

GA を適用した橋梁交通荷重の推定法に関する基礎的研究

近畿大学理工学部 学生員 池田勝平
 近畿大学理工学部 フェロー 米田昌弘
 近畿大学理工学部 学生員 木村 剛
 川田工業 正会員 枝元勝哉

1. まえがき 橋梁上を実際に走行する自動車荷重を把握することは、橋梁構造物を維持管理する上できわめて重要である。重量センサーを利用すれば走行車両の重量を計測できるが、この手法は路面工事やセンサーのメンテナンスが必要であることに加え、装置自体も高価であるという問題があった。このようなことから、多くの研究者によって橋梁上を走行する車両重量をより簡便に推定する手法が研究されている¹⁾。そこで、本研究では、変位計あるいはひずみゲージを用いた計測データを既知量とし、GA（遺伝的アルゴリズム）を適用することによって、簡易で経済的な橋梁交通荷重の推定法について検討した。

2. 2軸車を対象とした予備検討 図-1に示すように、橋長 50m の単純梁上を集中荷重 P_1 ($P_1=5.0\text{tonf}$) と集中荷重 P_2 ($P_2=20.0\text{tonf}$) が一定間隔 a_{12} ($a_{12}=4.0\text{m}$) を保ちながら速度 60km/h で移動する場合を想定した。集中荷重 P_1 と集中荷重 P_2 が橋梁に進入してから退出するまでの応答波形を、橋の中央点である 25m 地点で計測する。応答波形には静的成分と動的成分が存在するが、フィルター処理や波形の平均化処理を施せば、静的成分のみ抽出することが可能である。この静的応答成分を計測値として、先頭の集中荷重 P_1 が 15m 地点、20m 地点、25m 地点に到達した時刻での応答値を利用して、集中荷重 P_1 と P_2 および間隔 a_{12} を GA によって推定することとした。GA による推定値を真値と比較して表-1に示す。なお、GA の適用にあたっては、個体数を 100、世代数を 300、交叉（一点交叉）確率を 0.50、突然変異確率を 0.03 に設定した。また、GA による推定値としては、300 世代目の最適値を採用した。表-1からわかるように、GA で推定した集中荷重 P_1 と P_2 および間隔 a_{12} は真値と比べて若干の相違が認められる。しかしながら、総重量（ $= P_1 + P_2$ ）は真値と非常に良く一致していると言える。

3. 多軸車を対象とした検討

(1) 車両モデル

本章では、図-2に示した6つの車両（TYPE-1～TYPE-6）が橋長 50m の単純桁橋を通行する場合を想定し、GA による交通荷重推定の適用性について検討するものとした。単純桁橋の諸元を表-2に示す。なお、TYPE-1～TYPE-4 はトラック類に対応したものであり、すべてのタイプで総重量を 25.0tonf に設定した。また、TYPE-5 と TYPE-6 はセミトレーラーを想定したものであり、ここでは、総重量を 50.0tonf に設定した。

表-1 2軸車を対象とした予備検討結果

	P_1 (tonf)	P_2 (tonf)	a_{12} (m)	P_1+P_2 (tonf)
GA による推定値	3.665	21.289	3.744	24.954
真値	5.000	20.000	4.000	25.000

表-2 単純桁橋の諸元

橋長	50 m
ヤング係数	2.1×10^7 (tonf/m ²)
断面2次モーメント	1.0 m ⁴
ピックアップの個数	1 個
ピックアップ位置	25.0m

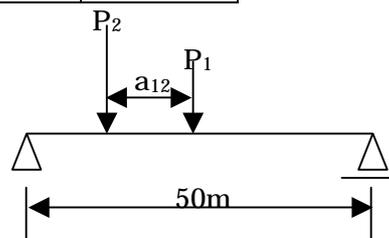


図-1 2軸車と対象とした予備検討モデル

キーワード：GA，橋梁交通荷重，荷重推定，維持管理

連絡先：〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1 TEL 06-6721-2332 FAX 0729-95-5192

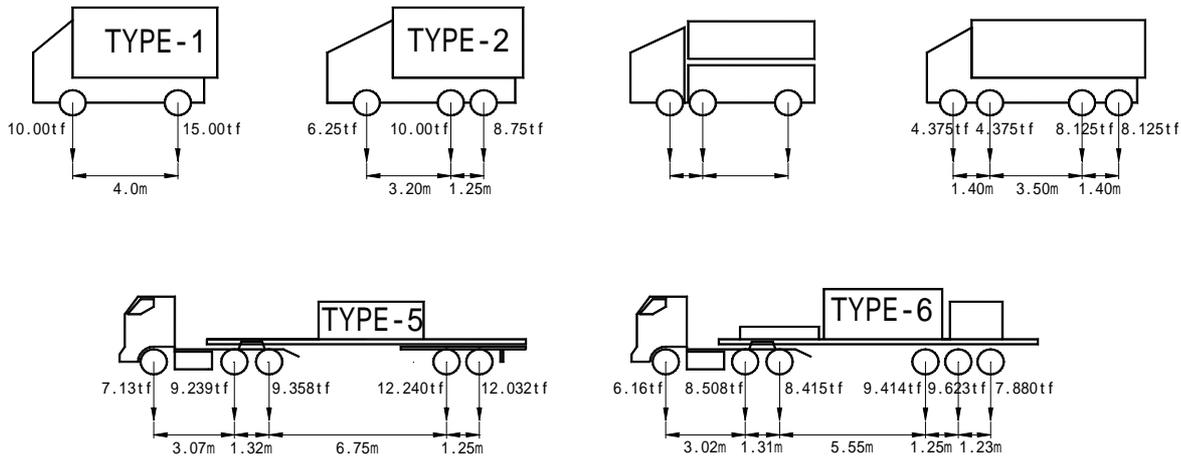


図 - 2 車両モデル

(2) 等価軸距

2章の予備検討結果（総重量は非常に高精度で推定できたが、個々の軸重と軸距は正しく推定できなかったという知見）を踏まえ、ここでは、個々の軸重と軸距から算出した等価軸距を評価指標に加えることとした。なお、等価軸距とは、図-3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）である。したがって、図-3の中に記した記号を用いれば、3軸車の等価軸距を a_{eq} は次式で算定される。

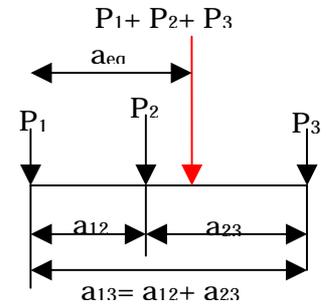


図 - 3 等価軸距の定義

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

(3) 推定結果

先頭荷重が15m地点、20m地点、25m地点に到達した時刻での曲げモーメント（25m地点で計測した合計3つの曲げモーメント）を既知量としてGAを適用し、集中荷重および間隔を推定することにした。この検討ケースをCASE-D0M3と記し、GAによる推定結果を表-3に示す。表-3より、GAで推定した総重量と等価軸距は真値と非常に良く一致していると言える。

表 - 3 CASE-D0M3 の推定結果

タイプ	総重量 (tonf)			等価軸距 (m)		
	推定値	真値	精度	推定値	真値	精度
TYPE-1	25.000	25.000	0.000%	2.400	2.400	0.000%
TYPE-2	25.000	25.000	0.000%	2.838	2.837	0.035%
TYPE-3	24.996	25.000	-0.016%	2.366	2.369	-0.127%
TYPE-4	25.000	25.000	0.000%	3.885	3.885	0.000%
TYPE-5	49.998	50.000	-0.004%	7.098	7.098	0.000%
TYPE-6	50.001	50.000	0.002%	7.196	7.193	0.042%

4. まとめ

本研究より、GAを適用すれば橋梁上を移動する車両の総重量、等価軸距を十分な精度で推定できる可能性があるものと推察された。光ファイバー網の整備が推進されている現在、GAによって推定された橋梁交通荷重は、この光ファイバー網を利用することでデータ転送やデータベースの集中管理が容易に行えるものと考えられる。それゆえ、今後は、GAを適用した橋梁交通荷重の推定法について、実用化に向けた研究を早急を実施する所存である。

参考文献

- 1) 小塩達也, 山田健太郎ほか; 鋼床版部材を用いた走行車両の輪重推定, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.1141~1151, 1998年3月.