

土木研究所資料

自動車列荷重の実態評価法

平成5年3月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

「Copyright ©(1993) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

自動車列荷重の実態評価法

橋梁研究室 室長 西川 和廣
研究員 田中 良樹
研究員 山本 悟司

要旨

道路橋の設計活荷重の設定あるいは既設道路橋の耐荷力、耐久性の評価に際して、自動車荷重の現状を把握しておく必要がある。特に、中長支間の橋梁では、自動車の連行を想定した自動車列荷重の実態を知る必要があるが、その評価方法が十分に確立されていない。これまでに、コンピュータシミュレーションによって供用期間中の最大自動車列荷重を把握する手法が開発されているが、その入力データとして必要な車種別の車重、軸重データが限られた地点で1～2回程度しか観測されていないため、全国の自動車列荷重の実態やその推移を把握することができなかった。一方、建設省が実施している全国軸重調査では全国的かつ長期的に軸重分布が得られているが、シミュレーションに必要な車種ごとの軸重分布は得られていない。

ここでは、自動車列荷重と軸重分布の関係を見い出し、間接的に全国の自動車列荷重の実態とその推移を把握する方法を考案した。

キーワード：道路橋、活荷重、自動車荷重

もくじ

まえがき

1. 道路橋の活荷重	1
2. 自動車列荷重に関する検討経緯	2
2.1 これまでの検討方法	2
2.2 渋滞の種類と自動車列荷重	2
3. 全国軸重調査	3
4. 活荷重実態調査	6
4.1 調査地点	6
4.2 測定方法	6
4.3 測定結果	6
5. 自動車列シミュレーション	18
5.1 シミュレーションのフロー	18
5.2 シミュレーションの効率化	18
5.3 車両モデルと入力パラメータ	18
5.4 試行回数と地点間の相対比	18
5.5 渋滞回数、供用期間、非超過確率の影響	19
5.6 大型車混入率の影響	19
6. 全国の自動車列荷重の実態	30
6.1 大型車の軸重分布と最大断面力の関係	30
6.2 全国における大型車の平均軸重、最大軸重	30
6.3 活荷重実態調査結果に基づくシミュレーションの全国での位置付け	31
7. 自動車列荷重の推移	34
8. まとめ	37
9. 今後の検討課題	38
参考文献	39

付録資料

資料-1 自動車列シミュレーションの効率化	40
資料-2 自動車列シミュレーション結果	41

自動車荷重(活荷重)は、道路橋の主桁、主構等の断面決定に考慮される重要なファクタであり、新設橋の設計や既設橋の安全性評価・寿命予測に必ず考慮される。

設計活荷重や既設橋の評価に用いる活荷重の決定には、諸々の事情が考慮されるが、その検討の前段として、既設橋の実態及び自動車荷重の実態が十分に把握されていなければならない。特に、本報告で対象とする自動車列荷重は、自動車が連行する状態を想定するものであり、中長支間の橋の場合には、この自動車列荷重の実態を把握しておく必要がある。

自動車荷重については、設計活荷重の3倍に相当する過積載車両が走行していることなど、これまでの走行車両の車重、軸重に関する実態調査により明らかにされてきている。さらに自動車列荷重を把握するには自動車の並びを知る必要があり、これまでに、コンピュータシミュレーション等による確率的検討が行われている。そのシミュレーションの入力パラメータのうち、車重、軸重のデータは上記の実態調査の結果に基づいているが、任意の地点での測定結果に基づくシミュレーション結果が全国的にみてどの程度に位置付けられるのかという点が明確でない。

一方、建設省では昭和41年度より全国的かつ定期的に軸重調査を実施してきているが、その結果は車種ごとに測定されていない点及び車重が測定されていない点で、シミュレーションに直接入力することはできない。しかし、全車種(または大型車)の軸重分布が全体的に大きい場合には、自動車列荷重(シミュレーションの出力)も相対的に大きくなるものと考えられる。

ここでは、自動車列荷重と軸重分布の関係を見い出し、その結果に基づき、全国の自動車列荷重の実態とその推移の把握を試みた。

橋梁研究室	室長	西川	和廣
	研究員	田中	良樹
	研究員	山本	悟司

1. 道路橋の活荷重

現行の設計活荷重は、路線に応じて、TL-20、TL-14及びTT-43の3種類が道路橋示方書に示されており、近年の一般国道の橋梁の多くはTL-20で設計されている。昭和31年に制定されたTL-20は、将来の車両の大型化を見込んで決められたものであり、当時としてはそれに相当する荷重が稀にしか発生しないと考えられていた¹⁾。しかし、その後の大型車両の増大は著しく、30年以上経過した今日、TL-20相当の荷重が頻繁に発生している路線も見られる。また、一部の路線については、走行車両の重量測定から、車重61.9tなどの設計荷重または制限車重の3倍に相当する過積載車両の横行が報告されている²⁾³⁾。これらの荷重環境の下で、鉄筋コンクリート床版の損傷や鋼橋の疲労などの自動車荷重が原因と考えられる損傷事例が多く見られるようになってきている⁴⁾。

自動車荷重は、風や地震と同様に死荷重に比べてばらつきが大きく、また、複数の車両の連行走行、車両制限、過積載及びその取締りといった人為的な要素が含まれる点では風や地震とも異なる性質を持つ。そのばらつきには、一地点で見た場合、時間軸上の変動、多種多様な車種の存在や積載量による変動、それらの車両の並び(載荷パターン)の違いによる変動などが含まれ、全国で見た場合、路線、交通条件の違いによる地点ごとの特性が含まれている。現行の設計活荷重は、これらの性質を踏まえつつも、設計上あるいは道路管理上の煩雑さを避けるため、上記の3ランクだけで代表されている。

2. 自動車列荷重に関する検討経緯

2.1 これまでの検討方法

自動車列荷重に関する研究としては、実際の交通パターンを上方から写真撮影して、それに基づき自動車列荷重の最大応答値(曲げモーメント等)を求めようとするもの⁵⁾⁶⁾、自動車列荷重を確率統計量として、理論的アプローチあるいはコンピュータシミュレーションによるアプローチにより、自動車列荷重の最大応答値を求めようとするもの⁷⁻¹⁰⁾などがある。

文献5)6)では、全国的に交通パターンの調査が行われている。今日ではビデオ撮影による方法も考えられ、興味深い結果が期待されるが、撮影箇所が限定されること、分析作業が膨大であること、また、撮影だけでなく、車重、軸重の測定とリンクさせないと自動車列荷重の実態を十分に把握し得ないことなどから、調査回数は限定され、この調査を全国的かつ定期的に実施するのは困難である。

文献7)等では、主として方法論に着目されており、車重等のデータは自動車諸元表などを参考にされているものが多く、自動車列荷重の実態については必ずしも中心的な問題とされていない。

文献2)3)8)では、一般国道の実測データに基づき自動車列荷重のシミュレーションを実施し、供用期間中の自動車列荷重の最大応答値を試算している。また文献11)では、都市内高速道路の実情に応じた渋滞状態を想定したシミュレーションが実施されている。これらの検討により、自動車列荷重の実態がある程度把握されたが、限定された路線を対象としており、この結果の全国での位置付けは必ずしも明確でない。このシミュレーションには車種別の車重、軸重のデータが必要であり、現在の測定機器では、その実態調査を全国的かつ定期的に実施するのは困難であると考えられる。

2.2 渋滞の種類と自動車列荷重

数10m以上の中長支間の橋梁の場合、自動車による最大応答値は大型車1台ではなく、橋上の自動車列によって発生するものと考えられる。その自動車列のパターンは橋上の渋滞の特性によって異なり、これまでの自動車列の検討で想定された渋滞には次の2種類がある。

①信号渋滞

橋梁端部に信号があり、それによって橋上に自動車が満載される状態を想定する。信号1サイクルごとに自動車列が入れ替わると考える。

②自然渋滞

断面交通容量の不足による自然渋滞により、橋上に自動車が満載される状態を想定する。この場合、自動車列は車両の並びや間隔を大きく変化させずに低速走行で橋上を通過していくと考える。

この他、工事や交通事故等による突発的な渋滞も考えられる。

主として、①は一般の道路を、②は自動車専用道をそれぞれ対象とした場合に想定されている。一般の道路を対象とした場合、いずれの渋滞も有り得るが、最も車間距離が詰まった状態で、発生頻度も比較的高いことから、信号渋滞が特に厳しい状態であると考えられる。本報告においては、一般の道路を対象として信号渋滞のみに着目するものとする。

3. 全国軸重調査

走行中の自動車荷重について、同一の測定方法で全国的に長期間にわたって調査されているものとしては、建設省が直轄国道を対象として実施している車両重量調査が挙げられる¹²⁻¹⁶⁾。本文では、次章の活荷重実態調査と区別するため、「全国軸重調査」という。図-3.1、表-3.1に示すように、全国軸重調査は昭和40年度から開始され、その当時は5地点であったが、その後徐々に増加または地点の変更等があり、49年度以降は全国70以上の地点で調査が行われている。昭和61年度現在では全国74地点で実施されている。調査は通常1地点で春秋1回ずつ1年に2回行われている。

それまでの調査では、道路に埋設したロードセルを用いて、その上を通過する車両の軸重を測定していたが、近年、測定機器の維持管理費を軽減するため、マット式の軸重計の使用が増加している。

軸重の測定と同時に、日交通量と日大型車交通量(さらに2軸車と3軸以上の車両を分類している)の観測が行われているが、車種と軸重データは個々に対応していないので、車種ごとの軸重分布や大型車のみの軸重分布は直接的には分らない。

この調査結果は、各地点の各調査ごとに頻度分布で記録が残されている。その結果の例を図-3.2に示す。

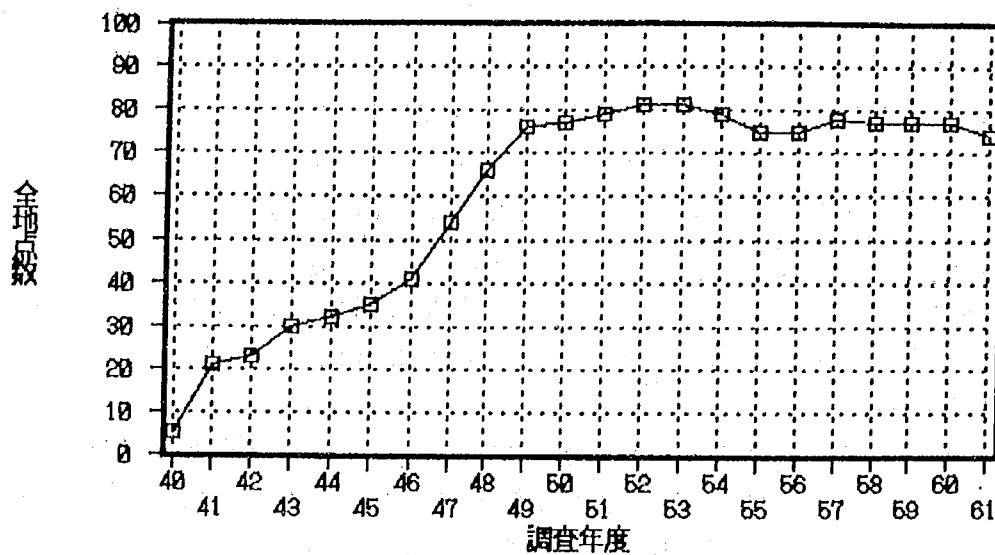
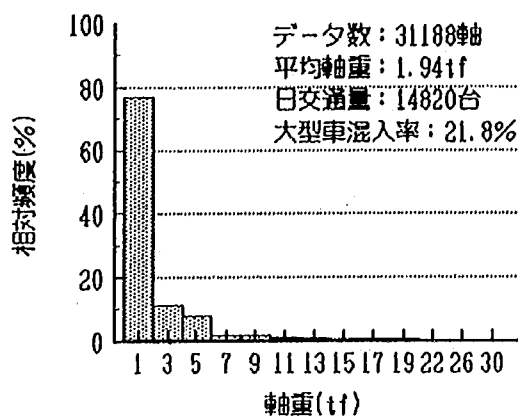


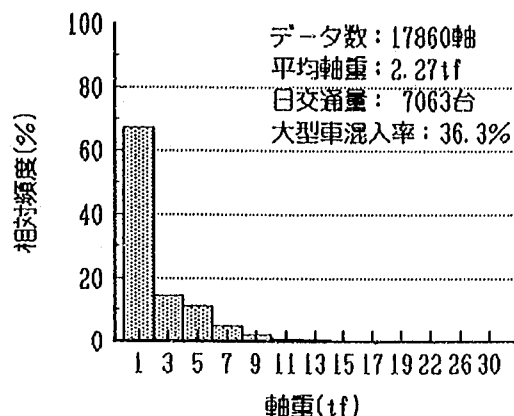
図-3.1 全国軸重調査の全調査地点数

表-3.1 全国軸重調査の調査地点数（建設省車両重量調査）

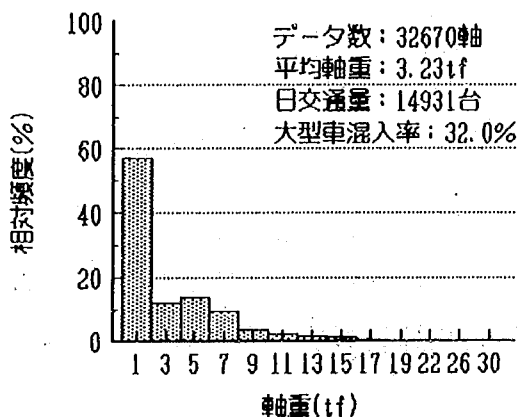
年度	地 建 等									合 計
	北 海 道	東 北	関 東	北 陸	中 部	近 畿	中 国	四 国	九 州	
40	3	—	—	—	—	—	—	—	2	5
41	6	—	—	—	—	—	—	—	15	21
42	7	—	—	—	—	—	—	—	16	23
43	6	—	—	—	—	8	—	—	16	30
44	3	—	—	—	—	12	—	—	17	32
45	3	—	2	—	—	12	—	—	18	35
46	5	—	3	—	—	12	5	3	13	41
47	8	2	1	5	4	12	5	3	14	54
48	14	3	1	6	4	13	7	5	13	66
49	16	3	6	6	4	15	6	5	15	76
50	16	5	5	5	5	15	7	5	14	77
51	16	6	6	6	6	15	5	5	14	79
52	16	6	6	7	7	14	6	5	14	81
53	15	5	6	7	8	14	7	5	14	81
54	12	7	6	7	8	12	8	5	14	79
55	7	8	6	7	8	12	8	5	14	75
56	8	8	6	7	9	12	8	5	12	75
57	8	8	6	7	10	14	8	5	12	78
58	8	8	7	7	10	12	8	5	12	77
59	8	8	7	7	10	12	8	5	12	77
60	8	8	8	7	10	12	8	5	11	77
61	8	8	7	7	10	10	8	5	11	74



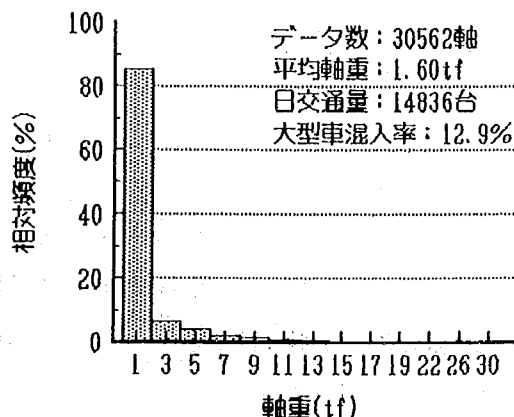
(a) 千葉県君津郡袖ヶ浦町長浦
国道16号下り、片側1車線



(c) 新潟県白根市新飯田町
国道8号上り、片側1車線



(b) 埼玉県草加市北谷町
国道4号上り、片側2車線



(d) 香川県綾歌郡国分寺町国分
国道11号上り、片側3車線

図-3.2 全国軸重調査の測定結果 (一例、昭和61年10月)

4. 活荷重実態調査

後述の自動車列荷重のシミュレーションを行うには、車種別の車重分布、軸重分布を必要とする。軸重については全国軸重調査によって多くのデータが得られているが、車種ごとの軸重データは得られていない。このことから、全国軸重調査とは別に、昭和59年度に国道2地点、62年度に国道3地点において、車種別の軸重、車重について実態調査を行った²⁾³⁾。

4.1 調査地点

調査地点、調査年月日及びその地点における交通量と大型車混入率を表-4.1に示す。有明、熊谷、草加、八戸は、前述の全国軸重調査が例年実施されている地点であり、いずれも道路にロードセルが埋設されている地点である。昭和59年度の有明、熊谷は比較的大型車混入率が高い地点として、昭和62年度の有明、草加、八戸はそれぞれ大型車混入率が異なる地点として選定した。

4.2 測定方法

本調査では、車種ごとの交通量、軸数、軸重、車重を測定した。

(1) 車種分類、交通量

車種分類は、表-4.2に示す21車種に細分して、車両形状、ナンバープレート及び速度表示灯の有無などをもとに目視によって判別し、逐次、データレコーダ(16ch)に入力した。

なお、本検討では表-4.2に示した車種番号5~21を大型車としている。

(2) 軸重、車重、軸数

軸重については、ロードセルの出力をデータレコーダに車種判別データとともに収録した。また、1台ごとの車重、軸数を知るには、軸重データにおいてどこまでが1台のデータであるかを判別する必要がある。この調査では、車種判別データ、軸重及び軸間の時間差等からその判別を行った。

4.3 測定結果

(1) 車種構成

図-4.1、表-4.3に各調査地点の車種構成を示す。

(2) 車重、軸重

表-4.4に各調査地点における測定結果を示す。大型車のうち、特に車重、軸重が大きい車種である大型トラック、大型ダンプ、セミトレーラ及びフルトレーラについて、車重、軸重の最大値及び平均値を示した。図-4.2に有明(59年)、草加の大型トラック、大型ダンプ、4軸セミトレーラの軸重分布をそれぞれ示す。また、図-4.3に有明(59年)、草加における大型トラック、大型ダンプ、セミトレーラの車重分布をそれぞれ示す。なお、表-4.4の下欄に、6章で用いる全車種の平均軸重及び大型車の平均軸重と最大軸重を示す。

① 最大軸重；最大軸重は有明(59年)で得られた30.4tfである。これは車両制限令に定められている最大軸重10tfの3倍に相当する大きな値である。有明(62年)、草加、八戸でもそれぞれ28tf以上の値が見られ、また、これらのデータが48時間の調査で得られた結果であることから、30tf前後の軸重が必ずしも稀でないことが分かる。

② 最大車重；3軸車の最大車重は有明(59年)で得られた大型ダンプ61.9tfである。これは車両制限令に定められている最大総重量20tfの3倍に相当する値である。また、トレーラの最大車重は草加で得られたフルトレーラ95.4tfであり、これも車両制限令に定められているトレーラの最大総重量27tf(一般道の場合)の3倍以上である。

③ 平均車重；大型ダンプは平均車重で既に制限車重20tfを超えている。

(3) 車重と軸重の関係

一例として、図-4.4に有明(59年)の結果に基づき、走行中の大型トラック、大型ダンプ及び5軸セミトレーラの車重と軸重の関係を示す。

なお、以上の重量関係の調査のほか、車間距離の実態調査も実施した。図-4.5に渋滞時の車間距離分布を示す。

表-4.1 活荷重実態調査の調査地点

調査路線名	調査地点	調査期間		片側車線数	大型車混入率(%)	日交通量(台/24h)	備考 ()内は大型車混入率
		軸 重	車 種 判 別				
国道357号線 (重交通路線)	東京都江東区 有明	S.59.11.21(水) ~23(金、祭日) (15:00~ 48時間)	同左	2	33.0 (14.6)	31 883 (24 234)	主要幹線の中で大型車混入率が高く、かつ交通量が多い路線
国道17号線 (主要幹線)	埼玉県熊谷市 肥塚	S.59.12.17(月) (0:00~ 24時間)	同左	1	32.3 (25.2)	12 597 (21 000)	同上
国道357号線 (重交通路線)	東京都江東区 有明	S.62.12.4(金)~11(金) (10:00~ 168時間)	S.62.12.8(火)~10(木) (10:00~ 48時間)	2	46.2 (35.0)	12 879 (12 603)	同上
国道4号線 (主要幹線)	埼玉県草加市 北谷町	S.62.10.15(木)~22(木) (10:00~ 168時間)	S.62.10.20(火)~22(木) (7:00~ 48時間)	2	23.1 (20.0)	22 108 (26 371)	一般国道(18.7%)に相当
国道45号線 (地方幹線)	青森県八戸市 河原木	S.62.10.24(土)~31(土) (7:00~ 168時間)	S.62.10.28(水)~30(金) (8:00~ 48時間)	1	9.4 (11.0)	8 969 (8 184)	主要地方道(11.0%)、一般県道(10.7%)、指定市の幹線市道(10.0%)に相当

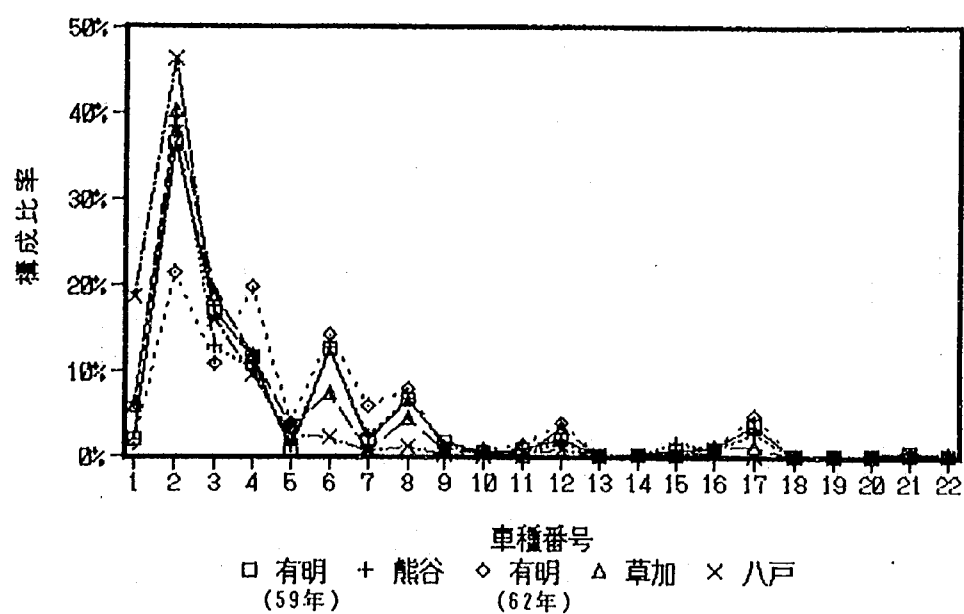
注1) 大型車混入率、日交通量の上段は、本調査における実測値を示す。

同下段は、昭和59年度常観調査および昭和61年度建設省車両重量調査による。

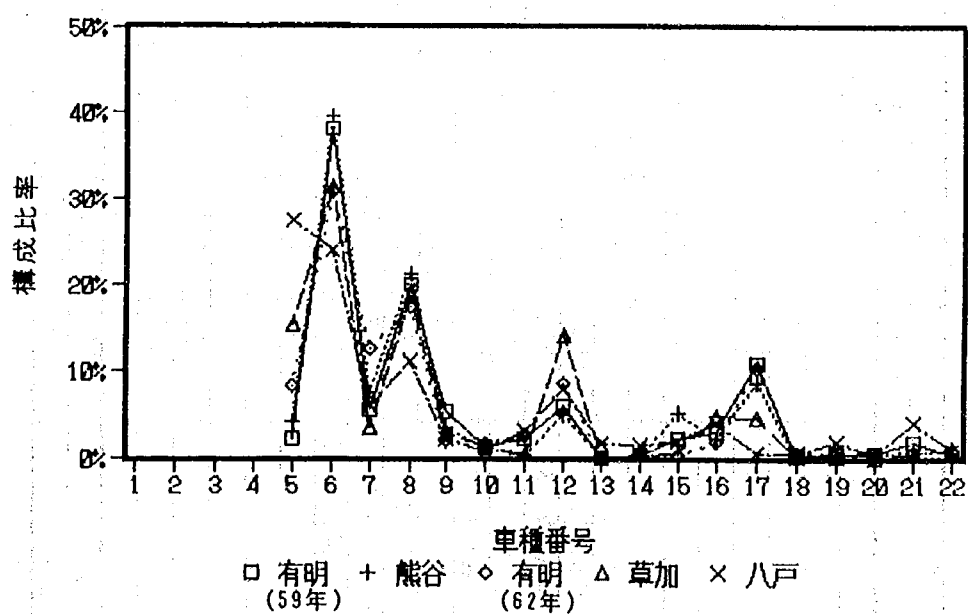
注2) 備考欄()内の大型車混入率は昭和60年度建設省道路交通センサスから求めた平均値を示す。

表-4.2 車種分類

	車 種	軸 数	車 長 (m)	速度表示灯
1	軽自動車	2	3.5	
2	乗用車	2	4.5	
3	貨客車	2	4.5	
4	小型トラック	2	4.5	
5	ロングボディートラック	2	6~7	
6	中型トラック	2	7~10	
7	大型トラック	2	7~11	有
8	大型トラック(後タンDEM)	3	9~12	有
9	大型トラック(前タンDEM)	3	10~12	有
10	大型トラック(前後タンDEM)	4	10~12	有
11	大型ダンプ	2	6.5	有
12	大型ダンプ(後タンDEM)	3	7.5	有
13	大型ミキサ	2	6.5	有
14	大型ミキサ(後タンDEM)	3	8	有
15	大型タンクローリー(後タンDEM)	2,3	6.5~9.5	有
16	大型タンクローリー(前タンDEM)	3	9	有
17	セミトレーラー	2以上		有
18	フルトレーラー	3以上		有
19	マイクロバス	2	4.5~6	
20	中型バス	2	6~9	
21	大型バス	2	10~12	



(a) 全車種の構成比率



(b) 大型車の構成比率

図-4.1 車種構成

表-4.3 各調査地点の車種構成

車 種	有明(59年)		熊谷		有明(62年)		草加		八戸	
	台数	構成(%)	台数	構成(%)	台数	構成(%)	台数	構成(%)	台数	構成(%)
1 軽自動車	1338	2.10	781	6.20	377	1.46	2632	5.95	3356	18.71
2 乗用車	23364	36.60	4831	38.34	5531	21.47	17783	40.22	8310	46.33
3 貨客車	10683	16.74	1631	12.94	2790	10.83	8301	18.77	2847	15.87
4 小型トラック	7363	11.54	1286	10.21	5102	19.81	5186	11.73	1718	9.58
5 ロングホイールトラック	457	0.72	173	1.37	986	3.83	1578	3.57	469	2.61
6 中型トラック	7994	12.52	1606	12.75	3676	14.27	3237	7.32	410	2.29
7 大型トラック	1170	1.83	311	2.47	1504	5.84	357	0.81	104	0.58
8 大型トラック(後タンDEM)	4183	6.55	862	6.84	2067	8.03	1928	4.36	188	1.05
9 大型トラック(前タンDEM)	1109	1.74	144	1.14	251	0.97	299	0.68	39	0.22
10 大型トラック(前後タンDEM)	265	0.42	48	0.38	188	0.73	132	0.30	13	0.07
11 大型タンP	467	0.73	14	0.11	315	1.22	36	0.08	52	0.29
12 大型タンP(後タンDEM)	1238	1.94	200	1.59	1021	3.96	1439	3.25	134	0.75
13 大型ミサ	7	0.01	3	0.02	8	0.03	5	0.01	28	0.16
14 大型ミサ(後タンDEM)	60	0.09	4	0.03	53	0.21	45	0.10	25	0.14
15 大型タンクローリー(後タンDEM)	476	0.75	211	1.67	55	0.21	51	0.12	35	0.20
16 大型タンクローリー(前タンDEM)	623	0.98	92	0.73	228	0.89	489	1.11	69	0.38
17 セミトレーラー	2300	3.60	351	2.79	1237	4.80	485	1.10	8	0.04
18 フルトレーラー	37	0.06	2	0.02	63	0.24	13	0.03	8	0.04
19 マイクロバス	136	0.21	9	0.07	62	0.24	28	0.06	33	0.18
20 中型バス	115	0.18	26	0.21	67	0.26	9	0.02	6	0.03
21 大型バス	381	0.60	12	0.10	94	0.36	61	0.14	69	0.38
22 その他	64	0.10	3	0.02	82	0.32	121	0.27	17	0.09
合 計	63830	100.00	12600	100.00	25757	100.00	44215	100.00	17938	100.00
大型車合計	21018	32.93	4068	32.29	11875	46.10	10192	23.05	1690	9.42

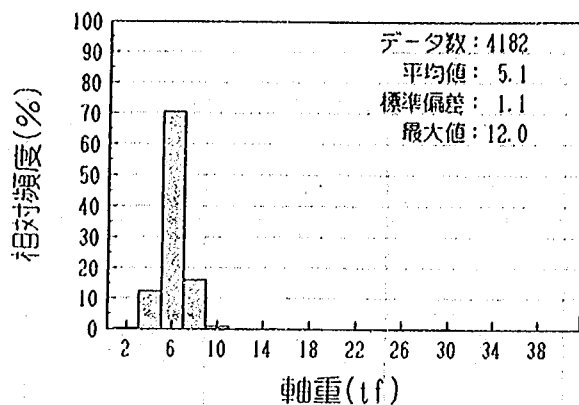
表-4.4 活荷重実態調査の結果

(単位;tf)

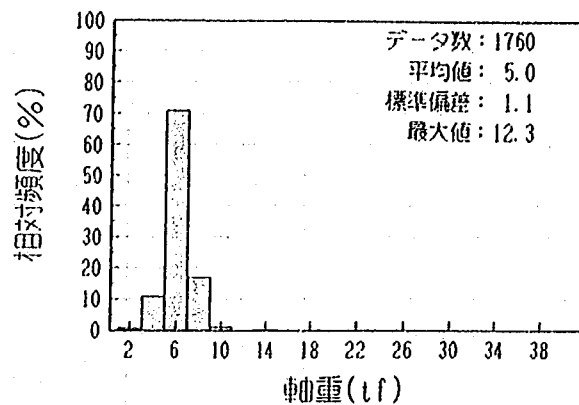
	車 種	昭和59年度調査		昭和62年度調査		
		有 明 国道357号	熊 谷 国道17号	有 明 国道357号	草 加 国道4号	八 戸 国道45号
平均車重	大型トラック	16.8	18.4	14.3	17.7	18.0
	大型ダンプ	19.6	23.6	24.0	27.7	25.3
	セミトレーラ	24.8	25.0	20.5	26.6	17.0
	フルトレーラ	33.1	19.0*	25.8	24.6*	25.7*
最大車重	大型トラック	45.2	49.1	57.5	43.5	43.7
	大型ダンプ	61.9	46.7	40.2	57.3	36.9
	セミトレーラ	86.7	72.5	81.4	74.5	47.3
	フルトレーラ	64.3	20.6*	95.4	27.2*	61.0*
平均軸重	大型トラック	5.6	6.1	4.8	5.9	6.0
	大型ダンプ	6.5	7.9	8.0	9.2	8.4
	セミトレーラ	6.0	6.2	5.1	6.2	5.0
	フルトレーラ	7.0	4.2*	6.1	5.9	6.2
最大軸重	大型トラック	23.9	23.5	28.9	22.7	19.7
	大型ダンプ	30.4	23.1	18.0	26.8	19.4
	セミトレーラ	29.9	21.5	27.6	23.4	16.4
	フルトレーラ	18.8	5.8*	29.7	12.6	15.7
	1週間調査**	—	—	29.7	28.4	28.5
観測台数	大型トラック	4183	862	1757	1760	193
	大型ダンプ	1238	200	851	1423	178
	セミトレーラ	2300	351	1357	468	50
	フルトレーラ	37	2	35	5	8
大型車平均軸重		4.7	5.3	4.4	5.4	4.9
大型車最大軸重		30.4	23.5	29.7	26.8	19.7
全車平均軸重		2.5	3.0	2.2	3.0	2.8

*) データ数が10未満である。

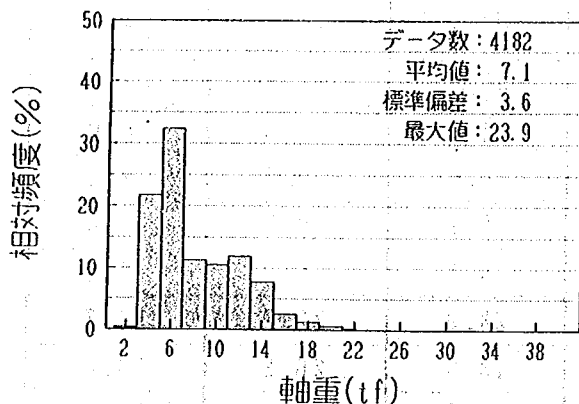
**) 48時間の調査を含めて、車種判別を伴わない1週間(168時間)の軸重調査を行った。



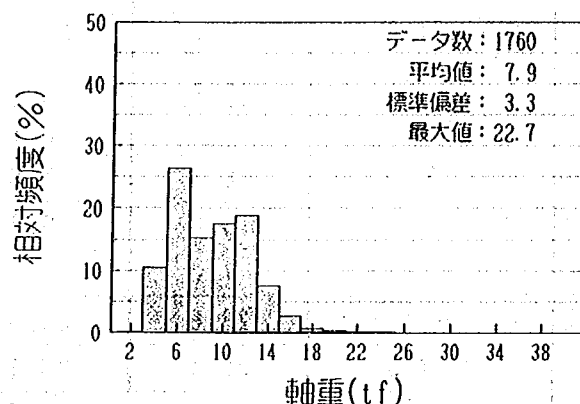
(a) 有明(59年)、前から1軸目



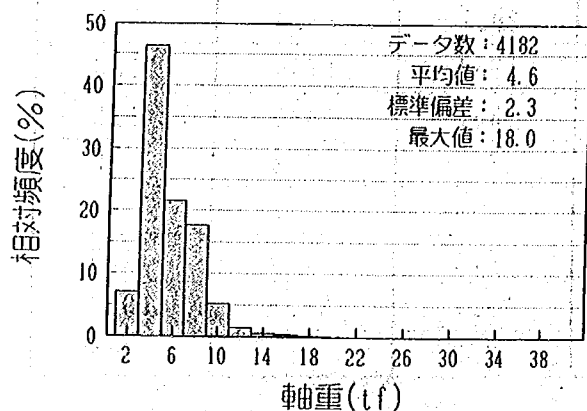
(d) 草加、前から1軸目



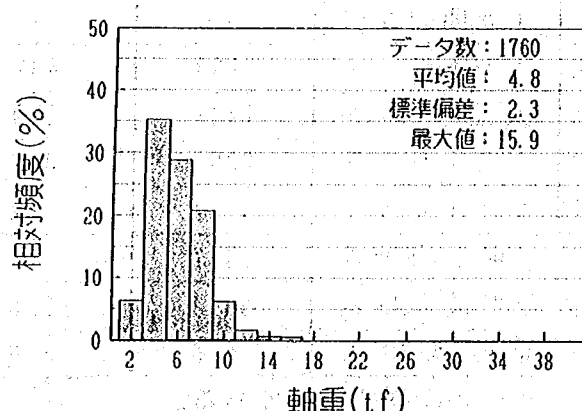
(b) 有明(59年)、前から2軸目



(e) 草加、前から2軸目

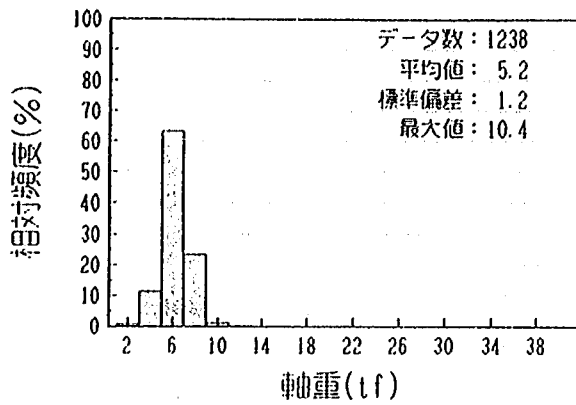


(c) 有明(59年)、前から3軸目

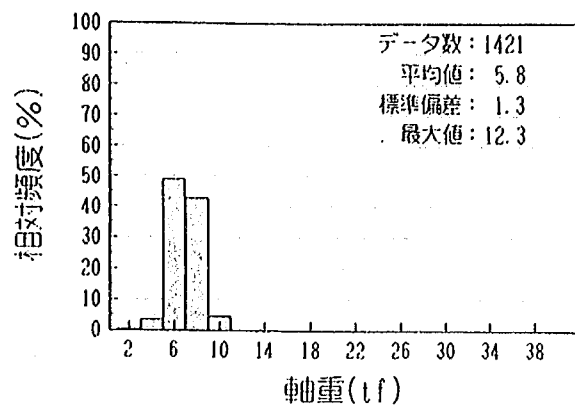


(f) 草加、前から3軸目

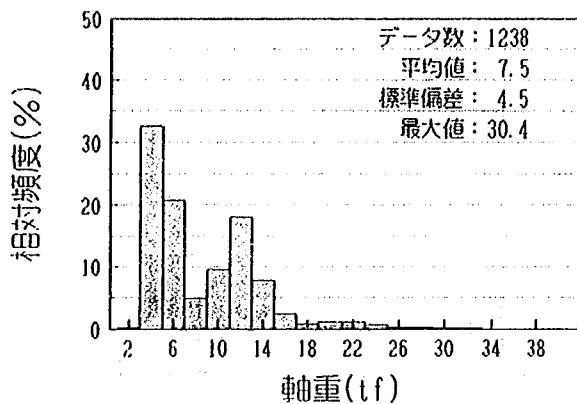
図-4.2(a) 大型トラックの軸重分布
(車種番号8、後タンDEM)



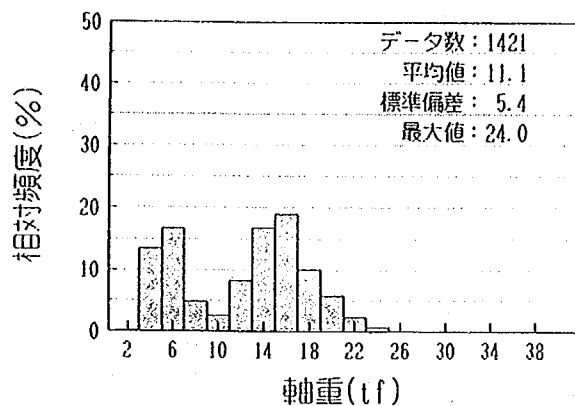
(a) 有明(59年)、前から1軸目



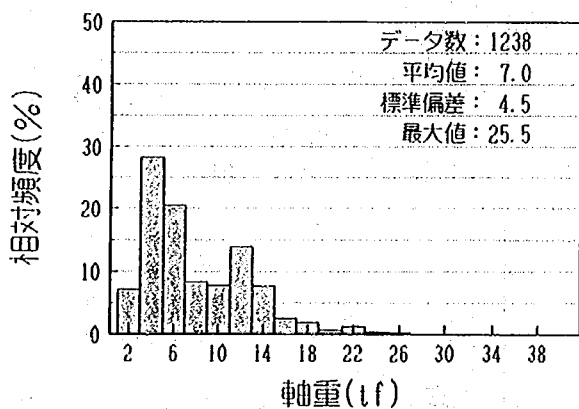
(d) 草加、前から1軸目



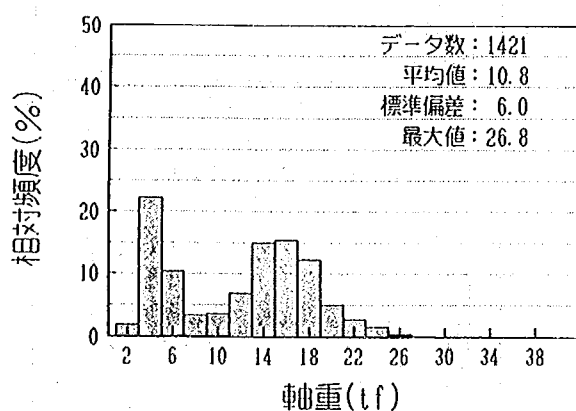
(b) 有明(59年)、前から2軸目



(e) 草加、前から2軸目

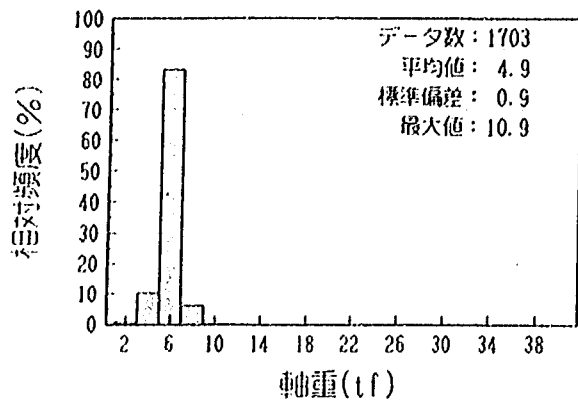


(c) 有明(59年)、前から3軸目

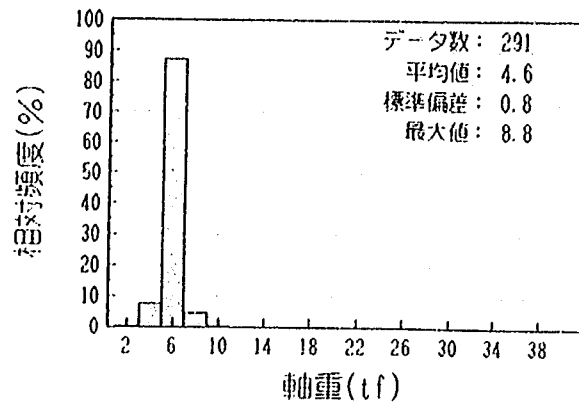


(f) 草加、前から3軸目

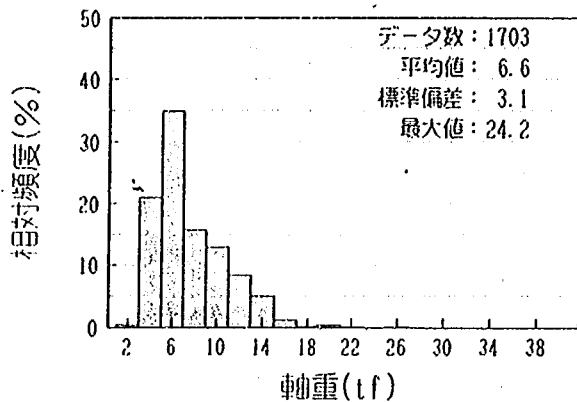
図-4. 2(b) 大型ダンプの軸重分布
 (車種番号12、後タンDEM)



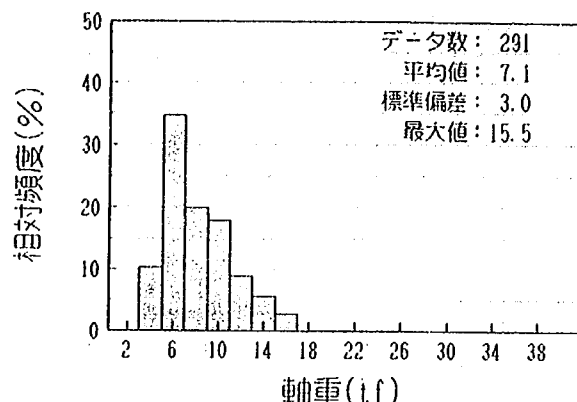
(a) 有明(59年)、前から1軸目



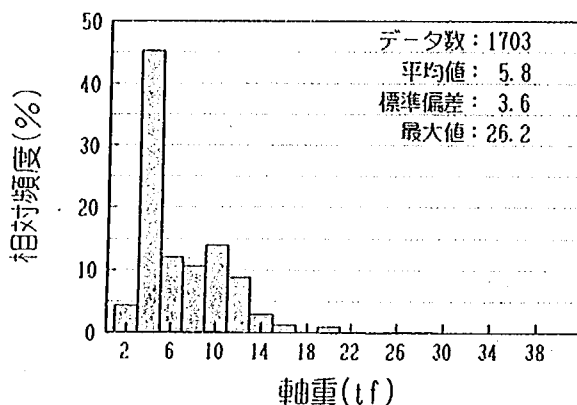
(e) 草加、前から1軸目



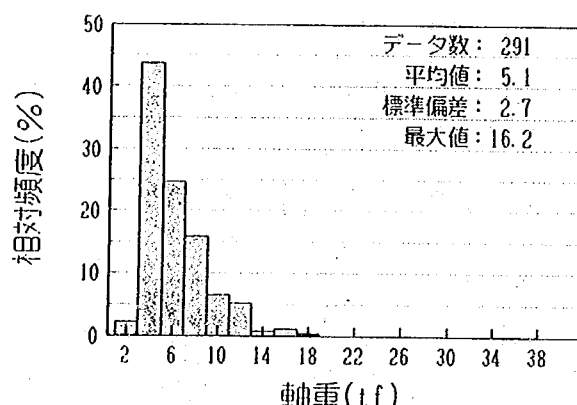
(b) 有明(59年)、前から2軸目



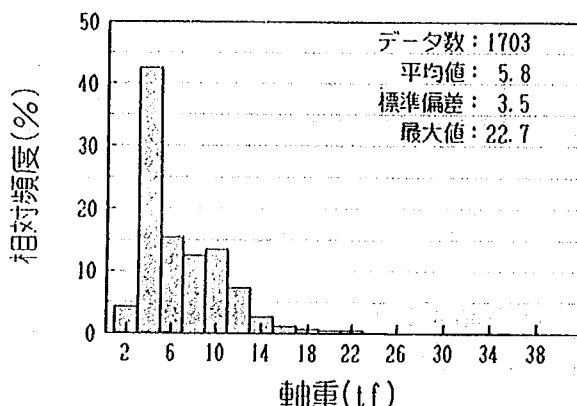
(f) 草加、前から2軸目



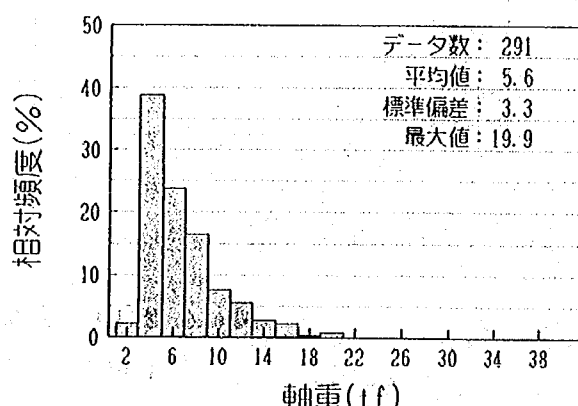
(c) 有明(59年)、前から3軸目



(g) 草加、前から3軸目

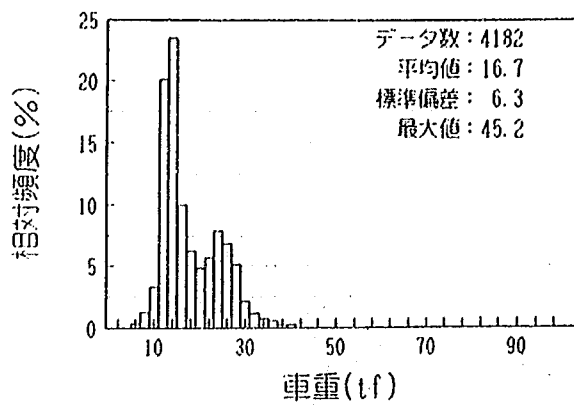


(d) 有明(59年)、前から4軸目

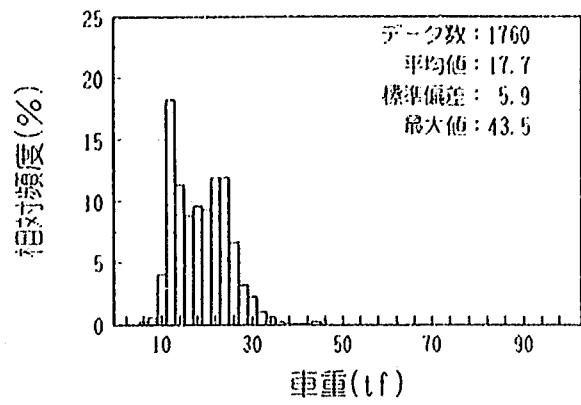


(h) 草加、前から4軸目

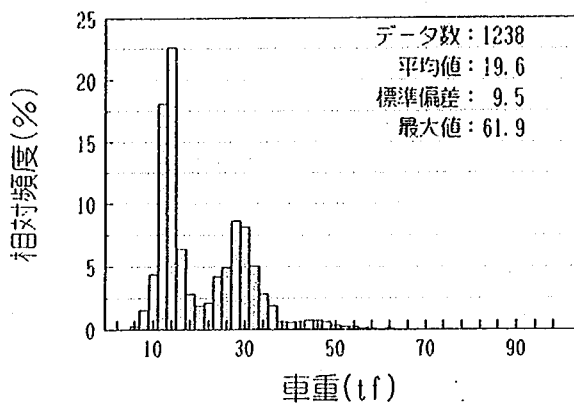
図-4.2(c) セミトレーラの軸重分布
 (車種番号17)



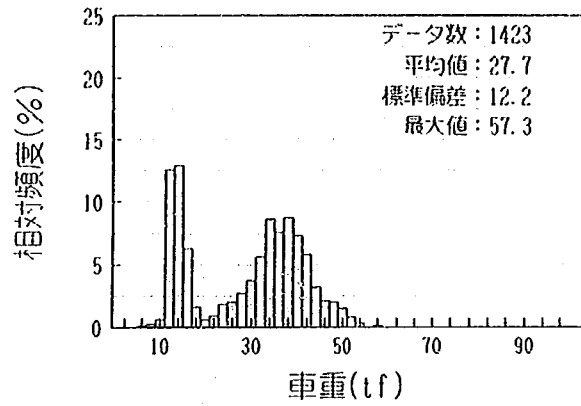
(a) 有明(59年)、大型トラック(8)



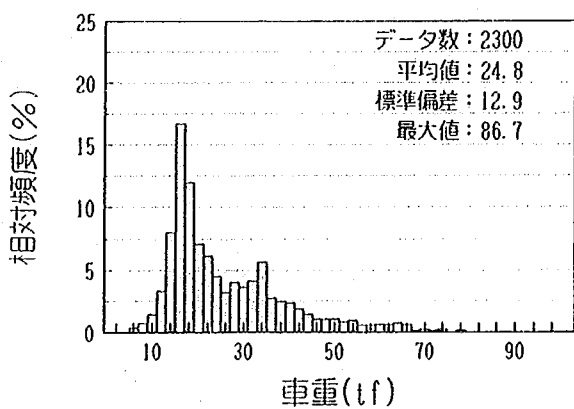
(d) 草加、大型トラック(8)



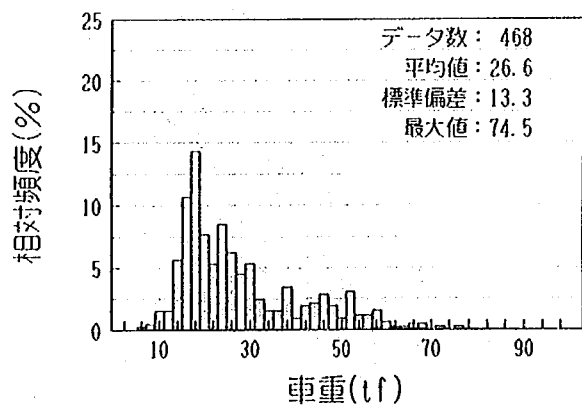
(b) 有明(59年)、大型ダンプ(12)



(e) 草加、大型ダンプ(12)

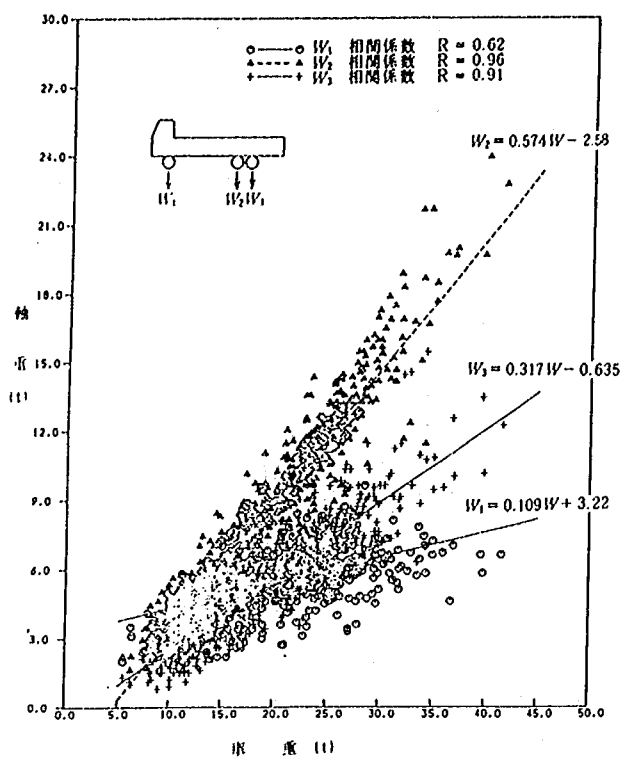


(c) 有明(59年)、セミトレーラ(17)

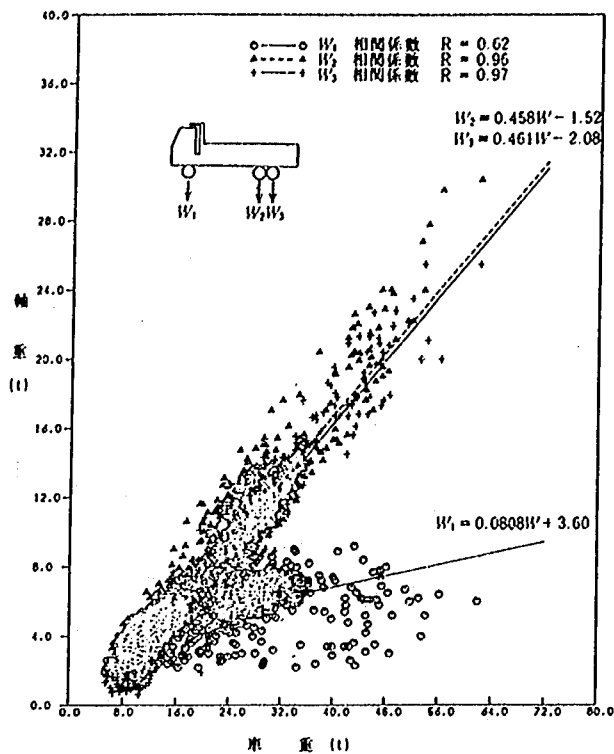


(f) 草加、セミトレーラ(17)

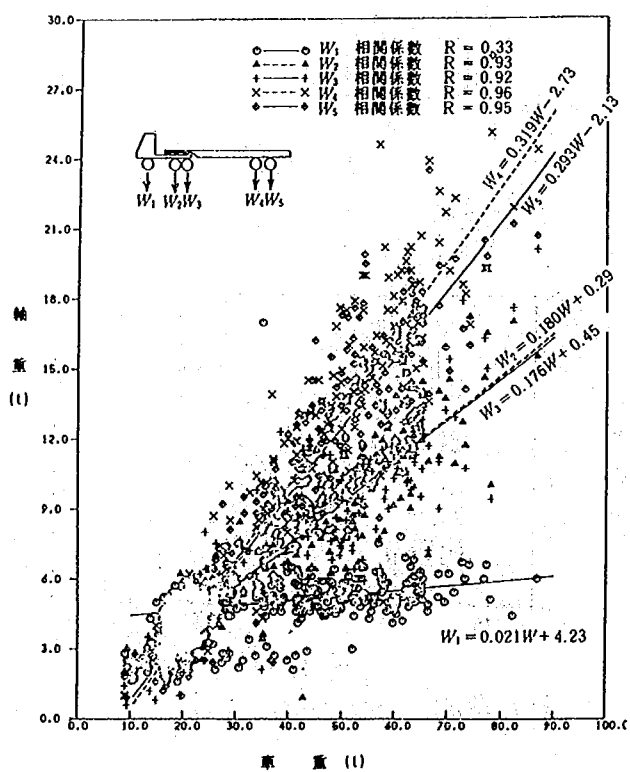
図-4.3 大型車の車重分布



(a) 大型トラック
(車種番号8、後タンデム)



(b) 大型ダンプ
(車種番号12、後タンデム)



(c) セミトレーラ
(車種番号17)

図-4.4 軸重と車重の関係

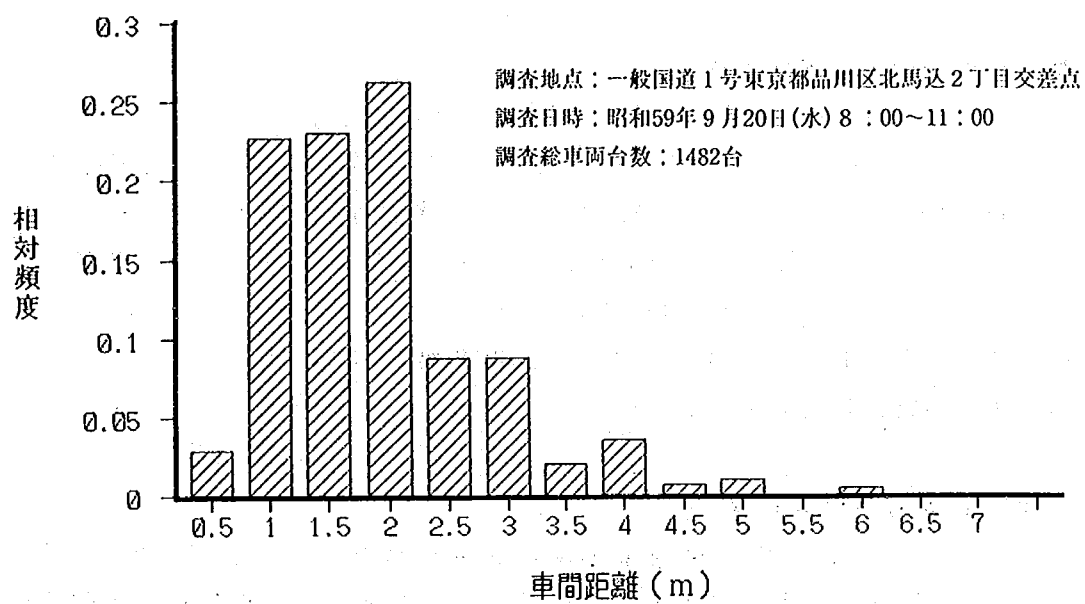


図-4.5 渋滞状態における車間距離分布

5. 自動車列シミュレーション

5.1 シミュレーションのフロー

シミュレーションは、自動車列荷重に関する種々のパラメータを容易に取り込み、実態調査結果を反映し易く、明瞭かつ比較的精度よく自動車列荷重の最大応答値を求めることができるものと考えられる。

図-5.1にシミュレーションのフローを示す。図-5.2に示すように、1本の単純梁上に車両を満載させ、このときの最大断面力を算出する。この計算を供用期間中に起こり得る渋滞回数分だけ繰返し計算を行う。

5.2 シミュレーションの効率化

従来、この計算時間が膨大となるため、供用期間中に起こりうる最大断面力は、少ない回数のシミュレーション結果に基づき極値確率紙上で外挿することによって求めていたが、確率的に繰返し回数を低減させる方法(効率化)が提案されたことによって、計算時間が短縮され、推定精度が向上している¹⁰⁾。

シミュレーションの結果から得られる最大断面力の頻度分布のうち、ここでの検討で必要となるのは最大値側の裾の分布である。多くの繰返し計算の中で、最大値側の裾の方にくる場合の載荷状態は、影響線の縦距が最も大きい位置付近(単純梁の曲げモーメントでは支間中央付近)に大型車が載荷されている状態である。このことから、大型車がその位置付近に載荷される確率を求め、その場合のみについて繰返し計算を行う。これによって必要繰返し回数は効率化を行わない場合の1/200~1/300程度に軽減される。

なお、効率化の詳細は付録資料-1に示す。

5.3 車両モデルと入力パラメータ

このシミュレーションに用いた車両モデル及び車種構成を表-5.1~2に示す。また、表-5.3に各入力パラメータとその入力方法を示す。車種構成、車重分布は活荷重実態調査を行った延べ5地点のデータを用い、その他のデータは文献2)と同様とした。仮に、入力値を表-5.3の設定条件Aとした場合、最大断面力はL-20による断面力(幅員2.75m、衝撃を含む)の1.7倍(2車線、曲げモーメントの場合)となる²⁾。

5.4 試行回数と地点間の相対比

図-5.3、5.4に有明(59年)、熊谷、有明(62年)、草加及び八戸の各車重、軸重データを用いてシミュレーションを行った結果を極値I型確率紙上に示す。図-5.3は計算結果をL-20による曲げモーメントとの比で表したものであり、図-5.4は有明(59年)の結果に対する比で表わしたものである。左側の縦軸に示す試行1回の非超過確率 $F(x)$ は試行回数 N と次の関係にある。

$$N = \frac{1}{1 - F(x)}$$

また、1日当り渋滞回数、供用期間及び供用期間中の非超過確率とは次の関係がある。

$$F(x) = F_1 / (y \cdot 365 \cdot n)$$

ここに、 F ；供用期間中の非超過確率

y ; 供用期間 (年)

n ; 1日当り渋滞回数

例えば、 $n=600$ 回/日、 $y=50$ 年、 $F=0.9$ の場合について計算するには、概ね1億回の試行が必要となる。右側の縦軸は標準極値変量 s であり、標準正規分布の確率変量と同様の役割を果たすものである。

これらの図より、 $F(x)$ (または N) の増加に応じて、曲げモーメント比は極値 I 型確率紙上で直線的に増加するが、地点間の相対的な比率は $F(x)$ に関わらず概ね一定であることが分かる。

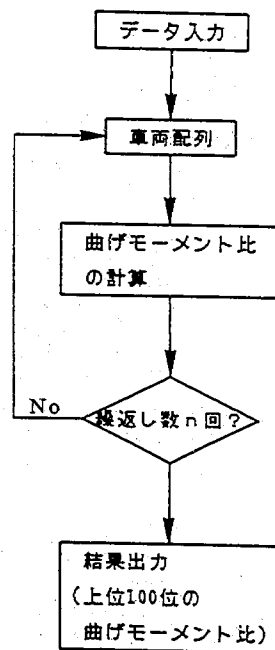
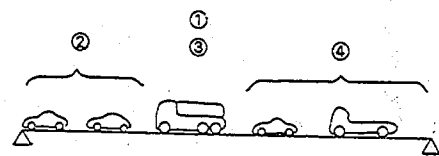
5.5 渋滞回数、供用期間、非超過確率の影響

上記のように、1日当り渋滞回数 n 、供用期間 y 及び非超過確率 F はいずれもシミュレーションの試行回数を決定するパラメータである。図-5.5~5.7に n 、 y 、 F がシミュレーション結果に及ぼす影響度をそれぞれ示す。これらの図は、いずれも大型車混入率40%、支間20, 60, 120mの場合について示しており、縦軸は $n=600$ 回、 $y=50$ 年、 $F=0.9$ のときのシミュレーション結果を1.0とした場合の比で表わす。 n 、 y 、 F はいずれも値が大きくなれば最大断面力が大きくなるが、 $n > \text{約} 100$ 回の場合、 $y > \text{約} 10$ 年の場合、あるいは $F > \text{約} 50\%$ の場合には、影響度は10%以下であり、それぞれのパラメータの影響が小さい。特に支間20mの場合は、最大断面力が車両1台の車重でほとんど支配されるため、 n 、 y 、 F はほとんど影響しない。これらの図中には軸重データの異なる結果を合わせて示しているが、それぞれの比は軸重データの影響をほとんど受けない。

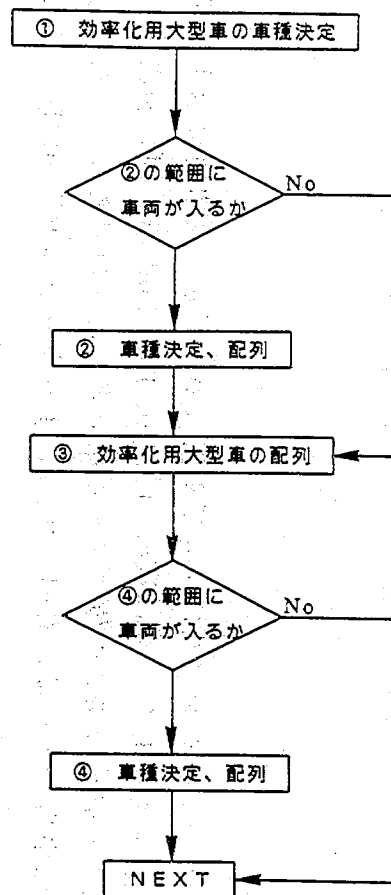
5.6 大型車混入率の影響

図-5.8に、シミュレーション結果に及ぼす大型車混入率の影響を支間別に示す。縦軸は図-5.4に示した M/M_{ARI59} (1日当り渋滞回数1, 10, 50, 100, 300, 600回に相当する値を平均した) を、大型車混入率40%の場合の値に対する比で表したものである。ただし、大型車混入率20%の結果 (図中白ぬき) は、有明(59年)、1日当り渋滞回数600回とした場合について示す。

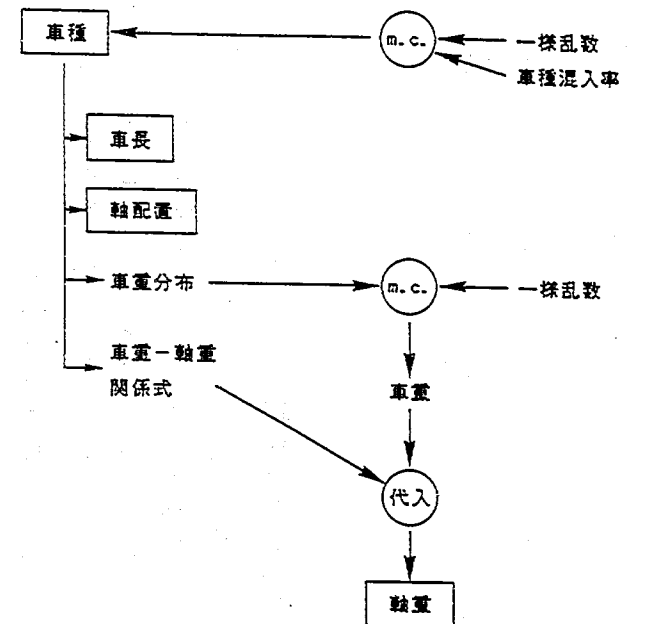
支間が長いほど、シミュレーション結果に及ぼす大型車混入率の影響が大きく、支間20mの場合には、大型車混入率が20%以上でシミュレーション結果がほとんど変化しない。これは、支間が短いと載荷される車両が2~3台程度であり、計算結果が中央に載荷される車両1台の大きさでほとんど支配されるためと考えられる。



(a) 全体フロー



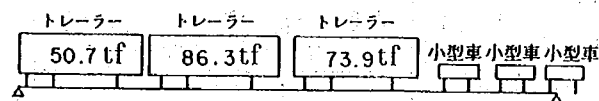
(b) 車両配列フロー



m.c. ; モンテカルロ法

(c) ①、②、④詳細フロー

図-5.1 シミュレーションのフロー



図一5.2 自動車列シミュレーションの例（設定条件Aの最大断面力発生時）

表-5.1 車両モデル

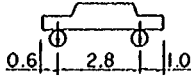
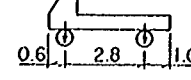
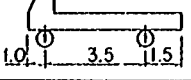
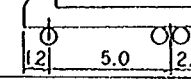
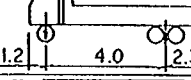
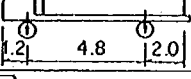
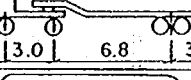
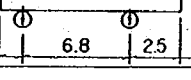
No.	車 種	車両総重量(tf)		車長 (m)	軸配置および軸間距離	軸 重 (比) (tf)		
		平均値 (最大値)	標 準 偏 差			1	2	3
1	乗用車	1.3 (3.1)	0.36	4.4		0.501W +0.03	0.498W -0.03	—
2	小型トラック	3.6 (12.6)	1.32	4.4		0.231W +0.76	0.769W -0.76	—
3	中型トラック	6.2 (18.3)	2.50	6.0		0.182W +1.38	0.818W -1.38	—
4	大型トラック	16.8 (45.2)	6.29	8.5		0.109W +3.22	0.891W -3.22	—
5	大型ダンプ	19.6 (61.9)	9.54	7.5		0.081W +3.60	0.919W -3.60	—
6	タンクローリー	13.8 (33.7)	6.32	8.0		0.107W +3.01	0.893W -3.01	—
7	トレーラー	24.8 (86.7)	12.93	14.0		0.024W +4.19	0.360W +0.70	0.616W -4.89
8	大型バス	13.8 (18.7)	2.41	10.5		0.376W -0.464	0.624W +0.464	—
備 考						Wは車重を表す		

表-5.2 車種構成

(%)

車 種		有明(59年)			熊谷		有明(62年)		草加		八戸	
	大型車混入率	20.0	32.5	40.0	32.4	40.0	46.2	40.0	23.1	40.0	9.4	40.0
1	乗用車	65.3	55.1	49.0	57.1	50.7	33.9	37.8	65.1	50.8	81.0	53.6
2	小型トラック	14.7	12.4	11.0	10.5	9.3	19.9	22.2	11.8	9.2	9.6	6.4
3	中型トラック	8.1	13.1	16.1	14.1	17.4	18.1	15.7	10.9	18.9	4.9	20.9
4	大型トラック	6.3	10.3	12.7	10.9	13.5	15.6	13.5	6.2	10.7	1.9	8.1
5	大型ダンプ	1.8	3.0	3.7	1.8	2.2	5.4	4.7	3.5	6.1	1.3	5.5
6	タンクローリー	1.0	1.7	2.1	2.5	3.1	1.1	1.0	1.2	2.1	0.6	2.6
7	トレーラー	2.1	3.4	4.2	2.7	3.3	5.1	4.4	1.1	1.9	0.1	0.4
8	大型バス	0.6	1.0	1.2	0.4	0.5	0.9	0.8	0.2	0.3	0.6	2.6
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表-5.3 自動車列シミュレーションの入力パラメータ

入力パラメータ		入力データ	入力方法		設定条件A
大型車混入率 (車種構成)		有明(59年) 20%, 32.5%, 40%	確定値	各地点での実測車種構成に基づき、小型車、大型車それぞれの車種構成を大型車混入率に応じて調整	有明(59年) 40%
		熊谷 32.4%, 40%			
		有明(62年) 46.2%, 40%			
		草加 23.1%, 40%			
		八戸 9.4%, 40%			
支間		20, 60, 120 m	確定値	代入	60 m
車重分布		有明(59年) 熊谷 有明(62年) 草加 八戸	確率変量	各地点での各車種の実測車重分布を入力(モンテカルロ)	有明(59年)
車重一軸重の関係式		有明(59年) (表-5.1)	確定値	車種ごとに一次式	
シミュレーション回数	1日当り渋滞回数	最大600回/日	確定値	代入	600回/日
	供用年数	最大50年			50年
	非超過確率	最大90%			90%
車長		(表-5.1)	確定値	車種ごとに代入	
軸間距離		(表-5.1)	確定値	車種ごとに代入	
車間距離		渋滞時(走行速度0km/h) (図-4.5)	確率変量	実測車間距離分布を入力(モンテカルロ)	

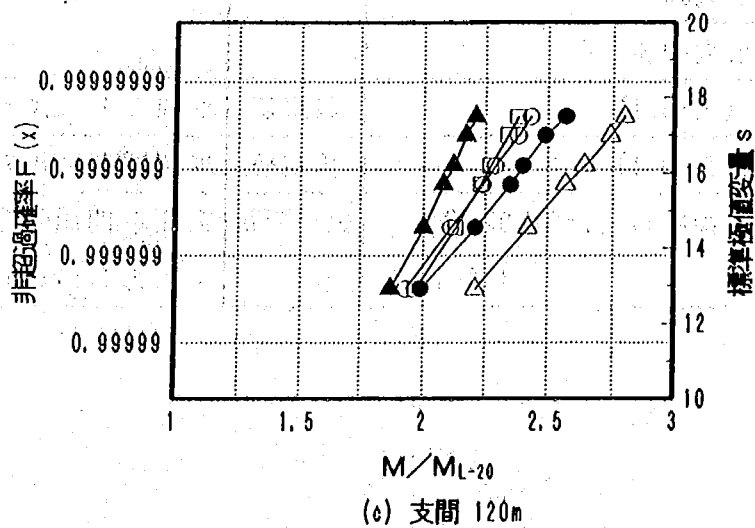
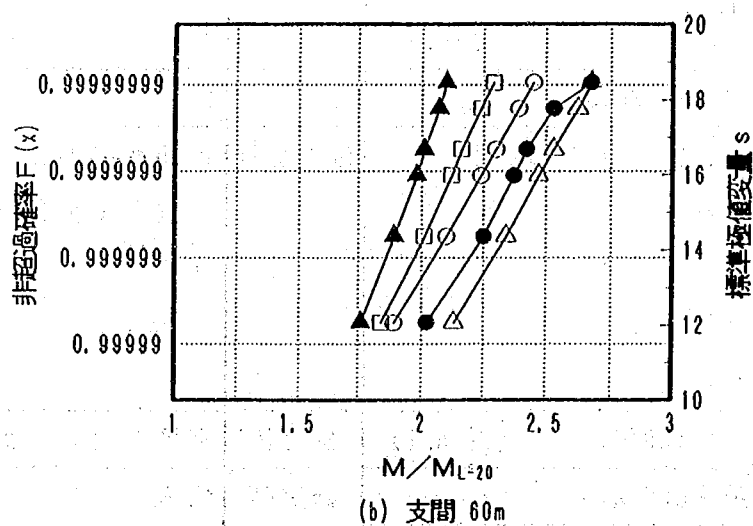
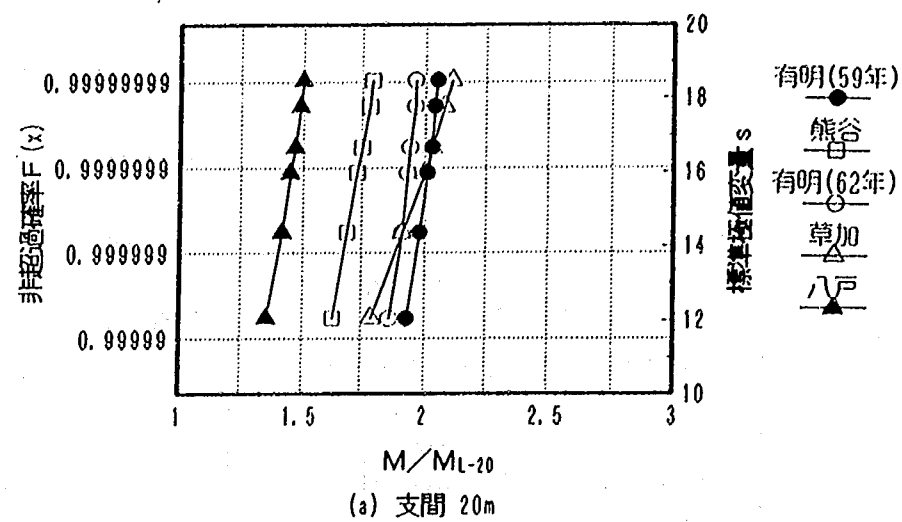


図-5.3 地点別シミュレーション結果

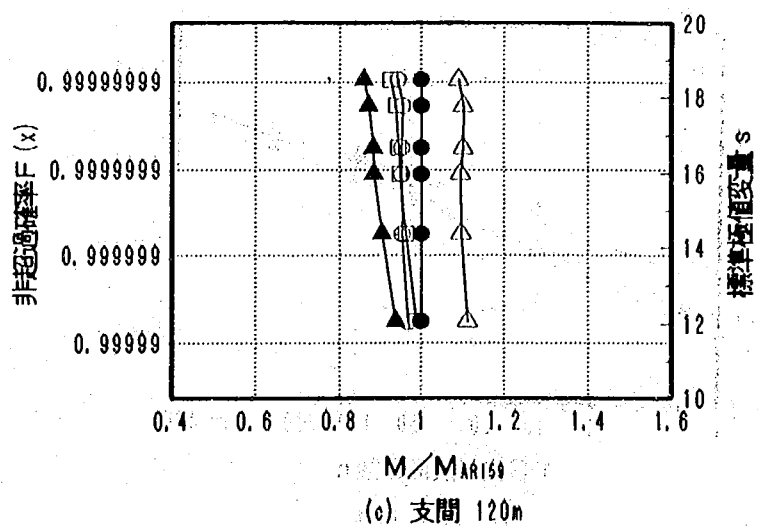
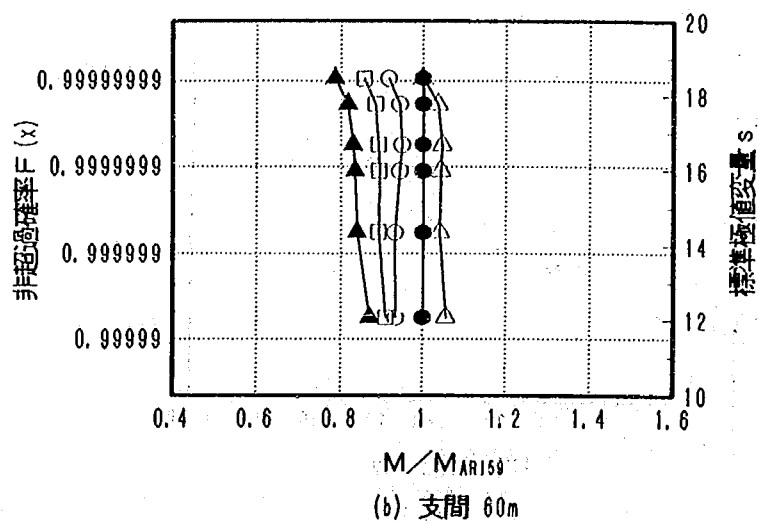
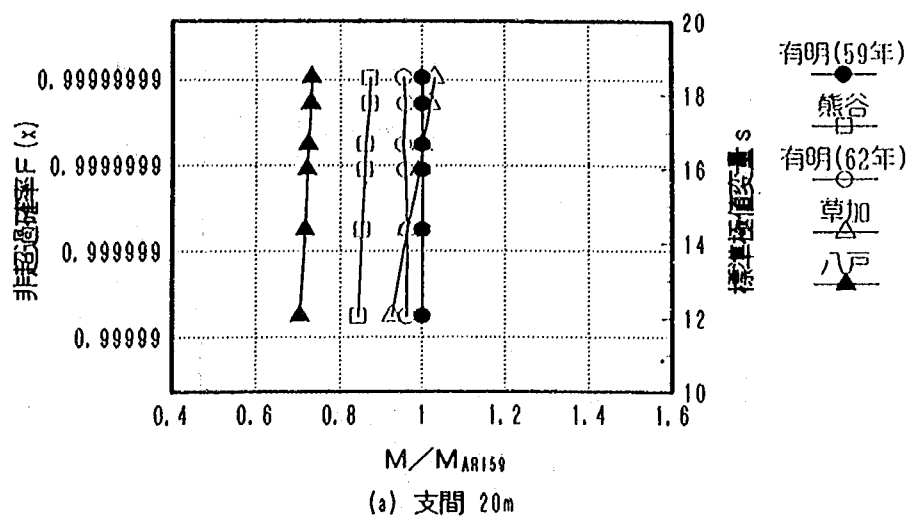


図-5.4 地点間の比較(有明(59年)の結果に対する比)

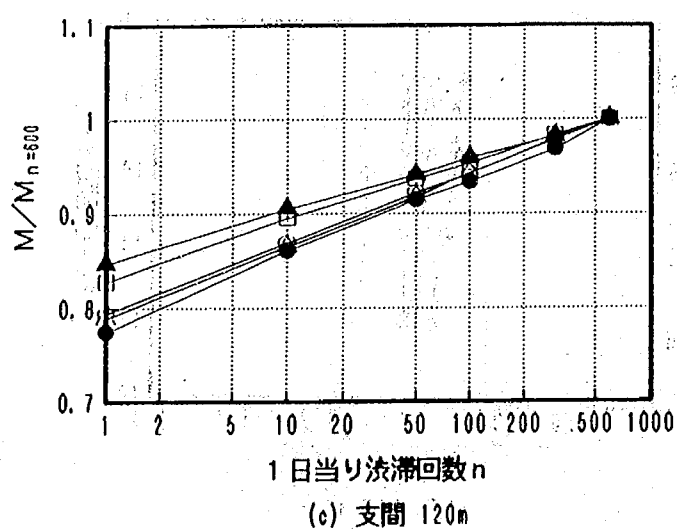
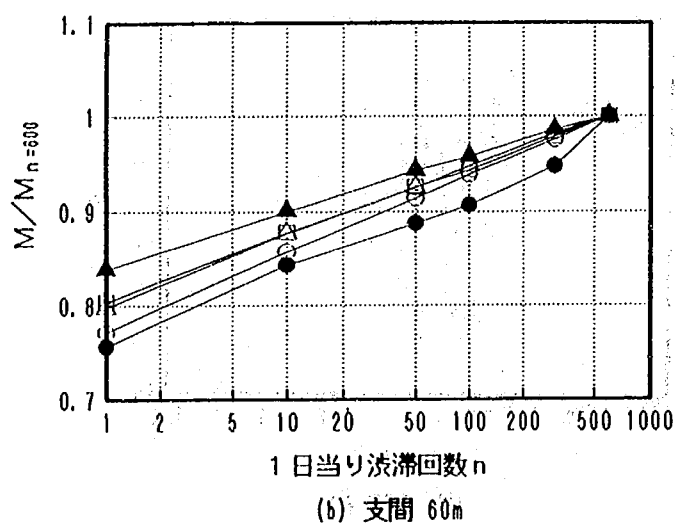
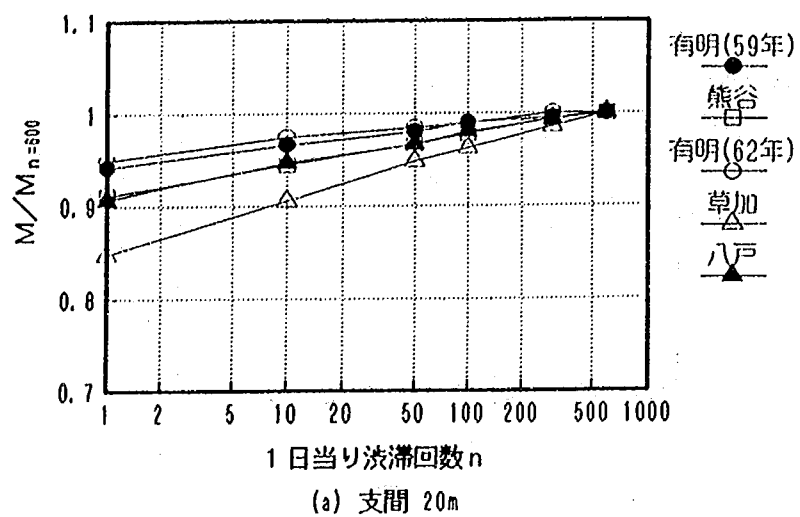


図-5.5 1日当り渋滞回数の影響度

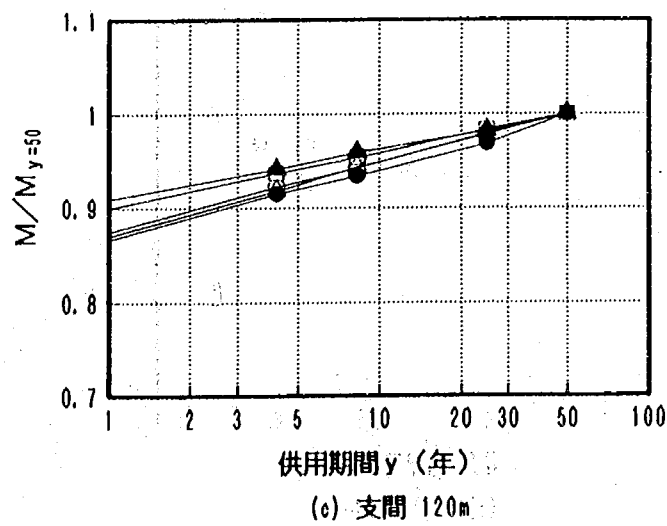
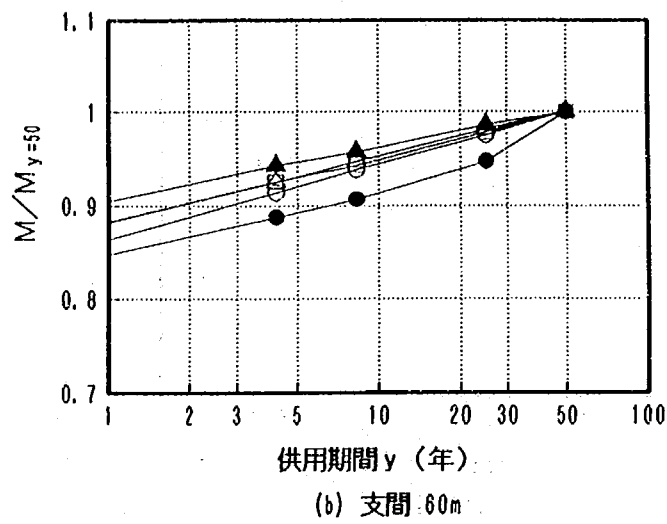
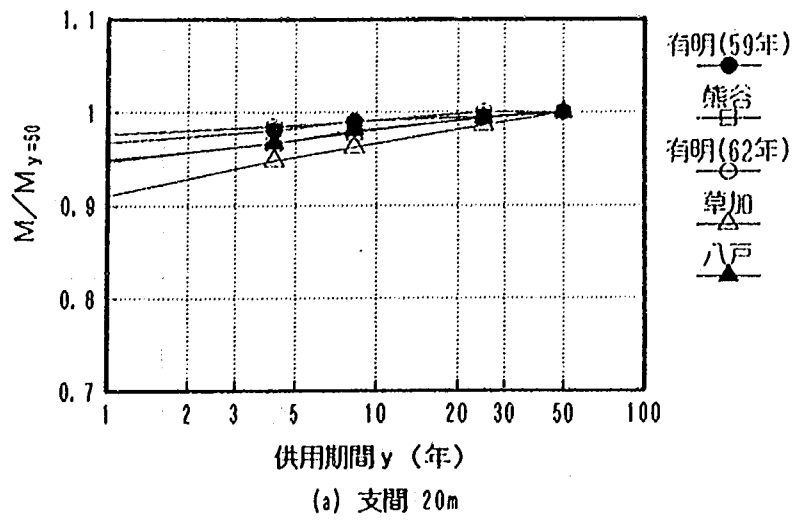


図-5.6 供用期間の影響度

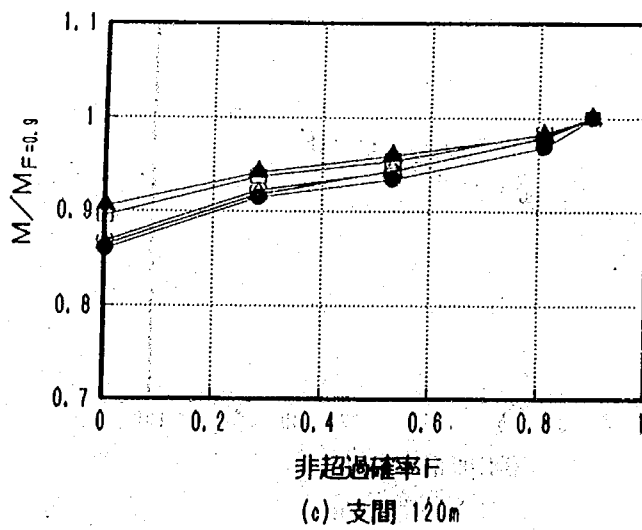
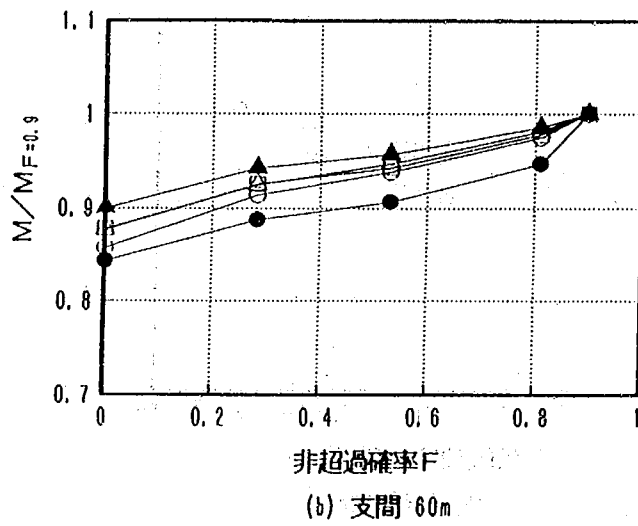
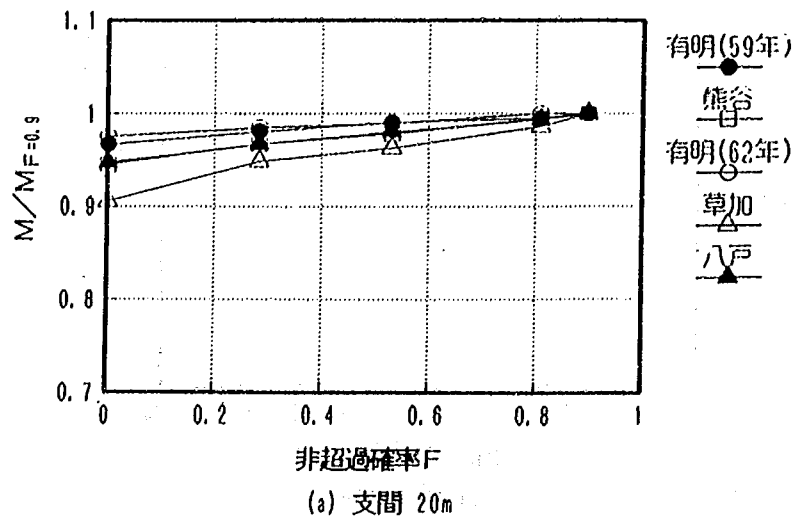


図-5.7 供用期間中の非超過確率の影響度

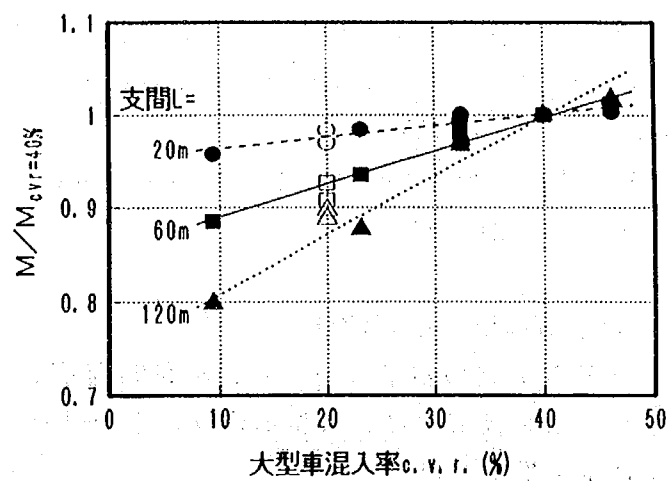


図-5.8 大型車混入率の影響

6. 全国の自動車列荷重の実態

6.1 大型車の軸重分布と最大断面力の関係

ここでは、大型車の軸重分布(シミュレーションに用いた軸重分布と同じ元データによる)を平均軸重及び最大軸重で代表させ、それらの値とシミュレーションで得られた最大断面力(自動車列荷重を表す一指標)との関係を見る。

活荷重実態調査では乗用車等の軽車両の軸重データがほとんど測定されていないこと、ならびに大型車に限定した軸重分布を用いた方が全車種の軸重分布より精度がよいと考えられることから、大型車のみの軸重分布を検討に用いることとした。ただし、この場合、全国軸重調査で得られた全車種の軸重分布を大型車の軸重分布に換算する必要がある。

図-6.1に、支間20, 60, 120mそれぞれの場合について、大型車の平均軸重及び最大軸重が最大断面力に及ぼす影響を示す。図中の記号は各調査地点での大型車の平均軸重及び最大軸重を示す。その記号の側の数値は、各調査地点の車重データを用いてシミュレーションを行った結果(最大断面力)を、有明(59年)の結果に対する比 α で表わしたものである。また、図中にはこの5個のデータに基づき α の等高線を示した。5個のデータに基づいているため等高線の精度は高くないが、以下の傾向を見ることができる。

- ① どの支間の場合でも、大型車の平均軸重が大きくなるほど、また最大軸重が大きくなるほど、最大断面力は大きくなる傾向にある。
- ② 支間が長くなるほど平均軸重の影響が強くなる傾向が見られ、逆に支間が短くなるほど最大軸重の影響が強くなる傾向が見られる。

6.2 全国における大型車の平均軸重、最大軸重

図-6.2に、前述の全国軸重調査の結果に基づく、昭和61年度、全国74地点の大型車の平均軸重と最大軸重を示す。この調査では、大型車のみの平均軸重は得られていないので、次のように大型車の平均軸重を推定した。

$$P_L = \frac{P - P_S}{C'} + P_S$$

$$C' = \frac{a_L \cdot C}{a_S + (a_L - a_S) \cdot C}$$

ここに、 P_L ；大型車平均軸重

P ；全車平均軸重(実測値)

P_S ；大型車以外の平均軸重($\approx 1.0\text{tf}$)

C' ；軸数での大型車混入率

a_L ；大型車の平均軸数(≈ 2.5)

a_S ；大型車以外の平均軸数($= 2$)

C ；大型車混入率(実測値)

大型車以外の平均軸重 P_S は、図-6.3に示す全国軸重調査の結果に基づき 1.0tf とした。大型車以外の車種には乗用車の他に小型貨物も含まれている。なお、活荷重実態調査の結果では P_S は $0.7 \sim 0.9\text{tf}$ 程度であった。

大型車の平均軸数 a_L は、大型車の平均軸数を次式で算出することとして、全国軸重調査の全地点のデータを平均すると 2.6 軸/台であった。ただし、上記の C' の算定では $a_L = 2.5$ と仮

定した。

$$a_L = \frac{2 \cdot (n_L - n_3) + 3 \cdot n_3}{n_L}$$

ここに、 n_L ; 大型車交通量

n_3 ; 3軸以上大型車交通量

6.3 活荷重実態調査結果に基づくシミュレーションの全国での位置付け

図-6.2には、図-6.1(b)に示した結果に基づき、支間60mの場合の α の等高線を次式のようにモデル化して示した。

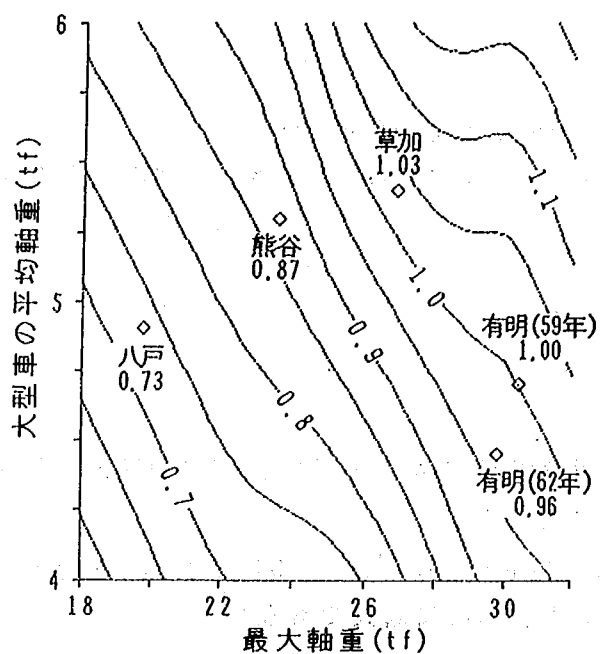
$$\alpha_{L=60m} = 0.0178(5.14P_{Lmean} + P_{Lmax})$$

ここに、 P_{Lmean} ; 大型車の平均軸重

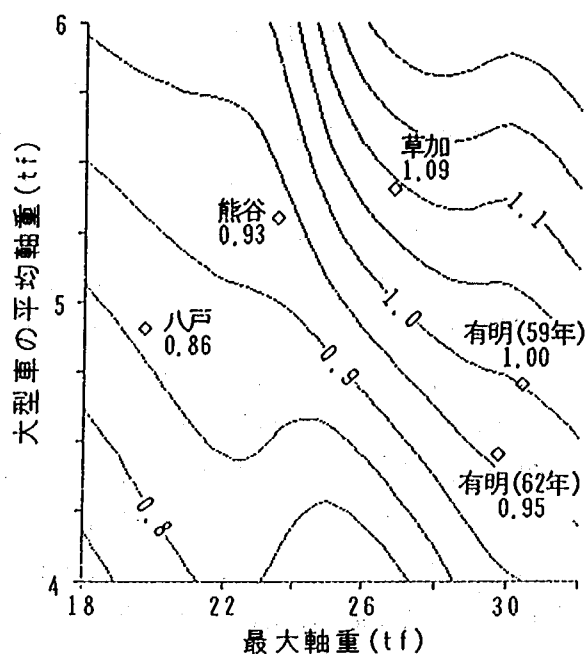
P_{Lmax} ; 大型車の最大軸重

この図から、以下の結果が得られる。

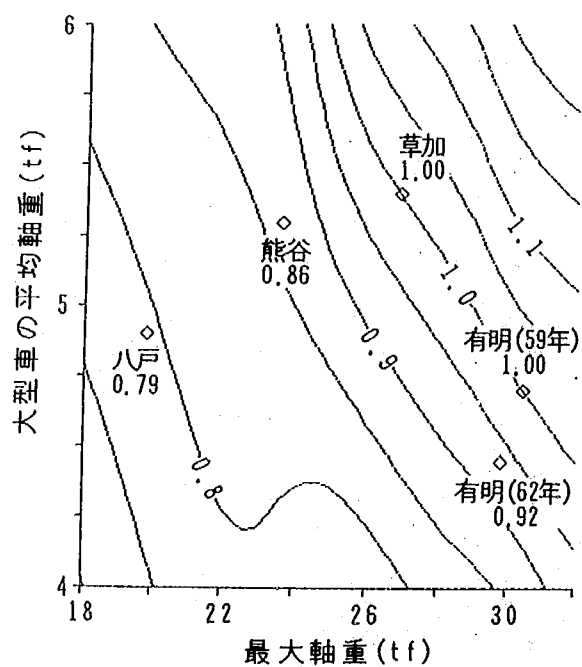
- ① 図-6.2に示した結果は一般国道のデータのみであるが、 α は0.6～1.1の範囲に分布しており、同じ一般国道でも路線によって大きく異なる。
- ② 有明(59年)のデータを用いた時の最大断面力($\alpha=1.0$ 、表-5.3に示した条件AのときL-20の1.7倍)は全国の中で概ね上限に近いが、極端に過大でもない。



(a) 支間20m



(c) 支間120m



(b) 支間60m

〔図中の数値及び等高線は有明(59年)の結果で
無次元化した最大断面力 $\alpha (=M/M_{A159})$ 、
大型車混入率40%の場合〕

図-6.1 大型車の軸重分布と最大断面力の関係

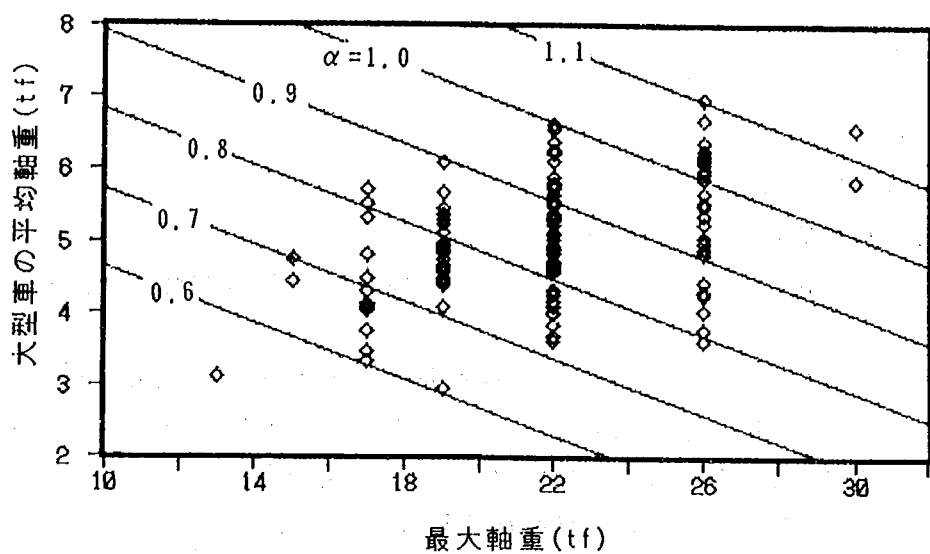


図-6.2 シミュレーション結果の全国での位置付け
(全国軸重調査の結果、昭和61年度、74地点)
注) 大型車の平均軸重は大型車以外の
平均軸重を1.0tfとして換算した値

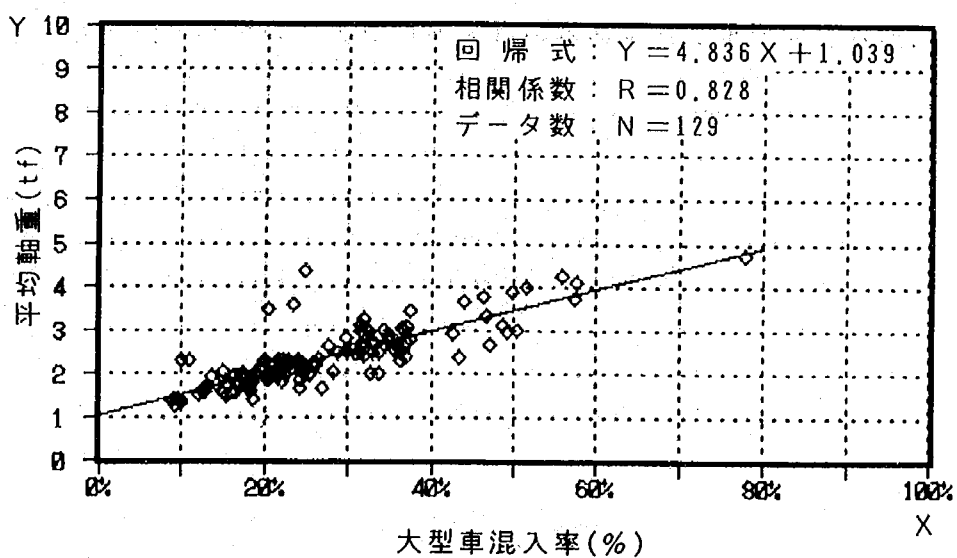


図-6.3 全車種の平均軸重と大型車混入率の関係
(大型車以外の平均軸重 ≈ 1.039 tf
全国軸重調査の結果、昭和61年度、74地点)

7. 自動車列荷重の推移

全国軸重調査から以下の項目の推移を見ることができる。

- ① 日交通量
- ② 日大型車交通量
- ③ 大型車混入率
- ④ 最大軸重
- ⑤ 平均軸重
- ⑥ 大型車平均軸重
- ⑦ α (自動車列荷重の一指標)

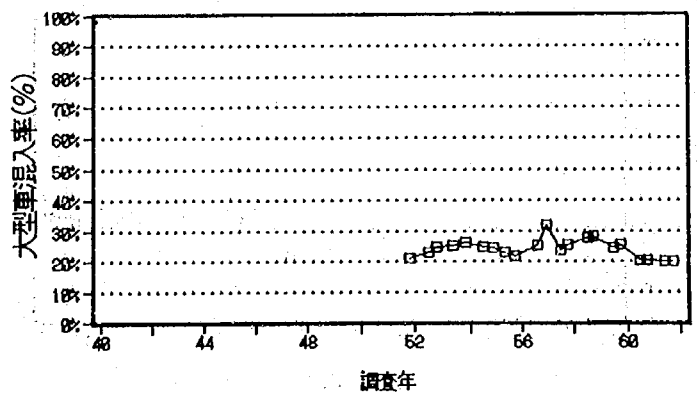
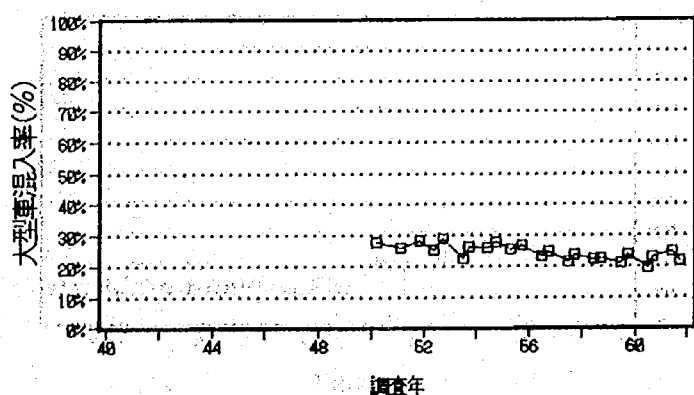
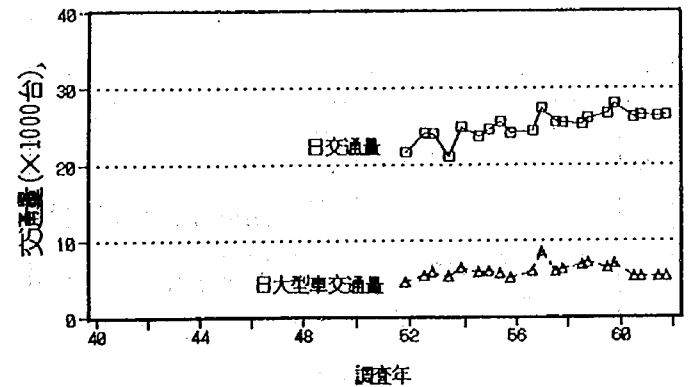
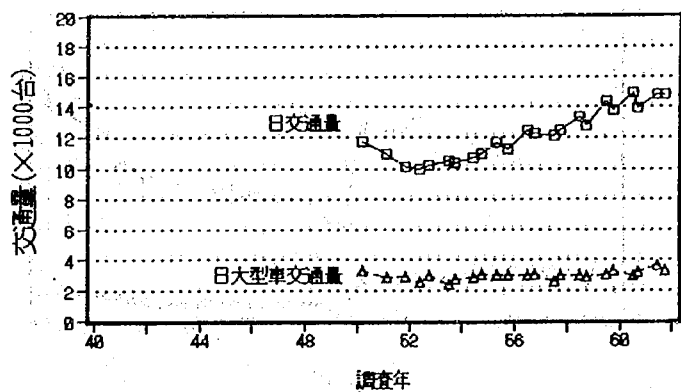
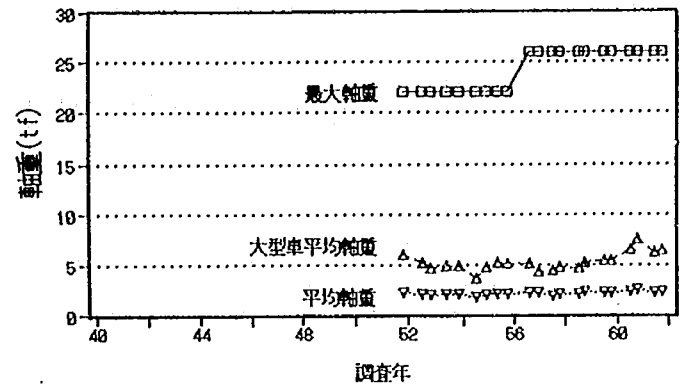
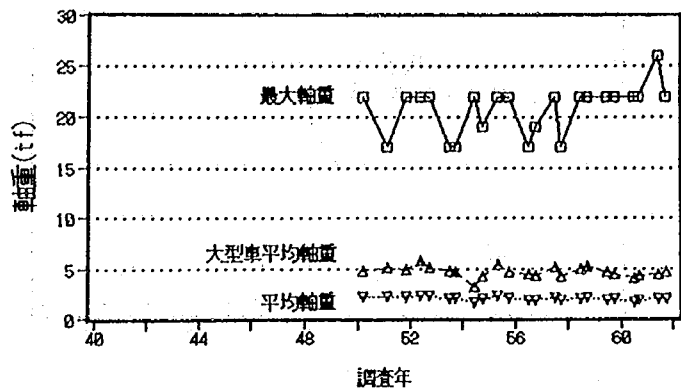
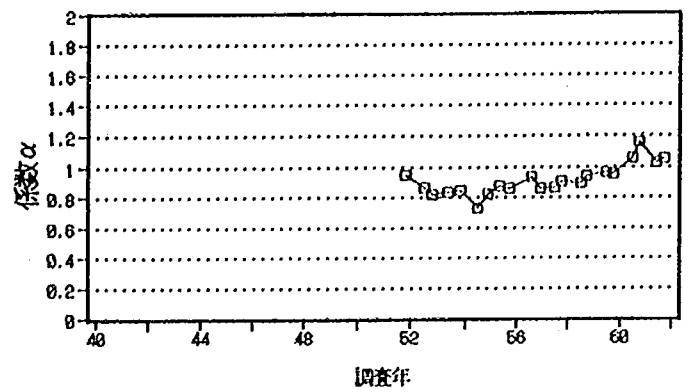
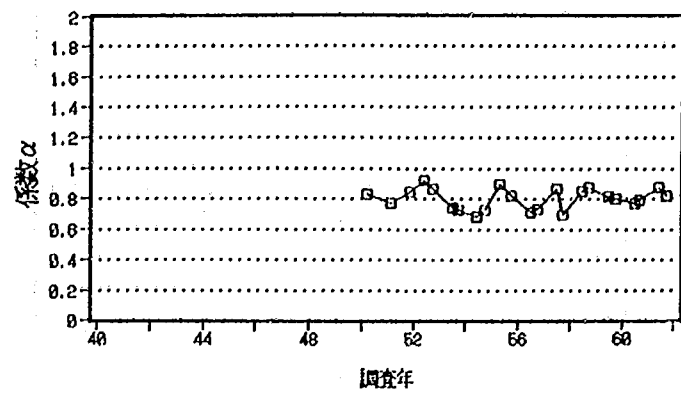
①～③は全国軸重調査において、軸重の測定と同時に行われる24時間交通量調査の結果より直接得られる。

④、⑤は軸重分布から得られる。ただし、軸重分布のきざみ幅は、20tfまでは2tfきざみ、20～24, 24～28, 28tf以上と13段階に設定されているので、平均値の計算や最大値の決定には、各きざみの中央値(28tf以上の場合は30tfとした)を用いた。

⑥、⑦は6.2節、6.3節に示した方法でそれぞれ求められる。

全国軸重調査の実施地点のうち、例として、経年変化の傾向が比較的異なる袖ヶ浦、草加、白根及び国分寺の4地点について、上記①～⑦の推移を図-7.1～2にそれぞれ示した。ただし、 α は支間60mの場合のみについて示した。

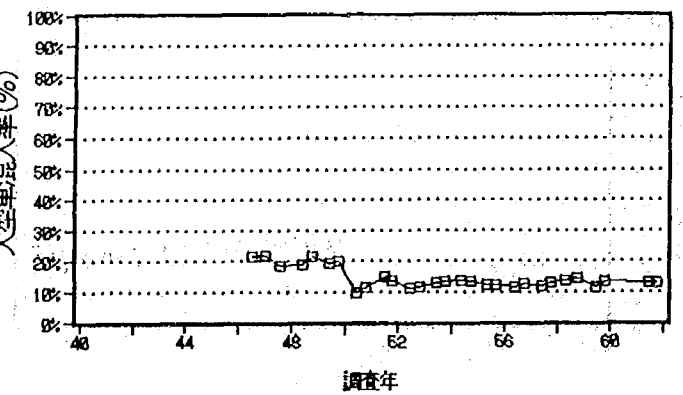
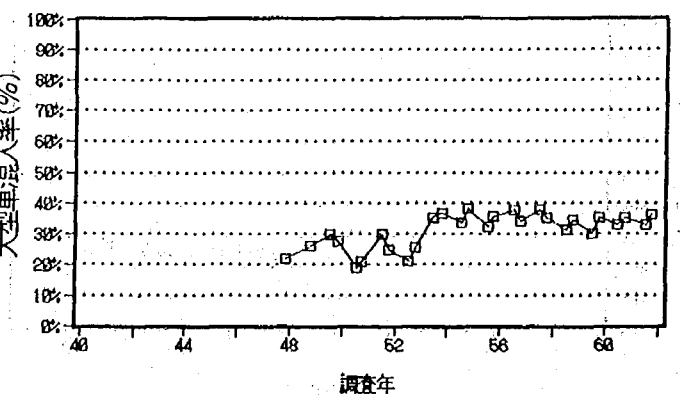
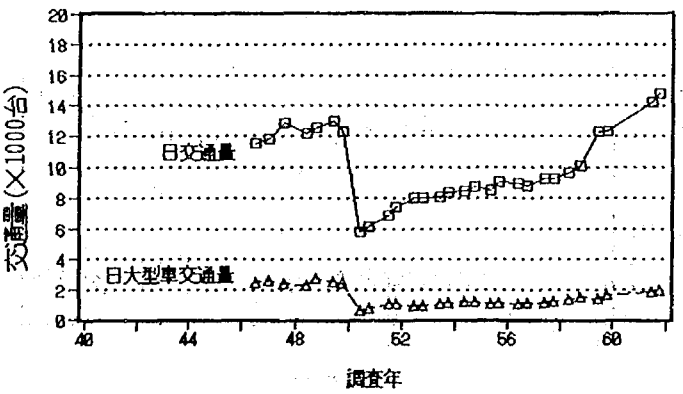
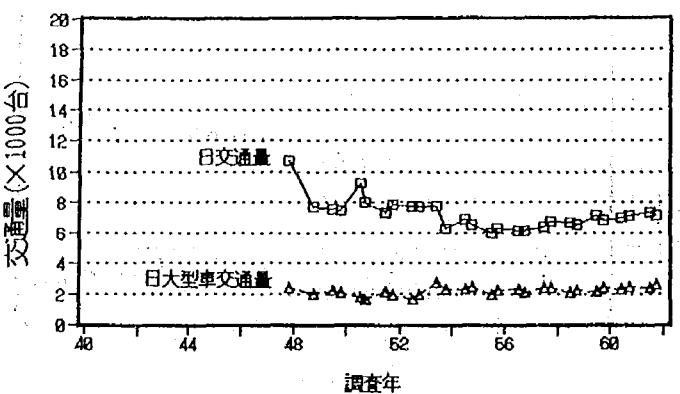
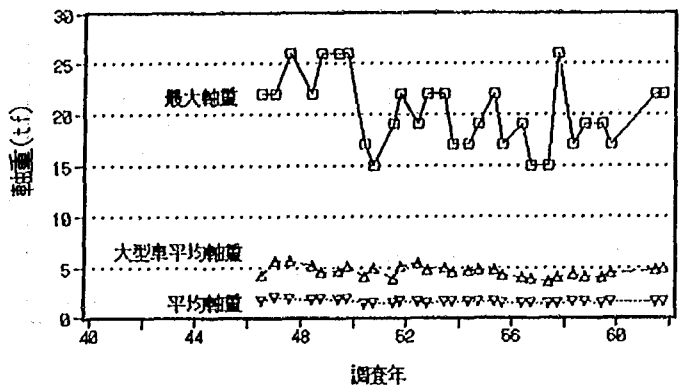
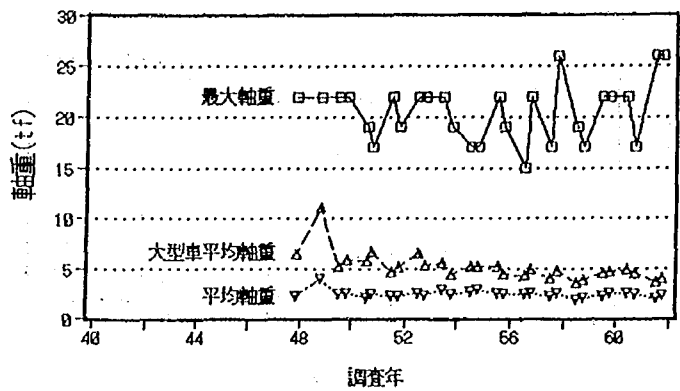
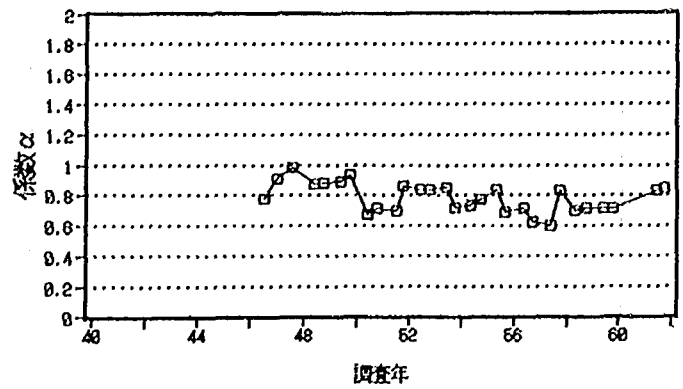
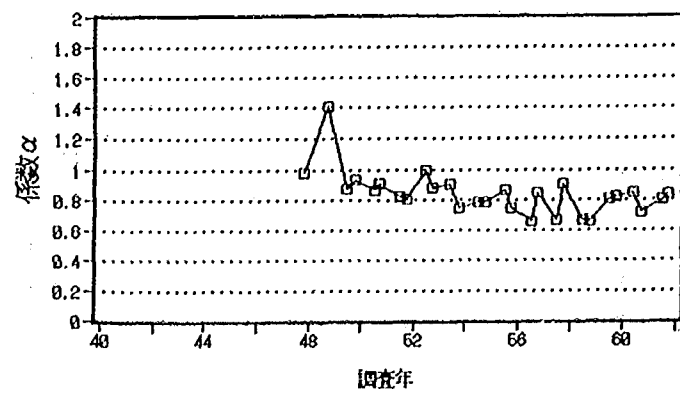
α の推移は、草加では増加傾向、白根、国分寺ではやや減少傾向、袖ヶ浦では横ばい傾向にあり、地点によってその傾向が異なっている。この α の推移の傾向は、交通量のファクタである日交通量、大型車交通量あるいは大型車混入率の推移の傾向と必ずしも一致していない。



(a) 千葉県君津郡袖ヶ浦町長浦
国道16号下り、片側1車線

(b) 埼玉県草加市北谷町
国道4号上り、片側2車線

図-7.1 自動車列荷重に関する諸パラメータの推移 (その1)



(c) 新潟県白根市新飯田町
国道8号上り、片側1車線

(d) 香川県綾歌郡国分寺町国分
国道11号上り、片側1車線
61年度より3車線化

図-7.2 自動車列荷重に関する諸パラメータの推移 (その2)

8. まとめ

(1) これまでの問題点

本報告では、自動車列シミュレーションに全国軸重調査の結果を間接的にリンクさせることによって、全国の自動車列荷重の実態とその推移の把握を試みた。

① 自動車列シミュレーション

〔メリット〕 自動車列荷重に関する種々のパラメータを容易に取り込め、実態調査結果を反映し易く、明瞭かつ比較的精度よく自動車列荷重の最大応答値を求めることができる。

〔デメリット〕 シミュレーションに必要な車種ごとの車重分布、軸重分布を得るための調査が容易でないため、全国的かつ経年的に自動車列荷重を把握することが困難である。

② 全国軸重調査

〔メリット〕 全国的かつ長期にわたって定期的に多くの軸重分布が得られている。

〔デメリット〕 シミュレーションに必要な車種ごとの車重分布、軸重分布が得られていない。

以上の点から、②の結果を直接①に入力することはできない。しかし、全車種(または大型車)の軸重分布が全体的に大きい場合には自動車列荷重(シミュレーションの出力)も相対的に大きくなるものと考えられる。

(2) 自動車列荷重の指標

本検討の結果、自動車列シミュレーションの結果を以下のように整理する。

$$R = k_n k_t k_F k_{cvt} k_p R(L)$$

ここに、 R ；任意の断面力比

k_n ；1日当たり渋滞回数の換算係数(図-5.5)

k_t ；供用期間の換算係数(図-5.6)

k_F ；供用期間中の非超過確率の換算係数(図-5.7)

k_{cvt} ；大型車混入率の換算係数(図-5.8)

k_p ；軸重分布特性の換算係数($=\alpha$ 、図-6.1~2)

$R(L)$ ；支間 L での断面力比(条件Aの場合 $L=20$ の1.7倍)

条件A；大型車混入率40%、支間60m、有明(59年)の車重分布、曲げモーメントの場合
渋滞回数600回/日、供用期間50年、非超過確率90%

k_t 、 k_F は自動車列荷重の絶対値を見る上で重要であるが、全国の地点間の自動車列荷重の相対比較や自動車列荷重の相対的な推移を把握する際には重要でない。これらを把握する指標として係数 K を提示する。

$$K = k_n k_{cvt} k_p$$

なお、 k_{cvt} は、支間が長いほど変化が大きく、支間20mの場合、大型車混入率が20%以上になるとほとんど変化しない傾向にある。 $(k_n \rightarrow 9$ 、今後の検討課題)

(3) 全国の自動車列荷重の実態

本文では、大型車の軸重分布を最大軸重及び平均軸重で代表させ、 $k_p (= \alpha)$ との関係を次

のように表した。

$$k_p = \alpha = a_1(a_2 P_{Lmean} + P_{Lmax})$$

ここに、 P_{Lmean} ; 大型車の平均軸重

P_{Lmax} ; 大型車の最大軸重

これまでのデータによれば、大型車混入率40%、支間60mの場合、 $a_1=0.0178$ 、 $a_2=5.14$ である。

この関係を踏まえて、全国軸重調査で得られた軸重分布より k_p を求めた結果、 k_p は同じ一般国道であっても0.6~1.1の範囲に分布しており、路線によって大きく異なることが分かった。また、上記の条件Aの設定は全国の中で概ね上限に近いが極端に過大でもないことが分かった。

(4) 自動車列荷重の推移

これまで経年的に実施されている全国軸重調査の結果を用いて k_p の推移を見ると、調査地点によって増加、横ばい、減少のいずれの傾向も見られ、日交通量、大型車交通量あるいは大型車混入率の推移との関係は見られなかった。

9. 今後の検討課題

(1) $K_p (= \alpha)$ の見直し

今回延べ5地点のデータで k_p の等高線を示したが、今後さらに活荷重実態調査を行い、データを充実させて等高線の精度を向上させる必要がある。

(2) K_n について

橋上での渋滞回数は、交通量、交通容量、支間及び大型車混入率などによって異なると考えられる。それらの関係を、実態を踏まえながら、明確にする必要がある。

(3) 絶対値のキャリブレーション

実橋において、活荷重実態調査と応力測定を同時に行い、前者のデータに基づくシミュレーションから得られる自動車列荷重と後者のデータから得られる自動車列荷重の関係を明確にして、自動車列荷重の絶対値のキャリブレーションを行う必要がある。

(4) 自動車列荷重のモニタリング

ここで述べたような自動車列荷重の評価法を確立させることによって、今後も継続される全国軸重調査(建設省車両重量調査)の結果を、自動車列荷重のモニタリングの一方法として利用できると考えられる。

一方、実橋の応力測定による荷重測定方法(Weigh-in-Motion)が検討されており、(3)の検討を含めて、荷重側、応力側あるいは両者から、より簡便で、精度の良い方法で自動車列荷重のモニタリングを行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 川崎偉志夫；道路橋の荷重について、(財)土木学会 昭和30年度夏期講習会パンフレット、昭和30年8月
- 2) 藤原稔、岩崎泰彦、田中良樹；限界状態設計法における設計活荷重に関する検討、土木研究所資料、第2539号、1988.1
- 3) 藤原稔、岩崎泰彦、田中良樹；限界状態設計法における設計活荷重に関する検討Ⅱ、土木研究所資料、第2700号、1989.1
- 4) 西川和廣、村越潤、山本悟司、杉山純；活荷重による橋梁上部構造の損傷と対策、土木技術資料、1992.8
- 5) 伊吹山四郎、大橋昭光；長大橋の設計活荷重について、土木技術資料、1964.9
- 6) 国広哲男、朝倉肇；自動車列荷重の実態からみた道路橋主構の設計活荷重、土木技術資料、1973.4
- 7) 藤野陽三、伊藤学、遠藤元一；シミュレーションに基づく道路橋設計活荷重の評価、土木学会論文集、1979.6
- 8) 金井道夫、佐藤和徳；橋梁活荷重の信頼性解析、土木研究所資料、第1865号、1982.7
- 9) 藤野陽三、高田和彦；自動車列のフローを考慮した活荷重の確率論的解析手法、構造工学論文集、1985.3
- 10) 高田和彦、藤野陽三；道路橋最大活荷重評価のためのコンピュータシミュレーションの効率化、構造工学論文集、1986.3
- 11) 設計荷重(HDL)委員会活荷重分科会；第2編活荷重分科会報告(別冊-1)阪神高速道路における活荷重実態調査と荷重評価のための解析、阪神高速道路公団、(財)阪神高速道路管理技術センター、1984.3
- 12) 飯島尚、今井博、末吉秀幸、猪股和義；「車両重量調査結果の解析(解析編)」、土木研究所資料、第1722号、1981.8
- 13) 飯島尚、今井博、末吉秀幸、猪股和義；「車両重量調査結果の解析(データ編)」、土木研究所資料、第1723号、1981.8
- 14) 飯島尚、岡村真、猪股和義；車両重量調査結果の解析、土木研究所資料、第2205号、1985.3
- 15) 安崎裕、池田拓哉；車両重量調査結果の解析(その3)、土木研究所資料、第2530号、1988.1
- 16) 安崎裕、伊藤正秀、伊佐真秋；アスファルト舗装の構造設計に関する検討報告書、土木研究所資料、第3041号、1991.12

資料-1 自動車列シミュレーションの効率化

1) 載荷方法

支間の一端から順に車両を載荷していき、支間中央付近になった時に、車重 T_{tf} 以上の大型車を n 台載荷する。

$$\begin{array}{ll} \text{支間 } L < 50\text{m} & n = 1 \text{ 台} \\ \text{支間 } L \geq 50\text{m} & n = 2 \text{ 台} \end{array}$$

$n = 2$ 台の場合は 1 台目の先頭から車間も含めて 2 台目の後尾までの範囲に支間中央がくるようにする。

2) 効率化の程度 α

① $n = 1$ 台の場合

支間中央に T_{tf} 以上の大型車が載荷される確率は $R_1 \cdot R_2$ で表される。これより、
 $\alpha = R_1 \cdot R_2$

② $n = 2$ 台の場合

また、その大型車の次にも T_{tf} 以上の大型車が載荷される確率は $R_3 \cdot R_2$ で表される。これより、

$$\alpha = R_1 \cdot R_2 \times R_3 \cdot R_2$$

③ 一般式

$$\alpha = R_1 \cdot R_2^n \cdot R_3^{n-1}$$

ここに、 R_1 : 単純梁上の渋滞列で大型車が支間中央に載荷されている確率

R_2 : 支間中央に載荷された大型車の車重が T_{tf} 以上である確率

R_3 : 大型車混入率

n : 効率化のため、支間中央に載荷する大型車の台数

α は次のように設定する。

$$\begin{array}{ll} \text{支間 } L < 50\text{m} & \alpha = 1/200 \\ \text{支間 } L \geq 50\text{m} & \alpha = 1/300 \end{array}$$

3) R_1 の設定

$$R_1 = \frac{\text{大型車のみの } \Sigma (l_i \cdot p_i + s)}{\text{全車種の } \Sigma (l_i \cdot p_i + s)}$$

ここに、 l_i : 車種 i の平均車長

p_i : 車種 i の混入率

s : 平均車間距離

4) R_2 、 T の設定

R_2 は、 α を上記のように設定した後、次式で算定する。

$$R_2 = (\alpha / R_1 \cdot R_3^{n-1})^{1/n}$$

T は車種によって異なり、各車種分布ごとに R_2 に相当する値を設定する。

付表-1 渋滞時の R_1 、 R_2

大型車混入率 R_3		20%	40%
R_1		0.281	0.510
R_2	$L < 50\text{m}$	0.0178	0.0098
	$L \geq 50\text{m}$	0.2435	0.1278

付表-2 渋滞時の T (単位 ; tf)

車種	$R_3=20\%$		$R_3=40\%$	
	$L < 50\text{m}$	$L \geq 50\text{m}$	$L < 50\text{m}$	$L \geq 50\text{m}$
中型トラック	12.5	7.7	13.1	9.4
大型トラック	31.8	22.1	34.1	25.1
大型ダンプ	45.1	27.5	47.7	30.6
タンクローリ	27.4	19.6	30.3	22.9
セミトレーラ	62.7	32.0	65.3	39.3
バス	18.0	15.5	18.5	16.3

参考文献

- 1) 高田和彦、藤野陽三；道路橋最大活荷重評価のためのコンピュータシミュレーションの効率化、構造工学論文集、1986. 3

資料-2 自動車列シミュレーション結果

調査地点	大型車 混入率 (%)	渋滞回数 (回 / 日)	各調査地点の大型車 混入率の場合			大型車混入率40%の 場合		
			L=20m	L=60m	L=120m	L=20m	L=60m	L=120m
有明 (59年)	32.5	600	2.05	2.53	2.48	2.05	2.67	2.57
		300	2.04	2.47	2.43	2.04	2.53	2.49
		100	2.03	2.37	2.34	2.03	2.42	2.40
		50	2.01	2.31	2.28	2.01	2.37	2.35
		10	1.98	2.17	2.16	1.98	2.25	2.21
		1	1.92	1.95	1.96	1.93	2.02	1.99
熊谷	32.4	600	1.78	2.23	2.32	1.79	2.29	2.38
		300	1.77	2.19	2.27	1.78	2.24	2.34
		100	1.74	2.12	2.20	1.75	2.16	2.27
		50	1.72	2.08	2.15	1.73	2.12	2.23
		10	1.67	1.98	2.04	1.69	2.01	2.13
		1	1.59	1.82	1.88	1.63	1.84	1.97
有明 (62年)	46.2	600	1.97	2.47	2.45	1.96	2.45	2.43
		300	1.96	2.42	2.40	1.96	2.39	2.38
		100	1.95	2.33	2.33	1.94	2.30	2.29
		50	1.94	2.27	2.29	1.93	2.24	2.24
		10	1.91	2.13	2.17	1.91	2.10	2.11
		1	1.87	1.93	2.01	1.86	1.89	1.93
草加	23.1	600	2.08	2.51	2.45	2.11	2.67	2.80
		300	2.05	2.46	2.39	2.08	2.62	2.74
		100	2.00	2.36	2.31	2.03	2.53	2.64
		50	1.96	2.31	2.26	2.00	2.47	2.57
		10	1.88	2.17	2.13	1.91	2.34	2.42
		1	1.75	1.96	1.95	1.79	2.13	2.21
八戸	9.4	600	1.45	1.91	1.81	1.50	2.10	2.21
		300	1.43	1.86	1.76	1.49	2.07	2.17
		100	1.41	1.78	1.69	1.47	2.01	2.12
		50	1.39	1.73	1.65	1.45	1.98	2.08
		10	1.34	1.62	1.54	1.42	1.89	2.00
		1	1.28	1.44	1.39	1.36	1.76	1.87

注) 表中の数値は M/M_{L-20}

M: シミュレーションで発生させた自動車列による曲げモーメント

M_{L-20} : L-20による曲げモーメント

建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室

西川和廣・田中良樹・山本悟司

要旨

道路橋の設計活荷重の設定あるいは既設道路橋の耐荷力、耐久性の評価に際して、自動車荷重の現状を把握しておく必要がある。特に、中長支間の橋梁では、自動車の連行を想定した自動車列荷重の実態を知る必要があるが、その評価方法が十分に確立されていない。これまでに、コンピュータシミュレーションによって供用期間中の最大自動車列荷重を把握する手法が開発されているが、その入力データとして必要な車種別の車重、軸重データが限られた地点で1～2回程度しか観測されていないため、全国の自動車列荷重の実態やその推移を把握することができなかった。一方、建設省が実施している全国軸重調査では全国的かつ長期的に軸重分布が得られているが、シミュレーションに必要な車種ごとの軸重分布は得られていない。

ここでは、自動車列荷重と軸重分布の関係を見出し、間接的に全国の自動車列荷重の実態とその推移を把握する方法を考案した。

キーワード：道路橋、活荷重、自動車荷重

郵便はがき

いは郵便
はって切
て下手を
下さ

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

橋梁研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 23

No. 23

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3176号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印