

報告

本州四国連絡道路における実態活荷重調査

鎌田将史*, 溝上善昭**, 貴志友基*

*工学, 本州四国連絡高速道路(株), 保全部橋梁保全課 (〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22)

**工博, 本州四国連絡高速道路(株), 長大橋技術センター総括・耐震グループ (同上)

本州四国連絡道路の活荷重の実態を把握するため調査を実施した。調査は、入口料金所の軸重計と交通量を用い、料金所ごとの状況を把握し、次に IC 間交通量等から累積軸数などを算出した。本文では、これらの結果について報告する。

キーワード: 活荷重, 軸重, 交通量

1. はじめに

本州四国連絡高速道路(以下「本四高速道路」という。)では、17の海峡部長大橋を中心に、表-1及び図-1~4に示す総延長172.9kmの3つの路線(以下「3ルート」といい、各路線を表-1に示す「A, D, Eルート」とそれぞれいう。)を管理している。供用年数の増加により、一部の橋梁ではいくつかの疲労損傷が確認されている。3ルートは、いずれも本州・四国間を連絡し、それぞれ路線延長や横断する海峡部区間の数、周辺の都市・経済圏が異なる。

本報告では、疲労損傷の原因となる活荷重の実態について路線や区間毎に把握するため、入口料金所に設置された軸重計と交通量データを用いた3ルートの実態活荷重調査の結果を報告する。

2. 各ルートの概要

2.1 神戸淡路鳴門自動車道 (Aルート)

兵庫県神戸市から淡路島を経て徳島県鳴門市へ至る全長89.0kmのルートである。海峡部区間は淡路島の両端の2区間となる。沿線に関西経済圏があり、路線別交通量は3ルート合計のおよそ半数(47.3%)を占める。

2.2 瀬戸中央自動車道 (Dルート)

岡山県倉敷市から瀬戸大橋を介して香川県坂出市へ至る全長37.3kmのルートである。海峡部区間は1区間に集約される。路線全線の開通時期は3ルート中で最も早い。

2.3 西瀬戸自動車道 (Eルート)

広島県尾道市から6つの島を渡り愛媛県今治市へ至る全長46.6kmのルートである。海峡部区間は最も多い7区間となる。本州・四国間の広域交通の他、島々の生活道路

表-1 路線概要 (2017年9月末時点)

| 路線名 (路線記号) | E28.神戸淡路鳴門自動車道 A | E30.瀬戸中央自動車道 D | E76.西瀬戸自動車道 E |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------|--|
| 路線延長 | 89.0km | 37.3km | 46.6km |
| 車線数 | 6車線・4車線 | 4車線 | 4車線・2車線 |
| 調査対象IC数 | 12 | 5 | 12(風道大橋出入口除く) |
| 海峡部区間 (※1) | 2区間 ・垂水IC-淡路IC間 ・淡路島南IC-鳴門北IC間 | 1区間 ・児島IC-坂出北IC間 | 7区間 ・西瀬戸尾道IC-向島IC間 ・向島IC-因島北IC間 ・因島南IC-生口島北IC間 ・生口島南IC-大三島IC間 ・大三島IC-伯方島IC間 ・伯方島IC-大島北IC間 ・大島南IC-今治北IC間 |
| 開通年月 | 1998年4月 | 1988年4月 | 1999年5月 |
| 路線別交通量 (※2) | 回数 19,990,488 比率 47.3% | 回数 10,510,889 比率 24.9% | 回数 11,731,845 比率 27.8% |

※1: 海峡部を横断し、他の代替道路のない区間
※2: 2016年度の出口料金所における通行台数



図-1 本四高速道路位置図



図-2 Aルート路線図



図-3 Dルート路線図



図-4 Eルート路線図

としての機能も担っている。

3. 調査概要

3.1 調査方法及び時期

調査では、本四高速道路の入口料金所の ETC レーンに設置されている軸重計を用いて計測し、入口料金所毎に軸重特性の把握を行った。また、軸重データと IC 間交通量等のデータを組み合わせ、他の道路会社で用いられている 10t 換算軸数^{2) 3)}へ換算することで実態活荷重の把握を行った。なお、10t 換算軸数は重さが異なる車両を「1台あたり 10t/軸」に換算し、交通量を乗じて算出される指標である。本指標は、道路の使用状況を相対比較することが可能であり、累積の 10t 換算軸数が大きいほど構造物に与えるダメージが大きいという評価ができるものである。

計測時期は、路線別交通量の多い A ルートの 2015 年度の年間を通じた日平均交通量と各月の日平均交通量との比較により、平均に近い 10 月を選定した。調査日数は土・日曜日を含む連続 1 週間とし、2017 年 10 月 2 日～8 日に計測を行った。

3.2 データの処理方法

軸重計の主要な仕様を表-2 に示す。軸重計は、入口料金所の ETC レーンに設置されている。3 ルート全体での ETC 利用率は、計測を行った 2017 年 10 月で全車種が 93.6%、対象とする中型車・大型車・特大車の平均も同月で 97.5%と高く、ほとんどの軸重が計測される。

しかしながら、計測する軸重と通過車両の車種にはデータの関連がない。また、本四高速道路には他社路線から入口料金所を介さずに直接本線に流入する交通（以下「直接流入交通」という。）があり、料金所がないため軸重計がなく調査ができない。これらに対応するため本調査では次に示す処理を行った。

(1) 軸重と車種の整理

軸重データは車軸毎に計測されるが、軸重計を通過する車両と直接結びつかないことから、車両カタログを参考とし、1.5t/軸以下を普通車・軽自動車、1.6t/軸以上を対象とする中型車・大型車・特大車とした。なお、軸重は 1.0t/軸以上を対象に 0.5t 刻みで整理を行っている。

(2) 直接流入交通分の補正

直接流入交通量は、各 IC 間の区間交通量として車種別に把握できることから、各料金所の軸重データと区間交通量を用いて IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数を求め、直接流入交通を含めた区間交通量を乗じることで全体把握をすることとしている。

4. 軸重別の相対頻度

各ルートで計測された計測軸数を表-3 に、計測軸数

表-2 軸重計の主要な仕様

| 項目 | 仕様 |
|----------|--------|
| 軸重測定限度 | 20t |
| 車両通過速度限度 | 40km/h |

表-3 計測軸数及び最大・平均軸重 (2017.10.2-8)

| 路線 | 1.0t/軸以上 | 1.6t/軸以上 | | 10.0t/軸以上 | | 最大軸重 [t] | 平均軸重 [t] |
|------|----------|----------|---------|-----------|---------|----------|----------|
| | (a) | 軸数(b) | b/a [%] | 軸数(c) | c/a [%] | | |
| Aルート | 260,719 | 181,521 | 69.6% | 1,397 | 0.5% | 17.9 | 4.92 |
| Dルート | 133,703 | 104,498 | 78.2% | 2,238 | 1.7% | 16.2 | 5.29 |
| Eルート | 77,324 | 54,621 | 70.6% | 529 | 0.7% | 19.8 | 4.48 |
| 全体 | 471,746 | 340,640 | 72.2% | 4,164 | 0.9% | - | 4.97 |

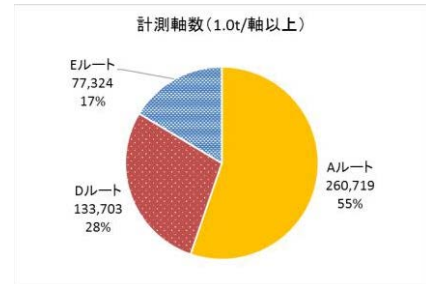


図-5 計測軸数における各路線の割合

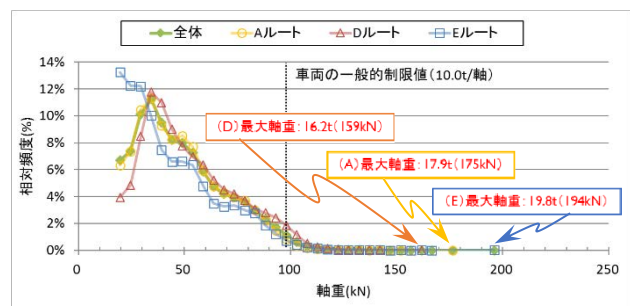


図-6 軸重頻度分布

の各路線の割合を図-5 に示す。また、図-6 は 1.6t/軸以上の計測結果のみを用いた軸重頻度分布である。本四高速道路全体及び各ルートの結果を以下に示す。

4.1 本四高速道路全体

表-3 では、1.6t/軸以上の計測全数における割合が 3 ルートのいずれも約 7 割を占めている。1.6t/軸を対象とした全体での軸重の平均値は 4.97t となった。車両の一般的制限値である 10t/軸を超える車両は全体で 0.9%であり、A ルートが 0.5%、D ルートが 1.7%、E ルートが 0.7%と D ルートが最も高い。図-5 より、計測された軸数は A ルートが 55%となっており、軸重計での計測結果においても路線別交通量と同様に A ルートが約半数となる結果が見られた。図-6 に示す 1.6t/軸以上での軸重頻度分布におけるピークは、3.1～3.5t/軸の 11.2%となった。他の小さなピークは分布全体にわたり見られない。

4.2 各ルート

A ルートの軸重の平均値は表-3 より 4.92t であり、全体での平均値を下回る。1.6t/軸以上の軸数は計測全数の 69.6%である。10t/軸以上の割合は 0.5%であり、計測期間中の最大の軸重は 17.9t である。図-6 より、軸重頻度分布におけるピークは 3.1～3.5t/軸の 11.3%となった。

また 4.5～5.0t/軸に小さなピークがあるが、全体的な分布は本四高速道路全体での分布と近いものになっている。

D ルートの軸重の平均値は表-3 より 5.29t であり、3 ルート中で最大である。1.6t/軸以上の軸数は計測全数の 78.2% であり、比率では 3 ルート中で最大である。計測軸数は A ルートの半数でありながら、10t/軸以上の軸数が A ルートの約 2 倍であり、割合では 1.7% と A ルートの 3 倍以上となる。計測期間中の最大の軸重は 16.2t である。図-6 より、軸重頻度分布におけるピークは 3.1～3.5t/軸の 11.8% となった。ピークより大きな軸重範囲での分布が本四高速道路全体の分布に対して高く、本四高速道路の中でも軸重の大きな交通が D ルートに比較的多いことが見受けられる。

E ルートの軸重の平均値は 4.48t であり、3 ルート中で最小となる。1.6t/軸以上の軸数は計測全数の 70.6% である。10t/軸以上の割合は 0.7% であり、計測期間中の最大の軸重は 19.8t と今回の計測で最大となる。また、図-6 より軸重頻度分布におけるピークは 1.6～2.0t/軸の 13.2% となった。加えて 5.0t/軸前後及び 7.0t/軸前後で分布が横ばいとなり、分布の傾向が他のルートと異なる。ただし、E ルートでは軸重の大きな車両が本四高速道路全体の中でも相対的に少ない傾向である。

5. 10t 換算軸数を用いた実態活荷重の把握

3. で述べた処理に基づき、10t 換算軸数を用いて料金所別及び IC 間別の実態活荷重の把握を行った。

5.1 料金所別の 10t 換算軸数

(1) 算出方法

10t 換算軸数は、1.6t/軸以上の軸重データと軸重計設置レーンの通過台数を用いて、料金所別に 1 台あたりの 10t 換算軸数を、文献3)を参考に式(1)にて算出した。

$$\sum\{(Wi/10)^m \times Ni\}/T \quad (1)$$

ただし、 Wi は計測軸重、 Ni は Wi に対応する計測軸数、 m は疲労設計曲線の傾き（本調査では鋼橋への影響を把握するため鋼構造の 3 としている）、 T は対象車種の軸重計通過台数である。

各ルートの算出結果を図-7～9 に示す。また、全料金所での計測結果を用いた本四高速道路全体での 1 台あたりの 10t 換算軸数は 0.491 軸であり、各図の右端にそれぞれ示している。

(2) A ルート

図-7 より、A ルート全体の 1 台あたりの 10t 換算軸数は 0.465 軸である。平均を超える 5 つの料金所（布施畑、垂水、淡路、西淡三原、鳴門北）は、いずれも 2 箇所の海峡部区間に近い料金所である。

(3) D ルート

図-8 より、D ルート全体の 1 台あたりの 10t 換算軸数は 0.573 軸である。平均を超える 3 つの料金所（水島、

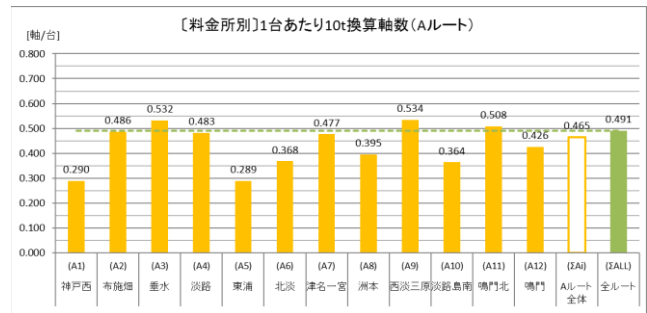


図-7 料金所別 1 台あたりの 10t 換算軸数 (A ルート)

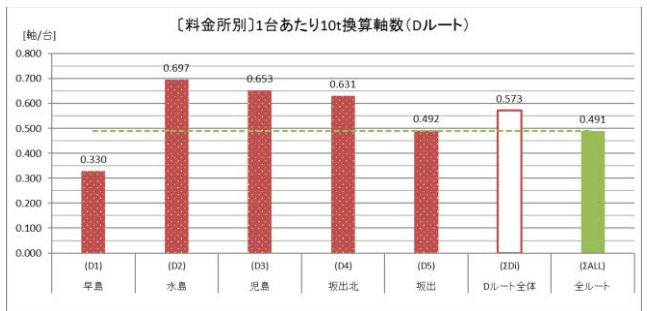


図-8 料金所別 1 台あたりの 10t 換算軸数 (D ルート)



図-9 料金所別 1 台あたりの 10t 換算軸数 (E ルート)

児島、坂出北) は、いずれも海峡部区間の前後であるとともに、3 ルートにおいて最も高い値となっている。ルート全体の平均も 3 ルート全体の平均 0.491 軸を上回る値となり、車重の重い車両が多い。

(4) E ルート

図-9 より、E ルート全体の 1 台あたりの 10t 換算軸数は 0.415 軸である。平均を超える 3 つの料金所（西瀬戸尾道、大島北、今治北）は、全料金所で 3 ルート全体での平均を下回っている。路線内では、本州・四国本土に近い料金所が高い傾向である。

(5) 本四高速道路全体

本四高速道路全体全体の平均 0.491 軸を超過する料金所は A、D ルートの海峡部区間に近い料金所に偏っている。また、本四高速道路全体としても 1 台あたりの 10t 換算軸数の大きい料金所は、海峡部区間の前後となった。

5.2 IC 間別の 10t 換算軸数

(1) 算出方法

5.1 で得られた料金所別の 1 台あたりの 10t 換算軸数と 2016 年度の IC ペア交通量を用いて、IC 間別の 10t 換算軸数を求めた。算出方法の簡易図を図-10 に示す。ま

た、算出手順を以下に示す。

1) IC 間交通量 (T_{AB}) とその料金所の 1 台あたりの 10t 換算軸数の平均値を乗じ、IC 間交通量毎に 10t 換算軸数を算出する。

2) 各 IC 間の 10t 換算軸数を合計する。

3) 各 IC 間の IC 間交通量の合計で除し、IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数とする。

4) 直接流入交通を含む 1 年分または累積の区間交通量を乗じることで、IC 間別の 10t 換算軸数をそれぞれ算出する。

(2) IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数

IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数の結果を図-11 に示す。IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数は、5.1 で求めた料金所別の 10t 換算軸数の値が高い料金所を含む区間が同様に高くなり、最大は児島 IC-坂出北 IC 間 (瀬戸大橋関連区間) の 0.589 軸/台となった。

(3) 年間 10t 換算軸数

区間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数に 2016 年度の区間交通量を乗じ、年間あたりの増加する軸数を図-12 に示す。なお、片側 3 車線となる垂水 IC-淡路 IC 間は交通荷重が分散されることから、交通量に 0.8 を乗じている⁴⁾。年間 10t 換算軸数は、児島 IC-坂出北 IC 間が最大で 70 万軸程度となり、次いで A ルートの海峡部 2 区間 (明石海峡大橋及び大鳴門橋を跨ぐ区間) の軸数が多い結果となっている。一方で、1 台あたりの 10t 換算軸数の値では D ルートの区間が大きいのに対し、年間 10t 換算軸数では A ルートの区間が全体的に大きい結果となっている。この理由は交通量の差であり、年間の軸数増加については A ルートが高いことが確認できる。

(4) 累積 10t 換算軸数

IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数に、2017 年 9 月末までの累積区間交通量を乗じた累積 10t 換算軸数を図-13 に示す。大きい順に児島 IC-坂出北 IC 間の約 1,400 万軸、次いで約 1,100 万軸の淡路島南 IC-鳴門北 IC 間であり、これらの区間に前述の疲労損傷が確認された橋梁が位置している。また、海峡部区間を中心に、累積交通量と 1 台あたりの 10t 換算軸数の大きい A、D ルートの比較的供用年数が長い区間の累積軸数が多い結果となった。

6. まとめ

本調査では、既設の軸重計設備を用いた 10t 換算軸数の算出により、本四高速道路の横断的な実態活荷重の把握を行った。

本四高速道路は、3 ルートのいずれにおいても、ルート内では本州・四国間の海峡部区間を通行する車両が多く、特に D ルート (瀬戸大橋) に軸重の大きな車両の利用が高いことが確認された。また、利用台数が多く供用年数も比較的長い区間では、累積 10t 換算軸数や年間の軸数増加も大きいという結果が得られた。

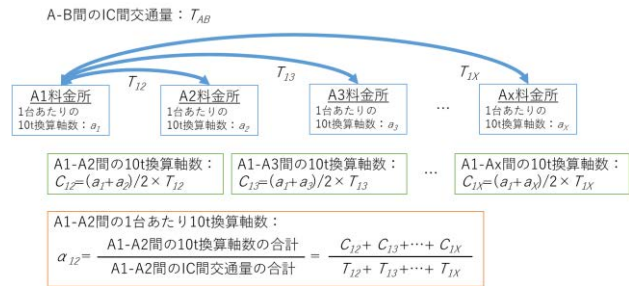


図-10 IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数算出方法

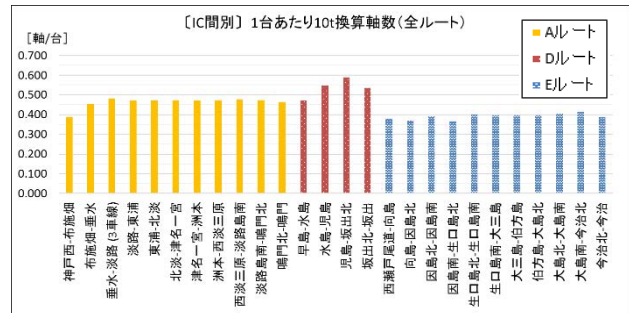


図-11 IC 間別の 1 台あたりの 10t 換算軸数

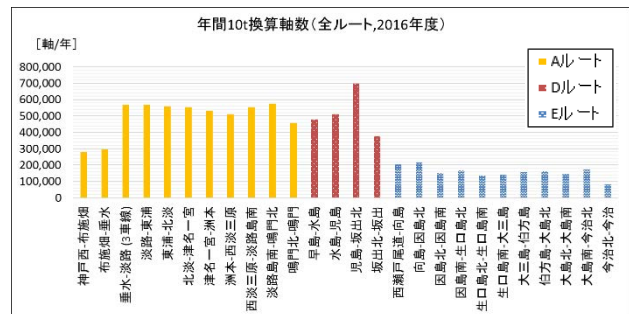


図-12 年間 10t 換算軸数 (2016 年度区間交通量)

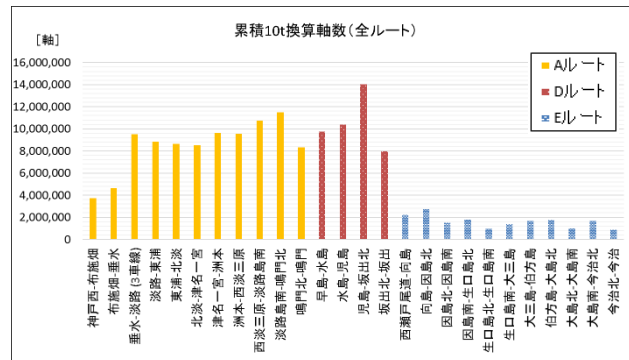


図-13 累積 10t 換算軸数 (2017 年 9 月末時点)

参考文献

- 1) 林昌弘, 溝上善昭: 本州四国連絡橋における疲労対策 / 本四技報 Vol.42 No.130, pp.15-19, 2018.3
- 2) 首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会: 提言, 2013.1
- 3) 杉山裕樹, 閑上直浩, 広野邦彦, 薄井王尚: 阪神高速道路における実態活荷重の把握とその評価 / 土木学会論文集 A1, Vol.74, No.1, pp.158-172, 2018
- 4) (株)高速道路総合技術研究所: 設計要領 第一集 舗装保全・舗装建築編 平成 29 年 7 月版, 2017.9

(2018 年 7 月 20 日受付)