

琉球大学 正員 ○ 矢吹 哲哉
琉球大学 正員 有住 康則

1. まえがき

アーチ強度の照査は、従来より古典的分岐座屈の概念を踏まえて許容軸力により評価してきた。しかし、アーチ構造は、本来、部材挙動と骨組挙動とが相関した耐荷力挙動を示すことから、軸力と曲げモーメントを組み合わせた断面力相関曲線に基づいて強度評価するのが合理的であると言えよう。こういった設計概念に基づいて著者らは既に2-ヒンジアーチについてはその強度照査基準を提案した¹⁾。そこで、本文では、固定鋼アーチ構造の終局強度照査を、ある簡便な補正を行なうことによって2-ヒンジアーチのM-N相関曲線に基づいた照査基準を用いて行なう方法を提示するものである。対象とした固定アーチは放物線の軸線形状を有し、載荷状態は、活荷重を全面に載荷する場合と活荷重をアーチ片側半分に載荷する場合を考慮している。ただし、全面載荷の場合は、初期不整等を考慮して1%の非対称載荷形状としている。又、実橋の構造諸元等を考慮して、下記の範囲内の固定アーチを対象とした。

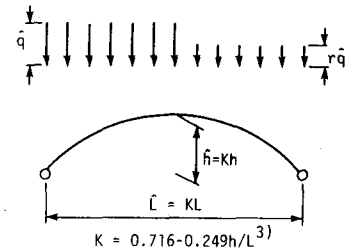
細長比(λ)=100~300; ライズ/スパン比(h/L)=0.1~0.3; 降伏点応力度(σ_Y)=240~460 N/mm²; クラウン部を境にして右片側半分と左片側半分の鉛直荷重強度の比(r)=0~0.99。ここで、細長比はアーチ軸線全長に基づいて算定している。桁断面は溶接により導入される残留応力を考慮した箱形断面とし、アーチ全体崩壊に至る以前に断面構成鋼板及び溶接部等が局部崩壊することはないものとしている。

2. 強度照査法

これまでに著者らが行なった固定鋼アーチの終局強度に関する検討の結果²⁾³⁾ 固定アーチの等価座屈長を評価する補正係数 K を用いた等価アーチ(Fig.1 参照)の概念は、実用上許容し得る精度で固定鋼アーチの終局荷重強度を評価出来ることが明らかとなってきた。従ってここでは、等価アーチの終局強度を軸力と曲げモーメントの相関曲線で表現した場合、対象としている固定鋼アーチの終局強度をいかなる方法で合理的に照査すれば良いかといった問題を考察する。今、変換アーチ(対象固定アーチの支承条件のみを2-ヒンジに変換)及び等価アーチの終局強度を以下の諸量を用いて表わす。

$$\bar{f} = \frac{\tilde{q}_{\max}}{q_p} = \frac{S q_{\max}}{A_a \sigma_Y}; \quad \bar{n} = \frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{N_Y}; \quad \bar{m} = \frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{M_Y} \quad \dots (1)$$

$$\bar{f} = \frac{\hat{q}_{\max}}{q_p} = \frac{\hat{S} q_{\max}}{\hat{A}_a \sigma_Y}; \quad \hat{n} = \frac{\hat{N}_{\max}^{1st}}{\hat{N}_Y}; \quad \hat{m} = \frac{\hat{M}_{\max}^{1st}}{\hat{M}_Y} \quad \dots (2)$$



cross sectional properties are same as those of reference fixed arch

Fig. 1 Equivalent Arch Configuration.

ここに、 S = 支間全長に沿った単位分布荷重載荷により生じる変換アーチ起拱部での軸力; N_Y 、 M_Y = 対象アーチ断面の降伏軸力及び曲げモーメント; $\tilde{N}_{\max}^{1st}$ 、 $\tilde{M}_{\max}^{1st}$ = 終局荷重を受ける変換アーチの左側1/4点での軸力、曲げモーメントの一次解析値; $\tilde{q}_{\max}$ = 変換アーチの終局荷重強度; A_a = 対象アーチ断面積。又、文字頭に付した“ $\hat{}$ ”は、等価アーチの諸量であることを示す。従って、

$\tilde{N}_{\max}^{1st}$ 、 $\tilde{M}_{\max}^{1st}/L$ 及び $\hat{N}_{\max}^{1st}$ 、 $\hat{M}_{\max}^{1st}/L$ はそれぞれ $\tilde{q}_{\max}$ 及び $\hat{q}_{\max}$ と線形関係にある。又、これまでの検討結果より、終局荷重強度は断面積に比例する。これらの関係を考慮すると結局次式の関係を得る。

$$\frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{N_Y} = \frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{\tilde{N}_{\max}^{1st}} \cdot \frac{N_Y}{N_Y} \cdot \frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{\tilde{N}_{\max}^{1st}} = \frac{S \hat{A}_a \sigma_Y \bar{f}}{\hat{S} A_a \sigma_Y \tilde{f}} \cdot \frac{\sigma_Y \hat{A}_a}{\sigma_Y A_a} \cdot \frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{\tilde{N}_{\max}^{1st}} = \bar{f} \frac{\tilde{N}_{\max}^{1st}}{N_Y} \quad \dots (3)$$

$$\frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{M_Y} = \frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{\tilde{M}_{\max}^{1st}} \cdot \frac{M_Y}{M_Y} \cdot \frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{\tilde{M}_{\max}^{1st}} = \frac{S \hat{A}_a \sigma_Y \bar{f}}{\hat{S} A_a \sigma_Y \tilde{f}} \cdot \frac{\sigma_Y \hat{w}_a}{\sigma_Y w_a} \cdot \frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{\tilde{M}_{\max}^{1st}} = \bar{f} \frac{\tilde{M}_{\max}^{1st}}{M_Y} \quad \dots (4)$$

ここに、 w_a 、 $\hat{w}_a$ = 対象固定アーチ及び等価アーチの断面係数であり、両者は等しい。又、 K

は等価座屈長を表わす補正係数¹⁾ でFig. 1中に示されている。(3)、(4) 式中の $\bar{f}$ は、対象固定アーチの終局荷重強度 $q_{\max}/q_p$ である。これらの式の関係を図示したのがFig. 2である。従って、(3)、(4) 式の関係を文献1)で導出した強度照査式に代入すれば、変換アーチの断面力の一次解析値を用いることにより対象固定アーチの終局強度を簡単に照査することが出来る。即ち、

$$a[K \frac{M_{t,d}}{M_Y}]^2 + b[K \frac{M_{t,d}}{M_Y}] + c[\frac{N_{t,d}}{N_Y}] \leq 1 \text{ for } \frac{N_{t,d}}{N_Y} \geq n_{cr}$$

$$a[K \frac{M_{t,d}}{M_Y}] + b[\frac{N_{t,d}}{N_Y}] \leq 1 \text{ for } \frac{N_{t,d}}{N_Y} < n_{cr}$$

$$\bar{\lambda} = (0.716 - 0.249h/L) \lambda \sqrt{\sigma_Y/E} / \pi \dots (5 \cdot a, b, c)$$

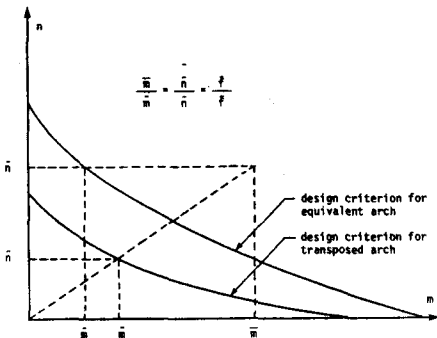


Fig. 2 n-m Relationship for the Equivalent Arch and Transposed Arch.

ここに、 $N_{t,d}$ 、 $M_{t,d}$ = 対象固定アーチ設計荷重を受ける変換アーチの1/4 点での軸力及び曲げモーメントの一次解析値； $a, b, c, \alpha, \beta, n_{cr}$ = 文献1)参照。 Fig. 3及びTable -1、-2に本提案強度照査法の精度に関する検討結果の例が示されている。 Fig. 3中の実線は等価アーチに対する設計基準曲線で、○、⊗、●印は、終局強度解析で得られた値を(3)、(4) 式の右辺に代入した値(ANALYSIS)をプロットしたものである。Table -1、-2 には、 r 、 λ 、 h/L を変化させた場合の例を示している。

3. あとがき

これまでに行なった検討結果より、 ここで提案した m - n 相関曲線に基づいた固定鋼アーチの強度照査を用いて簡便で且つ合理的な強度設計を行なうことが出来るものと思われる。

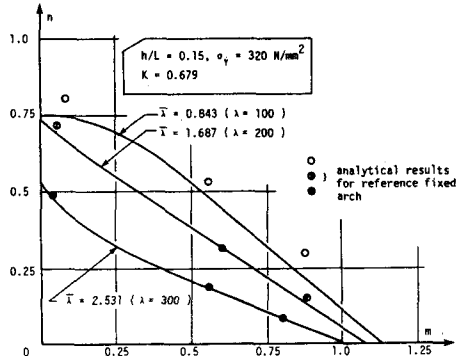


Fig. 3 n-m Relationship.

Table-1

r	$\frac{\lambda}{T}$	$\bar{f}$	$\frac{\bar{f}}{f}$	(4) $\times \frac{M_{t,d}}{M_Y}$	(4) $\times \frac{N_{t,d}}{N_Y}$	ANALYSIS CRITERION
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0	(100) 0.843	0.672	1.439	0.8826	0.3049	1.097
	(200) 1.687	0.340	1.596	0.8779	0.1519	1.018
	(300) 2.531	0.207	1.656	0.7971	0.0922	0.983
	(100) 0.843	0.795	1.310	0.5586	0.5332	1.049
0.5	(200) 1.687	0.457	1.594	0.6035	0.3076	0.985
	(300) 2.531	0.283	1.780	0.5532	0.1903	0.992
	(100) 0.843	0.961	1.148	0.0820	0.8546	1.139
	(200) 1.687	0.801	1.489	0.0498	0.7126	1.018
0.99	(300) 2.531	0.555	1.982	0.0348	0.4937	1.016

$h/L = 0.15, \sigma_Y = 320 \text{ N/mm}^2, K = 0.6786$

Table-2

r	$\frac{h}{L}$	$\bar{f}$	$\frac{\bar{f}}{f}$	(4) $\times \frac{M_{t,d}}{M_Y}$	(4) $\times \frac{N_{t,d}}{N_Y}$	ANALYSIS CRITERION
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0	0.1	0.400	1.527	0.7910	0.1892	0.979
	0.15	0.340	1.596	0.8779	0.1519	1.018
	0.3	0.303	1.741	0.9644	0.1133	1.058
0.5	0.1	0.496	1.545	0.5065	0.3515	0.937
	0.15	0.459	1.594	0.6035	0.3076	0.985
	0.3	0.454	1.753	0.7299	0.2544	1.068
0.99	0.1	0.731	1.403	0.0568	0.6880	0.945
	0.15	0.801	1.489	0.0498	0.7126	1.018
	0.3	0.956	1.648	0.0447	0.7095	1.058

$\lambda = 200, \sigma_Y = 320 \text{ N/mm}^2$

参考文献

- 1) Kuranishi, S. and Yabuki, T.; Proc. JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol.1, No.2, pp.229s-237s, 1984.
- 2) Yabuki, T. et al ; "Fixed-End Restraint Effect on Steel Arch strength", Submitted to ASCE-ST Journal.
- 3) 矢吹哲哉；土木学会第39回年講概要集、I-37、pp.73-74、1984.