1. BOLT의 완전나사부 길이가 4d(호칭경의 4배 이상 되어야 소성역으로 관리 가능함.
2. COMPACT및 경량화에 적용
3. TORQUE 체결 보다 40%의 높은 최소 축력을 얻을수 있다.
4. 규정 TORQUE 유지관리에 양호하다.
5. 소정체결시 관리점
   - BOLT의 항복점 산포를 작게관리해야함
   - 항복점까지 체결 축력의 산포가 자고 항복점까지 도달하는 각도가 클것
   - 열처리에서의 경도 관리폭이 작아야하고 BOLT의 나사부 길이를 길게 하여야함
   - 소성역 체결을 하기위한 BOLT는 형삭이 충분히 검토되어야 한다.
6. 연신량 : 평균 0.2 ~ 0.4%

*** BOLT체결시에는 결합체 피로강도, 안정성 확보 및 피로파단 방지, A/S용잇ㅇ 드을 고려하여 적정체결이 되어야함.**

소성체결법에의한 T/Q 품질관리

<<BOLT 체결후의 품질확인 판단 방식은 소성 신장의 有無(항복점을 넘었는가 아닌가)를 판정>>

1.소성신장 실측(DDU BOLT 확인?)

: 체결 전후의 BOLT 길이를 비교측정하고, 실제 소성신장을 구한다. 또 체결 상태에서는 탄성 신장율도 포함하기 때문에 소성 신장율만의 정확한 측정이 불가능하므로 느슨한 상태에서의 측정이 필요하며 파괴검사를 하여 BOLT再 사용회수를 확인할수 있다.

2. 체결 증가법

: 일단 항복점을 넘게 체결된 BOLT는 체결을 증가해도 TORQUE는 상승하지 않는다. 한편, 탄성영역에서 체결을 종료한 BOLT의 체결을 증가하면 TORQUE는 상승한다. 글므로, 체결 증가時의 TORQUE상승의 유무에 의해 초기상태를 판단하는 방법이다. 단 BOLT의 신장과잉을 판단할수는 없다.

3. 체결 파형 표시법

: 정확히 체결되어 있는가의 여부는 그 BOLT의 체결 파형에 의해 판단된다. 그러므로 이방법은 DISPLAY등에 이파형을 표시하는 방법이다.

4. 체결장치에 의한 판정

: 체결장치는 제어뿐만 아니라 체결 종료시의 TORQUE와 각도의 판정도 할수있도록 설계되어있ㄷ. 모든 양의 BOLT를 판정할수 있으나, BOLT를 직접 보고 있는것은 아니다.

5. 초음파 축력계(설비 초기 검증법 : HMC)

: BOLT 내부를 왕복하는 초음파 전파 시간을 측정, BOLT 신장에 환산하여 품질관리를 한다. 비파괴 측정이지만 BOLT양단면의 기계가공이 필요하다. 또 초음파 축력계의 신뢰성, 작업성 평가가 필요하다.

6. 초기 설비확인후 생산 및 QC 품질확인時 소성법 체결후 T/Q를 확인하여 ABOUT T/Q를 관리하고 있음.

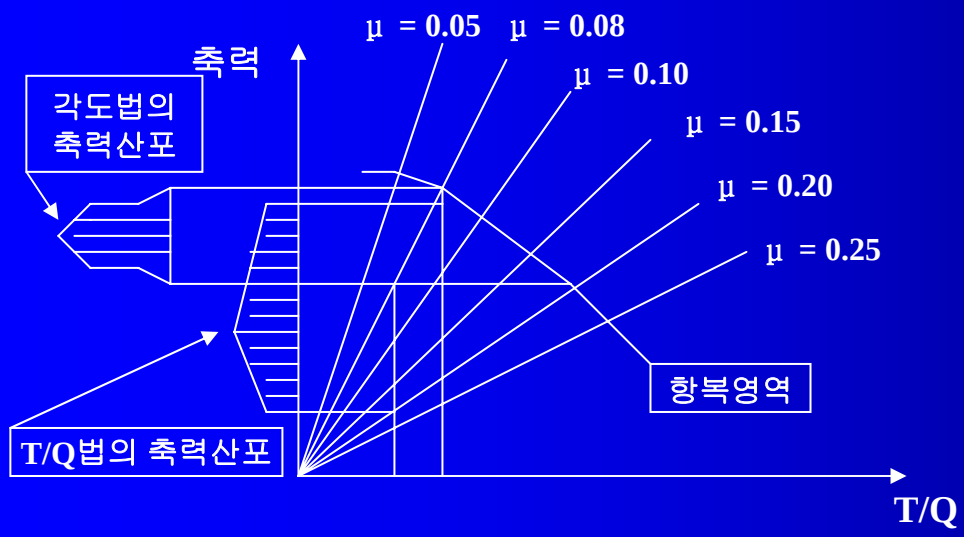
DDU DRIVE GEAR 체결? 정리

1. 체결 ITEM : DOUBLE DIFF UNIT + DIFF DRIVE GEAR
2. 체결 축수 : 16 SP(8? + 8? 체결)
3. 체결력 : 40 +5 Nm + 60° +5
4. 체결 방법: 설계팀 의견: 탄성체결 MAX 범위內 각도법
   - 축력 산포를 최소화 하면서 생산성을 고려한 체결방법
   - 실체 축력 TEST를 실시하여 BOLT의 변화량을 확인하여야만 탄성&소성범위를 규정할수있음
   - T/Q관리 SPEC : 9KG.m ~ 11KG.m (N/R DISPLAY값:변속기 설계팀 의견)
   - T/Q WRENCH로는 T/Q를 CHECK 不可
5. N/RUNNER 각도법 신뢰성 검증
   1) 검증방법
      - 초음파 축력계: BOLT를 특수 가공하여 BOLT? STRAIN GUAGE를 삽입하여 축력을 계산
   2) 검증 주관: XX 차량개발팀
      - 각도법에 대한 일반교육 실시예정
   3) 검사 일정: (검사완료후 관련팀과 T/Q관리 및 각도법에대한 협의예정)

※XXX, XXX 체결관련하여 각도법 검증은 XX 차량시험팀의 XX XX이 전담하여 검증하고 있음.

<<BOLT 체결력 계산>>

<<토크법과 소성역 체결법과의 축력차이>>



<<DDU 체결 BOLT 축력계산>>

1) BOLT 사양 : M10 x 1.25P x 30

- AS(유효단면적) : 61.2mm^2
- 인장강도 최소 : 120kg/mm^2
- 항복강도 최소 : 90%

2) 축력(초기취부력)계산

Ff : (Ts x 항복강도) x 안전율 x 유효단면적

(120 x 90%) x 0.7 x 61.2

= 4626 kg(적정탄성 체결時 요구되는 축력)

3) 각도(소성영역)법 체결時 축력

(120 x 90%) x 0.88 x 61.2

= 5816 Kg

4) 파단강도 계산

(120 x 100%) x 1 x 61.2

= 7344 Kg

5) 적정체결 T/Q 계산

T/Q = K D N

K : 마찰계수(인산염 피막: 0.14 ~ 0.16)

D : 호칭경 (M10)

N : 축력(최소항복강도 x As) x 0.7

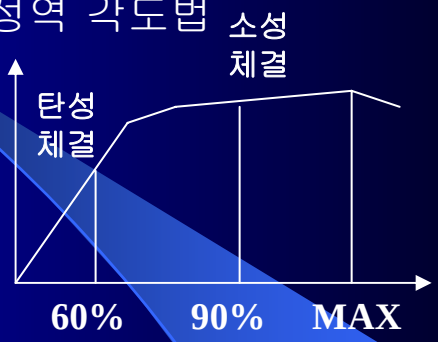
(0.16 x 0.01 x (120 x0.9)x61.2)x0.7

= 7.4 Kg.m

BOLT 체결에대한 기술

1. 체결방법의 발전(개발)순서

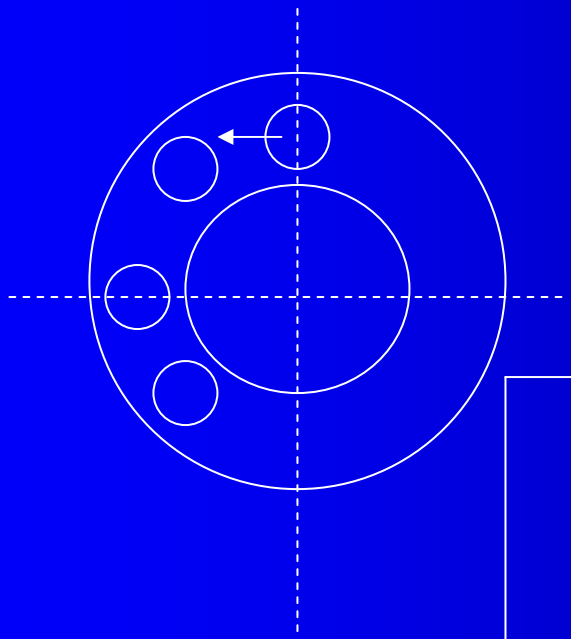
– T/Q법 → 탄성역 각도법 → 항복점 체결법(YIELD법) → 소성역 각도법



2. BOLT 사양 및 체결법 결정

-축력 : F가 결정되면

BOLT數 N = μ f



-T(TOTLA) = T(Washer) + T(screw) + T(Force)

100 % 50% 40% 10%

$$-T = \frac{Fpx\ D}{5000} \qquad \frac{T \times 5000}{D} = F$$

$$-\frac{\theta}{360} \times PITCH = \delta\ (\text{탄성}) \times K(\text{bolt의 강성}) = F$$

설계 경험치

BOLT 체결에대한 기술

2. 체결법 오차범위 비교

- T/Q법 오차범위 : (± 25% ~30%)
- 각도법 오차범위 : (± 10%)

3. BOLT 규격

- BOLT 10. 9 T

  ↓ 항복강도 = 인장강도 x 0.9 = 90Kg/mm^2

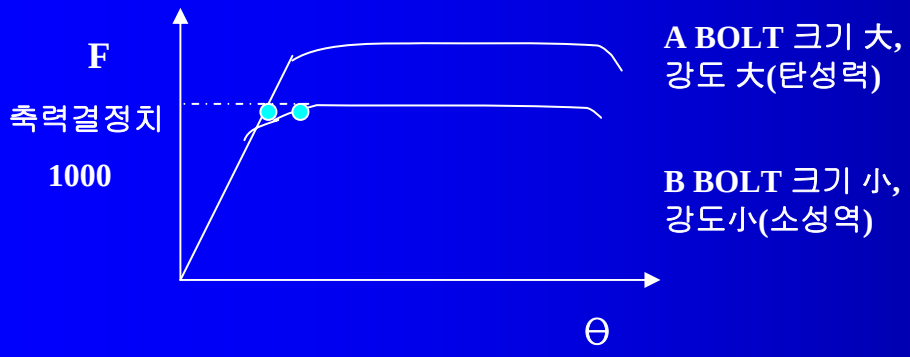
  인장강도 = 100KgF/mm^2

BOLT 체결에대한 기술

<<FORCE>>

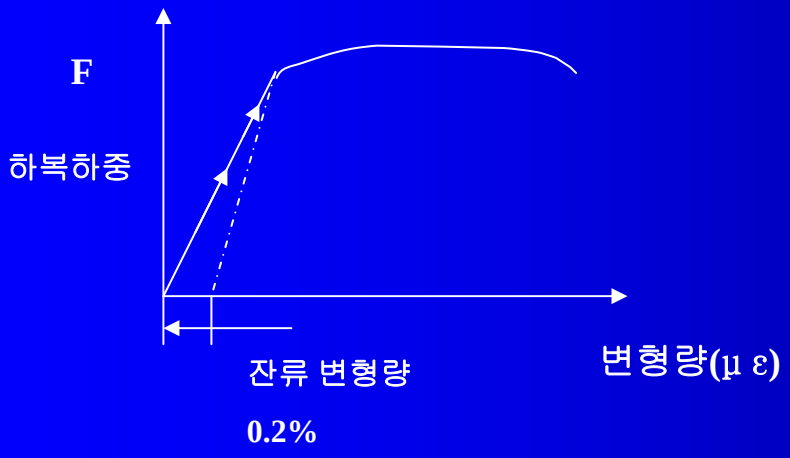
TORQUE(간접 제어치) T α F

각도법(간접 제어치) θ α F

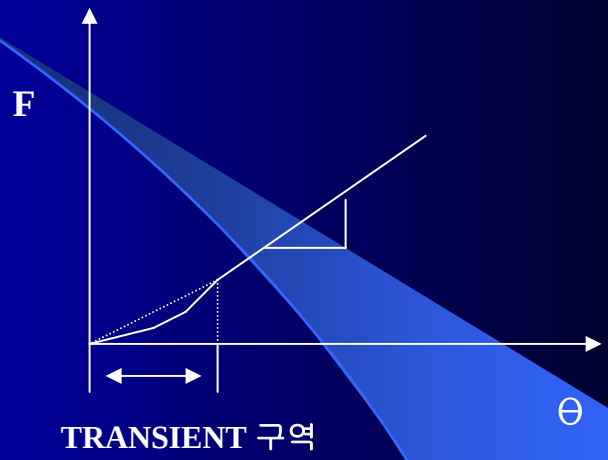


A BOLT 크기 大, 강도 大(탄성력)

B BOLT 크기 小, 강도小(소성역)



<<T/Q + 각도법을 주는이유>>



TSUNG + Q

(상호확인?)

구분	T/Q	각도
제어치	T/Q	각도
판정치	각도	T/Q