볼트의 조임 토르크 결정(Tightening Torque)

조임 토르크의 결정 절차

* 본 토르크값의 예시는 주로 사용하는 값의 예시에 대한 안내일뿐, 본 내용을 기준으로 설계에 적용하여 발생하는 모든 책임은 적용자에 있으므로, 중요한 부위의 설계에 있어서는 반드시 제조업체에 확인후 사용하는 것이 바람직하다.

1 단계

- 사용 부위에 필요한 체결력을 결정하고, 그 체결력에 만족하는 나사의 크기(호칭경), 강도 및 나사 수를 결정한다.

2 단계

- 나사의 표면처리 사양에 따라 적절한 마찰 계수를 선정

나사의 마찰 계수는 사용되는 너트나 암나사의 가공 정밀도, 끼워맞춤 공차, 표면 처리사양, 오일 도포 유무 등에 따라 달라진다. 따라서 정확한 값을 알고자 하는 경우에는 제조업체에 의뢰하여 시험을 통해 마찰 계수를 찾을 수 있다. 그러나 아주 중요한 부위에 사용되는 볼트가 아니라면 아래의 간략은 예시를 사용하는 것이 편리하다.

마찰 계수	적용 사례
0.100	오일, 그리이스, 록타이트 윤활(건조 불가 및 MoS_2 제오
0.125	아연 도금 볼트
0.400	

3 단계

- 표에서(【보통나사의 최대 체결력 및 최대 조임토크표】) 볼트의 호칭경을 찾아 적정한 마찰계수와 강도 등급란이 교차되는 지점의 값을 읽으면 이 값이 최대 조임 토르크임.

표에서 최대 체결력은 항복강도의 90%값을 예시한 것이며, 조임 토르크값도 이때의 값을 표시한 것이다. 따라서 나사의 안전율을 감안할 경우 안전율 만큼 최대 체결력 값을 줄여 잡아야 한다.

4 단계

일반적으로 모든 계측기는 공차값을 갖고 있으며, 이 공차값을 고려하지 않으면 게이지의 눈금으로는 정확히 조여 줄지라도 실제로는 최대 허용 토르크를 넘어 무리하게 조여질 수 있으며 이는 새로운 문제점을 일으킬 수 있다.

- 토크렌치의 허용 공차에 따른 토르크 보정(보정 토르크 값)

보정 토르크 값 = 최대 토르크값 x 토크렌치의 공차값

예) 만일 토르크 렌치의 허용 공차가 ±20%라고 가정(KDX-Ⅱ 감속기 Maag사 기준),
M8 x 1.25 / 8.8, 아연 도금일때의 사용 토르크 값은.

표에서 최대 조임 토르크 : 24 Nm
그러므로 사용 토르크 = 24 x (1- 0.2) = 19.2 Nm

5 단계

- 설치 공차를 적용한 사용(설치) 토르크 범위 설정
현장 작업을 위해서는 모든 규제치에 공차를 적용해야 하며

볼트의 조임 토르크 결정(Tightening Torque)

조임 토르크의 결정 절차

예) 만일 토르크 렌치를 사용하고, 공 ± 3 Nm 로 결정한다면,
그러므로 사용(설치) 토르크 = 19.2 - 3 = 16.2 Nm ± 3 Nm

6 단계

- 생산 가능한 최소 토르크값에 대한 체결력의 적정성 검토

현장의 여건을 감안한 코르크값을 결정한 후에 최소값에 대한 체결력을 검토해서 그 값이 필요한 체결력을 상회해야 한다. 만일 이 값이 너무 작아 체결력에 문제가 될 경우에는 나사의 호칭경을 한 치수 큰것으로 바꾸거나 강도 등급을 높은것으로 바꾸어서 위의 계산을 반복해야 한다.

예) 작업 최소 토르크: 16.2 - 3 = 13.2 Nm
예) 최대 토르크 : 24 Nm 일때
최대 체결력 : 17,050 N
그러므로 최소 체결 = 17,050 x 13.2 / 24 = 9,378 N
만일 9,378N이 충분한 체결력이라면 조임 토르크를 16.2Nm ± 3Nm로 확정한다.

【 보통나사의 최대 체결력 및 최대 조임토크표 】

토크렌치 공차를 없음 / 작업 공차 없음.

호칭경	마찰계수	최대 체결력(N)							최대 조임토크(N.m)						
		ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급						
		3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1.6	0.100	185	200	250	330	575	810	970	0.05	0.05	0.07	0.09	0.15	0.21	0.25
	0.125	175	190	240	310	545	770	920	0.05	0.06	0.08	0.10	0.17	0.24	0.29
	0.140	165	180	230	300	530	745	895	0.07	0.06	0.08	0.10	0.18	0.25	0.30
M1.8	0.100	220	230	295	380	680	955	1,150	0.06	0.06	0.08	0.10	0.19	0.26	0.32
	0.125	205	220	280	360	645	905	1,090	0.07	0.70	0.10	0.12	0.21	0.30	0.36
	0.140	200	215	275	350	625	880	1,050	0.70	0.75	0.10	0.13	0.23	0.32	0.38
M2	0.100	310	335	420	540	960	1,350	1,620	0.10	0.11	0.14	0.17	0.31	0.44	0.52
	0.125	295	320	400	520	910	1,280	1,530	0.12	0.12	0.16	0.19	0.35	0.50	0.60
	0.140	285	305	385	500	880	1,240	1,490	0.12	0.13	0.17	0.22	0.38	0.53	0.64
M2.5	0.100	515	560	700	910	1,600	2,250	2,700	0.20	0.21	0.28	0.36	0.63	0.89	1.07
	0.125	490	530	665	860	1,520	2,140	2,560	0.23	0.25	0.32	0.39	0.73	1.02	1.23
	0.140	475	510	645	830	1,470	2,070	2,480	0.25	0.27	0.34	0.43	0.78	1.09	1.31
M3	0.100	790	855	1,070	1,390	2,440	3,430	4,120	0.35	0.38	0.49	0.63	1.11	1.57	1.88
	0.125	770	815	1,020	1,320	2,320	3,270	3,920	0.42	0.44	0.56	0.72	1.28	1.80	2.15
	0.140	730	785	985	1,280	2,250	3,170	3,800	0.44	0.47	0.60	0.78	1.37	1.92	2.30
M3.5	0.100	1,050	1,140	1,430	1,850	3,270	4,600	5,520	0.54	0.59	0.75	0.96	1.71	2.40	2.90
	0.125	1,000	1,080	1,360	1,760	3,120	4,380	5,260	0.63	0.68	0.86	1.10	1.96	2.75	3.30
	0.140	970	1,050	1,320	1,710	3,020	4,250	5,100	0.67	0.73	0.92	1.19	2.10	2.95	3.95
M4	0.100	1,370	1,480	1,850	2,400	4,230	5,950	7,140	0.82	0.88	1.12	1.44	2.55	3.60	4.30
	0.125	1,300	1,400	1,760	2,280	4,020	5,660	6,790	0.94	1.02	1.28	1.66	2.90	4.10	4.95
	0.140	1,260	1,360	1,710	2,220	3,900	5,480	6,580	1.00	1.08	1.37	1.77	3.10	4.40	5.25
M5	0.100	2,250	2,410	3,020	3,920	6,910	9,720	11,650	1.60	1.70	2.20	2.80	5.00	7.05	8.45
	0.125	2,140	2,300	2,880	3,740	6,580	9,260	11,100	1.80	2.00	2.50	3.20	5.75	8.10	9.70
	0.140	2,000	2,230	2,790	3,620	6,380	8,980	10,800	1.90	2.10	2.70	3.40	6.15	8.65	10.40
M6	0.100	3,200	3,400	4,270	5,550	9,760	13,700	16,450	2.80	3.00	3.80	4.80	8.60	12	14.50
	0.125	3,050	3,240	4,060	5,270	9,290	13,050	15,650	3.20	3.40	4.30	5.60	9.90	14	16.50
	0.140	2,960	3,150	3,940	5,120	9,010	12,650	15,200	3.50	3.70	4.60	6.00	10.50	15	18
M8	0.100	5,870	6,260	7,830	10,170	17,900	25,200	30,200	6.80	7.20	9.10	11.70	21	29	35
	0.125	5,590	5,960	7,460	9,690	17,050	24,000	28,800	7.90	8.30	10.50	13.60	24	34	40
	0.140	5,420	5,780	7,230	9,390	16,550	23,200	27,900	8.40	8.90	11.00	14.50	26	36	43
M10	0.100	9,350	9,960	12,450	16,180	28,500	40,100	48,100	13.50	14.40	18.00	23.40	42	58	70
	0.125	8,900	9,480	11,850	15,400	27,100	38,200	45,800	15.50	16.60	21	27	48	67	81
	0.140	8,640	9,200	11,500	14,900	26,300	37,000	44,400	17	18	22	29	51	72	87
M12	0.100	13,600	14,520	18,150	23,500	41,500	58,400	70,000	24	25	31	41	72	101	121
	0.125	13,000	13,840	17,300	22,400	39,600	55,600	66,800	27	29	36	47	83	117	140
	0.140	12,600	13,400	16,800	21,800	38,400	54,000	64,800	29	31	39	50	89	125	150

【 보통나사의 최대 체결력 및 최대 조임토크표 】

토크렌치 공차를 없음 / 작업 공차 없음.

호 칭 경	마찰 계수	최대 체결력(N)							최대 조임토크(N.m)						
		ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급						
		3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M14	0.100	18,700	19,900	24,900	32,300	57,000	80,100	96,200	37	40	50	47	114	160	193
	0.125	17,800	19,000	23,800	30,900	54,300	76,400	91,700	43	46	58	74	132	185	220
	0.140	17,300	18,400	23,100	30,000	52,700	74,100	89,000	46	50	62	81	141	198	240
M16	0.100	25,700	27,400	34,300	44,500	78,300	110,000	132,000	57	60	76	98	174	245	295
	0.125	24,500	26,100	32,700	42,500	74,700	105,000	126,000	66	70	88	115	200	385	340
	0.140	23,800	25,300	31,700	41,200	72,600	102,000	122,500	71	76	95	124	215	305	365
M18	0.100	31,300	33,300	41,700	54,200	95,300	134,000	161,000	79	83	105	135	240	340	405
	0.125	29,800	31,700	39,700	51,600	90,900	128,000	153,500	91	95	121	155	275	390	470
	0.140	28,900	30,800	38,600	50,100	88,200	124,000	149,000	97	105	130	171	295	420	500
M20	0.100	40,200	42,800	53,500	69,500	122,500	172,000	206,000	111	120	148	195	340	475	570
	0.125	38,300	40,800	51,100	66,400	117,000	164,000	197,000	128	135	170	219	390	550	660
	0.140	37,200	39,600	49,600	64,200	113,500	159,000	191,500	138	146	184	238	420	590	710
M22	0.100	50,100	53,400	66,800	86,800	153,000	215,000	258,000	149	160	199	260	455	640	765
	0.125	47,900	51,000	63,800	82,900	146,000	205,000	246,000	173	183	230	298	530	745	890
	0.140	46,500	49,600	62,000	80,600	142,000	199,500	239,500	186	198	250	322	570	800	960
M24	0.100	57,800	61,600	77,100	100,200	176,000	248,000	297,000	191	203	255	330	580	820	980
	0.125	55,200	58,800	73,600	95,680	168,000	236,000	284,000	220	235	295	382	675	950	1,140
	0.140	53,600	57,100	71,400	92,800	163,500	230,000	276,500	235	251	315	408	725	1,020	1,220
M27	0.100	76,000	81,200	101,500	131,900	232,000	326,000	391,000	280	300	375	488	855	1,210	1,450
	0.125	72,600	77,400	96,800	125,800	221,000	311,000	374,000	325	348	435	566	995	1,400	1,680
	0.140	70,600	75,200	94,100	122,300	215,000	302,000	363,000	350	376	470	610	1,070	1,510	1,810
M30	0.100	92,500	98,800	123,500	160,500	282,000	396,000	475,000	380	405	510	658	1,160	1,640	1,970
	0.125	88,300	94,000	117,500	162,700	269,000	378,000	454,000	445	470	590	763	1,350	1,900	2,280
	0.140	85,700	91,600	114,500	148,800	261,000	367,000	441,000	475	504	635	818	1,450	2,050	2,450
M33	0.100	115,000	122,800	153,500	199,500	351,000	494,000	592,000	515	552	690	898	1,570	2,210	2,650
	0.125	110,000	117,200	146,500	190,400	335,000	472,000	566,000	600	645	800	1,045	1,380	2,580	3,090
	0.140	107,000	114,000	142,500	185,200	326,000	458,000	550,000	645	685	865	1,110	1,970	2,770	3,330
M36	0.100	135,000	144,000	180,000	234,000	412,000	579,000	695,000	665	705	885	1,145	2,030	2,850	3,420
	0.125	129,000	137,600	172,000	223,600	394,000	553,000	664,000	775	825	1,030	1,340	2,360	3,310	3,980
	0.140	125,500	134,000	167,500	217,700	382,000	538,000	645,000	830	885	1,111	1,435	2,530	3,560	4,280
M39	0.100	162,500	173,500	217,000	282,100	495,000	696,000	835,000	860	920	1,150	1,495	2,620	3,680	4,420
	0.125	155,000	165,600	207,000	269,100	473,000	665,000	798,000	1,000	1,075	1,340	1,750	3,050	4,290	5,150
	0.140	151,000	160,800	201,000	261,300	460,000	646,000	776,000	1,080	1,155	1,440	1,880	3,290	4,620	5,550

볼트의 등급에 따른 열처리 및 재질 사양

등급	재질	열처리	비고
5.8	SS400	Normal	S45C 이하의 환봉은 구입 불가
6.8	S45C	Normal	일반 환봉
8.8	S45C	Quenching & Tempering	열처리
10.9	SCM440 / SCM435	Normal	일반 환봉
12.9	SCM440 / SCM435	Quenching & Tempering	열처리

- 일반 볼트 전문 업체(예, 삼진 볼트 등)를 통해 구입시 볼트 등급별 재질 분류임.

윤활 상태 또는 도금 종류에 따른 조임 토르크 조절

*** 각 나사의 최대 조임 토르크 값은 머리형상, 표면처리사양, 나사에 오일의 도포 유무등에 따라 계속 달라지므로 이의 정확한 설정은 나사의 사양별로 제조 업체로부터 정보를 입수하는 것이 바람직하다.**

윤활 상태	사용 토르크	기타
윤활재를 입힌 경우	규정 토르크의 75% ~ 85%	
테프론과 같은 건식 필름 사용	규정 토르크의 50%	
왁스 사용	규정 토르크의 50%	
크롬 도금	규정 토르크 사용	
카드늄 도금	규정 토르크의 75%	
아연 도금	규정 토르크의 85%	

워셔의 사용

볼트를 사용하여 두 물체를 체결할 때 여러분은 반드시 워셔를 사용해야 합니다. 별 것 아닌 것 같지만 기계가 장시간 사용한다든지 큰 하중을 받고 있다면 반드시 사용해야 합니다. 워셔를 사용해야 하는 여러 가지 이유가 아래에 있습니다.

- 베어링 스트레스

  워셔는 볼트 머리 혹은 너트와 체결면의 베어링 스트레스를 워셔를 사용함으로서 분산 시켜 주는 역할을 한다. 특히 주물이나 알루미늄 같이 강성이 약한 재질의 경우 아주 중요합니다. 규정된 체결 토크에 도달하기 전에 볼트 자리면에 국부적인 소성이 발생되어 움푹 패이기 때문입니다. 이는 볼트 풀림의 원인이 될 수 있으며 볼트면의 손상을 가져옵니다.

- 진동

  워셔는 진동이 있는 볼트가 사용중 풀리는 현상을 막아준다.

- 밀착 유지

  워셔는 체결된 대상 중 하나가 돌아간다 하더라도 볼트나 너트가 회전되어 풀리는 현상을 막아준다.

- 강도

  결합체의 구멍 가공 후 버(Bur)가 있을 경우 볼트머리나 너트가 손상되는 것을 보호합니다. 이 Bur는 높은 하중이 결합체에 작용했을 경우 볼트를 파손 시키는 원인이 되기도

예시 1) 최대 조임 토르크 및 사용 조임 토르크(토르크 공차 20% 적용)

작업 공차 없음.

호칭경	마찰 계수 (나사의 표면 처리, 윤활)		최대 조임토크(N.m)							사용 조임 토크(N.m)						
			ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급(토르크 렌치 공차 20% 보정)						
			3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1.6	0.100	오일,록타이트	0.05	0.05	0.07	0.09	0.15	0.21	0.25	0.04	0.04	0.05	0.07	0.12	0.17	0.20
	0.125	아연 도금	0.05	0.06	0.08	0.10	0.17	0.24	0.29	0.04	0.04	0.06	0.08	0.14	0.19	0.23
	0.140	-	0.07	0.06	0.08	0.10	0.18	0.25	0.30	0.05	0.05	0.06	0.08	0.14	0.20	0.24
M1.8	0.100	오일,록타이트	0.06	0.06	0.08	0.10	0.19	0.26	0.32	0.04	0.05	0.06	0.08	0.15	0.21	0.26
	0.125	아연 도금	0.07	0.70	0.10	0.12	0.21	0.30	0.36	0.05	0.56	0.08	0.09	0.17	0.24	0.29
	0.140	-	0.70	0.75	0.10	0.13	0.23	0.32	0.38	0.56	0.60	0.08	0.10	0.18	0.26	0.30
M2	0.100	오일,록타이트	0.10	0.11	0.14	0.17	0.31	0.44	0.52	0.08	0.08	0.11	0.14	0.25	0.35	0.42
	0.125	아연 도금	0.12	0.12	0.16	0.19	0.35	0.50	0.60	0.09	0.10	0.12	0.15	0.28	0.40	0.48
	0.140	-	0.12	0.13	0.17	0.22	0.38	0.53	0.64	0.10	0.10	0.13	0.17	0.30	0.42	0.51
M2.5	0.100	오일,록타이트	0.20	0.21	0.28	0.36	0.63	0.89	1.07	0.16	0.17	0.22	0.29	0.50	0.71	0.86
	0.125	아연 도금	0.23	0.25	0.32	0.39	0.73	1.02	1.23	0.18	0.20	0.26	0.31	0.58	0.82	0.98
	0.140	-	0.25	0.27	0.34	0.43	0.78	1.09	1.31	0.20	0.22	0.27	0.34	0.62	0.87	1.05
M3	0.100	오일,록타이트	0.35	0.38	0.49	0.63	1.11	1.57	1.88	0.28	0.30	0.39	0.50	0.89	1.26	1.50
	0.125	아연 도금	0.42	0.44	0.56	0.72	1.28	1.80	2.15	0.34	0.35	0.45	0.58	1.02	1.44	1.72
	0.140	-	0.44	0.47	0.60	0.78	1.37	1.92	2.30	0.35	0.38	0.48	0.62	1.10	1.54	1.84
M3.5	0.100	오일,록타이트	0.54	0.59	0.75	0.96	1.71	2.40	2.90	0.43	0.47	0.60	0.77	1.37	1.92	2.32
	0.125	아연 도금	0.63	0.68	0.86	1.10	1.96	2.75	3.30	0.50	0.54	0.69	0.88	1.57	2.20	2.64
	0.140	-	0.67	0.73	0.92	1.19	2.10	2.95	3.95	0.54	0.58	0.74	0.95	1.68	2.36	3.16
M4	0.100	오일,록타이트	0.82	0.88	1.12	1.44	2.55	3.60	4.30	0.66	0.70	0.90	1.15	2.04	2.88	3.44
	0.125	아연 도금	0.94	1.02	1.28	1.66	2.90	4.10	4.95	0.75	0.82	1.02	1.33	2.32	3.28	3.96
	0.140	-	1.00	1.08	1.37	1.77	3.10	4.40	5.25	0.80	0.86	1.10	1.42	2.48	3.52	4.20
M5	0.100	오일,록타이트	1.60	1.70	2.20	2.80	5.00	7.05	8.45	1.28	1.36	1.76	2.24	4.00	5.64	6.76
	0.125	아연 도금	1.80	2.00	2.50	3.20	5.75	8.10	9.70	1.44	1.60	2.00	2.56	4.60	6.48	7.76
	0.140	-	1.90	2.10	2.70	3.40	6.15	8.65	10.40	1.52	1.68	2.16	2.72	4.92	6.92	8.32
M6	0.100	오일,록타이트	2.80	3.00	3.80	4.80	8.60	12	14.50	2.24	2.40	3.04	3.84	6.88	10	11.60
	0.125	아연 도금	3.20	3.40	4.30	5.60	9.90	14	16.50	2.56	2.72	3.44	4.48	7.92	11	13.20
	0.140	-	3.50	3.70	4.60	6.00	10.50	15	18	2.80	2.96	3.68	4.80	8.40	12	14
M8	0.100	오일,록타이트	6.80	7.20	9.10	11.70	21	29	35	5.44	5.76	7.28	9.36	17	23	28
	0.125	아연 도금	7.90	8.30	10.50	13.60	24	34	40	6.32	6.64	8.40	10.88	19	27	32
	0.140	-	8.40	8.90	11.00	14.50	26	36	43	6.72	7.12	8.80	11.60	21	29	34
M10	0.100	오일,록타이트	13.50	14.40	18.00	23.40	42	58	70	10.80	11.52	14.40	18.72	34	46	56
	0.125	아연 도금	15.50	16.60	21	27	48	67	81	12.40	13.28	17	22	38	54	65
	0.140	-	17	18	22	29	51	72	87	14	14	18	23	41	58	70
M12	0.100	오일,록타이트	24	25	31	41	72	101	121	19	20	25	33	58	81	97
	0.125	아연 도금	27	29	36	47	83	117	140	22	23	29	38	66	94	112
	0.140	-	29	31	39	50	89	125	150	23	25	31	40	71	100	120

예시 1) 최대 조임 토르크 및 사용 조임 토르크(토르크 공차 20% 적용)

작업 공차 없음.

호칭경	마찰 계수 (나사의 표면 처리, 윤활)		최대 조임토크(N.m)							사용 조임 토크(N.m)						
			ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급(토르크 렌치 공차 20% 보정)						
			3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M14	0.100	오일,록타이트	37	40	50	47	114	160	193	30	32	40	38	91	128	154
	0.125	아연 도금	43	46	58	74	132	185	220	34	37	46	59	106	148	176
	0.140	-	46	50	62	81	141	198	240	37	40	50	65	113	158	192
M16	0.100	오일,록타이트	57	60	76	98	174	245	295	46	48	61	78	139	196	236
	0.125	아연 도금	66	70	88	115	200	385	340	53	56	70	92	160	308	272
	0.140	-	71	76	95	124	215	305	365	57	61	76	99	172	244	292
M18	0.100	오일,록타이트	79	83	105	135	240	340	405	63	66	84	108	192	272	324
	0.125	아연 도금	91	95	121	155	275	390	470	73	76	97	124	220	312	376
	0.140	-	97	105	130	171	295	420	500	78	84	104	137	236	336	400
M20	0.100	오일,록타이트	111	120	148	195	340	475	570	89	96	118	156	272	380	456
	0.125	아연 도금	128	135	170	219	390	550	660	102	108	136	175	312	440	528
	0.140	-	138	146	184	238	420	590	710	110	117	147	190	336	472	568
M22	0.100	오일,록타이트	149	160	199	260	455	640	765	119	128	159	208	364	512	612
	0.125	아연 도금	173	183	230	298	530	745	890	138	146	184	238	424	596	712
	0.140	-	186	198	250	322	570	800	960	149	158	200	258	456	640	768
M24	0.100	오일,록타이트	191	203	255	330	580	820	980	153	162	204	264	464	656	784
	0.125	아연 도금	220	235	295	382	675	950	1,140	176	188	236	306	540	760	912
	0.140	-	235	251	315	408	725	1,020	1,220	188	201	252	326	580	816	976
M27	0.100	오일,록타이트	280	300	375	488	855	1,210	1,450	224	240	300	390	684	968	1,160
	0.125	아연 도금	325	348	435	566	995	1,400	1,680	260	278	348	453	796	1,120	1,344
	0.140	-	350	376	470	610	1,070	1,510	1,810	280	301	376	488	856	1,208	1,448
M30	0.100	오일,록타이트	380	405	510	658	1,160	1,640	1,970	304	324	408	526	928	1,312	1,576
	0.125	아연 도금	445	470	590	763	1,350	1,900	2,280	356	376	472	610	1,080	1,520	1,824
	0.140	-	475	504	635	818	1,450	2,050	2,450	380	403	508	654	1,160	1,640	1,960
M33	0.100	오일,록타이트	515	552	690	898	1,570	2,210	2,650	412	442	552	718	1,256	1,768	2,120
	0.125	아연 도금	600	645	800	1,045	1,380	2,580	3,090	480	516	640	836	1,104	2,064	2,472
	0.140	-	645	685	865	1,110	1,970	2,770	3,330	516	548	692	888	1,576	2,216	2,664
M36	0.100	오일,록타이트	665	705	885	1,145	2,030	2,850	3,420	532	564	708	916	1,624	2,280	2,736
	0.125	아연 도금	775	825	1,030	1,340	2,360	3,310	3,980	620	660	824	1,072	1,888	2,648	3,184
	0.140	-	830	885	1,111	1,435	2,530	3,560	4,280	664	708	889	1,148	2,024	2,848	3,424
M39	0.100	오일,록타이트	860	920	1,150	1,495	2,620	3,680	4,420	688	736	920	1,196	2,096	2,944	3,536
	0.125	아연 도금	1,000	1,075	1,340	1,750	3,050	4,290	5,150	800	860	1,072	1,400	2,440	3,432	4,120
	0.140	-	1,080	1,155	1,440	1,880	3,290	4,620	5,550	864	924	1,152	1,504	2,632	3,696	4,440

주기

- 특수 BU에서 공급하는 감속기의 체결 토르크임(기술제휴사 볼트 토르크 선정 방식에 따름)

예시 2) 최대 조임 토르크 및 사용 조임 토르크(토르크 렌치 공차 10% 적용)

작업 공차 없음.

호칭경	마찰 계수 (나사의 표면 처리, 윤활)		최대 조임토크(N.m)							사용 조임 토크(N.m)						
			ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급(토크 렌치 공차 10% 보정)						
			3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1.6	0.100	오일,록타이트	0.05	0.05	0.07	0.09	0.15	0.21	0.25	0.04	0.05	0.06	0.08	0.14	0.19	0.23
	0.125	아연 도금	0.05	0.06	0.08	0.10	0.17	0.24	0.29	0.05	0.05	0.07	0.09	0.15	0.22	0.26
	0.140	-	0.07	0.06	0.08	0.10	0.18	0.25	0.30	0.06	0.05	0.07	0.09	0.16	0.23	0.27
M1.8	0.100	오일,록타이트	0.06	0.06	0.08	0.10	0.19	0.26	0.32	0.05	0.05	0.07	0.09	0.17	0.23	0.29
	0.125	아연 도금	0.07	0.70	0.10	0.12	0.21	0.30	0.36	0.06	0.63	0.09	0.10	0.19	0.27	0.32
	0.140	-	0.70	0.75	0.10	0.13	0.23	0.32	0.38	0.63	0.68	0.09	0.11	0.21	0.29	0.34
M2	0.100	오일,록타이트	0.10	0.11	0.14	0.17	0.31	0.44	0.52	0.09	0.09	0.12	0.15	0.28	0.40	0.47
	0.125	아연 도금	0.12	0.12	0.16	0.19	0.35	0.50	0.60	0.10	0.11	0.14	0.17	0.32	0.45	0.54
	0.140	-	0.12	0.13	0.17	0.22	0.38	0.53	0.64	0.11	0.12	0.15	0.19	0.34	0.48	0.58
M2.5	0.100	오일,록타이트	0.20	0.21	0.28	0.36	0.63	0.89	1.07	0.18	0.19	0.25	0.32	0.57	0.80	0.96
	0.125	아연 도금	0.23	0.25	0.32	0.39	0.73	1.02	1.23	0.21	0.23	0.29	0.35	0.66	0.92	1.11
	0.140	-	0.25	0.27	0.34	0.43	0.78	1.09	1.31	0.23	0.24	0.31	0.39	0.70	0.98	1.18
M3	0.100	오일,록타이트	0.35	0.38	0.49	0.63	1.11	1.57	1.88	0.32	0.34	0.44	0.57	1.00	1.41	1.69
	0.125	아연 도금	0.42	0.44	0.56	0.72	1.28	1.80	2.15	0.38	0.40	0.50	0.65	1.15	1.62	1.94
	0.140	-	0.44	0.47	0.60	0.78	1.37	1.92	2.30	0.40	0.42	0.54	0.70	1.23	1.73	2.07
M3.5	0.100	오일,록타이트	0.54	0.59	0.75	0.96	1.71	2.40	2.90	0.49	0.53	0.68	0.86	1.54	2.16	2.61
	0.125	아연 도금	0.63	0.68	0.86	1.10	1.96	2.75	3.30	0.57	0.61	0.77	0.99	1.76	2.48	2.97
	0.140	-	0.67	0.73	0.92	1.19	2.10	2.95	3.95	0.60	0.66	0.83	1.07	1.89	2.66	3.56
M4	0.100	오일,록타이트	0.82	0.88	1.12	1.44	2.55	3.60	4.30	0.74	0.79	1.01	1.30	2.30	3.24	3.87
	0.125	아연 도금	0.94	1.02	1.28	1.66	2.90	4.10	4.95	0.85	0.92	1.15	1.49	2.61	3.69	4.46
	0.140	-	1.00	1.08	1.37	1.77	3.10	4.40	5.25	0.90	0.97	1.23	1.59	2.79	3.96	4.73
M5	0.100	오일,록타이트	1.60	1.70	2.20	2.80	5.00	7.05	8.45	1.44	1.53	1.98	2.52	4.50	6.35	7.61
	0.125	아연 도금	1.80	2.00	2.50	3.20	5.75	8.10	9.70	1.62	1.80	2.25	2.88	5.18	7.29	8.73
	0.140	-	1.90	2.10	2.70	3.40	6.15	8.65	10.40	1.71	1.89	2.43	3.06	5.54	7.79	9.36
M6	0.100	오일,록타이트	2.80	3.00	3.80	4.80	8.60	12	14.50	2.52	2.70	3.42	4.32	7.74	11	13.05
	0.125	아연 도금	3.20	3.40	4.30	5.60	9.90	14	16.50	2.88	3.06	3.87	5.04	8.91	13	14.85
	0.140	-	3.50	3.70	4.60	6.00	10.50	15	18	3.15	3.33	4.14	5.40	9.45	14	16
M8	0.100	오일,록타이트	6.80	7.20	9.10	11.70	21	29	35	6.12	6.48	8.19	10.53	19	26	32
	0.125	아연 도금	7.90	8.30	10.50	13.60	24	34	40	7.11	7.47	9.45	12.24	22	31	36
	0.140	-	8.40	8.90	11.00	14.50	26	36	43	7.56	8.01	9.90	13.05	23	32	39
M10	0.100	오일,록타이트	13.50	14.40	18.00	23.40	42	58	70	12.15	12.96	16.20	21.06	38	52	63
	0.125	아연 도금	15.50	16.60	21	27	48	67	81	13.95	14.94	19	24	43	60	73
	0.140	-	17	18	22	29	51	72	87	15	16	20	26	46	65	78
M12	0.100	오일,록타이트	24	25	31	41	72	101	121	22	23	28	37	65	91	109
	0.125	아연 도금	27	29	36	47	83	117	140	24	26	32	42	75	105	126
	0.140	-	29	31	39	50	89	125	150	26	28	35	45	80	113	135

예시 2) 최대 조임 토르크 및 사용 조임 토르크(토르크 렌치 공차 10% 적용)

작업 공차 없음.

호칭경	마찰 계수 (나사의 표면 처리, 윤활)		최대 조임토크(N.m)							사용 조임 토크(N.m)						
			ISO 898 /1 에 의한 나사 등급							ISO 898 /1 에 의한 나사 등급(토크 렌치 공차 10% 보정)						
			3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6 4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M14	0.100	오일,록타이트	37	40	50	47	114	160	193	33	36	45	42	103	144	174
	0.125	아연 도금	43	46	58	74	132	185	220	39	41	52	67	119	167	198
	0.140	-	46	50	62	81	141	198	240	41	45	56	73	127	178	216
M16	0.100	오일,록타이트	57	60	76	98	174	245	295	51	54	68	88	157	221	266
	0.125	아연 도금	66	70	88	115	200	385	340	59	63	79	104	180	347	306
	0.140	-	71	76	95	124	215	305	365	64	68	86	112	194	275	329
M18	0.100	오일,록타이트	79	83	105	135	240	340	405	71	75	95	122	216	306	365
	0.125	아연 도금	91	95	121	155	275	390	470	82	86	109	140	248	351	423
	0.140	-	97	105	130	171	295	420	500	87	95	117	154	266	378	450
M20	0.100	오일,록타이트	111	120	148	195	340	475	570	100	108	133	176	306	428	513
	0.125	아연 도금	128	135	170	219	390	550	660	115	122	153	197	351	495	594
	0.140	-	138	146	184	238	420	590	710	124	131	166	214	378	531	639
M22	0.100	오일,록타이트	149	160	199	260	455	640	765	134	144	179	234	410	576	689
	0.125	아연 도금	173	183	230	298	530	745	890	156	165	207	268	477	671	801
	0.140	-	186	198	250	322	570	800	960	167	178	225	290	513	720	864
M24	0.100	오일,록타이트	191	203	255	330	580	820	980	172	183	230	297	522	738	882
	0.125	아연 도금	220	235	295	382	675	950	1,140	198	212	266	344	608	855	1,026
	0.140	-	235	251	315	408	725	1,020	1,220	212	226	284	367	653	918	1,098
M27	0.100	오일,록타이트	280	300	375	488	855	1,210	1,450	252	270	338	439	770	1,089	1,305
	0.125	아연 도금	325	348	435	566	995	1,400	1,680	293	313	392	509	896	1,260	1,512
	0.140	-	350	376	470	610	1,070	1,510	1,810	315	338	423	549	963	1,359	1,629
M30	0.100	오일,록타이트	380	405	510	658	1,160	1,640	1,970	342	365	459	592	1,044	1,476	1,773
	0.125	아연 도금	445	470	590	763	1,350	1,900	2,280	401	423	531	687	1,215	1,710	2,052
	0.140	-	475	504	635	818	1,450	2,050	2,450	428	454	572	736	1,305	1,845	2,205
M33	0.100	오일,록타이트	515	552	690	898	1,570	2,210	2,650	464	497	621	808	1,413	1,989	2,385
	0.125	아연 도금	600	645	800	1,045	1,380	2,580	3,090	540	581	720	941	1,242	2,322	2,781
	0.140	-	645	685	865	1,110	1,970	2,770	3,330	581	617	779	999	1,773	2,493	2,997
M36	0.100	오일,록타이트	665	705	885	1,145	2,030	2,850	3,420	599	635	797	1,031	1,827	2,565	3,078
	0.125	아연 도금	775	825	1,030	1,340	2,360	3,310	3,980	698	743	927	1,206	2,124	2,979	3,582
	0.140	-	830	885	1,111	1,435	2,530	3,560	4,280	747	797	1,000	1,292	2,277	3,204	3,852
M39	0.100	오일,록타이트	860	920	1,150	1,495	2,620	3,680	4,420	774	828	1,035	1,346	2,358	3,312	3,978
	0.125	아연 도금	1,000	1,075	1,340	1,750	3,050	4,290	5,150	900	968	1,206	1,575	2,745	3,861	4,635
	0.140	-	1,080	1,155	1,440	1,880	3,290	4,620	5,550	972	1,040	1,296	1,692	2,961	4,158	4,995

주기

- 특수 BU에서 공급하는 감속기의 체결 토르크임(기술제휴사 볼트 토르크 선정 방식에 따름)

【 세목나사의 최대 체결력 및 최대 조임토크표 】

나사사양	마찰계수	최대 체결력(N)			최대 조임토크(N.m)		
		ISO 898 /1 에 의한 나사 등급			ISO 898 /1 에 의한 나사 등급		
		8.8	10.9	12.9	8.8	10.9	12.9
M8x1.0	0.10	19,500	27,500	33,000	22	30	36
	0.13	18,600	26,200	31,500	25	35	42
	0.14	18,100	25,500	30,600	27	38	45
M10x1.25	0.10	30,500	42,900	51,500	42	59	71
	0.13	29,100	40,900	49,100	49	68	82
	0.14	28,300	39,800	47,700	52	73	88
M12x1.25	0.10	46,600	65,500	78,500	76	105	130
	0.13	44,600	62,500	75,000	88	125	150
	0.14	43,300	61,000	73,000	95	135	160
M14x1.5	0.10	63,000	88,500	106,000	120	165	200
	0.13	60,500	85,000	102,000	140	195	235
	0.14	58,500	82,500	99,000	150	210	250
M16x1.5	0.10	85,000	120,000	144,000	180	250	300
	0.13	81,500	114,000	137,000	210	295	350
	0.14	79,000	111,000	133,000	225	315	380
M18x1.5	0.10	111,000	156,000	187,000	260	365	435
	0.13	106,000	149,000	179,000	305	425	510
	0.14	103,000	145,000	174,000	325	460	550
M20x1.5	0.10	140,000	197,000	236,000	360	510	610
	0.13	134,000	189,000	226,000	425	600	720
	0.14	130,000	183,000	220,000	460	640	770
M22x1.5	0.10	172,000	242,000	291,000	480	680	810
	0.13	165,000	234,000	279,000	570	800	960
	0.14	161,000	226,000	271,000	610	860	1,050
M24x2	0.10	197,000	277,000	332,000	610	860	1,050
	0.13	188,000	265,000	318,000	720	1,000	1,200
	0.14	183,000	257,000	309,000	780	1,100	1,300

*** 세목 나사의 경우도 상기 보통 나사의 경우와 동일한 절차를 밟아 계산해야 하며,**
단, 최대 체결력 및 최대 조임 토르크표는 위에서 주어진 표를 사용한다.