

図 4.10 摩擦材の表面研磨無（上図），有（下図）

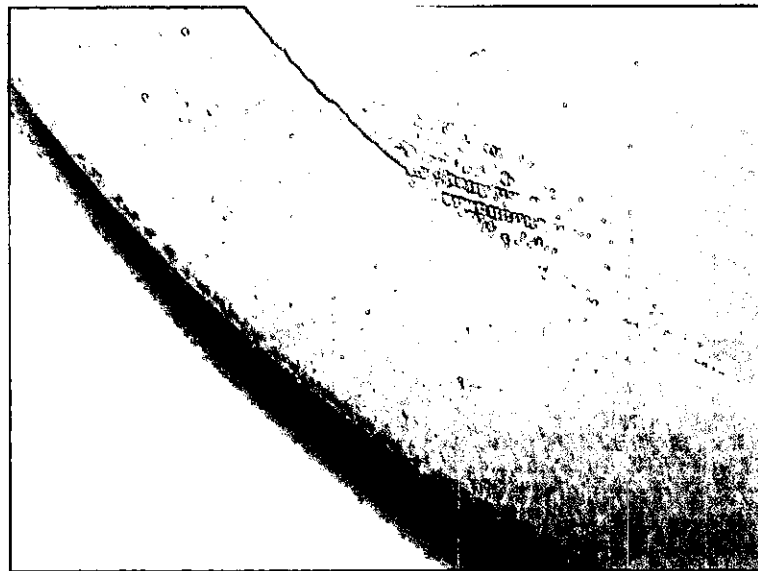
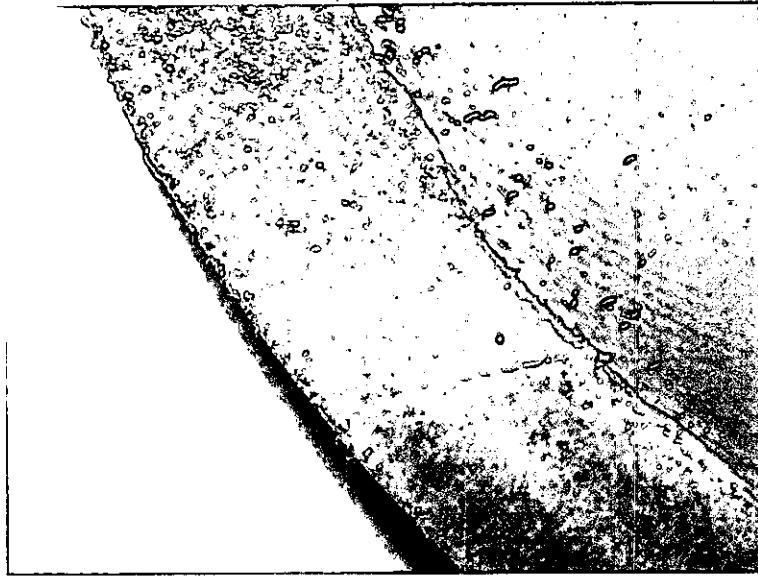


図 4.10 摩擦材の表面研磨無（上図），有（下図）

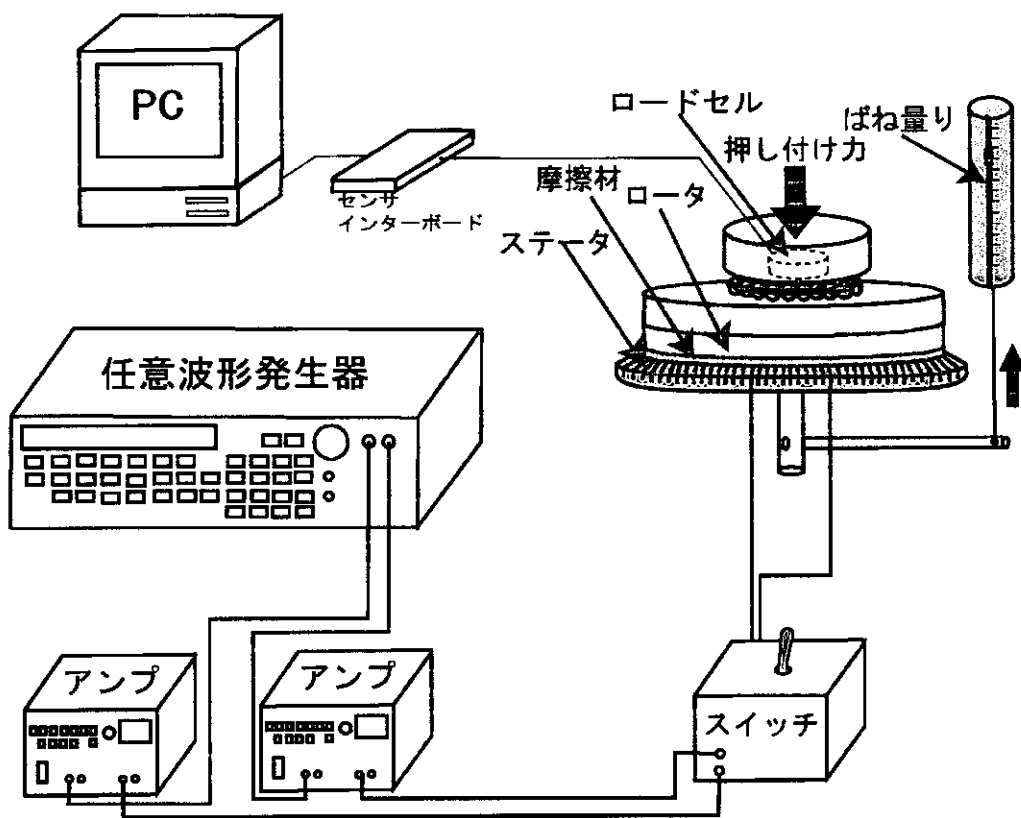


図 4.11 実験装置システムの概略図

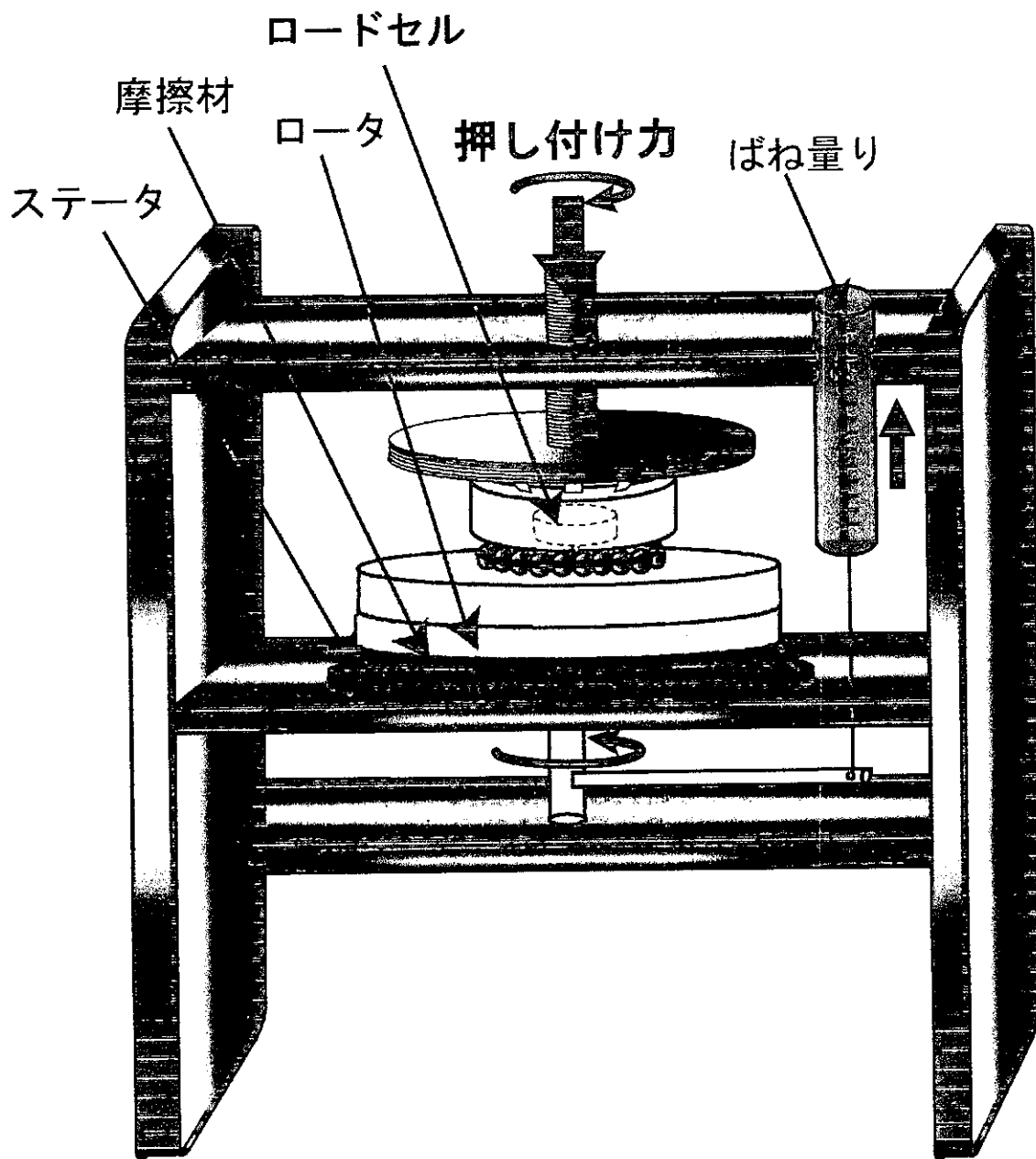


図 4.12 トルク測定概略図

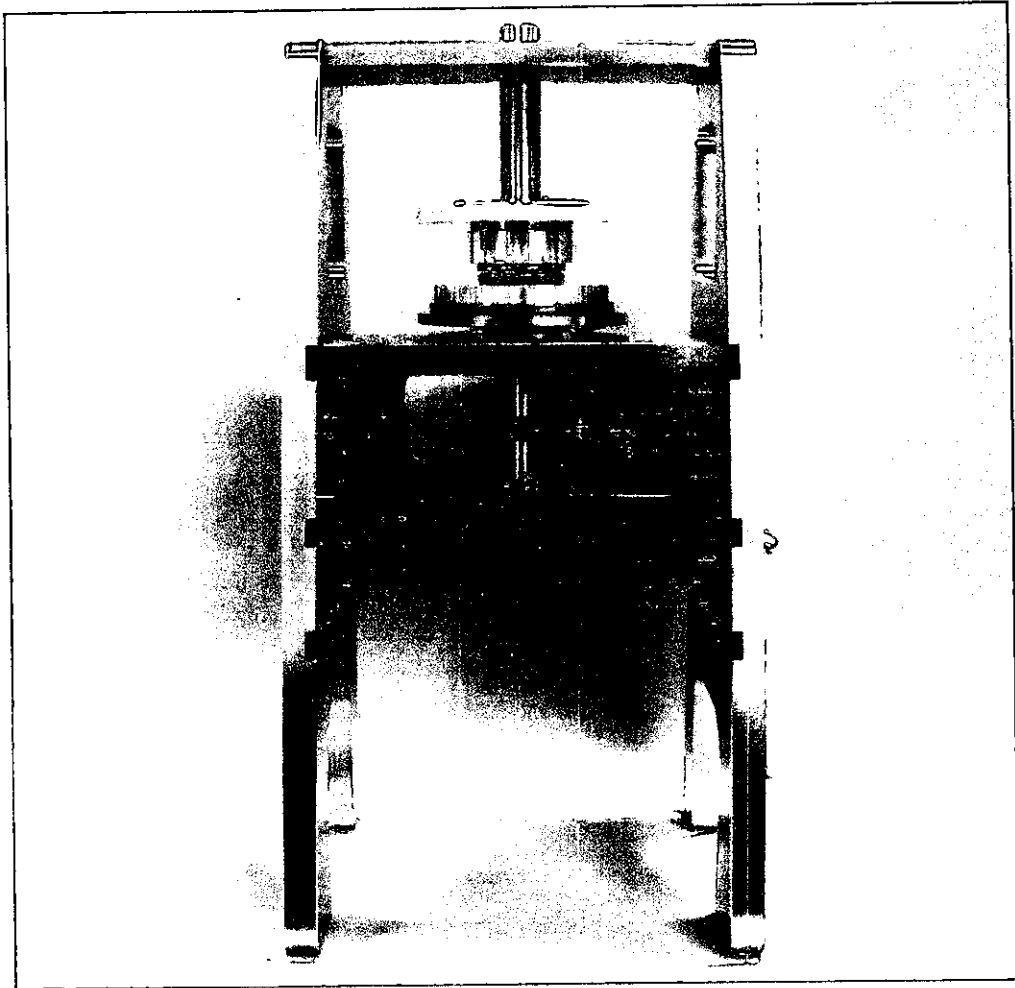


図 4.13 トルク測定装置

C. 研究結果

5.1 起動トルクの測定

5.1.1 摩擦材なしの場合

炭素鋼(S45C), AL, PEEK/CF30 の3種類のロータの起動トルクを測定した。測定結果を図 5.1～図 5.3 に示す。

5.1.2 CFRP を用いた場合

幅 6[mm]のリング状のカーボンシート (CFRP) を各々のロータ PEEK/CF30, 炭素鋼 (S45C) , AL のステータとの接触面側に貼り付け、起動トルクを測定した。測定結果を図 5.4～図 5.6 に示す。

5.1.3 ペーパー摩擦材を用いた場合

10 種類の幅 6[mm]のリング状のペーパー摩擦材を貼り付けてロータ S45C の起動トルクを測定した。測定結果を図 5.7～図 5.16 に示す。

5.2 最大静止摩擦係数測定

印加電圧を 0 にした時の保持トルクの測定から求めた各ロータ (摩擦材付き) の最大静止摩擦係数を表 5.1 に示す。

表 5.1 摩擦材とロータの組み合わせによる最大静止摩擦係数

番号	摩擦材	ロータ	最大静止摩擦係数
1	ペーパ摩擦材_1	炭素鋼 (S45C)	0.136
2	ペーパ摩擦材_2	炭素鋼 (S45C)	0.148
3	ペーパ摩擦材_3	炭素鋼 (S45C)	0.127
4	ペーパ摩擦材_4	炭素鋼 (S45C)	0.151
5	ペーパ摩擦材_5	炭素鋼 (S45C)	0.160
6	ペーパ摩擦材_6	炭素鋼 (S45C)	0.132
7	ペーパ摩擦材_7	炭素鋼 (S45C)	0.126
8	ペーパ摩擦材_8	炭素鋼 (S45C)	0.145
9	ペーパ摩擦材_9	炭素鋼 (S45C)	0.156
10	ペーパ摩擦材_10	炭素鋼 (S45C)	0.135
11	CFRP	AL	0.165
12	CFRP	PEEK/CF30	0.221
13	CFRP	炭素鋼 (S45C)	0.172
14	なし	AL	0.309
15	なし	PEEK/CF	0.167
16	なし	炭素鋼 (S45C)	0.226

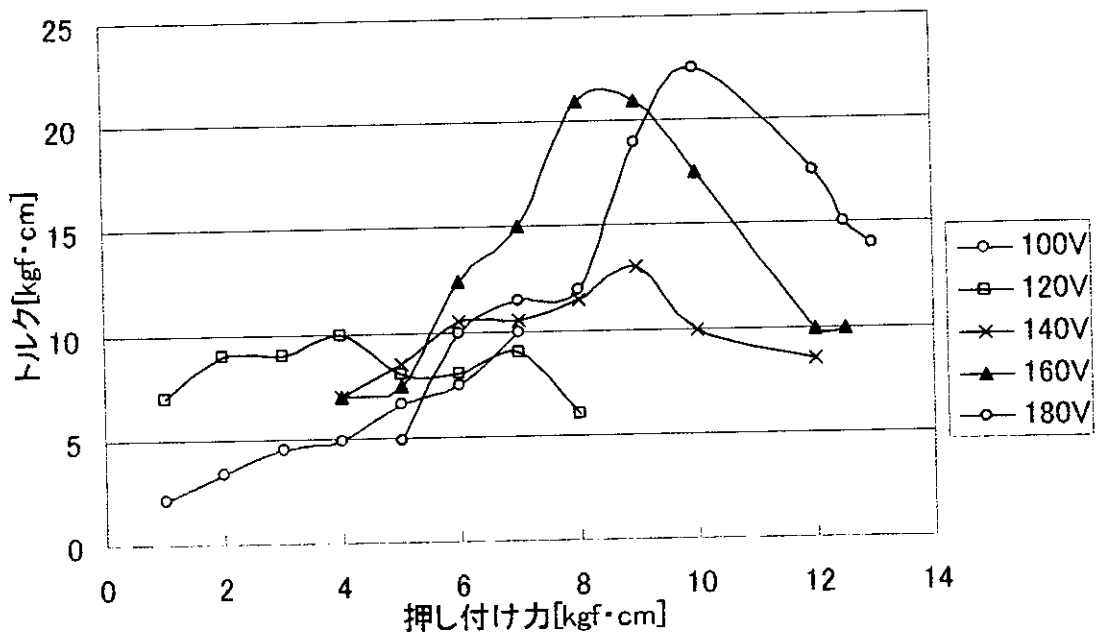


図5.1押し付け力-トルク特性
(S45Cのみ)

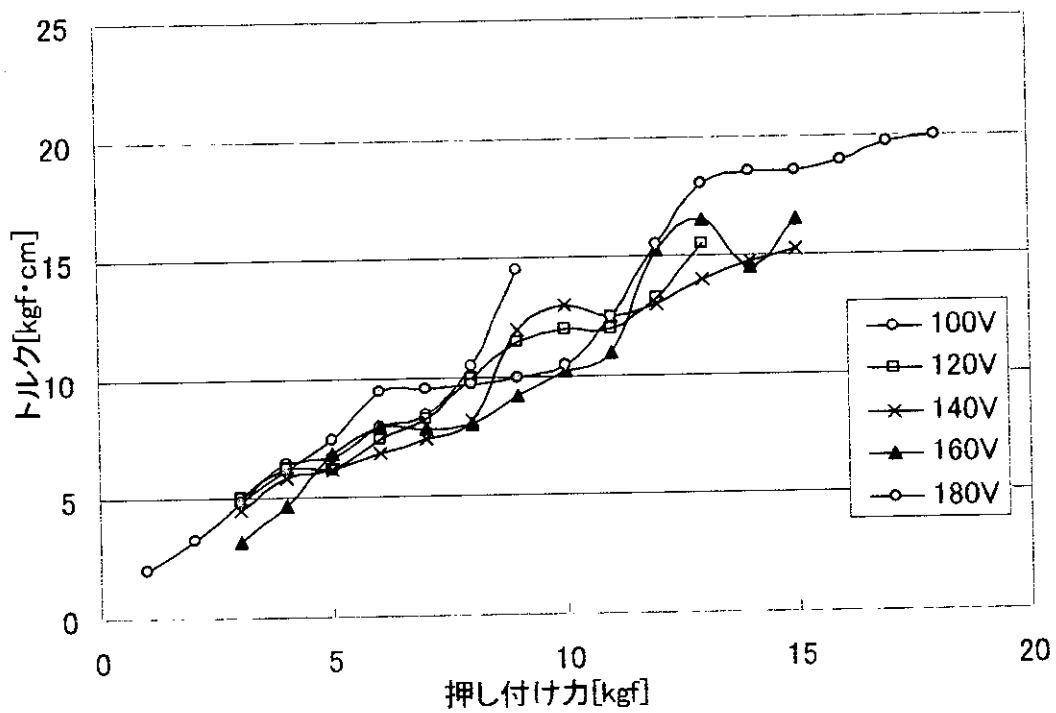


図5.2押し付け力-トルク特性
(Alのみ)

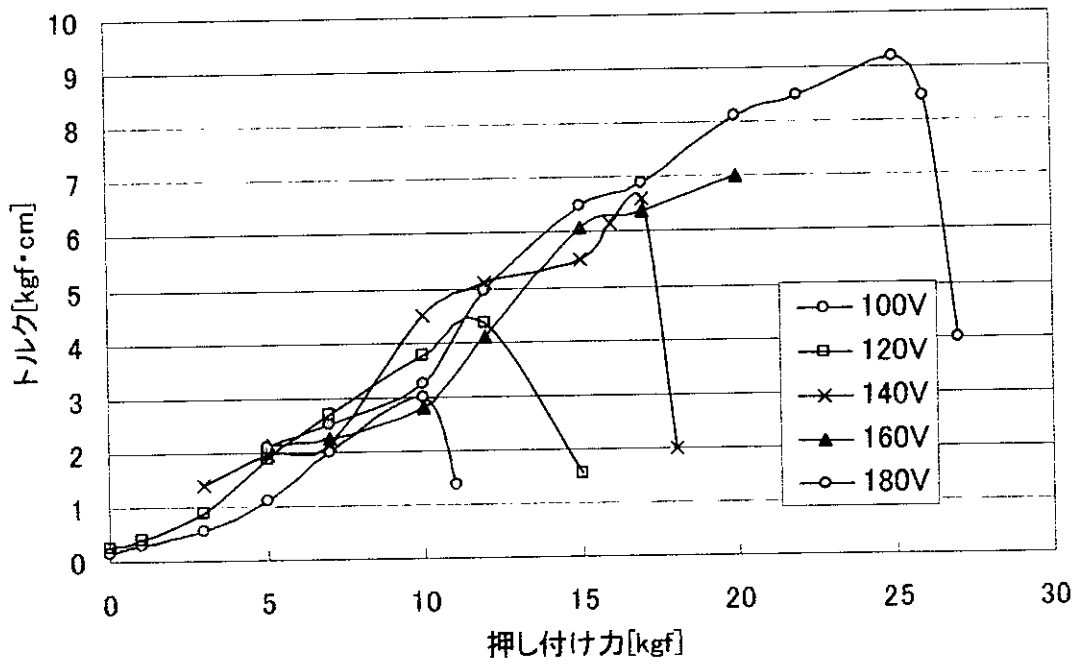


図5.3 押し付け力-トルク特性 (PEEK/CF30のみ)

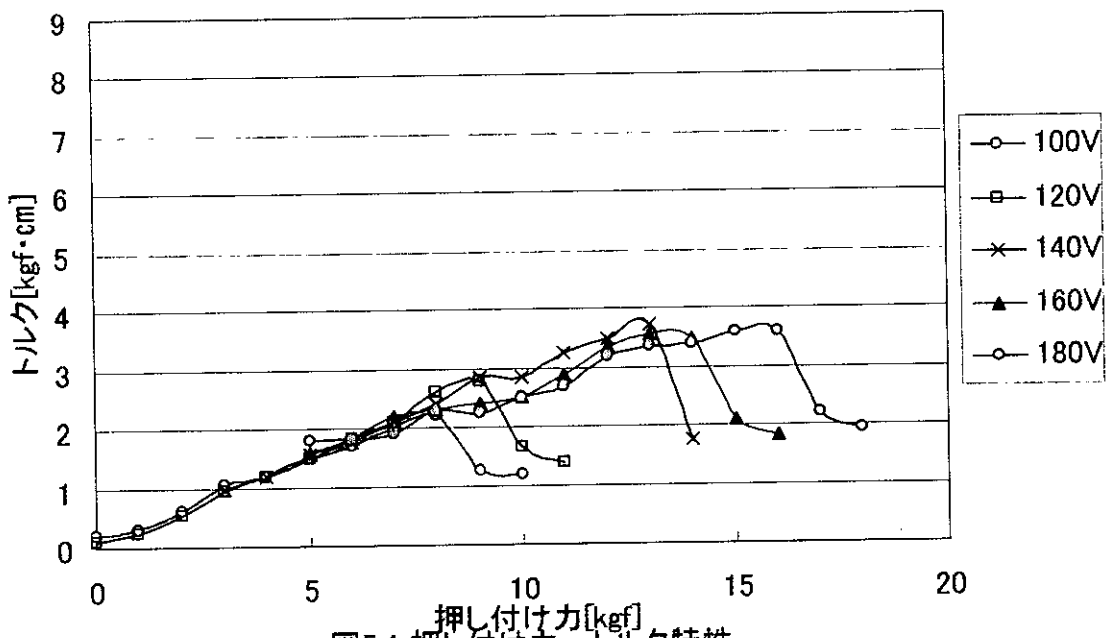


図5.4 押し付け力-トルク特性 (S45C+CFRP)

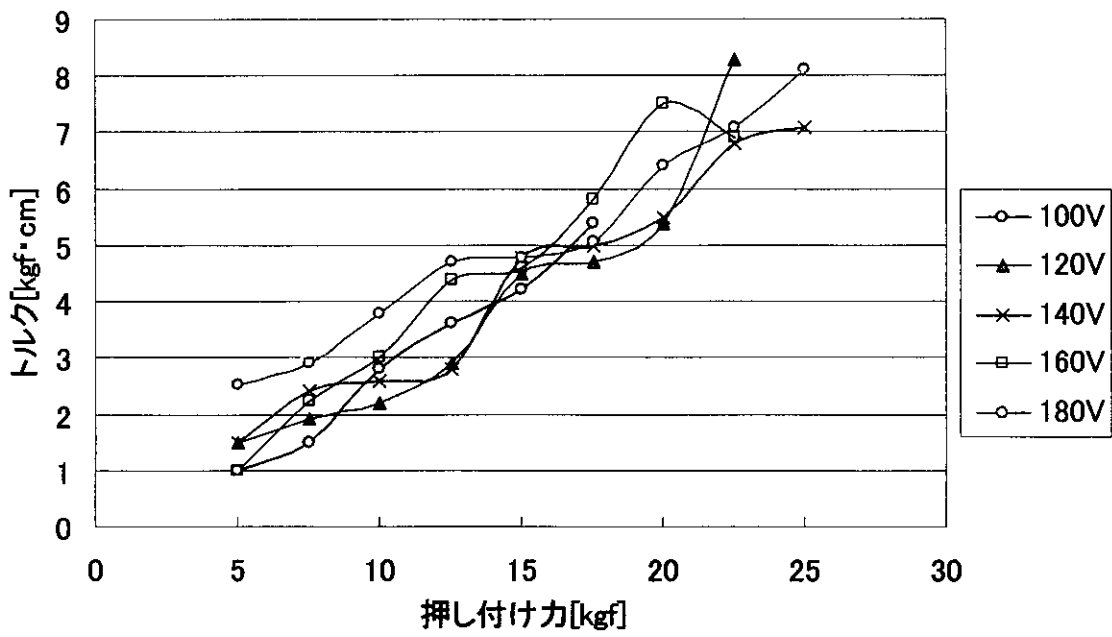


図5.5 押し付けカートルク特性 (AL+CFRP)

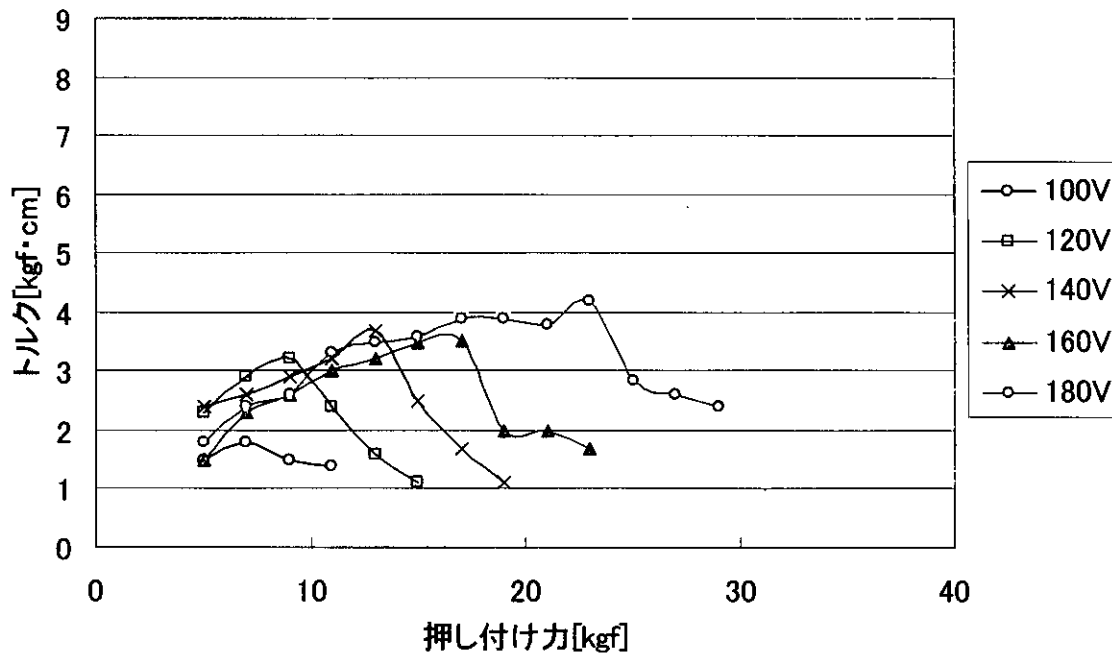


図5.6 押し付けカートルク特性 (PEEK/CF30+CFRP)

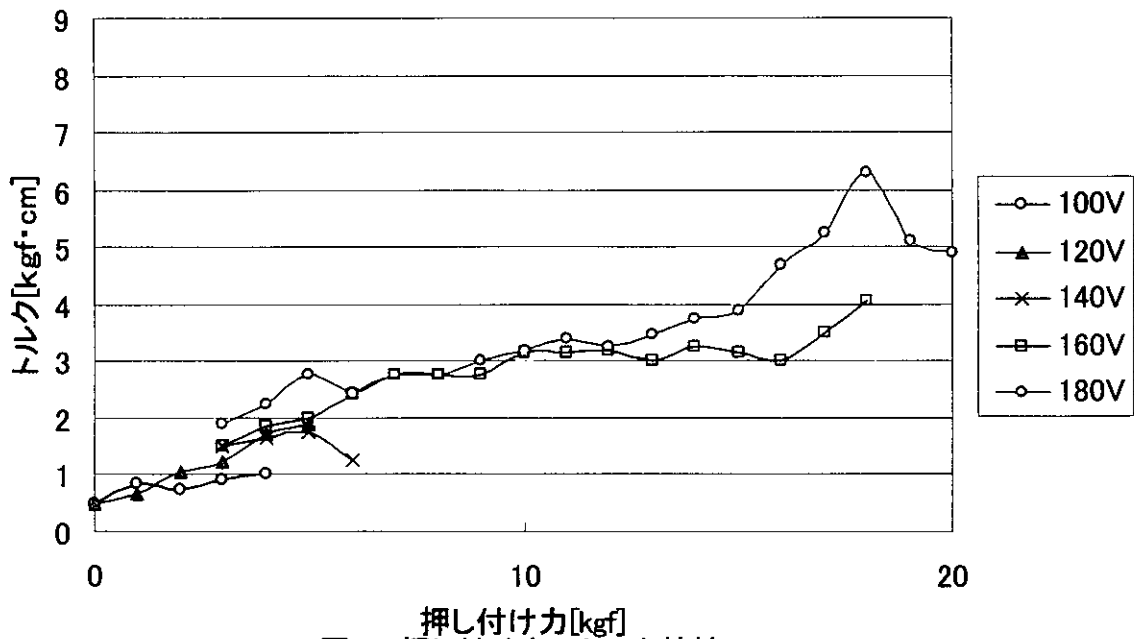


図5.7 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(1番)

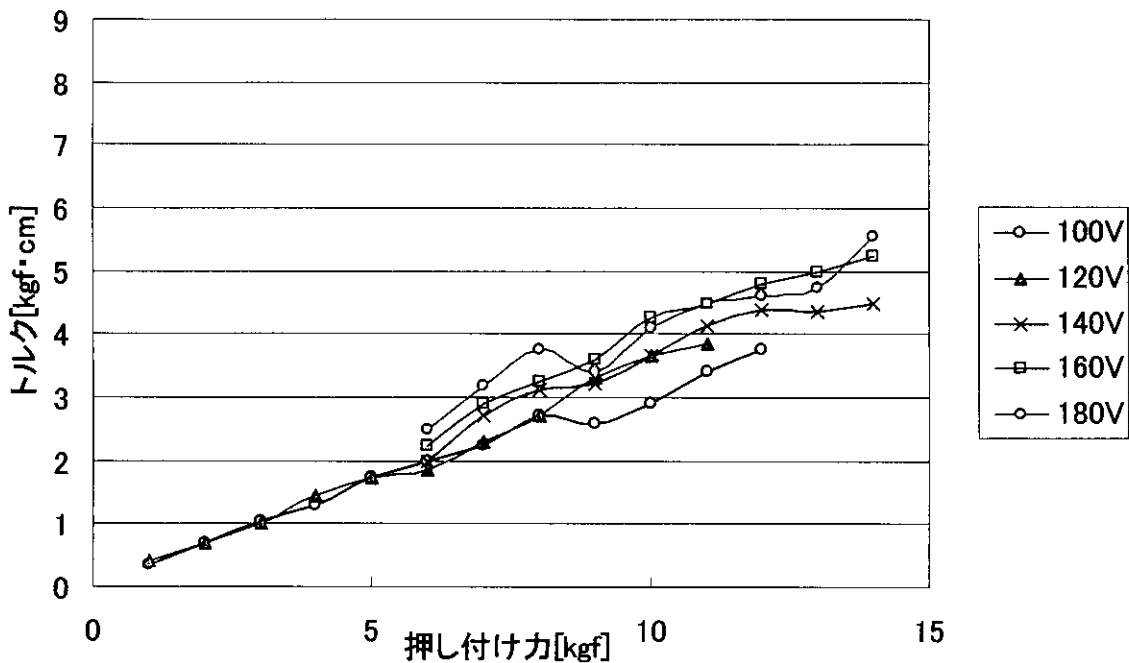


図5.8 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(2番)

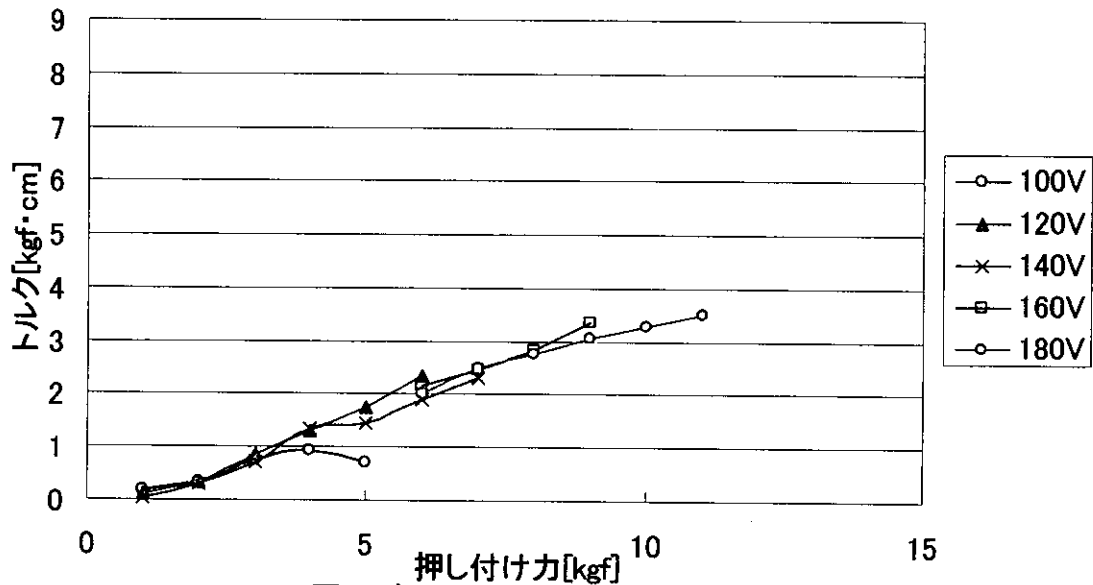


図5.9 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(3番)

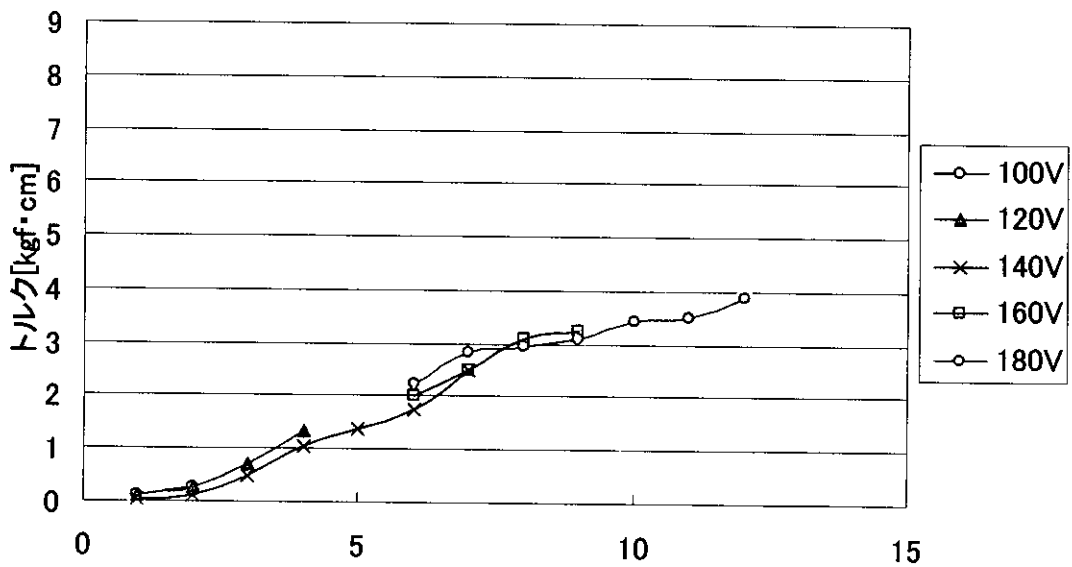


図5.10 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(4番)

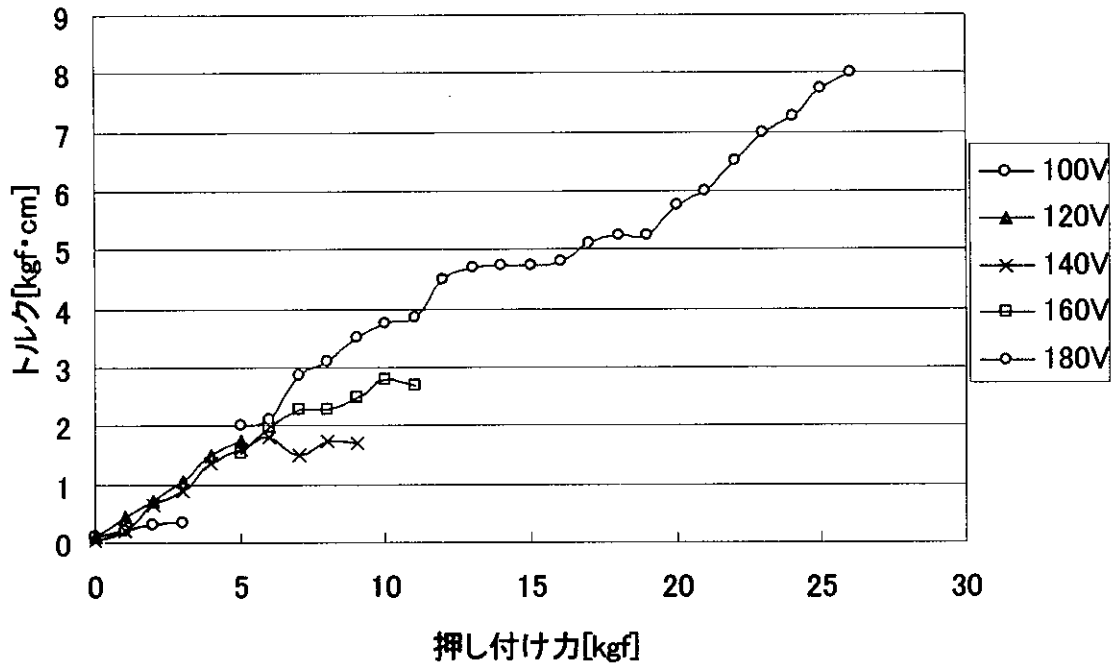


図5.11押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(5番)

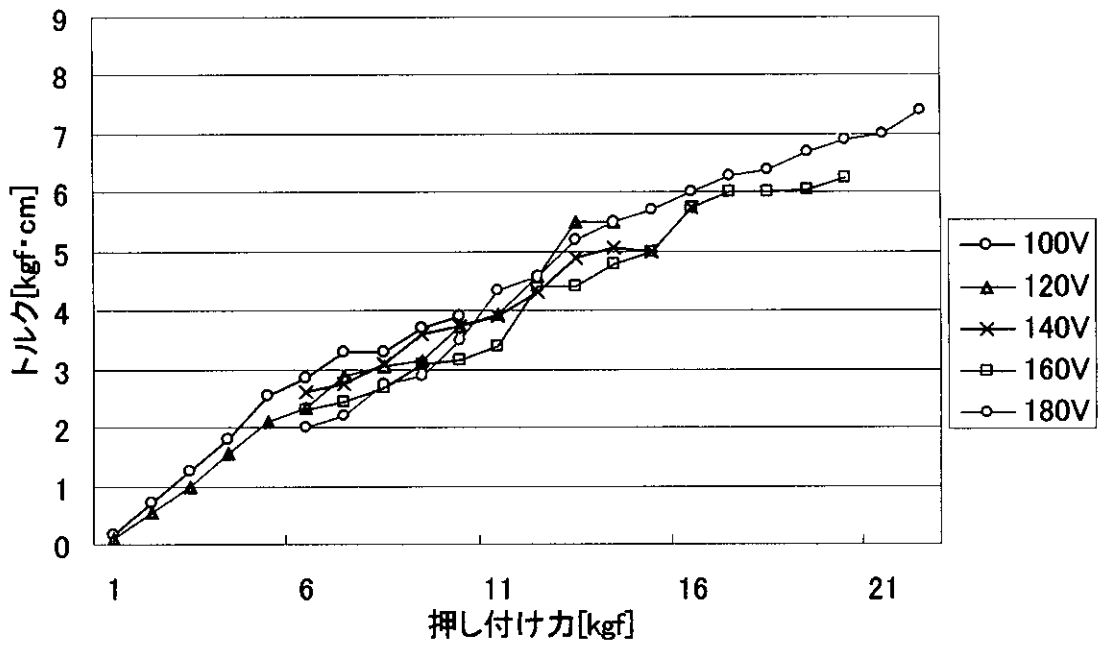


図5.12押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(6番)

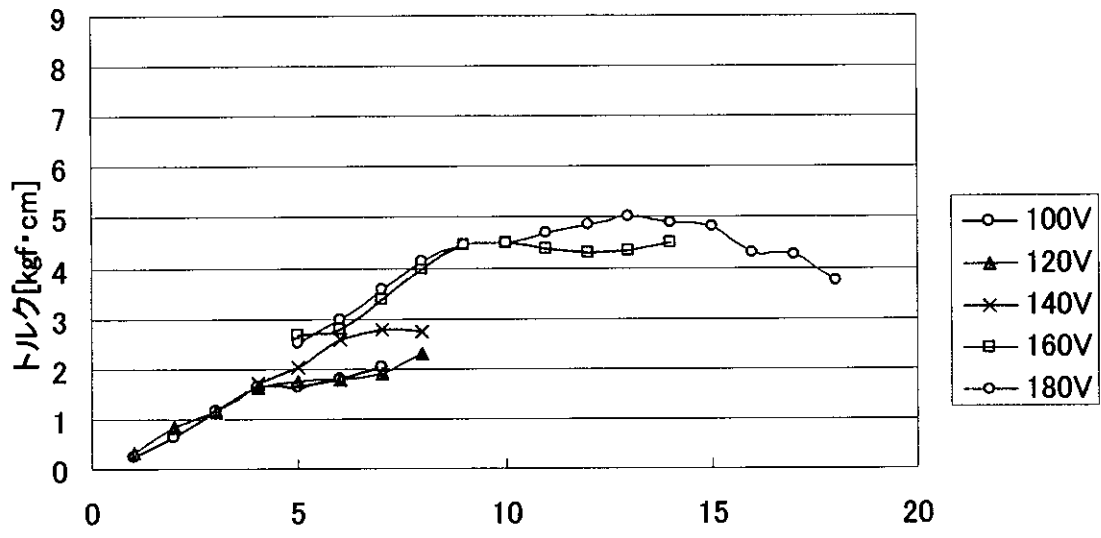


図5.13 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(7番)

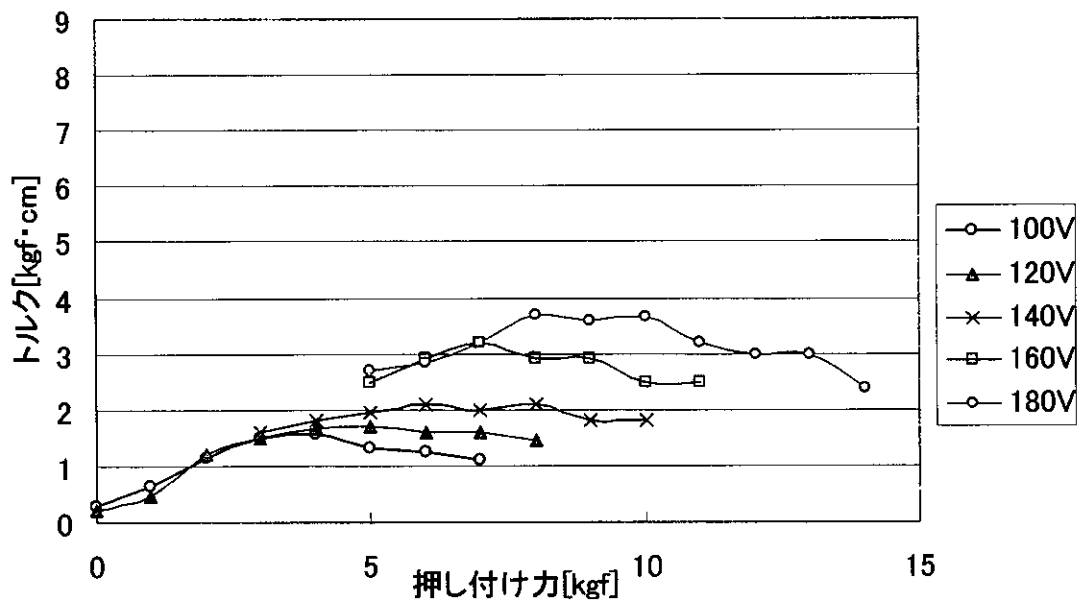


図5.14 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(8番)

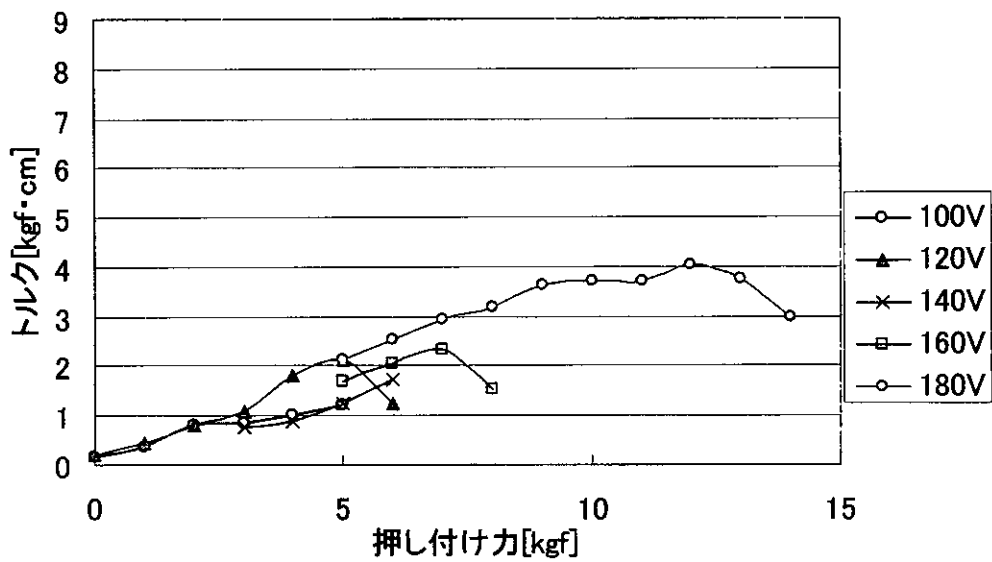


図5.15 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(9番)

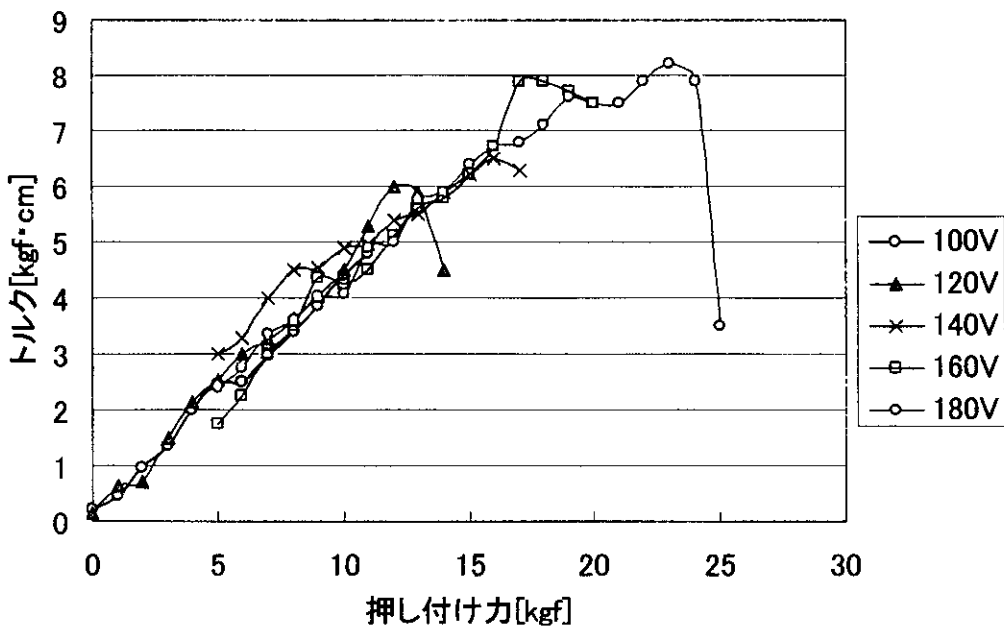


図5.16 押し付けカートルク特性
ペーパー摩擦材(10番)

D. 考察

6.1 摩擦材なしの場合

180[V]において,図 6.1 に摩擦材なしの場合のロータによる押し付けカートルク特性グラフを,図 6.2 に摩擦材が CFRP の場合のロータによる押し付けカートルク特性グラフを,図 6.3 にロータが S45C で摩擦材の種類を変えたものと摩擦材の役割もする PEEK/CF30 ロータを加えた押し付けカートルク特性グラフを示す.また,トルク試験で使用した各ロータとの弾性率・硬度を表 6.1 に示す.

表 6.1 各ロータと CFRP の弾性率と硬度

	弾性率 [GPa]	硬度 [HB]
炭素鋼 (S45C)	196	229
AL (YH75)	69	165
PEEK/CF30	13	107[M スケール]

図 6.1 よりロータの材質が金属の炭素鋼(S45C)とAL (YH75)のときは出力トルクが 20[kgf・cm]以上であった.プラスチックの PEEK/CF30 を使用した場合は約 10[kgf・cm]であった.この金属ロータが高トルクを出力する要因として摩擦係数,弾性率の大小が関係していると考えられる.S45C,AL 共に摩擦係数は大きく,表 6.1 より弾性率が大きくなればなるほどトルクも大きい.また材質がステンレス鋼

である振動子と金属ロータである炭素鋼とALの接触面では駆動時の接触面の温度が高温であることから凝着現象がおきていて摩擦係数が大きくなりトルクが上昇しているとも考えられる。また、S45CとALの押し付け力のかけられる大きさの違いはALよりも大きい硬度を示すS45Cの方が進行波の食い込み量が大きくトルクも大きくなる。

次にALとPEEK/CF30を比較してみると押し付け力が両者とも10[kgf・cm]までの押し付け力トルク特性はほぼ同じであるが、その後、押し付け力を負荷していくとALのみそれに伴ってトルクが上昇していく。これは弾性率・硬度ともS45C,の中間値を示しバランスがとれて押し付け力がかげられたと考えられる。

6.2 摩擦材がCFRPの場合

図6.2より炭素鋼,AL,PEEK/CF30共に押し付け力はそれぞれ異なっているが、最高トルクは約8[kgf.cm]であった。この押し付け力の違いはロータの材質による振動伝達の違いによるものだと考えられる。

ステータ表面上で発生した進行波が効率よくロータに伝達しているとするとロータには振動は伝わらない。しかし、実際はステータとロータとの接触面ですべりによる熱エネルギーと上下の振動エネルギーが生じると考えられる。そのためロータにまで振動が伝達しロータの材質によるトルクの違いがある。

6.3 摩擦材がペーパー摩擦材の場合

以下、例ペーパー摩擦材の1番と2番を比較するとき:(1,2)と表記する。

① 摩擦材の厚さから検討.

(9,1), (4,6) より厚さを薄くすることで摩擦材の硬くしたこととなる. 図 6.4 より, トルクの上昇率はほぼ同じだが, 厚さが薄いほうが押し付け力かかけられトルクを大きくすることができる.

② 樹脂の含浸率から検討.

図 6.5 より, (2,5), (3,7), (10,4), (8,9) より含浸率は高いほうが高トルクを示す. これも①同様にペーパー摩擦材自体柔らかく摩擦力が伝達しにくいので硬くしたほうが高いトルクを示すと考えられる.

③ 樹脂分布から検討.

図 6.6 より, (2,8), (3,4), (5,9), (7,10) より樹脂分布のみを比較すると A, B どちらの分布が適切か判断するのは困難である. そこで表面研磨の有無と合わせて比較すると研磨有の場合は樹脂分布 B のほうが高トルクを示す. 研磨無の場合は樹脂分布 A のほうが高トルクを示す. この要因は進行波の振幅がミクロン単位であることから, 接触面状態が摩擦力に最も影響するので研磨していない状態であると不均一な接触となり正確なトルク特性が得られないと考えられる. よって研磨有の状態の下で, 樹脂分布は B のほうが高トルクを示すと考えられる.

④ 表面研磨から検討.

図 6.7 より, (2,7), (5,3), (9,4), (8,10) より表面研磨有りの方が高トルクを示す. これは表面研磨することで真実接触面積が大きくなり摩擦力が大きくなったと考えられる.

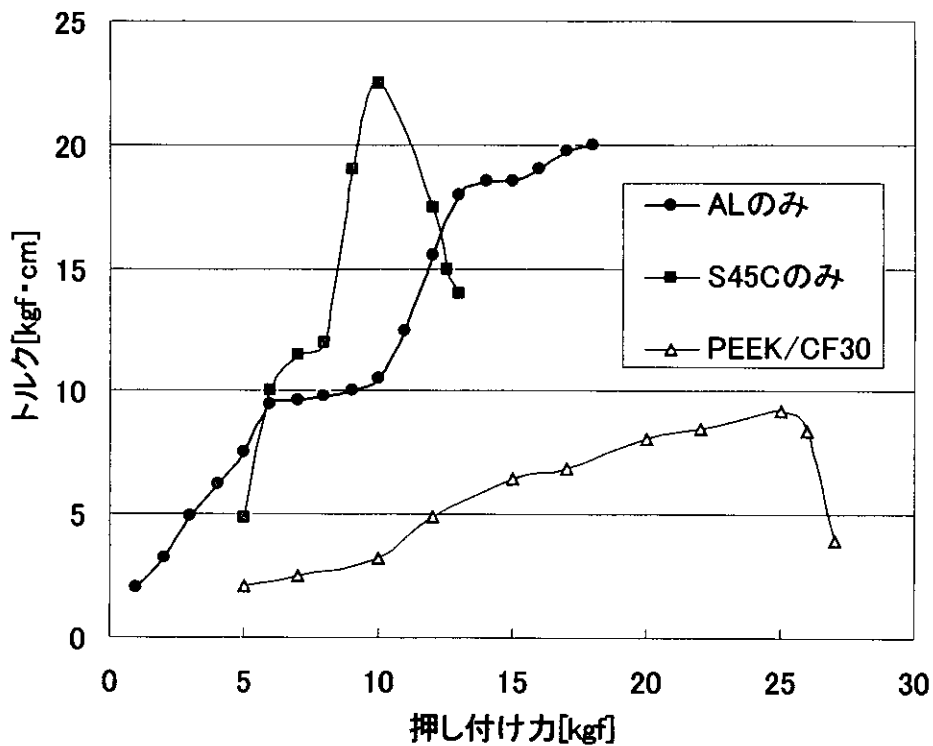


図6.1 摩擦材なしの押し付けカートルク特性(180V)

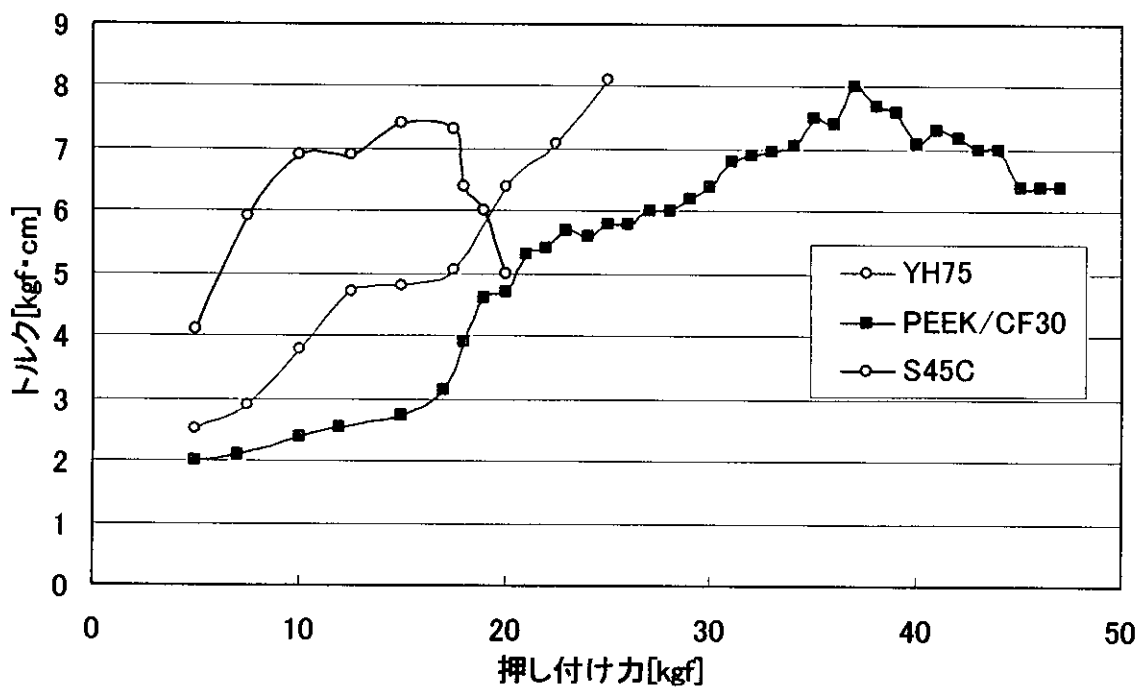


図6.2 CFRP比較による押し付けカートルク特性(180V)

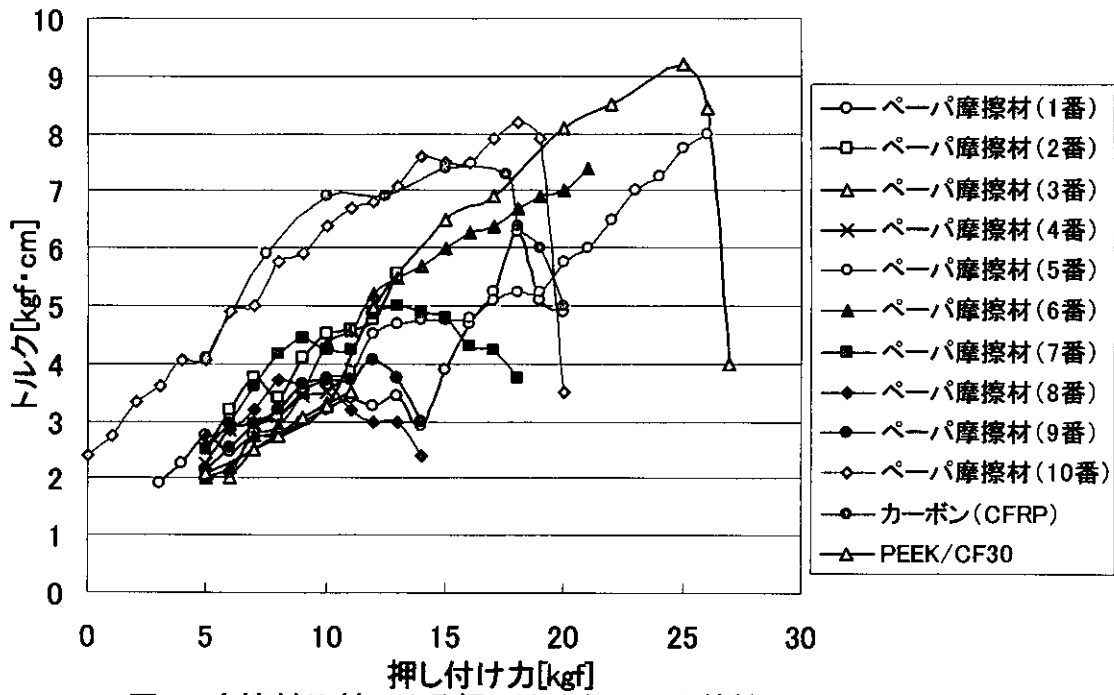


図6.3 摩擦材比較による押し付け力-トルク特性(180V)

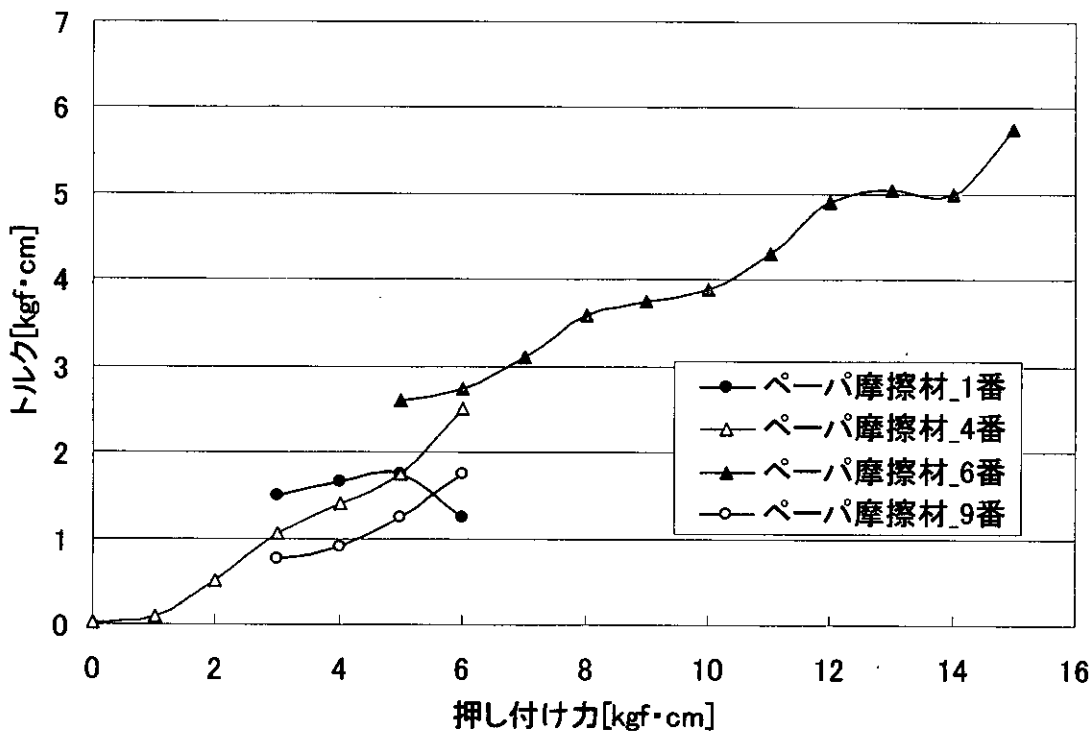


図6.4 厚さによる比較(140V)