

I-53 130 kg/mm^2 高張力ボルト (SMK22) について

京都大学工学部 工博 正員 小西 一郎
 神戸大学工学部 工博 正員 西村 昭
 阪神高速道路公団 正員 田井戸米好
 大同製鋼株式会社 正員 伊藤 哲朗

1. まえがき

Se-Mn-Cr鋼 (SMK22) を用いた引張強さ 130 kg/mm^2 以上の摩擦接合用高張力ボルトについて、その鋼の特徴、ボルトの強さ、ならびに実用の際に考慮すべき問題点のうちトルク係数およびこのボルトを用いた摩擦継手の特性を報告する。

2. ボルト用鋼 SMK22 の特徴

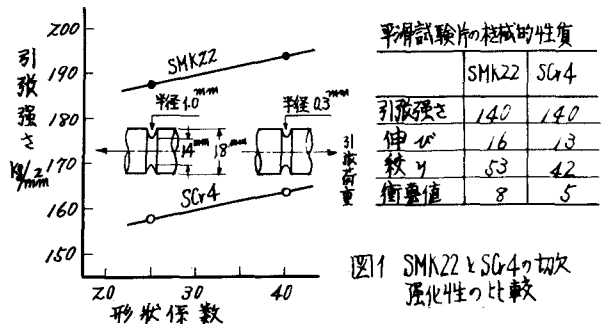
SMK22 鋼は C 0.2%, Se 0.8%, Mn 1.2%, Cr 1.5% に微量の Ti を添加したものである。従来の強靱鋼のように比較的炭素含有量の高い鋼をさらに強くするには、焼もどし温度を低くすればよいが、その場合はもろくなつて実用に耐ええない。したがって、その焼もどし抵抗性を大きくして、高温で焼もどししなければならぬ。この焼もどし抵抗性を大きくするには、Mo, V など高価な元素を多量に添加しなければならぬ。高価な元素を用いず高い強さを得るには、その焼もどし温度を 300℃ 前後にする必要があり、必然的に炭素含有量を 0.2% 程度にしなければならぬ。このような考え方から SMK22 鋼は開発されたもので、その焼入れ、焼もどし後の組織は強靱な低炭素焼もどしマルテンサイトで、その機械的性質は表 1 のようになり、引張強さは 130 kg/mm^2

表1 SMK22の機械的性質

試験項目	平均値	標準偏差
0.2%耐力 kg/mm^2	114	1.2
引張強さ "	145	0.8
伸び %	17	0.6
絞り "	5.5	3.3
沖込衝撃値 kg/cm^2	11	0.9
かたさ HRC	42	1.2

伸びは 14%, 衝撃値は 6 kg/cm^2 以上を確保でき、摩擦接合用 130 kg/mm^2 高張力ボルト鋼として十分な性能を備えている。図1は炭素含有量 0.4% のクローム鋼 SGr4 と SMK22 鋼の引張試験片に形状係数 2.5 および 4.0 の切欠をつけ、平滑試験片での引張強さが 140 kg/mm^2 になるようにそれぞれ熱処理し、試験を行つた結果を示し、SMK22 の切欠強化性は SGr4 より相当大きいことがわかる。

このことは SMK22 の“おくれ破壊”に対する強さも SGr4 より大きいことを示すものである。また、SMK22 鋼および SGr4 の引張試験片にそれぞれの 0.2% 耐力に相当する応力、110 kg/mm^2 および 85 kg/mm^2 を与え、応力弛緩試験を行い、50 時間後の応力の低下量を求めると、SMK22 のそれは SGr4 の 1/3 であつた。



3. ボルトの強さ

130 kg/mm^2 高張力ボルト (SMK22) の常張および低張のくさび入引張試験、およびねじ切り試験を行ない、その破断荷重を求め、表2に示す。表によれば引張試験、ねじ切り試験ともに規格値を大中に上廻っており、いずれもねじ部分から破断した。なお、ねじ切り試験の破断荷重が大きいのは、ボルト、ナットねじ間摩擦係数が小さく、附加せん断応力が低いことと1つの原因と考えられる。

表2. 130 kg/mm^2 高張力ボルト (SMK22) W/8 試験結果

試験項目	測定結果		規格値 (ton)
	平均値	標準偏差	
10°くさび入引張試験 常温	46.2	1.3	38.3 XL
	-10°C	1.2	—
ねじ切り試験 常温	39.6	0.9	25.6 XL

4. ボルトのトルク係数

130 kg/mm^2 高張力ボルトはその締め付け力が大きいので、現用のインパクトレンチを用いてトルク法でしめる場合、そのトルク係数は0.14以下でなくてはならない。また、このボルトはボルトナットねじ間摩擦により生ずる附加せん断応力を小さくし、許容締め付け力を大きくするため、ねじ間

表3. 130 kg/mm^2 高張力ボルト (SMK22) のトルク係数 W/8

項目	平均値	標準偏差
組のトルク係数	0.121	0.008
ねじ面摩擦によるトルク係数	0.069	0.006

摩擦によるトルク係数を0.08以下に規定している。これらのトルク係数の測定結果を表3に示す、いずれも所要の性能を示している。このようにトルク係数を低くするため、このボルトには、磷酸系およびパラフィン系複合の被膜処理を行っている。この被膜の過負荷およびくりかえし負荷に対する強さ、耐酸および耐熱性、ならびに経時変化をしらべた結果、大部分の実用状態で、その減摩能力が劣化しないことが認められた。

5. ゆるめトルク

130 kg/mm^2 高張力ボルトは、そのトルク係数が低いので、締めつけ後ナットがゆるみやすいかも知れないので、トルク係数のことなる130および110 kg/mm^2 ボルトについて、ゆるめトルクを測定した。その結果を図2に示す。図中点線はトルク係数とゆるめトルクの関係を理論計算から求めたもので、130 kg/mm^2 ボルトのゆるめトルクは理論値よりやや高目に、110 kg/mm^2 ボルトのそれはやや低目になっている。このことから130 kg/mm^2 ボルトはそのトルク係数が低いので、特にゆるみやすくなることはないと考えてよいようである。

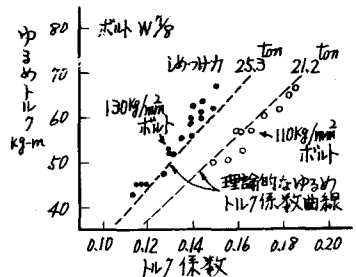


図2. 130 kg/mm^2 および 110 kg/mm^2 ボルトのトルク係数とゆるめトルクの大きさ

6. 130 kg/mm^2 高張力ボルトを用いた摩擦継手の特性

6.1 すべり試験中の締め付け力の低下 130 kg/mm^2 高張力ボルトを用いた継手のすべり試験を行い、すべり開始時のボルトの締め付け力の低下量を求め、90 および 110 kg/mm^2 ボルトのそれと比較した。その結果を図3に示す。図によると締め付け力の大きいボルトほど締め付け力の低下量が少いことがわかる。

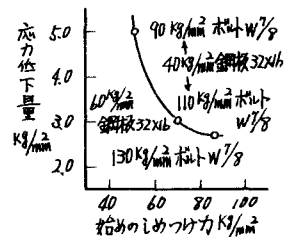


図3. すべり試験中の締め付け力の低下

6.2 継手にくりかえし負荷を与えた場合の特性

130 kg/mm^2 高張力ボルトはそのトルク

係数が低いので、外部から継手に振動負荷が与えられる場合、ナットがゆるみ、しめつけ力が減少し、ひいてはすべり耐力が低くなるかもしれないので、継手にくり返し曲げおよび引張圧縮応力を40万回与え、その間のボルトのしめつけ力の変化をしらべ、さらにすべり試験を行った。ボルトのしめつけ力は図4に示すように、くりかえし負荷40万回まで全く減少せず、ナットのゆるみのないことを示し、かつ、110 kg/mm^2 ボルトの1/2であった。また40万回負荷した継手についてすべり試験を行った結果から摩擦係数を求め表4に示す。表によると130 kg/mm^2 ボルトの摩擦係数は110 kg/mm^2 のそれより大きく、また負荷様式としては曲げの場合の摩擦係数が低い。

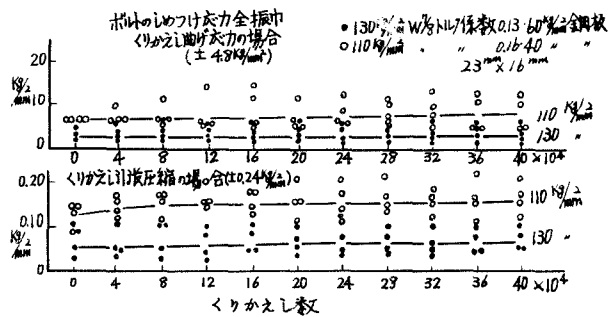


図4 継手にくりかえし負荷を与えた場合のボルトしめつけ力の変化

表4 くりかえし負荷によるすべり摩擦係数のちがい

ボルト W/φ 主板32mm 塗板16mm 鋼板引張圧縮				
ボルト 鋼板式	負荷せん	曲り	引張圧縮	平均値
130 kg/2ボルト	0.370	0.362	0.390	0.374
110 " "	0.348	0.300	0.338	0.329
平均値	0.359	0.331	0.364	0.352

6.3 鋼板の強さと摩擦係数

130 kg/mm^2 高張力ボルトで60 kg/mm^2 鋼板をしめつけて継手の摩擦係数と、90 および110 kg/mm^2 ボルトで40 kg/mm^2 鋼板をしめつけた継手のそれとの間にちがいがあるかどうかしらべるため実験を行い、その結果を表5に示す。表によると130 kg/mm^2 ボルトで60 kg/mm^2 鋼板をしめつけて継手の摩擦係数が最も高い結果となっている。

表5 鋼板の強さとすべり摩擦係数

ボルト W/φ	主板32mm	塗板16mm	Shot Blast
供試ボルト	90kg/mm ²	110kg/mm ²	130kg/mm ²
供試鋼板	40kg/mm ²	40kg/mm ²	60kg/mm ²
すべり摩擦係数	0.494	0.495	0.529

7. あとがき

130 kg/mm^2 高張力ボルト、ならびにその継手について実用上の各種の問題点に関して実験した結果、次の結論を得た。

- (1) 低炭素 Si-Mn-C 鋼 (SMK22) は引張強さ 130 kg/mm^2 の高張力ボルト用鋼として充分な性能を備えている。
- (2) 130 kg/mm^2 高張力の組のトルク係数、および間摩擦によるトルク係数は磷酸系およびパラフィン系複合の被膜処理によって低く、かつ安定した値がえられる。
- (3) 130 kg/mm^2 高張力ボルトのトルク係数は低い、そのため
 - (a) ナットが特にゆるみやすいことはない。
 - (b) 外部から与えられる振動負荷でゆるむことはない。