

第 1 回 定 期 研 究 会

平成 16 年度 SGST 総会および第 1 回研究会 議事録

日時 : 平成 16 年 4 月 27 日(火) 15:30~17:30

場所 : 大同工業大学 滝春校舎 A 棟 14 階 会議室

講師 : 山田健太郎教授(名古屋大)

出席者 : 安藤(瀧上), 海老澤(名工大), 大平(創建), 小川(名古屋道路エンジ), 小塩(名大), 尾関(瀧上), 加藤(瀧上), 鎌田(東京建設 C), 亀子(瀧上), 川尻(JFE エンジ), 櫛田(帝国建設 C), 小澤(建技研), 事口(大同工大), 佐藤(中日本建設 C), 清水(信州大), 菅内(創建), 田中(JIP), 筒井(創建), 能登(JFE), 中川(瀧上), 古市(第一技研 C), 酒造(大同工大), 水澤(大同工大), 水谷(三井共同建設 C), 山田(名大), 山田(トピー), 吉嶺(日本車両), 吉田(川田), 坂井田(帝国建設 C), 八木(名大), 30 名(敬称略)

1. 総会(司会 安藤幹事長)

(1)代表挨拶 事口代表

(2)平成 15 年度活動報告

1)SGST 総会, 定期研究会 4 回, SGST25 周年記念シンポジウム, 現場見学会が開催された.

2)研究委員会の報告が行われた.

「撤去を伴わない橋梁の改良設計にかかわる検討」(山田代表)

活動は終了. 現在報告書の印刷中

「移設再利用鋼トラス橋の性能評価の事例研究」(梶川代表:代理山田代表)

第 6 回研究会にて内容を発表

3)H13 年度活動資料集の作成が報告された.

4)平成 15 年度の会計報告がなされた.

5)平成 16 年度の役員構成について承認を行った.

(3)平成 16 年度関連議事

1)研究委員会テーマの募集を行った.

2)研究奨励・調査研究の募集を行った.

3)定期研究会の開催形式について説明が行われた.

2. 定期研究会 (小塩研究会担当幹事)

講演「道路橋の荷重実態のモニタリング技術とその応用」(名古屋大学 山田先生)

1.荷重を測る:その意義と BWIM の技術開発

2.わが国における自動車活荷重の実態

3.国道 19 号基礎地域の活荷重調査とその分析

4.自動車荷重と橋梁・地盤振動の同期モニタリング

道路構造物に作用する最も主なものである自動車荷重について, Bridge Weigh-in-Motion という手法を通して計測を行い, 実態を分析した事例についての報告があった. また, 大型車荷重の計測と同時に, 橋梁本体, 地盤振動を同期モニタリングした分析事例が紹介された.

3. 懇親会

以上//

平成16年度 SGST総会議事

日時：平成16年4月27日 15:00～15:30

場所：大同工業大学 滝春校舎A棟 14階

議事内容：

1. 平成15年度関連議事：(司会) 安藤幹事長

- ① 代表挨拶 (事口代表)
- ② 平成15年度の活動報告 (事口代表)
総会、定期研究会4回、SGST25周年シンポジウム、現場見学会の活動が行われた。
研究委員会の報告 (山田研究委員会)・(梶川研究委員会)
平成15年度活動報告集の作成 (事務局)
- ③ 平成15年度会計報告 (事務局)
- ④ 平成16年度役員構成について (事口代表)

2. 平成16年度関連議事：(司会) 安藤幹事長

- ⑤ 平成15年度 研究委員会募集について
- ⑥ 平成16年度 研究奨励・調査研究の公募について
- ⑦ 平成16年度 定期研究会について
- ⑧ その他

3. 定期研究会 時間：16：00～17：30【土木学会 継続教育(CPD)プログラム】に認定

講演： 名古屋大学 山田先生

講演題目：「道路橋の荷重実態のモニタリング技術とその応用」

講演内容：

1. 荷重を測る：その意義とBWIMの技術開発
2. わが国における自動車活荷重の実態
3. 国道19号木曾地域の活荷重調査とその分析
4. 自動車荷重と橋梁・地盤振動の同期モニタリング

場所：大同工業大学 滝春校舎A棟 14階

4. 懇親会 (企画担当幹事) 時間：18：00～ 場所：よしむら (大同工大から徒歩10分)

【平成16年度 SGST幹事名簿】

SGST代表 : 事口 壽男 (大同工大)
幹事長 : 安藤 浩吉 (瀧上工業)
事務局担当 : 中川 賢治 (瀧上工業)
会計担当 : 加藤 正幸 (瀧上工業)
会計監査 : 田中 健一 (JIPテクノサイエンス)
議事録担当 : 山田 聡 (トピー工業), 亀子 学 (瀧上工業)
企画担当 : 田中 信治 (中部復建), 牧野 敏行 (玉野総合コンサルタント)
研究会担当 : 海老澤健正 (名工大), 小塩 達也 (名古屋大)
: 清水 茂 (信州大), 忠 和男 (豊田高専)
: 深田 幸史 (金沢大), 水澤 富作 (大同工大)
HP担当 : 岡本 利郎 (パシフィックコンサルタンツ)

平成15年度SGST会計報告

平成16年4月27日

平成15年4月1日～平成16年3月31日現在

【収入】

昨年度繰越金	8,041,683円
会費収入	2,057,000円
研究委員会返却分	500,000円
利息	69円

合計	10,598,752円
----	-------------

【支出】

25周年シンポジウムおよび現場見学費	348,429円
講演謝礼および交通費	962,000円
郵送費	17,710円
懇親会費	248,000円
会議費, アルバイト代および雑費	44,927円
印刷費	762,450円
次年度繰越金	8,215,236円

合計	10,598,752円
----	-------------

以上の報告に相違ありません

会計監事 杉浦茂浩

講演題目：「道路橋の荷重実態のモニタリング技術とその応用」

講演： 山田健太郎 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻教授

略歴：昭和 21 年愛知県生まれ，昭和 44 年名古屋大学卒業、昭和 46 年名古屋大学大学院修了，昭和 50 年米国メリーランド大学博士課程後期課程満了、Ph.D. 昭和 51 年名古屋大学助手、その後、講師、助教授、名古屋大学大学院教授，現在に至る

キーワード： Bridge Weigh-in-Motion, 疲労, 自動車荷重, 過積載, モニタリング

講演内容：

1. 荷重を測る：その意義と BWIM の技術開発
2. わが国における自動車活荷重の実態
3. 国道 19 号木曾地域の活荷重調査とその分析
4. 自動車荷重と橋梁・地盤振動の同期モニタリング

講演概要：

道路構造物に作用する外力のうち，自動車荷重は，その構造物の主たる機能，すなわち物資および人員の移動を発揮する上で必然的に生じており，荷重の実態とはいわば構造物の使用状態を示すものであると言える．ここでは，Bridge Weigh-in-Motion 等を通して捉えたわが国の自動車活荷重の実態について述べる．また，国道 19 号木曾地域で夜間に大型車両が増加している実態を、BWIM を用いて調査分析した事例を紹介する．さらに，常時走行する大型車の荷重を橋梁や地盤振動の Input として測定し，橋梁と地盤の振動応答を同時に測定する同期モニタリングの測定・分析事例を紹介する．

開催団体： 東海構造研究グループ(Study Group of Structures in Tokai)

東海構造研究グループは、官学民の枠を外し、土木構造に関するあらゆる領域について研究する団体です。構造に関する諸団体（官公署、企業）および構造に関する業務あるいは研究に携わる大学、個人により構成されています。立場を異にする会員間の相互理解や親睦を深めるのにも大きな役割を果たしています。昭和 53 年創立。年 6 回の定期研究会の他、3 つのワーキンググループ活動、特別講演会等を行っております。

概要：
道路
資およ
用状態
が国の
増加し
大型車
する同

キー

講演要旨

1. 荷
重

荷重

2. わが
手注

道路橋の荷重実態のモニタリング技術とその応用

名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻

山田健太郎

概要：

道路構造物に作用する外力のうち、自動車荷重は、その構造物の主たる機能、すなわち物資および人員の移動を発揮する上で必然的に生じており、荷重の実態とはいわば構造物の使用状態を示すものであると言える。ここでは、Bridge Weigh-in-Motion 等を通して捉えたわが国の自動車活荷重の実態について述べる。また、国道 19 号木曾地域で夜間に大型車両が増加している実態を、BWIM を用いて調査分析した事例を紹介する。さらに、常時走行する大型車の荷重を橋梁や地盤振動の Input として測定し、橋梁と地盤の振動応答を同時に測定する同期モニタリングの測定・分析事例を紹介する。

キーワード： Bridge Weigh-in-Motion、疲労、自動車荷重、過積載、モニタリング

講演要旨

1. 荷重を計る：その意義と BWIM の技術開発

計測とモニタリング 短期のデータか、長期のデータか

計測では、目的が明確なことが多い。

モニタリングでは、何のためかを明確にする必要がある。

診断が伴わない計測は、意味がない。

診断が伴わないモニタリングは、その意味づけが難しい。

診断技術、疲労耐久性評価、環境モニタリング、その他

荷重計測（道路を走行するトラックの荷重実態の計測）

荷重モニタリング

目的 荷重実態の把握（設計入力の基本、特に疲労設計や補修・補強設計）

過積載トラック、「超」重量トラックの存在

疲労問題の入力の検討（特に輪重、軸重）

騒音、振動問題に対する入力の検討

橋梁の振動、伸縮継手の騒音、振動、

照明柱・標識柱の振動

2. わが国における自動車活荷重の実態

手法は色々ある（荷重計、軸重計、軸重計測マット、など）

WIM (埋め込み型の軸重計、など。車両を止めずに計る。)

Bridge Weigh-in-Motion (橋をはかり代わりに利用)

曲げ部材を利用 ⇒ 支点反力を利用 (名大方式)

利点: 軸重を計測

橋の入口側と出口側で計測して、速度、軸間距離を計算

軸数、軸間距離から、車種を判定

29分計測、1分データ保存の形式。画像を記録し確認。

3. 国道19号木曾地域の活荷重調査とその分析

荷重実態計測の応用例 (国土交通省飯田国道事務所、中部技術事務所)

木曾路 (国道19号) は、木曾高速、中央自動車道のバイパス (無料)

夜間の交通量が増大、振動、騒音、交通事故、排気ガスの問題

平成15年度 南木曾の地蔵橋で Bridge Weigh-in-Motion 計測

予備調査、予備計測 (摩擦ゲージ) で確認、本計測

1週間以上の計測を原則とする (幹線道路のパターン)

計測結果

1週間の大型車 (おおむね60kN以上) の総重量、軸重の分布

実際に走行する車種とその時間分布 (夜間に長距離トラック便)

過積載トラックの実態

4. 自動車荷重と橋梁・地盤振動の同期モニタリング

(金沢大学 梶川康男、深田宰史との協同研究)

自動車荷重が橋梁、地盤振動の入力

入力と振動を同時計測

JH 日本道路公団の東名阪自動車、小島高架橋

1週間測定、

単独走行の車両 (約9600台) を抽出 (入力を1台のトラックと限定)

総重量との相関、軸重との相関

5. まとめ

参考資料

1. 小塩、山田、若尾、因田、支点反力による BWIM を用いた自動車軸重調査と荷重特性の分析、構造工学論文集 Vol.49A,2003.3.

2. 小塩、森田、深田、山田、梶川、自動車荷重と橋梁・地盤振動の同期モニタリング、構造工学論文集 Vol.50A,2004.3.

1.
目し
不可
車両
鋼フ
軸重
の手
橋で
を行
2.
暦波
とに
があ
通過
ま
退出
を通
定す
3.
なく
反力
リン
急変
開発
本
23号
ゲー
4. 橋
分配
られ
れる
よつ
変は
が分
越車
急変
キー
連絡先

支点反力を用いた Bridge Weigh-in-Motion の開発と交通荷重測定

名古屋大学 学生員 ○ 因田 智博 若尾 政克
 名古屋大学 正会員 山田 健太郎 小塩 達也

1. はじめに 道路構造物を適切に維持管理するためには、損傷に着目した対症的な手法だけでなく、損傷の発生要因のコントロールが不可欠である。橋梁の疲労損傷は大型車両の走行が主要因であり、大型車両の荷重実態を把握し、損傷対策を行うことが望まれる。本研究では鋼プレートガーダー橋の支点反力を用い、少ない測定点から大型車両の軸重、軸距、速度を推定できる Bridge Weigh-In-Motion(以下 BWIM)の手法を開発した。また、同手法を用いて一般国道と高速自動車道の2橋で1週間の荷重実態調査を行い、それぞれの荷重特性に対して比較を行った。

2. 測定原理 図1に車両が橋梁を通過するときの、支点反力の時刻歴波形を示す。支点反力の波形には、車両の各軸重が支点を通過するごとに反力が急変し、その変化量は通過した車両の各軸重に比例する特徴がある。つまり支点反力の急変を検出し、その変化量を抽出できれば、通過車両の各軸重を推定することができる。

また単純桁の入口と出口で同じような測定を行い、橋梁進入時間と退出時間の差と橋梁支間から走行速度を推定できる。さらに各軸が支点を通過した時間差と速度から車両の軸距を推定でき、軸距から車種を判定することができる。

3. 計測方法と測定橋梁 本研究では支点反力を直接測定するのではなく、図2に示すように端垂直補剛材にひずみゲージを貼付し、支点反力に比例するひずみ量を動ひずみ測定器を用いて測定した。サンプリングタイムは0.005(s)とした。測定したひずみ応答波形からひずみの急変を検出し、その変化量から通過車両の重量を推定するプログラムを開発した。

本研究で測定を行った橋梁は、東名阪自動車道の小島高架橋と国道23号の四日市高架橋である。図3に両橋梁の車線と主桁配置、ひずみゲージ貼付位置を示す。

4. 橋軸直角方向の同時載荷 橋梁上に載荷される荷重は複数の支点到に分配されるが、支点上に載荷している荷重については分配される桁が限られる。荷重が支点上に載荷している状態に着目すると、荷重が分配される桁は橋軸直角方向の載荷位置、つまり走行する車線に依存し、桁によっては特定車線の荷重にのみ反力を持つ。本研究で着目する反力の急変は、荷重が橋梁に進入または退出する時に生じるので、この時に荷重が分配されない桁には反力の急変は生じない。図3に小島高架橋の追越車線を3軸車両が走行したときのch3, 4の波形例を示す。ひずみの急変はch3にだけ生じ、ch4には生じていないことがわかる。よって荷

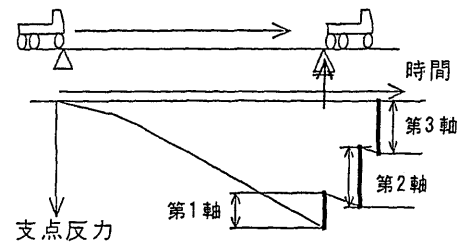


図1. 荷重推定原理

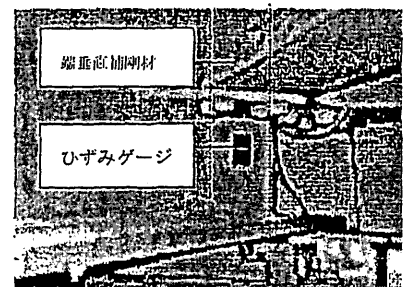


図2. ひずみゲージ貼付位置

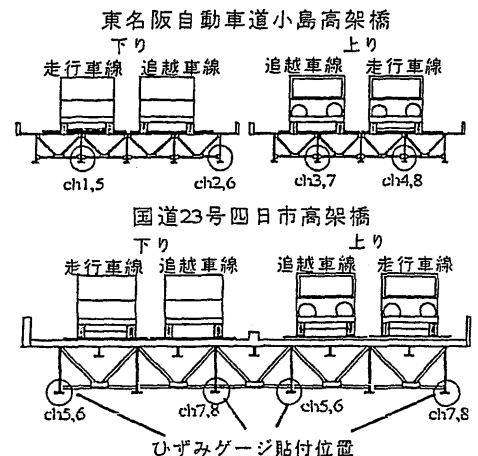


図2. 橋梁断面図

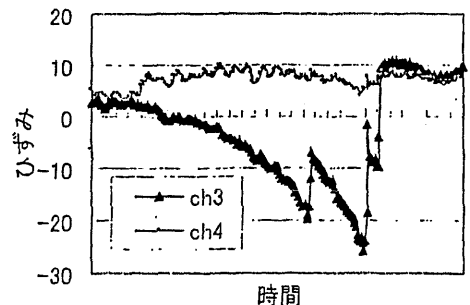


図3. 各支点の応答波形(小島高架橋)

荷重
ノグ、

キーワード Bridge Weigh-in-Motion 軸重 プレートガーダー橋 支点反力
 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科

重が支点上に載荷している状態で、特定車線の荷重にだけ反力を持つ桁を測定点とすれば、橋軸直角方向の同時載荷が生じていても測定が可能である。

5. 荷重車走行試験 両橋梁において、荷重が既知である車両(以下荷重車)による走行試験を行い、荷重車走行時のひずみ時刻歴波形を測定した。応答波形からひずみ変化量を計算し、その値を既知である荷重車の重量で除して、単位荷重あたりのひずみ変化量を求め、キャリブレーション値とした。キャリブレーション値を用いて荷重車の重量を推定した結果を図4に示す。荷重車走行試験における推定精度は、各軸重で2~3t、総重量で3~4tであった。

6. 一般車の測定結果 一般車走行時のひずみ時刻歴波形の測定は29分間連続で行い、その後1分間でハードディスクに送信し、30分を1サイクルとして1週間の連続計測を行った。測定波形からひずみ変化量を計算し、荷重車走行試験で得られたキャリブレーション値で重量に換算した。図5に両路線で計測された1週間の車線別の走行台数を、図6に車線別の軸通過回数を示す。両橋梁において車線ごとの走行台数に違いが見られるが、上下線の走行台数はほぼ同数であることが分かる。また通過軸数を走行台数で除した1台あたりの平均軸数は、小島高架橋が両車線で約3軸に対し、四日市高架橋は、走行車線で約3.7軸、追越車線で約3軸、平均で約3.3軸であった。このことから四日市高架橋、特に走行車線は4軸以上の車両の走行が多いと考えられる。また図7に両橋梁の伊勢方面の総重量頻度分布を、図8に走行車種別の走行台数を示す。四日市高架橋の全走行台数は、小島高架橋に比べ約1.3倍であったが、これに対し四日市高架橋のトレーラー類の走行台数は約2倍~4倍であり、四日市高架橋はトレーラー類の混入率が小島高架橋に比べ高いことがわかる。また図7から20tを超える大型車の走行台数は国道23号のほうが多いことがわかる。これは四日市高架橋のトレーラー類の混入率が小島高架橋に比べ大きいことが原因であると考えられる。

7. まとめ 本研究で開発した支点反力を用いたBWIMは、荷重車の軸重を約2t、総重量を約3tの精度で推定可能であった。一般車の荷重推定では一般国道と高速自動車道の車両総重量の頻度分布、軸重の頻度分布、車種別の走行台数を把握した。本手法は支点上の作業のみで測定を行うため、簡易なWIMとして有効であると考えられる。

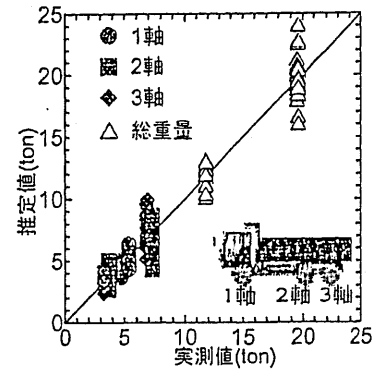


図4. 荷重推定精度

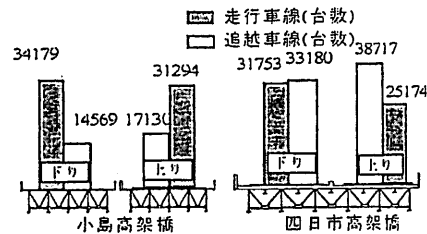


図5. 両橋梁の車線別走行台数

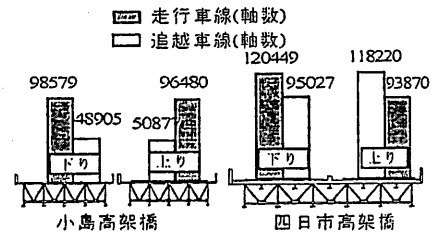


図6. 両橋梁の車線別軸通過回数

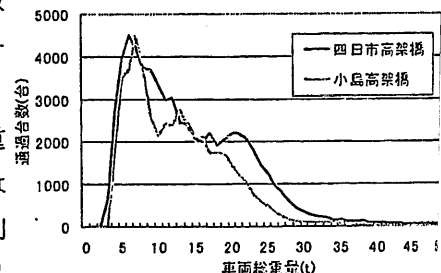


図7. 総重量頻度分布

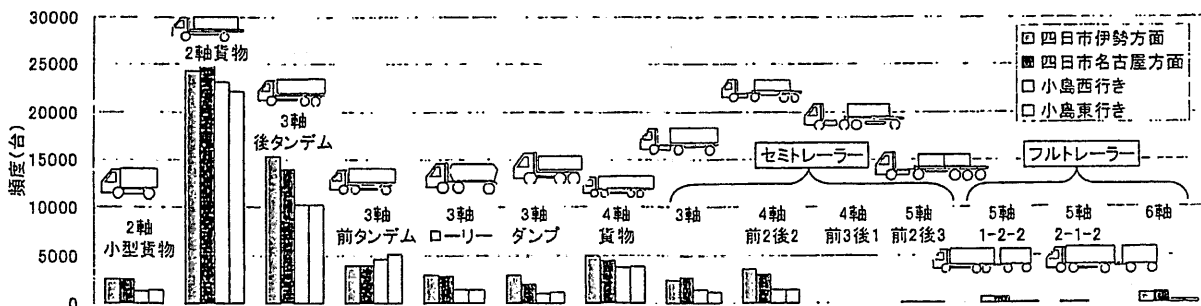


図8. 車種別走行台数

参考文献

1) 徳永法夫・山田靖則・川谷充朗, 支点反力の代替となる計測量について, 橋梁振動コロキウム'97 論文集, pp.219~224, 1997
 謝辞 小島高架橋の測定では, JH 日本道路公団名古屋支社, 四日市高架橋の測定では国土交通省中部地方整備局中部技術事務所に協力して頂きました。ここに記して感謝致します。

1. はじめに
 での振動測定は大型自動車
 がって, 「結果
 むことが望ま
 2. 自動車荷重
 weigh-in-mot
 梁の応答値, 対
 対象径間を走行
 を退出する際に
 キーワード 振動
 連絡先 〒46

自動車荷重・橋梁・地盤の同期モニタリングとその分析

名古屋大学 学生員 ○森田 俊樹
 名古屋大学 正会員 小塩 達也
 金沢大学 正会員 深田 宰史

1. はじめに 橋梁やその周辺地盤の振動が問題となる場合、構造物、地盤の振動特性の把握や、一般供用下での振動測定などが行われてきた。風などの自然現象を除いて、道路橋に振動を生じさせる最も基本的な原因は大型自動車の走行であることが多く、これは橋梁周辺の振動問題の発生源として捉えることが出来る。したがって、「結果」としての応答値だけでなく、「発生源」としての荷重の情報を把握した上で振動問題に取り組むことが望ましいと考えられる。

2. 自動車荷重と振動の同期モニタリング 本研究では、鋼プレートガーダー橋の支点反力を利用した Bridge weigh-in-motion (BWIM) を用いて走行車両の軸重、軸距、軸間距離、走行速度等をモニタリングし、同時に橋梁の応答値、地盤の加速度等を測定した。測定対象である東名阪自動車道小島高架橋の概要を図1, 2に示す。対象径間は35mの5主桁鋼プレートガーダー橋であり、東名阪自動車道の木曾川右岸に位置する。端垂直補剛材のひずみと、支間中央、橋脚天端、橋脚基部、官民境界のそれぞれの加速度を測定した。一般供用下で168時間(1週間)の連続測定を行い、垂直補剛材のひずみの値から通過車両の軸重、軸距、走行速度、車種等をBWIMプログラムにより算出した。また、車間距離のデータから測定径間に車両が単独で進入、退出する時刻を判定した。1週間の測定台数と、単独走行と判定した走行台数(下り・走行車線)を表1に示す。

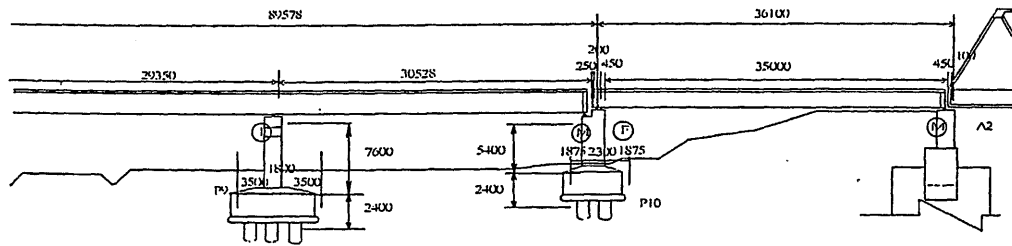


図1 東名阪自動車道小島高架橋の測定径間

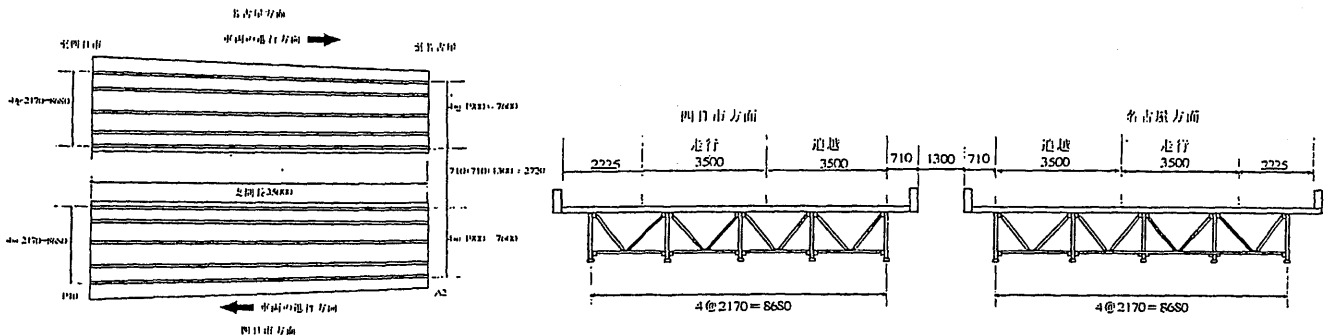


図2 測定径間の一般図

3. 測定結果

橋梁に車両が単独で進入する際の応答波形の例(出口側支点反力と橋脚天端加速度)を図3に示す。対象径間を走行する際に主桁が励振され、測定径間を退出する際に伸縮装置の段差によって衝撃的な加

表1 一週間大型車両走行台数

	総走行台数	単独走行台数
走行	24046	9554
追越	9815	2455

キーワード 振動モニタリング, Bridge weigh-in-motion, 軸重, 振動加速度レベル

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻 TEL052-789-4514

速度が生じている。測定した振動加速度レベル最大値の相対頻度を図4に示す。80dBを中心として65dB~95dBに分布している。単独走行時の車両の総重量と振動加速度レベルの最大値の関係を図5に示す。概ね車両総重量が大きくなるにつれて振動加速度レベルも増加しているが、車両総重量が小さくとも振動加速度レベルが大きくなるケースも多数見られた。振動加速度レベルの上限值は車両重量によらずほぼ一定の値を示し、下限値は総重量に比例する傾向がある。また、上限値、下限値ともに、橋梁から離れるにしたがって減少している。

図3からわかるように軸重が出口側伸縮装置を通過する際に衝撃的な加速度が観測されている。軸通過時に生じる(軸に対応した)最大加速度と軸重の関係を図6に示す。ばらつきは大きいものの、軸が伸縮装置を通過する際の加速度と軸重は概ね比例しており、軸重が大きくなるにつれて最大加速度も比例して増加している。同様な現象は橋脚天端、基部、官民境界においても同様であり、伸縮装置から離れるにしたがって応答値が減少していることがわかる。

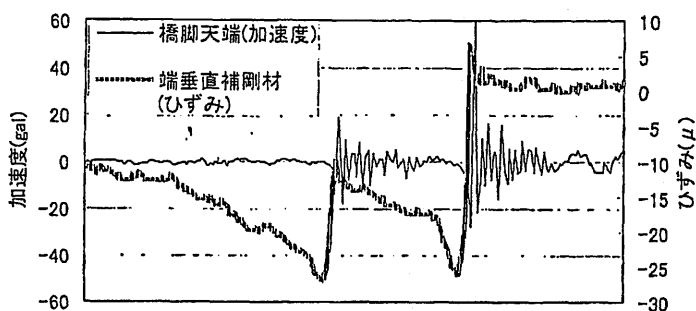


図3 車両走行時の垂直補剛材のひずみ・橋脚の振動加速度

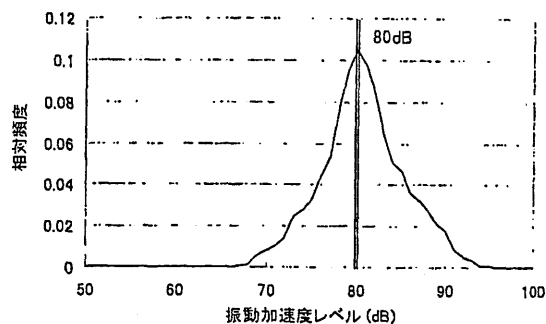


図4 振動加速度レベルの相対頻度

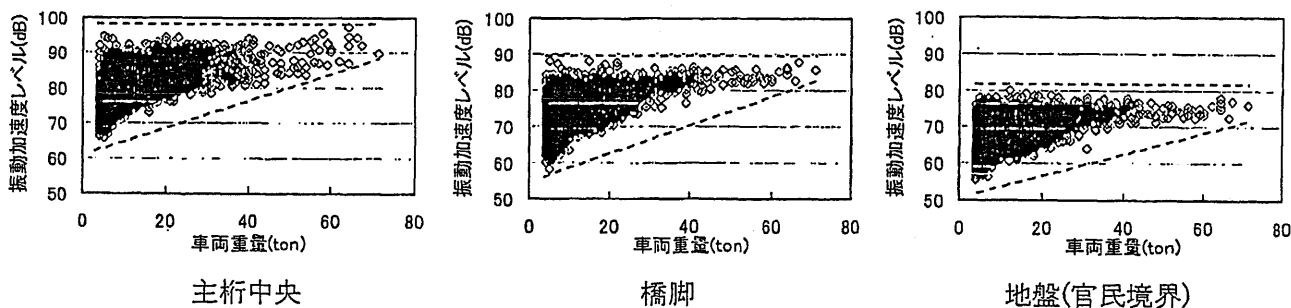


図5 車両通過時の振動加速度レベル最大値と車両重量

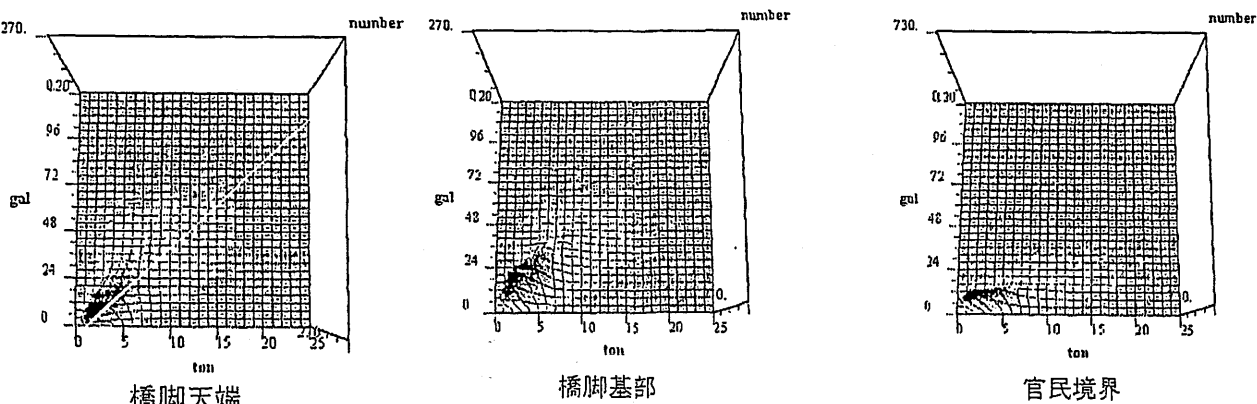


図6 軸重と軸重通過時の最大加速度

4. まとめ Bridge weigh-in-motionと振動モニタリングを同期させて構造物のモニタリングを行なうことは、振動の発生メカニズムを詳細に把握する上で非常に有効であると考えられる。特に、最大値の発生とその要因を検討するような場合には、従来用いられるような荷重車走行による実験のみでは得られない情報を得ることができると考えられる。

1. はじ
重・繰
ら、道
管理の
2. 大型
東名阪
調査で
15000
12500
10000
7500
5000
2500

3. 疲労損
される
種、積載
値を1
して「有
で定義さ
形

W : 荷
m はベ
断回数
る。照査
4. 計算結
クは20
ラー類の
となって
以上の係
位置し、
損傷指標
日市高架
も小島高
キー
連絡

B~95dB
 両総重
 ルが大
 下限値
 ている。
 過時に
 置を通
 ている。
 値が減

荷重実態調査に基づく道路橋の疲労要因の分析

名古屋大学 正会員 ○小塩 達也
 名古屋大学 正会員 山田 健太郎

- はじめに 構造物に疲労損傷が発生する要因には、疲労強度、荷重、繰返し数の3要素がある。道路橋の疲労の場合、「荷重・繰返し数」は自動車、特に大型車両の走行に起因する。橋梁本来の目的を遂行することで疲労損傷が生じるのであるから、道路管理者は橋梁の「使い方、使われ方」として、自動車荷重の実態と個々の車両の疲労への影響について把握し、維持管理の方針を策定することが今後必要となると考えられる。
- 大型車両の荷重調査 本研究では、支点反力を用いた Bridge Weigh-in-Motion(BWIM)を用い、一般国道23号四日市高架橋、東名阪自動車道小島高架橋において、総重量約40kN以上の大型車両を対象とした168時間の交通荷重実態調査を行なった。調査で得られた車両台数と、車両総重量の頻度分布を図1、図2に示す。

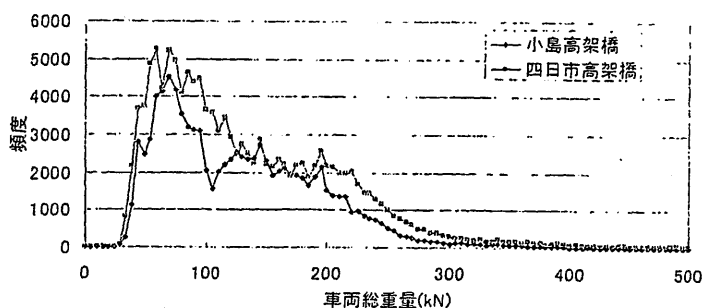
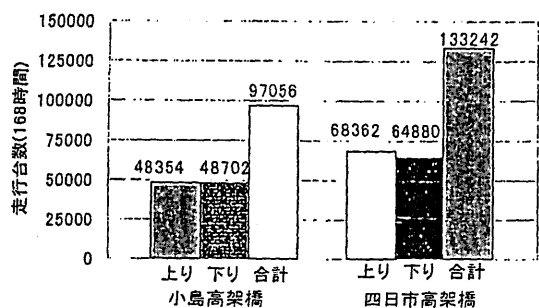


図1 測定した車両台数

図2 総重量の頻度分布

- 疲労損傷指標の計算 疲労による構造物のダメージの計算に際し、ダメージが応力の m 乗に比例する「べき乗則」が適用される事が多い。本研究では、影響線の長さや疲労損傷の「べき乗則」に着目し、車両ごとの相対的な疲労損傷度を計算、車種、積載状態などで分類した車両群がトータルの疲労損傷に対してどのような寄与率を持つかを比較した。まず、縦距の最大値を1とした単純桁のスパン中央曲げモーメントの影響線を仮定し、BWIMで測定された車両をそれぞれ単独に影響線に載荷して「荷重の変動波形」を求める。この波形に対してレインフロー計数法を用いて「荷重範囲」を計数し、荷重範囲から次式で定義される「疲労損傷指標」を計算する。

$$\text{疲労損傷指標 } DI = \sum W^m n \quad (1)$$

W : 荷重範囲, n : 繰返し数, m : べき指数
 m はべき乗則の指数を示し、作用繰返し荷重 (S) と破断回数 (N) の関係を示すS-N線図の対数紙上の傾きである。調査対象とした部材と影響線長を表1に示す。

表1 調査の対象部材と影響線長、重み指数

べき指数 m	影響線長 $L(m)$	対象部材
3	0.4	フィンガージョイント
	2, 5	床版部材(縦桁等)
	10, 20 30, 60	鋼主桁など
4	0.4, 2.0	アスファルト舗装
12	0.4, 2.0	鉄筋コンクリート床版

- 計算結果 2地点の疲労損傷指標値を車両総重量ごとに統計した分布を図3に示す。 $m=3$ の場合、疲労損傷指標値のピークは200kN程度のところにあり、影響線長さによらず概ね同じ値である。影響線長さが長くなると、300kNを越えるトレーラー類の寄与度が増えている。中央値は200kN~250kNであり、荷物を満載した「積載車」が中心となって疲労損傷の原因となっていることを示している。トレーラーの混入率が高い四日市高架橋では、300kN以上の車両の寄与度が高くなっている。以上の傾向は $m=4$ の場合にも同様であった。疲労損傷指標値の分布における中央値(50%点)は台数分布で上側10~20%点に位置し、全台数の1~2割程度の車両により損傷の約半分が生じることを示している。一方、 $m=12$ の場合、特定の車両が全損傷指標値に与える影響が大きく、分布形状に著しい変化が見られる。損傷の99%を生じさせる車両台数は全台数に対して四日市高架橋で数パーセント、小島高架橋で2割程度であった。特に四日市高架橋で数台の車両の影響が極めて大きく、絶対値も小島高架橋に対して大きく異なる。この原因としては、一般国道(四日市高架橋)と高速道路(小島高架橋)での軸重の管理、監

キーワード 疲労, Bridge Weigh-in-Motion, 大型車両, 過積載

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院環境学研究所都市環境学専攻 TEL052-789-4514

視体制の違いによるものと考えられる。車種別の総重量頻度分布、疲労損傷指標値の相対頻度分布を代表的な車種について図4~6に示す。車種別の総重量の頻度分布、疲労損傷指標値の分布は、2地点でよく類似し、総重量の頻度分布は同じ車体構造の車両ごとに特徴的な形状を持つことが予想される。このことから、車種ごとの荷重特性をあらかじめ把握しておけば、調査対象となる路線の車種別混入率を調査することでその路線の荷重特性が概ね推定できることが予想される。提言すれば、橋梁、道路の劣化度を精度よく予測するには、大型車両台数だけでなく、車種別の混入率を含めて評価することが望ましいといえる。

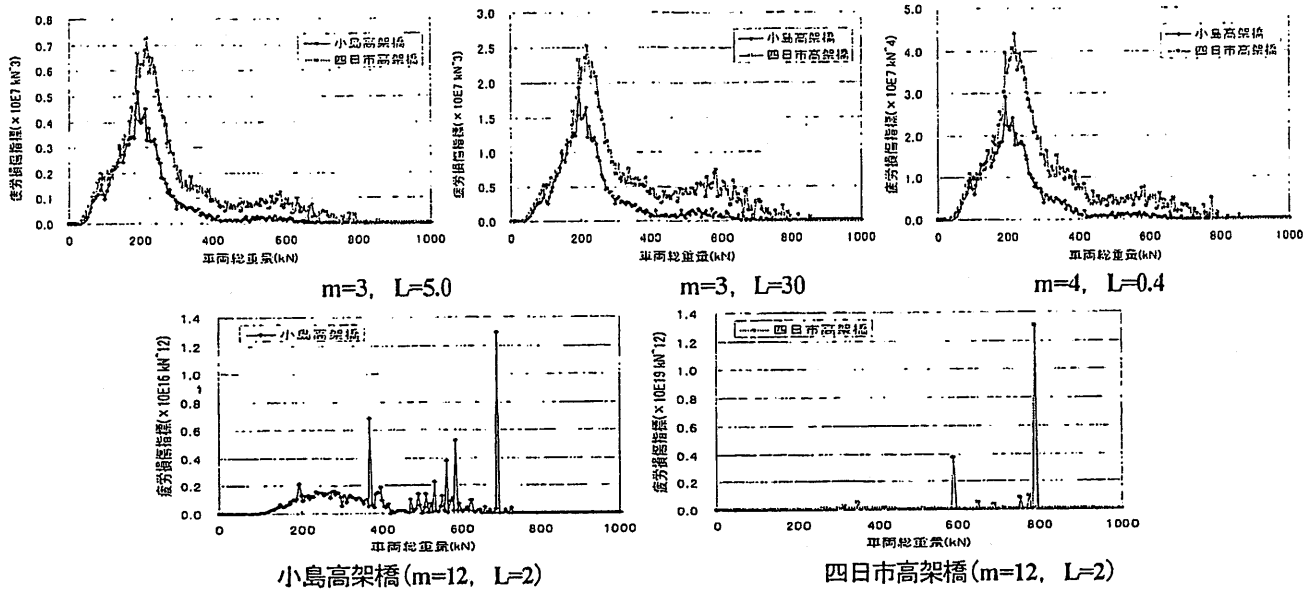


図3 疲労損傷指標値の分布

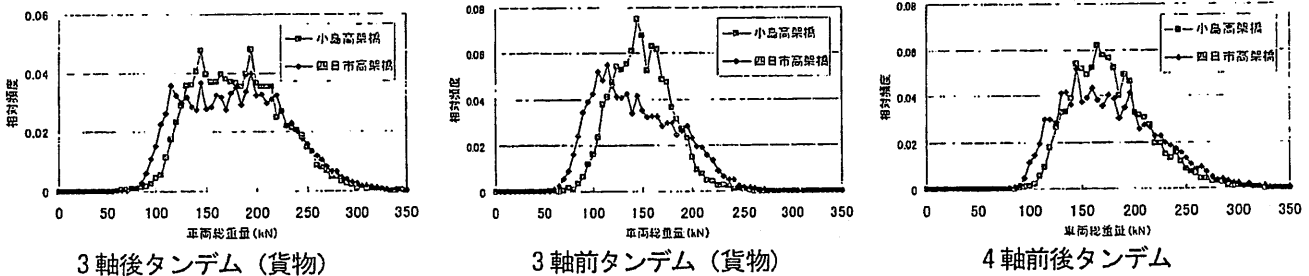


図4 車種別の総重量の相対頻度分布

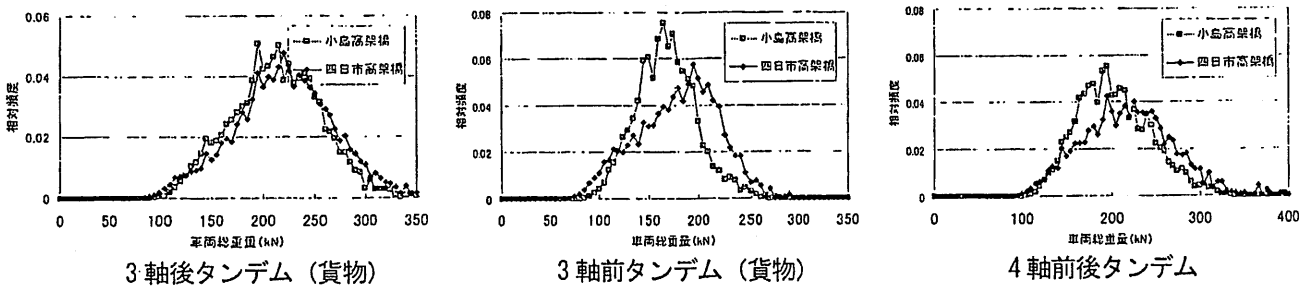


図5 車種別の損傷指標の相対頻度分布 (m=3, L=5.0m)

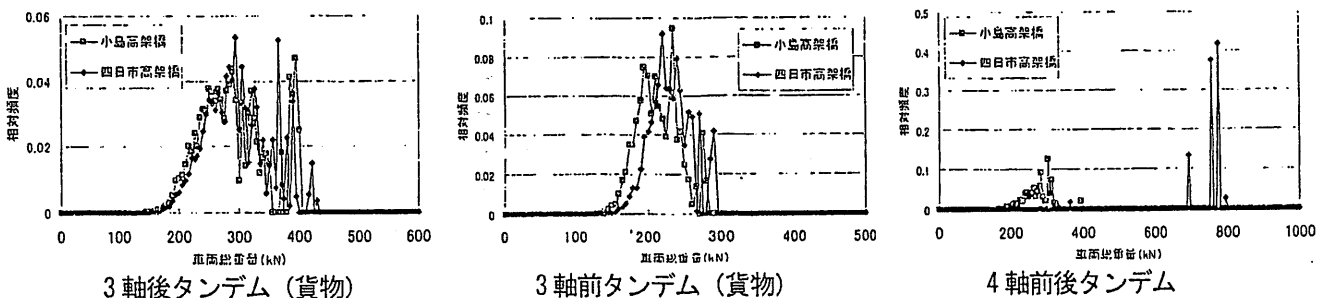


図6 車種別の損傷指標の相対頻度分布 (m=12, L=2.0m)

1. 道路構
た道
設計
そこ
あり
う。
よう
価の
した
に実
と総
疲労
2. 実
けた
WIN
ット
利用
けて
中部
疲労
用
橋、
蔵橋
国道
交通
29%
5.0%
いず
3. 例
を、
つと
い越
キ
連

大型車の総重量、軸重の実態計測と疲労耐久性評価に用いる荷重について

土木学会全国大会 2004.9

名古屋大学 正会員 ○山田健太郎 小塩達也
J R 東海 (前名大大学院) 正会員 因田智博

1. 目的

道路を走行する自動車荷重は、その大きさと頻度が増加し、道路構造物に種々の損傷を与えてきている。平成 14 年に改訂された道路橋示方書は、この傾向を反映して、これまで曖昧であった設計寿命を 100 年と定義し、疲労照査を要求するようになった。そこで問題になるのは、L 荷重に相当する主桁の疲労照査荷重であり、床版、その他の設計に用いる T 荷重をどう考えるかであろう。特に、コンクリート床版、鋼床版、あるいは伸縮継手などのように、軸重が直接影響を及ぼす部材の設計荷重や疲労耐久性評価のための荷重の設定が問題になる。筆者らは、「支点反力を利用した Bridge Weigh-in-Motion (BWIM、橋の部材をはかり代わりに実走行荷重を計測する手法)」を開発し、いくつかの路線で軸重と総重量の計測を行った。そこで、最近計測した荷重実態から、疲労耐久性評価に用いる等価荷重、等価軸重を試算した。

2. 軸重、総重量の実態計測

実際に道路を走行する車両の重量の測定方法には、①路側に設けた Weigh Station の荷重計、②路面埋め込み型の軸重計による WIM、③高速道路などの料金所に設置した軸重計、④輪重計測マット、⑤BWIM による方法、などがある。このうち、支点反力を利用した BWIM システム (文献 1) では、走行車両の総重量だけでなく、軸重や車種タイプを求めることができる。ここでは、中部地方の国道、高速自動車道で計測された総重量と軸重から、疲労耐久性評価のための等価荷重とその繰り返し数を計算した。

用いたデータは、BWIM で計測した東名阪自動車道 (小島高架橋、木曾川右岸) と国道 23 号 (四日市高架橋)、国道 19 号 (地藏橋、南木曾)、および最新の路面埋め込み型の WIM で計測した国道 1 号 (岡崎) である。平成 11 年の交通センサスによる断面交通量と大型車混入率は、東名阪自動車道では、約 6.8 万台、約 29%、四日市高架橋では、約 6.3 万台、45%、国道 1 号では、約 5.0 万台、約 41%、国道 19 号では、約 1.5 万台、約 39% であり、いずれも交通量が多く、大型車混入率が高い幹線道路ある。

3. 総重量の実態と等価荷重

例として、図 1、図 2 に国道 23 号四日市の 1 週間の計測結果を、縦軸に総重量、横軸に累積頻度 (その総重量以上の荷重をもつトラックが何台走行したかを対数表示) を示す。走行車線、追い越し車線とも、月～金曜日は、ほぼ同じような車両総重量とそ

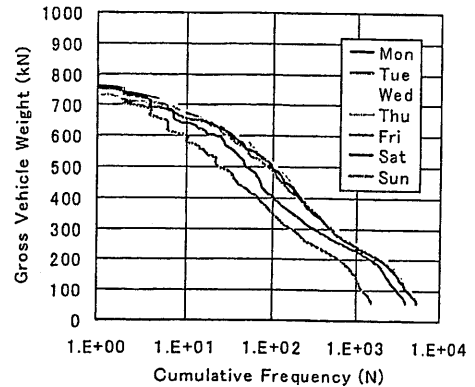


図 1 累積頻度分布で示した国道 23 号四日市の車両重量 (西行き、走行車線)

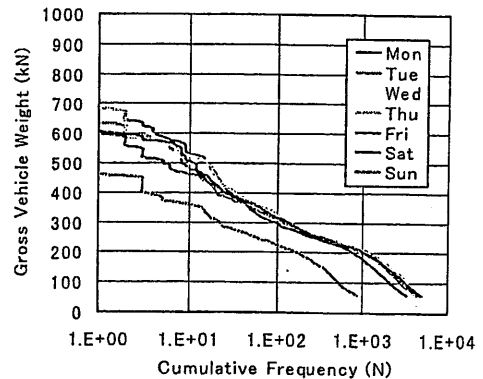


図 2 追い越し車線を走行する車両の累積総重量分布 (国道 23 号四日市、西行き)

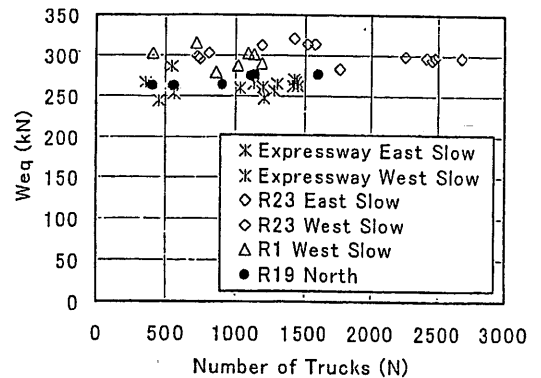


図 3 等価荷重とその繰り返し数 (走行車線の 1 日分、国道 19 号は 1 車線分)

キーワード 荷重計測、BWIM、耐久性評価、総重量、設計荷重、軸重、道路橋

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学環境学研究科 山田健太郎 TEL.052-789-4618

の繰り返し数がみられ、土日は、最大荷重 (700~800kN) は平日と同程度だが、大型車の走行頻度が少ないことが分かる。

1日の総重量とその頻度分布から、式1に示す3乗平均式を用いて等価荷重を求めたものを、図3に示す。ここでは、耐久性に影響を与えると思われる総重量 200kN 以上 (1994年までの道路橋示方書で示される T20 荷重に相当) の車両とその頻度から、等価荷重を計算した。

$$W_{eq} = \left(\frac{\sum W_i^3 \times n_i}{\sum n_i} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

この結果、国道1号、国道23号の走行車線では、等価荷重が約 270~330kN であり、国道19号 (山間部に長距離トラックが走行) や高速自動車道では、それより少し小さい 250~280kN 程度となった。また、等価繰り返し数は、路線の交通量と大型車混入率によって異なるが、国道23号四日市が他に比べて重車両の交通量が多いことがわかった。

4. 軸重の実態と等価軸重

計測された軸重についても、同様な検討を行った。図4に示すのは、国道23号四日市で計測された軸重分布である。1週間の変化は、総重量と同様な傾向がみられる。また、頻度は少ないが、1軸で 200kN を超える軸重もあり、主要な一般国道の軸重実態が過酷なことが分かる。道路橋示方書の設計軸重は、隣接する2軸の和を考えて 200kN である。1軸で 200kN を超える軸重 (分解せずに移動する 4~6 軸のトラッククレーンのものと思われる) では、隣接軸重を考えると 400kN 以上に相当することになる。

総重量と同様に、軸重 100kN を越える軸重とその繰り返し数から式1を用いて等価軸重を計算し、図5に走行車線側、図6に追い越し車線側の結果を示す。この結果、一般国道 (国道1号、国道23号) と高速自動車道は、走行、追い越し車線とも、ほぼ同じような等価軸重、すなわち 100~120kN になる。ただし、等価繰り返し数は大型車の交通量によって異なり、国道23号の平日は、2000~2500 軸となるが、国道1号では、1000 軸以下となる。また、走行車線に比べて追い越し車線では、等価繰り返し数が小さくなっていることが分かる。一般に、週末は、重量車の走行台数が少なくなり、国道23号でも、等価軸重で 500 軸程度になる。

5. まとめ

中部地方の幹線道路で筆者らが BWIM を用いて計測した走行車両の荷重と軸重、および埋め込み型の WIM で計測したデータから、幹線道路における荷重、軸重の実態を示した。さらに、総重量 200kN 以上、軸重 100kN 以上のものから、3乗平均式を用いて等価荷重、等価軸重とそれらの繰り返し数を計算し、路線毎の荷重実態の違いを示した。この結果は、荷重実態に即した道路構造物の耐久性評価に用いることができる。

参考文献

- ・小塩、山田、若尾、因田 (2003) : 支点反力による BWIM を用いた自動車軸重調査と荷重特性の分析、構造工学論文集, Vol.49A, pp.743-753.
- ・山田、小塩、因田、八木、実測された軸重データと疲労耐久性評価のための軸重分布、土木学会中部支部研究発表会 2004.3.6

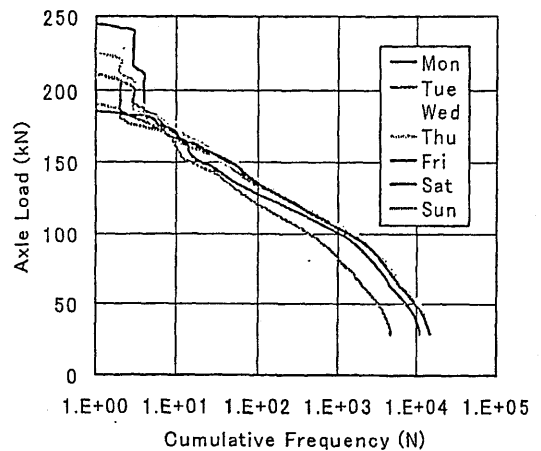


図4 累積頻度分布で示した軸重(国道23号四日市、西行き、走行)

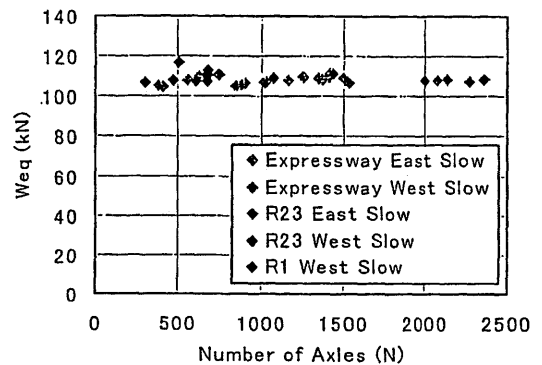


図5 走行車線側の等価軸重とその繰り返し数

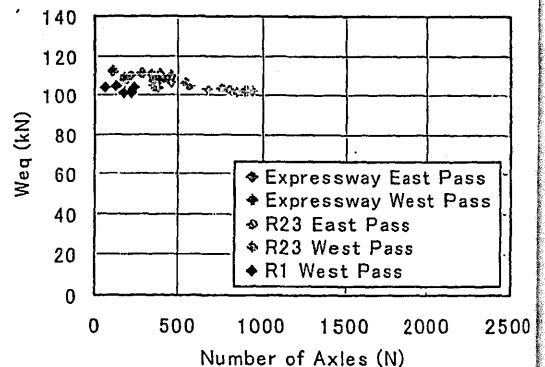


図6 追い越し車線側の等価軸重とその繰り返し数