

I-A 300

実働活荷重による斜張橋の断面力のシミュレーション解析結果について

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、および広幅員を有する橋梁についても影響線や影響面を用いて、最も大きな断面力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、相当に小さいものと考えられる。それらの状況を知るために、本研究においては、自動車そのものに関する実測データを用い、モンテカルロ法により実働活荷重を発生させ、それによる長大斜張橋の断面力をシミュレーション解析した。一方、上述の現行設計法にしたがって最大断面力を求め、シミュレーション解析と対比して、活荷重の取扱い方について検討を加えてみた。

2. ダイレクト・シミュレーション

本研究では、まず図-1に示すファン形式の長大斜張橋を対象とした。つぎに、自動車の実測データに基づいた車輛を、表-1に示す2種類の走行モードを用いて、1車線のみに発生させた。さらに、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、斜張橋に載荷した。その際、自動車荷重列の荷重載荷方法は、全車種とも軸重載荷とした。そして、期間年の荷重列において、図-2(c)に示すように、着目点に関する曲げモーメントの影響線の縦距 η と各車輛軸重 W とから最大断面力 $M_{Lj,MAX}$ を算出した。これらの $M_{Lj,MAX}$ を、発生確率分布が十分な精度で設定できるに必要な回数だけ繰り返して算出した。なお、対象斜張橋は、6車線を有している。そこで、解析の簡略化を図るため、全車線とも通常走行の場合は、1車線の最大断面力を6倍した値を $M_{Lj,MAX}$ とした(解析Ⅰ)。また、渋滞時を想定した場合については、片側3車線を通常渋滞、残りの3車線を通常走行とし、各走行モードによる1車線の最大断面力を3倍した値を加え合わせて、それを $M_{Lj,MAX}$ とした(解析Ⅱ)。

3. シミュレーションの効率化

橋梁の供用期間を50年としたとき、期間50年にわたる最大断面力を求めるには、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、期間年の最大断面力を手際よく、確実に求めるために、効率化を施した。図-2を参照にして、その考え方を示すと、以下のとおりである。

3. シミュレーションの効率化

橋梁の供用期間を50年としたとき、期間50年にわたる最大断面力を求めるには、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、期間年の最大断面力を手際よく、確実に求めるために、効率化を施した。図-2を参照にして、その考え方を示すと、以下のとおりである。

- (1) 着目点に載荷する軸重は、 $W=10\text{tf}$ 以上のものだけを対象とする。
- (2) 上述の軸重を持つ車輛のみを、着目点の影響線の最大縦距 η (44番)上に載荷する。

表-1 走行モード

項目	①通常走行	②通常渋滞
走行状態	一日中、自然な走行条件	文献2)を参考に一日における渋滞時間を、am7:00~am11:00、およびpm5:00~pm7:00とする自然渋滞
頻度	ランダム	1回・6時間/1日
車間距離	ランダム	一定(8m)
衝撃	考慮する	考慮しない

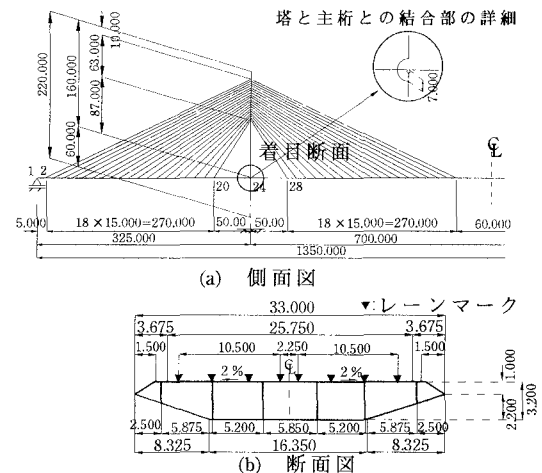


図-1 対象とする斜張橋モデル(寸法単位:m)

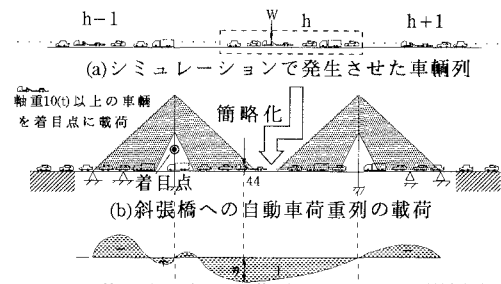


図-2 シミュレーションの効率化の概念図

4. べき乗則による推定方法及解析結果

まず、ダイレクト・シミュレーションによって得られた $M_{Lj,MAX}$ を設計曲げモーメント M (影響線を用いて設計活荷重を載荷して求める)で割り、無次元である曲げモーメント比 $X_i = M_{Lj,MAX}/M$ を求める。ここで、 M の算出に用いた適用設計示方書と解析着目点とを、表-2に示す。

つぎに、 X_i の頻度分布を極値Ⅰ型分布とみなして、期間 j 年に対する X_i の確率分布関数 F_j を求める。一例として、渋滞時を仮想したときの曲げモーメント比 X_i の頻度分布図、および極値Ⅰ型分布図を、それぞれ図-3、および図-4に示す。そして、この F_j より、橋梁の供用期間を50年とした場合の期間50年に発生すると予想される最大曲げモーメント $M_{L50,MAX}$ を M で割った曲げモーメント比の確率分

布関数 F_{50} を、べき乗則を用いて、次式より推定する。

$$F_{50} = \{F_j\}^{\frac{50}{j}} \quad \text{ただし } n = \frac{50}{j} \quad (50 > j) \quad \cdots(1)$$

また、 F_j より再現期間を500年とした場合の期間50年の超過確率 $P_T = 10^{-1}$ に相当する P_T を、次式より求める。

$$500 = \frac{j}{P_T} \quad \cdots(2)$$

P_T 、およびそれに対応する曲げモーメント比 X_{50} の値を表-3に示す。

5. 解析結果の考察とまとめ

1)図-4に示すように、期間1日、および1ヶ月程度のシミュレーションによる期間50年最大応答の推定は、困難であると判断された。また、べき乗則を用いて推定した回帰直線は、期間50年の実応答値よりも過大であると推測される。以上の諸点から、少なくとも解析期間を年単位に設定し、べき乗則の適用範囲を検討する必要がある。

2)最大曲げモーメント比 X_i を求める際に支配的となる走行モードは、長大橋梁の場合、通常渋滞となる。

3)影響線を利用して最も不利とな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。

4)多車線の場合、個々の車線に異なった実働活荷重を載荷して、検討する必要もあると考えられる。

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。また、研究を行う際、日本橋梁（株）の池田秀夫氏には、活荷重発生に関する、種々な御協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を表する。

参考文献

1)阪神高速道路公団・東神戸大橋工事誌編集委員会：東神戸大橋工事誌（5号湾岸線）、（財）阪神高速道路公団管理技術センター、1994年5月

表-2 設計断面力算出時の適用設計示方書と着目点

モデル橋	支間長 L	適用設計示方書	着目点
斜張橋	700m	本四上部基準	塔部断面(122番)

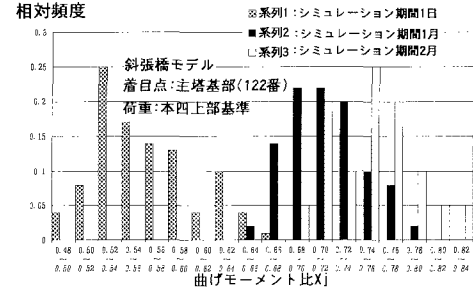


図-3 曲げモーメント比 X_i の頻度分布図(渋滞時)

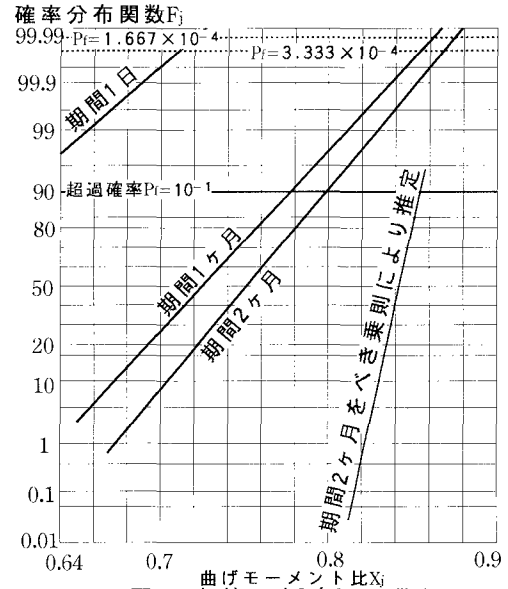


図-4 極値Ⅰ型分布図(渋滞時)

表-3 P_T と X_{50} の解析結果

モデル	項目	解析値	期間・1日	期間・1月	期間・2月
斜張橋	解析Ⅰ	超過確率 P_T	5.479×10^{-4}	1.667×10^{-4}	3.333×10^{-4}
	走行	曲げモーメント比 X_{50}	—	0.751	0.746
	解析Ⅱ	超過確率 P_T	5.479×10^{-4}	1.667×10^{-4}	3.333×10^{-4}
	波濤	曲げモーメント比 X_{50}	—	0.862	0.869