

首都高速道路公団 正会員 板垣秀克  
 " " 〇和泉 公比古

1. 概要

高力ボルト継手の締付け方法には、現在「トルク法」と「ナット回転法」があるが、現場の締付け作業および検査の簡素化をはかるためには、ナット回転法(以下回転法とよぶ)による締付けに移行することが望ましいとされている。しかし、回転法ではボルトに降伏点を越える高い締付け力を与えるため、ボルトがそれに十分耐えるものでなくてはならない。現行の「道路橋示方書・同解説」によれば、回転法により施工してよいボルトの種類はF8Tまでであるため、これを主要部材の継手としても用いられるF10Tにも適用できるよう、その基礎資料を得る実験を行なった。

実験項目は、ボルト振り試験、突スライズ締付け試験、遅れ破壊試験である。

表-1 振り試験 供試ボルト (F10T-M22)

鋼種	首下長さ	種類	試料数
HS25B	70	2	10×2 = 20
	120	2	10×2 = 20
BOLTEN110	70	2	10×2 = 20
	120	2	10×2 = 20

2. 実験結果 および考察

2.1 ボルト振り試験

表-1 に示す各種の F10T ボルト について振り試験を行ない、得られた結果を表-2 に示す。

N<sub>Y</sub>, N<sub>M</sub> はいずれもボルト締付け時に導入された軸力を示している。ここで N<sub>Y</sub> は、ボルトの降伏点を示すものであり、遊びネジ長さの 1% オフセット耐力をとった。

θ<sub>Y</sub> のバラツキは、全ボルトで 130° ≤ θ<sub>Y</sub> ≤ 187°, 種類別平均値で 143° ≤  $\bar{\theta}_Y$  ≤ 171° であった。また、θ<sub>M</sub> のバラツキは θ<sub>Y</sub> に比していくぶん大きく、それぞれ 231° ≤ θ<sub>M</sub> ≤ 318°, 252° ≤  $\bar{\theta}_M$  ≤ 292° であった。このことは、F10T ボルトが強度レベル・ボルト形状によらず 回転法を適用するための変形特性 “θ<sub>Y</sub> が 180° 以下, θ<sub>M</sub> が 240° 以上”<sup>(1)</sup> を満足していると言える。

表-2 ボルト振り試験結果

鋼種 種類	HS25B M22×70			HS25B M22×120			BOLTEN110 M22×70			BOLTEN110 M22×120														
	1			2			1			2														
項目	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均						
θ <sub>Y</sub>	165	152	160	171	159	165	175	164	171	187	162	171	156	130	143	164	154	158	162	153	157	176	163	170
θ <sub>M</sub>	277	251	261	280	253	267	318	281	292	300	258	279	273	252	262	268	231	252	291	258	272	290	268	281
θ <sub>YM</sub>	112	90	101	111	93	102	143	109	121	123	96	108	131	102	119	106	79	94	132	102	115	121	101	111
N <sub>Y</sub>	32.8	31.2	32.2	33.9	33.0	33.3	32.2	30.5	31.3	33.1	30.9	32.1	29.3	26.7	27.7	31.6	30.6	30.3	29.6	28.3	29.0	32.6	30.7	31.7
N <sub>M</sub>	34.0	32.5	33.4	35.1	34.1	34.5	33.4	31.8	32.6	34.4	32.1	33.3	30.5	27.8	28.8	32.7	31.5	32.3	30.7	29.6	30.1	33.8	31.8	32.8
N <sub>Y</sub> /T <sub>Y</sub>	1.045	0.974	1.031	0.983	0.957	0.966	0.988	0.936	0.960	0.976	0.912	0.946	1.032	0.940	0.974	0.984	0.953	0.974	0.955	0.913	0.936	0.967	0.911	0.940
N <sub>M</sub> /T <sub>Y</sub>	1.083	1.035	1.064	1.017	0.988	1.000	1.025	0.975	1.000	1.015	0.947	0.982	1.074	0.979	1.014	1.019	0.981	1.006	0.990	0.955	0.971	1.003	0.944	0.973

- N<sub>Y</sub> : 遊びネジ長さの 1% オフセット耐力 (ton)
- N<sub>M</sub> : 最大荷重時のボルト軸力 ( " )
- T<sub>Y</sub> : 純引張試験におけるボルト耐力 ( " )
- θ<sub>Y</sub> : N<sub>Y</sub> に対応したナット回転角 (度)
- θ<sub>M</sub> : N<sub>M</sub> " " ( " )
- θ<sub>YM</sub> : θ<sub>Y</sub> から θ<sub>M</sub> に至る回転角 ( " )

次に、ボルト締め試験における耐力に対応する点 ( $\theta_Y, N_Y$ ) と、最大軸力に対応する点 ( $\theta_M, N_M$ ) の2点をプロットし、一次締めトルク 10・20・30 kg・m の時の回転角からそれぞれ 180° 進んだ点を示したものの一例を図-1に示す。この図より、二次締め回転角として 180° が確実に得られるならば、すべてのボルトに  $N_Y$  以上の軸力が導入されること、また、一次締めの差によって生ずる導入軸力の差は小さいことがわかる。このことは、すべての種類のボルトについて確かめられ、同様の結果を得た。

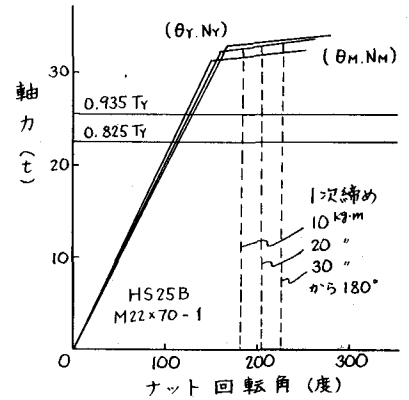


図-1 ボルト締め試験結果

### 2.2 実スライズ締め付け試験

一次締めはスパナを使用し、導入トルク 15 kg・m を目標として行った。測定結果によれば、ほとんどのボルトが 3~5 ton の値を示した。先に締めたボルトが後から締めたボルトによりどの程度ゆるむかを測定したところ、最大 340 kg 程度であった。

次に、二次締めはトルクレンチを使用し、回転角 180° で行った。この結果、ボルトに導入された軸力はほとんどのボルトで約 30 ton であった。これらの値は、現行示方書の F10T 標準ボルト軸力 22.5 ton をはるかに越えており、設計ボルト軸力を高め得ることを示している。今、かりに降伏点に対する設計ボルト軸力の比を F8T と同程度まで高めたとしても、標準ボルト軸力は 25.5 ton 程度あれば十分であり、この試験で計測したボルト軸力はすべてこれを上まわっている。なお、二次締めの際のボルトのゆるみは最大で約 1 ton であった。

### 2.3 遅れ破壊試験

表-3 に示す供試ボルトについてボルト製品のままで遅れ破壊試験の結果、人工海水乾湿くり返し、0.1規定塩酸水溶液試験とも 1000 時間経過後 いずれのボルトにも異常は発生しなく、その後の純引張試験においても何ら異常はなかった。海浜大気暴露試験は、9ヶ月経過後も何ら異常はなかった。

表-3 遅れ破壊試験 供試ボルト

鋼種	形状寸法	ボルト級	試料数
HS25B	M22×100	F8T	6
		F10T	6
		F11T	6
BOLTENIIO	M22×100	F10T	6
		F11T	6

切欠付丸棒試験片による定荷重引張方式の応力腐食試験においては、試験環境が苛酷すぎたためか明確な破壊特性を得るまでに至らなかった。

### 3. 結論

試験結果より、市販の各種 F10T ボルト (M22) は F8T と同様の回転法の適用できる変形能をそなえていることを確認した。さらに、F10T ボルトに回転法を適用した場合、導入される軸力は大きく、耐力に対する設計ボルト軸力の比を F8T 程度まで高め得るようである。遅れ破壊に対しは、F10T ボルトに回転法を適用してもその懸念はないと思われる。

### (参考文献)

- (1) 高力ボルト接合：ナット回転法の提案，JSSC，Vol.9，No.89，1973年5月
- (2) ボルトの変形能に関する研究，JSSC，Vol.6，No.59，1970年11月