

K カ ッ プ リ ン グ の 構 造 と 諸 特 性

Construction and Some Properties of K-coupling

木 村 久 美*
Hisayoshi Kimura

片 岡 武**
Takeshi Kataoka

門 脇 秀 夫*
Hideo Kadowaki

要 旨

近年各種機器小形化の要求はますます高く、動力伝達用の小形カップリングが必要となっている。ゴム材料からなる十字形の板状素材の中央部を中心にして相対する部分をそれぞれ上下に曲げてややねじれた8字形に成形したカップリングが小形軽量で、かつきわめて可とう性に富むものであることが確認された(これをK-カップリングと呼ぶ)。実用上の使用トルクは0~46 kg-cmであり、偏心、偏角はその許容性が大きく従来知られているカップリングに対していずれも2~3倍を許容できるほか、可とう性が良いため振動、ノイズなどの低減効果もじゅうぶんであると考えられる。

1. 緒 言

モータを回転体に結合させる軸継手(カップリング)としては種々のものが考案されているが、きわめて高トルクを伝達するための剛性の高いものか、50 kg-cm以下の低トルクを伝えるために、たとえばゴムチューブなど簡単な構造のものでその信頼性、詳細性能など不明なものが多い。特に低トルク伝達用のカップリングはこのような間に合わせ的なものが多くすぐれたものが少いため、実用上は機械仕上げの精度に意を用いて、カップリングを補助的に使用する例が多い。それゆえ信頼性の高い小形可とう性カップリングの必要性が高い。

今回ポリウレタンゴム応用の一つとしてポリウレタンのねじり剛性を利用したきわめて可とう性に富む小形カップリング(Kカップリングと呼ぶ)を得ることができたのでその構造と機械的性質について報告する。

2. K カ ッ プ リ ン グ の 構 造

2.1 基本的構造

このカップリングの構造は簡単なもので、図1(a)(b)(c)に示すように十字形の板材を曲げて両端を金具に固定したものである。(a)はポリウレタンからなるエレメントで(b)はエレメントを曲げた形を示し、(c)は利用するに適した金具を取り付けた状態で、製品の形態を示したものである。エレメントと金具の結合は次のようである。すなわち、金具円周上にエレメントの厚さより0.1~0.2 mm大なるスリットを設け、エレメントをスリットに差し込んだのちスリットを圧縮変形させる。エレメントは塑性変形し金具のスリット内に強固にくわえられる。エレメントに与えられる圧縮変形量は厚さ比で40%圧縮となっており、金具スリットのエッジはエレメントを損傷せず、また抜け出しを防ぐだけの押え効果を期待し0.3~0.5cの面取りを施している。

このような構造であるため、図1(c)に示したa-a', b-b', c-c'方向に可とう性がきわめて高く、 θ 方向に曲げることが容易である反面X方向のねじり剛性は高い。したがって軸回りには高いねじり剛性を必要とし、他の方向の変形はできるだけ容易に行なえるような可とう性継手の条件をすべて備えた構造となっている。なおこの構造による製品例は図2に示すとおりである。

2.2 エレメントの材料

エレメントの材料としては弾性体であれば広く利用できるが、一

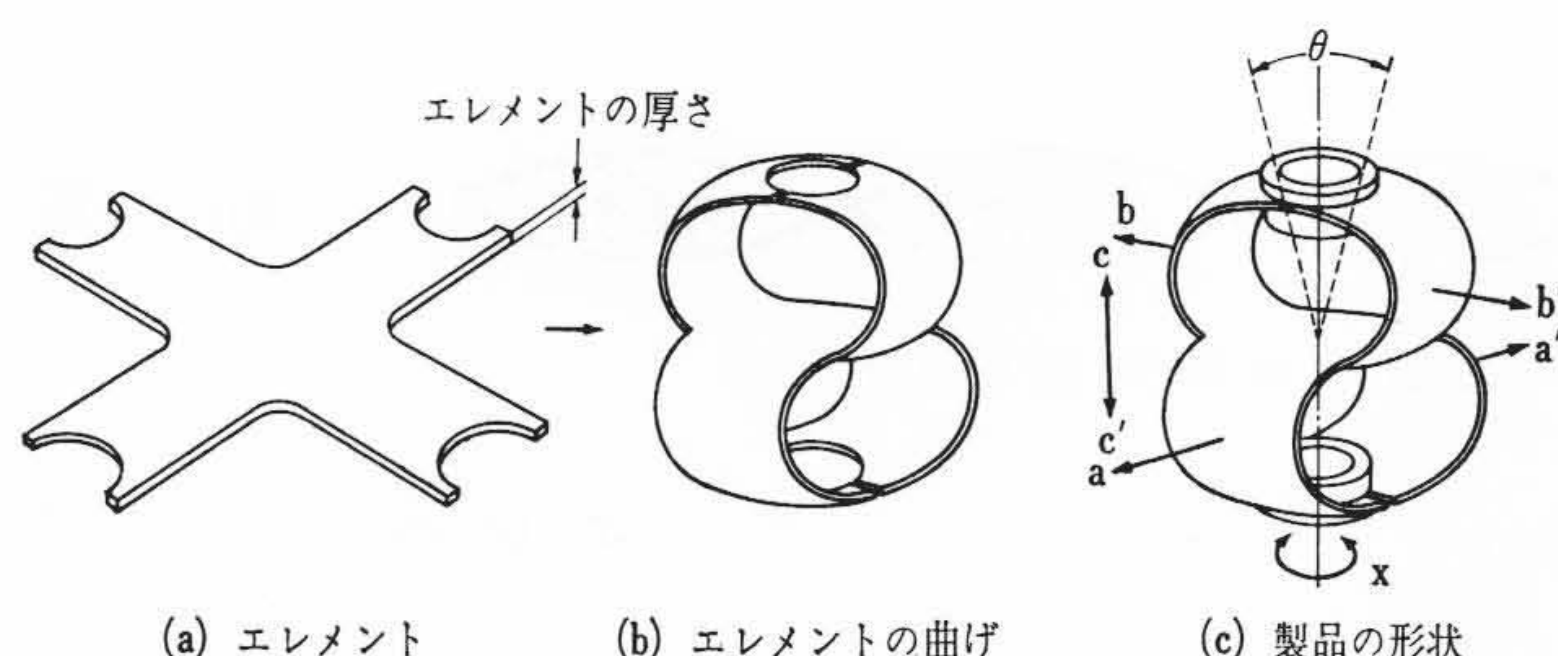


図1 Kカップリングの構造

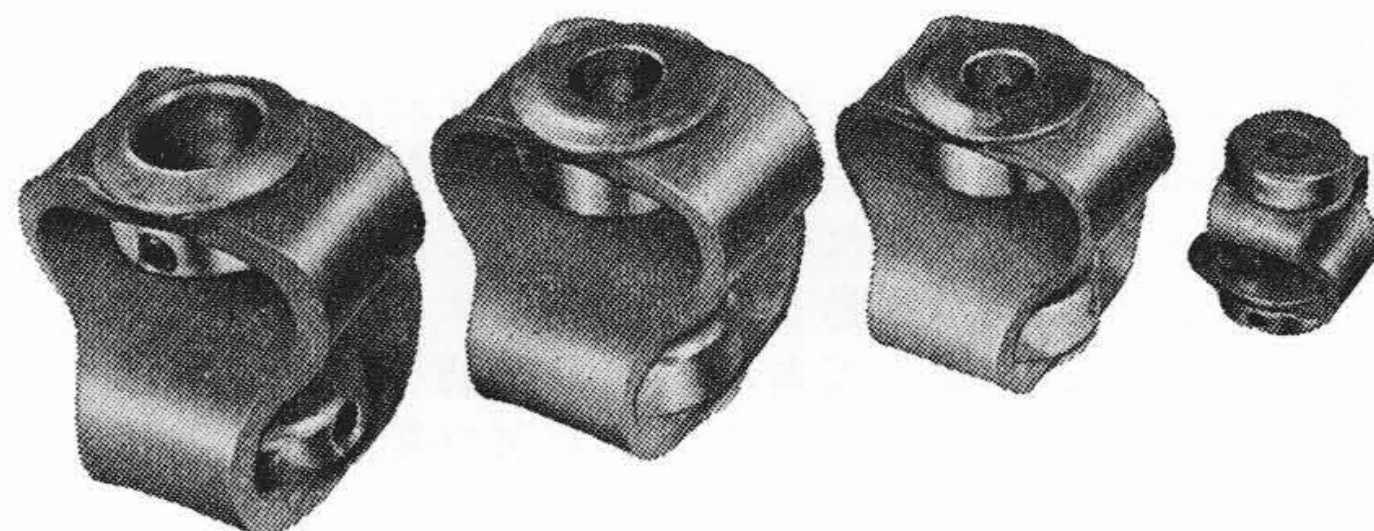


図2 Kカップリング製品

般のゴム材料では剛性が小さすぎ、きわめて低トルクでしか実用できない。しかし反面可とう性はきわめて良いカップリングを得ることができる。また熱可塑性のいわゆるプラスチックでは高い剛性と強靱性をもつ材料が選定されるが、クリープ性で代表される永久変形が大きく実用性に乏しい。こうしたゴム材料とプラスチックの中間性質をもち実用上じゅうぶんな剛性と耐久性を示す最適な材料としてウレタンゴムを選定した。ウレタンゴムはほかの天然ゴムあるいは合成ゴムに比較して、耐摩耗性、機械的強度が格段にすぐれており、耐油性もよい。またウレタンゴムはその種類も多いため⁽¹⁾、用途によってその選択を誤ってはならない。カップリングとしての要求を考慮して特に機械的に強じんな材料として、PTG(ポリオキシテトラメチレングリコール)とTDI(トリレンジイソシアネート)から成るプレポリマーをアミンによって架橋するPTGタイプのポリエーテル系ポリウレタンを選んだ。プレポリマーの製造者としてはDupont(U.S.A)、日本ポリウレタン工業(日本)などが知られており、商品名Adiprene(Dupont)、コロネート(日本ポリウレタン)などがある。ポリウレタンの剛性はプレポリマーに含まれる反応基(-NCO)の量によって決まり、架橋物の機械的特性は架橋剤として用いるアミンの量によって決まる。用途によってこれらの要素を変えて最もよい配合組成の材料を使用することが有効である。カップリング用途の標準として定めた材料特性は表1に示すとおりである。

* 日立電線株式会社電線工場

** 日立電線株式会社研究所

表1 ウレタンゴムの標準特性

項	目	標準特性	測定法
引張強さ	(kg/cm ²)	280以上	JIS K-6301
伸び	(%)	375以上	JIS K-6301
100%モジュラス	(kg/cm ²)	120~160	JIS K-6301
引裂強さ	(kg/cm)	25以上	ASTM-D 1938
デマチャー屈曲試験		1×10 ⁶ 回以上	ASTM-D 1053

3. カップリングの要求性能

カップリングとして考慮すべき性能を整理すると、注目する性能としては

- (1) ねじり強さ (ねじりに対する破壊までの特性)
- (2) 許容トルク (連続またはくり返し加えて支障ないねじりトルクの大きさ)
- (3) 許容偏心 (連続回転させるに支障ない2軸間の軸心ずれで図3で示すもの)
- (4) 許容偏角 (連続回転させるに支障ない2軸間の角度ずれで図3で示すもの)

の四つが重要であり、これに加えて起動停止時の緩衝能力、振動伝達の防止効果、使用ふん囲気に対する耐性、取付作業の容易さ、コストなどがあげられる。

4. カップリングの諸特性

4.1 ねじり強さ

カップリングの許容トルクを決定するためには、ねじり強さを知る必要がある。図4に示す寸法のエレメントを使用したKカップリングを一直線上にある二軸間に取り付け一方軸を固定し他方軸をねじり、そのときのねじり角度とトルクの関係調べた。図5は結果を示したものである。

エレメントの厚さによってトルクは変わるが、いずれも90度以上ねじれた状態では形状が著しく変形し、構造上の剛性が失われ、ねじれ角の増加に対するトルクの増加は少なく、2回転程度で中央部にてゴムが破断する。90度以下では30度付近までが比較的ねじれ角とトルクの関係が直線に近く実用できる領域である。したがって、構造上の剛性の失われるねじれ角90度を使用限界ねじれ角とし、このときのトルクを破壊トルクとする。このねじり特性で示されるように、きわめて短時間であれば、カップリングに90度ものねじれを許容できることは、他のカップリングにみられないすぐれた可とう性を表わすもので、起動停止時の緩衝能力がきわめて大きいことを暗示するものである。

一般にゴム材料の剛性率は静的測定値と動的測定値を比較して、動的測定値が30%程度高い値を示している。図6はねじり強さを静止時と回転時に測定し比較したもので、回転時にトルクは約30%上昇している。したがって図5、図6の静的なトルク特性はそのまま回転時の特性としてみて差しつかえない。なお図5に示した傾向は図4に示したエレメントの寸法を変えても、厚さ、材質を変えても同様に90度ねじりまでの構造強度が高い。

4.2 許容トルク

許容トルクは4.1で述べた破壊トルクとの対比で考えるほか、実際の使用条件は連続あるいは繰返し加わるねじり力であるため、一定トルクによるねじれ角の時間変化を考慮する必要がある。許容トルクはカップリングが使用中に破断もしくは構造上の剛性を失うねじれ角(90度)以上にねじれない大きさのトルクと考えることができる。図5エレメント厚さ3.0tで示したトルク特性のKカップリングについて、モータと送風機を連結した実負荷試験機を使用し

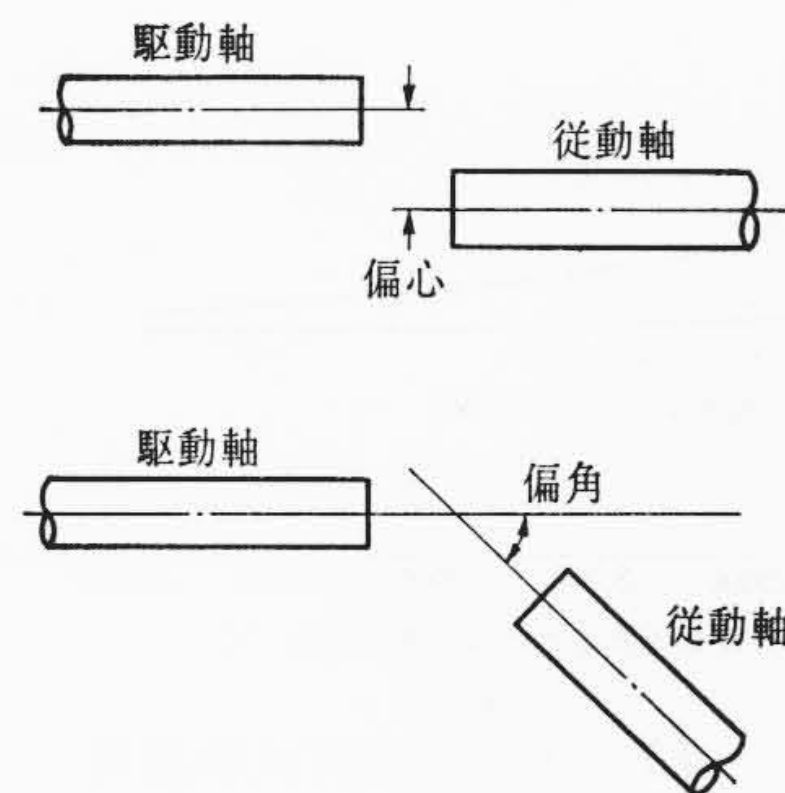


図3 偏心、偏角の関係

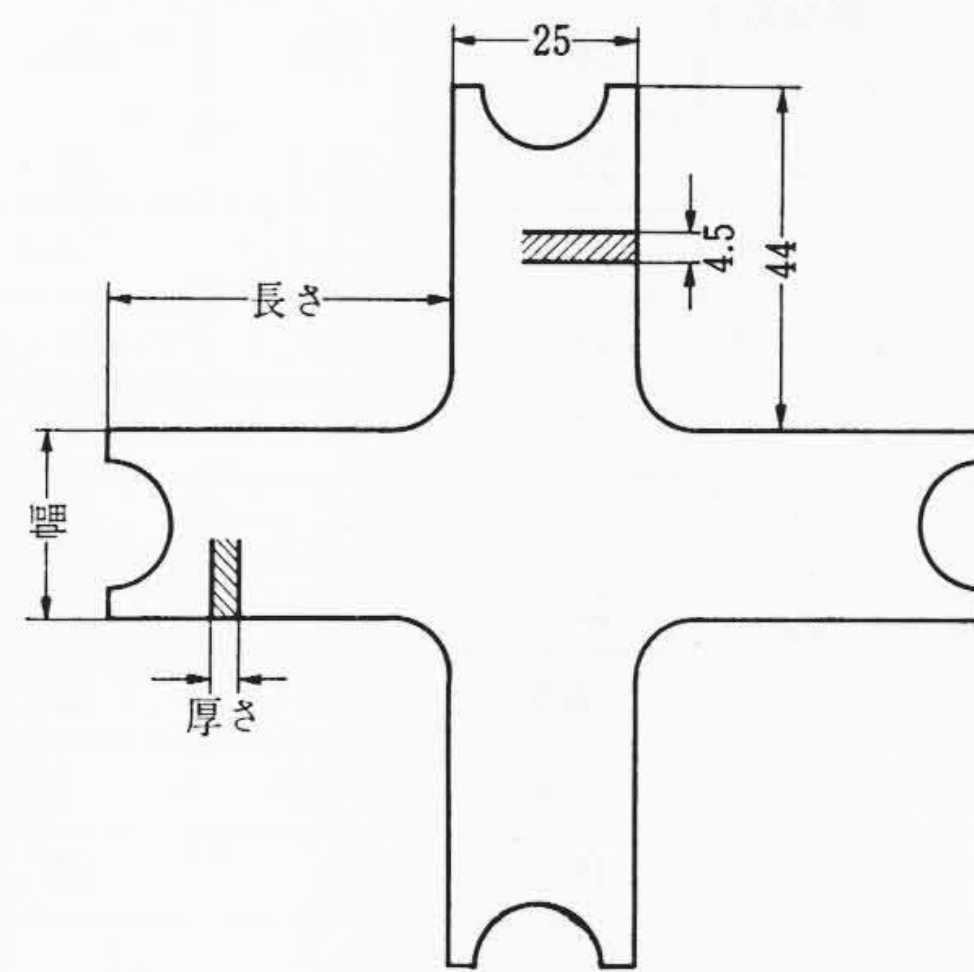


図4 試験カップリングのエレメント寸法

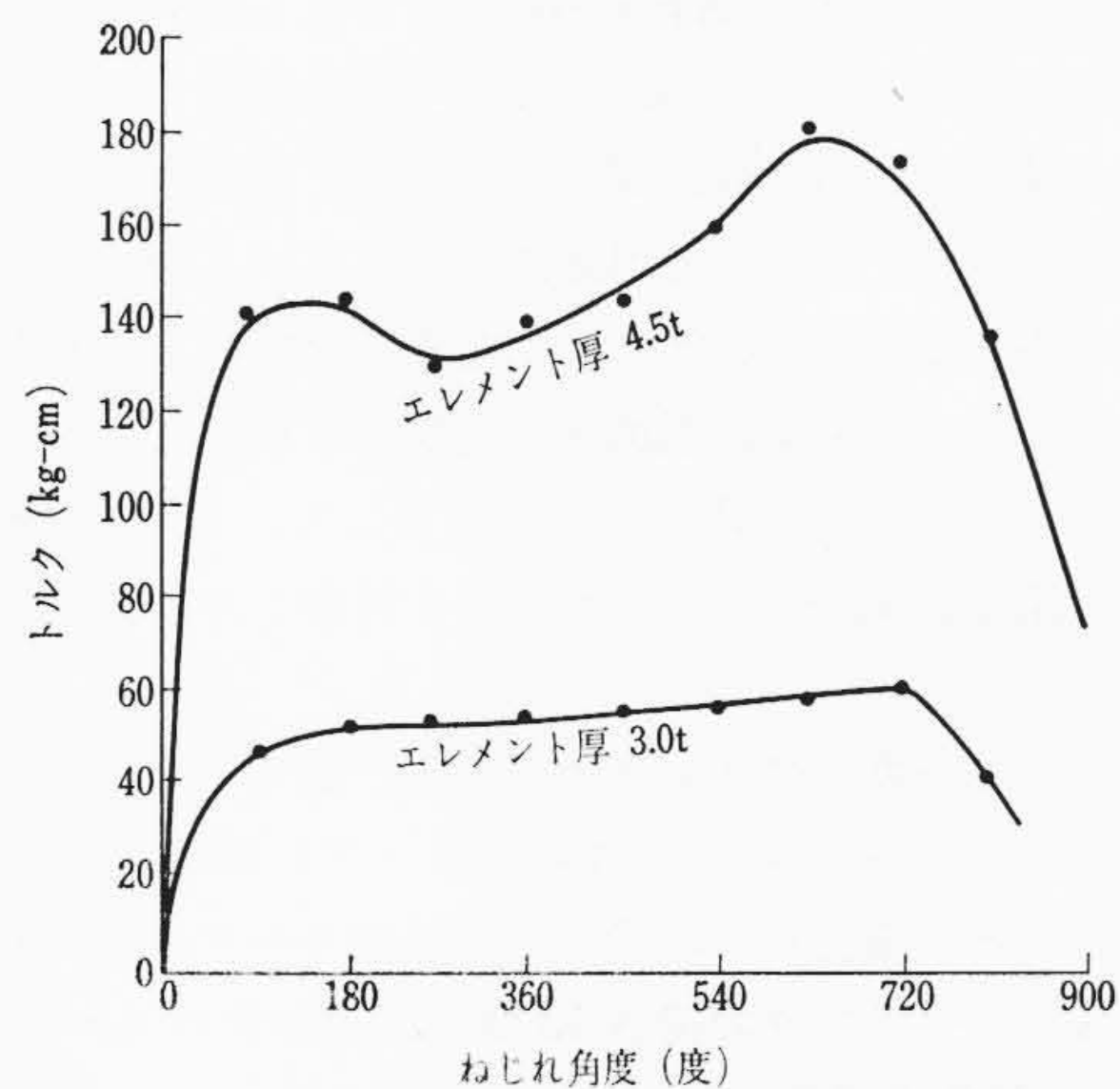


図5 ねじれ角とトルクの関係

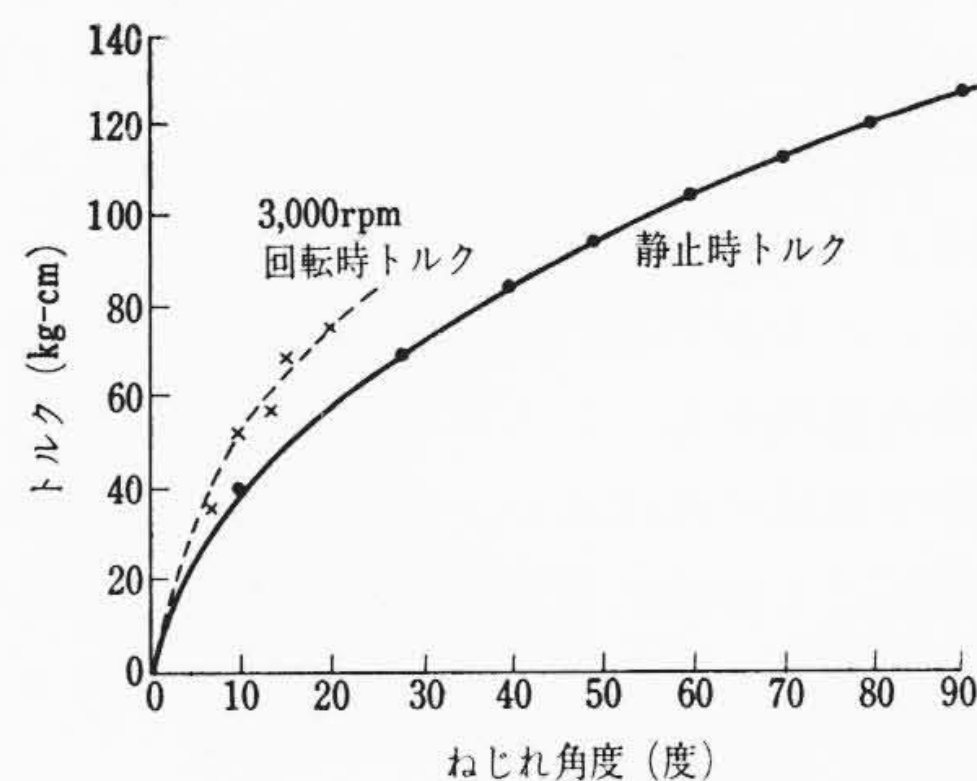


図6 動的ねじり強さ

て負荷トルクの大きさと使用不能になるまでの連続運転時間の関係を調査した結果は図7に示すとおりである。ここで使用不能になるまでの時間とは、カップリングが破断するかもしくはゴムがクレー

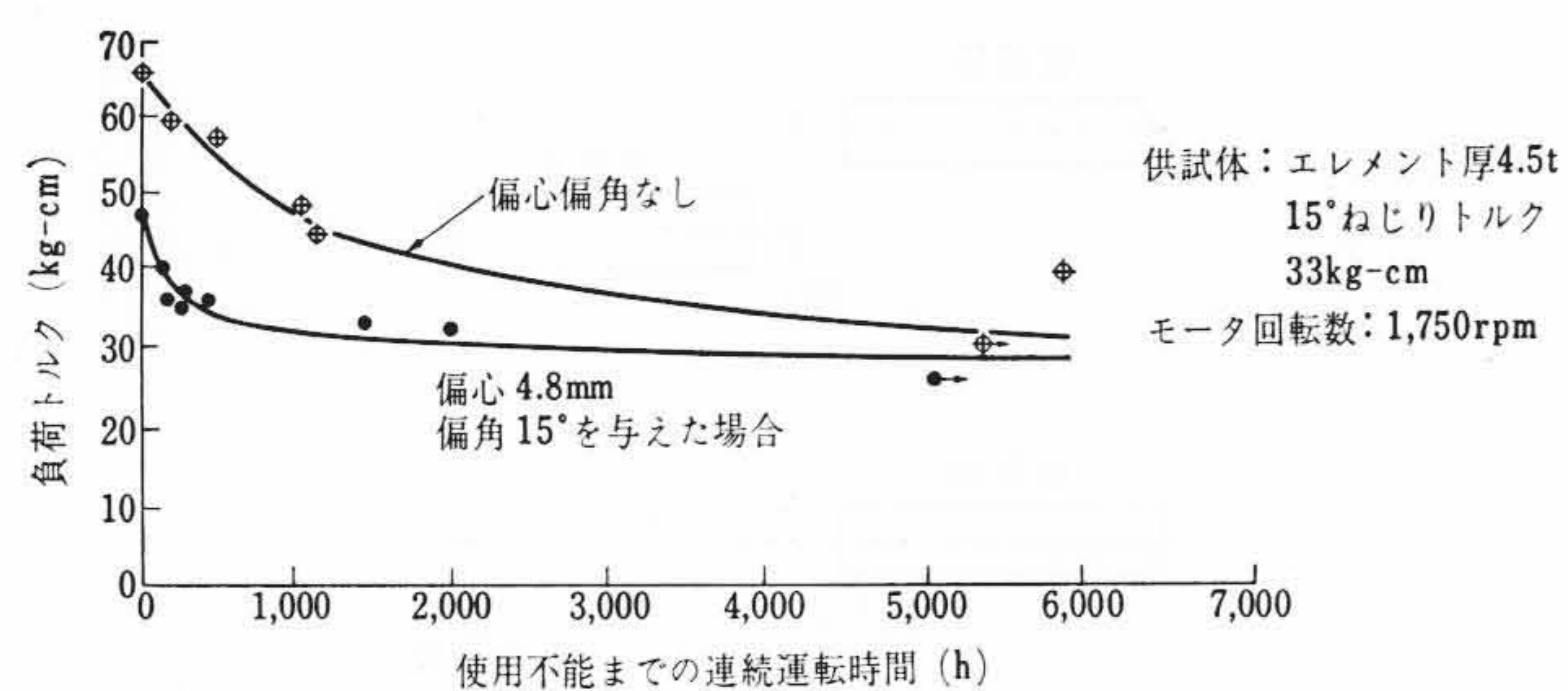


図7 連続実負荷試験結果

表2 Kカップリングの標準諸元

製品番号		5801	5802	5804	6805
項目	幅	15	22.5	25	39
	厚さ	2.0	3.1	4.4	6.0
要素 寸法 (mm)	長さ	18	38	44	70.5
	長さ	20	44	50	80
製品 寸法 (mm)	幅	23	41	48	78
	90度ねじりトルク (破壊トルク) (kg-cm) 最小	15	35	70	180
許容 偏心 (mm)	15度ねじりトルク (許容トルク) (kg-cm) 最小	3.5	14	46	72
	許容 偏角 (度)	2.4	3.2	3.2	6.0
許容 偏角 (度)		10	15	15	15

プのためねじれ角が90度が増加するまでの時間と定義している。この図から負荷トルクが33 kg-cm以下では6,000時間以上の連続運転が可能となり実用上きわめて長い寿命を期待できることがわかる。実際の使用では6,000時間以上も連続に運転される場合は少なく、起動停止が繰り返される用途にカップリングが使用されるので連続運転に比べて格段に条件はよくなる。なぜなら、ねじれ角がクリープ現象によって次第に増加する心配がないからである。したがってかなりの安全率を見込んだ考え方として、この6,000時間以上連続運転可能な負荷トルクの大きさを許容トルクと定めることにした。

種々の大きさのカップリングについて、図7と同様の連続負荷試験により、この許容トルクはカップリングを15度ねじるトルクにほぼ等しいことを確認して、設計上の許容トルクはポリウレタン材料によるKカップリングの場合15度ねじるときのトルクとした。

4.3 偏心偏角許容量

加速試験により偏心偏角の限界値を定めることはかなりむずかしい。特に偏心、偏角、負荷トルクを変量して試験することは実際問題として困難が多い。そこで実用上の指針として図7に示した実負荷試験で与えた偏心偏角の量をそのまま許容値とすることにした。したがって使用上のトルクが許容トルクよりかなり小さい場合は偏心偏角の量をもっと大きくとれる可能性があるし同様に偏心が小さいか全くない場合偏角をもっと大きくとれる可能性があるので必要なら個々の条件で確認すればよい。なお、この偏心偏角の量はカップリングの形状がごく自然に変形する程度のものである。またKカップリングの場合構造的に偏心の方が偏角よりゴムエレメントに与えるひずみが大きく過酷である。

4.4 Kカップリングの標準諸元

以上述べてきた要素をまとめて製品となったKカップリングの標準諸元を参考として示したのが表2である。

4.5 伝達トルク特性

可とう性継手を使用した動力伝達方式では起動時に従動側の慣性のため駆動軸と従動軸の回転は同期せず、継手がねじれ従動軸が遅

- ① モータ 日立 YEFOU 200W
- ② 供試体 #5802
- ③ トルクメータ 共和電業 JP-500GMC Cap0.5kg-m
- ④ ブレーキ 三菱パウダーブレーキ ZKB-0.6Y Cap0.6kg-m

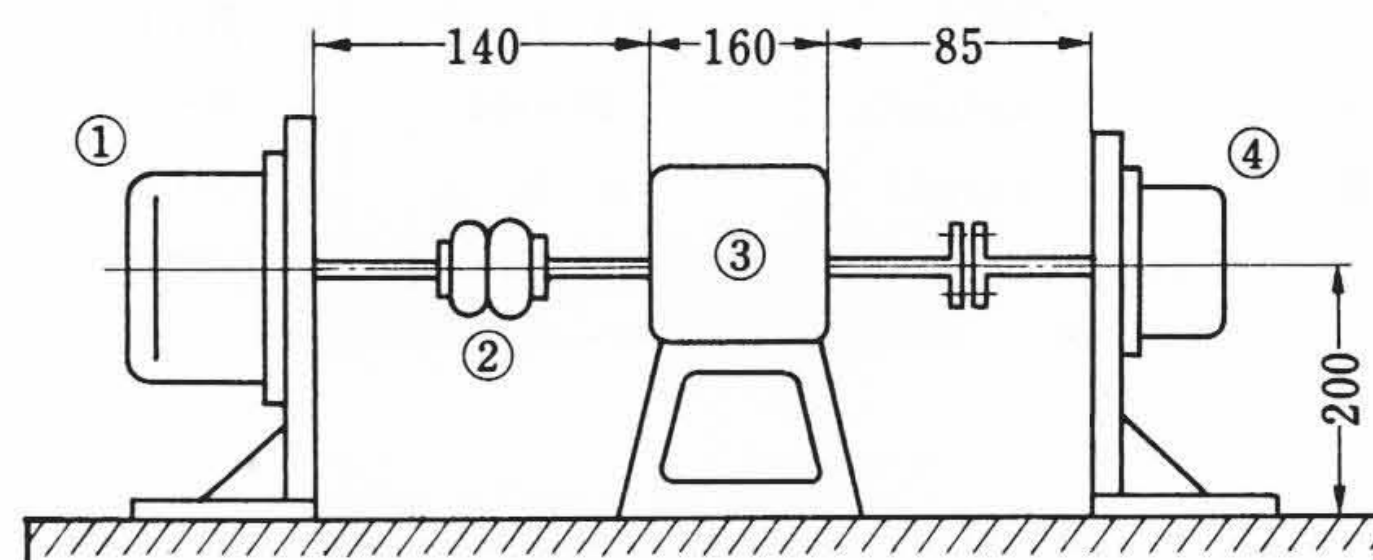


図8 伝達トルク測定法

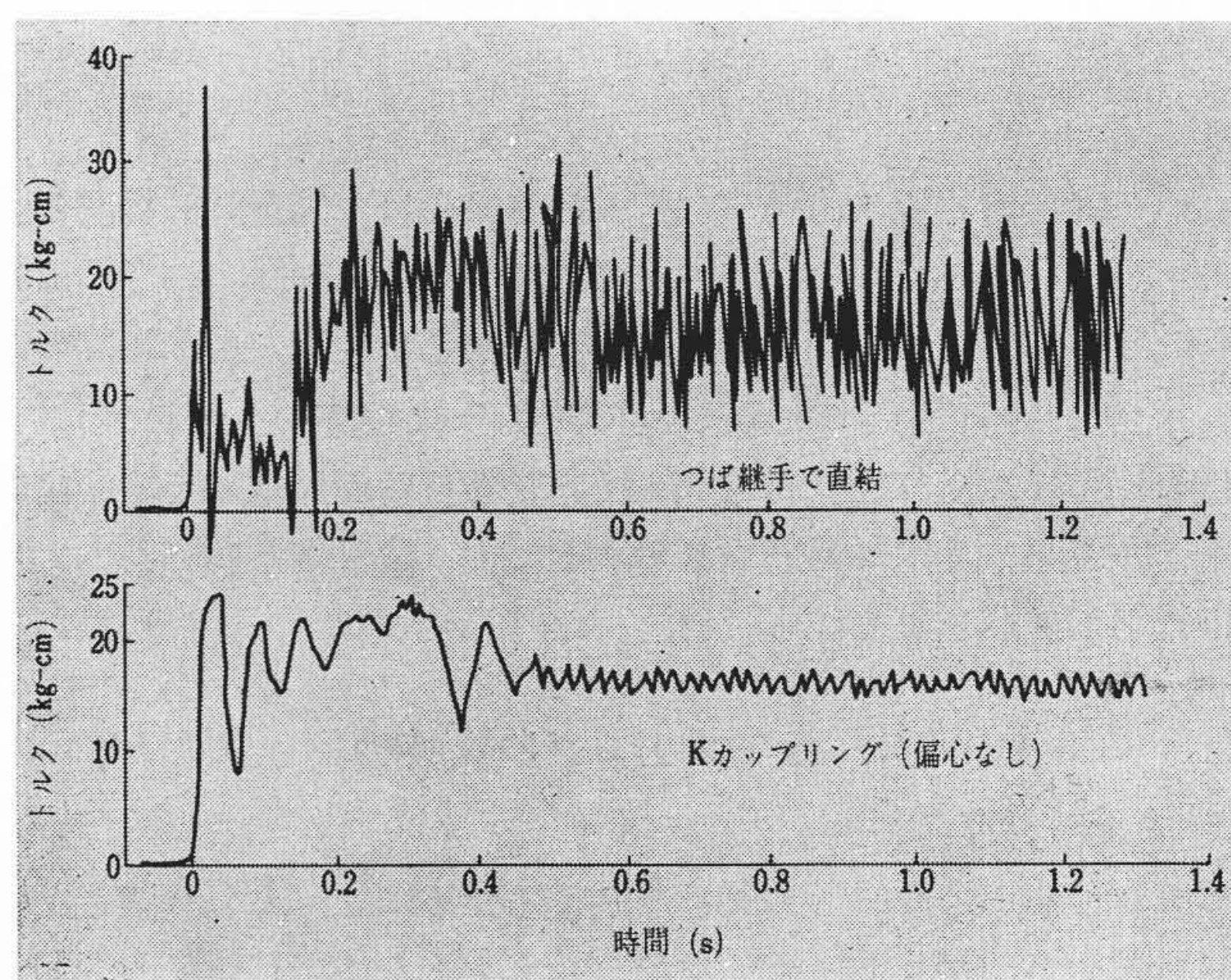


図9 金属継手とKカップリングのトルク特性比較

表3 ピークトルクの比較

T_s (kg-cm)	K カップリング		鋳(つば) 継手	
	T_p	T_p/T_s	T_p	T_p/T_s
4	18.0	4.5	30.0	7.5
8	17.6	2.2	32.0	4.0
12	19.2	1.6	36.0	3.0
16	19.8	1.3	41.8	2.2

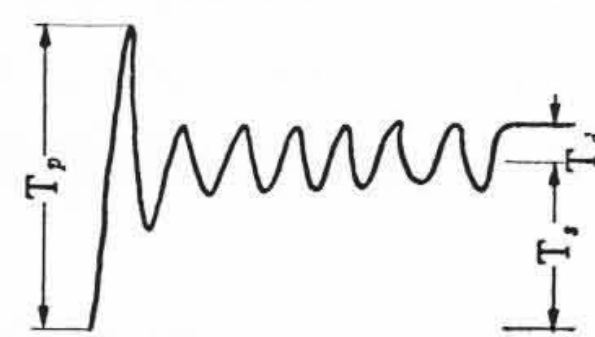


表3および表4中の記号はそれぞれ上図のとおりである。

参考図

れて回るためピークトルクが減少する利点がある。この効果を非可とう性継手と比較するため図8のような装置で従動軸のトルクをオシログラフで示すと図9のようになり、金属性非可とう性継手(つば継手)に比較してピークトルクは50%近く減少し、加えて脈動のきわめて少ない回転が得られることがわかった。

負荷として使用したパウダーブレーキの電圧を調整して、負荷トルクを変化させた場合のピークトルクの比較結果は表3に示すとおりである。また図9のように伝達トルクの変動が非常に少なくなることがわかったので、モータとトルクメータ軸を平行にずらしてカップリングに心ずれ(偏心)を与えた場合のトルク変動も測定した

表4 伝達トルクの変動

偏 心 量 (mm)	ト ル ク 変 動 T_d/T_s	
	K カ ッ プ リ ン グ	鋳 継 手
0	± 0.19	± 0.62
1.8	± 0.20	—
3.5	± 0.22	—
5.5	± 0.19	—
7.5	± 0.24	—

表5 他製品との性能比較

諸 元	単 位	アメリカ製 カップリング (例1)	アメリカ製 カップリング (例2)	西ドイツ製 カップリング (例3)	Kカップ リング 5803
許容トルク	kg-cm	65	20	50	46
許容最大ねじり角度 (常用)	度	15	—	6~15	15
許容最大偏心(常用)	mm	3.2	0.6	0.95	3.2
許容最大偏角(常用)	度	1.0	4.0	1.0	15.0
許容軸方向取付誤差	mm	—	1.2	3.4	4.0

注：他製品の性能は製品型録に示されているものを記入した。

結果表4のように相当大的な偏心のある場合でもトルク変動は非常に少ないことが確かめられた。

4.5 振動吸収能力

回転時の騒音防止効果や振動防止効果も可とう性継手の特長とされているがその効果の測定は一般的にはむずかしい。そのため一例として、モータとオイルポンプを直結した図10の組合せによってモータとオイルポンプのベース振動をストレインゲージで測定したところ図11に示す結果を得た。偏心を多く与えた場合駆動側の振幅が大きくなる傾向はあるが非可とう性継手に比較して従動側の振動は非常に少なくなり4.4で述べた伝達トルク特性とあわせて考察すれば、このカップリングは精密さを要求する機器であっても心出し工程などを不要にするにじゅうぶんな可とう性継手であるといえる。

5. 他製品との比較

低トルク伝達用のカップリングで可とう性継手として知られている製品とKカップリングの性能を比較して示したのが表5である。国内では低トルク伝達用のカップリングがないため外国製品との比較を行なった。

6. 結 言

ポリウレタンの板材を曲げて得られる簡単な構造のKカップリングはきわめて可とう性に富む軸継手であることが確認された。特に偏心偏角の許容量は他社製品にみられないほど大きく、偏心の大なる場合でも効果的に防音、防振性を発揮する。形状があまり大きくならない範囲で46 kg-cmの許容トルクのも

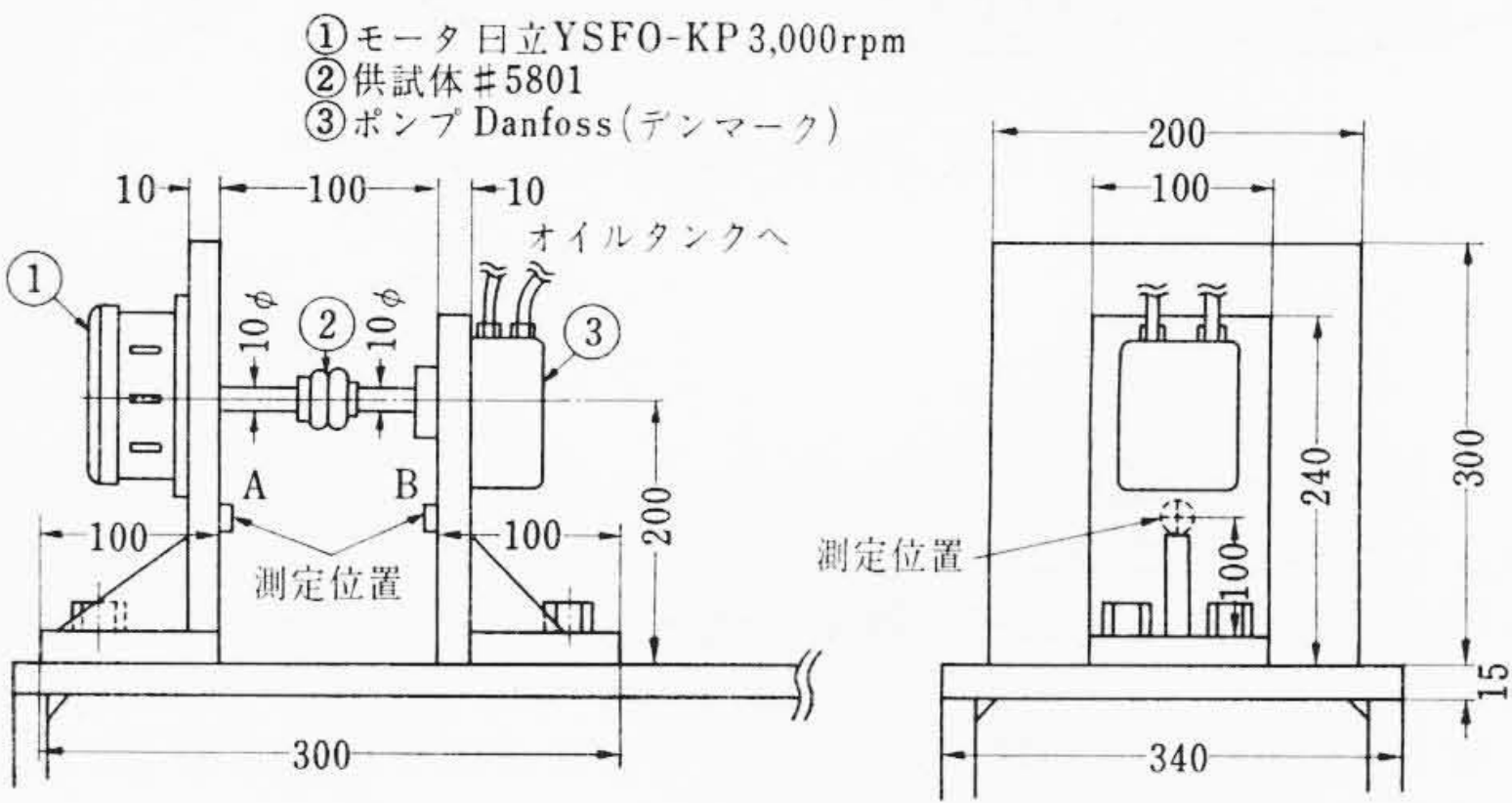


図10 モータポンプの振動測定位置

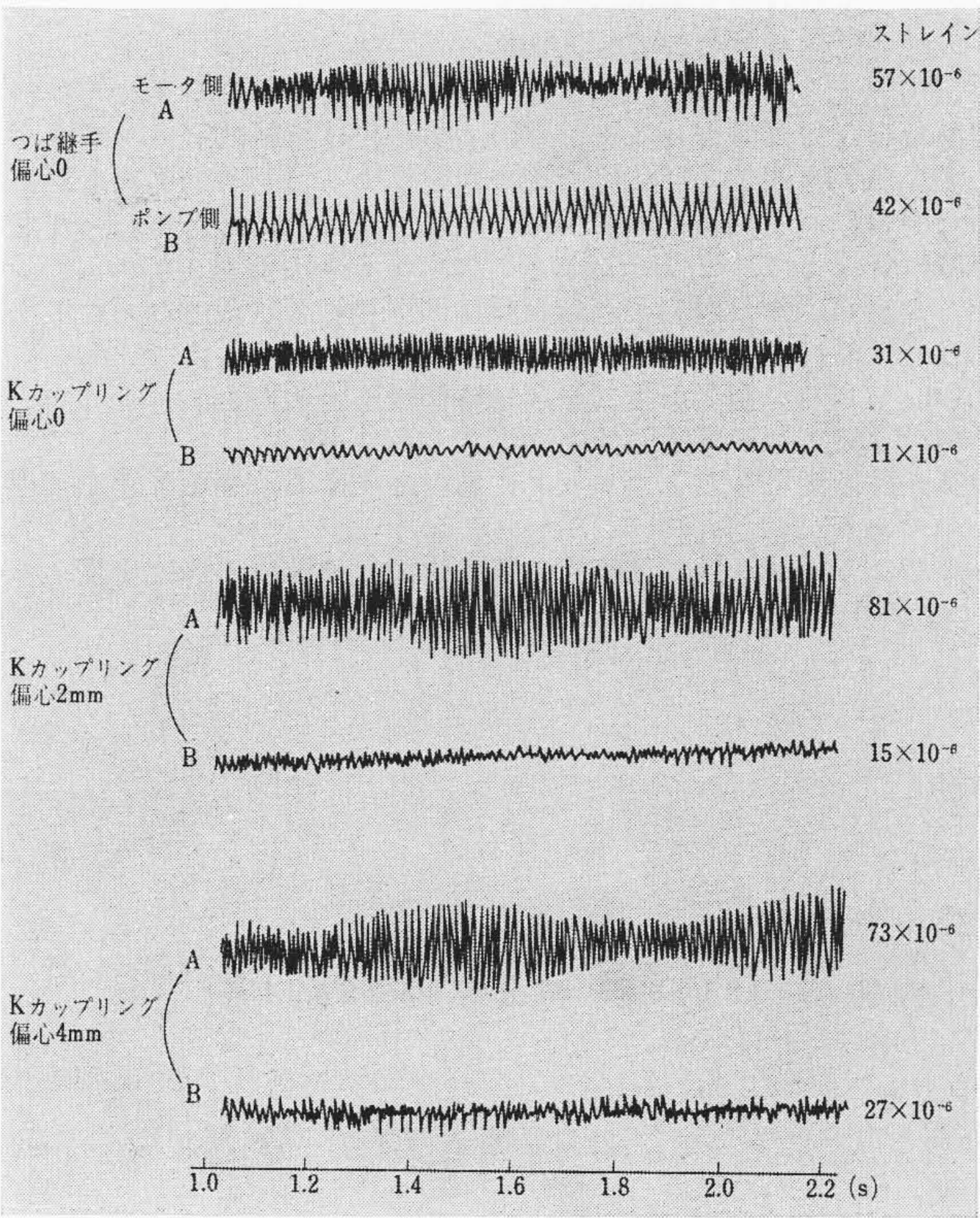


図11 Kカップリングによる振動の低減効果

のを得ることができた。やや形状は大きくなるが72 kg-cmの許容トルクのものも得られる。

可とう性継手として起動時のピークトルクを大幅に低減する能力があるほかきわめて脈動の少ない動力伝達を行なうことができる。

終わりにご指導ご協力くださった清水、水野両氏に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

(1) 岡田, 清水: 日立評論 46, 2034 (昭 39-12)