

I - A 266 梁柱部材における換算曲げモーメントの適用に関する検討

北海学園大学大学院 学生員 倉 真也

北海学園大学工学部 フェロー 当麻庄司

1 はじめに

構造物の設計においての構造解析の目的の一つに、その構造部材に作用する最大曲げモーメントがどのくらいの大きさで、どこに生じるのかを知ることが挙げられる。しかし、この両者を知るためには非常に困難な計算が伴い、特に両端に曲げモーメントを受ける部材や軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける部材の場合は、横ねじれ座屈や軸力による付加モーメントを考慮しなくてはならず非常に複雑である。この複雑さを除くために設計では換算曲げモーメントの概念が部材の安定照査を行う際に導入されている。

道路橋示方書Ⅱ編¹⁾に規定される梁柱部材の安定照査式は次のようである（式中の各記号は道路橋示方書を参照のこと）。

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{caz}} + \frac{\sigma_{bcy}}{\sigma_{bagy} \left(1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{eay}}\right)} + \frac{\sigma_{bcz}}{\sigma_{baoz} \left(1 - \frac{\sigma_c}{\sigma_{eaz}}\right)} \leq 1 \quad \dots\dots(1)$$

本論文では、式（1）の σ_{bcy} 、 σ_{bcz} を求める際に用いられる換算曲げモーメント算出に対しての問題点について、その適用性を検討した。

2 換算曲げモーメントの算出式

軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける部材の換算曲げモーメントは、次の理論式²⁾から求められる。

$$M_{eq} = \left[\frac{(M_2/M_1)^2 - 2(M_2/M_1)\cos(kL) + 1}{2(1 - \cos(kL))} \right] |M_1| \quad \dots\dots(2)$$

ただし、

$$k = \sqrt{\frac{P}{EI}} = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{P}{P_e}}$$

 M_{eq} : 換算曲げモーメント M_1, M_2 : 部材端曲げモーメント ($M_1 > M_2$) P : 軸方向力, P_e : オイラーの座屈荷重 E : ヤング係数, L : 部材長 I : 断面 2 次モーメント

これに対して、道路橋示方書Ⅱ編で用いられている換算曲げモーメント算出式（Austin による近似式）は次のようである。

$$M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2 \geq 0.4M_1 \quad \dots\dots(3)$$

$$\text{ただし、} -1 \leq \frac{M_2}{M_1} \leq 1$$

これより換算曲げモーメントが部材に一樣に作用するとして σ_{bcy} 、 σ_{bcz} （強軸および弱軸まわりに作用する曲げモーメントによる曲げ圧縮応力度）を求め、安定照査式（1）により部材の安定を照査するとされている。

3 適用範囲

道路橋示方書は、換算曲げモーメント算出式（3）の適用範囲は、「曲げモーメントが部材端間でほぼ直線変化する場合」と「部材端曲げモーメントに関する $-1 \leq M_2/M_1 \leq 1$ 」の二つである。しかし、この近似式の基となっている理論式（2）の適用範囲は、以下に示す条件によって決められる。

$$\tan k\bar{x} = \frac{-(M_2 \cos kL + M_1)}{M_2 \sin kL} \quad \dots\dots(4)$$

ただし、 $0 \leq \bar{x} \leq L$

キーワード：梁柱，換算曲げモーメント，座屈，構造設計

連絡先：札幌市中央区南 26 条西 11-1-1 北海学園大学工学部

TEL 代表 (011) 841-1161 内線 (771) FAX (011) 551-2951

式（4）の範囲外や片持柱のように $M_2/M_1 = 0$ （一方の部材端モーメントが0の場合）の場合は、次式を適用して求めなければならない。

$$M_{eq} = \frac{|M_1|}{\sqrt{\frac{2(1 - \cos kL)}{\sin^2 kL}}} \quad \dots\dots(5)$$

このように、理論的には道路橋示方書の適用範囲と異なり、必ずしも式（3）により換算曲げモーメントが求められるとは限らない。

4 計算例

ここでは、換算曲げモーメントの問題点を検討するために、実際に軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける部材の安定照査を、参考文献³⁾の計算例、近似式を用いた方法、理論式を用いた方法の三つの方法で行い、換算曲げモーメント算出の比較を行う。

図-1に示すような曲げモーメント分布を有する橋脚³⁾に対して計算を行い、その計算結果を表-1に示す。適用範囲において、近似式による方法は道路橋示方書の示す条件を満たしており、式（3）をそのまま用いて計算を行った。理論式による方法では、適用範囲の条件式（4）の結果より、用いる理論式は式（5）として計算を行った。参考文献³⁾の計算例では、部材端曲げモーメントの最大値をそのまま用いて σ_{bcy} を求めている。

表-1から換算曲げモーメント算出において、道路橋示方書で用いられている近似式による方法だと理論式による方法より危険側に照査してしまうことがわかる。道路橋示方書では、理論的には式（2）や式（3）を適用できないにもかかわらず、式（3）を用いて計算することの問題点がある。ただ、この計算に用いた条件は、軸方向力による影響が非常に小さく、もっと軸方向力の影響が大きい条件だと理論式（5）を用いた時の照査式の値が小さくなり、両者の結果は多少近づく。また、参考文献³⁾の計算例の場合も安全側をとって最大曲げモーメントを用いて計算しているが、本計算例の場合軸力の影響が小さいので、結果的に照査式の値は理論式を用いた方法と大きな違いが見られない。

5 まとめ

本論文では、道路橋示方書に示される近似式に

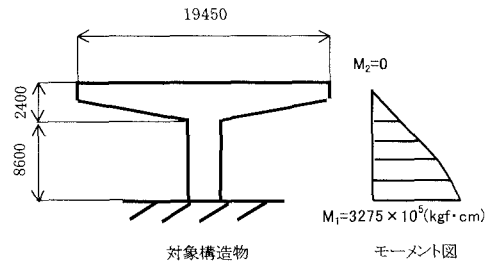


図-1 計算例に用いた構造物

表-1 計算結果

	参考文献 ³⁾ の計算例	近似式	理論式
M_{eq} (kgf·cm)	3275×10^5	1965×10^5	3234×10^5
σ_{bcy} (kgf/cm ²)	2284	1371	2256
照査式の値	0.92	0.62	0.91

よる換算曲げモーメント算出がもつ問題点を理論式と比較することにより明確にした。近似式を用いて換算曲げモーメントを算出するには、適用範囲が問題になり、場合によっては結果を危険側に評価してしまい、軸力が小さい片持柱の設計には近似式を用いるべきではないことがわかった。もう一つの問題として、実際の設計においては部材端曲げモーメントの最大値を用いて安定照査を行っているため、結果がより安全側に求まる傾向がある。

近似式とは、電算機がまだ発達していない時に研究され、提案されてきた。しかし、近年の電算機などの著しい発展の中、この近似式による方法を見直し、理論式を用いた方法で部材の安定照査を行うべきではないであろうか。

以上より、軸方向力と曲げモーメントを同時に受ける部材の安定照査を行う場合の換算曲げモーメント算出には、理論式を用いた方法で行うことが最善であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・Ⅱ鋼橋編，丸善，平成8年12月。
- 2) W.F. Chen, E.M. Lui：STRUCTURAL STABILITY, PTR Prentice Hall, 1987.
- 3) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，
4. 鋼製橋脚を用いた場合の設計計算例，丸善，平成9年3月。