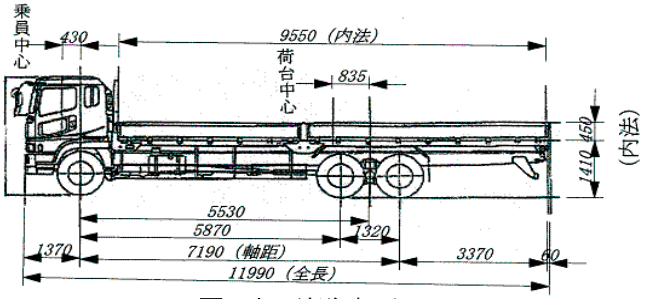
GA を用いた Bridge Weigh-in-Motion システムの実在橋梁への適用に関する基礎的研究

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．



図－1　試験車両

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)]．

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

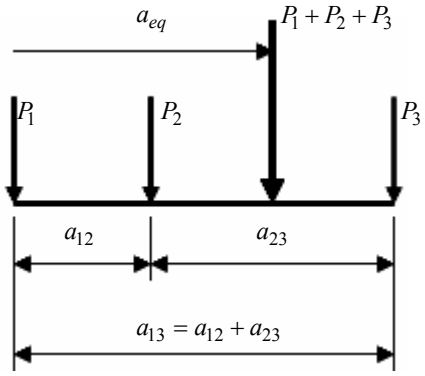
表－1　試験車（3 軸車）の軸重と軸距

(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

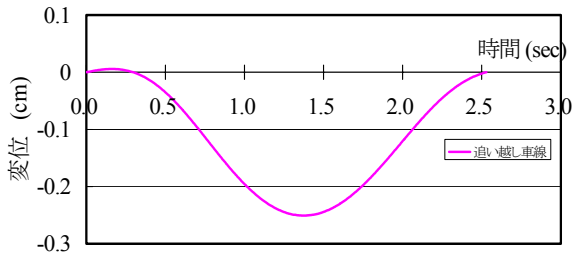
3．実測波形

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±2.5%の誤差があるものとし，**表－2**に示す条件のもとで，1.10 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（=実測値／解析値）は 1.21 のように算出された．ただし，適応度

キーワード：橋梁交通荷重，GA，Bridge Weigh-in-Motion，実在橋梁
連　絡　先：〒577-8502　東大阪市小若江 3-4-1　TEL 06-6721-2332　FAX 06-6730-1320



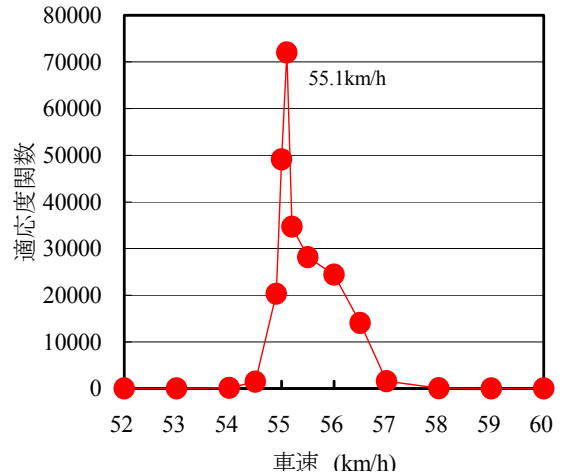
図－３　中央点における変位波形
（1.0Hz のローパスフィルター処理）

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～P_5	0～196.0 kN
	P_6	49.0～196.0 kN
	a_{12}	1.0～13.0m
	a_{13}～a_{16}	3.0～13.0m



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）

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．

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

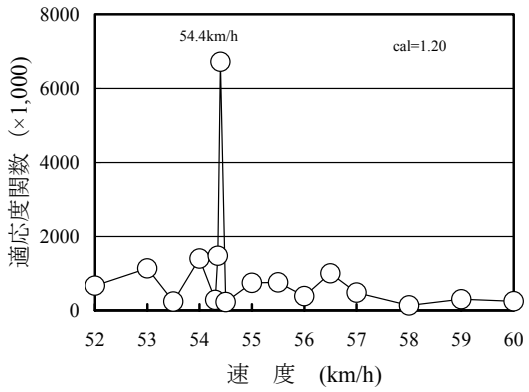
ここに，$R_{c,j}$ は解析値にキャリブレーション（対象橋梁での解析値と実測値の差異を補正する係数）を乗じた応答，$R_{m,j}$ は計測された応答，n は GA で利用するデータ個数である．

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．また，この車速に対応する等価軸距と総重量は，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－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）