

1 緒 言

長期間に渡って高荷重低速揺動を受ける長大吊橋のタワーリソクピン部における摩耗現象について、前報¹⁾ではピン径60mmの試験結果より①ピン材料にSUS431、ブッシュ材料としてフッ素樹脂系固体潤滑剤(PTFE)埋込型軸受を選定し、②最大面圧 $P_{max} \leq 750 \text{ kg/cm}^2$ では面圧の影響は摩耗に対して比例的ではあるが工上ガリが認められ、③クリアランスの影響は(ブッシュ径/ピン径) ≥ 1.034 となると摩耗量が大きくなることなどを確めた。今回、これらの結果を踏まえて、さらに高面圧下の摩耗挙動を知るためのφ60の試験と、寸法が摩耗に及ぼす影響を調査するための太径φ330の試験を実施したので、それらの概要を報告するものである。

2 摩耗試験機

φ60の高面圧試験には前報¹⁾の試験機を用い、φ330については図-1に示す三軸受型試験機を使用した。

3 試験片

φ60用試験片は前報¹⁾と同一であるのでφ330についてのみに示す。

3-1 試験用ピン 表-1に試験用ピンの化学成分と機械的性質を、図-2に形状を示す。

3-2 試験用ブッシュ 表-2に化学成分・機械的性質を、図-2に形状を示す。なお、ピンとブッシュとのクリアランスは前報¹⁾の結果を踏まえ、かつ製作・架設上の余裕を考慮して(ブッシュ内径/ピン外径) ≥ 1.005 とした。²⁾

4 試験方法

4-1 面圧の設定 本報では投影面積当りの平均面圧を“平

均面圧”と称し、次式による。

$$P = F/D \cdot L \quad \text{--- (1)}$$

ここに、F: 荷重、D: ピン

ン外径、L: 有効軸受長

であり、この場合の最大面圧は、

面圧が余弦分布(180°余弦分布による90°有効

面圧分布)するものとする、

$$P_{max} = P / \int_0^{\pi/4} \cos^2 \varphi d\varphi = 1.6P \quad \text{--- (2)}$$

と与えられる。φ60の場合では、ピンとブッ

シュの組合せにおける限界と想定される $P_{max} =$

1500 kg/cm²を、φ330では設計最大値として中

央支点(載荷点)で $P = 500 \text{ kg/cm}^2$ ($P_{max} = 800 \text{ kg/cm}^2$)、左右面支点で常用値 $P = 350 \text{ kg/cm}^2$ ($P_{max} = 560 \text{ kg/cm}^2$)を設定した。

4-2 主要測定項目(φ330について) ①負荷荷重。②摩擦抵抗力: 揺動アームに取付けたロードセルによる。

③温度: ブッシュ摩擦面近傍温度及び室温。④摩耗量: ピン及びブッシュの試験前後の寸法変化量による。⑤表

面ありす: 試験前後の状況を触針式表面ありさ計により測定。⑥揺動速度及び揺動振幅。

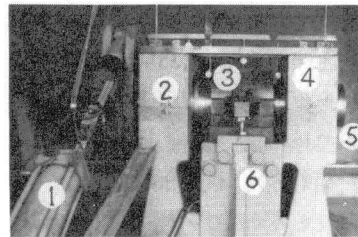


図-1 三軸受型摩耗試験機

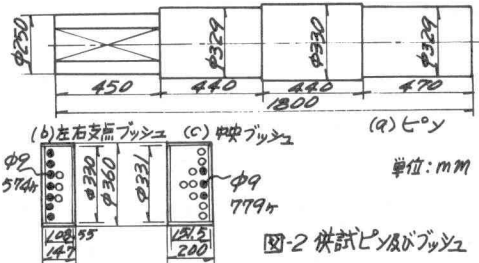


図-2 供試ピン及びブッシュ

表-1 ピンの化学成分・機械的性質 ()内: 本面検査²⁾

	化学成分(%)							機械的性質			
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	σ_B (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	EL (%)	RA (%)
JIS 4303	0.20	0.20	0.20	0.040	0.030	1.25	15.00	60(50)	80(70)	15(15)	40(40)
SUS 431	0.20	0.20	0.20	0.040	0.030	1.25	15.00	60(50)	80(70)	15(15)	40(40)
供試φ60	0.14	0.25	0.58	0.015	0.009	1.68	16.2	60.2	79.3	22.0	41.9
供試φ330	0.14	0.39	0.72	0.029	0.013	1.68	16.9	54.7	77.8	24.8	59.0

表-2 ブッシュの化学成分・機械的性質

	化学成分(%)							L-ドール分析		σ_B	EL	HB
	Cu	Zn	Mn	Fe	Al	Sn	Pb	(kg/mm ²)	(%)			
ASTM B22	60		2.5	2.0	3.0	≤0.20	≤0.20	≥270	≥12	≥223		
Alloy 863	60	Bal	2.5	2.0	3.0	≤0.20	≤0.20	≥270	≥12	≥223		
供試φ60用	60		2.5	2.0	3.0	≤0.20	≤0.20	≥270	≥12	≥223		
供試φ330用	60	Bal	2.5	2.0	3.0	≤0.20	≤0.20	≥270	≥12	≥223		
供試φ60用	64.1	235	339	2.98	5.77	4.01	4.01	-	-	229		
供試φ330用	64.71	2269	344	2.98	6.14	4.08	-	83.4	16	223		

43試験のケース ①φ60では 2×10^5 回及び 10^6 回各2ケース、②φ330では 24×10^5 回(試験A)及び 10^6 回(試験B)を実施した。実施設計値を基に定めた各尺の試験仕様を表-3に示す。

5 試験結果と考察

試験結果の一部を図-3, 4及び表-4に示す。

ピン径φ60の 10^6 回までの連続摩耗試験結果より、①最大面圧 750 kg/cm^2 までと比べて 1500 kg/cm^2 では大幅な摩耗量の増加が認められた。(測定はありさ計による)。

(図-3-1, 2) ②摩耗初期には摩擦係数は一時的に0.1を超えることがあったが、以後漸減し、 10^6 回終了時点では $0.07 \sim 0.08$ 程度であった。③又、摩擦係数は面圧が変化してもそれほど大きな差はなく、ばらつきの範囲内であった。(図-4)

一方、ピン径φ330の 10^6 回までの試験結果より、①摩擦係数は $0.07 \sim 0.08$ であり、0.1を超えることはなかった。②摩擦面近傍の温度は室温 $+20 \sim 30(^{\circ}\text{C})$ で同一条件下のφ60の結果¹⁾よりは高いが安定状態で推移した。③ 24×10^5 回、 10^6 回共、試験後の摩擦面には異常及び著しい差は認められなかった。④摩耗量としてピンの平均寸法(径)変化量は 0.03 mm と極めて少なく、ブッシュのそれも 0.18 mm と小さかった。(表-4) ⑤ピンとブッシュの接触角度は $90 \pm 20^{\circ}$ 程度であった。

6 結 言

これまでの試験結果より次のことがいえよう。①タワ-リンクピン支承としてピンにSUS431、ブッシュにフッ素系固体潤滑剤埋込型高力黄銅軸受を使用した場合は、平均面圧を 500 kg/cm^2 とした場合でもその摩擦状態はほぼ安定であることが認められた。②この組合せを用いたタワ-リンクピン支承は比較的高面圧で充分設計可能である。

本試験は、土木学会・本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会支承構造分科会のご指導と、(株)日本製鋼所及びオイレス工業

(株)各位のご協力により実施したものであり、ここに感謝の意を表するものである。

表-4 摩耗試験結果

試験の種類	面圧 (kg/cm^2)		摩耗回数	摩擦係数		ブッシュ平均摩耗量 (mm)		ピン平均摩耗量 (mm)		上ヒ摩耗量 ($10^{-3} \text{ mm/g load}$)				備考
	平均	最大		平均	終了時	上ヒ	ブッシュ	上ヒ	ブッシュ	W1	W2	W1	W2	
	P	Peak		平均	終了時	ピン	ブッシュ	ピン	ブッシュ	上ヒ	下側	上ヒ	下側	
φ60 高面圧試験	940	1500	5×10^5	0.08	0.07	10	8	0.033	0.039	0.044	0.088	0.054	0.102	
			10^6	0.08	0.07	8	8	0.026	0.072	0.032	0.070	0.122	0.191	
			10^6	0.08	0.07	8	2	0.069	0.061	0.058	0.092	0.049	0.081	
			10^6	0.08	0.07	10	12	0.050	0.049	0.038	0.066	0.037	0.065	
φ330 試験A	350	560	24×10^5	0.075	0.07	20	20	0.002	0.024	—	—	0.038	0.074	左・短
	500	800	24×10^5	0.075	0.07	12	20	0.009	0.068	—	—	0.038	0.285	FR・右・
	350	560	10^6	0.075	0.07	12	12	0.003	0.034	—	—	0.038	0.203	右・
	350	560	10^6	0.075	0.07	18	16	0.002	0.105	—	—	0.048	0.150	左・
φ330 試験B	500	800	10^6	0.075	0.07	25	24	0.027	0.181	—	—	0.027	0.073	中央・
	350	560	10^6	0.075	0.07	18	18	0.001	0.081	—	—	0.001	0.033	右・

表-3 タワ-リンクピン実体と試験仕様との比較

	実体	φ60	φ330 (FR橋)		φ330 (佐賀橋)	
			試験A	試験B	試験A	試験B
			24・10 ⁶	10 ⁶	24・10 ⁶	10 ⁶
最大面圧時最大面圧 Pmax (kg/cm ²)	520	1500	800		560	
同 平均面圧 P (kg/cm ²)	330	940	500		350	
最大荷重 F (t)	4,000	23 ⁶	250		125	
ピン直径 D (mm)	1,300	60	330		329	
軸受有効長さ L (mm)	950	42	151 ⁵		108 ⁵⁵	
接触角度 (°)	38	38	35		35	
摩耗全振幅 (mm)	425	4	10		9.97	
平均すり減り (mm/g)	2.13	2.0	8.0	8.4	1.99	2.99

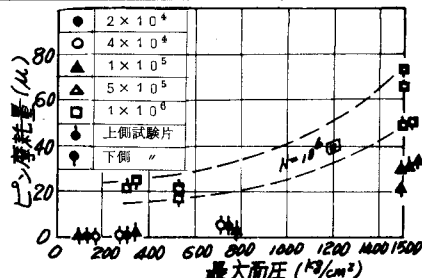


図-3-1 面圧とピン摩耗量との関係

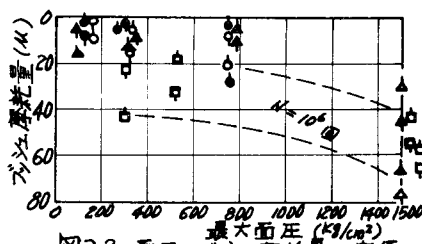


図-3-2 面圧とブッシュ摩耗量との関係

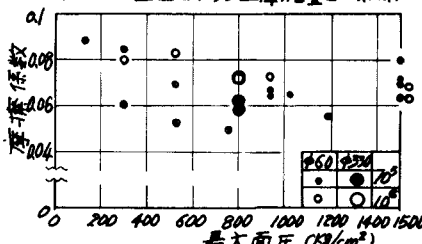


図-4 平均面圧における 10^5 及び 10^6 回時の摩擦係数

1) 田島・村瀬・大西「タワ-リンク用ピン・ブッシュの摩耗試験」土木学会第30回年次学術講演会講演概要集

2) 土木学会・本州四国連絡橋鋼上部構造に関する調査研究報告書(別冊4) 吊橋タワ-リンク設計の指針 昭51・3