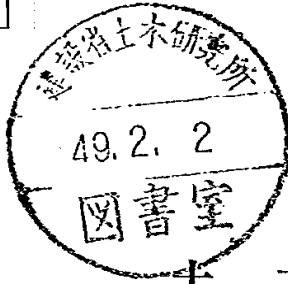


Br. 73-2



土木研究所費による研究
橋梁の荷重係数設計法に
関する研究

土木研究所資料

第868号

水郷大橋の実交通下での応力測定報告書

昭和48年8月

建設省土木研究所
構造橋梁部 橋梁研究室

目 次

ま え が き	1
1. 応力測定 of 目的	2
2. 水郷大橋 of 概要	2
3. 応 力 測 定	2
3.1 測定方法	2
3.2 測定期間	5
3.3 測定部材	5
4. 交 通 量	6
5. 測定部材 of TL-20 に対する耐荷力	6
6. 測 定 結 果	7
7. 調査結果 of 考察	7
8. 結 論	9
あ と が き	10

ま え が き

最近、設計荷重の小さい旧示方書で設計された橋の維持管理が大きな問題となっているが、本報告は大正15年の示方書で設計された水郷大橋について実交通下での応力測定を行ない、その耐荷力に検討を加えたものである。

応力頻度の測定は各部材（トラス下弦材，斜材，垂直材および横げた，縦げた）に生ずるひずみをデーターレコーダーにより18時間にわたり連続的に記録することによって行なった。

その結果、かなりの数の大型車が通行しているにもかかわらず、各部材とも現行設計荷重が載ったとした場合の計算値に比べ、小さな応力しか生じていないということが明らかになった。

昭和48年8月

建設省土木研究所橋梁研究室

室 長 国 広 哲 男

研究員 朝 倉 肇

1. 応力測定の方法

利根川にかかる一般国道51号線の水郷大橋は図-1に示すような3径間ゲルバートラス1連、単純支持トラス1連、3径間ゲルバーけた1連、9径間ゲルバーけた1連からなる全長553mの橋梁である。架設は昭和11年でその設計には大正15年の示方書が適用されている。本橋は2等橋であるのでその設計自動車荷重は総重量わずか8tのものである。この水郷大橋の付近には鹿島工業地帯および、山砂および山砂利の採取場が数多くあるため、最近では現行の設計自動車荷重T-20をも上まわると思われる大型車両の通行がかなりある。そのため、本橋では、トラス部、プレートガーダー部とも床版の損傷が著しく、またとくにゲルバートラス部では大型車の通行の際には通行者に不安を感じさせる程の振動が発生している。

そこで、このような厳しい荷重条件下にある本橋梁の実交通下での応力状態を明らかにし、その耐力に検討を加えることを主な目的としてこの応力測定を行なった。

また橋梁研究室では、供用中の橋の各部材において実交通下で生じている応力の実態を明らかにするために多くの実橋において応力測定をおこなっている。本橋における応力測定は橋梁研究室が実施している一連の測定の一部をなすものである。

2. 水郷大橋の概要

所在地：千葉県佐原市粉名口～茨城県稲敷郡東村間

架設年次：着工昭和9年2月20日、竣工昭和11年3月8日

適用示方書：大正15年「道路構造令に関する細則」

等級：2等橋

幅員：6.0m（歩道なし）

全長：553.0m

型式および支間割

左岸側から順次、ゲルバーガーダー 17.0 + 24.0 + 24.0

ゲルバートラス 51.0 + 91.8 + 51.0, ワーレントラス 51.0,

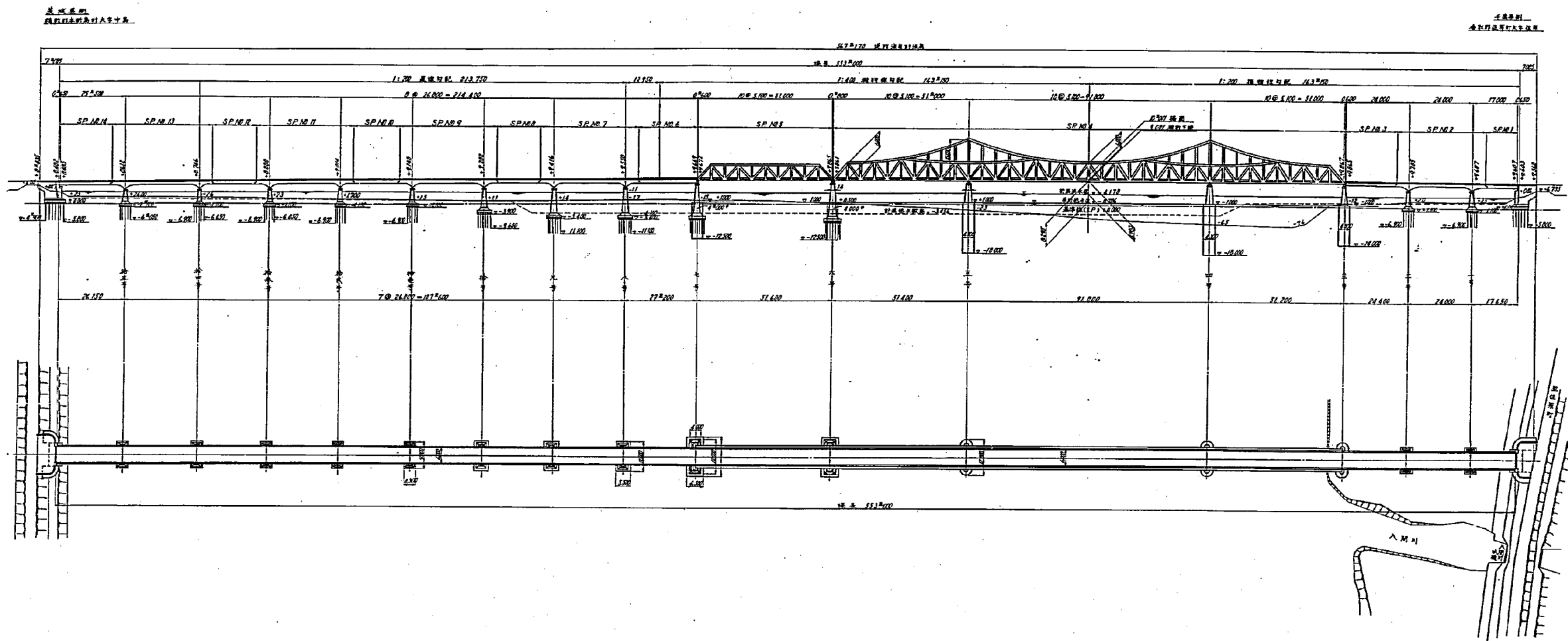
ゲルバーガーダー 27.2 + 7 × 26.8 + 25.5

3. 応力測定

3.1 測定方法

実際の交通荷重によって供用中の各部材に生じているひずみをワイヤストレーンゲージで測定した。この場合ひずみの測定結果はすべてデータレコーダーで連続的に記録した。

圖-1 水 鄉 大 橋



3.2 測定期間

昭和47年7月26日15時30分より7月27日12時30分まで21時間にわたって測定をおこなった。

途中測定器のトラブルが生じて26日の19時より20時30分、27日1時30分より3時までの測定ができなかった。

3.3 測定部材

測定は、振動が最も著しいゲルバートラスについておこなった。測定の対象とした部材は図-2に示す主構の斜材、下弦材、垂直材、端縦げた、中央縦げたおよび横げたである。

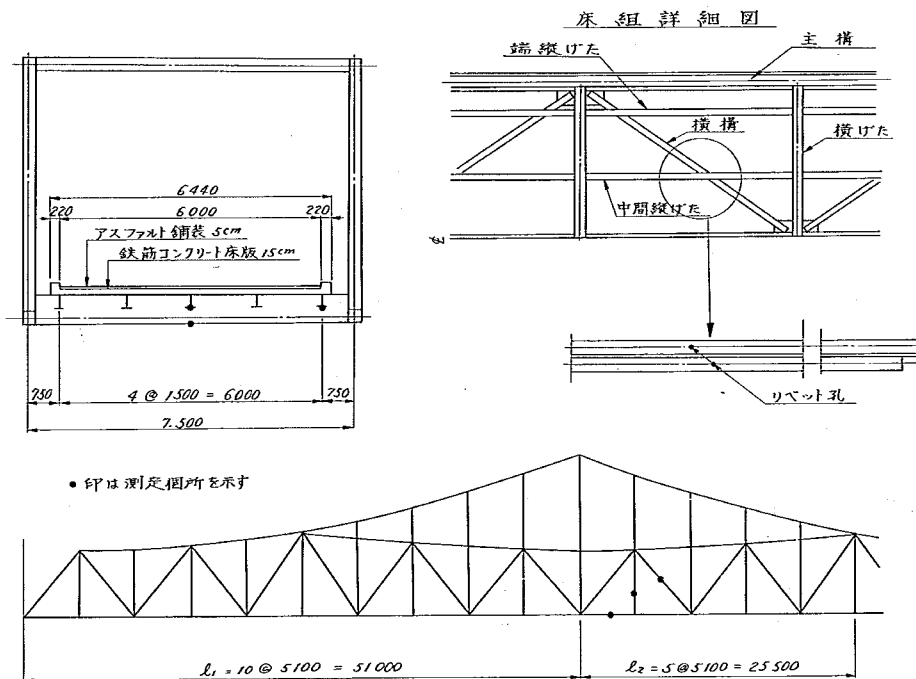


図-2 測定位置

なお、主構および端縦げたについては積荷を満載した大型車両の通行が多いと認められた上り千葉方向車線側すなわち下流側の部材を対象にした。また、縦げたおよび横げたについてはいずれもそれぞれのスパン中央の引張縁にひずみ計をとりつけた。

4. 交 通 量

過去に行なわれた交通量調査の結果を表-1 および図-3 に示す。ただし、昭和23年以前については推定値を示した。

表-1 水郷大橋の交通量

年	交 通 量 (台)		備 考
	1 2 時 間	2 4 時 間	
昭和11年	50	59	推 定
13	200	234	"
18	250	293	"
23	291	340	"
28	714	835	実 測
33	829	970	"
37	1,836	2,148	"
40	4,368	5,111	"
43	7,084	8,288	"
46	9,949	11,640	"
47		11,750	"

これらの資料から、これまでの全交通量を推定すると約3,500万台となる。

5. 測定部材のTL-20に対する耐荷力

表-2 に現行設計荷重 $TL-20$ とこの橋の設計荷重である大正15年の規定の2等橋の荷重による断面力との比 $TL-20$ / 設計活荷重, $TL-20$ によって生じる応力の計算値 σ_{TL-20} , $TL-20$ によって生じる応力と死荷重応力との和 $\sigma_d + \sigma_{TL-20}$, 許容応力度 σ_a および $(\sigma_d + \sigma_{TL-20}) / \sigma_a$ を示した。

本橋に使用されている鋼材の機械的性質は現在のSS41と同程度と考えられることから許容応力度 σ_a の欄には現行示方書のSS41の許容応力度をそのまま示した。なお、本橋の設計に用いられた大正15年の示方書の許容応力度およびこれに対する比は、カッコ書きで示してある。

この表から L 荷重で設計される斜材、下弦材については、 $TL-20$ / 設計荷重は1.5倍程度で

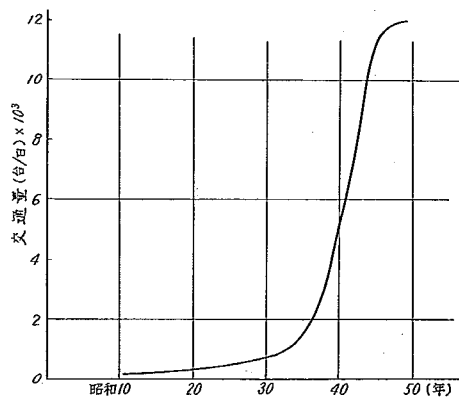


図-3 水郷大橋の交通量の変化

表-2 TL-20 を載荷した場合に生じる応力

部 材	TL-20 設計活荷重	σ_{TL-20} (Kg/cm ²)	$\sigma_d + \sigma_{TL-20}$ (Kg/cm ²)	σ_a (Kg/cm ²) 注)	$(\sigma_d + \sigma_{TL-20}) / \sigma_a$
斜 材	1.46	667	1,597	1,400 (1,200)	1.14 (1.33)
下 弦 材	1.50	-438	-1,055	-1,130 (-1,000)	0.93 (1.06)
垂 直 材	2.41	614	935	1,400 (1,200)	0.67 (0.78)
中央たてげた	2.84	2,460	2,788	1,400 (1,100)	1.99 (2.53)
端 た て げた	2.51	1,361	1,654	1,400 (1,100)	1.18 (1.50)
横 げ た	1.75	1,506	2,037	1,400 (1,200)	1.46 (1.70)

注) 上段に示した値は現行示方書によるSS41の許容応力度で下段の()書きは、本橋の設計に用いられた大正15年示方書による許容応力度である。

あるが、L-20 相当の荷重が載ったとしても、死荷重が活荷重に比べて比較的大きいため ($\sigma_d + \sigma_{TL-20}$) / σ_a 斜材で1.14 となり、さほど大きな応力超過は生じないことがわかる。

しかし、T 荷重で設計されるその他の部材については、TL-20 / 設計荷重は前者に比べて大きく2.8 にもなるものもある。しかも、活荷重に比べ死荷重が小さいので ($\sigma_d + \sigma_{TL-20}$) / σ_a は中央縦げた、横げたはそれぞれ1.99、1.46 にも達することがわかる。垂直材、端げたについては、TL-20 / 設計荷重はかなり大きい ($\sigma_d + \sigma_{TL-20}$) / σ_a はさほど大きな値を示していないのは設計時に断面に余裕があったためである。

6. 測定結果

表-3 および図-4 に各部材について測定応力のピーク値の累積頻度分布およびその最大値を示す。

7. 調査結果の考察

まず、頻度分布および最大値について一般的な傾向を見ると本橋梁の1日の通行台数は約12000 台でありしかも、かなりの数の大型車両の通行が認められるにもかかわらず、その応力は表-2 に示したTL-20 による計算応力に比べかなり小さく、約100 Kg/cm²を超える応力の累積頻度ですら、いずれの部材においても1,000 回を上回っておらず σ_{TL-20} を上回るような応力はいずれの部材においても測定されなかった。

次に、実測された最大応力について検討してみる。

表-3 には、実測最大応力度 σ_e 、 σ_a と死荷重応力の計算値 σ_d との和 $\sigma_d + \sigma_e$ および $\sigma_d + \sigma_a$ と許容応力度 σ_a との比 ($\sigma_d + \sigma_e$) / σ_a の値が示されている。

表-3 実測応力度のピーク値の累積頻度分布および最大値

部 材	応 力 度 (Kg/cm ²)						応力の最大 値(Kg/cm ²)
	105 以上	210 以上	315 以上	420 以上	630 以上	840 以上	
斜 材	335	126	17	5			500
下 弦 材	248	37	4				-340
垂 直 材	340	107					270
中央縦げた	835	545	373	246	12		760
端 縦 げ た	651	426	271	210	115	54	1,220
横 げ た	285	40	1				340

注) 表中の数値は応力の発生回数を意味する。

この表から、斜材および端縦げたにおいて σ_d + σ_e は許容応力度 1,400 Kg/cm² を上回ることが認められたが、その値は 1,500 Kg/cm² 以下であり、特に問題にする程の応力超過ではないと思われる。

表-2 から $T-20$ 載荷による計算上の応力度が 2,000 Kg/cm² を超えており、実交通下でも許容応力度を大幅に超える応力が実測されるのではないかと考えられていた中央縦げた、横げたについては実際には予想外に小さな応力しか生じていないことがわかった。

これは、 $T-20$ による応力の計算においては $T-20$ が幅員方向に並ぶことを想定しているが、測定期間中に測定している部材上ではこのような状態が生じなかったためおよび計算では考慮していない鉄筋コンクリート床版と床組との合成作用や床版による横方向の荷重分配効果等により実際に生じる応力は計算応力より小さくなるということのためと考えられる。(測定の対象とした縦げたおよび横げたに支持された床版は良好な状態に保たれており、縦げたや横げたとの合成作用はかなりあることが予想される。)

しかし、床版の合成効果が期待できない程床版が損傷している部分で(本橋梁にはかなりある。) $T-20$ 相当の大型車両がすれ違えば、表-2 に示した程度の応力超過が生じることは十分考えられる。

端縦げたについては、 $T-20$ による計算応力にかなり近い応力が生じることが認められた。

端縦げたは $T-20$ 1 台の載荷によって設計が支配されるが、このような載荷状態は実際にもしばしば生ずるし、また、端縦げたでは、中央縦げたに比べて、合成効果が期待できるとしても床版の有効幅が小さくさらに床版による横方向の荷重分配効果があまりよくないということが、端縦げたの実測応力が中央縦げたや床げたよりもかなり大きくなっている理由ではないかと思われる。

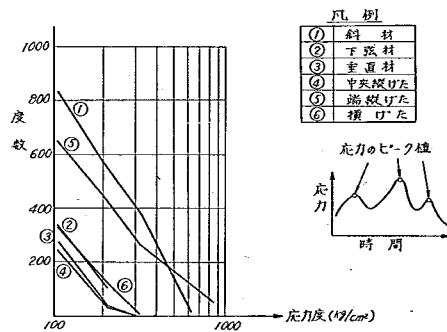


図-4 実測応力度のピーク値の累積頻度

表-4 実交通下での最大応力度

部 材	σ_l	$\sigma_l + \sigma_d$	$(\sigma_l + \sigma_d) / \sigma_a$ 注)
斜 材	500	1,430	1.02 (1.10)
下 弦 材	-340	-953	0.84 (0.95)
垂 直 材	270	591	0.42 (0.49)
中央縦げた	760	1,088	0.78 (0.99)
端 縦 げ た	1,220	1,493	1.07 (1.36)
横 げ た	340	869	0.62 (0.72)

注) () 書きの値は設計示方書による許容応力度を用いた値である。

また、疲労については以下のようなことがいえると考えられる。

まず、最も大きな応力の生じる端縦げたについてみると、その実測最大応力度は $1,220 \text{ Kg/cm}^2$ であり、また、表-2に示した $TL-20$ による計算応力度 σ_{TL-20} も $1,361 \text{ Kg/cm}^2$ であることから、鋼材の疲労強度は、母材部で少なくとも $2,000 \text{ Kg/cm}^2$ はあることを考えれば疲労に関しては特に問題はないと考えられる。

実際に現在のところ破断したものはない。

ところが中間縦げたについては、実測最大応力度が 760 Kg/cm^2 であり、端縦げたよりかなり小さな値を示しているにもかかわらず実際には数ヶ所において破断が認められた。これは、図-2に示したように中間縦げたには支間中央付近に横構がリベットでとめられており、リベット孔による応力集中があること（応力集中度は約3倍）および、前述したように床版が損傷すると実測応力よりかなり大きな応力が生じること等のために、リベット孔の部分で疲労破壊が生じたものと考えられる。その他の部材については実測最大応力度が小さいので問題ないと考えられる。

8. 結 論

今回の測定は床版の良好な部分で行なったために、床版の破損がかなり進行している部分の応力状態に比べてかなり小さいと思われる応力しか測定されなかった。

また、わずか1日の測定であるので本橋の耐荷力について今回の測定結果のみから結論的なことは云えないが今回の測定から云えることをまとめてみると以下になる。

1. 主構については大正15年の示方書の荷重が比較的大きいこと、死荷重が大きいこと等のためにさほど大きな応力超過は生じないと考えられる。
2. 垂直材については、設計時にかなり断面に余裕があったため現在でも計算上は耐荷力にかなり余裕がある。また、実測上から測定された最大応力は $TL-20$ による計算応力よりも小さい。
3. 縦げた、横げたについては、今回測定を行なった部材のように床版が良好な状態に保たれておれば、さほど大きな応力超過は生じない。床組における実測応力は $T-20$ 載荷による応力より

もいずれも小さく、実測応力の最大値は $1,220 \text{ Kg/cm}$ である。この程度の値であれば表-1に示した交通量を堪案してもリベット孔等の応力集中のある位置を除いて疲労破壊の懸念はほとんどないと考えられる。また、設計時に想定するように $T-20$ が対象とする部材に最も悪影響を与えるような位置に2台以上同時に載ることは実際にはほとんどない。

あ と が き

今回の実測は、当研究室が計画している実交通下での供用中の橋梁についての一連の応力頻度測定のものであった。この種の実交通下での応力頻度のデータは、橋梁の破劣設計の確立のために、また、橋梁の耐用限界を定めるためには不可欠のものである。今後共この種のデータの蓄積に努めたいと考えている。

なお、測定の実施にあたっては千葉県土木部道路補修課及び香取土木事務所の方々の御協力を頂いた。この紙上を借りて深く御礼申し上げる。

水郷大橋の実交下での応力測定
報告書

土研資料第868号
昭48. 8 (1973)

国広哲男, 朝倉 肇

キーワード 老朽橋, 耐荷力, 応力測定

要 旨 最近, 設計荷重の小さい旧示方書で設計された橋の維持管理が大きな問題となっているが, 本報告は大正15年の示方書で設計された水郷大橋について実交通下での応力測定を行ない, その耐荷力に検討を加えたものである。

応力頻度の測定は各部材(トラス下弦材, 斜材, 垂直材および横げた, 縦げた)に生ずるひずみをデーターレコーダーにより18時間にわたり連続的に記録することによって行なった。

その結果, かなりの数の大型車が通行しているにもかかわらず, 各部材とも現行設計荷重が載ったとした場合の計算値に比べ, 小さな応力しか生じていないということが明らかになった



郵便はがき

いは十
は四
って切
下手を
下さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
橋梁研究室
御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

6

No.

6

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料868号 部

上記の通り受領しました。

所属（住所）

氏 名

印