

金沢大学 学 ○ 榎 谷 浩
 金沢大学 正 梶 川 康 男
 金沢大学 正 吉 田 博

1 まえがき

構造部材の面外座屈安定性の研究は、古くから数多くなされてきています。特に、理想的な単純梁については、各種の条件に対し、非弾性域までかなり研究が進められています。これに対し連続梁のような一般骨組構造物は、座屈解析が煩雑であるため、一般的に特性を知ることが困難です。Trahair および Nethercot により、連続ばりの弾性近似座屈解析の研究が、有効長さの概念を用いてなされています。しかし、厳密には、はりの荷重状態に適合しない荷重修正係数を用いていること、非弾性域への応用性に乏しいこと、荷重載荷位置の拘束が限定されていることなどの問題点があります。本研究では、等価単純ばりを用いて連続ばりの弾性座屈解析を行ない、全体解析との比較により、その妥当性を検討します。さらに、それが確かめられれば、非弾性座屈解析も可能となると考えられます。

2. 解析方法

解析は、図-1 に示す 2 径間連続ばりについて行ないました。断面寸法は、図-2 に示してあります。連続ばり全体としての解析と、隣接部材を等価弾性拘束ばねとしてモデル化した等価単純ばりとしての解析の 2 通りについて行ないました。どちらも、解析には伝達マトリックス法を用いました。

隣接部材の影響は、横変位のたわみ角に対する拘束ばね k_θ と、ねじり率に対する拘束ばね k_p で置き換えられると仮定しました。たとえば、部材①を単純ばりと考え、はり端 2 に、弱軸曲げモーメント M_y とそりモーメント M_w が与えられるとします。 M_y が与えられる場合、はり端 2 のたわみ角は、 $\theta = ML_2/3EI_y$ で与えられます。ここで、 $M_y = \theta k_\theta$ となるたわみ角の拘束ばね k_θ を考えると、拘束ばねは、

$$k_\theta = 3EI_y/L_2 \quad (1)$$

と与えられます。また、はり端 2 だけにそりモーメント M_w が与えられる場合、一般的に微分方程式

$$GK_T \phi'' - EI_w \phi^{IV} = 0 \quad (2)$$

を境界条件を用いて解きます。ここに、 GK_T はサンプナンのねじり剛性、 EI_w はそり剛性です。この解を求め、 $M_w = k_p \phi'$ となるねじり率の拘束ばね定数を考えると、

$$k_p = \frac{EI_w C^2 L_2 \sinh CL_2}{CL_2 \cosh CL_2 - \sinh CL_2} \quad (3)$$

となります。ここに、 $C = \sqrt{GK_T/EI_w}$ です。

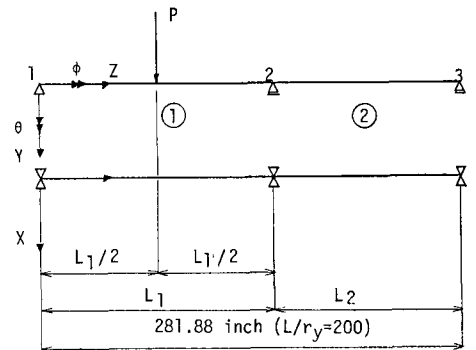


図-1 2径間連続ばり

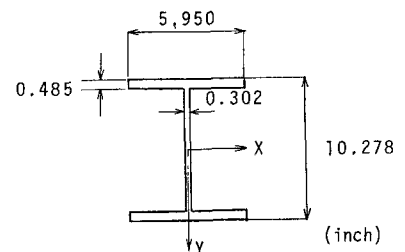


図-2 はりの断面形状

k_θ と k_p をそれぞれ、 $E I_y$ 、 $E I_w$ を用いて無次元化すると

$$K_\theta = \frac{k_\theta L_1}{E I_y} = 3 \frac{L_1}{L_2} \quad (4)$$

$$K_p = \frac{k_p L_1}{E I_w} = \left(\frac{K^2 \sinh K}{K \cosh K - \sinh K} \right) \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \quad (5)$$

となります。ここに、 $K = C L_2$ であり、 L_1 は部材①の部材長です。このような拘束ばねが、単純ばりのはり端2に存在するものとして、部材①、②の解析を行ないました。

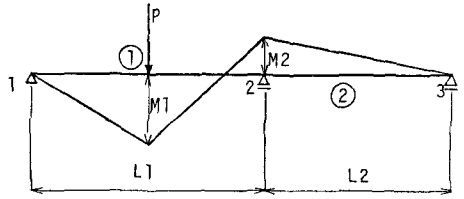


図-3 連続ばりの荷重状態

表-1 座屈荷重解析結果

	CASE	L1/L2	P kip	M1 kip in	M2 kip in
連続梁全体解析	1	3.000	47.89	1819	-1423
	2	1.000	110.3	3156	-1456
	3	0.333	594.0	9483	-1962
	4	0.250	1069	13937	-2260
	5	0.176	2292	22872	-2726
	6	0.143	3471	29142	-2866
	7	0.111	5377	36468	-2842
等価単純梁の解析	1	3.000	47.62	1806	-1420
	2	1.000	107.2	3068	-1416
	3	0.333	562.8	8985	-1859
	4	0.250	1011	13179	-2137
	5	0.176	2207	22013	-2624
	6	0.143	3661	30740	-3024
	7	0.111	6871	46602	-3631
等価単純梁の解析	1	3.000	433.9	1648	-12899
	2	1.000	180.0	1098	-2379
	3	0.333	959.1	15312	-3168
	4	0.250	1430	18648	-3024
	5	0.176	2445	24394	-2908
	6	0.143	3461	36675	-2858
	7	0.111	5320	36083	-2812

3. 解析結果

表-1には、2径間連続ばり全体解析により求めた解析結果と弾性拘束を有する等価単純ばりとして求めた解析結果が示されています。表-2には、等価単純ばりの座屈荷重と全体解析 P_c との比が示されています。これより、CASE 1 から CASE 5 までは、座屈支配スパンが①であり、CASE 6 と CASE 7 では、座屈支配スパンが②であることがわかります。全体解析との誤差も5%程度以下で小さいものです。図-4(a),(b)および(c)は、それぞれ CASE 1、CASE 4 および CASE 7 の横変位 U の座屈モードを示したものです。実線は全体解析から得られたものであり、破線は等価単純ばりによるものです。

どのCASEでも、座屈支配スパンでは、全体解析によるモードとのよい一致が確かめられます。以上の結果より、本研究の範囲内では、連続ばりの座屈解析は、等価単純ばりを用いて比較的簡単に行なうことができ、解析結果は、全体解析とよい一致を示すことが明らかになりました。

4. あとがき

本研究では、等価単純ばりを用いた連続ばりの座屈解析の妥当性が、ある程度確かめられたと考えられます。今後は、多径間非弾性座屈解析へ検討を進める予定です。

参考文献

- 1) 梶谷, 関, 吉田: はりの座屈強度に及ぼす端拘束の影響, 第36回土木学会年次講演会概要集, I-156
- 2) D.A.Nethercot, N.S.Trahair: Lateral Buckling Approximation for Elastic Beams, The Structural Engineer, Vol.54, No.6, June, 1976, p197
- 3) N.S.Trahair: Elastic Stability of Continuous Beams, Journal of the Structural Division, ASCE., Vol.95, No. ST6, Proc. Paper 6632, June, 1969, p1295
- 4) D.A.Nethercot, K.C.Rockey: The Lateral Buckling of Beams having Discrete Intermediate Restraints, The Structural Engineer, Vol.50, No.10, Oct., 1972, p391

表-2 座屈荷重比

CASE	P/P _c	
	Span(1)	Span(2)
1	0.998	9.059
2	0.972	1.633
3	0.947	1.615
4	0.946	1.338
5	0.962	1.067
6	1.055	0.997
7	1.278	0.989

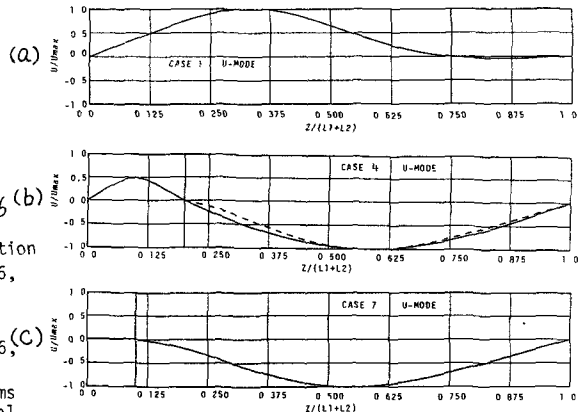


図-4 横変位の座屈モード