

総合技術コンサルタント	正員	久保雅邦
阪神高速道路公団	正員	中島裕之
Columbia 大学	正員	篠塚正宣

1. まえがき

構造物の信頼性評価に基づく設計体系を策定するにあたって確率論的アプローチが重要な役割を果たすが、具体的な信頼性レベルの評価において残された課題は多い。一般に、部材強度の評価に比べて荷重の評価や応答解析の方法において重要な課題が残されていると思われる。道路橋における活荷重の問題では、第一に自動車荷重の特性を明らかにし、次に不規則な自動車荷重を受ける構造物の応答を正確に算定する必要があるが、このような荷重を受ける橋梁の信頼性評価を目的とした応答解析の方法を併用する必要がある。とりわけ、この2つの問題は一貫した流れの中で系統的に議論すべきであるが、従来の研究ではこの点における配慮が不十分なために、研究成果が実際の構造物に対する具体的な評価に十分反映されていないように思われる。本研究の目的は、このような意図のもとで道路橋における自動車荷重の不規則性を考慮した応答解析の方法を併用することである。設計し荷重体系を念頭に置き、荷重列としての自動車荷重の特性を考慮しているが応答の動的効果は考えていない。解析方法の基本はパルス過程の理論を適用する点にあるが⁽¹⁾、他の解法^{(2),(3)}に比べて荷重のモデル化が容易であり、且つ着目応答の影響線を用いてパルス過程の重ね合わせを利用することができる。

2. 自動車荷重列の不規則性とモデル化

阪神高速道路公団では都市内高速道路における自動車荷重の特性を把握するために、広範な活荷重実態調査⁽⁴⁾を行った。その結果を参考に、ここでは次の自動車荷重の特性を考慮しモデル化を行った(図-1)。

a) 車頭間隔の特性：交通量が比較的少なく、各車両が互いに独立に走行している状態の車頭間隔は近似的に指数分布に従い、車両の到着台数はポアソン過程によって表わされる。交通流が渋滞に近づくにつれて、車頭間隔はアーラン分布もしくはガンマ分布が良く適合する(図-2)。従って、到着台数は非ポアソン過程となり一般的な計数過程を用いる必要があるが、そのために応答解析の困難さが増大する。これを近似的に解決する方法として、非ポアソンモデルを等価なポアソンモデルに置換する方法を考えた。重要なのはある支間長に載荷している車両台数が何台かということであり、いま車頭間隔がアーラン分布に従うとすれば、これを到着台数の超過確率が等しくなるポアソンモデルの“等価到着率”を求めることができる⁽⁵⁾。b) 車両重量の特性：一車線に含まれるすべての車両の重量分布をモデル化した。各車種混入率は既に分布形の中へ反映されており、応答解析の中ではこれを分布関数によって表わす必要はなく数値的に与えられた頻度分布のままの形で用いることができる。c) 車長の特性：各車両は有限の車長を有し、上記の調査では上下限値を有するベータ分布が車長特性を良く表わすとしてモデル化に使われた。自動車荷重を正確に表わすには、個々の軸間距離を考えた軸重荷重とすべきであるが、これを1個の集中荷重にモデル化する際の近似度は着目応答の種類と支間長によって異なる。一例を図-3に示す。曲げモーメントについては十分な精度で車重モデルによって近似されるが、せん断力については軸重モデルを使う必要がある。d) 車両の連行特性：高速道路では何んらかの原因によって大型車が連行する特性があり、各車両が全く独立に到着するよりも大型車が連続して到着する発生頻度が高くなる。このことにより、より苛酷な荷重条件が頻発することは明らかである。上記の調査結果からは有意な連行特性が得られず、ここでは各車両の連続到着は独立であるとしたが、今後検討すべき重要な課題であると思われる。e) 複数車線の場合：具体的な設計活荷重の策定にあたって複数車線の問題は重要な課題となるが、各車線の荷重列は近似的に独立であると考えてポアソン過程の重ね合わせを行った。

3. 不規則集中荷重列を受ける梁の応答解析

a). 任意時刻における応答：上記した荷重列のモデル化を用いて行う応答解析の理論を図-4に示す。自動車荷重列がポアソン過程によってモデル化されるならば、Filtered-Poisson過程の理論によって応答の平均値、分散のみならず分布の特性函数さらには確率密度函数をも算定することができる。非ポアソン過程の場合に一般的に計数過程の理論を適用するとすれば、現在のところ応答の平均値と分散以外の算定式は与えられていない。ここには、これをポアソン過程に等価置換しその際の近似度について照査することとした。

b). 使用期間を考えた最大値の評価：構造物の使用期間を考えた最大応答値の評価方法を図-5に示す。一般には任意時刻の荷重列から図に示す(A)の方法によって応答の最大値を評価しているが、この場合には任意時刻における応答の確率量の他に応答の速度の確率量を必要とするため、この方法を活荷重応答解析に用いるのは容易ではない。これに対して、ここでは(B)の方法が効果的であると考えた。何故なら、この場合には最大荷重列の評価の中へ上記した特性を取り込むだけであり、扱うのは荷重列のみである。この結果最大荷重列としてポアソン過程を近似できるならば最大応答値の評価が容易に行えることは上記の通りである。

4. あとがき

本研究では、道路橋における活荷重実態調査に基づいて実用的な活荷重応答解析の方法を開発し、ここには解析のモデル化と方法を中心に述べた。この種の問題は比較的新しい研究課題であり残された問題もあるが、ここで提案したパルス過程の理論を応用する方法が比較的数学的に扱い易く実用的な方法であると思われる。本研究の荷重列モデル化においては、設計荷重委員会(小西一郎委員長)活荷重分科会(亀田弘行主査)の中で多くの示唆を得た。関係いただいた各位に謝意を表します。

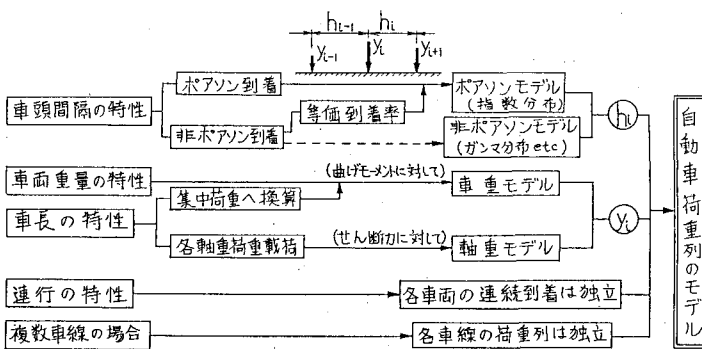


図-1 自動車荷重列のモデル化

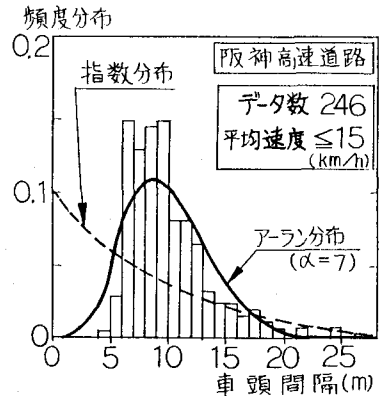


図-2 車頭間隔の特性

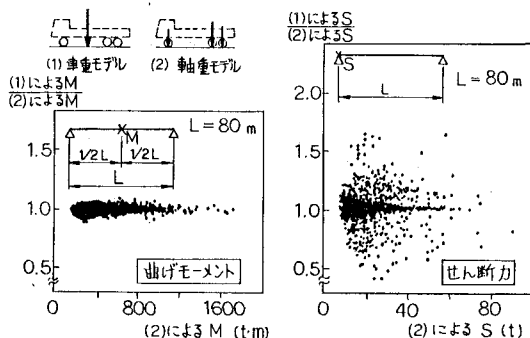


図-3 車重モデルと軸重モデルの比較

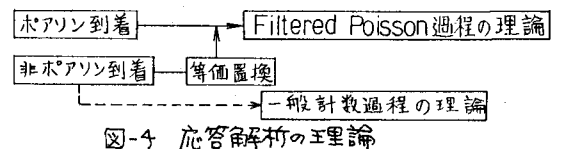


図-4 応答解析の王理論

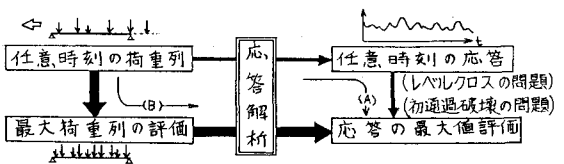


図-5 最大応答値算出のフロー

- (参考文献) (1)篠塚・松村・久保, 論文集第342号, 1984.4 (2)高岡・白木・松保, 論文集第334号, 1983.6
(3)岡村, 論文集第316号, 1981.2 (4)阪神公団活荷重分科会報告書, 1984.3 (5)篠塚・久保, 第38回学代会, I-200