

I - A284 実働活荷重モデルを用いたシミュレーション解析による長支間鋼箱桁橋の発生曲げモーメント

大阪市立大学大学院 学生員 岩廣真悟

大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博

総合技術コンサルタント 正 員 野口二郎

1. まえがき

現行の設計法によると、活荷重によって生じる断面力は、長支間を有する橋梁についても、影響線や影響面を用いて、最も大きな値が発生する載荷状態に対して求められている。しかしながら、このような最大断面力が発生する載荷状態の生起確率は、支間長が長くなるのに伴って、小さくなるものと考えられる。また、より合理的な設計法である限界状態設計法へ移行するためにも、実際的な活荷重によって発生する最大断面力の実態を明らかにする必要がある。そこで、それらの実態を調べるために、本研究では、都市高速道路における活加重の実測データを用い、モンテカルロ法により実働活荷重を発生させ、供用期間を50年とした場合の長大鋼箱桁橋に作用する断面力をシミュレーション解析した。

2. 解析モデルと着目断面

対象とした橋梁は、都心部で建設機会の多い橋梁形式である図-1に示す橋長が580mで、また2車線を有する3径間連続鋼床版箱桁橋とした。また、着目した断面は、図-2(b)に示す負の曲げモーメントが卓越する P_{10} 支点近傍とした。

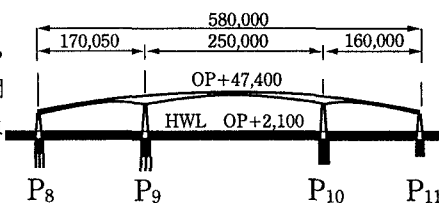


図-1 解析モデルの側面図 (寸法:mm)

表-1 走行モードの詳細

項目	①突発渋滞	②通常渋滞
走行状態	夜間に行われる補修作業や事故などによって生じる渋滞。大型車の混入率が高い。	1日における渋滞時間を、朝4時間・夕2時間とする自然渋滞。
大型車混入率	60%、または40%	20%
発生頻度	50回/年	1回・6時間/1日
車間距離	一定 (2.71m)	一定 (8.00m)

3. ダイレクト・シミュレーション

まず、車輛の走行モードとしては、自由走行時と渋滞時とが想定される。しかし、対象橋梁が長支間を有することから、ここでは、表-1に示す2種類の渋滞走行モードを用いた。さらに、それら走行モードを用いて、実測データ²⁾にもとづいた車輛を、表-2に示す2つの載荷ケースとして発生させた。なお、渋滞走行モードにおける車輛の走行速度が遅いため、衝撃は、考慮しない。このようにして発生させた図-2(a)に示す自動車荷重列をシミュレーション期間別に、図-2(b)のように鋼箱桁橋に載荷した。その際、自動車荷重列の載荷方法は、全車種とも軸重載荷とした。そして、シミュレーション期間年の荷重列において、図-2(c)に示すように、着目断面に関する曲げモーメントの影響線の縦距 η_i と各車輛の軸重 W_i との積の和として与えられる最大断面力 $M_{Li,max}$ を、求めることとした。これらの $M_{Li,max}$ を、発生確率分布が十分な精度で設定できるに必要な50回だけ繰り返して算出した。

表-2 実働活荷重の載荷ケース

項目	case-1	case-2
走行モード	1車線は突発渋滞、残りは通常渋滞	同左
大型車混入率	60%+20%	40%+20%
解析期間j年 (車輛列の長さ)	1年、2年、および50年	同左

4. シミュレーションの効率化

橋梁の供用期間を50年とみなしたとき、期間50年にわたる最大断面力を求めるためには、コンピュータの膨大な記憶容量と演算時間とを必要とする。そこで、期間j年の最大断面力を手際よく、確実に求めるために、以下の効率化を、施した。その考え方を図-2を参照して示すと、以下のとおりである。

(i) $W_i = 10\text{t}$ 以上の軸重をもつ車輛のみを、着目断面の影響線の最大縦距 η_{max} 上に載荷する。

(ii) 橋梁上を走行する他車輛の軸重 W_i と、影響線縦距 η_i とを用い、断面力を算出する。

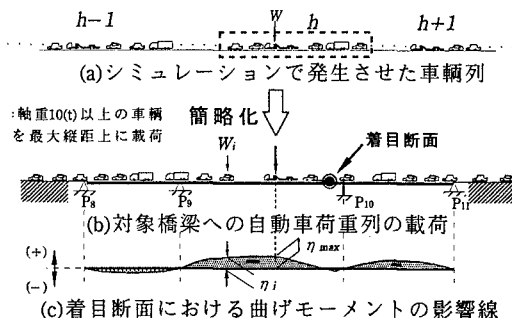


図-2 シミュレーションの効率化の概念図

key word: 活荷重、長大鋼箱桁橋、モンテカルロ法、限界状態設計法

〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138・Tel 06-605-2735・Fax 06-605-2765

5. 解析結果

まず、ダイレクト・シミュレーションによって得られた $M_{i,j,max}$ を設計曲げモーメント M_d (影響線を用いて設計活荷重を載荷して求めた値) で割り、無次元化された曲げモーメント比 $X_j = M_{i,j,max} / M_d$ を求める。つぎに、 X_j の頻度分布を極値 I 型分布とみなし、各シミュレーションにおける最大値の分布図より、実働活荷重の実態を考察することとした。

このような解析結果より得られた各活荷重載荷ケースに対する曲げモーメント比 X_j の極値 I 型分布図を、図-3 に示す。この図中、本研究では、文献1) に準拠して、使用限界状態のうちの一つである降伏限界状態に対応する特性値を年最大値分布の超過確率 $P_n = 10\%$ に対応する曲げモーメント比とした。また、文献2) を参考にして、再現期間を500年とした場合の終局限界状態に対応する特性値を得るための超過確率を、次式を用いて算出した。

$$500 = \frac{j}{P_n} \quad \dots(1)$$

具体的には、終局限界状態に対応する特性値は、シミュレーション期間 $j=2$ 年とした最大値分布の超過確率 $P_n = 0.4\%$ に相当する曲げモーメント比とした。ここでは、これら2つの特性値を、それぞれ年最大期待値、および500年再現期待値と呼ぶことにする。また、500年再現期待値は、橋梁の供用期間を50年としたときの最大断面力分布において、超過確率10%の曲げモーメント比に対応している²⁾。なお、シミュレーション期間を50年とした場合の X_{50} の分布図は、図-3の2つの載荷ケースに対する X_2 の回帰直線とほぼ一致したことより、省略した。

表-3には、このような解析による、年最大期待値と、500年再現期待値とを示す。

6. まとめ

本解析の結果をとりまとめると、以下のとおりである。

- i) 渋滞時の車間距離を一定としたため、解析期間 j 年に関係なく、得られた断面力の最大値分布は、ほぼ等しかった。
- ii) 載荷ケース1、および2に対する大型車の混入率が60%と40%との X_j の差異は、約0.5%であった。
- iii) 活荷重載荷ケース1に対する年最大期待値と500年再現期待値とは、設計断面力に比べて、それぞれ58%、および65%であった。同様に、活荷重載荷ケース2に対するものは、それぞれ55%、および60%であった。
- iv) したがって、影響線を利用して、着目断面に最も大きな断面力が生じるように設計活荷重を載荷する現行の設計法は、長大橋梁の場合、安全側の値を与え、改善の余地を残している。

今後の課題としては、以下の項目があげられる。まず、突発渋滞時の詳細な実測データを、収集する。つぎに、得られた年最大期待値と500年再現期待値とから、適切な活荷重の載荷方法を、モデル化する。そして、そのようなモデル化された活荷重と対象とした橋梁の死荷重とを考慮し、現行の設計示方書で設計された長大曲線橋が、終局限界状態、および使用限界状態に対し、どの程度の安全率を有しているかを調べる。

なお、本研究は、鋼材倶楽部・土木鋼構造研究助成金として研究補助を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 北田俊行・堂垣正博・石崎 茂・池田秀夫・武田芳久：鋼箱桁橋の終局限界状態および使用限界状態に対する実安全率について、構造工学論文集、Vol.38A、土木学会、pp.265～pp.278、1992年3月
- 2) 阪神高速道路公団・HDL委員会：阪神高速の設計荷重体系に関する調査研究、阪神高速道路公団・(財) 阪神高速道路公団管理技術センター、pp.54～75、1986年12月

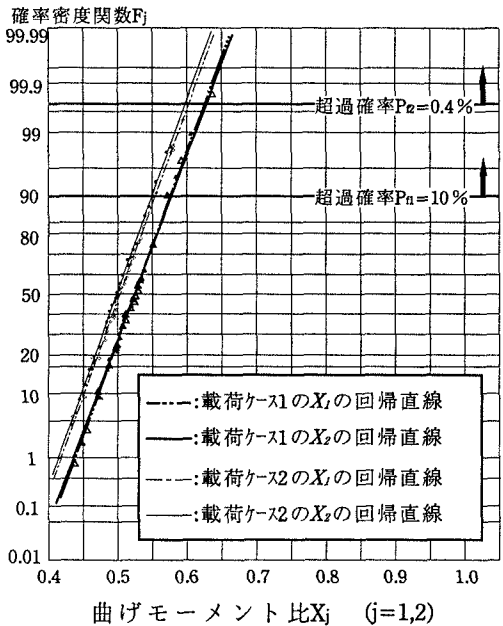


図-3 X_j の極値 I 型分布への当てはめ

表-3 $X_j (= M_{i,j,max} / M_d)$ の解析結果

項目	活荷重載荷ケース1	活荷重載荷ケース2
年最大期待値	0.578	0.553
500年最大期待値	0.650	0.595