

道路橋の載荷状態と主桁の安全性について

北海道開発局 土木試験所 大 島 久

まえがき

橋面上の実働自動車荷重の載荷状態とこれらによる橋梁部材の応力状態を知ることが、橋梁の設計および安全性の判定のために必要である。

載荷状態についての調査、研究としては、写真測定によるもの道路上の自動車荷重列を測定して推定したものなどがあるが、載荷状態と部材応力とを同時に測定した例は見られない。

応力状態についての調査、研究としては、特定の荷重を載荷して応力を求めたもの、実働荷重による応力を測定したものなどがあるが、載荷状態と部材応力と同時に測定した例は見られない。

本文では、実働自動車荷重の載荷状態を特別な方法で測定し、また、同時に主桁ヒズミを測定し、これらから、主桁ヒズミの大きさを処理して、道路条件（主桁支間、車道幅員、交通量、車両速度）と、載荷状態（走行位置、車軸間隔、車頭間隔、対向間隔、車両速度）との相関を求めた。また、これらの結果から、主桁の安全性について検討した。

1. 実働自動車荷重の載荷状態と主桁ヒズミの測定

1-1 測定項目

本文で"とした測定事項の介頭、記号および単位を表-1に示す。

ただし、測定橋梁は次のような条件を
考えて選定した。

- (1) 単純支持の桁橋
- (2) 測定支間の橋面および前後の舗装面の路面状態が良好である。
- (3) 往復2車線の道路で、幅員が6m以上、橋梁支間が20m以上である。
- (4) 歩行者、軽車両、バス停、交差点、枝道および道路の屈曲などによって交通流が阻害されない。
- (5) 測定日時は、週の火、水、木、金のうち1日を測定日とし、測定時間は、午前7時から午後7時までの12時間とした。

事 項	名 称	記 号	単 位
地覆内面から右車輪中心まで"の距離		Y_1	m
地覆内面から左車輪中心まで"の距離	走 行 位 置	Y_2	m
右車輪と左車輪の中心間隔		Z	m
前輪車軸と後輪車軸の間隔	車 軸 間 隔	N	m
同一車線上を連行する2台の車の後輪間隔	車 頭 間 隔	S	m
対向車線上をすれ違う2台の車の後輪間隔	対 向 間 隔	Q	m
車両の走行速度	車 両 速 度	V	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$
主桁支間中央下フランジ動ヒズミ	主 桁 ヒズミ		$\times 10^{-6}$
主桁ヒズミの静ヒズミに対する衝撃ヒズミの率	衝 撃 係 数	I	
各級に分けた主桁ヒズミ	ヒズミ値		$\times 10^{-6}$
$\frac{\text{ヒズミ値}}{\text{設計活荷重ヒズミ}} \times 100$	ヒズミ率		%
大きい順から累積した主桁ヒズミ	累積ヒズミ数		個
$\frac{\text{累積ヒズミ数}}{\text{測定ヒズミの総数}} \times 100$	累積ヒズミ率		%
累積ヒズミ数とヒズミ値との関係に相関直線を当てはめて求めた最大値	最大ヒズミ率		%
ヒズミの最大値	1番目ヒズミ		$\times 10^{-6}$
ヒズミの最大値から数えてn番目のヒズミ	n番目ヒズミ		$\times 10^{-6}$
ヒズミの最大値から数えて総ヒズミ数の5%番目のヒズミ	5%ヒズミ		$\times 10^{-6}$
ヒズミの最大値から5%ヒズミまでのヒズミ数	5%・T		個
測定値の算術平均値	平 均 値	m	
測定値の標準偏差	標 準 偏 差	σ	

表-1 測定事項の名称、記号および単位

1-2 測定方法

1-2-1 載荷状態

橋面上に、図-1の①②③④に示すように電線(2芯のマイクロホン用コード)を貼付し、自動車(がそれらの電線上を通過する際発生するパルス

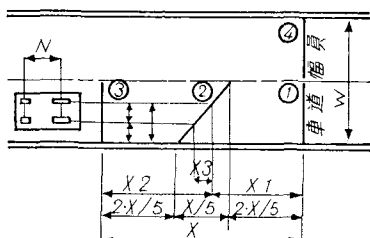


図-1 橋面上の電線の配置

パルス検出器で測定し、磁気テープに記録した。

記録例を図-2に示す。

図-1および図-2の記号の説明を表-2に示す。

1-2-2 主桁ヒズミ

測定ヶ所は、載荷状態測定支向の主桁(中桁)下フランジとし、電気抵抗線ヒズミ計を接着し、動的ヒズミ測定器で計測し、磁気テープに記録させた。

動ヒズミを静ヒズミと衝撃ヒズミに分けて衝撃係数を求めた。

名称	記号	計算式
	Y_1	$\frac{3 \cdot A_2 - 2 \cdot A_1}{2 \cdot A} \cdot W$
走行位置	Y_2	$Y_1 - \frac{5 \cdot A_3}{2 \cdot A} \cdot W$
	Z	$Y_2 - Y_2$
車軸間隔	N	$\frac{M}{A} \cdot X$
対向間隔	Q	$\frac{R}{A} \cdot X$
車頭間隔	S	$\frac{P}{A} \cdot X$
車向間隔	V	$\frac{C}{A} \cdot X$
衝撃係数	I	$\frac{EI}{EO}$

表-3 解析方法

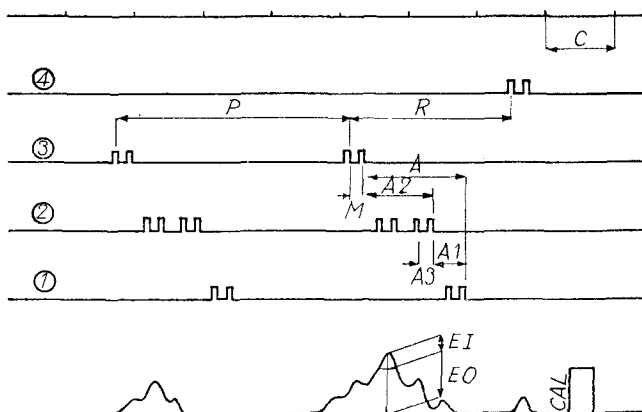


図-2 載荷状態および主桁ヒズミの記録例

記号	説明
①②③④	橋面上に貼付した電線の番号
W	橋りょう幅員
C	記録速度
M	同一の電線を通過する前輪と後輪との間隔に対応する時間
A	電線①と電線③との間隔Xに対応する時間(A ₁ +A ₂)
A ₁	間隔X ₁ に対応する時間
A ₂	間隔X ₂ に対応する時間
A ₃	間隔X ₃ に対応する時間
EI	主桁支間中央下フランジの動ヒズミ
EO	主桁支間中央下フランジの静ヒズミ
CAL	ヒズミの較正值

表-2 図-1、図-2の記号の説明

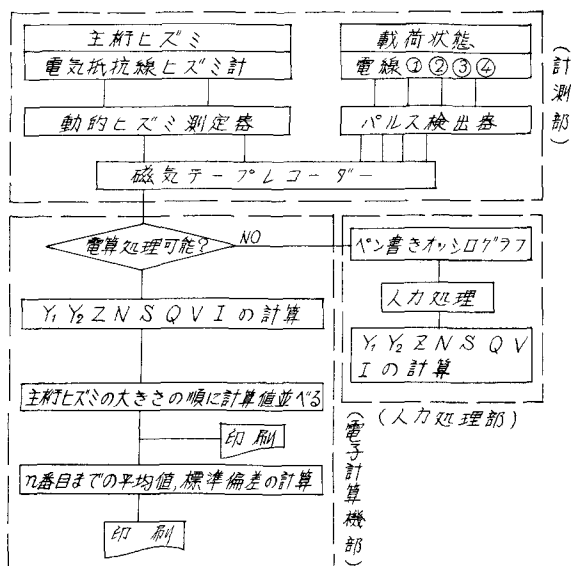


図-3 解析方法のフローチャート

1-2-3 解析方法

測定から解析までのフローチャートを図-3に示し、解析方法を表-3に示す。

フローチャートに示すように、解析途中で、磁気テープデーターの電算処理が困難なデーターは、ペン書きオシシログラフにその部分のデーターを記録させ、人力で処理した。

表-3の解析方法の記号は、図-1を対象としている。

1-3 測定結果

- (1) 測定橋梁の概要および代表的測定値を表-4に示す。
- (2) 主桁ヒズミ値と累積頻度との相関の代表例を図-4、図-5に示す。
- (3) 載荷状態の代表例を図-6、図-7に示す。

橋名		岩見沢線橋		幌別橋		大森毛橋		新川橋		鶴川橋		女満別橋		南帯橋	
記号		A		B		C		D		E		F		G	
路線名		12		36		38		275		235		39		236	
所在地		岩見沢市		幌別町		釧路市		江別市		鶴川町		女満別町		帯広市	
形式		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁		単純合成 鋼桁	
支向		m		25.00		29.90		36.00		29.60		22.00		25.00	
幅員		m		9.00+2@1.50		7.50		9.25+1@2.50		8.00		6.00+1@1.50		7.00	
主けた本数		本		6		4		5		4		5		4	
主けた間隔		m		2.10		2.10		2.50		2.25		1.70		2.00	
設計活荷重ヒズミ		×10 ⁻⁶		315		560		317		394		305		401	
測定ヒズミ最大値		×10 ⁻⁶		138		164		106		154		143		150	
最大ヒズミ率		%		48.0		38.0		37.0		49.0		49.2		44.9	
ヒズミの順位		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番	
測定事項 X		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番		100番 ΣX 1番		10番 ΣX 1番	
ヒズミ率		%		m		36.6		26.1		25.0		20.1		30.1	
		σ		3.5		5.1		1.8		2.2		1.7		3.8	
I		m		0.18		0.20		0.22		0.28		0.29		0.32	
		σ		0.07		0.07		0.10		0.08		0.09		0.11	
Y ₂		m		1.54		1.87		1.45		1.45		1.94		1.95	
		σ		0.57		0.40		0.20		0.25		0.28		0.49	
N		m		5.25		4.96		6.05		5.66		6.37		5.37	
		σ		0.82		0.87		0.48		0.89		0.26		0.88	
Q		m		5.0		5.2		8.6		6.8		12.7		9.0	
		σ		4.0		3.4		4.1		4.3		2.8		5.6	
S		m		9.0		9.3		—		9.7		—		14.7	
		σ		—		3.2		—		1.1		—		1.6	
V		m		41.1		42.3		47.0		48.9		33.9		34.3	
		σ		6.8		5.5		4.0		5.4		2.6		3.8	
横分配計算方法		GUYON MASONET		単純理論		格子理論		単純理論		単純理論		単純理論		箱桁理論	
12時間交通量		台		12,566		10,532		7,203		3,688		4,729		3,424	
測定年月		月		1969.5		1969.8		1969.7		1970.5		1970.12		1971.10	
竣功年月		月		1966.11		1963.3		1967.10		1962.10		1958.10		1963.	

表-4 測定橋梁概要および代表的測定値

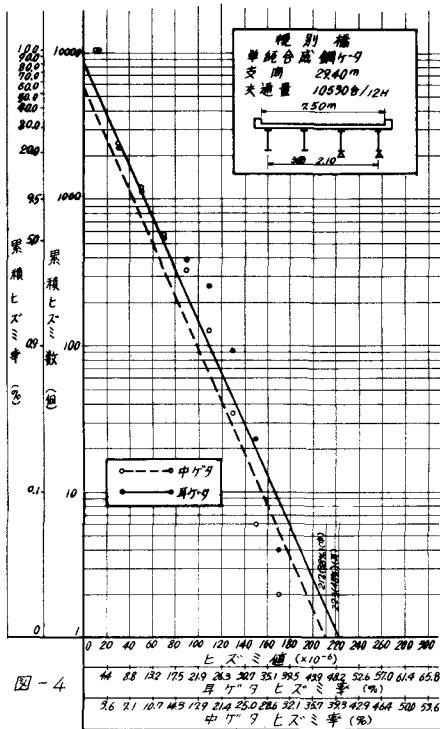


図-4

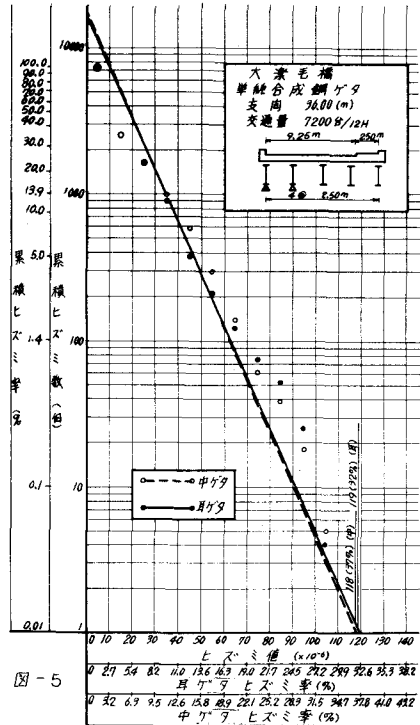


図-5

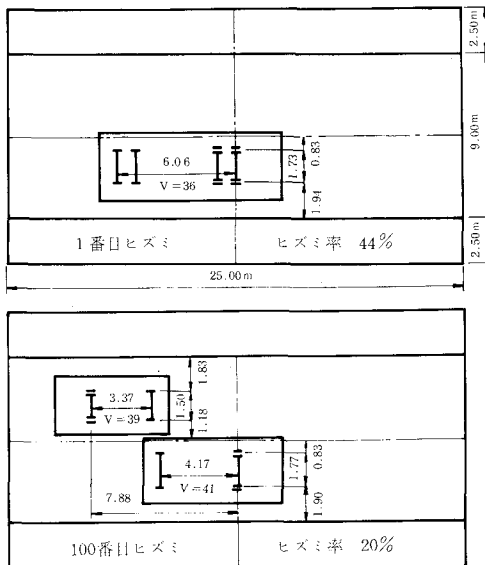


図-6 岩見沢跨線橋荷状態

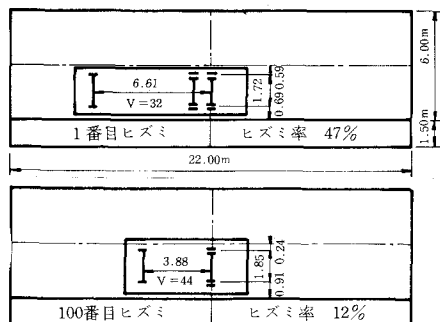
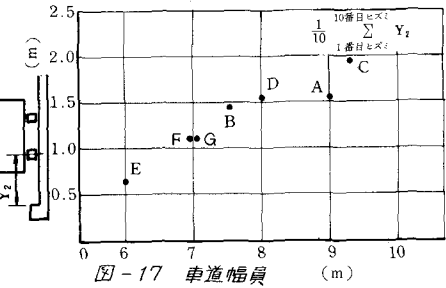
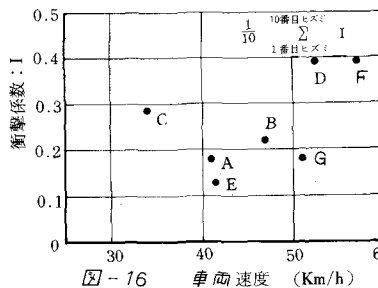
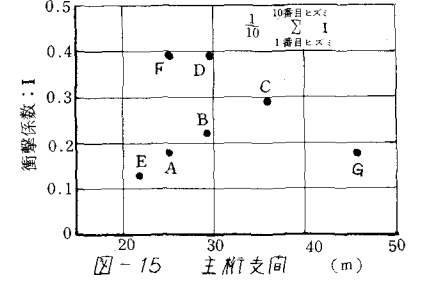
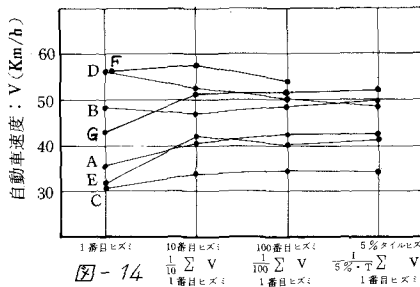
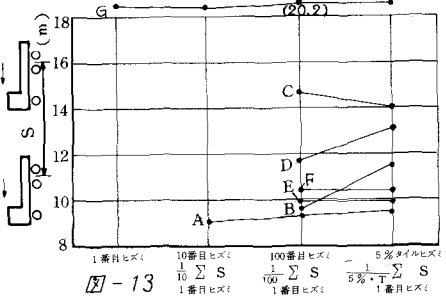
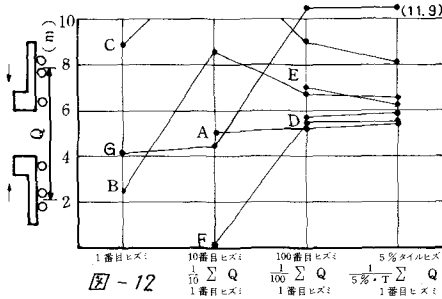
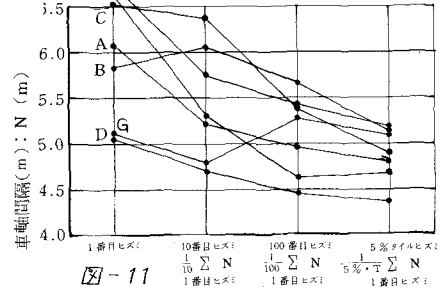
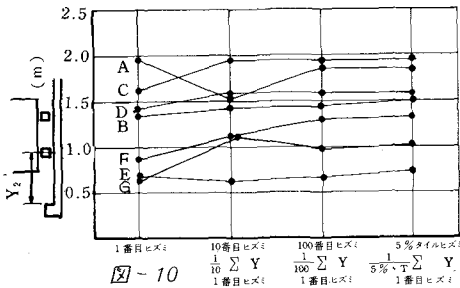
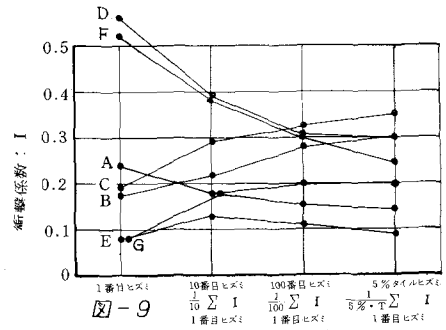
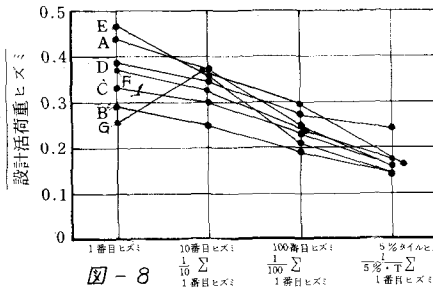


図-7 鵜川橋荷状態

2 測定値間の相関

主桁ヒズミの
最大値を1番目
ヒズミとし、順
次10番目ヒズミ
、100番目ヒズミ
および交通量の
5%ヒズミまで
の各測定事項に
ついて平均値を
求め、それらの
相互の関係を図
-8以降に示す。
。



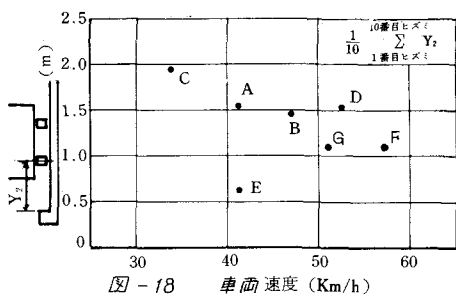


図-18 車面速度 (Km/h)

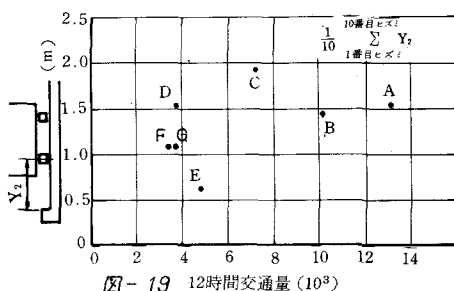


図-19 12時間交通量 (10^3)

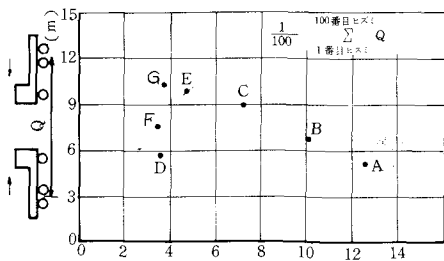


図-20 12時間交通量 ($\times 10^3$)

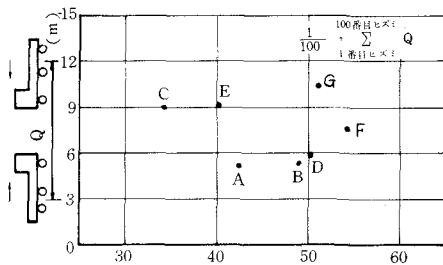


図-21 車面速度 (Km/h)

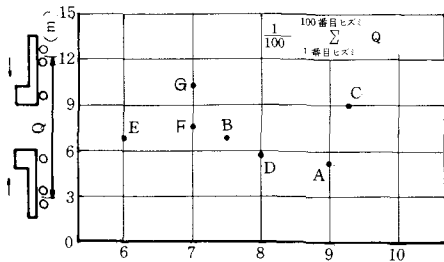


図-22 車道幅員 (m)

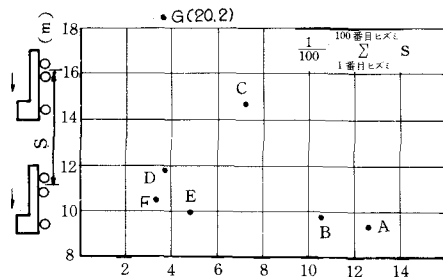


図-23 12時間交通量 ($\times 10^3$)

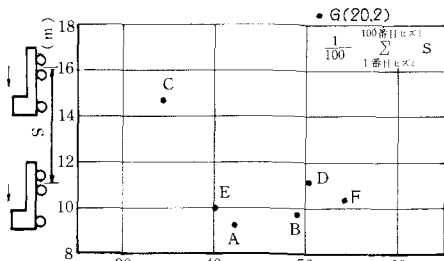


図-24 車面速度 (Km/h)

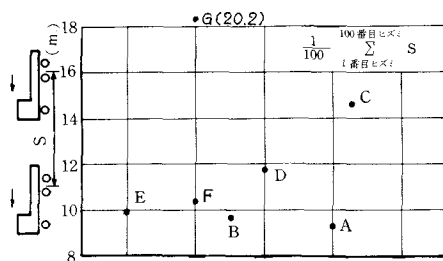


図-25 車道幅員 (m)

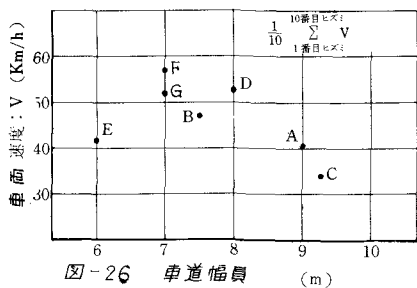


図-26 車道幅員 (m)

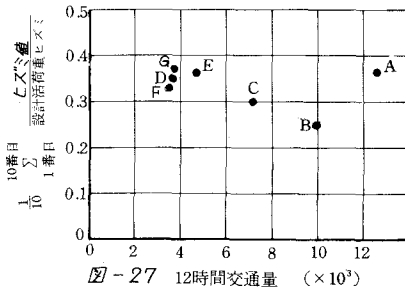


図-27 12時間交通量 ($\times 10^3$)

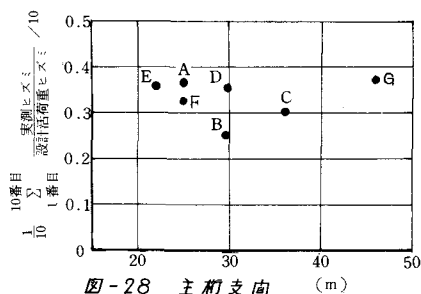


図-28 主桁支間 (m)

3 主桁の安全性について

- (1) 図-4、図-5および表-4に示すように、主桁の最大ヒズミ率は、各橋ともほぼ50%未満で、設計活荷重が実働活荷重より十分大きいことを示している。

計算値と載荷試験による実測値の差は数%から20%位が通常であるので、それらを考えても設計活荷重は可成り大きいことを示している。

- (2) 図-17に示すように、車両の走行位置は幅員ごとに一定であるので、車両の大型化などによる重車両に対する既設橋の安全性を検討する場合は、走行位置を載荷位置として検討することかでき、走行位置以外の載荷位置の車両に対する応力度などについては、載荷確率が低いために許容応力度を増加させて検討することが出来ると思う。

- (3) 車両の走行位置は幅員ごとに一定しているので、主桁の設計には、橋面上の載荷位置を一定とすることかでき、この一定位置に設計活荷重を載荷させて、設計活荷重応力の計算をするのかよい。(現行示方書では、主桁位置を仮定して、最大主桁応力が生ずる位置に設計活荷重を載荷させている。)

あとがき

道路橋の橋面上の実働自動車荷重の載荷状態を、橋面上に貼った電線によって測定し、また、主桁ヒズミを測定し、これらを同時に記録して、関連して解析した。

測定方法などで改良すべき余地があり、データーの処理では解析すべき他の事項も多数あるが、部材応力と実働荷重の載荷状態との相関を求めた例が見当らないので、報告するものである。

参 考 文 献

- 1 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, 6-9 (1971) PP.371-378
- 2 既設橋梁の耐荷力と供用限界に関する研究, 第25回建設省技術研究会報告 (1971)
- 3 橋梁に生ずる応力の実態調査研究, 第22回建設省技術研究会報告 (1968), PP.335-346
- 4 橋梁に生ずる応力の実態調査研究, 第23回建設省技術研究会報告 (1969), PP.227-239
- 5 西村昭: 鋼道路橋設計活荷重に関する考察, 土木学会論文集, 第35号 (1956), PP.15-20
- 6 西村昭: 荷重列としての自動車交通流の二三の解析, 土木学会誌, 第46巻第2号 (1961), PP.37-42
- 7 山田吾一, 小堀為雄: ランダム自動車荷重列による道路橋の衝撃に関する研究, 土木学会論文集 第119号 (1965), PP.1-9
- 8 山田吾一, 小堀為雄: 活荷重に対する道路橋の動的応答—衝撃係数—に関する一考察, 土木学会論文集, 第148号 (1967), PP.40-50
- 9 小松定夫, 中井博, 事口寿男: 曲線桁橋の自動車による動的応答と衝撃係数に関する研究, 土木学会論文報告集, 第192号 (1971), PP.55-68