

ひずみデータと監視映像の統合解析による車種判別システム

(株)NTTデータ 正会員 ○ 竹本 健一* 石川 裕治* 宮崎 早苗*
 横浜国立大学 正会員 佐々木 栄一**
 東京工業大学 フェロー 三木 千壽***

1. はじめに

今後 10 年間で老朽化した橋梁の急増が予想されるなか、大型車両の通行による橋梁の損傷が顕在化していることから、効率的な補修・点検による延命化が重要課題となっている。そのためには車種別の通行データにもとづく疲労損傷シミュレーションを行い、損傷予測にもとづく補修優先度を設定することが重要である。車種別の通行データとしては目視確認による交通量調査の結果が利用されているが、この方法ではコストが高くなる上に人為的な誤差が含まれてしまうため、各種センサを用いて正確な車種別の通行量を自動的に取得することが求められている。車種別の通行量を自動取得するために、小林ら[1]はひずみセンサから得られる車軸の間隔（軸パターン）を車両の設計上のデータと比較して車種判別を行っている。この手法では天候や照明条件の変化に対して影響を受けることなく安定した軸パターンが得られるが、一方、渋滞時や車両の連行時には正確な軸パターンが取得できないという交通状態の影響を受けることや、同じ軸パターンで設計された異なる車種は判別できないなどの問題点もある。これらの問題点を解決するために、監視映像を用いた車種判別手法も多く提案されているが、現状は車種として大型・小型程度の判別しか行えず、疲労損傷を予測するデータとしては不十分である。

そこで、本稿では軸パターンと車両画像を統合解析し、より正確な車種判別を行うシステムを提案する。その上で、実橋で取得したデータを用いて、軸パターンと車両画像を統合解析して車種を判別した場合と軸パターンのみで車種判別をした場合を比較し、本システムの有効性を示す。

2. 車種判別システム

開発したシステムの構成を図1に示す。本システムでは車両通過時にひずみセンサから軸パターンを取得すると共に監視カメラから車両画像を取得し、両者の解析結果を正解となる車種情報と比較して車種判別を行う。

本システムでは橋梁損傷への影響が大きい3軸以上の大型車両を判別対象としている。具体的には図2の(a)トレーラー(b)大型トラック(c)タンクローリー(d)大型ダンプ(e)ミキサ車の5車種を判別対象とした。2軸車両の荷重は疲労損傷に対して影響が小さいため、全て(f)小型車とした。

3. 統合解析による車種判別手法

車種判別は図1に示す3つのStepにより行われる。Step1では軸パターンから車種候補を決定する。本システムでは2台のひずみセンサを利用し、センサデータのピーク位置ずれから速度を算出し、この速度を使ってピーク間隔を軸パターンに変換する。得られた軸パターンを車両の設計データと比較し、車種候補を決定する。具体的には、1-2軸間の距離 $\hat{d}_{1-2}$ と1-3軸間の距離 $\hat{d}_{1-3}$ を軸パターンとする。設計データの軸パターンが

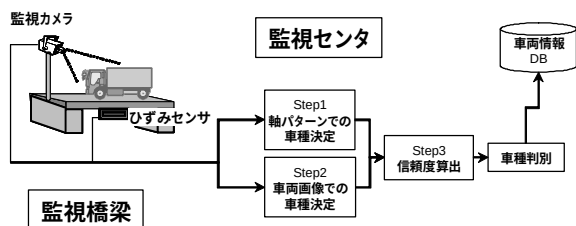


図1 システム構成



図2 判別対象車種

キーワード 橋梁, 疲労損傷, 監視映像, 車種判別, 統合解析

連絡先

* 〒135-6033 東京都江東区豊洲3-3-3
 ** 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79-7
 *** 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

TEL:050-5546-2041 FAX:03-5546-8433
 TEL:045-339-4041 FAX:045-339-4565
 TEL:03-5734-2596 FAX:03-5734-3578

それぞれ d_{1-2} , d_{1-3} であり, 計測誤差が ε_{1-2} , ε_{1-3} であるとする $d_{1-2} = \hat{d}_{1-2} + \varepsilon_{1-2}$, $d_{1-3} = \hat{d}_{1-3} + \varepsilon_{1-3}$ となる. 計測誤差 ε が分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定して, 計測値が設計データに一致する確率を P とすると

$$P(\varepsilon) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{\varepsilon^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

となる. 本手法では計測値と設計データを比較し, ε が 3σ より小さくなるものを全て車種候補として確率 P を算出する.

Step2 では, 同じ車種の画像を集めて固有空間法によって次元を圧縮することで得た辞書ベクトルと, 入力車両画像に対して同じ処理を行って得たベクトルの類似度を算出して車種候補を決定する. 本手法では2つのベクトルの成す角 $\cos\theta$ を類似度と定義し, 類似度が閾値以上の車種を候補とする.

Step3 では軸パターンからの推定確率 P と車両画像からの類似度 $\cos\theta$ の積によって車種判別の信頼度 C を算出し, 信頼度が最大の車種を最終的な判別結果とする.

3. 車種判別実験の結果

ひずみセンサを設置した橋梁で175台の車両に対して車種判別実験を行った. 軸パターンからの車種候補の決定では $\sigma = 500[mm]$ とした. 信頼度 C が閾値を超えない場合には(g)不明とした. 実験では①軸パターンのみを利用した車種判別と②ひずみデータと車両画像の統合解析を利用した車種判別を行い, 精度を比較した. 精度は(2)式, (3)式に示すように, 車種ごとの通過台数に対する正解台数割合を検知率, 判別台数に対する正解割合を認識率と定義して比較を行った. 表2に示すように(a)トレーラーや(e)ミキサ車は設計データの軸パターンが同じで異なる車種が存在したため, 軸パターンのみでは判別不可能であったが, 統合解析を行うことで判別可能となった. 車種全体では表3に示すように検知率で20ポイント, 認識率で60ポイント以上の精度向上を達成した. しかし, 検知率は現状では精度が不十分であり, 原因としては軸パターンを比較するための設計データが不足しており, ひずみデータから車種を決定できなかったことが考えられる.

4. まとめ

本稿では軸パターンと車両画像を統合解析する車種判別システムを提案し, 実験により有効性を示すことができた. 今後は照明条件の変化に対応し, 設計データの不足時にも車両画像を中心に車種判別を行う手法を検討する.

表1 トレーラーにおける検知率と認識率の算出方法

		判別結果							通過台数
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)不明	
通過 車 種 別	(a)トレーラー	A							B
	(b)大型トラック								
	(c)タンクローリー								
	(d)大型ダンプ								
	(e)ミキサ								
	(f)小型車								
判別台数		C							

$$\text{検知率} = \frac{A}{B} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

$$\text{認識率} = \frac{A}{C} \times 100 \quad [\%] \quad (3)$$

表2 車種判別結果

①軸パターンのみ (単位: 台)

		判別結果							通過台数
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)不明	
通過 車 種 別	(a)トレーラー	0	36	27	4	0	2	3	72
	(b)大型トラック	0	27	4	3	0	0	15	49
	(c)タンクローリー	0	12	0	2	0	0	1	15
	(d)大型ダンプ	0	0	0	6	0	0	0	6
	(e)ミキサ	0	2	0	15	0	0	0	17
	(f)小型車	0	5	1	1	0	6	3	16
判別台数		0	82	32	31	0	8	22	

②軸パターンと車両画像の統合解析 (単位: 台)

		判別結果							通過台数
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)不明	
通過 車 種 別	(a)トレーラー	30	5	7	2	0	2	26	72
	(b)大型トラック	3	21	1	2	0	0	22	49
	(c)タンクローリー	1	2	8	1	1	0	2	15
	(d)大型ダンプ	0	0	0	4	0	0	2	6
	(e)ミキサ	0	0	0	0	12	0	5	17
	(f)小型車	0	1	1	5	1	6	2	16
判別台数		34	29	17	14	14	8	59	

表3 精度比較

①軸パターンのみ (単位: %)

	検知率	認識率
(a)トレーラー	0	0
(b)大型トラック	55.1	32.93
(c)タンクローリー	0	0
(d)大型ダンプ	100	19.35
(e)ミキサ	0	0
(f)小型車	37.5	75
全車種	22.29	16.74

②軸パターンと車両画像の統合解析 (単位: %)

	検知率	認識率
(a)トレーラー	41.67	88.24
(b)大型トラック	42.86	72.41
(c)タンクローリー	53.33	47.06
(d)大型ダンプ	66.67	28.57
(e)ミキサ	70.59	85.71
(f)小型車	37.5	75
全車種	46.29	76.78

参考文献

- [1] 小林裕介, 三木千壽, 田辺篤史, “リアルタイム全自動処理 Weigh-In Motion による長期交通荷重モニタリング”, 土木学会論文集, No.773/I-69, 99-111, 2004.10, 土木学会.