

CVT-HOOPの運動挙動解析

宇都宮大学大学院工学研究科 エネルギー環境科学専攻 杉山 均



単層HOOP挙動解析手法
実験結果との比較
積層HOOP挙動解析手法
解析結果考察
まとめ

単層HOOPに作用するカ



運動方程式

$$m_1 \frac{dv_1}{dt} = F_{cl1} - F_{tr1} \pm F_{r1}$$

 ∇

3

P(x):垂直方向応力 Ftr:水平方向の力 Fr:摩擦力 Fcl:芯ずれによる力

摩擦力の方向はHOOP間の 相対速度に依存





HOOP周長

$$L_{c} = r_{in}A_{in} + 2\sqrt{L_{D}^{2} - (r_{in} - r_{out})^{2}} + r_{out}A_{out}$$





$$L_{0}(x) = r_{in}(x)A_{in} + 2\sqrt{L_{D}^{2}} - (r_{in}(x) - r_{out}(x))^{2} + r_{out}(x)A_{out}$$
$$r_{in}(x) = r_{in} \mp (\rho - \sqrt{\rho^{2} - x^{2}})$$
$$r_{out}(x) = r_{out} \mp (\rho - \sqrt{\rho^{2} - x^{2}})$$

HOOP形状が凸の時-凹の時+





$$L(x) = r_{in}(x)A_{in} + 2\sqrt{L_D^2 - (r_{in}(x) - r_{out}(x))^2} + r_{out}(x)A_{out} + \Delta l$$

$$r_{in}(x) = r_{in} \mp (R - \sqrt{R^2 - x^2})$$

$$r_{out}(x) = r_{out} \mp (R - \sqrt{R^2 - x^2})$$

⊿I:周長の伸び BLOCK形状が凸の時-凹の時+





$$\sigma_{T}(x) = E \frac{L(x) - L_{0}(x)}{L_{0}(x)}$$
$$\int_{-W/2}^{W/2} \frac{L(x) - L_{0}(x)}{L_{0}(x)} Et dx = T$$

張力Tを与えてHOOP伸びを上式から 算出

引張応力と垂直応力との関係



$$(x) = \frac{O_T(x)\mu}{2r} \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}} \right)$$



$$\int_{-\gamma}^{\pi+\gamma} P(x)\sin\theta r dx d\theta = \sigma_T(x)t dx\cos\gamma \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}}\right)$$
$$P(x)r dx \int_{-\gamma}^{\pi+\gamma}\sin\theta d\theta = \sigma_T(x)t dx\cos\gamma \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}}\right)$$
$$P(x)r dx \left[-\cos\theta\right]_{-\gamma}^{\pi+\gamma} = \sigma_T(x)t dx\cos\gamma \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}}\right)$$
$$P(x) = \frac{\sigma_T(x)t}{2r} \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}}\right)$$





$$F_{tr} = \sum_{-\alpha_1}^{\alpha_2} P(x) \sin \theta ds$$

$$ds = \left\{ \pi (r_{in}(x) + t)^2 - \pi r_{in}(x)^2 \right\} \frac{A_{in}}{2\pi}$$

$$= \left(tr_{in}(x) + \frac{t^2}{2} \right) A_{in}$$

$$P(x) = \frac{\sigma_T(x)t}{2r_{in}(x)} \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi + \gamma)}} \right)$$





$$F_{r} = \sum_{-\alpha_{1}}^{\alpha_{2}} \mu P(x) \cos \theta Rr_{in}(x) A_{in} d\theta$$
$$P(x) = \frac{\sigma_{T}(x)t}{2r_{in}(x)} \left(1 + \frac{1}{e^{\mu(\pi+\gamma)}}\right)$$



 F_{cl} < δ

$$\delta = \frac{F_{cl}l^3}{3EI}$$
$$F_{cl} = \frac{3EI\delta}{l^3}$$

I: 断面二次モーメント I: HOOP直線部距離





$$I = \int_{-\alpha}^{\alpha} X^{2} dA$$

$$\sin \theta = \frac{X}{R}, \qquad dA = Rtd\theta$$

$$I = \int_{-\alpha}^{\alpha} X^{2} dA = \int_{-\alpha}^{\alpha} R^{2} \sin^{2}\theta Rtd\theta$$

$$= R^{3}t \int_{-\alpha}^{\alpha} \sin^{2}\theta d\theta$$

$$= R^{3}t \left[\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta \right]_{-\alpha}^{\alpha}$$

$$= R^{3}t \left[\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right]$$

 ∇





項目			值	単位
フープ	ヤング率	Е	190	$[N/mm^2 \times 10^3]$
	密度	ρ	8. 0	[g/cm ³]
	ポアソン比	V	0. 3	[—]
	クラウニングR	Rch	R620	[mm]
	周長	Lh	720. 8~730. 3	[mm]
	厚さ	Hh	0. 185	[mm]
	幅	Wh	12. 4	[mm]
	フープ層数	Nh	9	[層]
	フープ間クリアランス	Hc	0. 000~0. 010	[mm]
	フープ摩擦係数	μ	0. 05~0. 10	[—]
ローラ	クラウニングR	Rcr	R230	[mm]
	小径側ローラ直径	Rin	φ66. 853	[mm]
	大径側ローラ直径	Rout	φ164. 133	[mm]
他	小径×大径軸間距離	DP	172	[mm]
	軸荷重	Fh	1000、1500	[N]

実験結果との比較 R=460

中央部一端部応力差

運動方程式(第 i 層HOOP)

$$m_{i} \frac{dv_{i}}{dt} = F_{cli} + (F_{tr(i+1)} - F_{tri}) \pm F_{ri} \pm F_{r(i+1)}$$

摩擦力の方向はHOOP間の相対速度に依存

BLOCK曲率の影響 R=230

BLOCK曲率の影響 R=460

BLOCK曲率の影響 R=920

HOOP応力分布 R=920

HOOP層間隙間の影響

HOOP接触面積の影響

PULLY比変化の影響

PULLY比変化の影響(低摩擦係数)

- BLOCK曲率をHOOP曲率より大きくするとHOOPは 安定する、しかしHOOPに作用する応力は増大し疲 労上不利である、
- 不安定状態にあるHOOPは階段状分布となる. この ことは1層, 10層HOOPが早期破断の傾向にあるこ とを示唆している.
- HOOP層間隙間,端部周長差,層間接触面積は安定性に大きく影響する.一層のみのHOOP曲率変化は安定性に大きくは影響しない.
- 摩擦係数の低下はHOOP安定性に影響する.

Continuously variable transmission

Belt assy

URL: http:// www.mech.utsunomiya-u.ac.jp/~sugiyama/index.html E-mail: sugiyama@cc.utsunomiya-u.ac.jp