

Br. 80-1

土 木 研 究 所 資 料

第 1676 号

成田橋靜的載荷実験報告

昭和56年2月

建設省土木研究所
構造橋梁部 橋梁研究室

Copyright © 55年度 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

本報告は、我国で2番目に架設された、単弦ローゼ橋である成田橋の静的載荷実験について、その概要を述べるものである。

本実験業務は、関東地方建設局の依頼により土木研究所橋梁研究室が実施したものである。設計に用いた理論による計算値の算出は、新日本技研株式会社を担当した。また、動的な問題については構造研究室より別途報告書が出されるので参照されたい。

昭和 56 年 2 月

建設省土木研究所

橋梁研究室 室長	佐伯 彰 一
研究員	金井 道 夫
	小笠原 保
	大 塩 俊 雄

目

次

ま え が き

1. 成田橋の概要	1
2. 成田橋の設計上の問題点と載荷実験の目的	2
3. 静的載荷実験	4
3-1 概 要	4
3-2 載荷方法	4
3-3 測定項目および測定方法	4
3-4 測定結果および解析結果	6
3-5 まとめ	7
4. あ と が き	8

1. 成田橋の概要

成田橋は、国道51号千葉県成田市内に昭和54年度に架設された、我国で2番目の単弦ローゼ橋である。この橋は河川改修にともない現道を拡幅した形で架設されるため、路面計画高が低く、補剛げたの腹板高は最大2mに制限されている。また、この橋は新東京国際空港にきわめて近く位置しているため、特に景観の問題が十分配慮された。比較設計の段階では、箱げた橋、ランガー橋なども比較の対象としてあげられたが、経済性・美観の上から、単弦ローゼ橋の採用が決定された。成田橋の一般図を図-1に、また主要な設計条件を表-1に提示する。

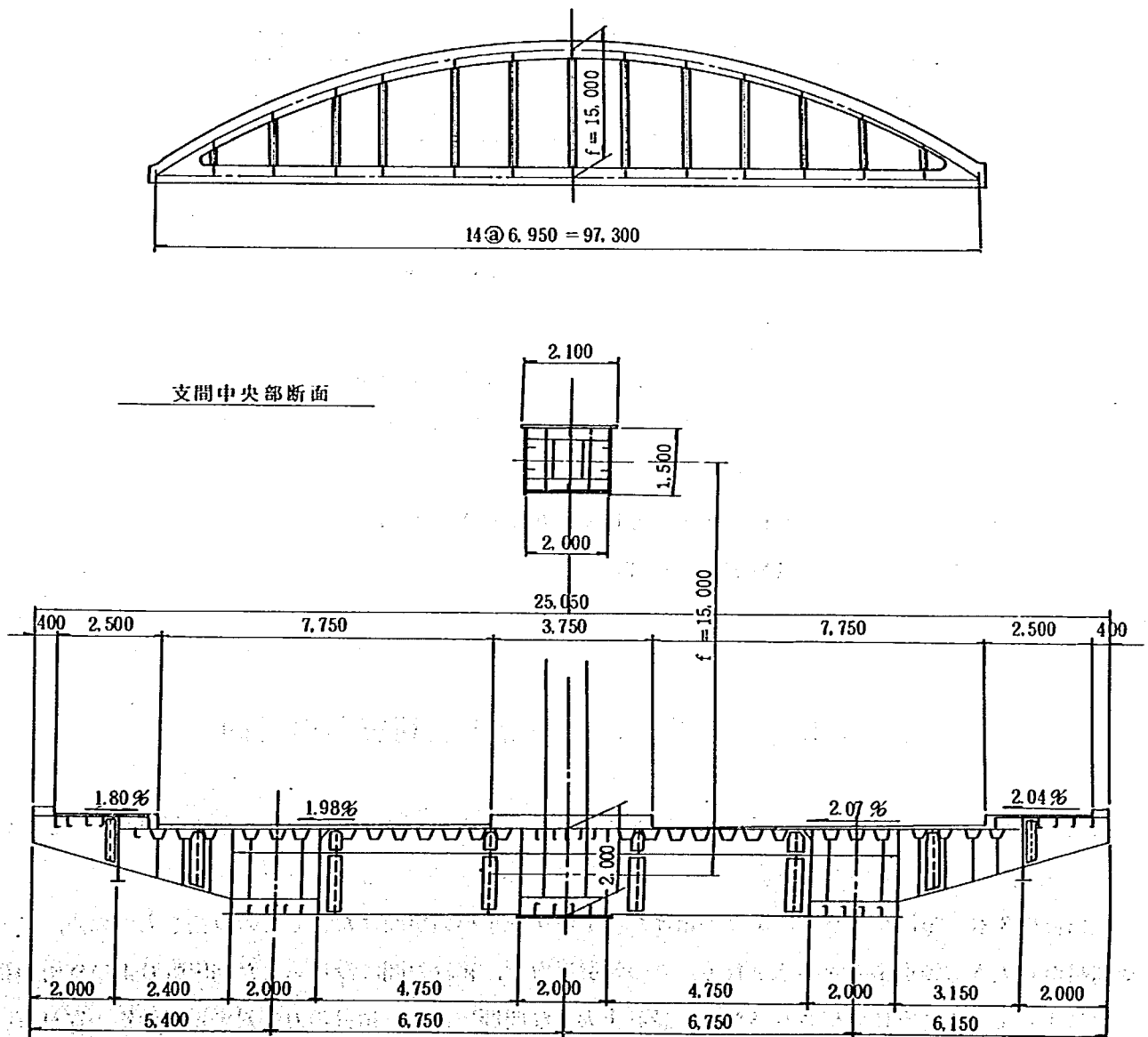


図-1 成田橋一般図

表-1 成田橋主要設計条件

道路規格	3種1級
橋梁規格	1等橋
型 式	単弦ローゼ橋 (§1 一般図参照)
床版型式	鋼床版 リブ型式 車道部 - トラフ閉リブ 歩道部 - バルブプレート
幅員構成	
荷 重	活荷重 - TL - 20
	添加物
	東 電 - 262.0 kg/m
	電 々 - 46.05 "
	ガ ス - 31.00 "
設計震度	$K_H = 0.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 = 0.24$
使用鋼材	SM 53 クラス以下

2. 成田橋の設計上の問題点と載荷実験の目的

成田橋のような単弦ローゼ橋は、現在までの実績が少ないために、設計上にいくつかの問題点を残している。主な問題点は次のとおりである。

- (1) 成田橋の3本の箱げたのうち、中央の箱げたは下路アーチ橋の補剛げたとしての役割をもつため、アーチ弦材から大きな軸引張力が導入される。この軸引張力が、箱げた間に設けられた鋼床版および外側の箱げたによってどのように分担されるかは、設計上大きな問題である。軸引張力に対する有効幅の取り方に誤差があると、アーチ弦材で負担する荷重の分担率に誤差が生じ、アーチや箱げたの安全性に影響する。一般に、曲げモーメントを受けるけたの上フランジの有効幅については示方書に規定されているが、けたに軸力が導入される場合の有効幅については現行基準では明確に示されていない。

- (2) 単弦ローゼ橋の面内安定問題は、通常のローゼ橋と同様に考えることができ、この橋梁が下路アーチ橋であることから設計上の大きな問題にはならない。一方、面外安定問題は、通常の2主構のアーチ橋ではそれ程問題とならないが、単弦ローゼ橋は面外方向への全体としての剛度がきわめて小さいため、設計上の重要な問題となる。すなわち、近似的には、単弦ローゼ橋はアーチ支間に近い座屈長をもつ柱として、面外座屈強度が決定されることになる。初期不整、すなわち残留応力や初期変形をもつアーチ部材の面外座屈強度を厳密に求めることは、実際には吊材による拘束なども考えられるためにかなり困難である。
- (3) 成田橋は、剛度が大きく異なる3本の箱げた（1本はアーチ部材と剛結）により構成され、かつ箱げたからの鋼床版の張出しがかなり大きい。このため、主げたの剛度差や張出しの大きい鋼床版などが複雑に関連して複雑な振動モードが生じ、使用性を損う可能性がある。

これらの問題に対して、成田橋では、設計、模型実験、現場載荷実験によって次のように安全性、使用性の確認を行っている。

- (1) 有効巾の問題については、成田橋の設計では、鋼床版をそれと同一のせん断剛度をもつ軸力部材におきかえて検討を行っている。すなわち、構造解析は、アーチ部材と3本の箱げた、箱げた間の横げた、および鋼床版をおきかえた軸力部材より成る立体骨組として行なわれている。有効幅の問題に関して、鋼床版を等価な軸力部材におきかえることは、解析問題としてよく行なわれることであり妥当な解析であるが、成田橋の場合、有効幅解析の精度が直接アーチ弦材の安全性に影響するため、今回特に現場載荷実験を行って有効幅の確認を行った。本報告書の内容は、主として上記の設計理論の妥当性の確認にある。
- (2) 単弦ローゼの面外座屈は、本質的に複雑な弾塑性解析を必要とする問題である上に、吊材による拘束など多くの要因が影響するために解析が困難な問題となる。アーチの弾塑性解析は、FEMの手法を用いて多く試みられているが、面外座屈の問題については未だ実績が乏しい。吊材の拘束は格点構造の評価などに困難をとまなうため、安全側の仮定として無視して解析されることもある。このようなことから、多くの仮定を含んで解析される単弦ローゼの面外強度は、何らかの方法で確認する必要がある。面外耐荷力については現場実験による確認は困難であるため、今回は模型実験による確認を行った。また、現場実験では偏載時のアーチ部材の横方向変位を計測し、解析モデルにより算出した横方向変位と照合した。この結果は、直ちに面外座屈強度の確認にはつながらないものの、面外座屈の検討を含む解析モデルが妥当であったことの確認になると考えられる。
- (3) 振動問題は多くの諸元が複雑に影響するため、現場振動実験により確認を行うのが望ましい。今回、振動実験については構造研究室が担当したので、結果については別の報告書で報告する。

3. 静 的 載 荷 実 験

3-1 概 要

載荷実験には荷重車24台を用い、5種類の載荷状態において箱げたのたわみ、アーチリブの橋軸直角方向の水平変位およびアーチリブ、箱げた、鋼床版のひずみの測定を行なった。

荷重車は、砂を積載して約20 ton になるように調整したダンプトラック（3軸車）を用いた。これらの総重量および軸重については、載荷実験の前に台秤にて測定を行なった。

3-2 載荷方法

載荷の種類は、図-2に示すとおり5種類とし、図中の矢印が各荷重車を示したものである。全ての荷重車は支間中央方向に向って載荷し、各荷重車の配置間隔は橋軸方向および橋軸直角方向とも等間隔とした。ただし図中の矢印の間隔は荷重車の後軸の中心間隔を示している。

ケース1は、橋軸方向に等間隔に6台、橋軸直角方向には幅員中央に対し左右対称に2台並列に合計24台橋梁車道部全面に載荷したものである ㊶。

ケース2は、橋軸方向に等間隔に6台、橋軸直角方向には片側車線に2台並列に、計12台載荷したものである ㊷。

ケース3は、支間中央に対し片側の上下車線に橋軸方向3台、橋軸直角方向4台の計12台載荷したものである ㊸。

ケース4は、ケース1のときの載荷状態を4分割し、それぞれ分けて載荷したものである ㊹。

ケース5は、支間中央に対して対角線方向に対称に、12台載荷したものである ㊺。

㊶ このケースは、全載時に対する有効幅の妥当性を確認するためのものであるが、よく知られているようにアーチリブの断面は半載時で決定され、全載時の応力は小さい。

㊷ このケースは、箱げたおよびアーチリブのねじり角が最大となり、主としてアーチリブの面外変形をチェックし、面外安定性の検討を行なう。

㊸ このケースは、上述のとおりアーチリブにとって最も厳しい載荷ケースとなり、このケースでアーチリブの面内安定性を検討する。

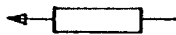
㊹ このケースは、上記のケースにおいて重ね合わせの原理が適用できるかどうか検討するために、最小単位の載荷を行なったものである。

㊺ このケースは、設計上それほど意味はないが、アーチリブの正弦波状のねじりを確認するためのものである。

3-3 測定項目および測定方法

載荷実験の測定項目および測定位置の概略を図-3、4、表-2に示す。

表-2 測定項目および測定器材

記 号	測 定 項 目	測 定 器 材
●	ひずみ (アーチリブ, 箱げた, 鋼床版)	ワイヤストレインゲージ
	箱げたのたわみ (δ)	変位計 (ひずみゲージ式)
▽	アーチリブの水平変位	ト ラ ン シ ッ ト

(1) 箱げたのたわみ

箱げたのたわみの測定点数は図-3に示すように, 上流側, 下流側の箱げたにそれぞれ3点 (支間中央, スパン1/4点), 中央の箱げた4点の計10点であり, ひずみゲージ式の変位計を用いて測定を行なった。

(2) アーチリブの水平変位 (橋軸直角方向)

アーチリブの橋軸直角方向の水平変位の測定箇所は, 図-3に示すように, アーチリブ中央および1/4点2箇所の計3箇所で, その部分に箱尺を取り付け, 千葉および佐原側の橋脚上に据え付けたトランシットにて測定を行なった。読み取り精度は0.5mmである。

(3) ひずみの測定

アーチリブ (上下フランジ, ウェブ), 箱げた (上下フランジ), 鋼床版のひずみをワイヤストレインゲージを用いて測定を行なった。

ひずみの測定点数および測定したひずみゲージの種類を表-3に示す。

表-3 ストレインゲージの数と種類

測 定 部 材	測 定 断 面	ストレインゲージ貼付枚数 (断面当り)
ア ー チ リ ブ	A-1 ~ A-13	16 枚 (単軸ゲージ)
箱 げ た	BN-1~3, BC-1~3, BS-1~3	7 枚 (単軸ゲージ)
鋼 床 版	SP-1 ~ SP-4	6 枚 (3軸ゲージ)

i) アーチリブ

アーチリブのひずみ測定断面はA-1からA-13の13断面であり, 1断面16点 (上下フランジ8点, ウェブ6点, リブ2点) で計208点, 単軸のひずみゲージを貼付けて測定を行なった。ゲージの方向はアーチ軸線と平行とした。

ii) 箱げた

箱げたのひずみ測定断面は, 上流側 (BS), 中央 (BC), 下流側 (BN) のけた, 各3断面 (支間中央, 1/4点 (千葉および佐原側)) において, 1断面7点計63点, 単軸のひずみゲージを貼付けて測定を行なった。ゲージの方向は橋軸方向のみとした。

iii) 鋼床版

鋼床版のひずみ測定断面は, 佐原側の支点より橋軸方向に5m間隔で4断面において, 1断面6点計24点ロゼットゲージ (3軸) を貼り付けて測定を行なった。

ゲージの貼付位置については, 図-3 (アーチリブ, 箱げた), 図-4 (鋼床版) に示す。

3-4 測定結果および解析結果

測定結果と解析結果との比較をケース1、ケース2-1、ケース3-1、ケース4、ケース5-1について示す。ケース4については、ケース4-1～4-4の単独の値ではなく、4ケースの値を加え合わせた値を示す。したがって、ケース1とケース4は本質的に同じものである。

(1) 箱げたのたわみ

箱げたのたわみを図-5-1～図-5-5に示す。ここで実線は微小変形理論による計算値（以下計算値）を表わしたものであり、○印は載荷実験より求めた実測値（以下実測値）を表わしたものである。

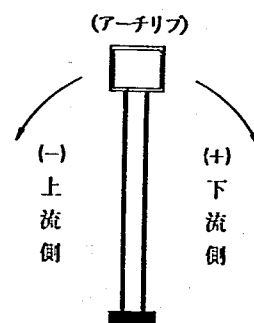
図より、計算値と実測値は全てのケースとも非常に一致しており、解析時に採用したモデル（特に有効幅に関する格子モデル）により本橋の変形性状は十分の精度で把握できると考えられ、モデルの妥当性が確認された。

(2) アーチリブの水平変位（橋軸直角方向）

アーチリブの橋軸直角方向の水平変位を表-4に示す。

表-4 アーチリブの水平変位

測定点 種類	①		②		③	
	計 算 値	実 測 値	計 算 値	実 測 値	計 算 値	実 測 値
1	-2.9	-1.5	-4.9	-1.0	-2.8	-0.5
2-1	23.6	7.0	40.1	42.5	23.5	25.0
3-1	-1.2	0.25	-2.3	-1.0	-1.5	0.25
4	-2.8	-7.0	-4.9	-12.1	-2.7	-8.15
5-1	-5.1	-2.75	-2.2	-1.6	2.5	2.0



水平変位の測定はトランシットで行ない、実験当日の天候が悪かったこともあり、測定の精度は必ずしもよくない。ケース2を除くケースについては、本来橋軸直角方向の水平変位が大きいこともあり、表-4の計算値と実測値の対応はよくないが、この原因は精度上の問題がほとんどであると考えられ、設計上の問題を提起するものでない。水平変位が大きく出るケース2についても、計算値と実測値の差は測定精度の範囲内であると考えられる。

今回、設計ではアーチの横倒れに対する吊材の拘束を考慮に入れており、この設計モデルは妥当であったと考えることができる。

(3) アーチリブの応力度

アーチリブの応力図を図-6-1～図-6-5に示す。測定は全部で13断面で行なったが、A-1～A-7断面のみ示した。

計算値と実測値を比較すると次の点がいえる。

- i) 計算値と実測値は、平均的には十分近い挙動を示すが、下フランジの応力度の実測値には若干の局所的な乱れが認められる。
- ii) アーチリブの腹板の実測値の応力度分布は各載荷ケース、各断面とも計算値より正の曲げモー

メントが大きいと思われる分布を示している。

以上の2点において次のことがいえよう。

まず i) についてであるが、アーチリブの応力測定位置は設計で断面力照査を行なう点と一致させるため、吊材との接合部近傍であり、一般のアーチリブ断面に比べ吊材との結合のため下記に示す点で異なっている。

④ ガセットプレートがアーチリブ断面内に入ってきている。

⑤ 下フランジの板厚を局部的に増している。

⑥ ガセットプレートをアーチリブの断面内に入れるため、下フランジにスリットを設けている。

以上のことより、実測値の下フランジの応力の乱れは、吊材との結合部の上記の構造上の特異性より生ずる局部的乱れと考えられる。

ii) については、今回の実験のみで十分な考察を行なうことは困難であるが、主原因は、下フランジの板厚を局部的に増加させたことによる中立軸の移動と、ゲージ貼付位置が吊材位置から若干ずれたことによる負の曲げモーメントの減少であると考えられる。

以上のように局部的に見た場合には応力の乱れは見られるものの、アーチの軸力を推定するための有効幅モデルは、ほとんど誤差がないと結論づけることができる。また、若干の正の曲げモーメントの増加はアーチの安全性には影響を及ぼさない。

(4) 箱げたの応力度

箱げたの応力度は、床組としての作用により大きな乱れを受け、また舗装や高欄、地覆などの影響を受けるので、計算値と実測値が必ずしも対応しない。今回の実験結果を詳細に提示することは省略するが、一般的な傾向として、上フランジは床組作用により乱れが大きく、下フランジは舗装や高欄、地覆などの剛度の影響により、実測値は計算値に比べ若干小さな値を示す。これらは当然予想されることであり、設計理論の上からは何ら問題は生じない。

3-5 ま と め

今回の実験では、局部的な応力度については計算値との若干の乖離が認められたものの、成田橋の安全性に重大な影響を与える有効幅のモデルについては、応力度、たわみの両面からはほぼ妥当であることが確認された。また、偏載時の面外変形も今回の設計で用いた理論による計算値と実測値がほぼ一致し、アーチリブの面外変形に対する安全性も確認された。

以上により、構造解析の上からは問題点が多い単弦ローゼ橋の設計は、静的な設計に関する限り今回の設計理論により、ほぼ安全かつ経済的に行なうことができるものと結論づけられる。なお、終局時のアーチの挙動については、さらに理論的、実験的に研究をすすめる必要があると考えられる。

4. あ と が き

今回は、我国でも架設例の少ない単弦ローゼ形式を採用した成田橋において、その設計の妥当性の検証のため、荷重車による静的载荷実験を数種類の载荷ケースについて行なった。

結果は前述したように、静的な設計に関する限り今回の設計理論が妥当であるということが検証された。

本载荷実験の载荷、測定およびそれらの準備等にあたって、千葉国道工事々務所より全面的な御協力をいただいた。

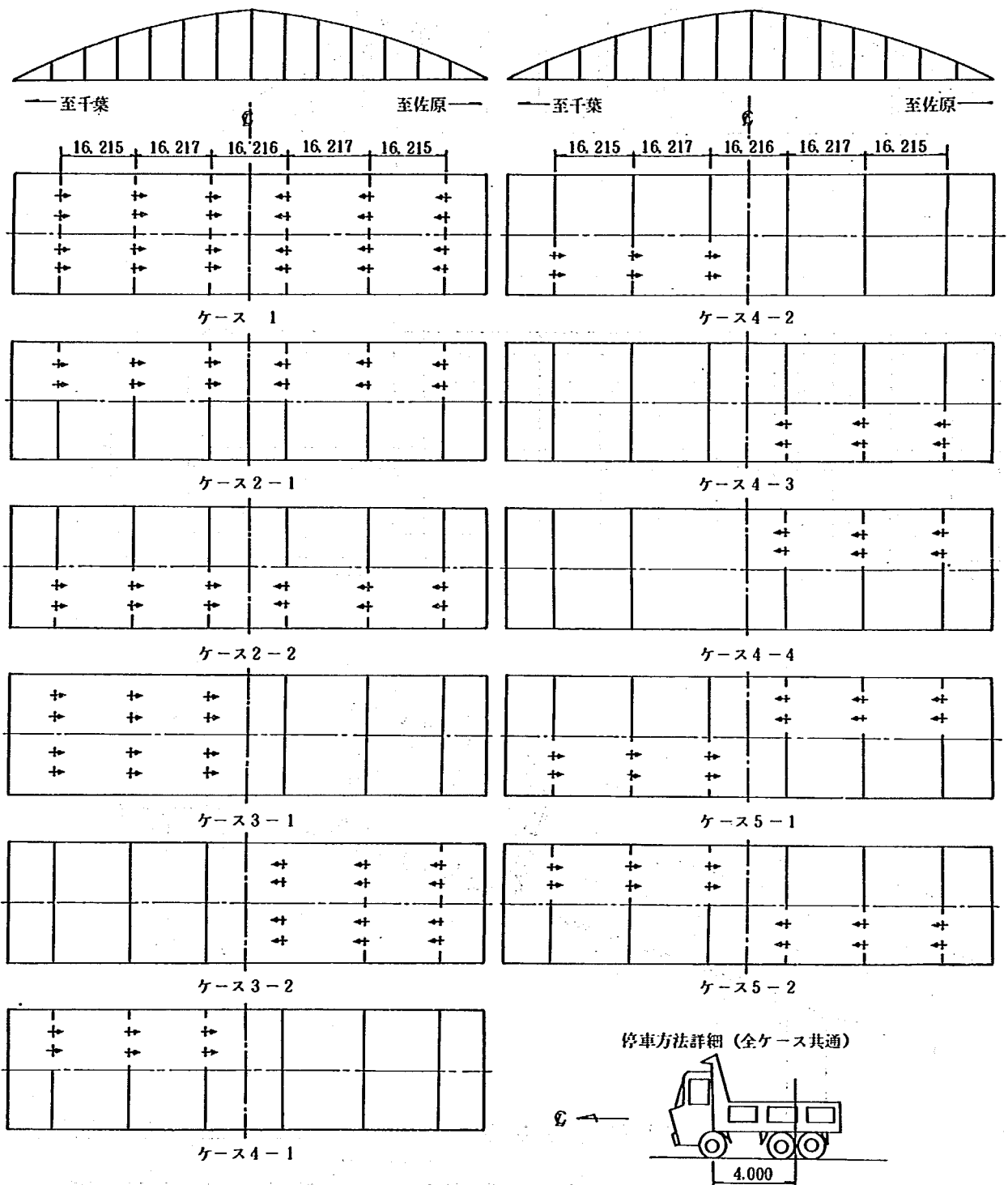


図-2 載荷の種類

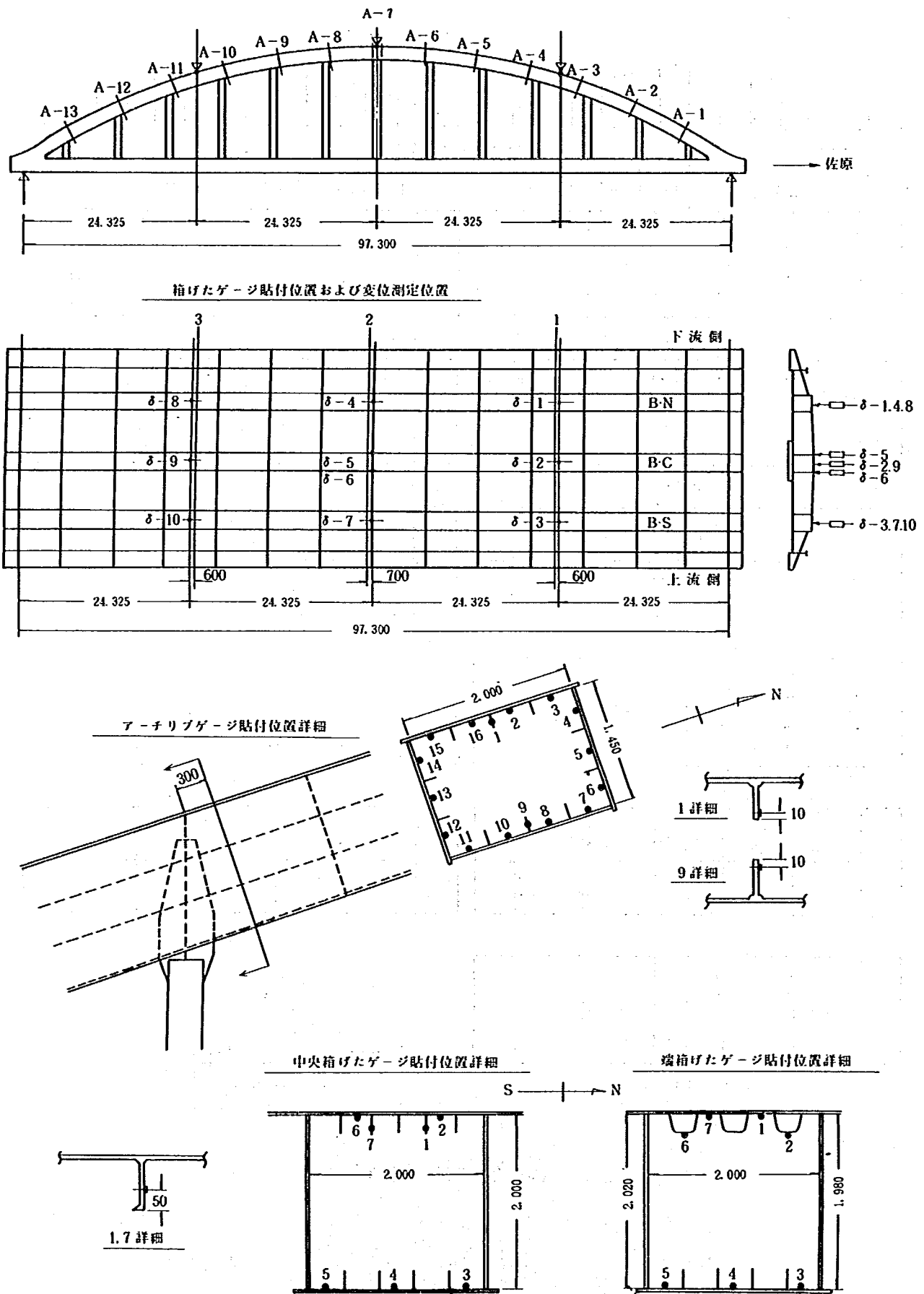


図-3 変位およびひずみの計測位置

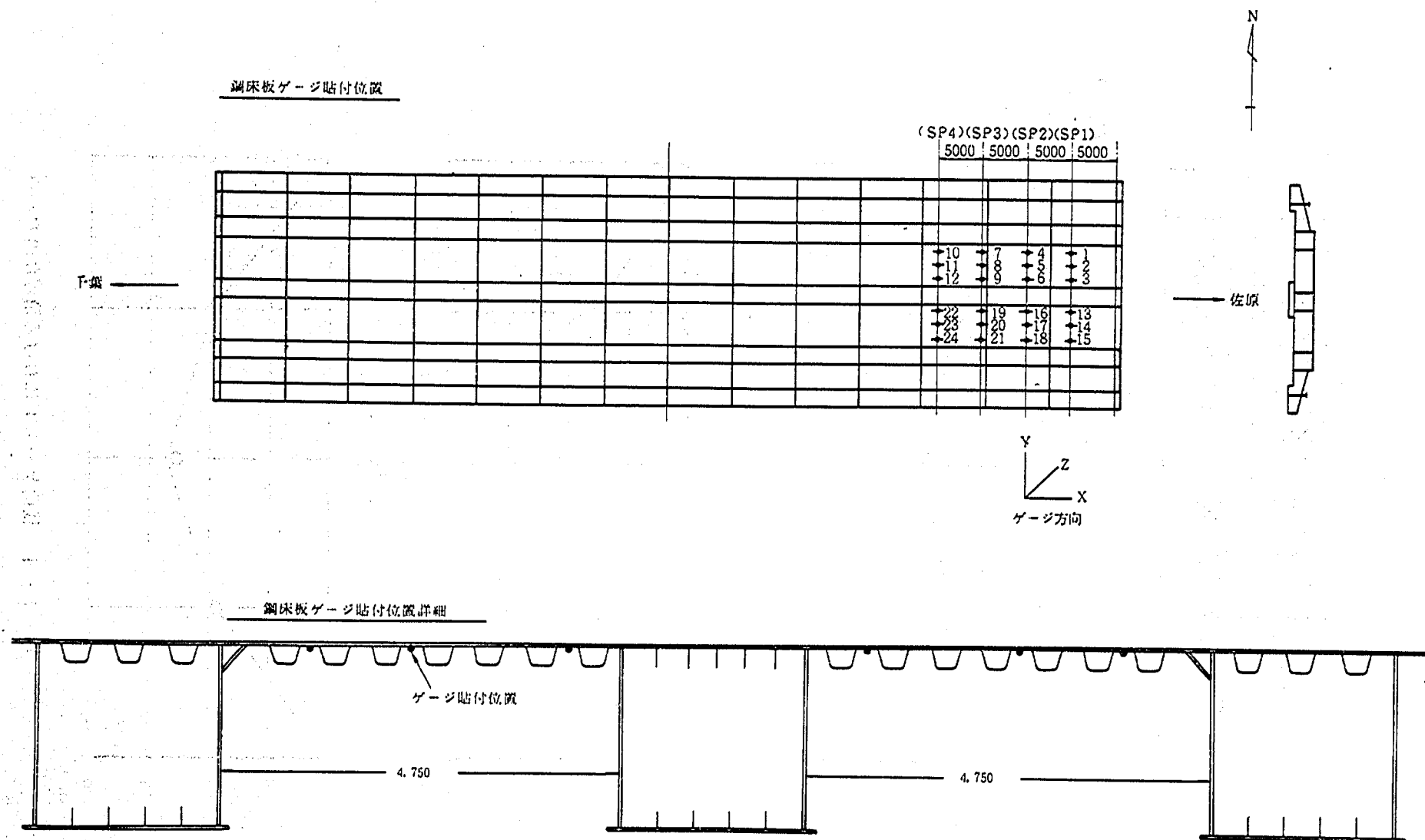


図-4 鋼床版ゲージ貼付位置

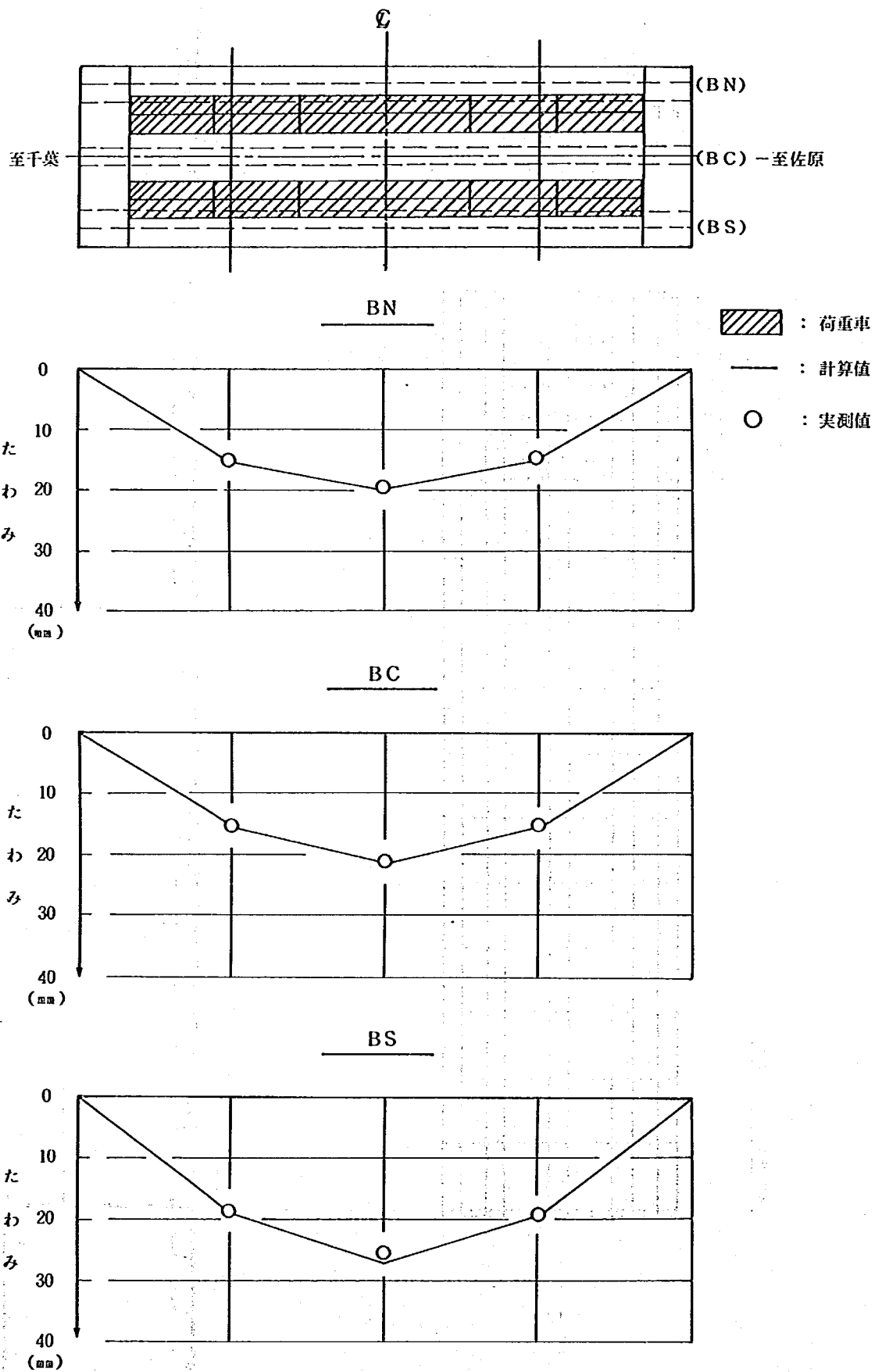


図-5-1 载荷ケース1における箱げたのたわみ

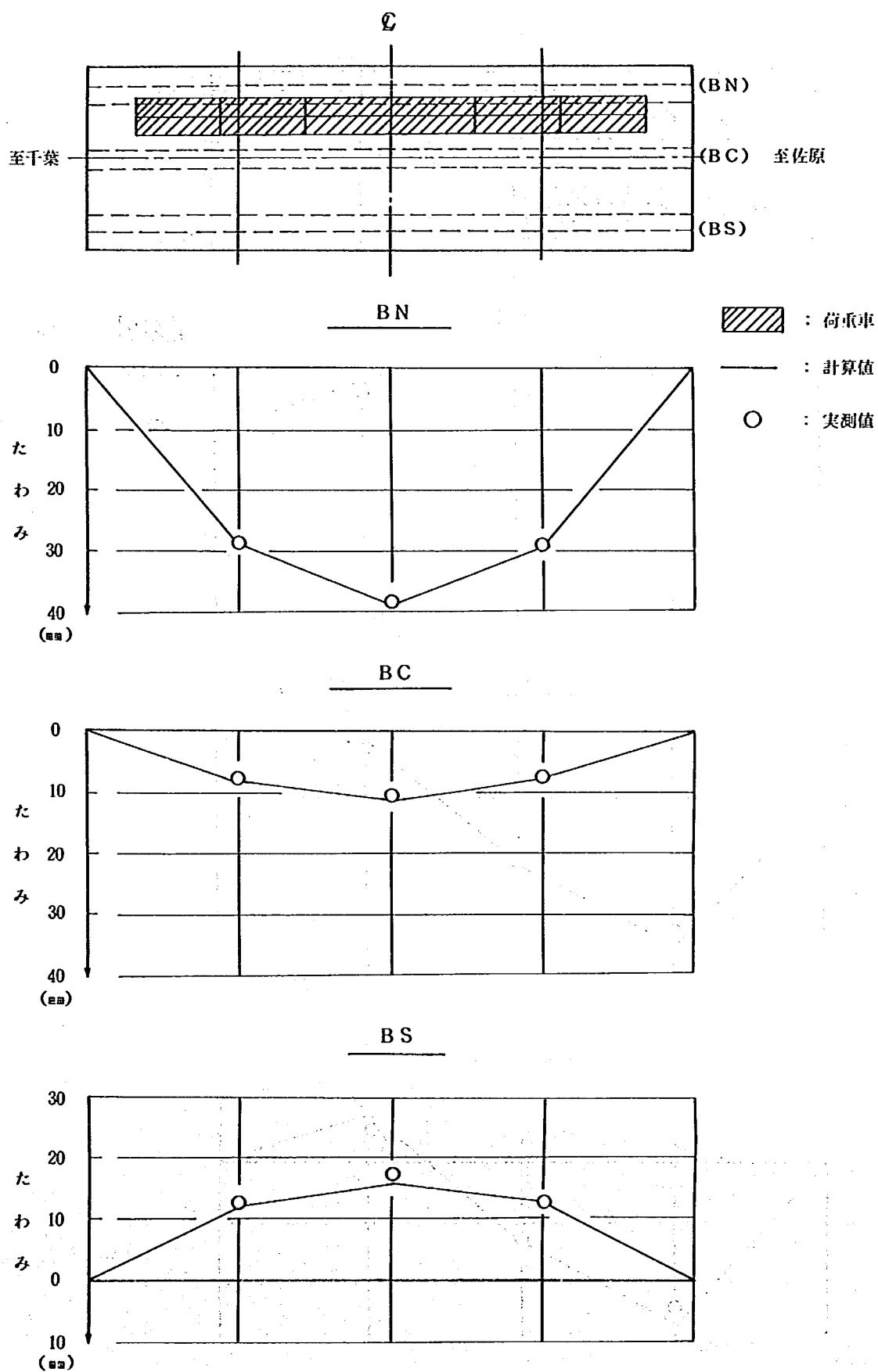
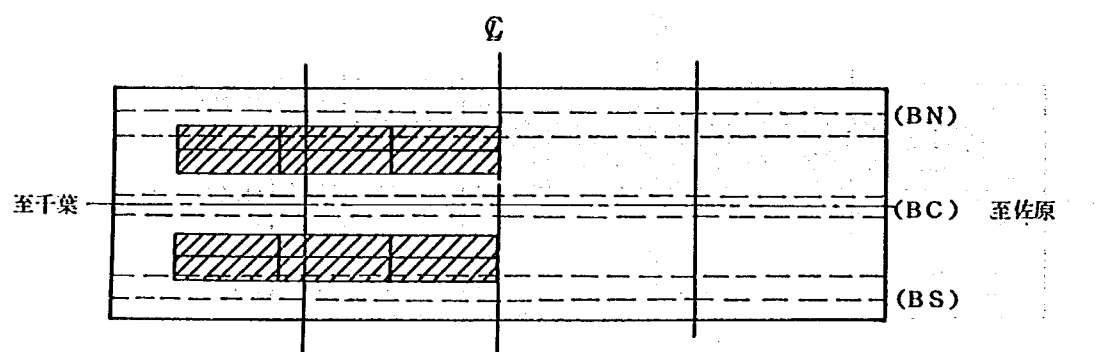


図-5-2 荷重ケース2-1における箱げたのたわみ

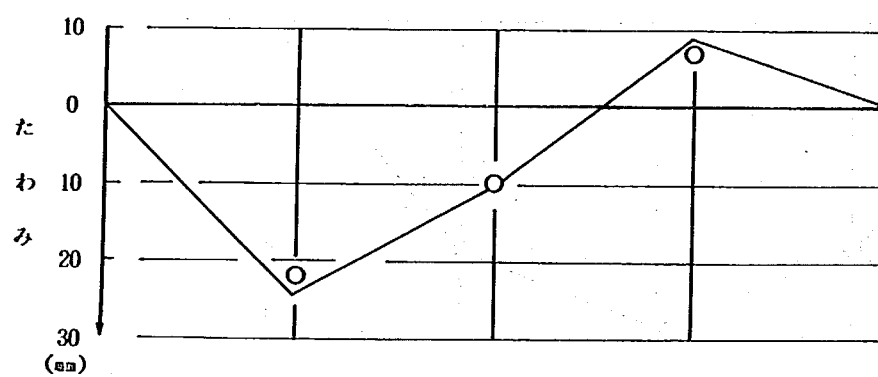


BN

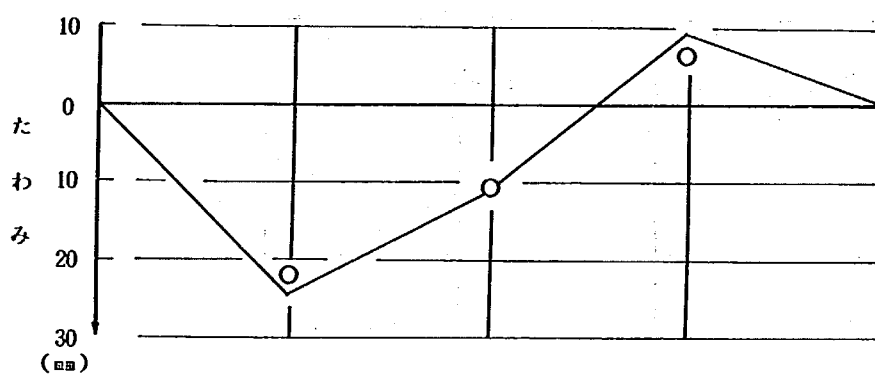
▨ : 荷重車

— : 計算値

○ : 実測値



BC



BS

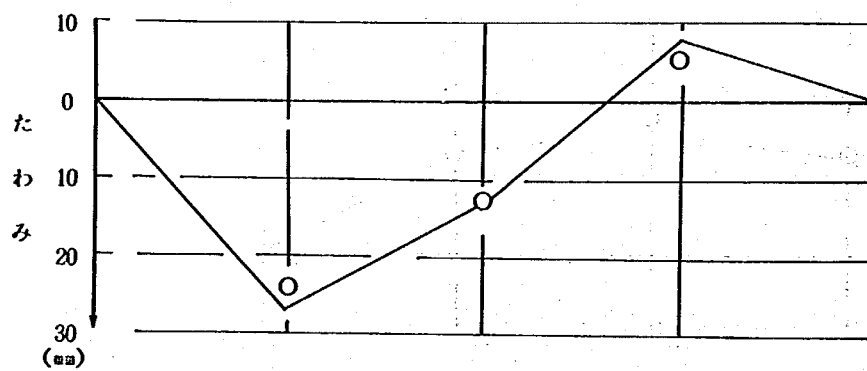


図-5-3 載荷ケース3-1における箱げたのたわみ

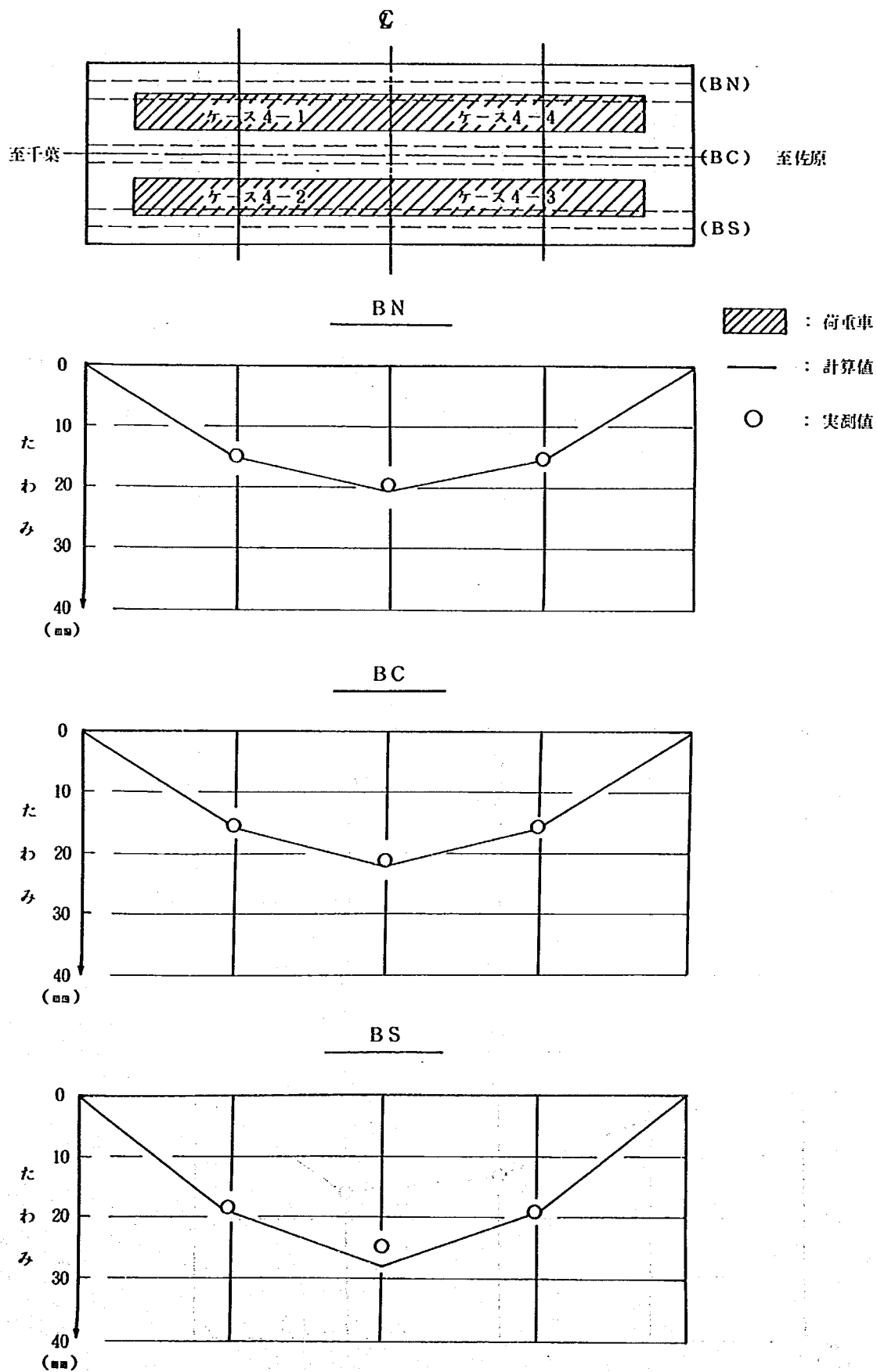


図-5-4 载荷ケース4 (累加)における箱げたのたわみ

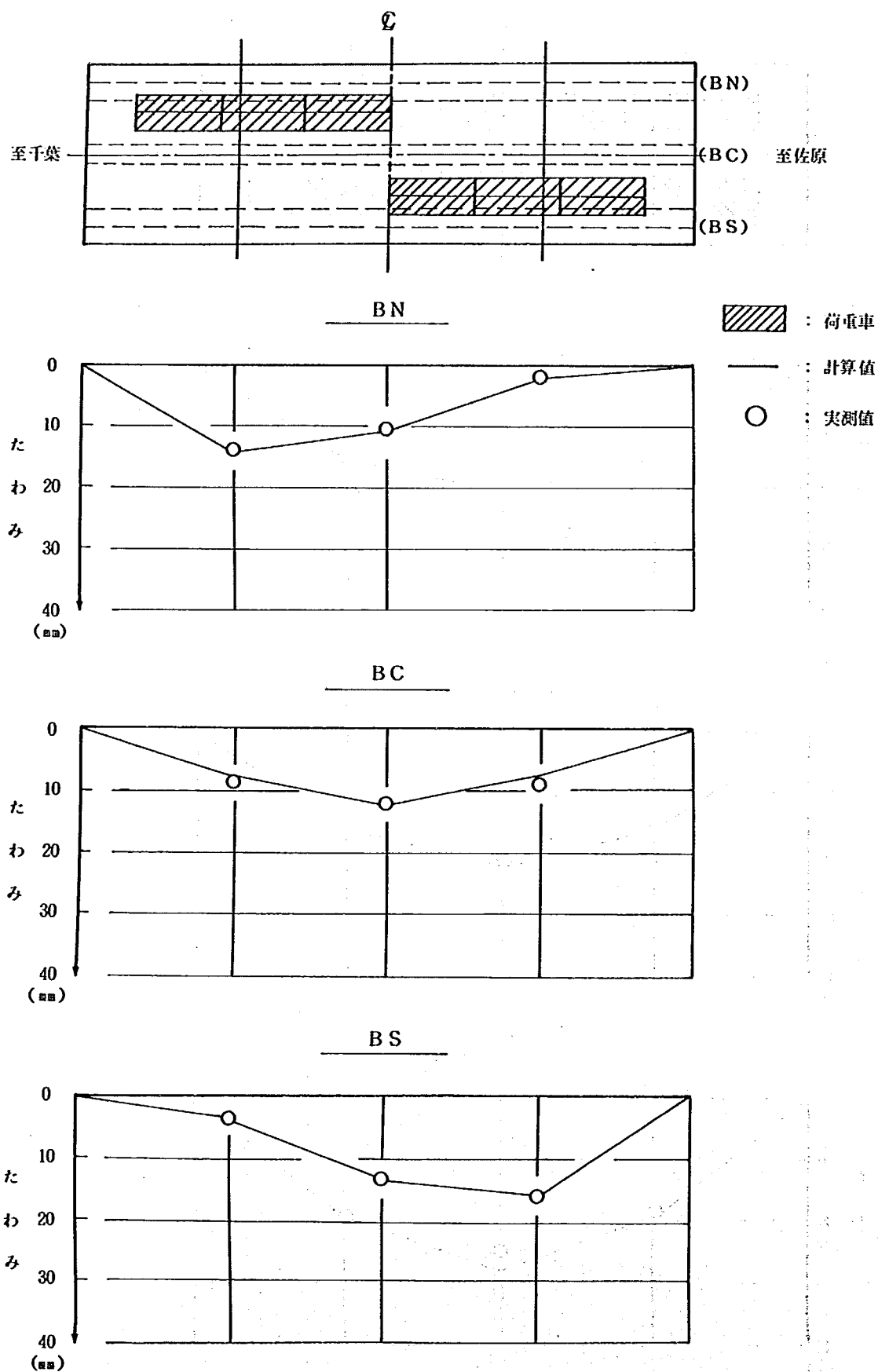


図-5-5 载荷ケース5-1における箱げたのたわみ

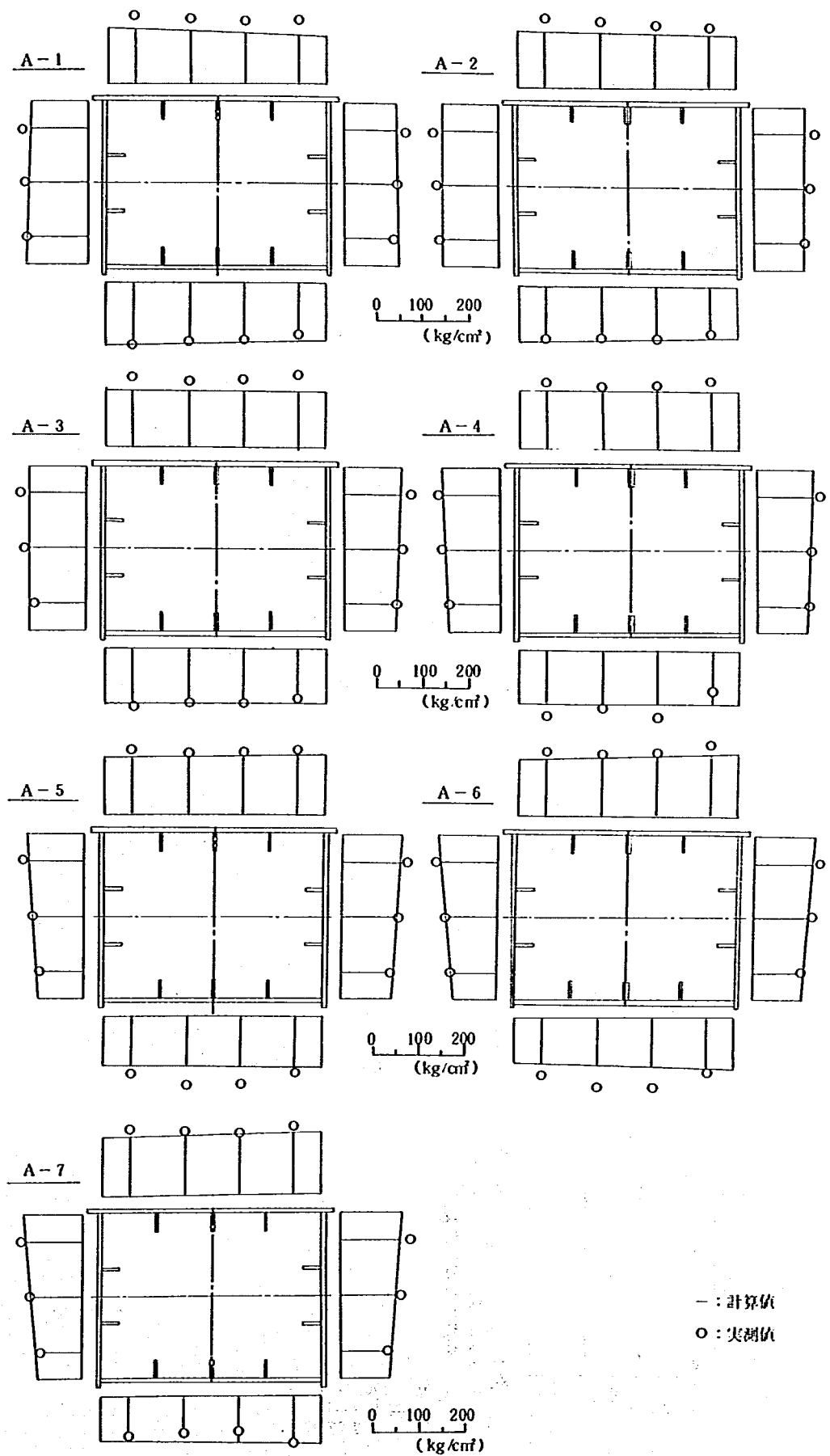


図-6-1 ケース1におけるアーチリブ応力図

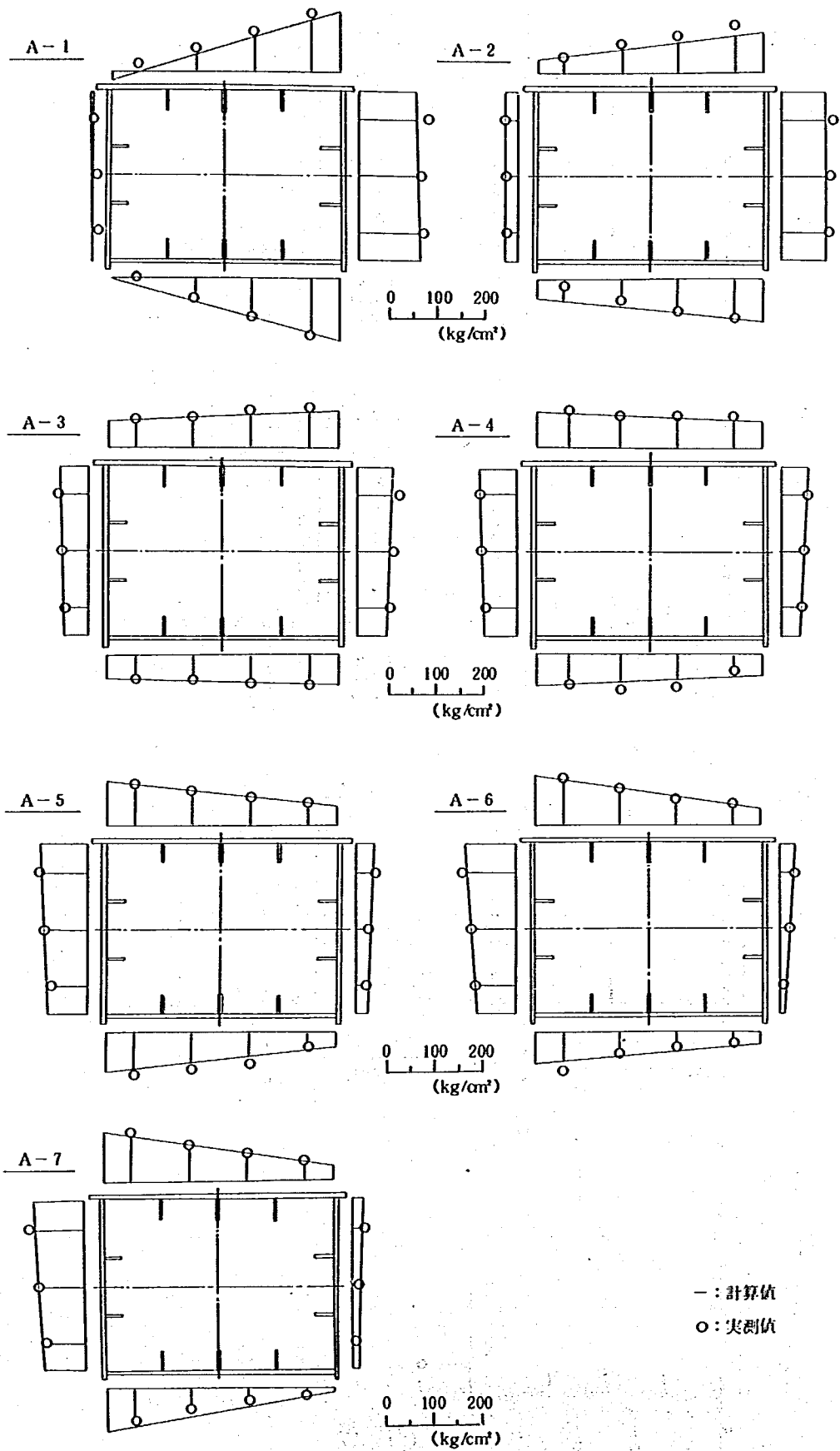


図-6-2 ケース2-1におけるアーチリブ応力図

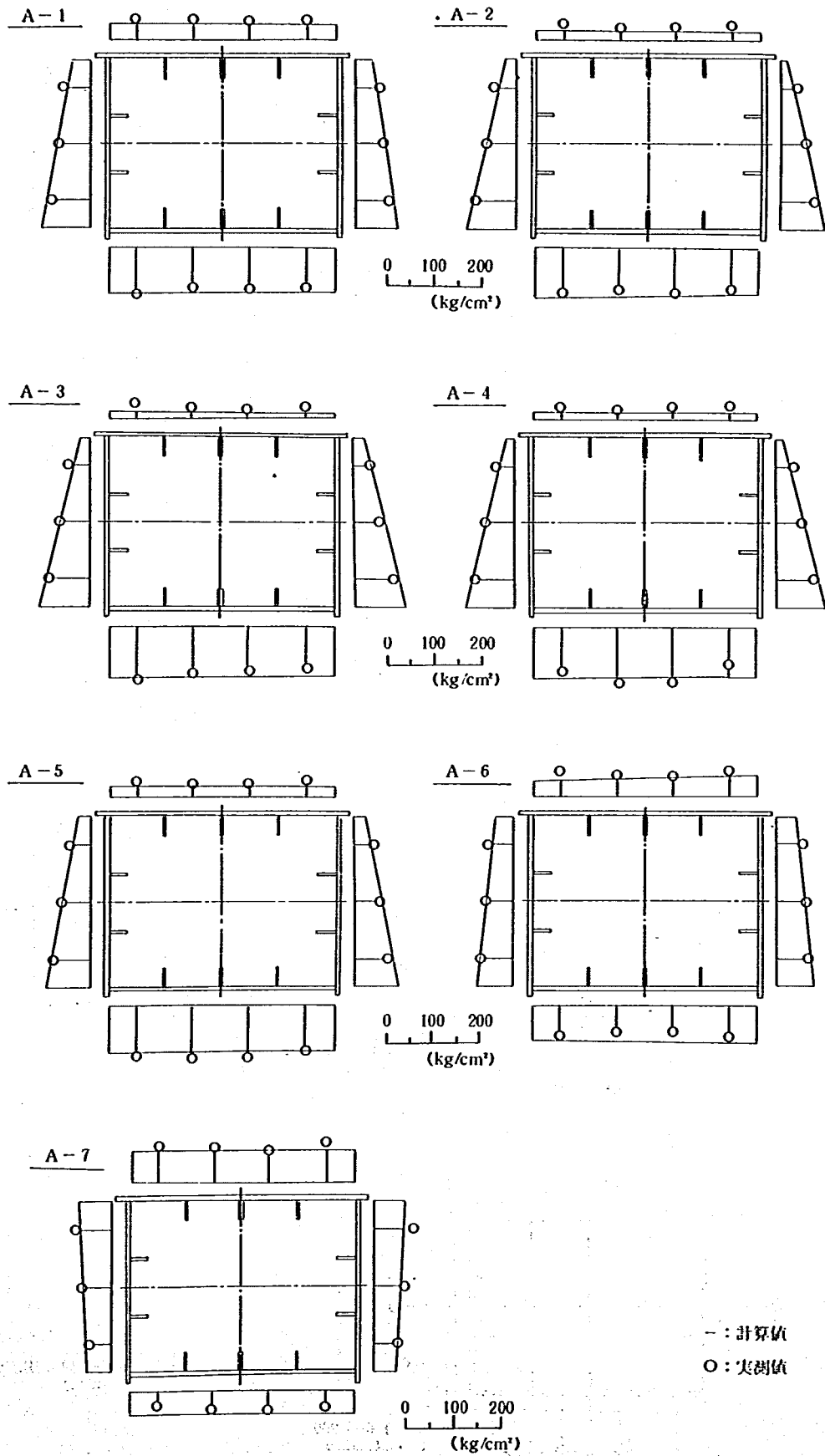


図-6-3 ケース3-1におけるアーチリブ応力図

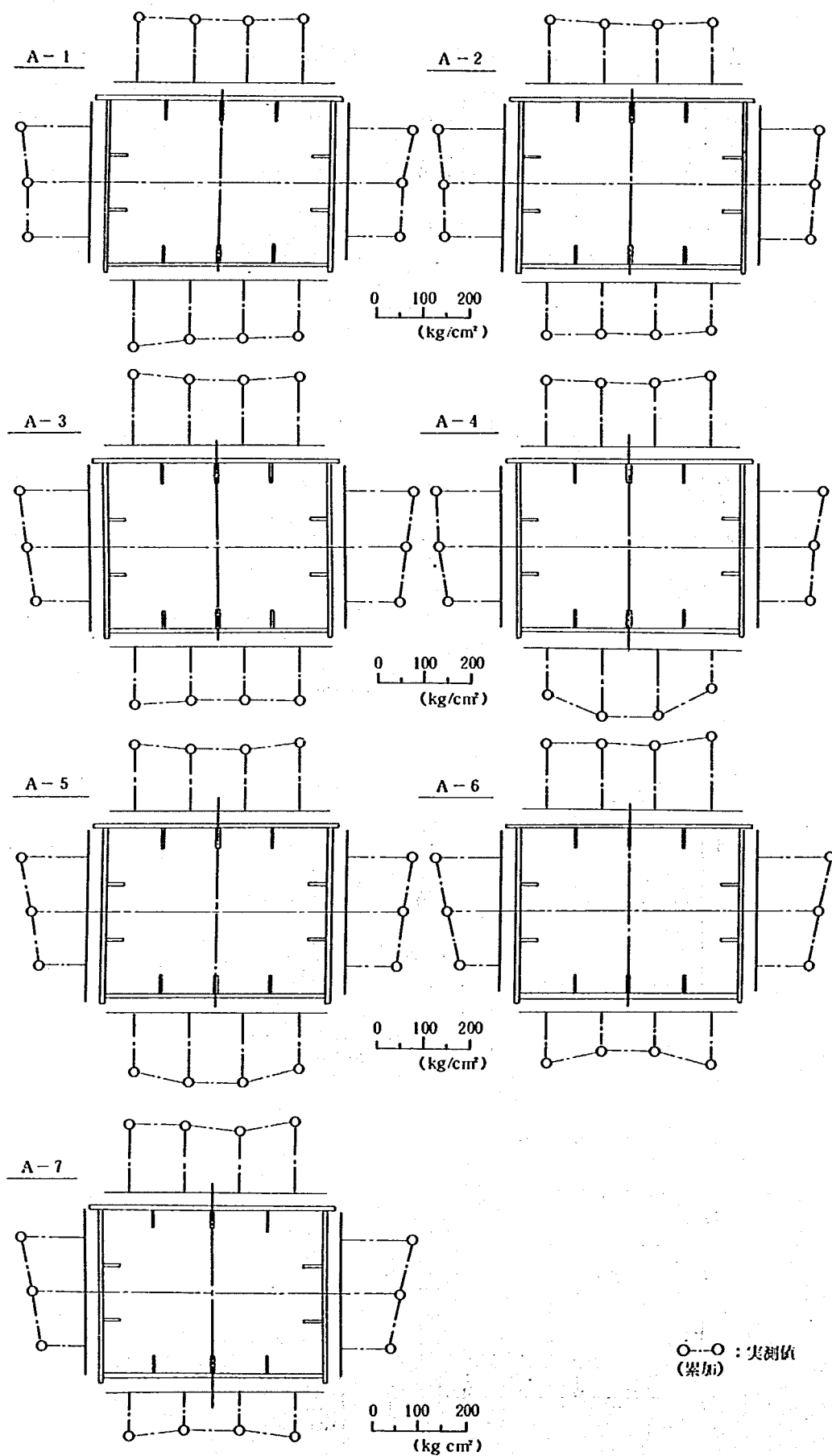


図-6-4 ケース4(累加)におけるアーチリブ応力図

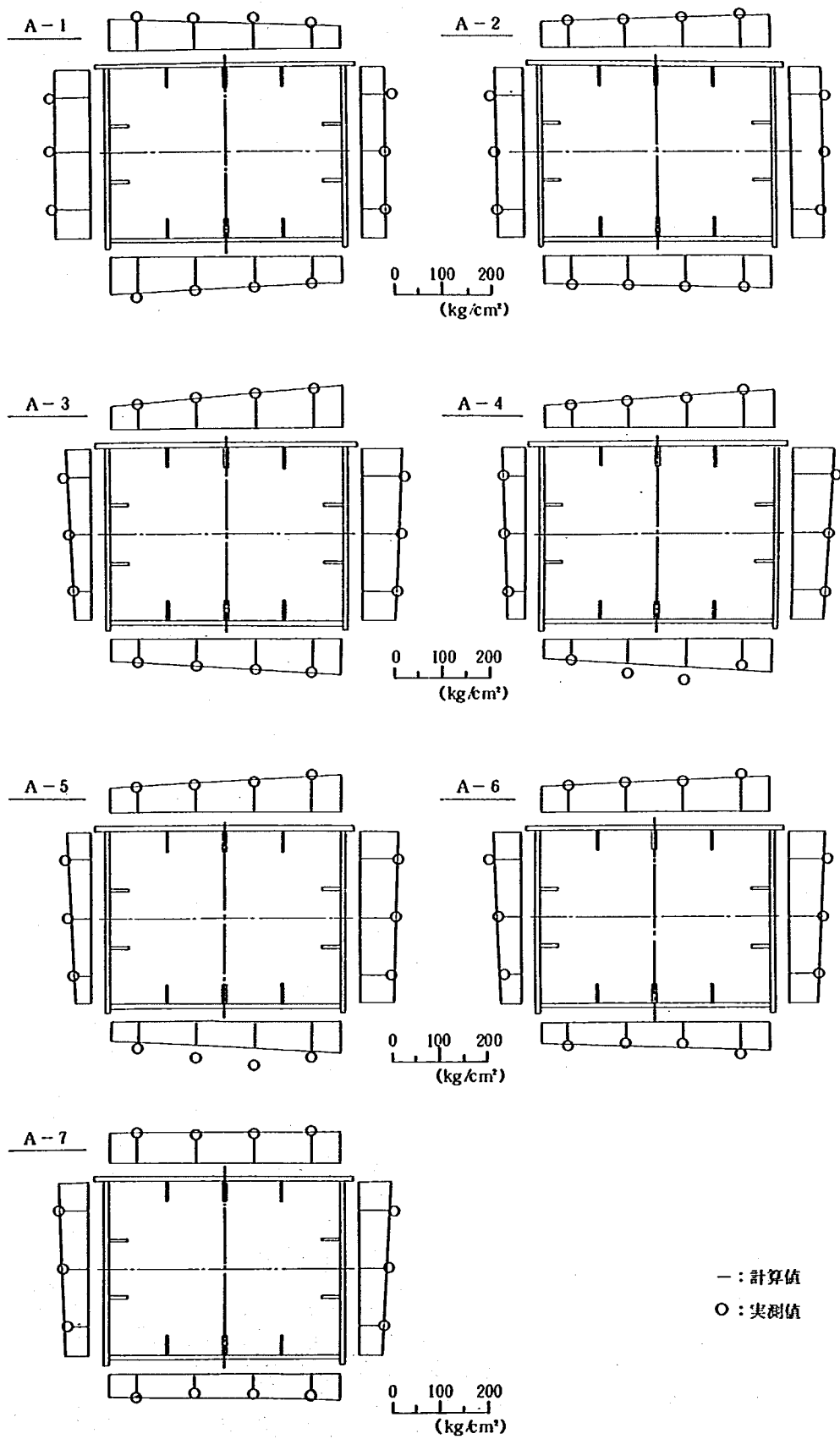


図-6-5 ケース5-1におけるアーチリブ応力図

成田橋静的載荷実験報告

土研資料第1676号
昭和56年2月(1981年)

建設省土木研究所橋梁研究室
佐伯彰一、金井道夫、小笠原保
大塩俊雄

キーワード：成田橋静的載荷試験

要 旨

成田橋の設計方法が妥当であるか否かを検討することを目的として行われた静的載荷試験の結果をまとめたものである。



郵便はがき

いは郵便
つて切
て下手
さを

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所構造橋梁部
橋梁研究室
御中

No. 2

No. 2

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1676号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印