

多径間連続橋における落橋防止ケーブルの必要剛性に関する研究

立命館大学大学院 学生員 ○中尾 尚史
立命館大学 正会員 伊津野 和行

1. はじめに

落橋防止システムに関しては、これまで単径間桁に対する研究が大半であった。しかし、現在ほとんどの桁が連続化されており、多径間連続橋に対する検討を進めることが必要である。よって、本研究では多径間連続橋を対象として、落橋防止システムの定量化・定式化を行う。

2. 解析モデル

本研究では図-1 に示す 5 径間連続橋を対象とし、A 点に落橋防止ケーブルを設置する。ケーブルは A 点が橋脚または橋台から離れたとき、落橋防止ケーブルのばね定数 k と A 点の変位量 y からなる復元力 ky で落下した桁を引張る。スパン長は両端のスパン長を l_1 、それ以外（中央部の 3 径間）の

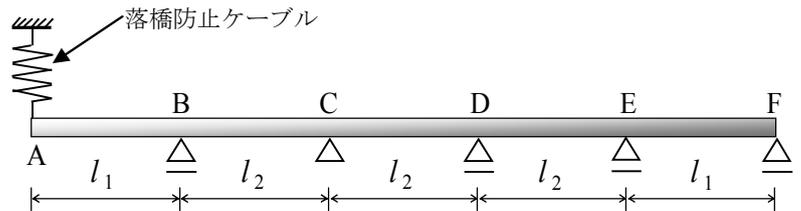


図-1 解析モデル

スパン長を l_2 とする。スパン長の違いによる影響をみるために、 l_1 を 40m に固定し、 l_2 を 40m から 60m に変化させる。荷重は死荷重のみを与え、単位長さあたりの荷重は文献を参考に $q=154\text{kN/m}$ とする¹⁾。多径間連続橋は、A 点が落下してもすぐに落橋はしない。しかし、B 点の曲げモーメントが増大し、C 点が負反力になることが問題となる²⁾。よって B 点に作用する曲げモーメントと C 点の支点反力を求める。

3. 無次元化

B 点に作用する曲げモーメントは次式となる。

$$M_B = \frac{k}{EI/l_2^3} \left\{ \frac{1}{24} \alpha (\alpha + 1)^4 - \frac{1}{24} \alpha^4 - \frac{1}{6} \left(\frac{1}{2} \alpha^2 + \frac{1}{2} + \alpha - \frac{11 + 12\alpha - 14\alpha^4 - 15\alpha^3}{8(13 + 15\alpha)} \right) \alpha - \frac{1}{24} \alpha^5 \right\} ql_1^2 - \frac{1}{2} ql_1^2 \quad (1)$$

$$1 - \frac{k}{EI/l_2^3} \left\{ \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \alpha - \frac{1}{6\alpha^2} (\alpha + 1)^3 + \frac{1}{6\alpha^2} \left(L + 1 + \frac{\alpha(8\alpha + 7)}{2(13 + 15\alpha)} \right) \right\} \alpha^3$$

ここで E はヤング率、 I は断面 2 次モーメント、 k はケーブルのばね定数、 α は l_1 と l_2 の比 (l_1/l_2) を表している。また、 EI/l_1^3 は曲げ剛性を表しており、ケーブルの剛性との比を取り無次元化を行う。本研究では、ヤング率を 200GN/m^2 、断面 2 次モーメントを 0.76m^4 と設定した¹⁾。また、桁が落下していない状態における桁の固有振動数 f と、桁が落下したときの固有振動数 f_k の比をとることによっても、無次元化が可能である。

以上の 2 つの方法より無次元化を行い、等間隔のスパン長の場合と、両端のスパンと異なるスパン長（不等間隔）における B 点に作用する曲げモーメントの影響を比較する。C 点の支点反力についても同様の方法により無次元化を行い、比較検討を行う。

4. 解析結果

図-2 は固有振動数を無次元化したときの B 点に作用する曲げモーメント、図-3 に曲げ剛性とケーブルのばね定数を無次元化したときの B 点に作用する曲げモーメント、図-4 に C 点の支点反力を示す。図中の横軸は桁が落下した状態における固有振動数 f_k を桁が落下していない状態における桁の固有振動数 f で割り無次元化

した値および、ケーブルのばね定数 k を曲げ剛性 EI/l_1^3 で割り無次元化した値であり、 f_k/f が最小または $k/(EI/l_1^3)$ が 0 のときはケーブルを設置していない状態を表している。縦軸の M_r および R_{dr} は桁が落下した状態の曲げモーメントおよび支点反力を、桁が落下していない状態におけるそれぞれの作用力で割ったものを百分率で表したものであり（ここでは曲げモーメント率、支点反力率と呼ぶ）、曲げモーメント率および支点反力率が 100% のときは桁が落下していないときの曲げモーメントおよび支点反力を意味している。また、凡例に示している長さは l_2 の長さである。

図-2 を見ると、 l_2 が 40m のときの曲げモーメント率は最大で 500% 近くになるが、 l_2 が長くなるにつれ、曲げモーメント率の最大が低くなる。また、 l_2 が 40m では f_k/f が約 0.25 で曲げモーメント率が最大となるのに対し、60m においては f_k/f が約 0.4 で曲げモーメント率が最大となる。

図-3 で $k/(EI/l_2^3)$ が 3 程度までは各スパン長による曲げモーメント率に差が生じているが、3 以上になると曲げモーメント率に差がみられず、1 つの曲線で定式化が可能であると考えられる。この場合、 $k/(EI/l_2^3)$ を 5 程度にすれば B 点に作用する曲げモーメント率を 200% まで抑えることができる。また、B 点に作用する曲げモーメント率の最大値は、 l_2 が長くなるにつれ小さくなる。

同様に図-4 でも $k/(EI/l_2^3)$ が 10 を超えると、それぞれのスパン長による差はほとんど見られず、1 つの曲線で定式化が可能である。また、ケーブルを設置していない場合、スパン長が長いほうが支点反力の低下量は少なくすることができる。

5. おわりに

本研究では多径間連続桁を対象として、落橋防止システムの定式化を試みた。その結果は以下のとおりである。

- ① 中央部の 3 径間のスパン長 l_2 を長くすると B 点に作用する曲げモーメント率の最大値は小さくなり、C 点に作用する支点反力の低下率は減少する。
- ② l_2 を基準として曲げ剛性の無次元化をすれば、1 つの曲線で定式化が可能である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997。
- 2) 中尾尚史，伊津野和行：多径間連続桁における落橋防止ケーブルの設計に関する基礎的研究，第 9 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp123-128，2006。

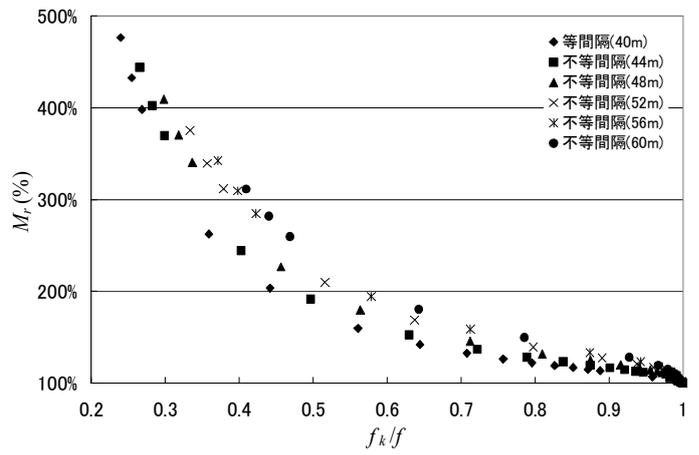


図-2 曲げモーメント図（固有振動数で無次元化）

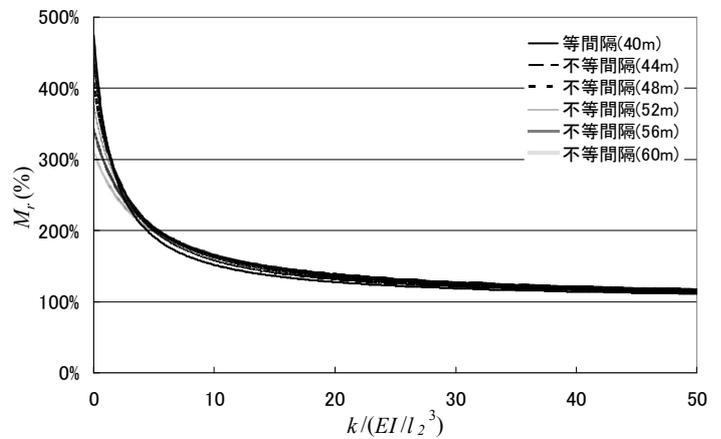


図-3 曲げモーメント図（曲げ剛性で無次元化）

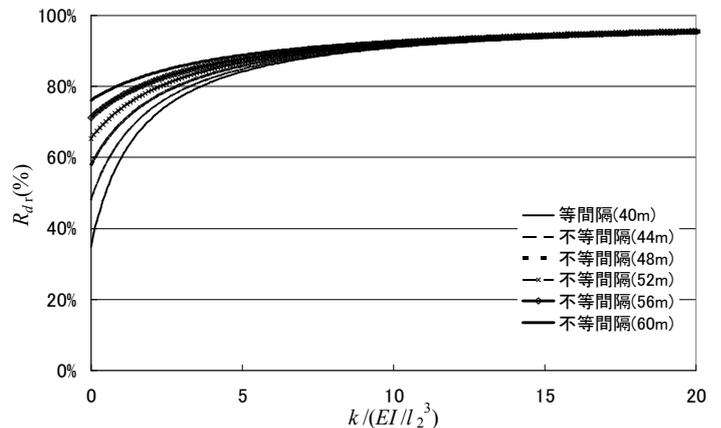


図-4 支点反力図（曲げ剛性で無次元化）