

볼트의 체결법

Bolt 또는 Screw(이하 볼트)의 체결법(Tightening Method)은 체결 시 볼트의 변형 형태에 따라 크게 탄성역체결법(Elastic Region Tightening)과 소성역체결법(Plastic Region Tightening)으로 구분할 수 있다. 볼트를 탄성역 내에서만 변형시켜 체결력을 얻는 경우 탄성역체결법, 소성역까지 변형시켜 체결력을 얻는 체결법을 소성역체결법이라 한다.

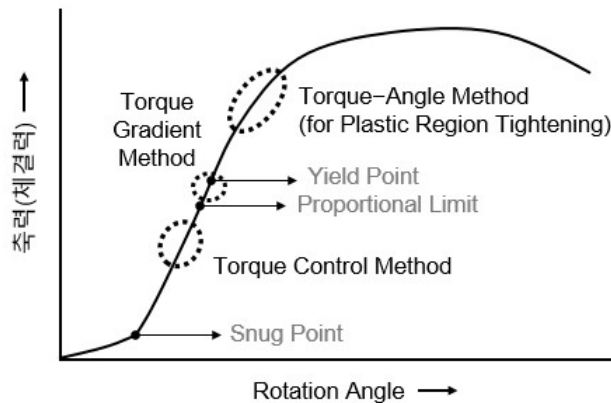
볼트의 체결법은 또한 볼트(혹은 너트)를 조이는 방식에 따라 토크법(Torque Control Method 또는 Torque Tightening)과 각도법(Angle Control Method 또는 Torque-Angle Tightening) 등으로 구분한다. 토크법은 가장 널리 사용되는 체결법으로 토크렌치(Torque Wrench) 또는 Nut Runner 등을 이용하여 정해진 토크 즉, 체결토크(또는 조임토크)까지 볼트를 조이는 방법이다. 체결토크가 지정되지 않은 경우, 아래의 예와 같이 볼트 제조사에서 제공하는 토크차트를 참고하기도 한다. 여기서 μ 는 마찰계수이다.

Bolt Size	Torque(Nm)					
	8.8 (8T)			10.9 (10T)		
	$\mu=0.10$	$\mu=0.15$	$\mu=0.20$	$\mu=0.10$	$\mu=0.15$	$\mu=0.20$
M16	121	165	208	171	232	292
M18	165	224	283	233	316	399

토크법은 전형적인 탄성역체결법으로 체결력은 통상 볼트의 항복점의 60~70%에 이르게 되는데, 볼트 체결 시, 나사의 치수정밀도, 상대물의 표면거칠기 및 윤활 상태 등이 체결력의 산포를 초래할 수 있다. 즉, 규정된 토크로 볼트를 조여도 원하는 체결력을 얻지 못할 수 있다.

각도법은 볼트의 헤드가 체결면에 충분히 밀착될 때까지 조인 후 즉, 착좌토크(Snug Torque)까지 볼트를 조인 후 다시 지정된 각도만큼 볼트를 추가적으로 조이는 방법으로, 탄성역체결과 소성역체결에 모두 적용할 수 있다. 탄성역체결에 적용하는 경우, 가능한 일정한 변형량을 확보하여 체결력 산포를 줄일 수 있으며, 소성역체결에 적용하는 경우, 보다 높은 체결력을 안정되게 확보하기 위함이다. 즉, 소성역체결의 경우 최소한 볼트의 항복점에서 얻을 수 있는 체결력 만큼은 항상 확보할 수 있게 된다.

각도법 보다 체결력의 산포를 더욱 최소화하기 위한 체결법으로 Torque Gradient Method가 있다. 체결 도중 토크와 각도를 측정하여 체결력이 비례한계와 항복점 사이에 존재하도록 하는 방법으로 Yield Controlled Tightening이라고 칭하기도 한다. 이 방법은 체결 장비가 고가여서 일부 자동차의 실린더헤드 볼트 체결 등에 제한적으로 적용된다. 아래 그림은 각 체결법에서 얻는 체결력의 범위를 보여준다.



상기 방법 이외에도 체결 중 볼트의 변형율을 측정하는 Elongation Measurement Method, 지정된 인장 하중을 볼트에 가한 상태에서 체결이 이루어지는 Loading Method, 볼트에 열을 가해 길이를 늘린 상태에서 체결을 하는 Heating Method 등의 체결법이 있다.