

第 I 部門

GA を用いた Bridge Weigh-in-Motion システムの実在橋梁への適用に関する基礎的研究

近畿大学理工学部 フェロー ○米田 昌弘

近畿大学理工学部

山口 優

近畿大学理工学部

古谷 佳也

1. はじめに

交通量の増加と車両の大型化は、環境振動問題のみならず、活荷重応力も大幅に増大させる。また、過積載車が橋梁上を通過する場合も多く、橋梁交通荷重を正しく把握することは、橋梁構造物を維持管理する上できわめて重要である。そこで、本研究では、GA（遺伝的アルゴリズム）に着目し、GA を用いた Bridge Weigh-in-Motion システムの実在橋梁への適用について検討を行うこととした。

2. 対象とした橋梁と車両

本研究で対象とした橋梁は、支間長が 34.25m（橋長が 35.00m）の単純桁橋である。また、対象とした試験車両は図-1 に示すような 3 軸車であり、その緒元を表-1 に示す。ここに、表中に記した等価軸距とは、図-2 に示すように、荷重列を一つの集中荷重に置換した場合の作用位置（前輪から測った軸距）であり、図-2 中に記した記号を用いれば、3 軸車の等価軸距 a_{eq} は次式で算定される¹⁾。

$$a_{eq} = \frac{P_2 \times a_{12} + P_3 \times a_{13}}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (1)$$

3. 実測波形

上述した試験車両が対象とした橋梁（追い越し車線）を走行した場合の、中央点における変位波形を図-3 に示す。なお、この波形は、加速度の実測波形を

1.0Hz のローパスフィルター処理した後に 2 回積分し、かつ、トレンド処理を施したものである。

4. GA による推定結果と考察

試験車の軸荷重と軸間距離は、いくら厳密に計測しても、若干の計測誤差が含まれる可能性がある。そこで、前輪荷重 P_1 と後輪荷重 P_2 および軸間距離 a_{12} の計測値に最大で $\pm 2.5\%$ の誤差があるものとし、表-2 に示す条件のもとで、1.1 秒後、1.35 秒後の変位を用いて GA を適用することとした。その結果、適応度関数の最大値は、図-4 に示すように車速が 55.1km/h の時に最大となり、この時の等価軸距は 4.774m（正解値は 4.786m）、総重量は 241.42kN（正解値は 241.08kN）、キャリブレーション値（=計測値/計算値）は 1.21 のように算出された。ただし、適応度関数とは、以下に示した目的関数 J_{GA} の逆数で、この値が最大となる個体が最確値となる。

$$J_{GA} = \sum_{i=1}^n |CAL \times R_{c,i} / R_{m,i} - 1.0| \quad (2)$$

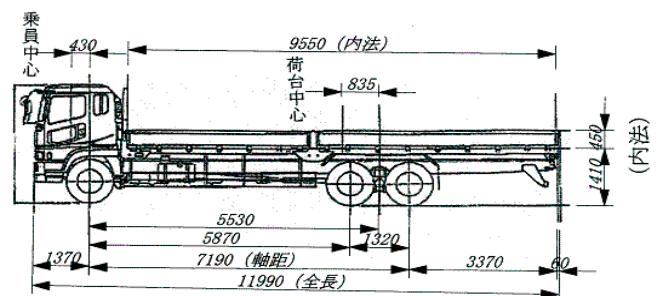


図-1 試験車両

表-1 試験車（3 軸車）の軸重と軸距

(a) 軸重と総重量

軸重			総重量
P_1	P_2	P_3	
63.896 kN	90.944 kN	86.240 kN	241.08kN

(b) 軸距と等価軸距

軸距		等価軸距
a_{12}	a_{13}	
5.870 m	7.190 m	4.786 m

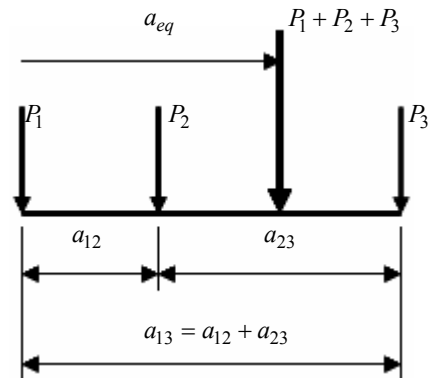


図-2 等価軸距

ここに、 R_{cj} は解析値にキャリブレーション（対象橋梁での解析値と実測値の差異を補正する係数）を乗じた応答、 R_{mj} は計測された応答、 n はGAで利用するデータ個数である。

上述の解析でキャリブレーション値が算出できたので、より汎用的な6軸車両モデル（CAL=1.20に設定）を採用し、表-3に示す条件のもとで、1.10秒後と1.35秒後の変位を用いてGAを適用することとした。解析で得られた速度と適応度関数の関係を図-5に示す。この図より、車速が54.4km/h（平均車速の算出値は58.9km/h）で適応度関数が最大となることがわかる。

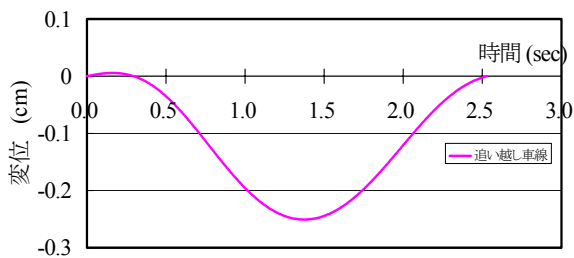


図-3 中央点における変位波形
(1.0Hzのローパスフィルター処理)

表-2 3軸車を採用したキャリブレーション算出用の適用条件（±2.5%の誤差を考慮）

推定する諸元	P ₁ , P ₂ , P ₃ , a ₁₂ , a ₁₃	
個体数	200個	
世代数	300世代	
交叉（1点交叉）確率	0.5	
突然変異確率	0.03	
選択方法	ルーレットルール	
推定諸元の設定範囲	P ₁	63.254～66.498kN
	P ₂	88.670～93.218 kN
	P ₃	84.084～88.396 kN
	a ₁₂	5.723～6.017 m
	a ₁₃	7.010～7.370 m

表-3 6軸車を採用した場合の適用条件

個体数	200個	
世代数	300世代	
交叉（1点交叉）確率	0.5	
突然変異確率	0.03	
選択方法	ルーレットルール	
推定諸元の設定範囲	P_1	29.4～196.0 kN
	$P_2 \sim P_5$	0～196.0 kN
	P_6	49.0～196.0 kN
	a_{12}	1.0～13.0m
	$a_{13} \sim a_{16}$	3.0～13.0m

また、この車速に対応する等価軸距と総重量の算出値は、それぞれ5.001mと251.00kNと算出された。これらの値は等価軸距と総重量の正解値である4.786mと241.08kNにほぼ等しく、GAを用いたBridge Weigh-in-Motionシステムの実在橋梁への適用は十分に可能であると言える。

5. まとめ

本研究は、GAを用いたBridge Weigh-in-Motionシステムの実在橋梁への適用について検討したものである。その結果、GAを用いたBridge Weigh-in-Motionシステムの実在橋梁への適用は十分に可能であることがわかった。それゆえ、今後はより多くの実測データについて本手法を適用し、適用精度について検討する所存である。

参考文献 1) 米田昌弘，枝元勝哉：GAを適用した橋梁交通荷重の推定法に関する研究，構造工学論文集，Vol.49A，pp.755～765，2003年3月。

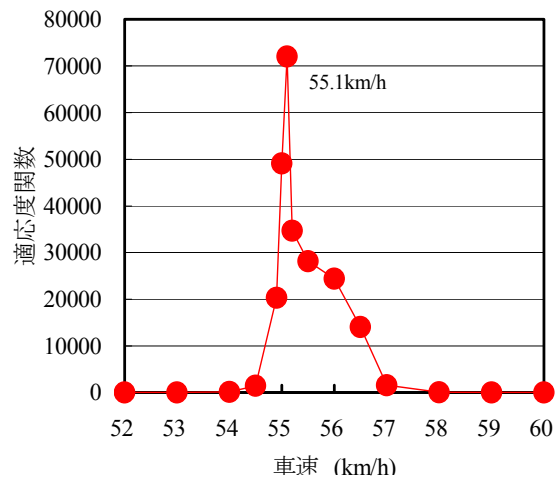


図-4 3軸車を適用した場合の適応度関数
(1.10s+1.35sの変位データ)

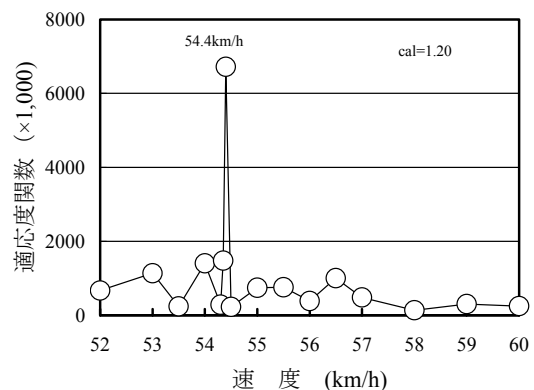


図-5 6軸車を適用した場合の適応度関数
(1.10s+1.35sの変位データ)