

015

I S S N 0386—5878

土木研究所資料第1885号

マイクロフィルム第 号

積雪寒冷地における防護柵に関する 研究報告書 (その1)

昭和57年12月

建設省土木研究所

Copyright © 1982 fiscal year 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.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ってはならない。

ま え が き

積雪寒冷地においては、毎年雪圧によって破損される防護柵の被害が著しく、道路交通の安全確保の面のみならず、その補修費用も無視できない状況にある。現在市販の防護柵は、車輛の衝突を考慮して開発されてきたもので、防護柵上の積雪による鉛直荷重や設置斜面における雪のグライド力等を考慮したものではない。このため本研究においては積雪寒冷地における防護柵の問題点を明らかにするとともに、現地実験等により耐雪性防護柵の技術的資料を得ることを目的とした。

耐雪性の高い防護柵を開発するためには、まず現在市販の防護柵の特性と積雪による雪圧荷重を知る必要がある。このため本研究を進めるにあたり建設省土木研究所は、財団法人土木研究センター、民間六社*と共同研究協定を結ぶとともに、

建設省 東北地方建設局 東北技術事務所

建設省 北陸地方建設局 北陸技術事務所

と共同によりこの研究に対処することにした。

本研究の対象としている雪というものは、物性的にも力学的にも極めて特異な性質を有しており、この特性を解明するだけでも長期間にわたる調査研究が必要である。本報告書に記した調査結果は、今後の取り組み方の一例を示したにすぎず、実施検証により防護柵の適正の裏付けを行い、さらに改良、改善の資料となることを期待するものである。

昭和57年12月

土木研究所	道 路 部	部 長	田 中 敬 一
	交通安全研究室	室 長	満 田 喬
		研 究 員	高 木 正 幸
			金 子 英 雄
	新 潟 試 験 所	所 長	江 口 正 紀
		主任研究員	下 村 忠 一
		研 究 員	石 平 貞 夫
			松 野 敏 行

* 民間六社：川鉄建材工業株式会社、神鋼建材工業株式会社、住金鋼材工業株式会社、東京製鋼株式会社、日鉄建材工業株式会社、日本鋼管ライトスチール株式会社

積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書

目 次

第 1 章 積雪寒冷地における防護柵の破損状況と本研究の目的	1
1.1 積雪寒冷地における防護柵の破損状況の経緯	1
1.2 本研究の目的	1
第 2 章 研究概要と分担	2
2.1 研究概要	2
2.2 研究分担	2
第 3 章 防護柵の破損実態調査	4
3.1 調査要領	4
3.1.1 調査概要	4
3.1.2 調査表の概要	4
3.2 調査路線の概要	4
3.3 防護柵の設置状況	5
3.4 防護柵の破損状況	6
3.4.1 設置長に対する破損割合	6
3.4.2 破損箇所	7
3.4.3 破損原因別による破損状況	7
3.4.4 破損原因別による防護柵の 1 件当りの破損長	8
3.4.5 設置間隔別による破損状況	8
3.4.6 防護柵の基礎状態と破損状況	10
3.4.7 設置位置別による破損状況	10
3.5 防護柵の補修状況	10
3.5.1 補修箇所および経費	10
3.5.2 補修時期	11
3.6 防護柵に対する意見	11
3.7 防護柵破損実態のまとめ	12
3.8	
3.9	

第 4 章 雪圧実験	14
4.1 静的雪圧実験	14
4.1.1 実験概要	14
(1) 実験条件	14
(2) 実験場所	14
(3) 実験施設の概要	17
(4) 実験方法および測定項目	20
4.1.2 実験結果および考察	21
〔土木研究所〕	
(1) 積雪状況	21
(2) 積雪の断面観測	22
(3) 標準尺の設置および測定結果	22
(4) 防護柵に作用する沈降力	24
(5) 支柱の曲げモーメント	26
(6) ロッド張力	27
(7) ガードレールのビーム応力度	28
(8) 結果の考察	29
〔北陸地方建設局〕	
(1) 積雪状況	29
(2) 堆雪断面状況	30
(3) 防護柵にかかる応力測定結果	32
(4) 結果の考察	35
〔東北地方建設局〕	
(1) 積雪状況	37
(2) 積雪層の状況	38
(3) 防護柵にかかる応力測定結果	38
(4) 結果の考察	44
4.2 動的応力実験	45
4.2.1 実験方法および測定項目	45
4.2.2 実験結果	45
4.2.3 結果の考察	46
4.3 各種形状別の桁に作用する雪圧実験	46
4.3.1 実験目的	46
4.3.2 実験場所	47

4.3.3	装置の概要	47
4.3.4	測定項目	50
4.3.5	測定結果および考察	50
4.4	雪圧実験のまとめ	50
4.4.1	静的雪圧実験	50
(1)	標準尺に作用する沈降力と積雪重量の関係	51
(2)	沈降力と積雪重量の関係	51
(3)	ビームの応力およびロッドの張力	53
(4)	水平力	53
(5)	支柱の曲げモーメント	53
(6)	最大積雪深と最大積雪重量(最大堆雪重量)の関係	53
4.4.2	静的荷重と動的荷重の比較	54
4.4.3	桁形状と雪圧の関係	54
第5章	防護柵部材強度確認実験	56
5.1	実験概要	56
5.2	実験方法	56
5.2.1	供試体	56
5.2.2	載荷方法	58
5.2.3	測定項目	61
5.3	実験結果	61
5.3.1	ガードレール	61
(1)	ビーム鉛直荷重載荷	61
(2)	ビーム水平載荷	62
(3)	ブラケット鉛直載荷	62
(4)	ブラケット水平載荷	64
5.3.2	ガードケーブル	64
(1)	ブラケット鉛直載荷	64
(2)	ブラケット水平載荷	65
5.3.3	ガードパイプ	67
(1)	ブラケット鉛直載荷	67
(2)	ブラケット水平載荷	67
5.3.4	ボックスビーム	68
5.4	実験結果の考察	68

5.4.1	ガードレール	69
(1)	ビーム	69
(2)	ブラケット	70
5.4.2	ガードケーブル	73
5.4.3	ガードパイプ	74
5.4.4	ボックスビーム	74
5.5	部材強度確認実験のまとめ	75
第 6 章	防護柵の耐雪限界の検討	79
第 7 章	防護柵の検証実験	83
7.1	実験概要	83
7.1.1	検証実験に用いた防護柵の選択について	83
7.1.2	実験期間	83
7.1.3	設置場所	84
7.2	実験方法	85
7.2.1	供試体の選定	85
(1)	ガードレール	85
(2)	ガードケーブル	88
(3)	ガードパイプ	92
7.2.2	測定方法	94
7.2.3	設置した供試体と測定機器	95
7.3	実験結果	97
7.3.1	北陸地方建設局管内での実験	97
(1)	積雪状況	97
(2)	積雪沈降力について	98
(3)	積雪沈降力と積雪重量の関係について	98
(4)	積雪断面観測結果	98
(5)	供試体の形状変化について	101
7.3.2	東北地方建設局管内での実験	103
(1)	積雪状況	103
(2)	積雪沈降力について	103
(3)	積雪断面観測結果	104
(4)	供試体の形状変化について	105

7.4 検証実験のまとめ	106
第8章 まとめと今後の課題	109
8.1 雪寒地用防護柵の選定方針と基礎資料の整備拡充	109
8.2 積雪地用防護柵の設置等に関する問題点および改良点	109
8.3 その他の課題	110
あ と が き	112
資 料 編	113
Part 1. 防護柵の雪圧実験	115
(1) 防護柵の断面観測	115
(2) 防護柵の沈降力	119
(3) 防護柵支柱の曲げモーメント	121
(4) ロッドの張力	122
(5) ガードレールのビーム応力度	124
Part 2. 防護柵部材強度確認実験	127
(1) ガードレールのビーム荷重実験	127
(2) ガードレールのブラケット荷重実験	131
(3) ガードケーブルのブラケット荷重実験	135
(4) ガードパイプのブラケット荷重実験	140
(5) ボックスビームのパドル荷重実験	142

第1章 積雪寒冷地における防護柵の破損状況と本研究の目的

1.1 積雪寒冷地における防護柵の破損状況の経緯

積雪寒冷地においては、毎年、冬季に多くの防護柵が破損し、その修復に多大の経費を要する。この破損原因は積雪荷重によるものか、除雪機械によるものか、あるいは両者とも原因となっているのかなど不明の点が多いが、いまだって原因究明がなされていない。防護柵などにかかる雪圧測定はかなりの費用がかかり、また、測定値バラツキやすいことも、調査が進まない理由の一つであろう。いうまでもなく、積雪が防護柵に及ぼす荷重は、水圧などの一様な力ではなく、降雪後、時間の経過につれてしまり雪となり、構造物に大きい力を及ぼすようである。防護柵は主として種別の点から選択されるが、積雪地によっては雪圧に対して強度の小さい防護柵を設置することとなり、その破損につながるケースもありうるのではないかと考えられる。

防護柵の破損状況は、文献-1*に示す写真集によると、支柱の倒れ、ビームの曲り、ケーブルの弛みなど千差万別であり、単一の原因によるものではないようである。したがってこれらの現況をよくみきわめた上で、今後、耐雪用防護柵を開発して行く必要がある。

1.2 本研究の目的

本研究においては、まず防護柵にかかる雪圧特性を解明し、これにもとづき積雪時における各種防護柵の耐力限界を明らかにする。さらに、より高い雪圧に耐える防護柵の設計、設置の基準化のための資料を得るとともに、その実用化を図ることを目的とする。

* 土木研究所資料 第1703号 “積雪寒冷地における道路の安全施設に関する破損実態調査” 昭和56年6月、建設省土木研究所

第2章 研究概要と分担

2.1 研究概要

本研究は昭和54～56年度の3ヶ年間にわたり積雪寒冷地域における防護柵の問題点の明確化を図るとともに、現地実験等を実施して耐雪性の高い防護柵の設置に関する技術的指針の策定に資することを目的とした。これらの研究項目は表2.1に示すとおりである。

表2.1 調査実験項目と実施年度

調査実験項目	54年度	55年度	56年度	備考
防護柵の雪圧測定				
積雪の静的荷重測定				
積雪の動的荷重測定				
防護柵の静的実験				
防護柵の応力解析				
形状別による雪圧実験				継続中
防護柵の現地検証実験				継続中

この表の調査実験項目のうち、形状別による雪圧実験と防護柵の現地検証実験は、さらに継続することにより、より確実なデータを得ることとした。さらに現地検証実験については、防護柵の室内静的荷重実験の結果による耐力が、現地の雪圧に対しても期待できるかについての資料を得るため、57年度以降についても継続して実験を行なう必要がある。

2.2 研究分担

積雪寒冷地用防護柵の研究を進めるにあたり、土木研究所、(財)土木研究センター、民間6社、東北地建および北陸地建は、それぞれ表2.2に示す項目について分担した。

表 2.2 各機関別による研究分担

項目	機 関		土木研究所			助土木研究センター			民間6社			東北地建			北陸地建			備 考
	年度		54	55	56	54	55	56	54	55	56	54	55	56	54	55	56	
積雪の静的荷重測定	防護柵の形式	ガードレール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		ガードケーブル	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		ガードパイプ		○			○			○			○			○		
		ボックスビーム			○			○			○						○	
	試験場所	現 道															○	○
	試験地	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
盛土高	約2.0 m											○			○			
	約5.0 m	○	○		○	○		○	○						○			
	約0.3 m	○	○		○	○		○	○		○			○				
防護柵の法面からの距離	約1.0 m	○	○		○	○		○	○		○			○				
	約2.0 m	○	○		○	○		○	○		○			○				
	約3.0 m	○	○		○	○		○	○		○			○				
積雪条件	約5.0 m											○						
	約3.0 m	○	○		○	○		○	○		○			○				
積雪の動的荷重測定																○	○	
防護柵の静的実験					○			○		○								
防護柵の応力解析					○													
形状別による雪圧実験					○													昭和57年以降も継続
防護柵の現地検証実験					○			○		○			○			○		〃

第3章 防護柵の破損実態調査

積雪寒冷地に設置された道路の安全施設（防護柵）は、積雪荷重によって破壊されるケースが多く、融雪後には、交通安全上、補修が必要であるが、その補修費は毎年非常に大きなものとなっている。

本調査では、積雪寒冷地に適した安全施設の合理的な設計、設置の基準化を計るための基礎資料を得ることを目的として、積雪寒冷地域の道路を管理する北海道、県、直轄、公団の各管理者に対し昭和54年12月から昭和55年4月の間の道路の安全施設に関する破損実態を路線別、積雪深別に選定した152の区間から、防護柵（ガードレール、ガードケーブル等）の設置状況および破損等の実態調査を行ったものである。

なお、防護柵と同時に標識、視線誘導標、標示用ペイントに関する調査も行ったものであるが、その結果は文献-1参照されたい。

3.1 調査要領

3.1.1 調査概要

調査の対象とした路線は、過去において積雪の影響により安全施設が被害を受けた箇所、さらに機関、積雪区分（5ランク）別により調査地点ができるだけ同数になるように調査地域を選定し“積雪寒冷地用安全施設の実態調査表”¹⁾により行った。本調査は昭和54年11月頃の無雪期による設置実態と積雪開始時から昭和55年4月頃の融雪時までの破損等の実態を調べたものである。この調査において1区間当りの調査路線長は5～10kmとした。

3.1.2 調査表の概要

調査表には路線の気象（積雪深、降雪日数、気温、吹雪状況等）と交通状況および各種安全施設の設置状況、破損状況等に関するものからなっている。その主な項目は次のとおりである。

① 路線および気象の概要

路線名、気象概要（測定点、各月の積雪、気温の状況）、交通状況（測定点、日交通量、大型車混入率、平均走行速度、冬期の閉鎖状況）、除雪状況（管理供用延長、冬期車道幅員、除雪出動回数、機種、台数、除雪出動基準、堆雪状況等）。

② 防護柵に関するもの

設置状況（防護柵の形式、設置目的別による設置延長、設置箇所数）、破損、倒壊の概要（破損原因別による破損長、件数および破損箇所等）、破損、倒壊した具体例（破損地区、時期、破損原因、防護柵の基礎状態、スパン、設置位置、設計方法等）、防護柵を設置する上での問題点等。

3.2 調査路線の概要

前項の調査要領により選定した調査機関は直轄が7地建、県関連が23道府県、公団が5管理事務所（内2路線は一般有料道路）となった。その件数は、北は北海道から南は山口県に至る計152区間で実施した。

本調査の総延長は表3.1に示すように約3,253kmとなった。この表から積雪区分別による調査件数の配分（調査表を配布する段階ではほぼ同数となっている）が積雪深が少ない地区（2m以下が68%を占めた）に集中しているのは平年の積雪深より当該年度の方が少なかったためと思われる。

表3.1 機関、積雪深別による調査件数及び路線の延長、件数

管理区分 (延長,件数)	直轄		県		公 団				計	
	延長 (km)	件数	延長 (km)	件数	高速数路		一般有料道路		延長 (km)	件数
					延長 (km)	件数	延長 (km)	件数		
0 ~ 1 (m)	1,012.6	33	265.868	24	97.6	4			1,376.068	61
1 ~ 2 (m)	616.5	16	298.5	21	47.105	2	51.1	2	1,013.205	41
2 ~ 3 (m)	235.9	12	191.7	21					427.6	33
3 ~ 4 (m)	108.9	5	154.02	10					262.92	15
4 (m)以上	156.7	1	17.0	1					173.7	2
合 計	2,130.6	67	927.088	77	144.705	6	51.1	2	3,253.493	152
					195.805			8		

※ 積雪深は昭和55年1月～4月の間の月最大値を言う

一方、調査した路線の交通状況は、直轄が4,000台/日（秋季）以上も占めている調査路線が79%となった。県は90%程度が4,000台/日以下となっていた。気温区分（0℃以上、0～-2℃、-2℃～-5℃、-5℃以下の4区分）別による調査対象件数については気温が低い地区での調査がやや多く、-2℃以下の地域が61%となった。また、調査対象路線での除雪機械の使用機種は、積雪深によって異なるが、積雪の多い地区では一般にロータリー除雪車の使用が多くなっている。また、その機種の組合せ方法とか使用台数は直轄（公団も含む）と県ではかなりの差が見られる。たとえば直轄、公団（一部を除く）はロータリー、グレーダ、除雪トラック、薬剤散布機の組合せが主体になっているのに対し、県はこの組合せが少なく、ドーザーと他の機種の組合せによるものが27%を占めていた。

3.3 防護柵の設置状況

今回調査の対象となった防護柵（A,B,C種等含む）の延長はガードレールが約495km、ガードケーブルが約516km、ガードパイプが約69km、ボックスビームが約4km、オートガードが約1km、駒止等が約34kmであった。また、このうち機関、積雪深、防護柵の形式等による調査路線の1km当りに対する設置長を図3.1に示した。この結果から、機関、積雪深によって多少異なるが全体としては1km当りに対し、ガードレール（B種）は65m、ガードケーブル（B種）は20m程度となり、ガードレールの方が多く設置されていることがわかる。

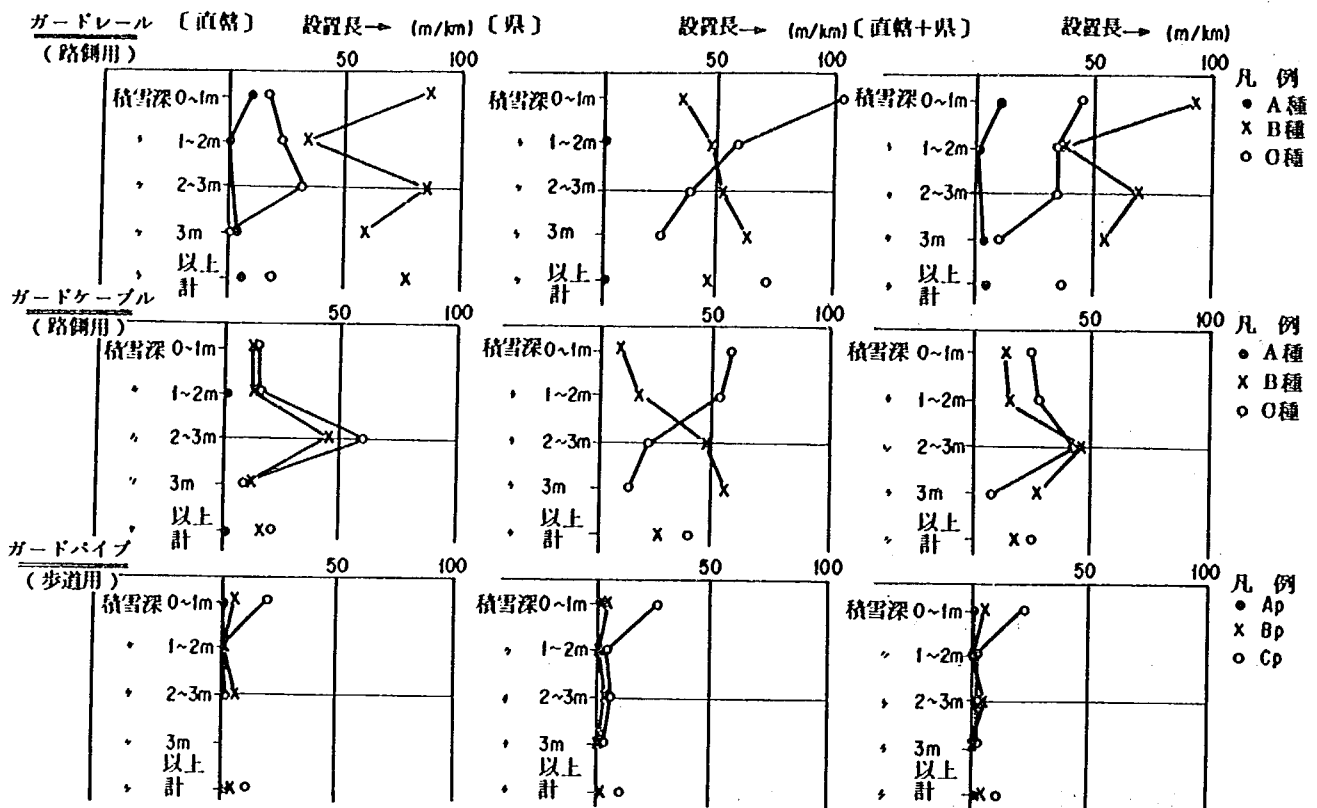


図 3.1 機関，積雪深別による防護柵の設置状況 (km当りの設置長)

種別では，直轄の場合はB種が主体となっているのに対し，県はC種が多く設置されている。

一方，防護柵の形式，設置目的別による設置状況としては，大半が路側用（約80%）となっていた。この場合の支柱間隔はガードレールの場合A，B種は4 m，ガードケーブルは6 mが主体となっている。また，基礎状態についてはガードレールのスパン2 mは大半がコンクリート基礎で固定されているが，スパン4 mの場合は約20%がコンクリートで他は土中埋込みとなっていた。ガードケーブルについてはC種のスパン4 mの場合のみ50%程度がコンクリート基礎となっているが他はほとんどが土中埋込みとなっていた。

3.4 防護柵の破損状況

3.4.1 設置長に対する破損割合

前述のように設置された防護柵が昭和54年12月から55年4月の間に雪および除雪車等によって破損（修理が必要なもの）した場合（破損長 / 設置長 × 100）は，防護柵全体で直轄が1.3%，県が12.1%，公団が0.1%となった。また，積雪深別ではガードレール，ガードケーブル共に積雪深が増大するに従い破損率も多くなる傾向が見られた。その中で，特に大きな破損率を示すものとしては，県の3～4 m積雪地区におけるガードレールの破損が，設置長に対し約34%，ガードパイプでは2～3 m地区で54%の破損があった。

一方、直轄の場合は県に比べ全体的に破損率は低下しているが、ガードパイプの1～2mの積雪地区においては約27%の破損が見られた。また、防護柵の形式別による破損の違いについては、直轄の場合は積雪深が増大するとガードケーブルの破損が多く見られたのに対し、県は積雪深が少ないとガードケーブルの破損が多くガードレールに比べ2倍程度の破損が見られた。

3.4.2 破損箇所

機関別による防護柵の破損箇所の状況について見ると、直轄の場合、ガードレールはレール部分の破損が最も多く、次いでポストの沈下、ブラケットの破損の順となった。ガードケーブルではケーブルのタワミが最も多く、次いでガードレールの場合と同じ順となった。この傾向は県の場合も数値的には多少異なるがほぼ同じとなった。

一方、積雪深別による破損箇所は、積雪深が少ない地区ではレール、ケーブルの破損が目立つが、積雪深が2m以上になるとブラケットの破損、ポストの沈下が多くなっている。

3.4.3 破損原因別による破損状況

防護柵が破損する原因としては、大きく分けて除雪中にプレード等が防護柵に接触し壊すものと、防護柵上に積った雪（自然積雪、ロータリー等で堆積した雪）の力（沈降力）によって破損するケース、および自動車の衝突によって破損するものになる（破損状況の一例を写真3.1、2、3に示す）。このような原因は除雪方法、積雪深等によって大きく異なる。そこで、機関、積雪深別によりどのような原因によるものが最も破損しやすいかを調べたものである。その結果は図3.2に示すように全体では雪だけ、つまり堆雪沈降力によるものは直轄が全破損長（積雪区分の合計）に対し54.2%、県が49.2%、公団が25.6%となった。また積雪の影響とあまり関係ないと思われる自動車の衝突（除雪が十分行われている所では防護柵が出ているため自動車が衝突した場合、被害を被る）については直轄が20.5%、県が15%、公団が66%と



写真3.1 ガードレールのビーム破損例
(石川県：157号)

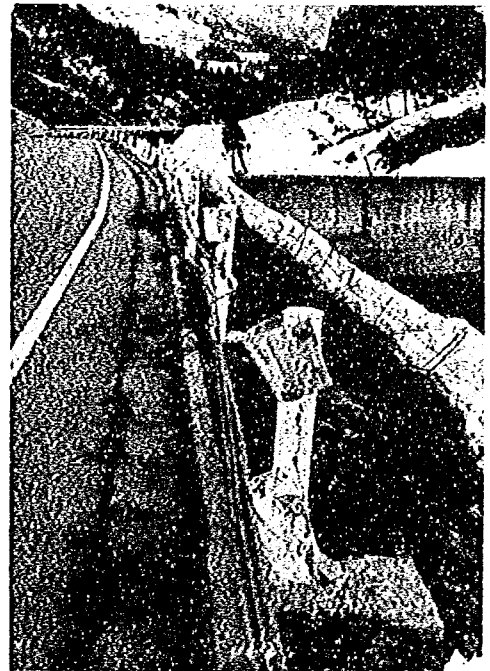


写真3.2 ガードケーブルのブラケット
破損例(石川県：157号)

いう結果となった。

一方、積雪深別による破損の差を全体として見た場合、あまり顕著ではなかったが、その傾向として除雪ブレード、堆雪沈降力、除雪車の押圧力によるものは積雪が多くなると破損率も増大している。これに対し、自動車の衝突によるものはやや低下している。

3.4.4 破損原因別による防護柵の1件当りの破損長

除雪ブレード等の機械によって破損されるものは局部的なものが多く1件当りの破損長は短い。しかし、雪圧(沈降力)による場合は斜面の長さ等によって異なるが破損長はかなり長くなる。そこで原因別、積雪深別等による1件当りの破損長を調べた。その結果を図3.3に示す。この図から1件当りの破損長が最も長いのは堆雪沈降力によるものでガードレールの場合432m/件(積雪深が3m以上の地区)もあり、次いで除雪車の押圧力、除雪ブレード、自動車の衝突の順となっている。

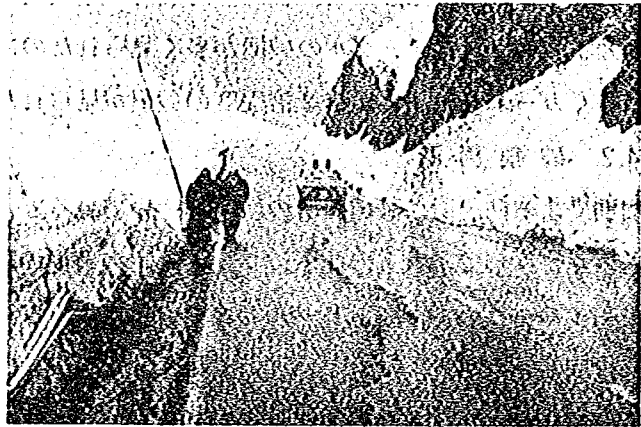


写真3.3 ガードパイプの破損例(秋田県:105号)

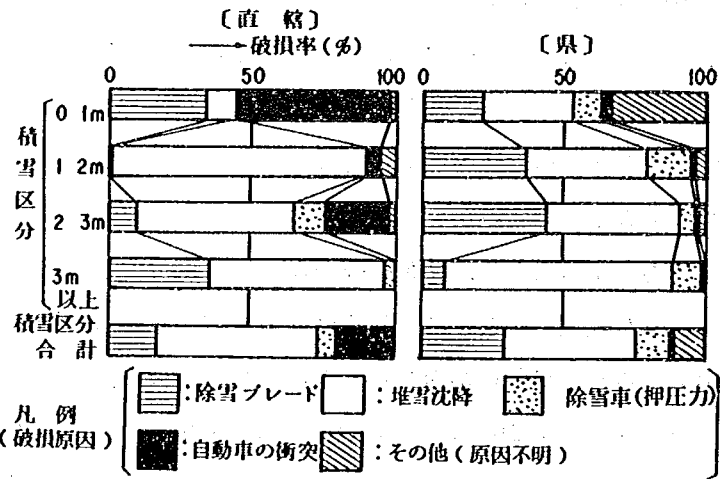


図3.2 破損原因別による破損割合

3.4.5 設置間隔別による破損状況

ここでは、防護柵の支柱間隔(スパン)によって破損率がどの程度あるかを調べたものであり、その結果の一例を図3.4に示した。

この結果からガードレールの場合、スパン2mで種別がA、B種については、全般的に破損率は少なく積雪深にあまり左右されていない結果となった。しかし、スパン4mのB種は積雪深が3m以上になると破損率は34%となった。また、C種については全体的に破損率は高く、その傾向は積雪深が増大するにつれ多くなっている。一方、ガードケーブルについては積雪深による差はあまり見られなかったが、種別ではB種とC種との差がかなり見られた。

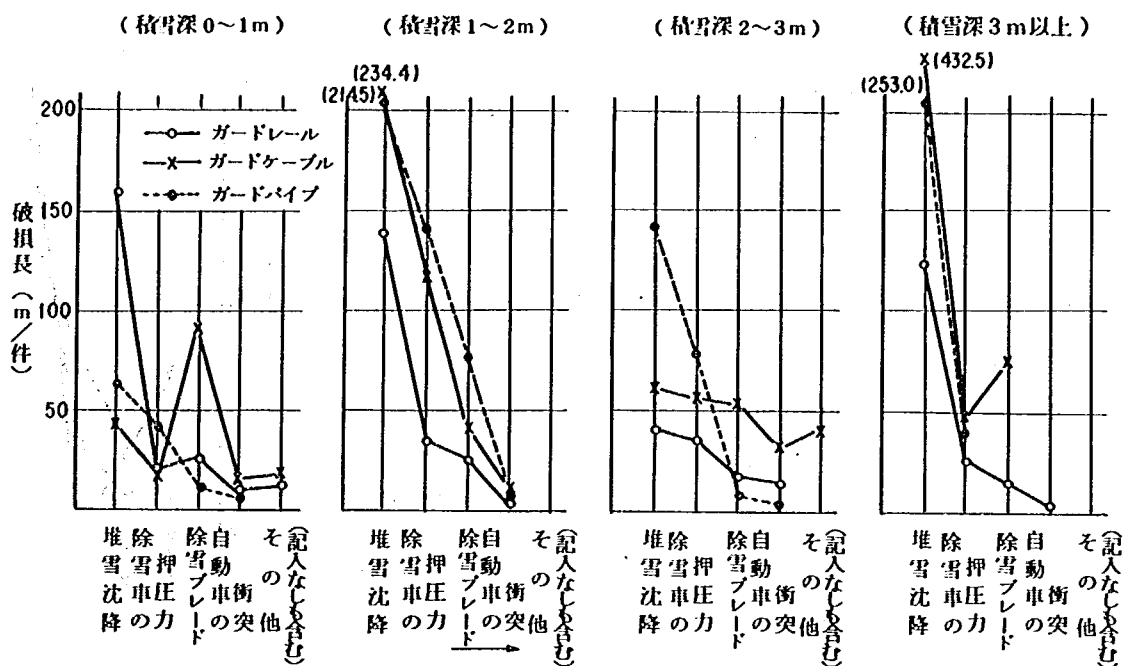


図 3.3 積雪深，破損原因別による 1 件あたりの破損長（直轄と県の合計）

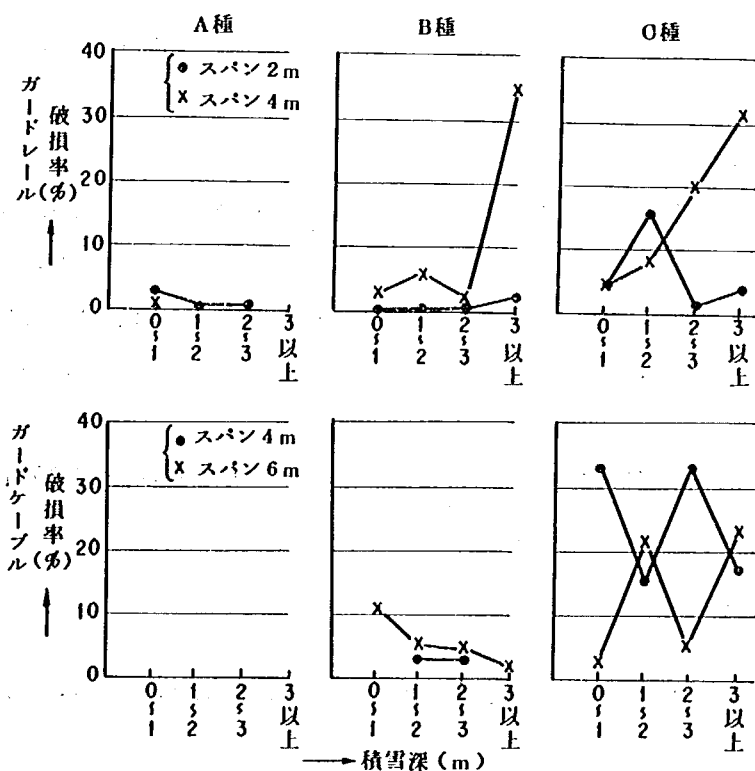


図 3.4 積雪深，防護柵の形式，種別によるスパンと破損率
 (破損長 / 設置長 × 100) (原因：堆雪沈降力と除雪車の押圧力)

3.4.6 防護柵の基礎状態と破損状況

防護柵の基礎は、一般的には土中埋込みが主体となっているが、積雪の状況とか設置位置等によってコンクリートブロック等で保護しているところが最近多くなってきた。このような観点から、基礎状態別による破損状況について調べたのが図3.5（一例を示す）である。ここでコンクリート巻とは、ポストに数十cmのコンクリートブロック等（コンクリートによる連続基礎も含む）を設けているものを言う。

これによると、コンクリート巻で施工されたものは破損率が小さく積雪深にもあまり左右されないことがわかった。しかし、ガードレールの土中埋込みの場合

は積雪深が3 m以上になるとC種で約27%、B種で約39%の破損が見られ、コンクリート等の沈下防止工法を施すことによって破損をある程度防止することができるものと考えられる。なお、ガードケーブルの場合もだいたい同じような傾向が得られている。

3.4.7 設置位置別による破損状況

防護柵の設置位置、つまり法肩から防護柵までの距離とか道路の盛土高さにより斜面上に積った雪のグライド力等によって破損する割合は大きく異なるものと考えられる。そこで、今回の調査結果からその傾向を調べた。これによると防護柵の設置位置から法肩までの距離が短いほど破損率は高く、防護柵が0.5 m~1.0 mの位置に設置されていたものより0.5 m以下の方が、破損率が約3倍となった。この現象は積雪が多くなるほど増大している。

また、盛土の高さ別による破損状況については、その高さが3 m以上のものは破損率が高く、盛土高さが3 m以下の場合に比べ約2倍程度となった。

3.5 防護柵の補修状況

ここでは、破損した防護柵がどの程度まで補修され、またその時期はいつごろか等について調べたものである。

3.5.1 補修箇所および経費

今回調査した破損件数は684件（全機関）であったのに対し、補修した件数は500件、つまり約73%補修されたことになる。その内訳として、ガードレールの場合、破損した部分を全部取り替えたもの（新設）

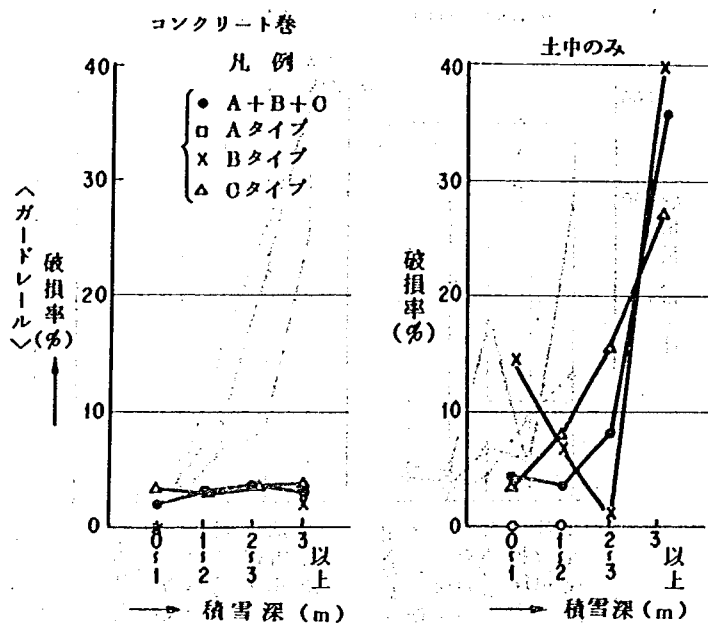


図3.5 防護柵の種類、種別による基礎状態と破損率（直轄+県）（原因：堆雪沈降力と除雪車の押圧力）

が37%、レールのみを取り替えが26%、ポストのみを取り替えが21%の順となった。また、ガードケーブルについては破損した部分を全部取り替えたものが38%、次いで斜面側に倒れたポストの建直しが21%、基礎のみの増設が20%の順となった。

一方、1件当たりの補修経費の平均的な金額としてガードレールの場合、新設するものが10～100万円、レールのみを取り替えが1～5万円の範囲となった。また、ガードケーブルについては全体で10～100万円の範囲となった。

3.5.2 補修時期

破損した防護柵を補修する時期は図3.6に示すように、機関、積雪区分によって全体的に融雪直後が多く、積雪深が1m以下の地域の場合には2～3月頃、積雪深が2m以上の地区では4～6月がピークとなっている。しかし、この時期も機関によって1～2カ月程度(公団が最も早く、次いで直轄、県の順となっている)の差が見られた。

3.6 防護柵に対する意見

積雪寒冷地に設置されている防護柵は雪圧等により毎年数多く破損し、維持管理上も、また除雪作業を行う上でも大きい問題となっている。そこで、現場でどのような問題があり、どのようにしてこれに対処しているかについて調べた。

その結果、防護柵があるための問題点としては61%(解答数:130)が除雪作業をする上で非常に邪魔になると答えている。次いで排雪しにくいために幅員が狭くなり冬期間交通を安全に確保する上で問題だと答えたものが16%、修復するための維持費が大きいと言うのが10%となっていた。その他に歩道の除雪がしにくいとか、吹溜りの原因となるなどの問題があった。

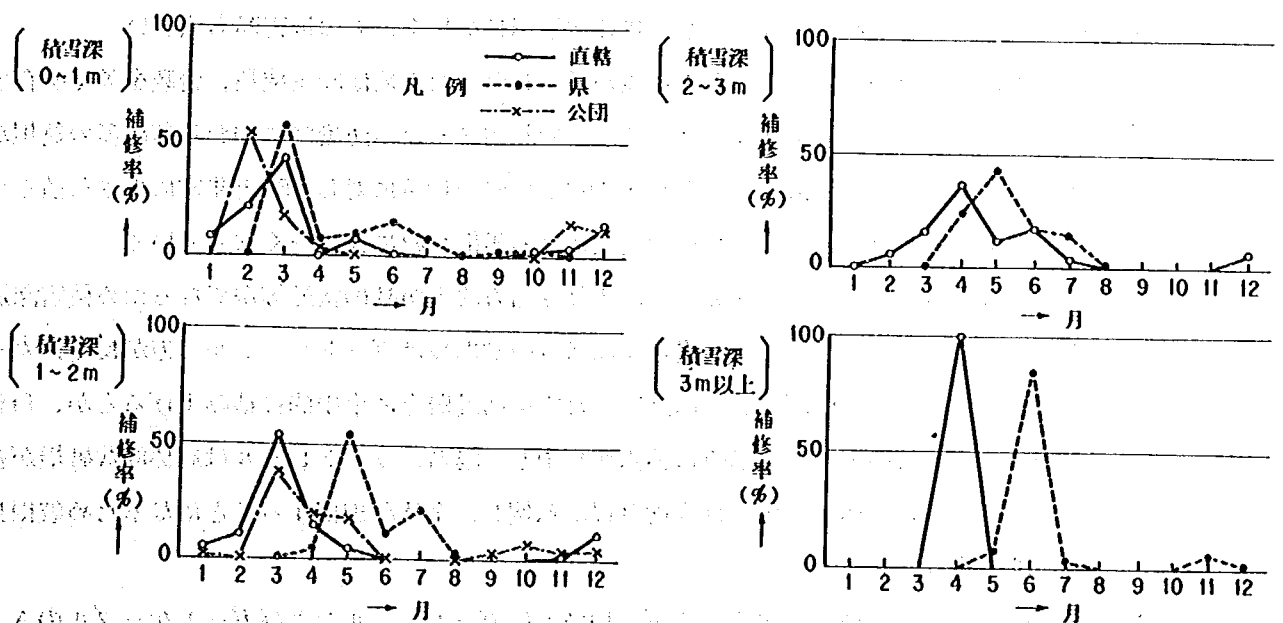


図3.6 機関、積雪深別による防護柵の補修時期

表 3.2 防護柵の改良状況

改 良 点	件 数
レール、ケーブル、パイプ等の改良、強化およびケーブルの着脱式をとりいれた	10
ポストの沈下を防止するためにコンクリート等で固定した	9
ポストの沈下を防止するために支柱のスパンを短くした	5
ブラケットを2個使用または強化ブラケットに改造	2
駒止等の工法に切り替えた	2

このように、積雪寒冷地に設置された防護柵は道路管理者にとって冬期間は除雪等の障害になる場合もあると言っても過言ではない。しかし、積雪開始時とか、融雪時期等においては適切に維持されなければ、交通安全に大きな支障をきたすこととなる。このため積雪寒冷地に適した防護柵の開発が急務となっているが、構造物に作用する雪圧特性が解明されていない現在、管理者では積雪寒冷等による防護柵への被害をできるだけ少なくするために、防護柵に改良を改えてその軽減を図っている。その主な内容は表 3.2 のとおりである。

3.7 防護柵破損実態のまとめ

今回の実態調査から積雪寒冷地に設置された防護柵の破損概要についてまとめると次のとおりである。

① 積雪時に防護柵が破損する原因は、雪そのものの力、つまり沈降力によるものが全施設の破損に対し約50%を占め、さらに雪があるために破損の原因となる除雪車の衝突とか除雪車の押圧力を加えると直轄で約80%、県が88%となり雪による影響が非常に大きいことがわかった。

② 破損原因が堆雪沈降力によるものは他のものに比べ破損長が長く、その被害額も大きい。

③ 防護柵の破損は、除雪方法等によって大きな差が見られた。たとえば除雪機種、台数を多く所有する直轄の場合は、ロータリーによって防護柵が露出するまで除雪するため防護柵に加わる雪圧等の負担が少なくなり、全体に対する破損率（破損長 / 設置長 × 100）は県の12%に対し1.5%と非常に小さな値となった。しかし、逆に露出することによって自動車の衝突による破損が県に比べ多くなっている。

④ 防護柵の形式別による破損状況は、機関ごとにより除雪方法とか基礎状態等が異なるため積雪深別による比較はできなかった。しかし全体で見た場合1箇当りの破損長はガードケーブルの方が長く、ガードレールは短い結果となった。この原因としては除雪した雪を防護柵上に集中的に積み上げるとか、自動車の衝突、除雪車のブレード等のように1箇所に荷重が集中した場合、ガードレールは局部的な破損が多いのに対し、ガードケーブルは全体が引張られ末端基礎が転倒し、全体が破損することになるため破損長が大きくなるものと考えられる。

⑤ 防護柵の種別については、積雪深が3 m以下の地域ではガードレールおよびガードケーブルのA、B種の破損は比較的少ない。しかしC種では積雪深が1 m以上の場合、破損率は急増する。したがって、

積雪の多い地方ではC種を現在の基準で設置することはかなり問題があろう。

⑥ 防護柵の支柱間隔による破損状況は、ガードレールの場合、B種でもスパン4 mの場合、積雪が3 m以上の地区になると破損率は非常に高い。しかし、スパン2 mの場合は破損率が小さい。またC種についてはスパン4 mの場合、破損率は非常に高いが、スパンが2 mになるとかなり減少している。一方、ガードケーブルについてはスパンによる差はあまり見られなかった。

⑦ 支柱の建込み方法で土中埋込みの場合、積雪が1 m以上の地域では図3.4に示したように全体的に破損率が高く、積雪深が増すごとに増加している。一方、コンクリートブロック等を設けたものは破損率が低く、かなりの効果が得られているものと考えられる。

⑧ 防護柵の各部材の破損は、ガードレールの場合、ビームの破損(上部が曲げられるケース)が最も多く、ガードケーブルではケーブルのタワミが多い。

次いでポストの沈下、ブラケットの順となった。

以上のように積雪寒冷地に設置された防護柵は、雪があるために積雪沈降力とか除雪等によって破損するケースが多く、維持管理面で非常に大きな問題になっていると言わざるを得ない。このような状況の中で管理者では雪の沈降力に耐えうる構造物として支柱間隔を短くするとか、基礎に沈下防止のプレートを設けるとか、コンクリートで補強するなどによって対処している所もあるが、防護柵にかかる雪圧荷重が十分には解明されておらず、試験的に実施が進められている状況である。したがって積雪寒冷地に適した防護柵とするためには雪圧を考慮した防護柵の構造とか、設置位置の検討を行うと共に、除雪方法も考慮した設置基準の作成を行うための調査・研究が必要となろう。

第 4 章 雪 圧 実 験

積雪寒冷地に設置された防護柵は毎年数多く破損し、その大きな原因は第 3 章でも述べたように積雪荷重による沈降力、グライド力によるものと、除雪車等によって直接的、あるいは間接的に押されて破損するものが大半を占めている。

そこで、積雪中のガードレール、ガードケーブル等の防護柵が受ける静的雪圧特性（沈降力、グライド力）、除雪車等によって受ける動的雪圧特性および各種形状の柵に作用する雪圧特性を解明し、積雪寒冷地に適した防護柵の開発および設置基準作成のための基礎資料を得ることを目的として、以下に示す雪圧実験を実施した。また、防護柵に作用する雪圧は雪質および積雪状態により異なるため、東北、北陸地方建設局の協力により、雪質および積雪状態の異なる箇所においても雪圧実験を行った。

4.1 静的雪圧実験

表 4.1 昭和54, 55, 56年度各機関別実験条件

4.1.1 実験概要

(1) 実験条件

静的雪圧実験の各研究機関の分担および実験条件は、表 4.1 に示すとおりである。

(2) 実験場所

各機関における実験場所は表 4.2 に示すとおりである。また、実験地の位置図および防護柵の設置状況は図 4.1, 4.2, 4.3 に示す。

実験項目		機 関			機 関			機 関						
		実 験 年 度			土研・民間			東北地建			北陸地建			
		54	55	56	54	55	56	54	55	56	54	55	56	
静 的 実 験	防護柵の静的雪圧実験													
	防 護 柵 の 形 式	ガードレール	○	○	○				○			○	○	
		ガードケーブル	○	○	○				○			○	○	
		ガードパイプ		○					○				○	
		ボックスビーム			○									
	試 験 場 所	現 道										○	○	
		試 験 地	○	○	○		○							
	盛 土 高 さ	2.0 m					○							
		5.0 m	○	○	○							○		
	防 護 柵 の 設 置 位 置 (法 肩 か ら)	0.3 m	○	○	○		○					○	○	
1.0 m		○	○	○		○					○	○		
2.0 m		○	○	○										
積 雪 条 件	3.0 m			○							○	○		
	5.0 m					○								
標準尺による静的実験			○	○						※			※	
各種形状の柵に作用する雪圧実験				○						○			○	
動的雪圧実験											○	○		

※については、現道の堆雪場所およびその近傍の自然積雪場所の2箇所について実施した。なお、方法、実験場所等については第 7 章参照されたい。

表 4.2 実験場所の一覧

機関名	実験地
土研 (民間も含む)	新潟県新井市土田 (北陸地建高田工事が建設中の上新バイパス敷地内)
東北地建	山形県西村山郡西川町志津地内
北陸地建	新潟県中頸城郡妙高村, 妙高々原町 (国道18号)

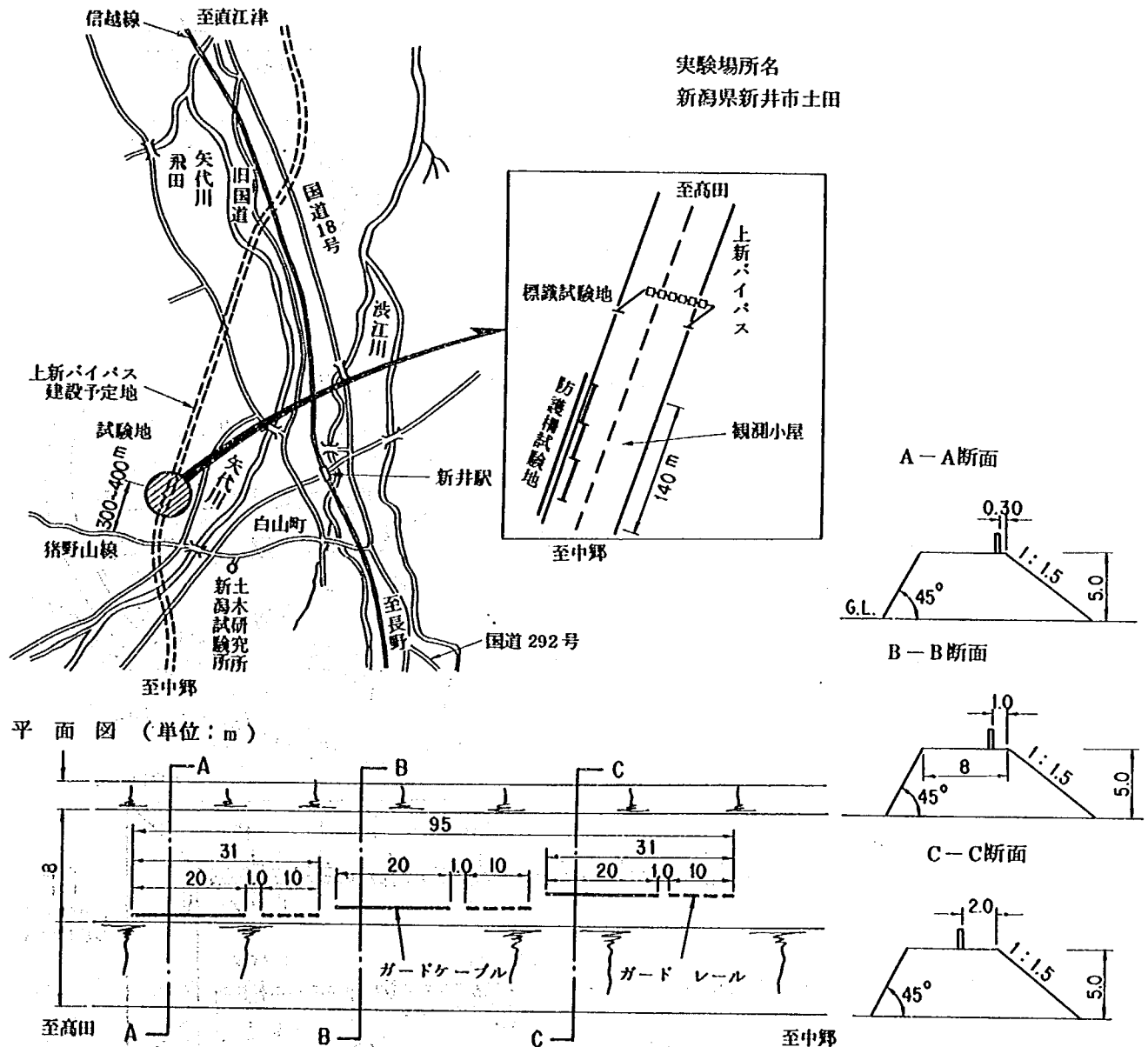


図 4.1 防護柵の位置図および設置状況 (土研, 民間)

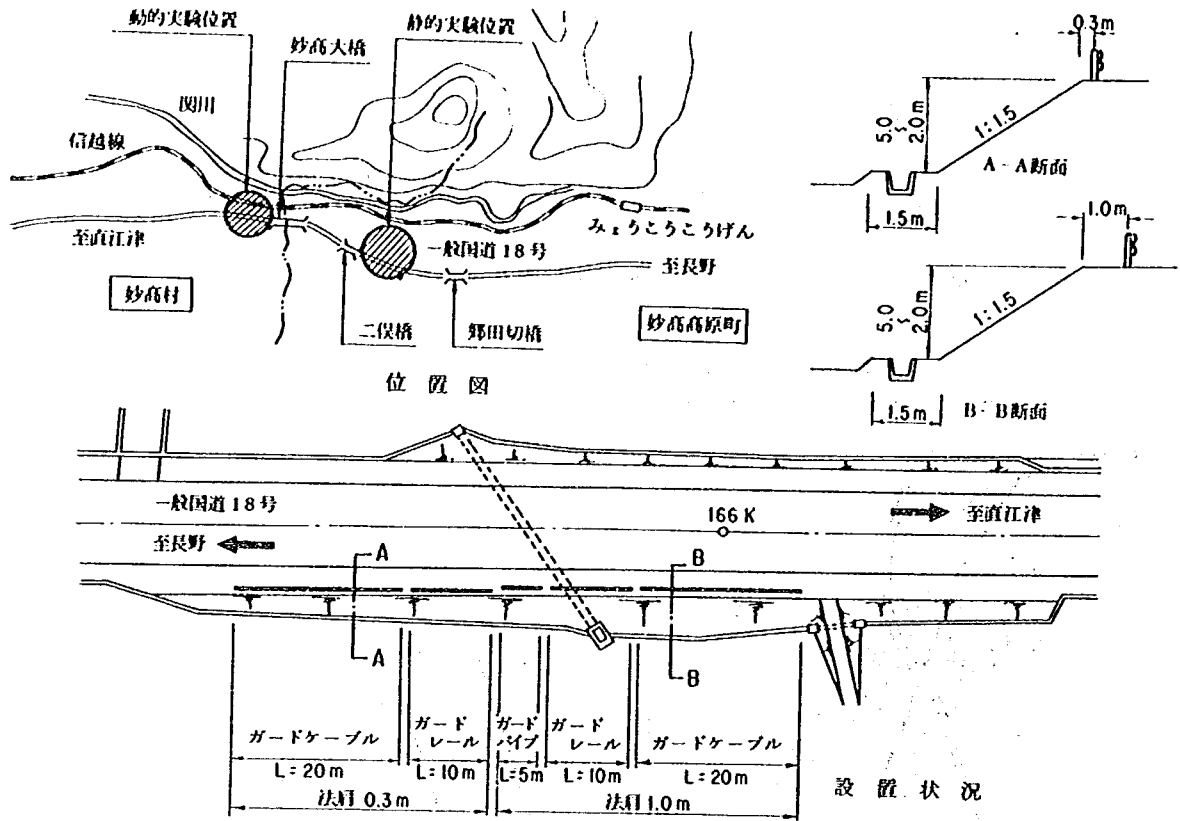


図 4.2 防護柵の位置図および設置状況（北陸地建）

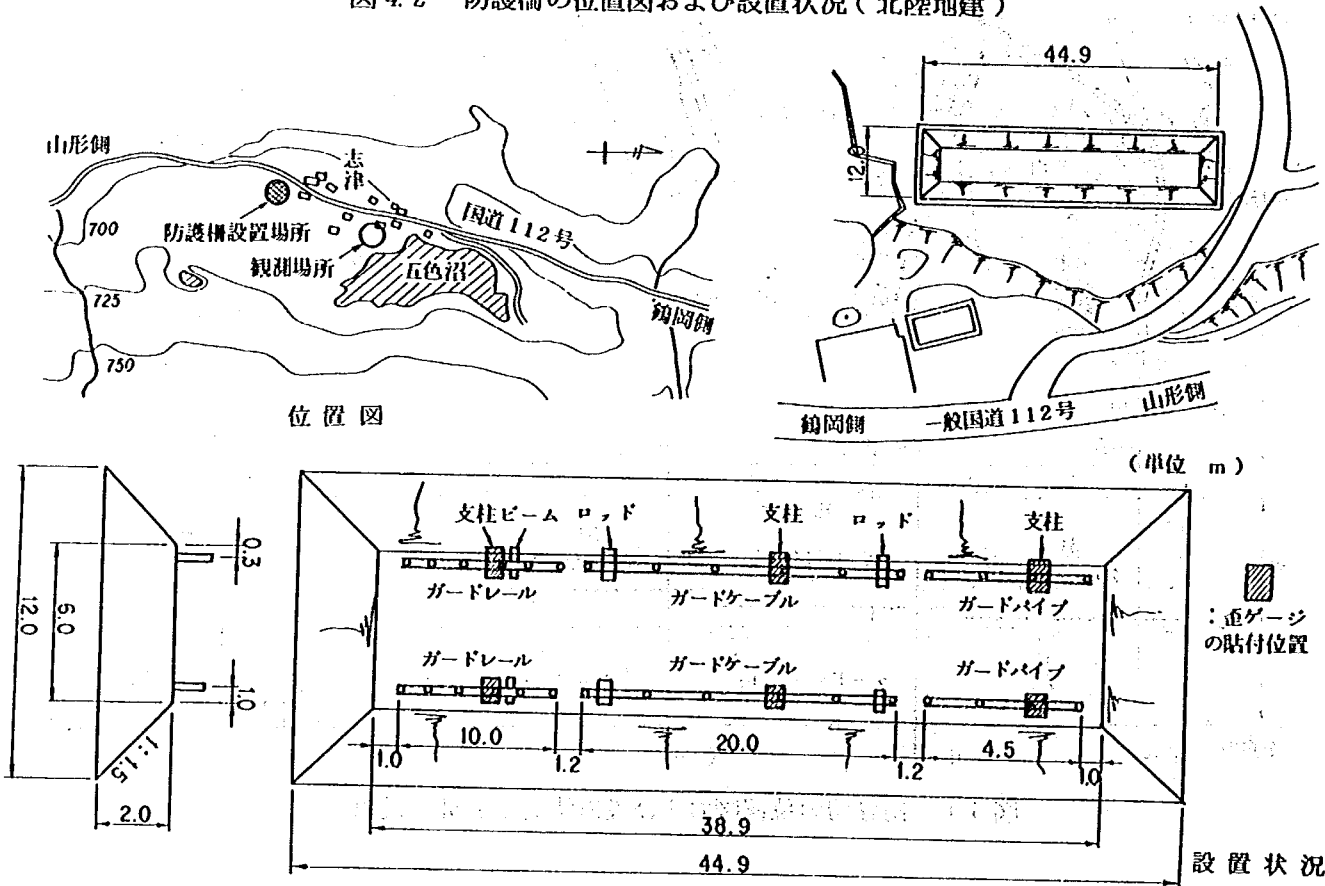


図 4.3 防護柵の位置図および設置状況（東北地建）

(3) 実験施設の概要

雪圧実験に使用したガードレール、ガードケーブルの防護柵は現在市販されている種別A種（防護柵設置要綱参照 ただしボックスビームについてはB種）を用い、雪圧による破損等を防止するためにブラケットをつけない構造とし、かつ支柱はコンクリート巻にした。その種類および各機関での設置状況は表4.3に示す。また、各施設（各機関とも同じものを使用）の寸法等は図4.4（a～e）に示した。

なお、設置位置については4.2.1 b）項を参照されたい。

表 4.3 各機関における実験施設の種類の設置基数（54,55,56年度分）

機関	実験施設の種類				
	ガードレール	ガードケーブル	ガードパイプ	標準尺	ボックスビーム
土研（民間も含む）	3	3	※1) 1	※1) 1	※2) 1
東北地建	※1) 2	※1) 2	※1) 1	※2) 1	
北陸地建	2	2	※1) 1	※2) 1	

※1) は55年度のみ実施

※2) は56年度のみ実施

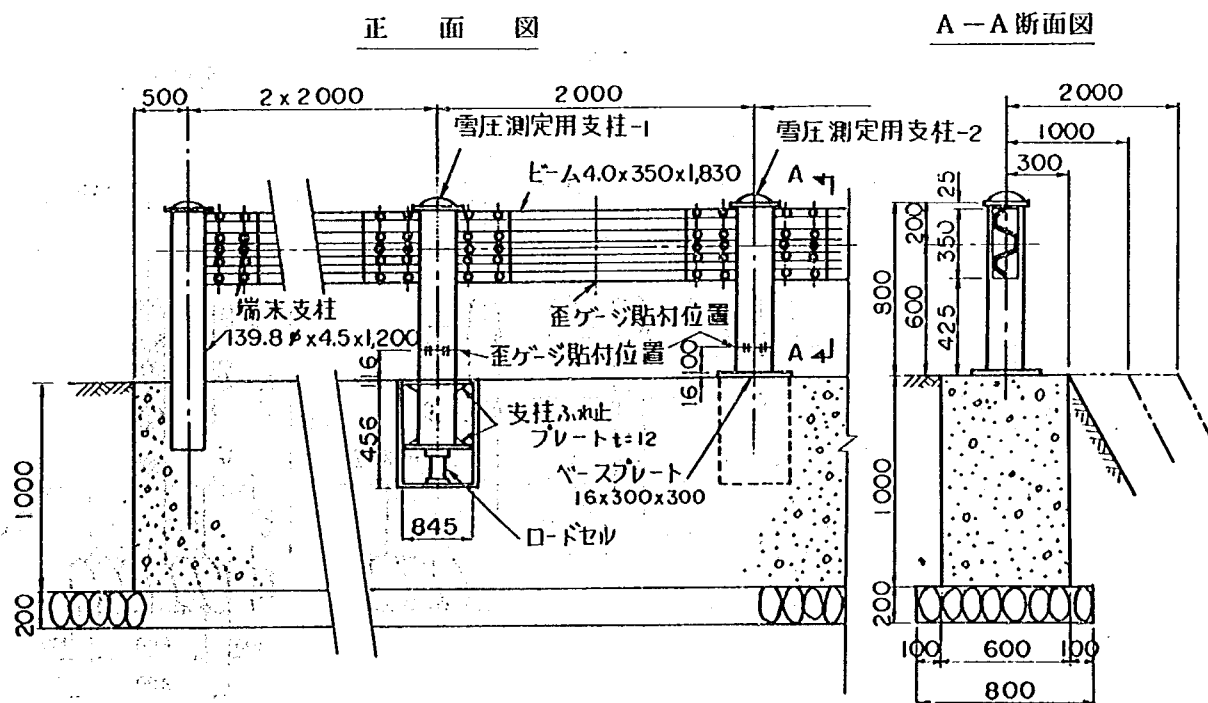


図4.4(a) ガードレール

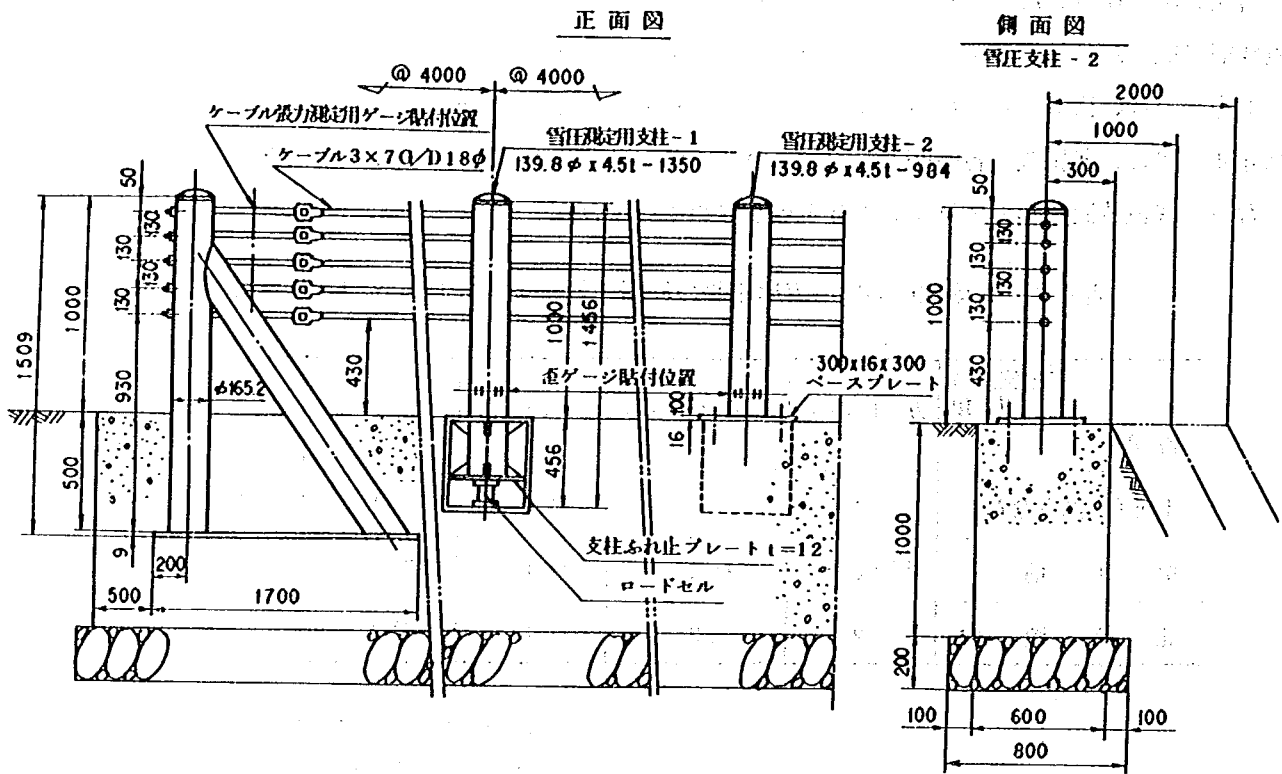


図 4.4(b) ガードケーブル

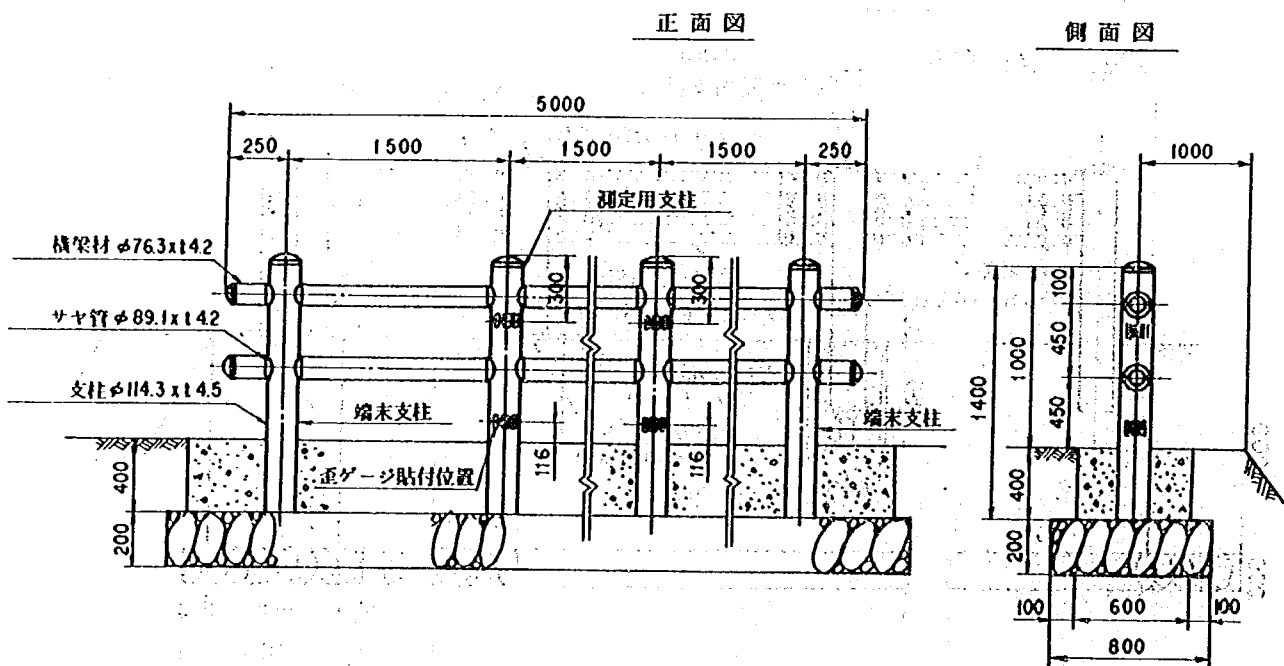


図 4.4(c) ガードパイプ

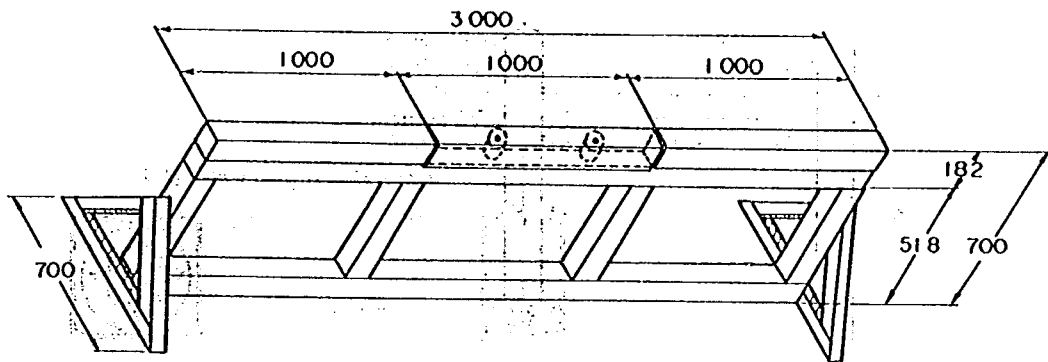


図4.4(d) 標準尺

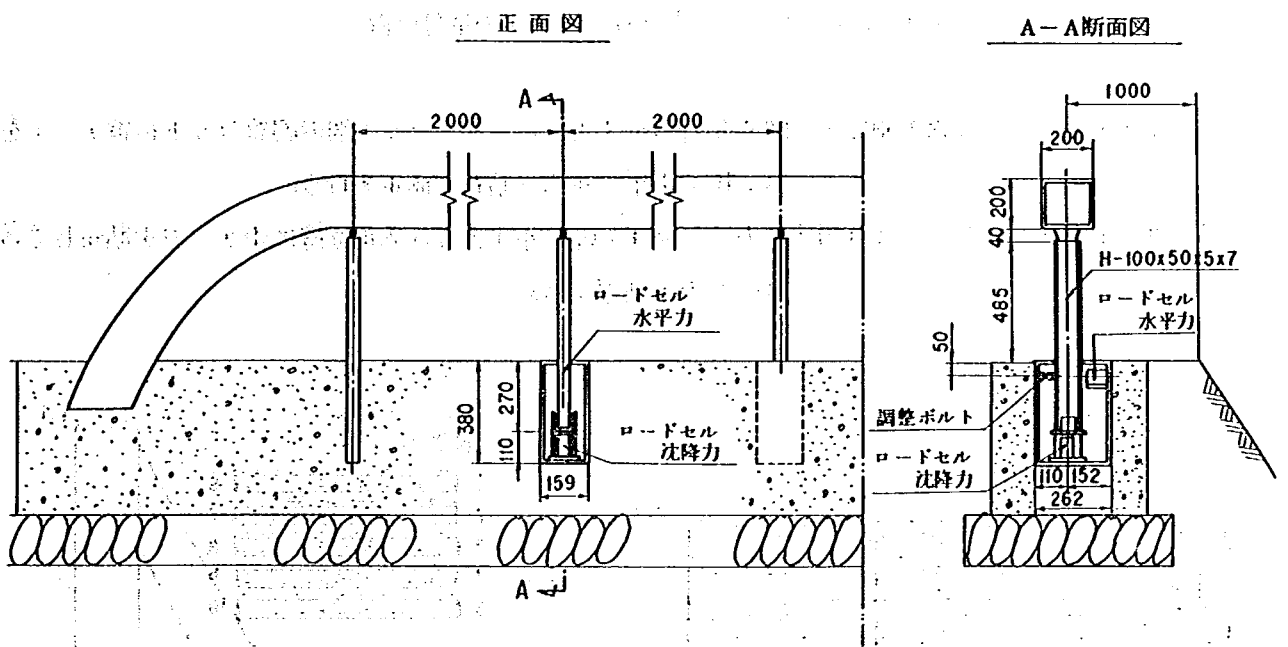


図4.4(e) ボックスビーム

図4.4 実験用防護柵の寸法等(各機関共通)

一方、歪ゲージおよび荷重変換器(ロードセル)の設置位置は次のとおりである。

④ ①ポスト垂直荷重……ロードセル(ガードレール、ガードケーブル、ボックスビームのみ)、歪ゲージにより測定

(1基当りの支柱1本に対し、ロードセルと歪ゲージを使用)
(もう1本は歪ゲージのみにより測定)

④ ②水平方向荷重……図4.5のように1本のポストに8箇所の歪ゲージを貼り付けた。

(ガードレール、ガードパイプも同じ)

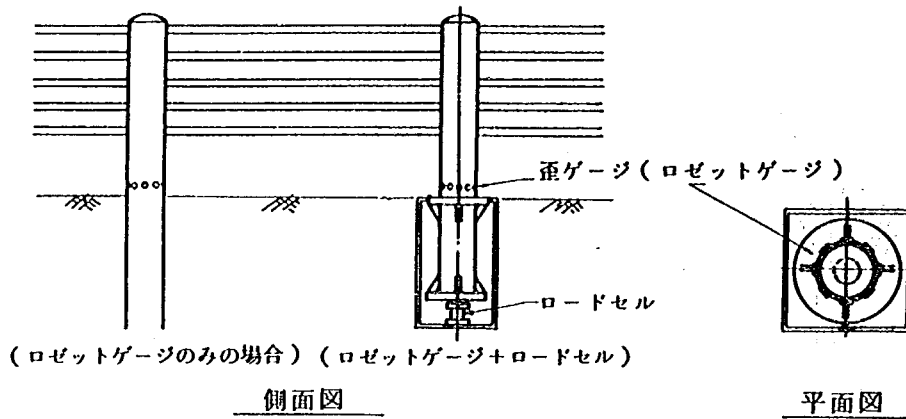


図 4.5 ゲージおよびロードセルの取付位置

- ⊙ ガードケーブルの張力測定……図 4.6 右に示すように、ケーブルの端の調整ロッドに歪ゲージを各 2 枚（水平，垂直）貼布し測定を行う。
- ⊖ ガードレールのビームに作用する力……図 4.6 左に示すような測定位置に歪ゲージを貼布して各点の応力を測定する。

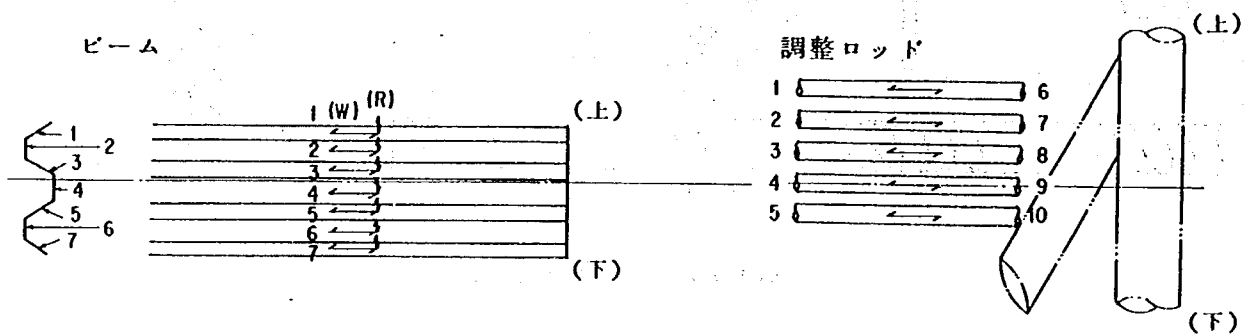


図 4.6 ビームおよびロッドの歪ゲージ貼布位置

(4) 実験方法および測定項目

防護柵の雪圧実験として、防護柵（ガードレール、ケーブルの支柱、ビーム等）にかかる応力測定と、この時の積雪状態を調査した。なお、測定方法および測定項目は以下のとおりである。

① 歪測定

- i 定時観測 …… 観測日（1週間に2回程度）を設定し、14時に1回測定を行った。
- ii 特定観測 …… これは降雨、多降雪、温度変化によって積雪荷重が大きく変化と思われる日に、24時間を2～4時間々隔で測定を行った。

② 積雪観測

i 定時観測（上記歪測定において行うものであり、その項目は次のとおりである）

- ① 積雪深 …… 防護柵の前（車道側）と後（法面側）の2点行った。また平地での積雪深観測も行った。
- ② 密度測定 …… 上記の地点においてスノーサンプル等で採取し、各層の密度を測定した。
- ③ 気温
- ④ 風向、風速、日射

ii 積雪断面観測（積雪の層構成および雪圧状況等を測定するものである）

- ① 測定日・回数 …… 1回/月で計3～4回実施
 - ② 気象観測項目 …… 積雪深、降雪深、気温、日射、風向・風速、降雨等
 - ③ 積雪の物理観測 …… 密度、層構成、含水率、雪質、その他（積雪移動）
 - ④ 基礎の沈下測定 …… 設置時、中間、融雪後等
- ※ 気象観測の気温、日射、風向・風速、降雨は連続測定を行った。

4.1.2 実験結果および考察

各機関で実施した測定結果は次のとおりである。なお、土研、北陸地建については、昭和54年度、55年度の2ヶ年、東北地建は55年度のみに実施したが、ここでは昭和55年度の結果を主体に述べる。

〔土木研究所〕

(1) 積雪状況

防護柵におよぼす雪圧荷重は積雪状態により変わってくるため、試験地で積雪深、密度、積雪重量等の観測を行った。なお、防護柵の応力測定は昭和55年12月26日から2～3日間隔で昭和56年3月まで行ったが、一部の気象観測は4月13日まで継続した。

気象観測の結果、測定期間中の最大積雪深は昭和56年1月28日に観測された2.95mであり、測定終了後の3月23日には、1.75mに減少した。また、積雪重量の最大は3月12日に1,198.10 kg/m²となり、最大積雪深の現われた日から時間的にかなりの遅れがある。

次に、積雪深と積雪重量との関係を経過日数

によって示したのが図4.7である。この図から、同じ積雪深であっても春が近づくにつれて雪がしまり、積雪重量が大きくなっているのがわかる。たとえば、1月12日の積雪深と3月17日はほぼ同じで2m程度であるが、重量は約450kg/m²と約1,060kg/m²となっており、約2倍の差があることがわかる。

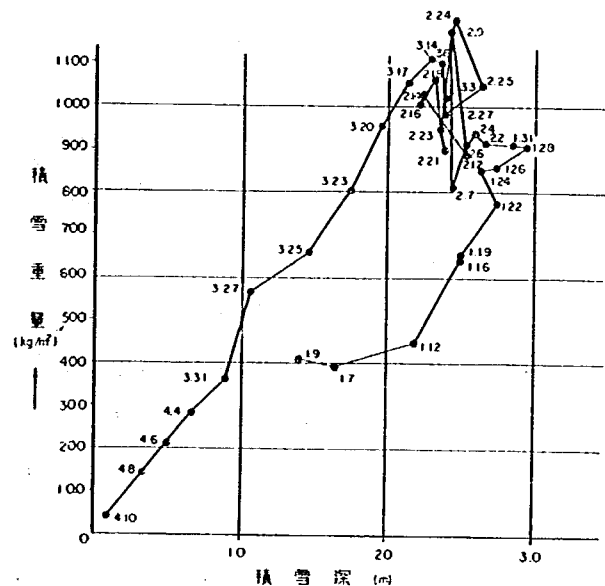


図4.7 積雪深と積雪重量の相関（図中の数字は56年の月・日を示す）

(2) 積雪の断面観測

積雪中の試験用防護柵（ガードレール、ガードケーブル、ガードパイプ等）および標準尺（後述）の状態を観測するため、実験期間中に合計3回の積雪の断面カットを行い、積雪層の状況および層の密度観測などの調査を行った。

積雪の断面カットは各供試体ごとにその端末部をそれぞれ幅約2m、長さ約5m程度掘削し、防護柵の設置位置が法肩から0.3mの場合には、特に斜面積雪の状況を調べるため、長さ約15m掘削した。掘削した積雪断面には赤インクを散布して、積雪の層構成を明らかにすると同時に、層別の密度観測および写真撮影を行った。また防護柵により生じた積雪層の湾曲の状況およびクラックの発生状況の一例（観測日56年2月24日ガードケーブル）を図4.8に示す。この図からわかるように設置位置が法肩から0.3mの場合にはガードケーブルの上の方向に多数のクラックが発生している。また、設置位置が

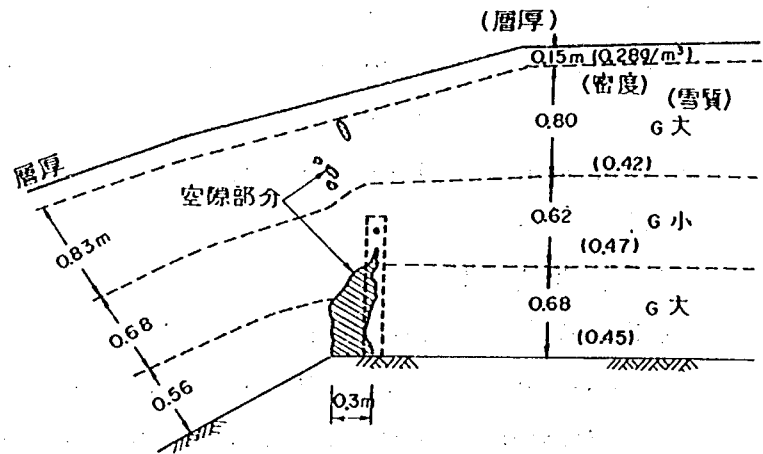


図4.8 積雪の断面（防護柵の種類：ガードケーブル）
測定年月日：S.56.2.24

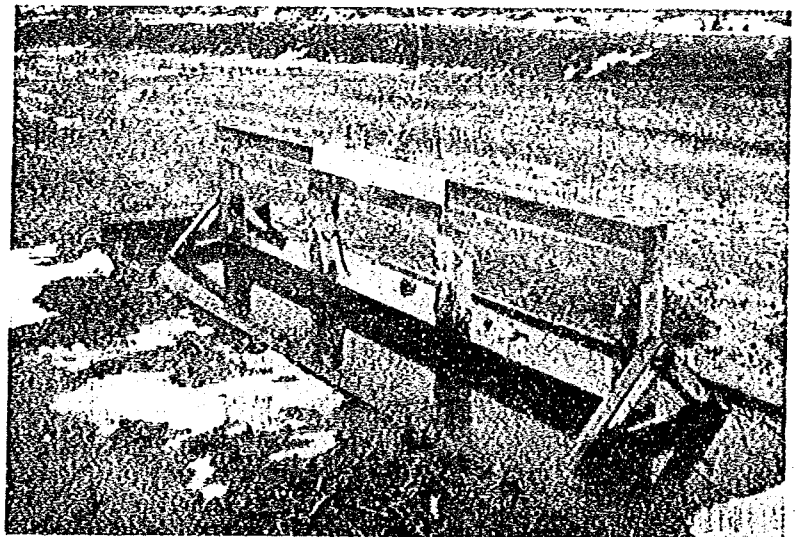


写真4.1 標準尺

1.0mの場合には、法肩部の積雪に局所的な亀裂が発生し、ケーブル上には、クラックの発生らしきものが見うけられた。2.0mの場合には、クラックの発生および局所的な亀裂は特に認められない。以上の状況から防護柵は設置位置によりグライド力および沈降力に影響があるものと推察される。

(3) 標準尺の設置および測定結果

積雪中の構造物は、雪の沈降により力を受けるが、構造物の形状、雪質および雪の積り方により力の受け方が異なる。

このため、写真4.1に示すような単純な構造物（ここでは標準尺と呼ぶ）に作用する沈降力を雪質および雪の積り方の異なる箇所で測定し、雪質および雪の積り方による沈降特性を調べた。その結果、防護柵に作用する沈降力が、尺度とする桁（標準尺）に作用する沈降力と比例関係にあるならば、尺度となる桁に作用する沈降力を求めることにより、雪質および雪の積り方を加味した沈降力を防護柵の形状別に推定することができる。

今回使用した標準尺は、受圧幅10cm、長さ3m（このうち荷重測定は桁の中央部の1mを使用）、設置高さ70cmのものとし、防護柵（盛土部に設置）の近傍の平坦地に設置し、これに作用する沈降力の測定を行った。なお、沈降力の測定には2個の荷重変換器を使用した。標準尺によって得られた沈降力と積雪重量との関係を最小2乗法により回帰式を求めると、図4.9の(1)式となった。この関係から、積雪重量を求めることによって標準尺に作用する沈降力を推定できる。なお、参考に荘田、中俣、長田ら（文献-2参照）が求めた沈降力と積雪重量の関係を図中に示す。

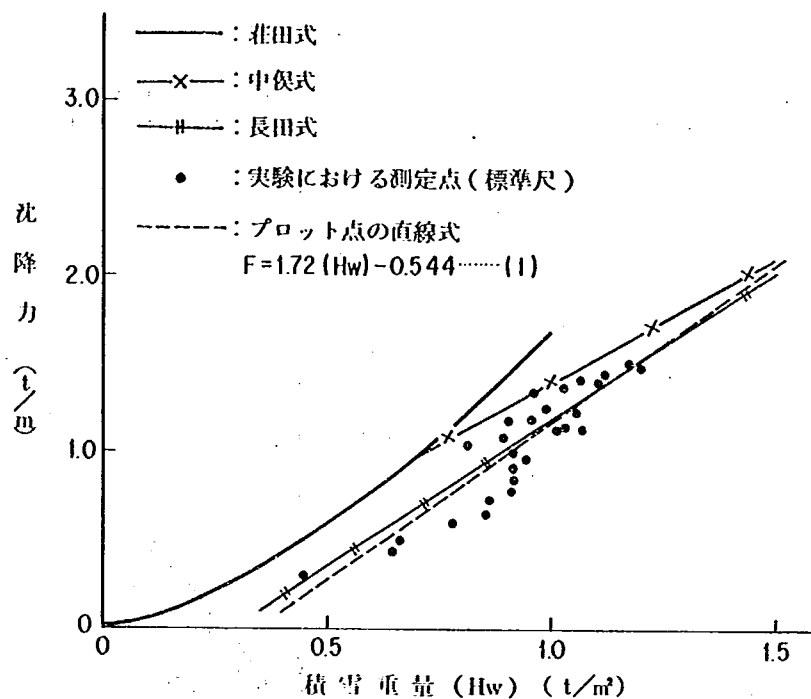


図4.9 積雪重量と沈降力の関係

荘田式 $F_{\max} = 1.7 (HW)_{\max}^{3/2}$ (2)

F_{\max} : 一冬期の沈降力の最大値 (t/m)

$(HW)_{\max}$: 一冬期の最大積雪重量 (t/m²)

- 最大積雪深 3.5m以下、積雪重量 1 t/m²の場合に適用)
- 角材(幅10cm)の地上高: 0.3~1.2mの場合

中俣らの式

$F_{\max} = 1.4 (HW)_{\max}$ (3)

(積雪深 4~12mで地上高 0.5~1.0mの場合による測定結果)

長田らの式

$$F_{max} = 0.2H^{1/3} (4.5H_S - 3.2H) \dots\dots\dots (4)$$

H : 構造物の地上高(m)

H_S : 最大積雪深(m)

(4) 防護柵に作用する沈降力

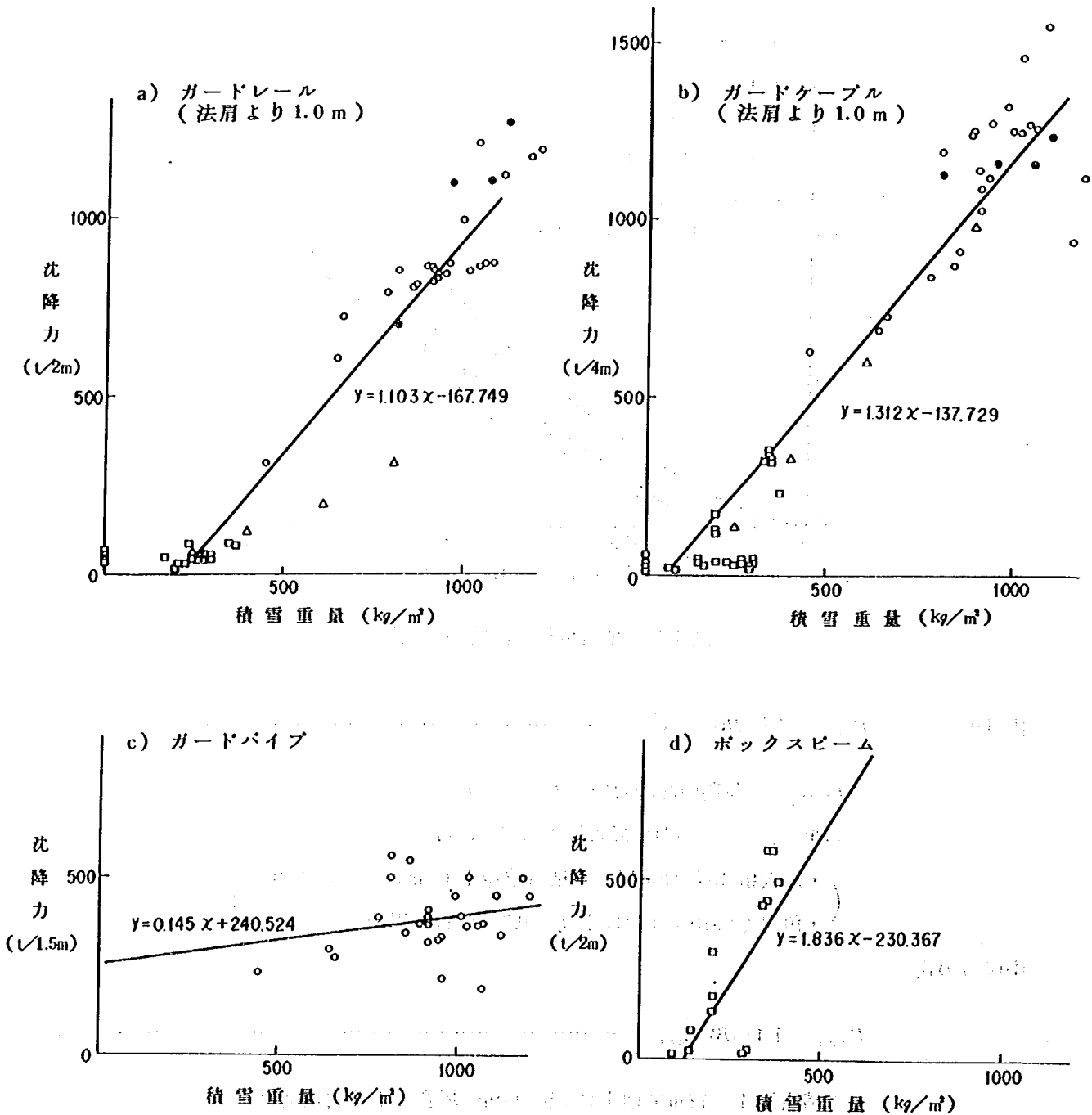


図4.10 各種防護柵別による沈降力と積雪重量との関係(一例)
(図中△は54年度分, ○は55年度分, □は56年度分を示す)

各種防護柵と積雪重量との関係(ここでは一例を示したが、他については資料編を参照されたい)を示したのが図4.10である。この結果によると、各防護柵に作用する沈降力は積雪重量が増加するとともに沈降力も増加する傾向が認められる。また、単位積雪重量による防護柵1 m当りの沈降力はボックスビームが最も大きく、次いでガードレール、ガードパイプ、ガードケーブルの順となった。

一方、防護柵の設置位置による沈降力の違いについて見ると、図4.11および図4.12(この図は各種防護柵にかかる沈降力と積雪重量との回帰式から求めた値である)より、ガードレールの場合、積雪重量が500kg/m²(積雪深1.5 m程度)程度であるならば、法肩から0.3 mに設置されたガードレールに作用する沈降力はほとんど零に近いが、1.0 mおよび2.0 mの場合には約250kg/m程度の沈降力が作用し、その差は見られなかった。積雪重が500kg/m²を越えると設置位置が0.3 mと1.0 m場合には、ほぼ同程度の沈降力が作用するが、のり肩から2.0 mの位置になるとその倍の沈降力が作用することがわかる。ガードケーブルの場合もガードレールとはほぼ同じ傾向を示すが、ガードケーブルに作用する沈降力は、ガードレールの場合のほぼ半分程度になると推定される。

また、防護柵と標準尺に作用する沈降力の関係を図4.13に示した。この図からわかるように、ガードレ

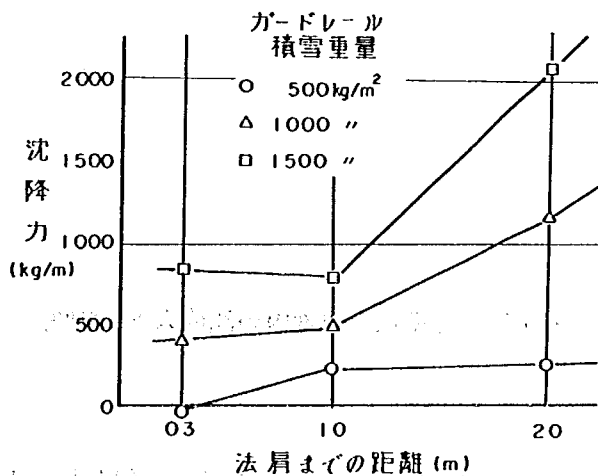


図4.11 沈降力と法肩までの距離との関係

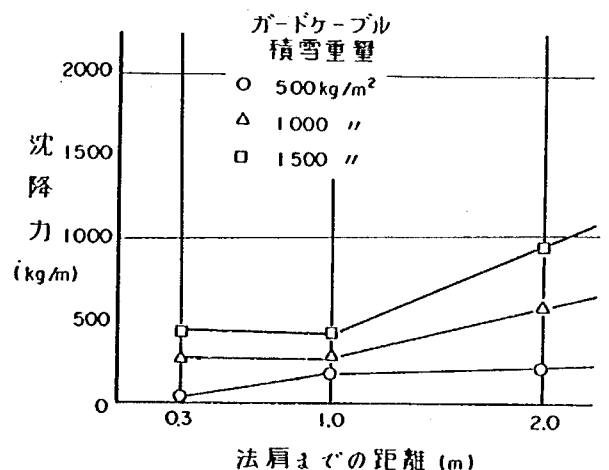


図4.12 沈降力と法肩までの距離との関係

ール、ガードケーブルに作用する沈降力と標準尺に作用する沈降力の間にはかなりよい相関性が認められた。

このことから、標準尺に作用する沈降力を求めることによって今後はガードレール、ガードケーブルに作用する沈降力を推定することが可能と思われる。

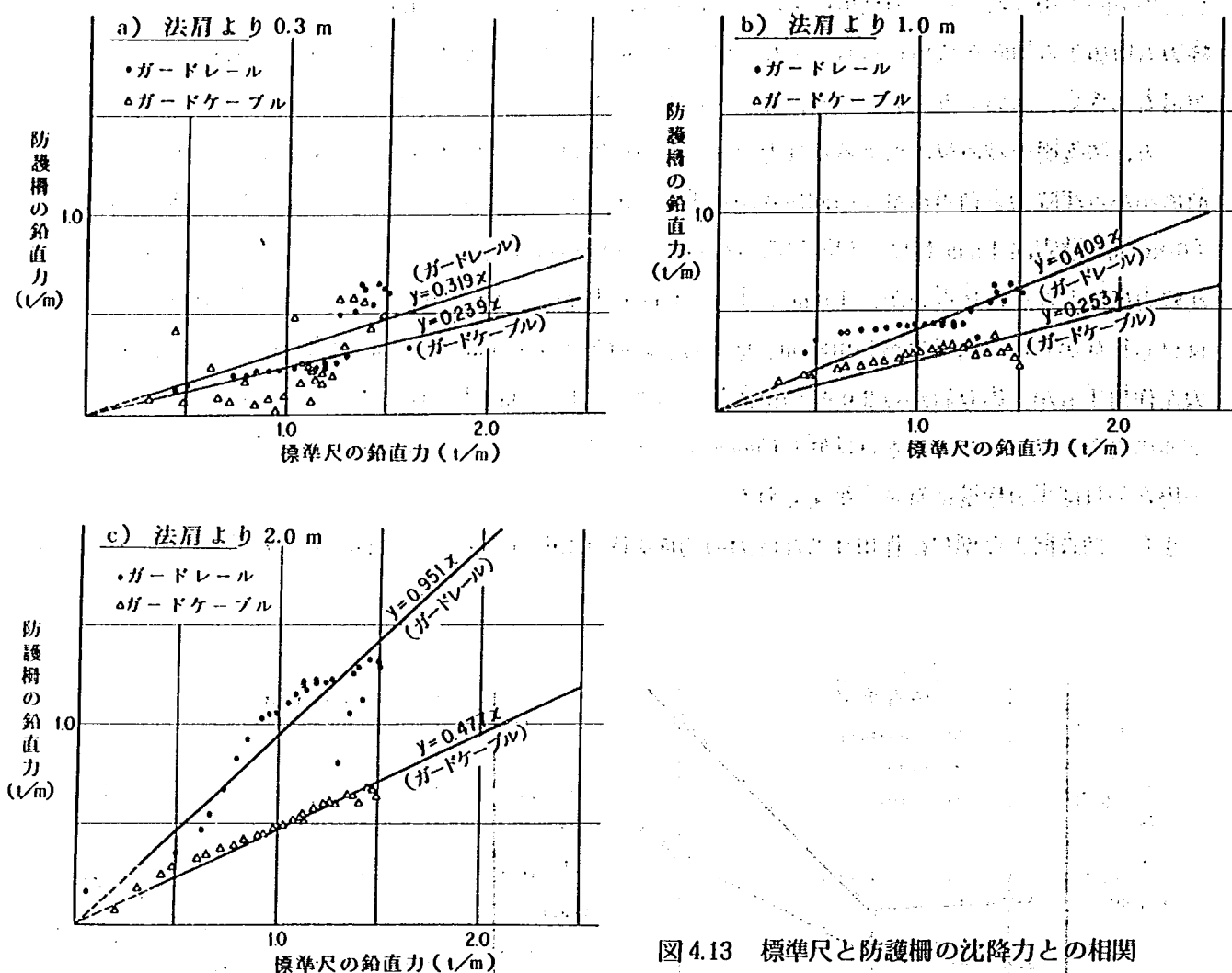


図 4.13 標準尺と防護柵の沈降力との相関

(5) 支柱の曲げモーメント

支柱に及ぼす曲げモーメントは法肩方向のものが最大であると推定される。このため、一例として法肩より 1.0 m に設置したガードレールとガードケーブルについて曲げモーメントと積雪重量の関係について示すと、図 4.14, 15 のとおりとなる。その結果、積雪重量が増加すると、支柱に作用する曲げモーメントも増加する傾向が認められるものの融雪期においては、さほど大きな値を示さなかった。これは融雪期の雪質がザラメ質になるためと思われる。

防護柵が法肩より 1.0 m, 2.0 m に設置されたガードケーブルに作用する最大曲げモーメントは約 850 kg·m, 0.3 m の位置では約 700 kg·m 程度となった。同様にガードレールに作用する最大曲げモーメントを求めた結果、設置位置が 1.0 m, 2.0 m の場合には約 400 kg·m 程度であり、0.3 m の位置では約 150 kg·m となった。

このように、防護柵の形式および設置位置により支柱に作用する曲げモーメントは異なる。また、ガードレール、ガードケーブルとも法肩より 1.0 m, 2.0 m の位置において受ける曲げモーメントは 0.3 m の位置で受ける曲げモーメントより大きくなる傾向があった。なお、支柱に作用する曲げモーメントは地上より

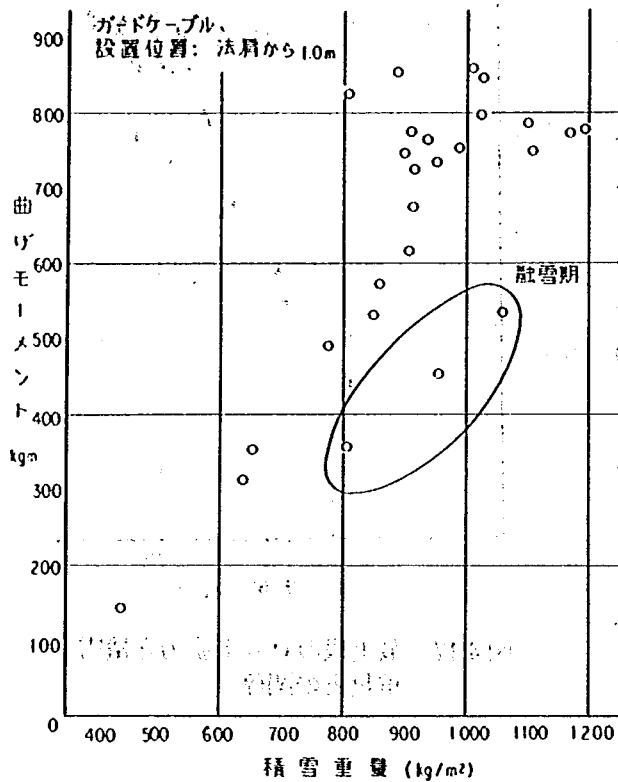


図 4.14 支柱曲げモーメントと積雪重量の関係

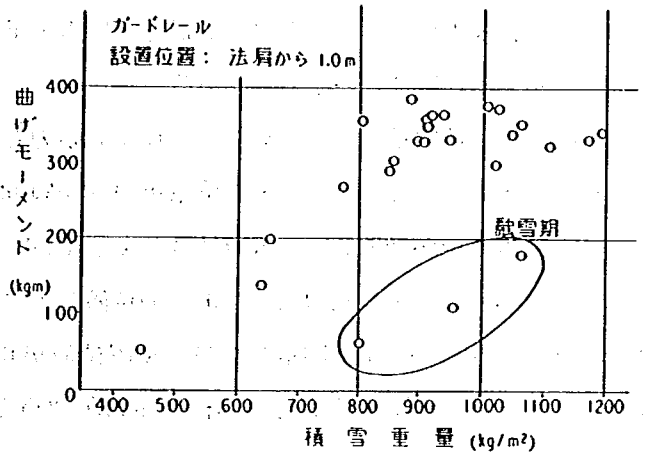


図 4.15 支柱曲げモーメントと積雪重量の関係

見取図の左側に示す位置から、支柱の曲げモーメントを測定したものであり、

10cmの位置で計測したものである。

(6) ロッド張力

ガードケーブルのロッドに作用する張力を求めた結果、上段

2本のロッドに作用する張力の

合計は、5本の全ロッドに作用

する張力の合計の約80%を占め

ることがわかった。また、5本

のロッドのうち最も大きな値を

示したのは最上段のロッドで1

本当たり約5tであった。法肩か

ら1.0mの位置におけるガード

ケーブルのロッド張力と経過日

数との関係を表わしたのが図4.

16である。

この図に示すように、設置位

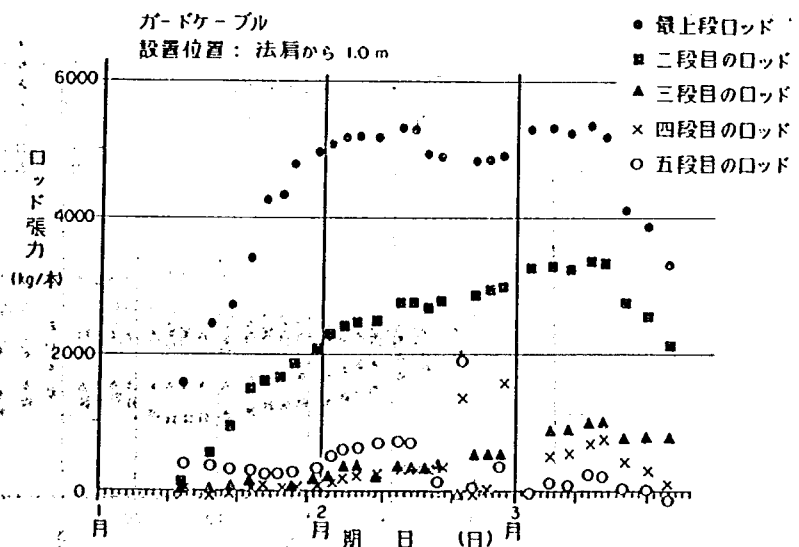


図 4.16 ロッド張力の変化状況

置に関係なく最上段のロッドに使用する張力が最も大きいことがわかる。また、最上段のロッドに作用する最大張力の発生時期は位置により異なっており、設置位置が0.3 m の場合は2月上旬、1.0m, 2.0mの場合は3月上旬となっている。また、最上段以外の4本のロッドに作用する最大張力およびその発生時期の設置位置の違いによる差異は特に認められず、ほとんど同じような傾向を示した。一方、最上段ロッドに作用する張力と積雪重量の関係を図示すると図4.17のとおりである。

この図から、積雪重量が大きくなるとロッド張力も大きくなることがわかる。また、積雪重量が約800kg/m²を越えると積雪重量が増加しても張力はほとんど増加していない。なお、ここでは法肩より1.0 m の位置におけるガードケーブルについても図示したが、設置位置が0.3 m および0.2 m の場合においても同様な傾向が認められた。

(7) ガードレールのビーム応力度

ガードレールのビームは自動車の衝突に対し、曲げと引張に耐えうるような構造を有し、その形状は複雑である。このため、積雪によって発生する応力の測定はビームに発生するものについて測定し、その方向はビーム水平方向(σ_x)、直角方向(σ_y)としたが、上段に圧縮応力、下段に引張応力が発生し、その最大値は $\sigma_x = 1,000\text{kg/cm}^2$ (設置位置: 0.3 m), $\sigma_y = 2,000\text{kg/cm}^2$ (設置位置: 1.0 m) 以下であった。この一例として、法肩から0.3 m の位置に設置したガードレールのビーム水平方向の応力について示したのが図4.18である。

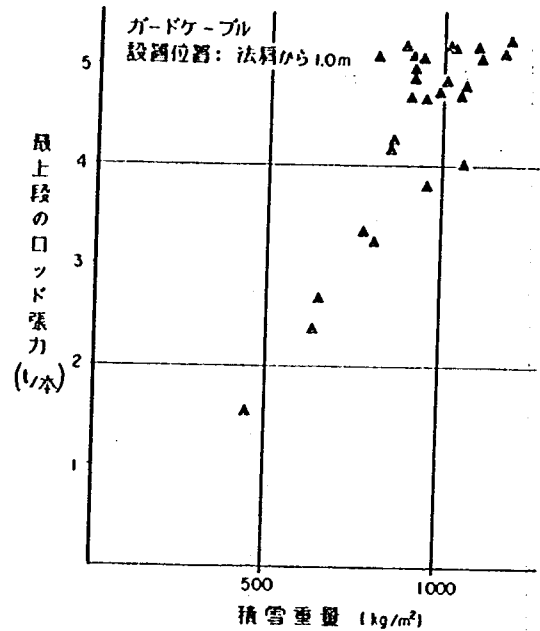


図4.17 最上段のロッド張力と積雪重量との関係

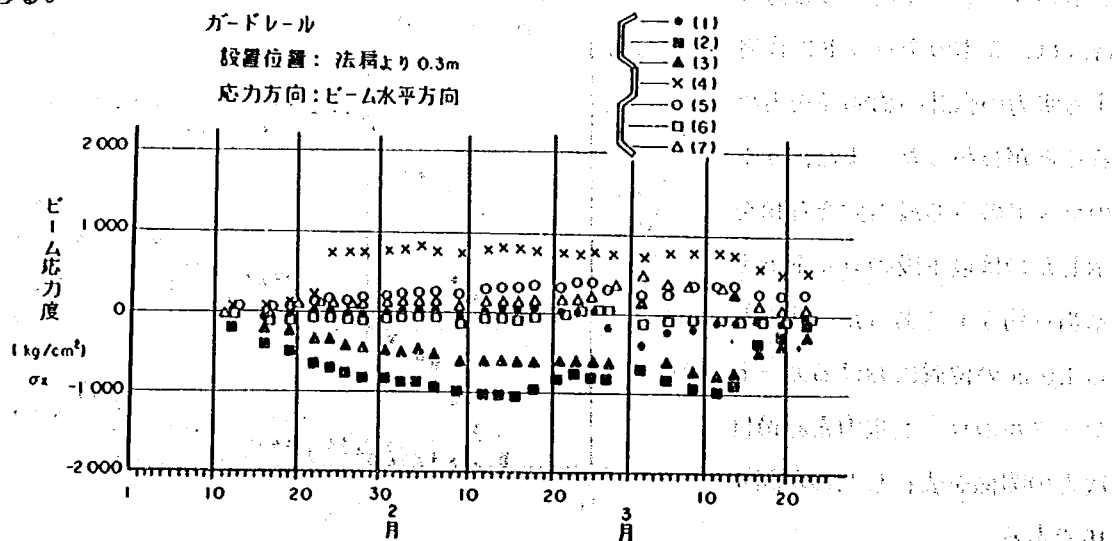


図4.18 ビーム応力の変化状況

(8) 結果の考察

以上の雪圧測定の結果から、防護柵に作用する雪圧特性についてまとめると概略次のようなことが推察される。

① 防護柵に作用する沈降力は、積雪重量が増大すると大きくなり、沈降力はカードケーブルの場合単位長さ当りでガードレールのほぼ半分である。

② 防護柵の設置位置と沈降力の関係は、法肩に近づくに従い沈降力が小さくなる傾向がある。

③ ガードケーブルのロッドに作用する張力は、最上段のものが量も大きい。また上の2本のロッドに作用する張力の合計は全ロッド(5本)に対し、約80%を占めることがわかった。

④ ガードレールのビームに作用する応力は、測定箇所によって差があり、今回の雪圧実験(最大積雪深2.95m)では最大で $\sigma_x = -1,000\text{kg/cm}^2$, $\sigma_y = 2,000\text{kg/cm}^2$ 程度を示した。

⑤ 支柱に作用する最大曲げモーメント(地上より10cmの位置)はガードレールが約 $400\text{kg}\cdot\text{m}$, ガードケーブルが約 $850\text{kg}\cdot\text{m}$ であった。なお、設置位置が法肩から0.3mと短い場合には、多少小さくなる傾向がある。

〔北陸地方建設局〕

(1) 積雪状況

昭和55年度は例年より早い時期に寒波が来襲し、12月14日からの降雪が根雪となり、既往最大積雪深の390cm(昭和36年)には達しないまでも、年平均最大積雪深241cmはもとより、38豪雪の255cmを大中に

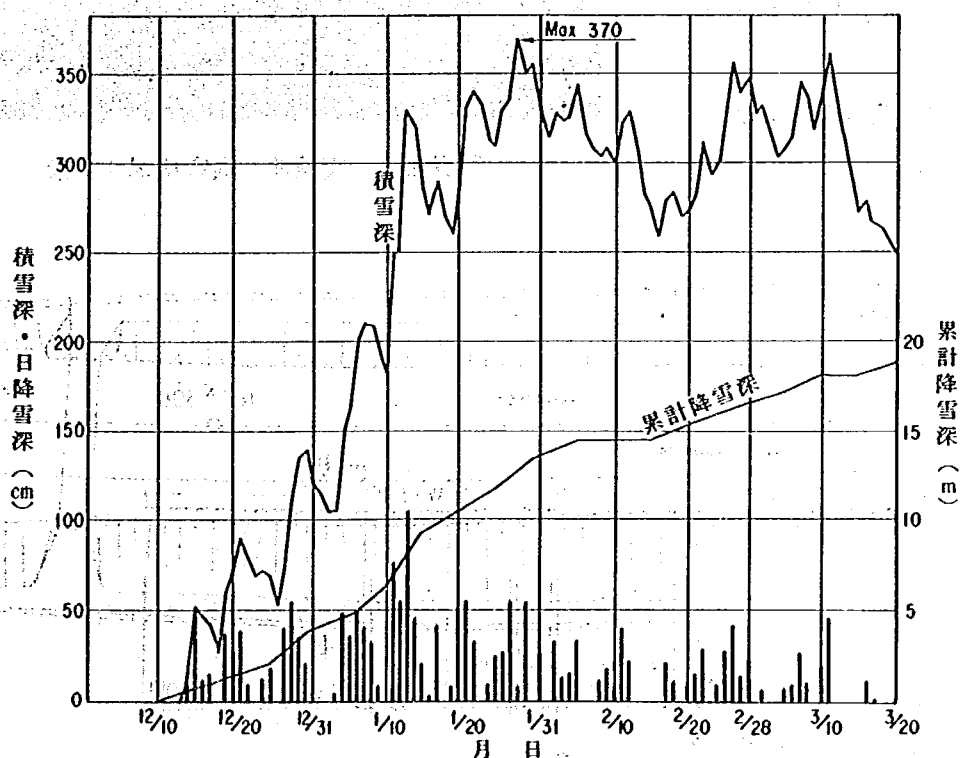


図 4.19 積雪関係図

上回る豪雪に見舞われた。この時の日降雪深、累計降雪深および積雪深は図4.19に示すように日降雪深50cmを越えた回数は11回にもものぼり、56年1月13日には1日(24時間)に105cmの降雪があった。

一方、積雪深においては12月中旬から56年1月中旬までの約1ヶ月間は、1時小康状態となったものの、1月28日には最高370cmを記録した。

また、現道での堆雪深および堆雪重量の変化を図4.20に示す。なお、図の中で一部雪堤処理(図4.21、写真4.2)が行われたため、堆雪深および堆雪重量が低下している。

(2) 堆雪断面状況

積雪関係の測定に合わせて、堆雪断面状況の層構成および密度を月1回の頻度で測定した。その結果は図4.22に示す。

また、経過日数と堆雪深および雪質の関係を図4.23に示す。

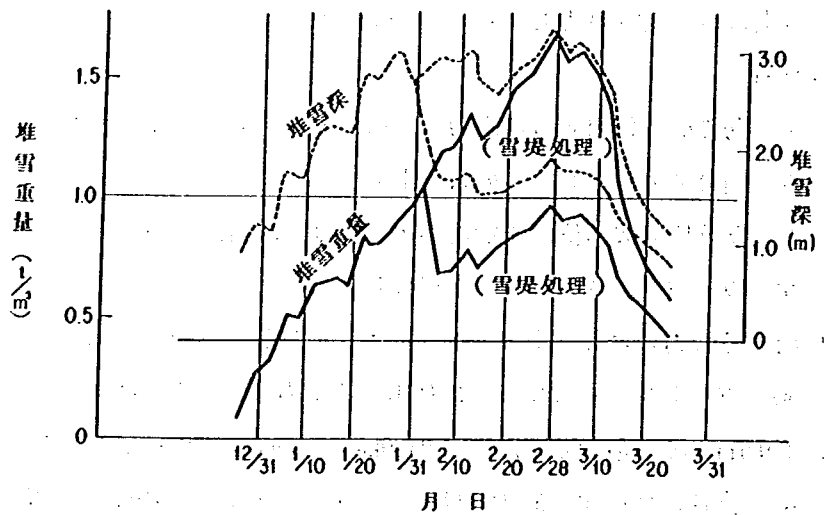


図4.20 堆雪重量と堆雪深の経日変化

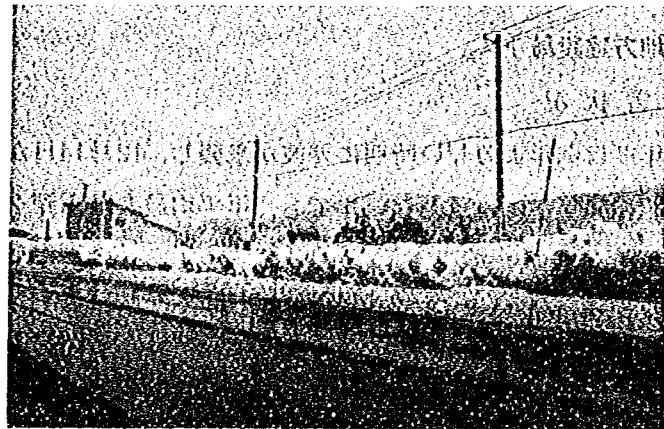


写真4.2 実験地(堆雪状況)全景

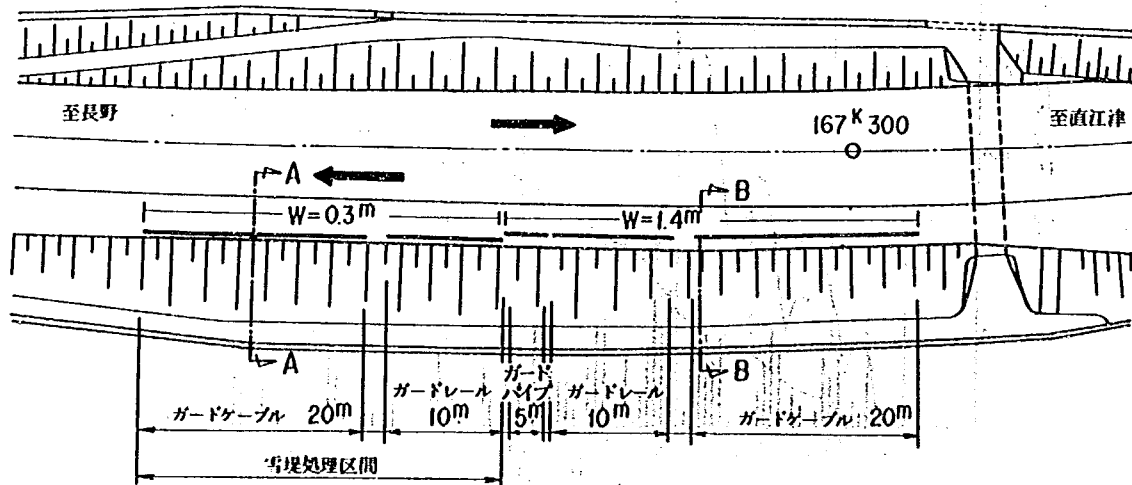
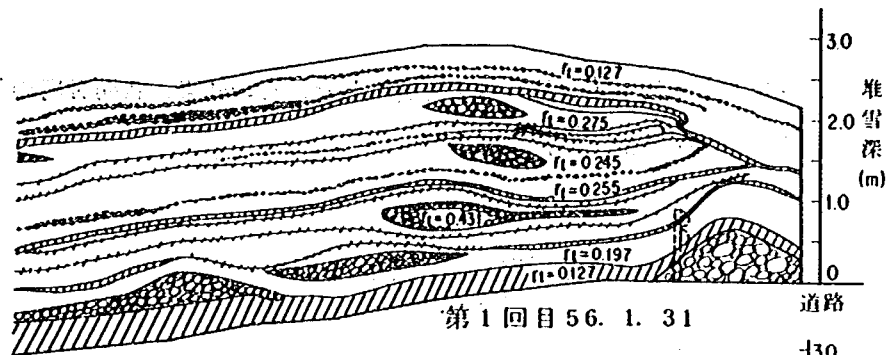
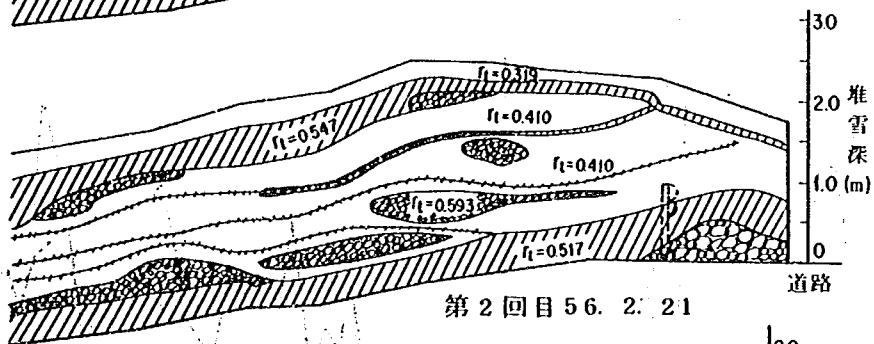


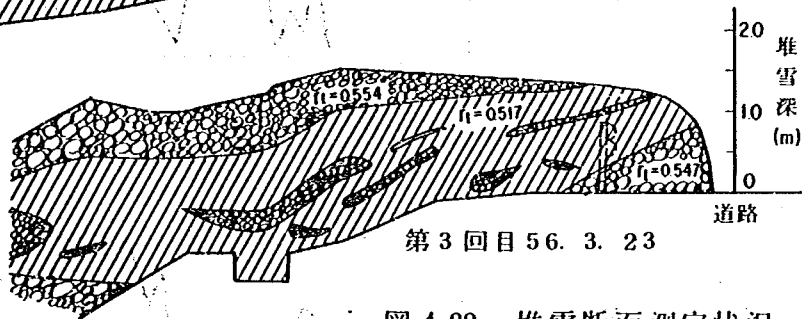
図4.21 雪堤処理位置図



第1回目 56. 1. 31



第2回目 56. 2. 21



第3回目 56. 3. 23

- 凡例
- 新雪, 新雪の締ったもの
 - ▨ ザラメ雪
 - ▩ 投雪

図 4.22 堆雪断面測定状況

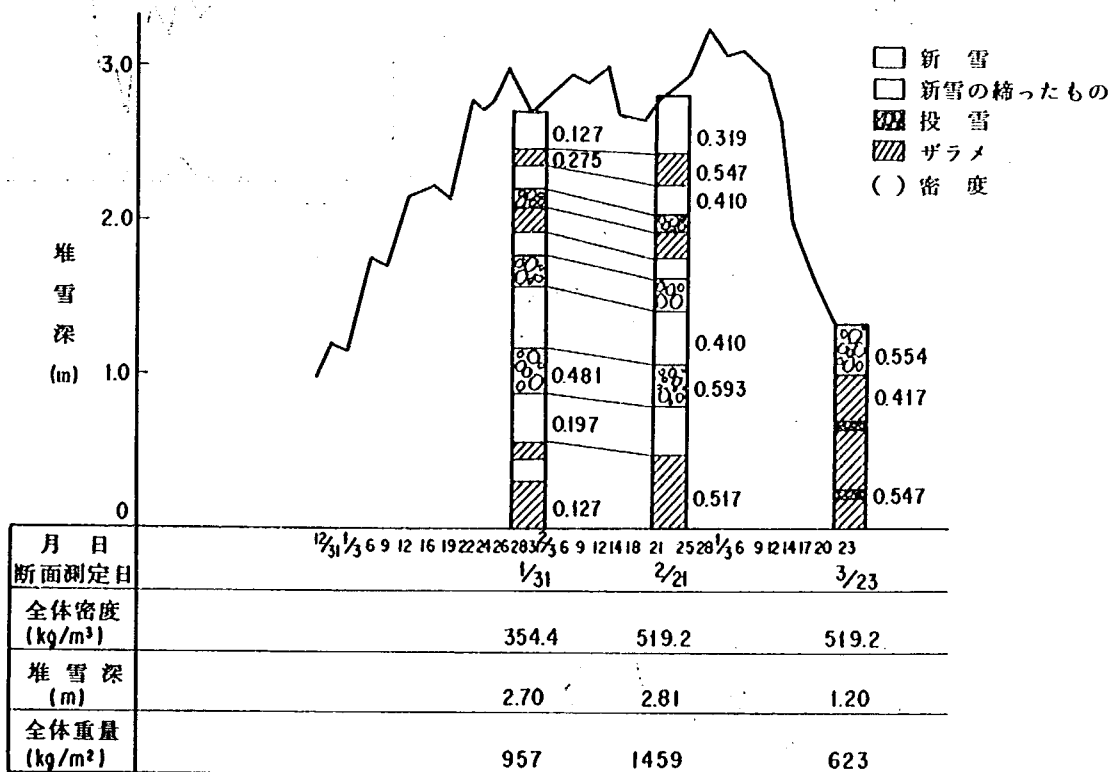


図 4.23 堆雪深と雪質

(3) 防護柵にかかる応力測定結果

堆雪重量の測定は、昭和55年12月28日から昭和56年3月31日まで実施した。その結果、各防護柵の部材に働いた応力を経日変化ごとにまとめたのが図 4.24, 25, 26である。

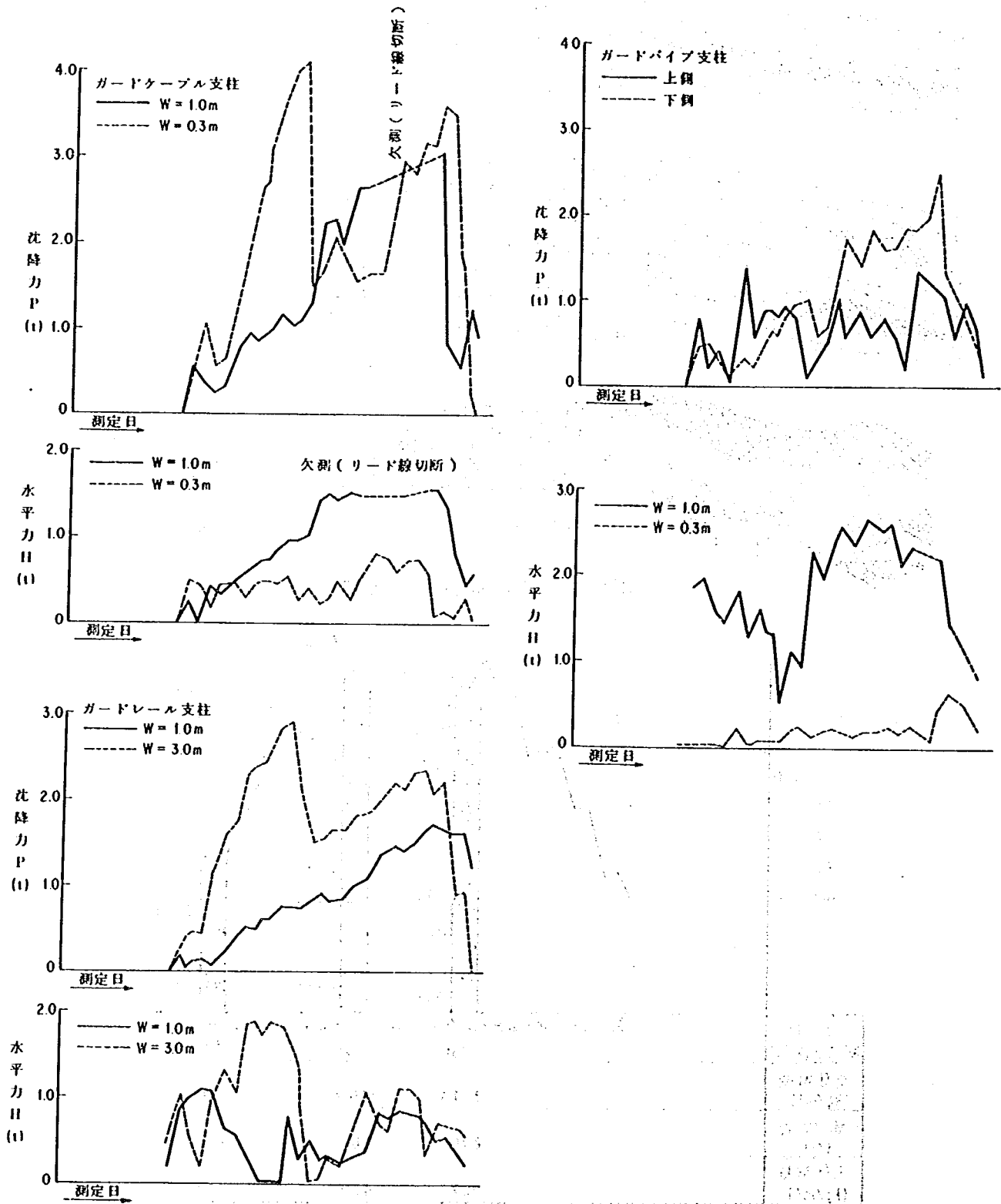


図 4.24 支柱 1 本に作用する沈降力および水平荷重の経日変化

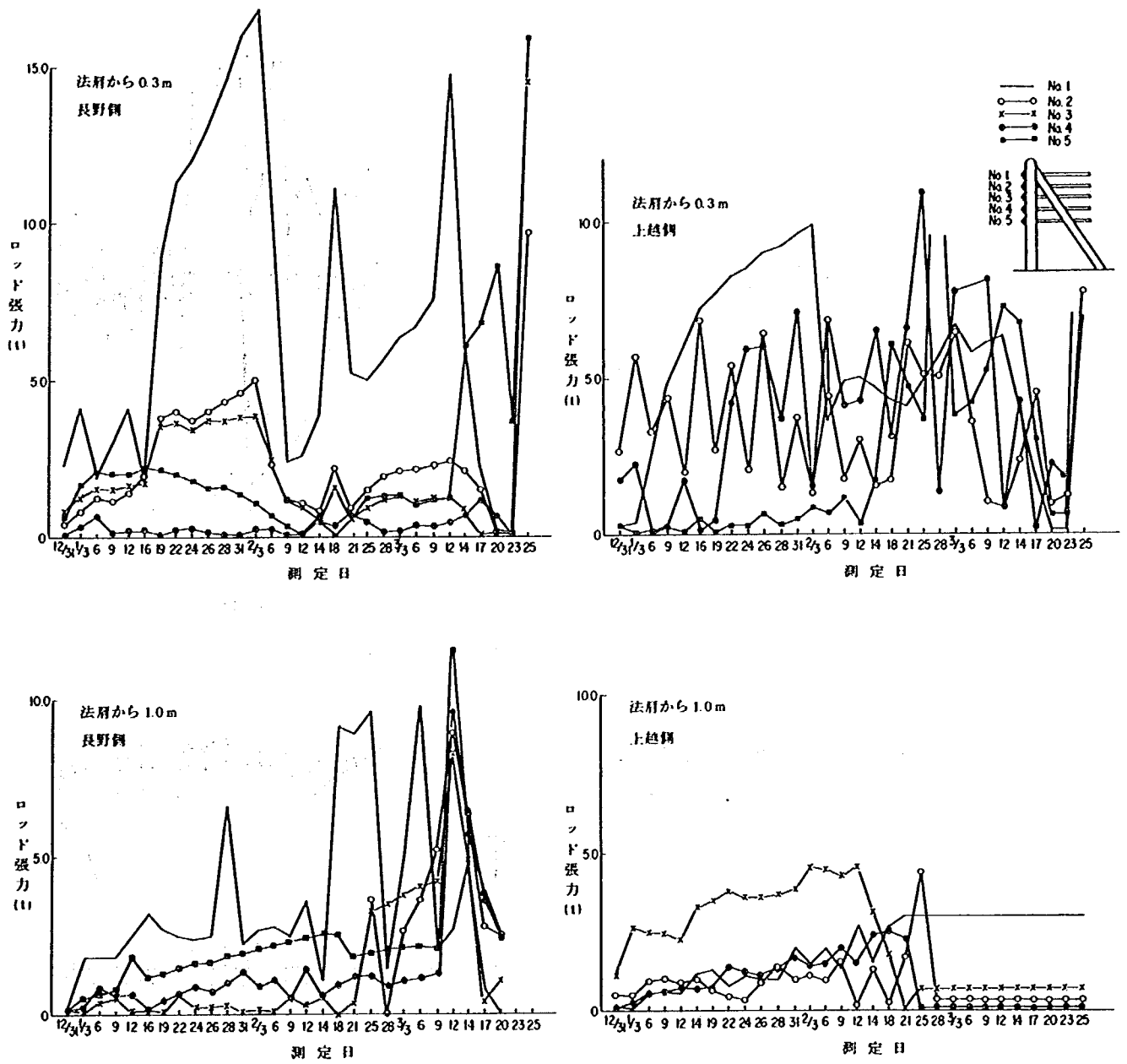


図 4.25 ガードケーブルのロッド張力の経日変化

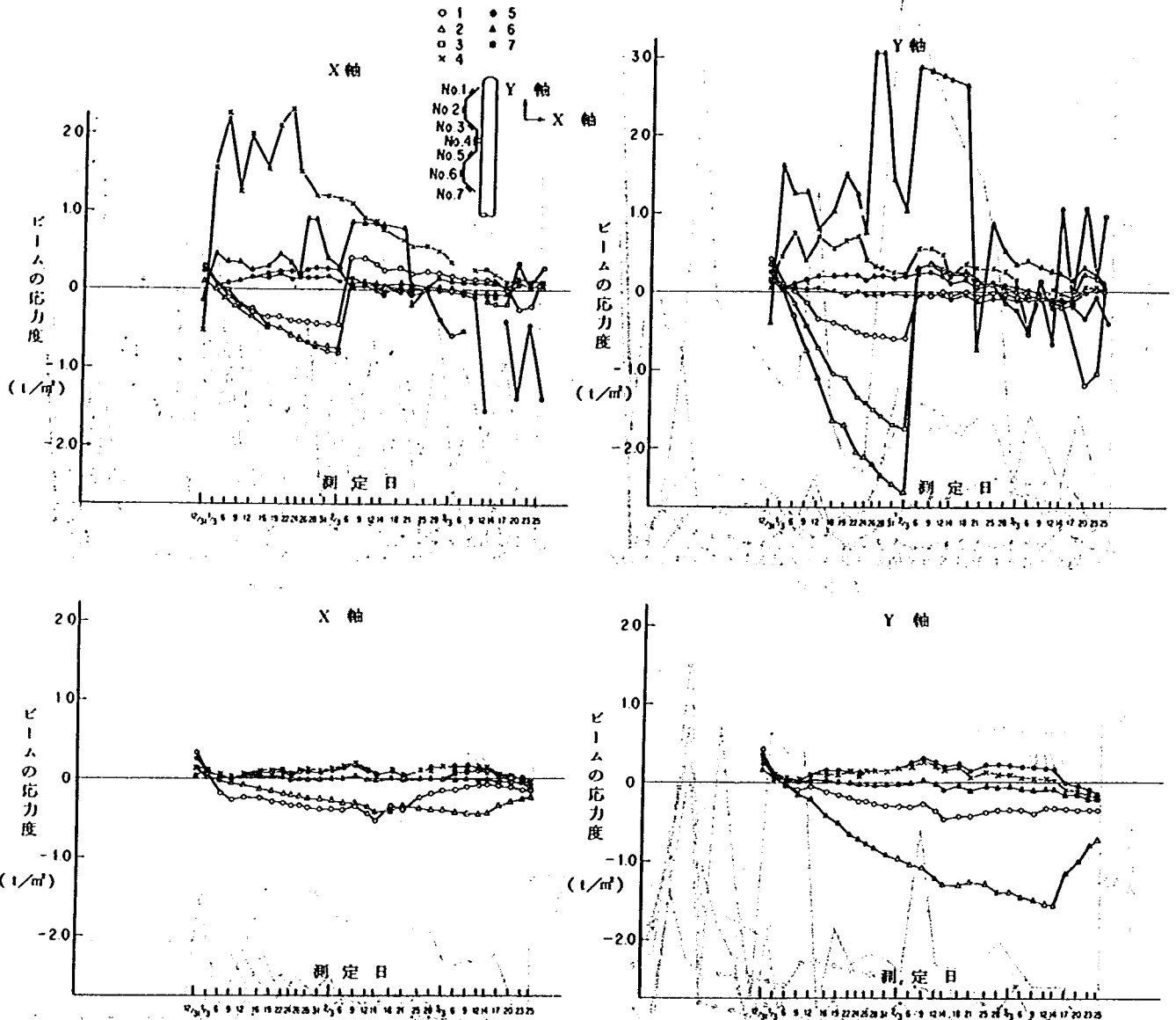


図 4.26 ガードレールのビーム応力度の経日変化
 2007年10月10日～10月24日

(4) 結果の考察

① 支柱の沈降力について

実験の結果から各支柱にかかる沈降力については次のようなことがいえる。

- レールとケーブルではケーブルの方に大きな応力が発生する。
- レール、ケーブルともに、法肩から 1.0 m よりも 0.3 m の方に大きな応力が発生している。このことは、0.3 m の方にグライド力の鉛直分力が沈降力にプラスされる度合いが大きいと考えることもできる。

② 支柱の水平力について

実験の結果から、水平力については次のように考えることができる。

- 法肩から 1.0 m について言えば、パイプ、ケーブル、レールの順で大きな応力が発生している。この結果からは、防護柵の受圧面積との相違は見出せない。

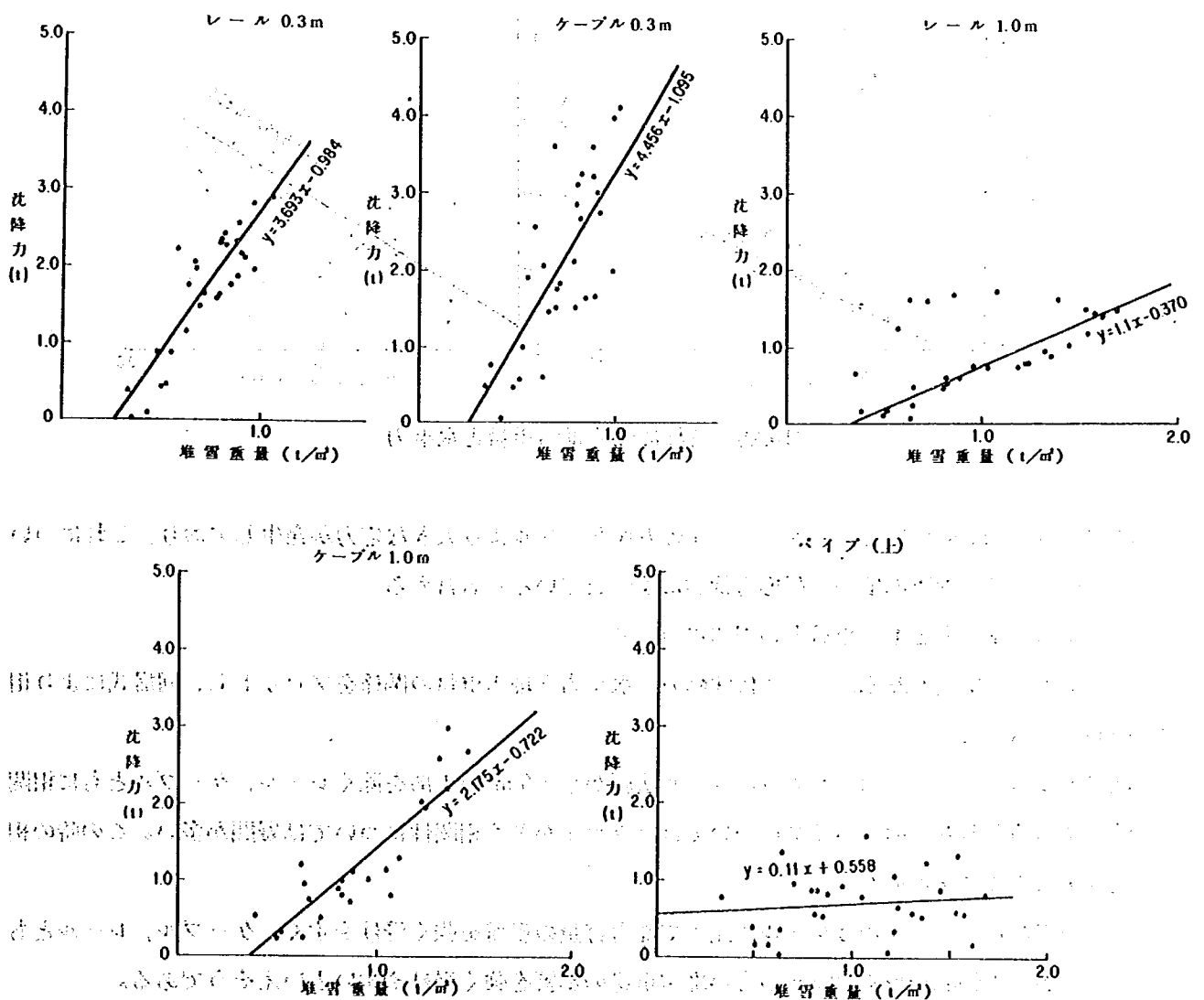


図 4.27 支柱に働く堆雪重量と沈降力の関係

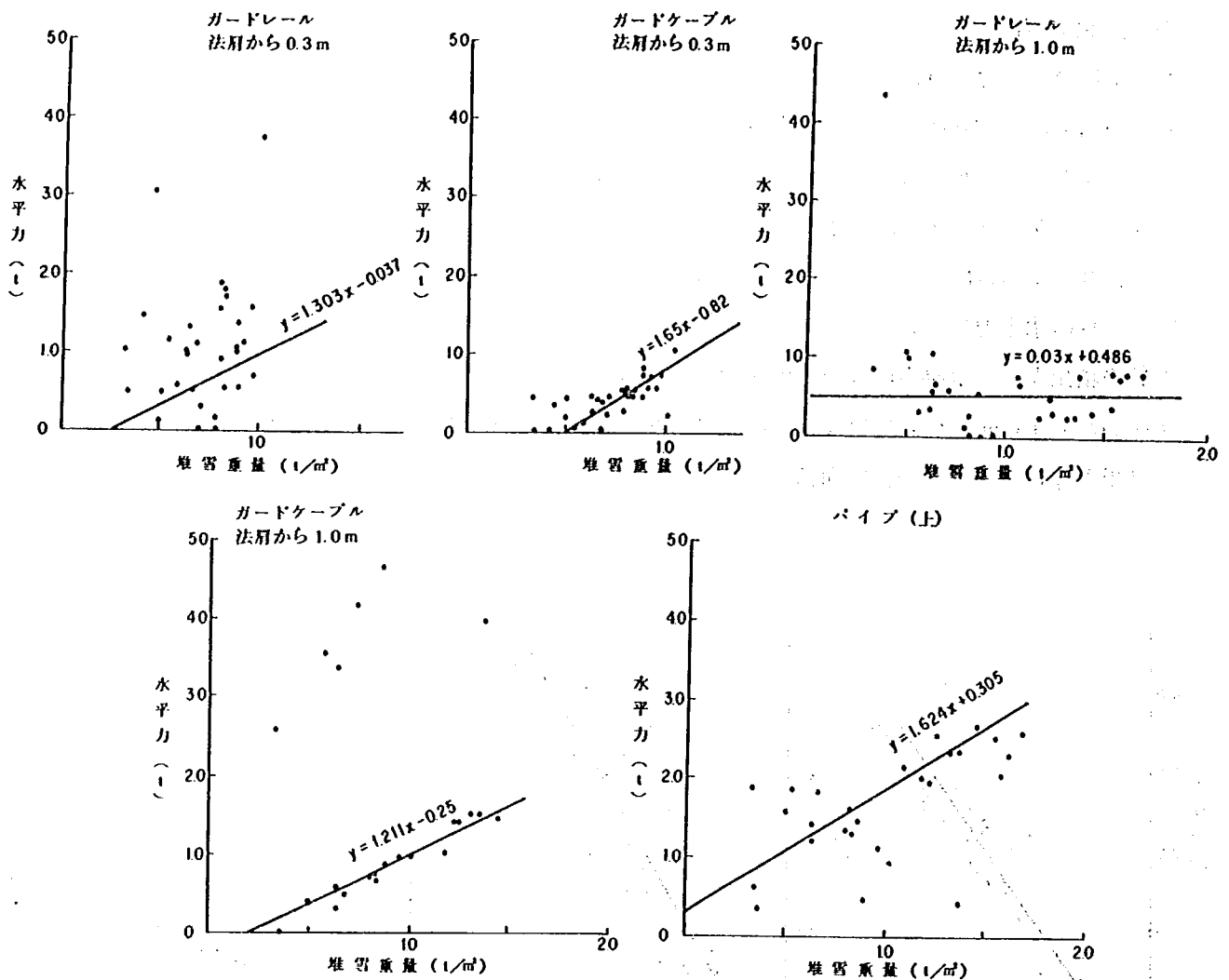


図 4.28 支柱に働く堆雪重量と水平力

○法肩から 0.3 m について言えば、レールの方がケーブルより大きな応力が発生しており、これについてだけ言えば、受圧面積の比が応力状態に表われているとも言える。

③ 沈降力、水平力と堆雪重量との相関について

図 4.27 (a)~(2)), 図 4.28 (a)~(2)) に沈降力、水平力と堆雪重量の関係をプロットし、回帰式により相関式を同時に示した。

○沈降力について、図に示したようにレール法肩から 1.0 m の一部を除くレール、ケーブルともに相関性は認められるものの、パイプについてはバラツキが多く相関性については疑問が多い。この時の相関式を表 4.4 にまとめた。

この表から、ケーブルはレールに比べて堆雪容量の影響を強く受けやすく、ケーブル、レールともに法肩から 1.0 m に比べて 0.3 m の方が堆雪重量の影響を強く受けやすいといえそうである。

○水平力について、図および表 4.5 に示すように、沈降力に比して相関性は非常にうすいが、ケーブルについてはやや相関性が認められる傾向がうかがえる。

表 4.4 防護柵の堆雪重量と沈降力との関係式

	1.0m (t)	0.3m (t)
ケーブル	$y=2.175x-0.722$	$y=4.456x-1.095$
レール	$y=1.1x-0.370$	$y=3.693x-0.984$
パイプ	(上) $y=0.11x+0.558$ (下) $y=0.228x+0.994$	—

表 4.5 防護柵の堆雪重量と水平力との関係式

	1.0m (t)	0.3m (t)
ケーブル	$y=1.211x-0.250$	$y=1.65x-0.820$
レール	$y=0.03x+0.486$	$y=1.303x-0.037$
パイプ	(上) $y=1.624x+0.305$ (下) $y=0.05x+0.151$	—

相関性の少ないもので比較することは、非常に危険であるが、レールに比して、ケーブルに堆雪重量の影響を受けやすく法肩から 1.0 m に比して 0.3 m の方が堆雪重量の影響を受けやすい。

〔東北地方建設局〕

(1) 積雪状況

昭和55年度の積雪状況を図 4.29 に示す。図中の積雪深は実験地周辺の模型道路上で測定したものであり、その他の項目については五色沼の南側の観測所の結果を示した。日降雪深が 50cm 以上となったのは 18 回あり、そのうち最大となったのは 1 月 10 日の 90cm である。積雪深については昭和56年 2 月中旬に一時的に小康状態があったものの 3 月 17 日には 390cm を記録した。

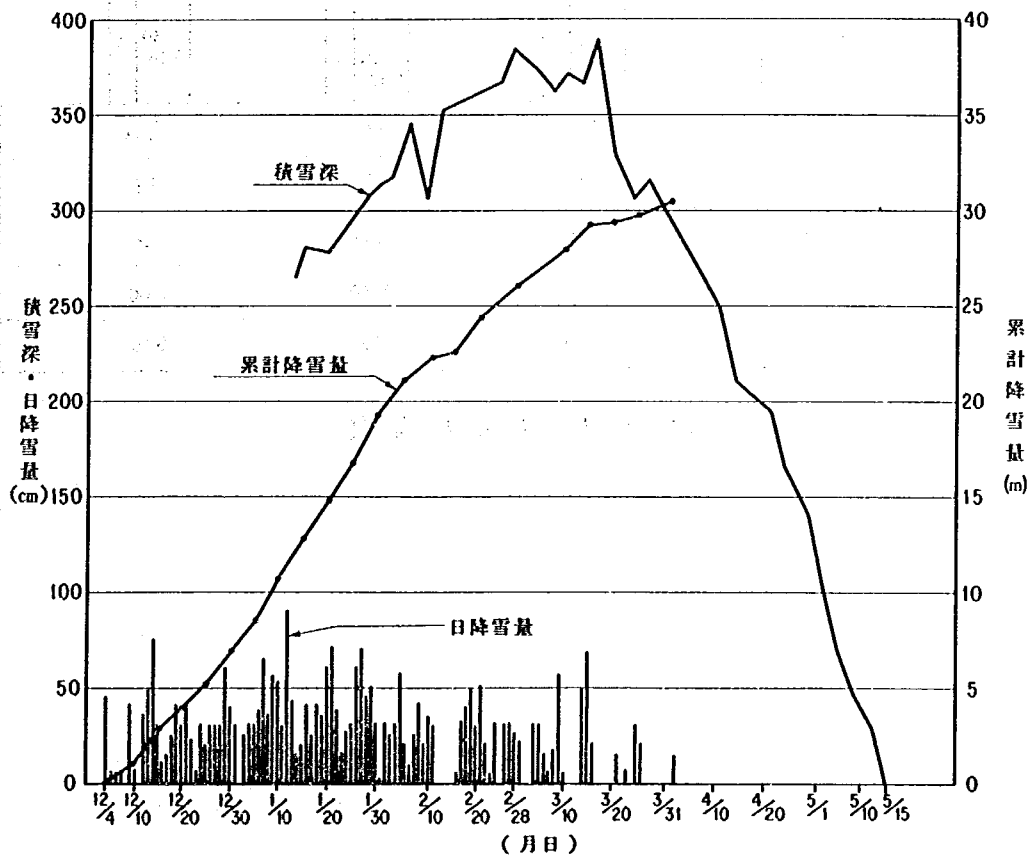


図 4.29 積雪関係図 (積雪深は模型道路上)

(2) 積雪層の状況

実験地における経過日数と積雪深および雪質の関係を図 4.30 に示す。

(3) 防護柵にかかる応力測定結果

荷重の測定は、昭和55年12月24日から昭和56年5月15日まで実施した。各防護柵の部材に働いた応力と積雪状況の経日変化を図 4.31～41 に示す。

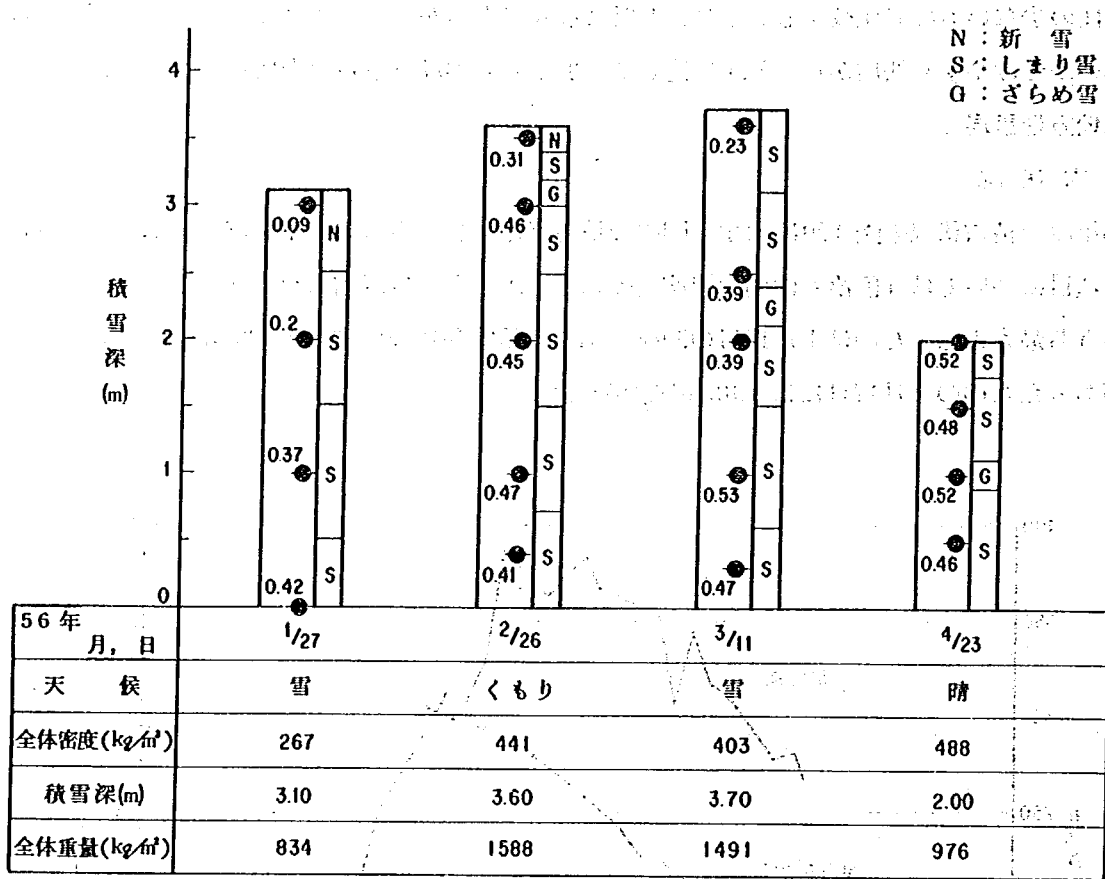


図 4.30 積雪深と雪質

① 防護柵支柱の沈降力と水平力

ガードレールの法肩より 1.0 m は特定観測時の断面掘削及び排雪作業の影響を受けた。

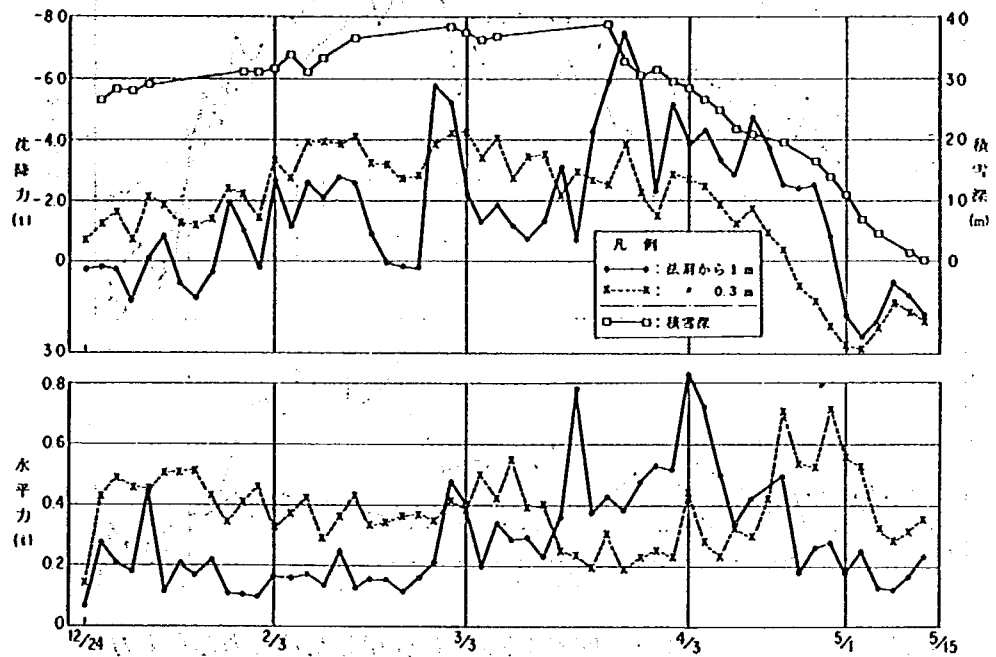


図 4.31 ガードレール支柱 (間隔 2 m) に作用した沈降力と水平力

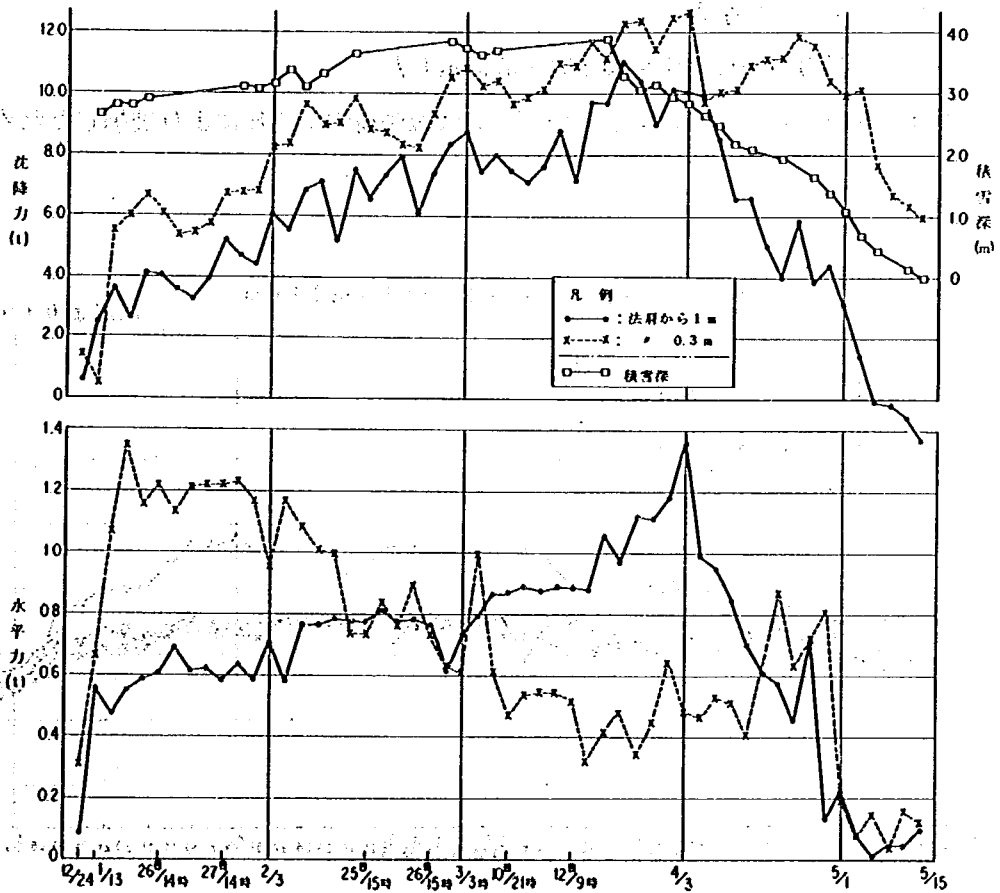


図 4.32 ガードケーブル支柱 (間隔 4 m) に作用した沈降力と水平力

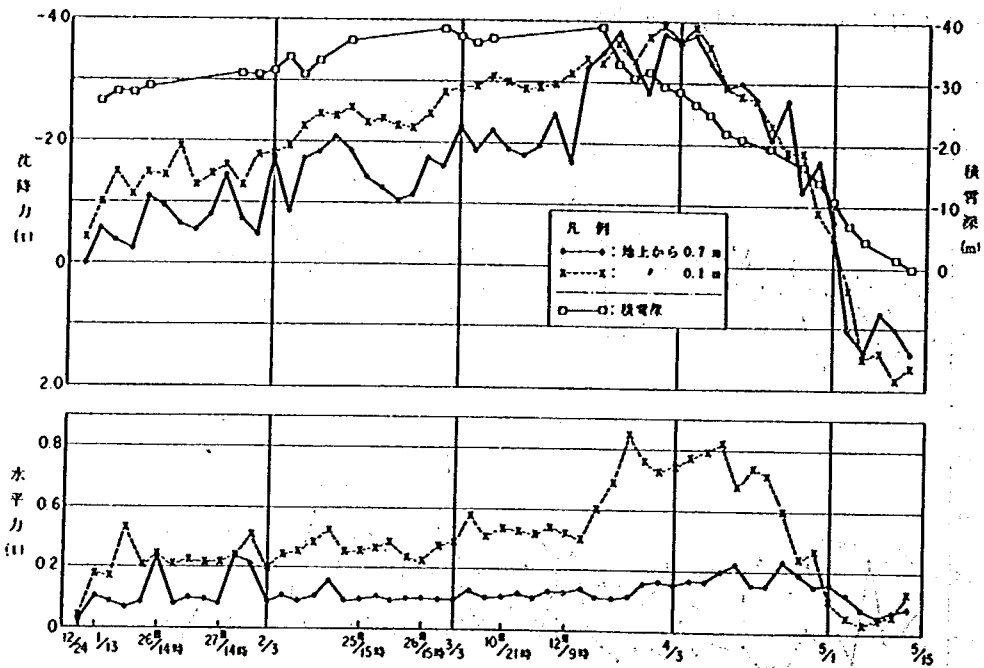


図 4.33 ガードパイプ支柱（間隔 1.5 m）に作用した沈降力と水平力

② ガードケーブル（ロッド）の張力

ガードケーブルのロッド張力の経日変化を図 4.34～37 に示した。

ガードケーブルのロッドのうち最上部のロッドのゲージは観測途中に雪圧により破損したため、欠測となった。

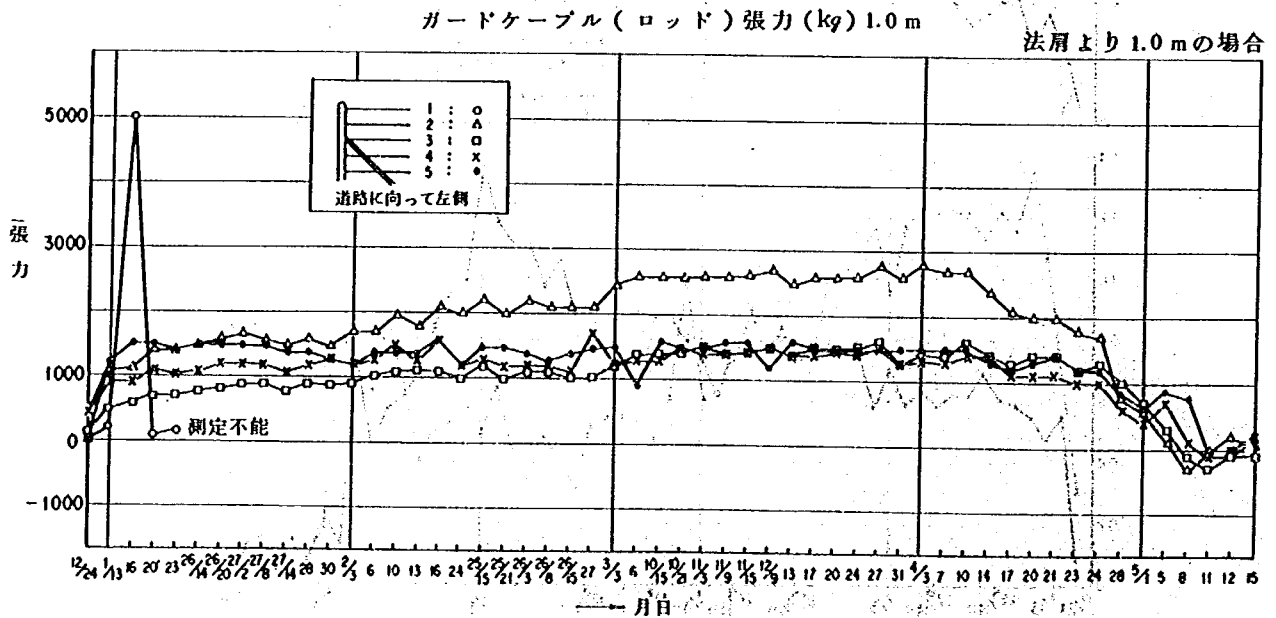


図 4.34 ガードケーブル（ロッド）張力

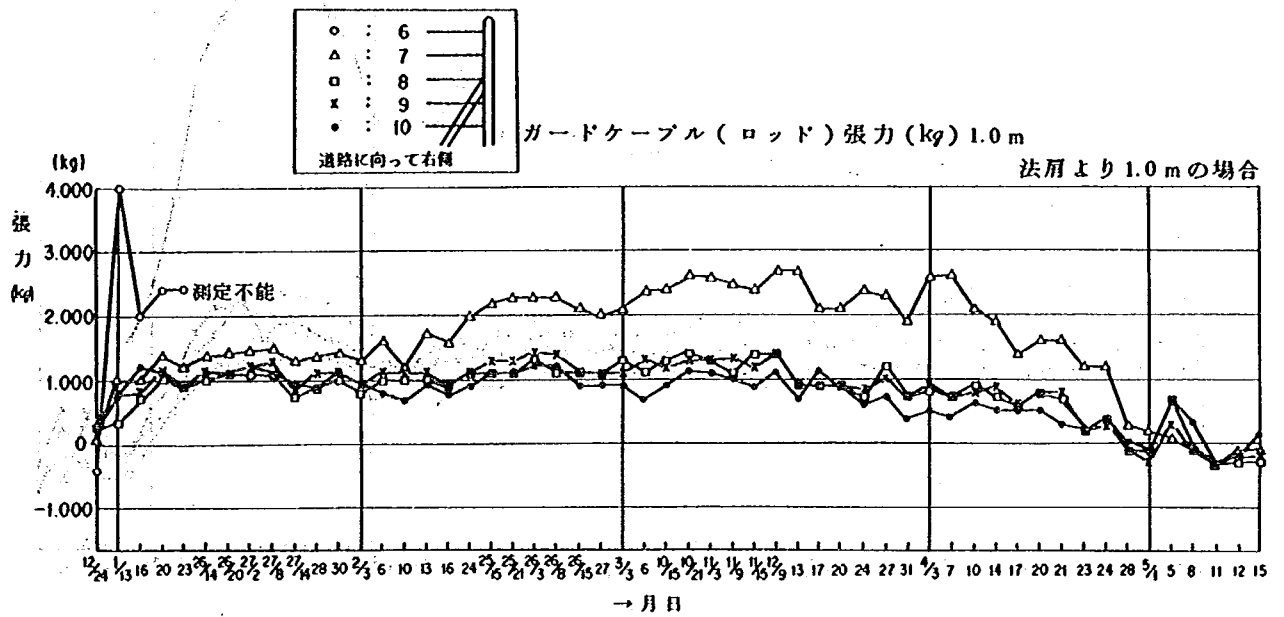


図 4.35 ガードケーブル(ロッド)張力

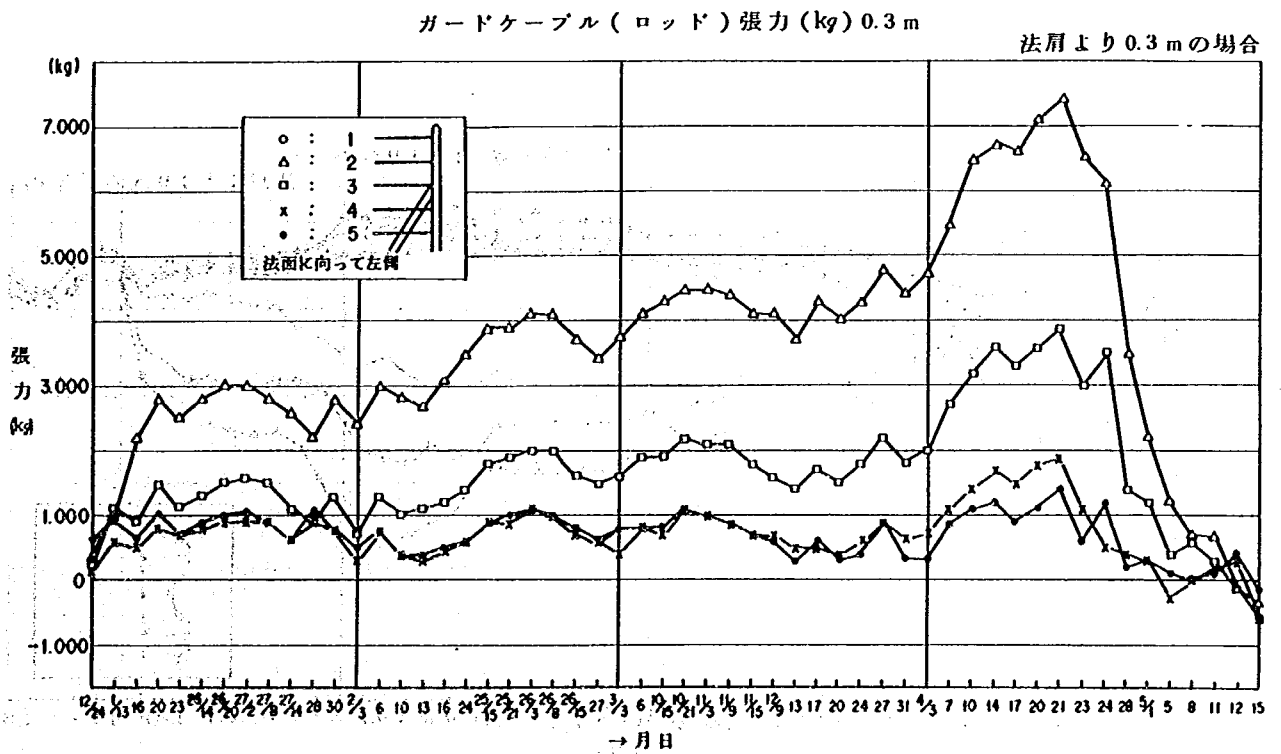


図 4.36 ガードケーブル(ロッド)張力

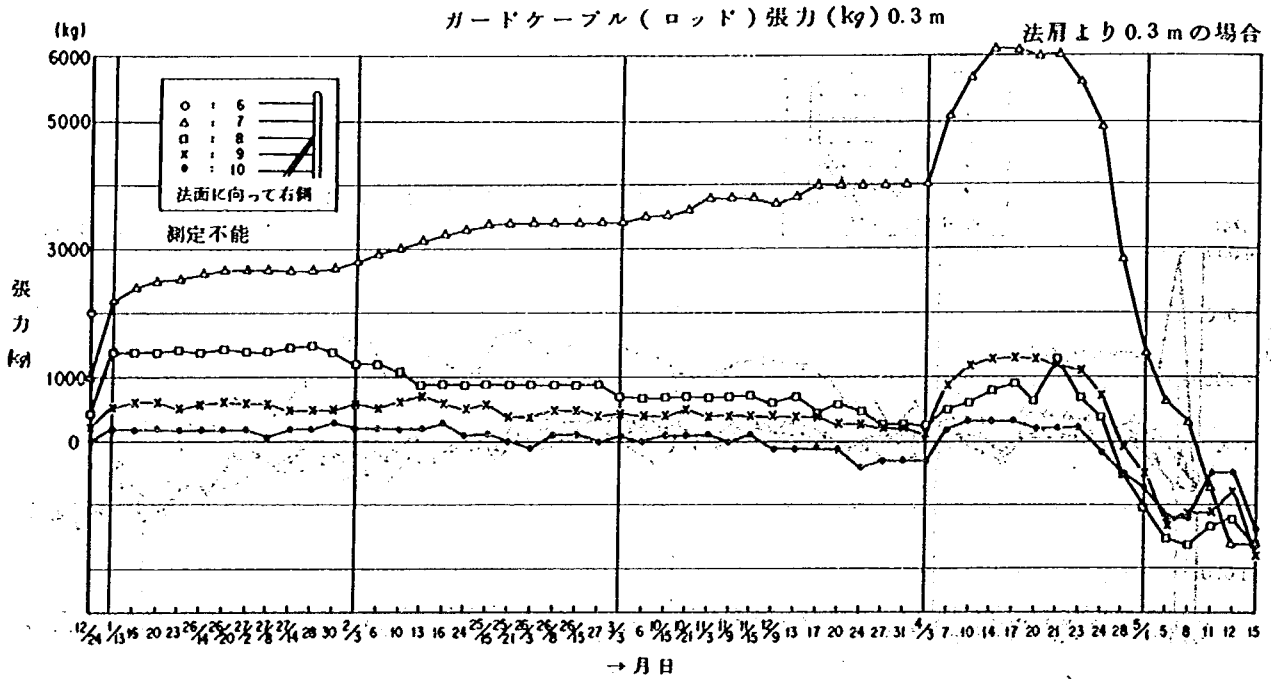


図 4.37 ガードケーブル(ロッド)張力

③ ガードレール(ビーム)の応力度

ガードレールのビームの応力度の経日変化状況は図 4.38~41に示した。

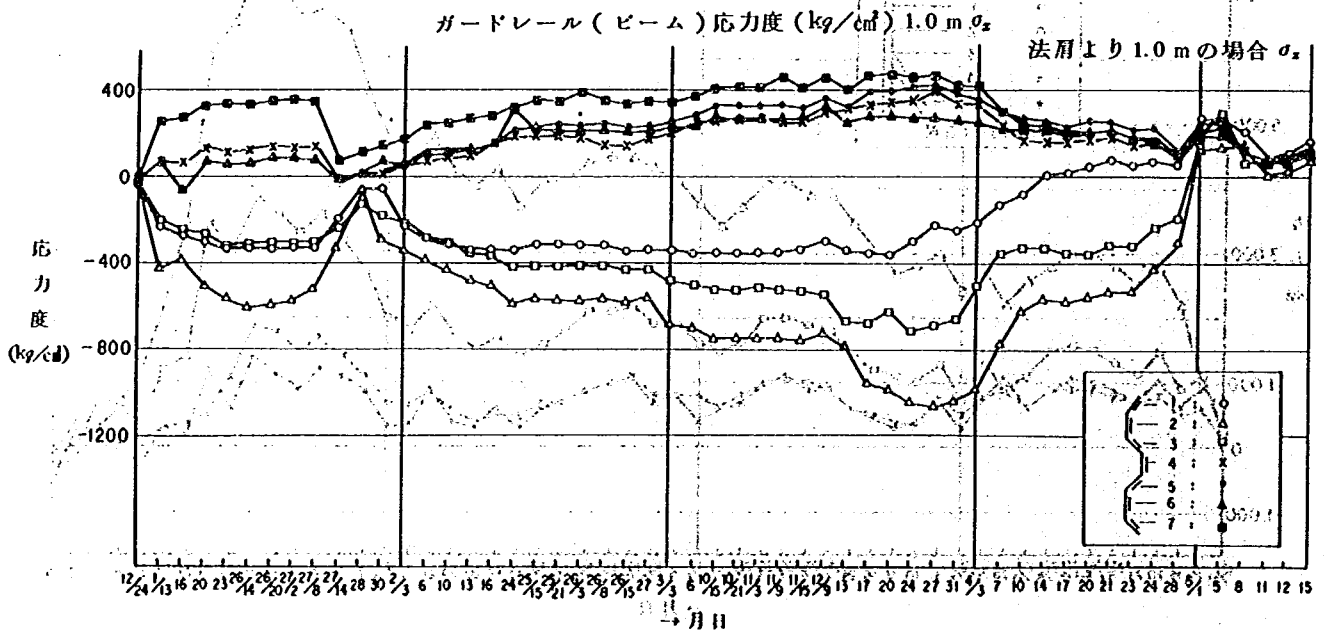


図 4.38 ガードレール(ビーム)応力度

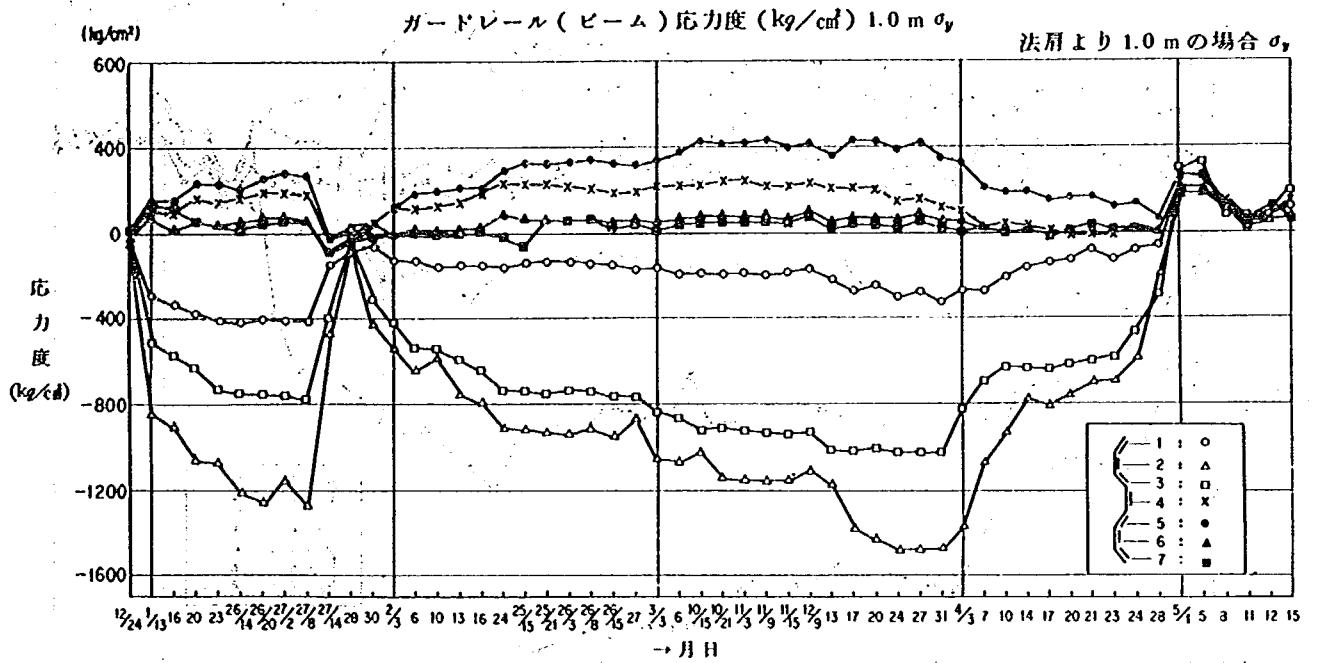


図 4.39 ガードレール(ビーム)応力度

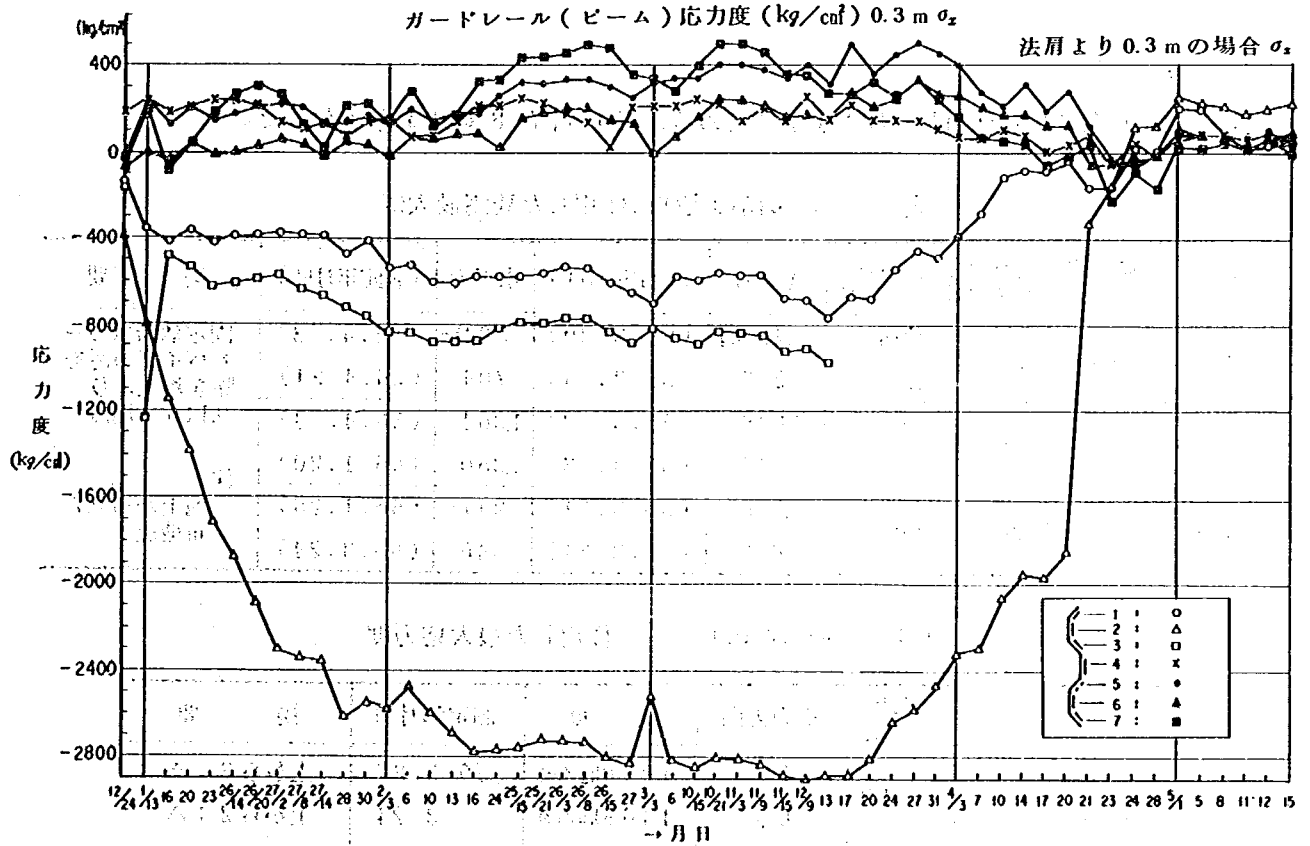


図 4.40 ガードレール(ビーム)応力度

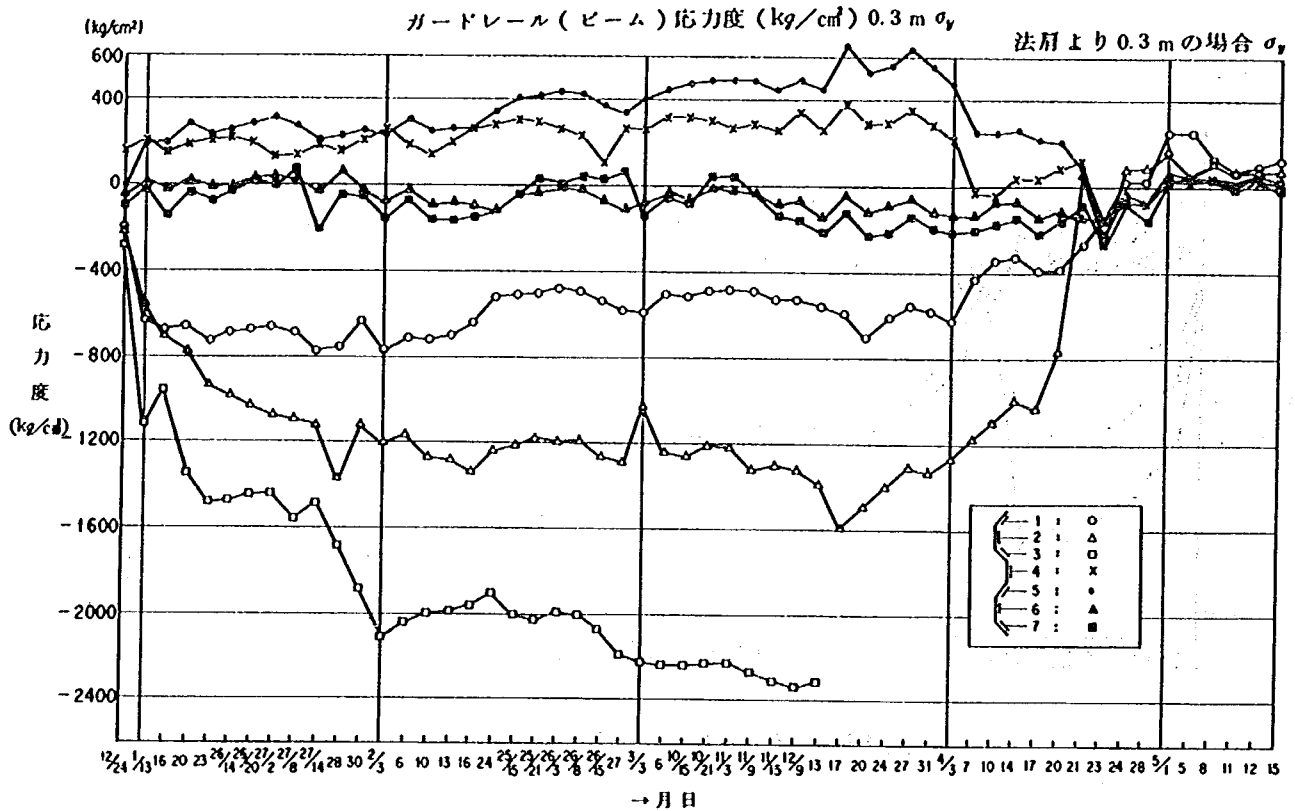


図 4.41 ガードレール(ビーム)応力度

(4) 結果の考察

実験結果から各部材に作用した最大値をまとめると表 4.6, 7, 8 のとおりとなった。

表 4.6 防護柵の支柱に作用した観測最大値

種別	防護柵高さ	支柱間隔	法肩からの距離	沈降力 (測定年月日)	水平力 (測定年月日)	摘要
ガードレール	0.8m	2.0m	1.0m	7,465kg (56.3.20)	824kg (56.4.3)	固定箇所はガードパイプの汚を除き地上より0.116m地点
			0.3	4,258 (56.3.3)	704 (56.4.21)	
ガードケーブル	1.0	4.0	1.0	11,008 (56.3.2)	1,364 (56.4.3)	注) 地上から0.7m地点
			0.3	12,644 (56.4.3)	1,350 (56.1.20)	
ガードパイプ	1.0	1.5	1.0	3,775 (56.3.31)	247 (56.1.26)	
				3,896 (56.3.31)	646 (56.3.24)	

表 4.7 防護柵のビームに作用した最大応力度

法肩からの距離	応力方向	応力度	測定年月日	摘要	
ガードレール(ビーム) 最大応力度	1.0	6x	1050kg/cm ²	56 3 27	上から2:Δ
	1.0	6y	1463kg/cm ²	3 24	上から2:Δ
0.3	6x	2904kg/cm ²	3 12	上から2:Δ	
	6y	2331kg/cm ²	3 12	上から3:□	

積雪深と沈降力との関係は図 4.32～33に示すとおり、比例関係にあるのではなく、雪のしまりによって生ずる力に大きく左右されるようである。このため時期的にいても雪がしまり雪に変態する3月中旬以降から4月上旬にかけて大きい沈降力が発生する傾向が各防護柵に共通してみられる。

ガードケーブルのロッドの張力は図 4.34, 35から最上段のものに大きい力が発生（一部のみ測定）しているが、下方の3段については張力はほぼ同じ程度しかかかっていない。ガードレールのビームの応力は図 4.39, 40に示すようにビーム上段の鉛直部と斜方部（-2, -3）に作用する圧縮力（ σ_x, σ_y ）の大きいことがわかる。

4.2 動的応力実験

4.2.1 実験方法および測定項目

本実験は、路面に10～15cmの積雪になった状態で、除雪作業によって除雪車の種類別に防護柵の支柱に作用する荷重を測定するもので、その概略方法を図 4.42に示す。

なお、実験場所は図 4.2に示す静的雪圧実験場所で行った。

測定項目 ① ガードレールおよびガードケーブルの支柱に作用する側圧力。

② 除雪作業直前における堆雪形状。

4.2.2 実験結果

除雪グレーダと除雪トラックの2機種によって、堆雪深(H)および堆雪幅(W)等の諸条件に基づいて防護柵の支柱にかかる側圧力の測定をした。

その結果を表 4.9に示す。

また実験中で最も堆雪深の大きい(H=1.4m)場合における堆雪幅と側圧力との関係を図 4.43に示す。

表 4.8 ガードケーブル(ロッド)に作用した最大張力

区分	最大引張力	測定年月日
1.0 m	2833kg	56.4.3
0.3 m	7468kg	56.4.21

H = 堆雪深
W = 堆雪幅

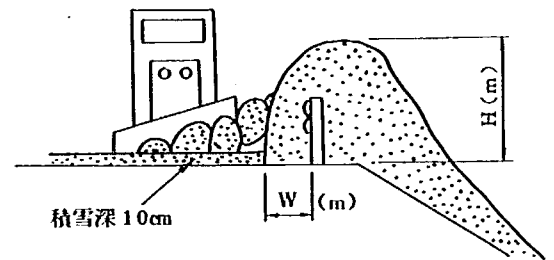


図 4.42 実験方法

表 4.9 支柱にかかる側圧力測定結果

除雪車種	防護柵種	H \ W		0 (m)	1.3 (m)	1.4 (m)	
		0 (m)	0.5	1.0	ザラメ雪	しまり雪	新雪
除雪 グレーダ (10km/H)	ガードレール	0 (m)	0.5	1.0	253kg	207kg	283kg
		0	0.5	1.0	—	130	48
		0	0.5	1.0	—	*130	0
	ガードケーブル	0	0.5	1.0	109	67	209
		0	0.5	1.0	—	79	43
		0	0.5	1.0	—	*53	0
除雪 トラック (20km/H)	ガードレール	0	0.5	1.0	327	130	260
		0	0.5	1.0	—	96	144
		0	0.5	1.0	—	0	0
	ガードケーブル	0	0.5	1.0	364	71	410
		0	0.5	1.0	—	71	55
		0	0.5	1.0	—	0	0

*の値は除雪グレーダが雪堤に直接接した場合の値である。

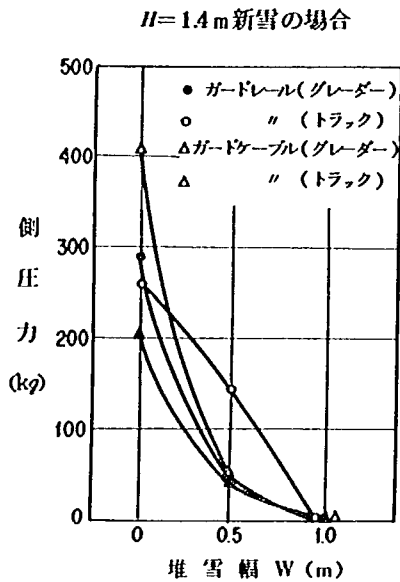


図 4.43 堆雪幅と側圧力の関係

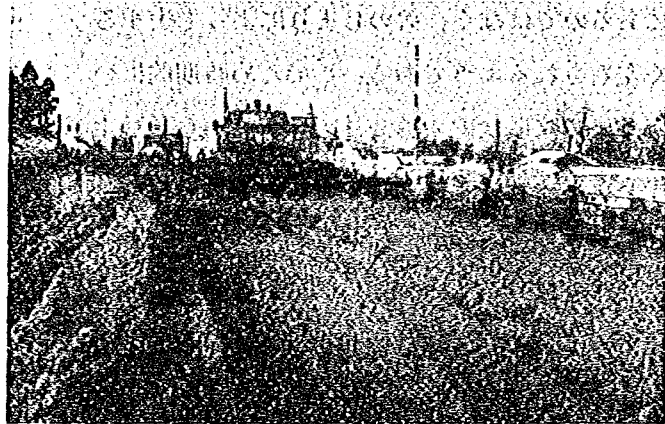


写真 4.3 除雪トラックによる実験風景

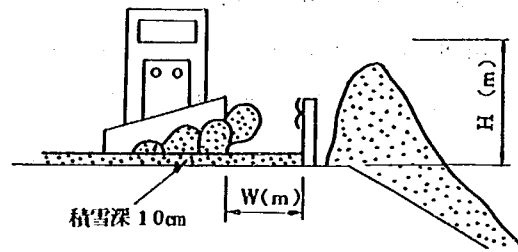


図 4.44 H = 0 m の状態

注) H = 0 m とは、支柱の法肩側の雪を完全に取り除き、堆雪による静的荷重を受けない状態をいう。

4.2.3 結果の考察

表 4.9 および図 4.43 の結果から次のことが言える。

(1) 除雪車と防護柵との堆雪幅 W が広がるほど側圧力は何れのケースでも減少する傾向がみられる。

(2) 堆雪幅 W が 1.0 m 程度になると除雪車の影響は全くみられない。

(3) 堆雪深 H と側圧力の関係は、データ数が少ないためか ($H = 1.3\text{m}$ と 1.4m のみ) あまり明瞭に現われていないが、 H の増大に伴って側圧力も増加する傾向が一部にみられる。(表 4.9)

(4) 静的荷重に較べ小さな値であった。したがって、幅員がある程度広い幹線道路における除雪方法では、除雪車による側圧力はあまり問題とはならないと考えられる。

しかし、幅員の狭い道路の除雪作業では、除雪ドーザや V プラウ付除雪トラック等が使用されるケースも多い。これは、堆雪幅 (W) = 0 m の状態に近いものであり、さらに、路面上に降り積った多量の雪を一度に押し出すような除雪方法時には、大きな側圧力が防護柵にかかるものと思われる。

4.3 各種形状別の桁に作用する雪圧実験

4.3.1 実験目的

積雪中の構造物は、その形状、設置によって雪圧荷重(沈降力)が大きく左右されることから、ここで

は、雪圧による構造物の形状係数および深度係数等を解明し、有効的な防護柵を開発するための資料を得ることを目的とし、実施したものである。

4.3.2 実験場所

新潟試験所構内

4.3.3 装置の概要

装置は1 mスパンの4 mものを使用し、その中間の支柱にロードセルを取付け、それぞれの桁（組合せは表 4.10 に示す）に作用する沈降力を測定するものである。

なお、施設の設置状況および設置方法は写真 4.4, 5, 6, 7, 図 4.45, 46 に示した。

表 4.10 実験装置の数および設置状況

設置高さ (地上から: mm)	丸形(パイプ)							四角										
		700	700	400	1000	1300	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
受圧幅 (mm)	20	50					80	100	20	50	100	200	50	100				
頂角 (度)												90°	30°	45°	60°	90°	120°	
計	7 ケ							4 ケ				6 ケ						

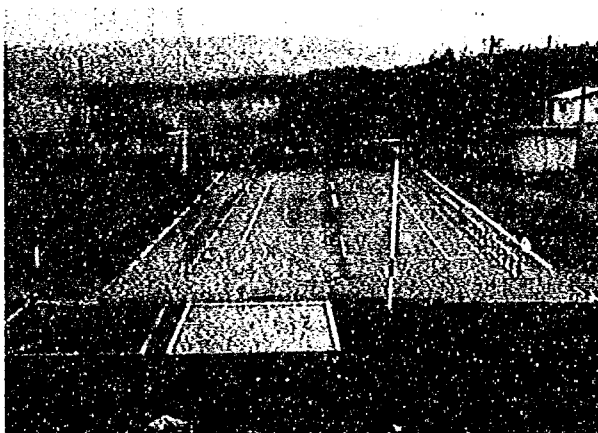


写真 4.4 全 景

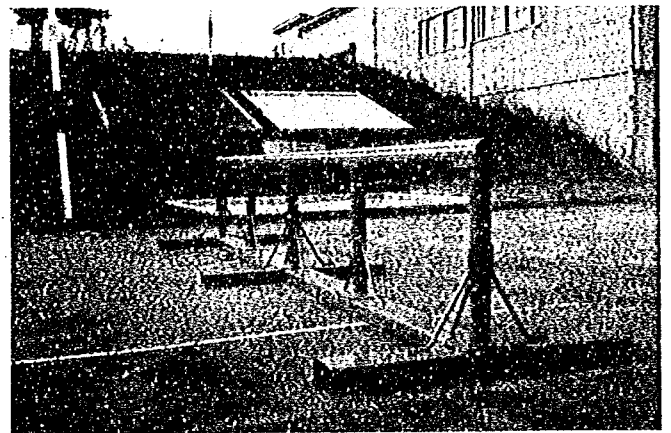


写真 4.5 丸パイプ(径: 80mm, 設置高さ: 70cm)

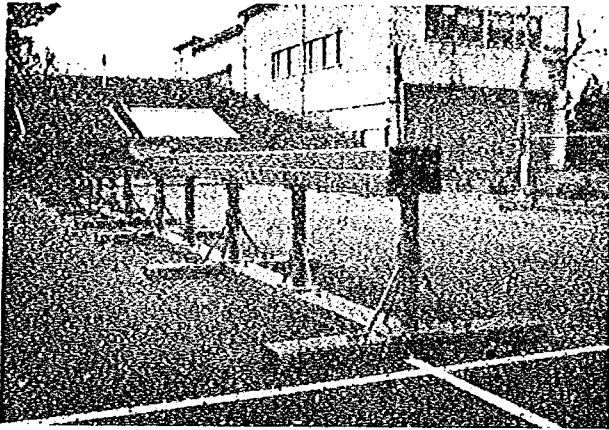


写真 4.6 四角（巾；20cm，設置高さ：70cm）

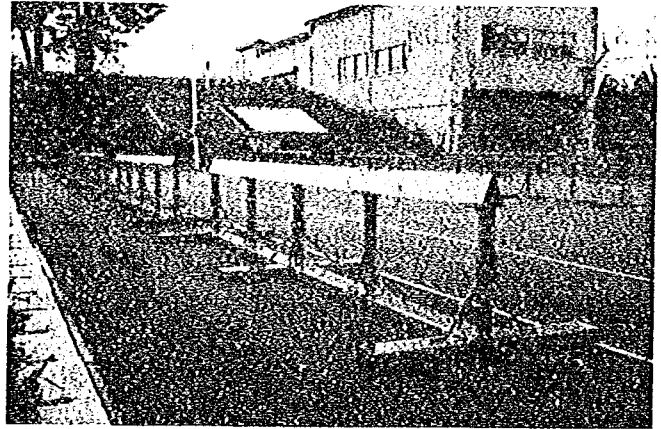


写真 4.7 三角（巾；10cm，角度：45度，設置高さ，70cm）

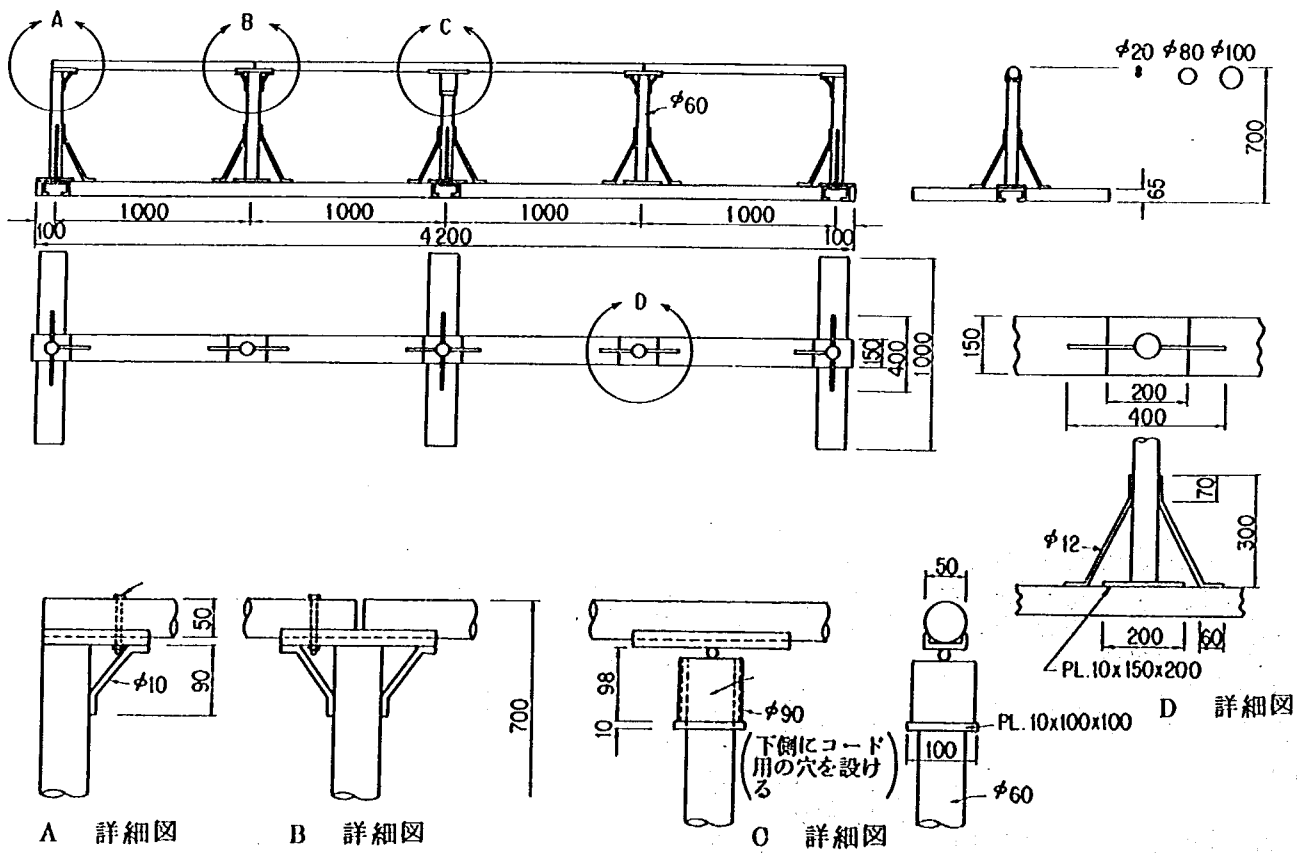
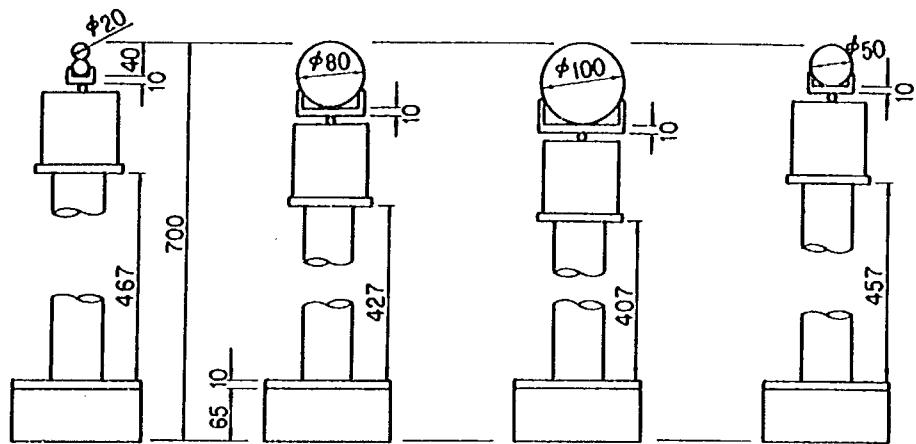


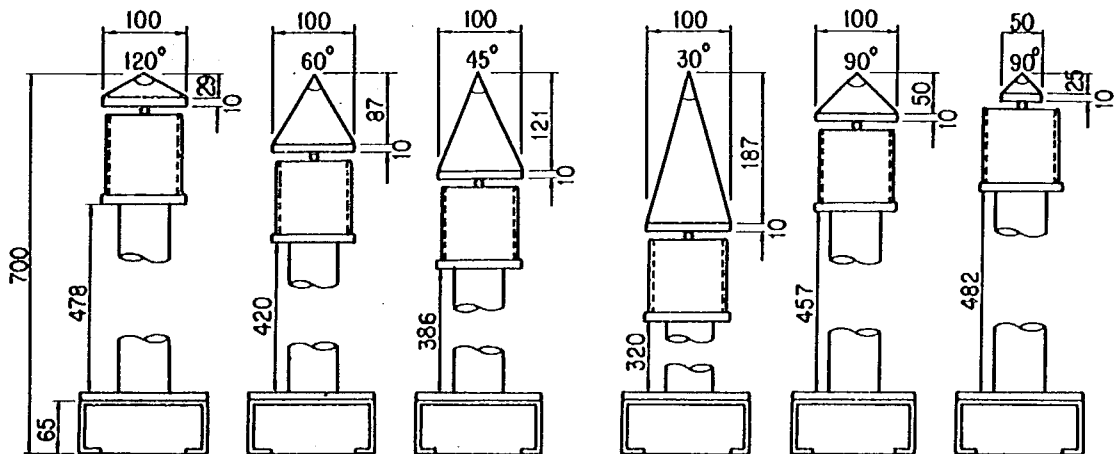
図 4.45 取付方法（単位：mm）

〔丸材〕



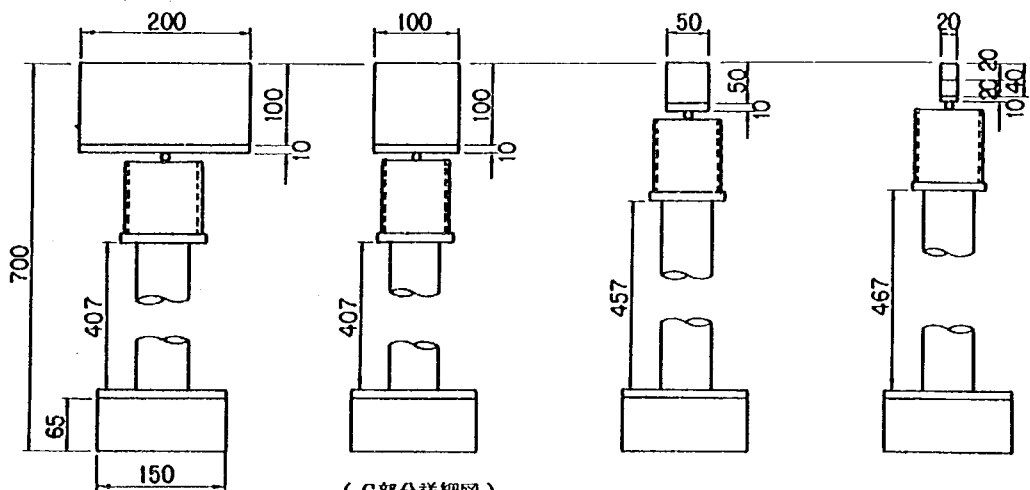
(C部分詳細図)

〔三角材〕



(C部分詳細図)

〔四角材〕



(C部分詳細図)

図4.46 部材詳細図

4.3.4 測定項目

歪測定（2回/週），積雪深，密度観測（1回/月），その他について行った。

4.3.5 測定結果および考察

各種形状の桁に作用する沈降力として，高さ70cm，断面形状が10×10cmの四角形に作用する値を基準として，形状別による沈降力（最大値）の比を表わしたのが図4.47である。

その結果，断面形状が三角形の場合，頂角が大きくなると沈降力も大きくなる傾向がある。しかし，頂角が90°と120°に関しては特に差は認められない。断面形状が四角形の場合，受圧巾が2, 5, 10 cmの順に沈降力も大きくなっているが，20cmの場合は，受圧巾10cmのものとはほとんど差がなかった。断面形状が円形の場合，直径が2, 5, 8cmにおいては，大きな差は認められないが，直径10cmの場合は，それ以下のものに比べ大きな沈降力が作用した。次に，断面形状の違いによる沈降力を同一受圧面積（投影面積）により比較すると，一部を除いて四角形に作用する沈降力に比べ円形および三角形は小さくなる傾向がある。

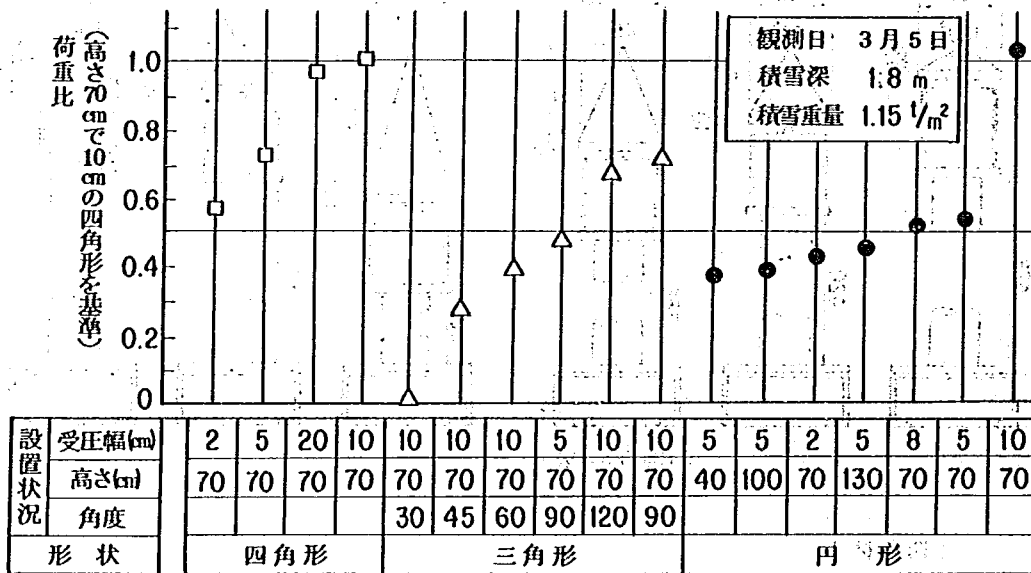


図4.47 形状別の荷重比

4.4 雪圧実験のまとめ

積雪中の構造物（ガードレール，ガードケーブル等）が受ける力は，雪質形状および積雪状況等により異なり単純ではない。このため，昭和54年度より積雪中の構造物が受ける雪圧特性を把握するため，①静的雪圧実験，②動的雪圧実験（除雪車による），③各種形状による雪圧実験等を，北陸地建，東北地建の協力により行ってきた。その結果をまとめると次のとおりである。

4.4.1 静的雪圧実験

積雪によりガードレール，ガードケーブルが受ける雪圧は，雪質および積雪状態等により異なる。このため，自然積雪状態と堆雪状態での雪圧特性の違いおよび，湿雪地域と乾雪地域での雪圧特性の違いにつ

いて調査し、雪質および積雪状態と雪圧の関係を解明した。

(1) 標準尺に作用する沈降力と積雪重量の関係

標準尺(図4.4(d)参照)に作用する沈降力を土研(自然積雪), 東北地建(自然積雪および堆雪), 北陸地建(自然積雪および堆雪)の三機関において測定した結果から積雪状況と沈降力の関係を求めると図4.48のとおりとなった。

この図より、標準尺に作用する沈降力と積雪重量の関係は多少バラツキが見られるが、相関関係にあることが認められた。また、標準尺に作用する沈降力と積雪重量の関係式を求めた結果

$$y = 1.47x - 346.8 \quad \text{----- (5)}$$

y : 標準尺の沈降力 (kg/m)

x : 積雪重量 (kg/m²)

の式が得られた。

(2) 防護柵に作用する沈降力と積雪重量の関係

4.1.2で述べたように、ガードレール, ガードケーブルに作用する沈降力は積雪重量に比例して増加する。そこで、土研(自然積雪), 北陸地建(現道), 東北地建(自然積雪)の三機関で測定した積雪重量と沈降力の関係をガードレール, ガードケーブル別に示したのが図4.49である。この図より、積雪重量が増加すると沈降力は増加する, いわゆる比例関係にあるが同じ積雪重量でも地域および積雪状況により作用する沈降力は異なり, 積雪重量により沈降力を推定するためには, 地域および積雪特性を加味する必要がある。

また、図中には前項で求めた標準尺に作用する沈降力と積雪重量の関係式(5式)を示すと、ガードレールおよびガードケーブルに作用する沈降力と比較した場合、一部を除いて標準尺に作用する沈降力は大きくなる傾向が認められる。

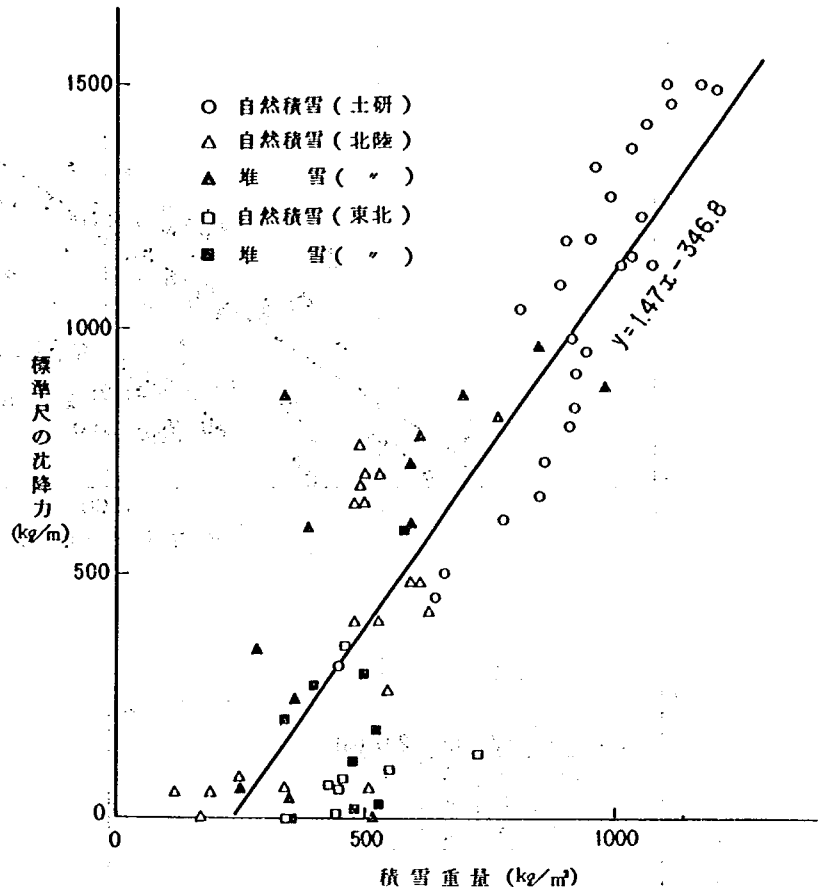


図4.48 各機関で得られた標準尺による沈降力と積雪重量の関係

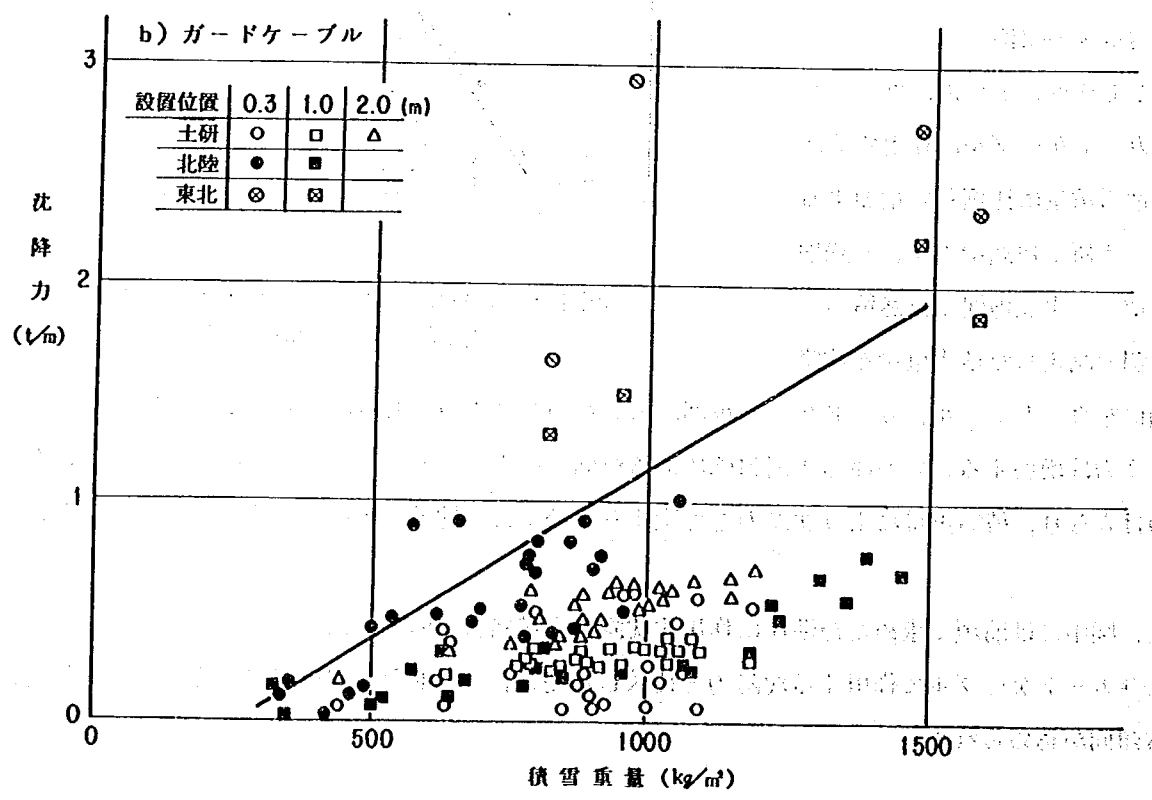
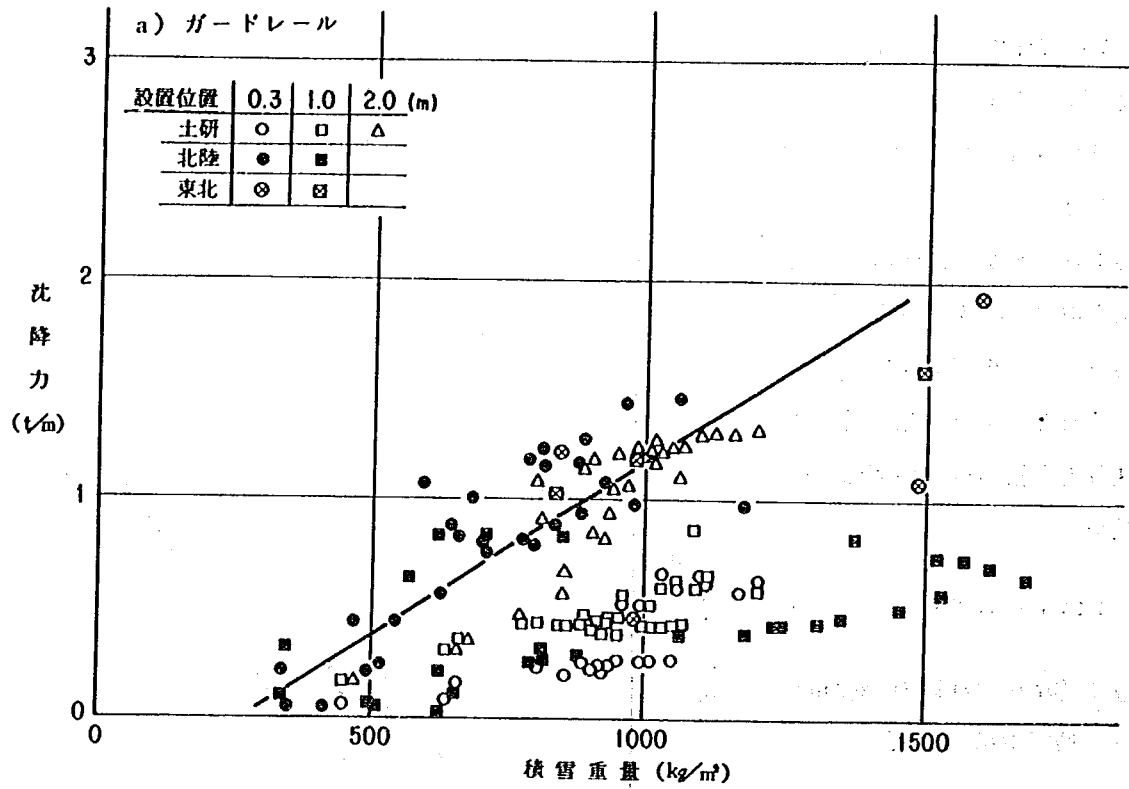


図 4.49 三機関含めた防護欄の沈降力と積雪重量の関係

(3) ビームの応力およびロッドの張力

積雪中のガードレールのビームは、雪が直接載荷するため、大きな応力が発生する。ビームに発生する応力度を測定した結果、ビームの上部には圧縮の応力、下部には引張の応力が発生し、上部に発生する応力度は絶対値で下部より大きくなる傾向がある。特に、2、3断面に発生する応力度は大きく約3,000 kg/cm程度になることもあった。

ガードケーブルの場合は、ガードレールのビームと同じようにケーブルに雪が直接載荷するため、ケーブルの軸方向に大きな応力が発生する。ケーブルの張力を測定した結果、最上段のケーブルに作用する張力が最も大きく、その次が二段目となり下のケーブルほど張力は小さくなる傾向がある。また、最上段のケーブルに作用する張力は、自然積雪の場合、積雪重量に比例して張力は増加することが認められた。しかし、現道のように雪の積り方が一様でない場合には、堆雪状況によりケーブルに作用する張力は大きく変化する傾向があった。

(4) 水平力

盛土箇所に設置される防護柵は、斜面積雪のグライドにより斜面側に引張られるため、防護柵には横に移動しようとする力（水平力）が作用する。現道および自然積雪で防護柵に作用する側圧を測定した結果、雪質および堆雪状況等によりかなりのバラツキが見られ、一般的傾向を把握するまでには至らなかった。

(5) 支柱の曲げモーメント

支柱に作用する曲げモーメントは側圧と同様、防護柵に作用する横方向からの雪圧の影響を測定した。曲げモーメントは自然積雪状態でしか測定しなかったが、設置位置がのり肩より0.3 mの場合、位置が1.0 m、2.0 mの場合に比べグライド力（斜面積雪）の影響はガードレール、ガードケーブルとも小さかった。この原因として、設置位置が0.3 mの場合、防護柵上の積雪層にクラックが発生したため、斜面積雪のグライドによる影響が軽減されるものと思われる。なお、設置位置が1.0 m、2.0 mの場合、防護柵上の積雪層にはクラックの発生は認められなかった。また、曲げモーメントは積雪重量と相関関係にあり、積雪重量が大きくなると曲げモーメントも大きくなる傾向があった。

(6) 最大積雪深と最大積雪重量（最大堆雪重量）の関係

土研、東北地建、北陸地建の三機関で観測した現道（堆雪）および自然積雪状態での年最大積雪深と年最大積雪重量の関係を示したのが図4.50である。この図より、堆雪および自然積雪とも積雪深が増加すると積雪重量も増加し、かつ同じ積雪深の場合、現道（堆雪）での積雪重量は自然状態におけるものより大きくなるのがわかる。

積雪重量はガードレール、ガードケーブル等に作用する雪圧と相関関係にあるため、防護柵の設置計画地域の最大積雪重量を把握しておく必要がある。しかし、一般に積雪深のデータは比較的簡単に入手できるが、積雪重量に関しては非常に困難である。そこで、このような場合には最大積雪深により最大積雪重量を推定し、設計積雪重量を求める必要がある。

なお、参考として図中に自然積雪状態での最大積雪深と最大積雪重量の関係について、宮田他（文献3参照）が求めた直線式を併記した。

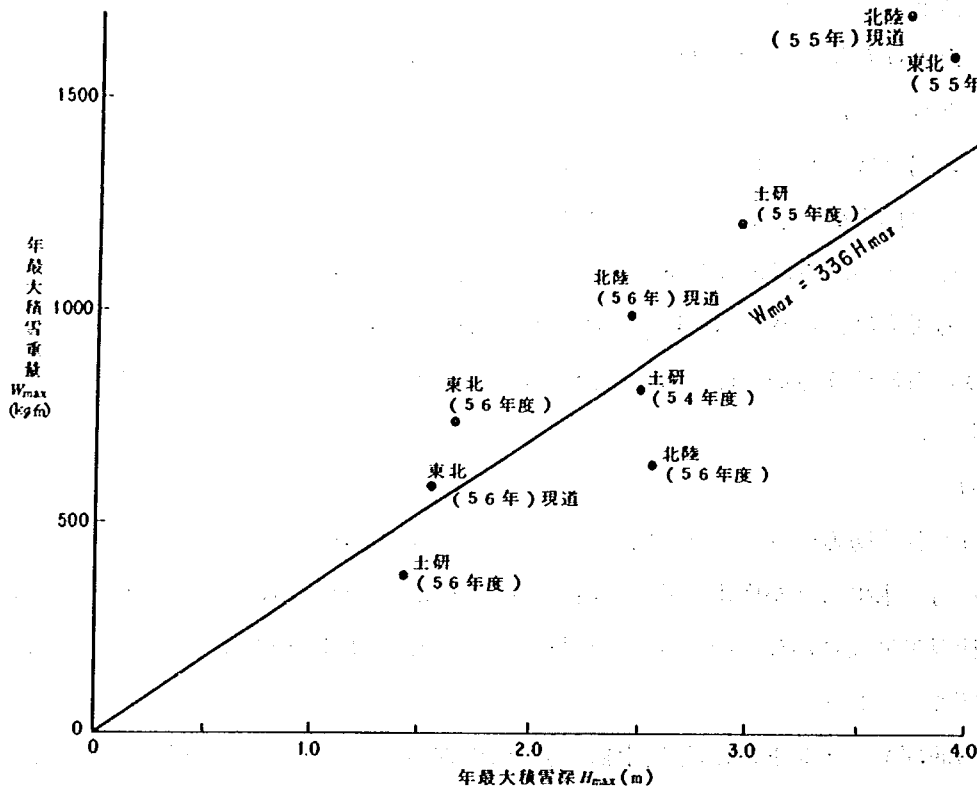


図 4.50 年最大積雪重量と年最大積雪深との関係

4.4.2 静的荷重と動的荷重の比較

静的荷重に比べ、動的荷重は全体的に小さな値であった。したがって、幅員がある程度広く幹線道路のような場合で、かつ現状の除雪方法では、除雪車による側圧力はあまり問題とはならないものと考えられる。しかし、道路幅員が狭く、除雪ドーザやVプラウ付除雪トラック等で除雪しているところでは降り積った多量の雪を一度に押し出すような方法がとられる場合が多いので、大きな側圧力が防護柵にかかるものと思われる。

4.4.3 桁形状と雪圧の関係

積雪中の桁構造物が受ける沈降力は、形状、受圧幅および設置高さ等により異なり一様ではない。このため、今回形状、受圧幅および高さの異なる桁構造物により雪圧実験を行った。その結果、円形および三角形の桁は四角の桁に比べ、受ける雪圧は少なく、雪圧の軽減方法として有効な断面形であることがわかった。

現在、形状が特に規定されていない歩行者横断抑止柵等に円形および三角形の桁部材を使用することにより、雪圧の軽減は図れるものと思われる。しかし、実際の運用にあたっては歩行者の安全性、景観性および加工性等についても検討する必要がある。また、現在使用されているガードレール、ガードケープル等の防護柵は「防護柵設置要綱（文献-4）により、形状、高さ等が規定され標準化されているが、今後新

しいタイプの防護柵を開発する場合には歩行者横断抑止柵と同様、雪圧の軽減化を図る部材の使用および構造を採用することも必要となろう。

第 5 章 防護柵部材強度確認実験

5.1 実験概要

積雪寒冷地における防護柵は、積雪の沈降力、斜面雪圧等により支柱の沈下、倒れ、ブラケットの変形、取付ボルトの破断、ビームの変形などの被害が多発し、年々、補修費用が多額になっている。

本実験は現在使用されている防護柵（ガードレール、ガードケーブル、ガードパイプ、ボックスビーム）の標準部材、および若干補強等を行った改良部材の最大耐力を確認し、積雪寒冷地における防護柵選定の1資料とするため、部材の強度確認室内実験を行い、また一方で理論的なチェックを試みたものである。

実験月日 昭和56年9月1日～11日

実験場所 建設省土木研究所

5.2 実験方法

5.2.1 供試体

供試体は防護柵設置要綱（文献4）に示されている防護柵の標準部材および積雪荷重を考慮して改良強化した部材を選び実験を行った。図5.1～図5.8に供試体の種類および形状を示す。また表5.1にガードレールのビームの断面試元を示す。

表 5.1 ビームの断面諸元（参考値）

項目 種別	板厚 (mm)	コルゲーション d (mm)	断面積 (cm ²)	断面2次モーメント I (cm ⁴)	断面係数 Z (cm ³)	重心位置 e (cm)	上端角度 α(°)
A 種	4.0	75	18.7	I_x 123 I_y 1990	Z_x 28.3 Z_y 114	4.43	125
B 種	3.2	50	13.1	I_x 41.6 I_y 1420	Z_x 13.8 Z_y 81.1	3.02	136
C 種	2.3	50	9.4	I_x 29.8 I_y 1020	Z_x 10.0 Z_y 58.3	2.97	136

※ビームは全て標準型
A種($t=4.0$) B種($t=3.2$) C種($t=2.3$)

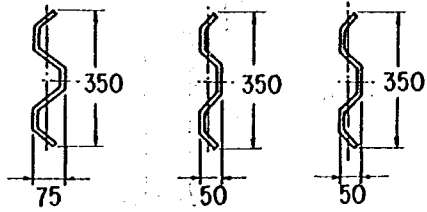


図 5.1 ガードレールビーム断面

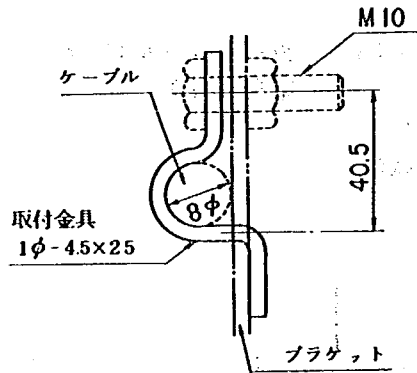


図 5.4 ケーブル取付金具

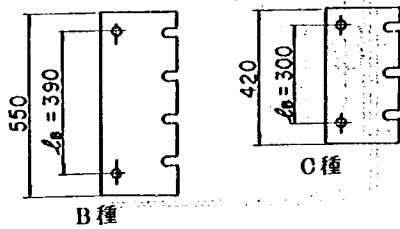


図 5.6 ピン式ブラケット
側面図

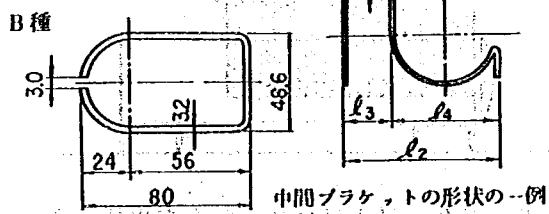
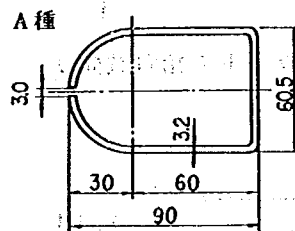


図 5.7 ガードパイプ継手用ブラケット

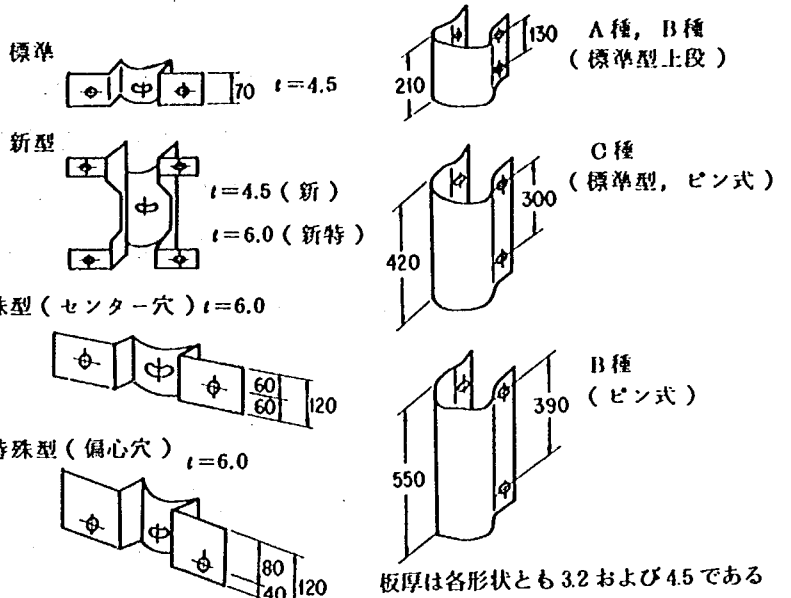


図 5.2 ガードレールブラケット

図 5.3 ガードケーブル
ブラケット

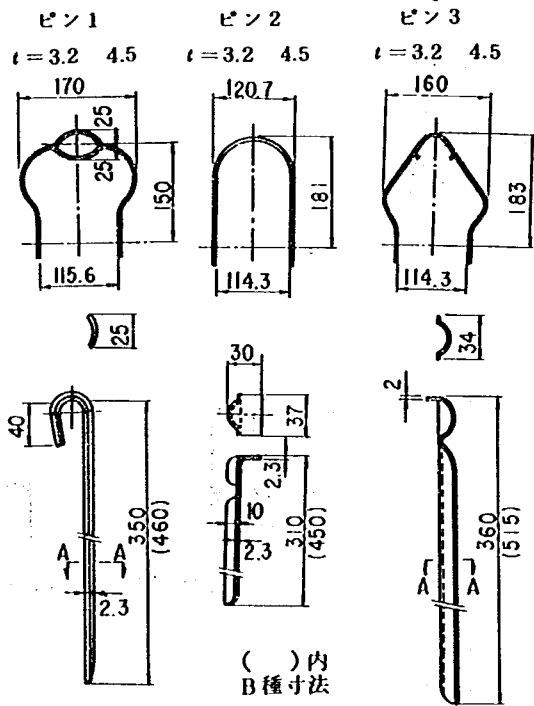
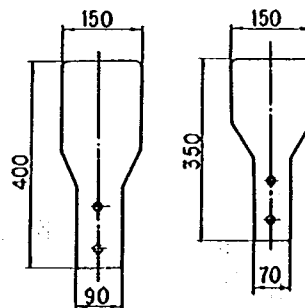


図 5.5 B種, C種ピン式ブラケットおよびピン



A種 $t=4.5$ 6.0
B種 $t=4.5$ 6.0

図 5.8 ボックスビーム
パドル

5.2.2 載荷方法

実験は供試体を治具に取付け、実際の設置状態に近似させ R U 型万能材料試験機（東京衡機製）により載荷し、供試体の変位を測定した。載荷範囲は原則として破断荷重までとし、載荷方向は鉛直と水平とした。供試体は原則として 1 条件 3 体とし、図 5.9～図 5.21 に載荷方法を示し、表 5.2 にに供試体の種類と実験数量を示す。

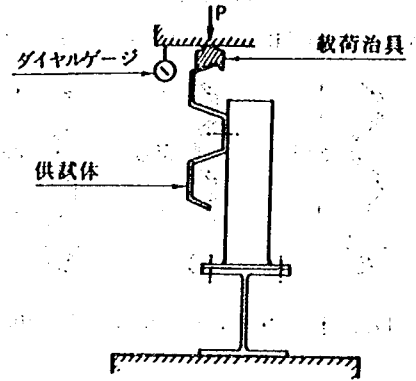


図 5.9 ガードレールビーム
(鉛直載荷)

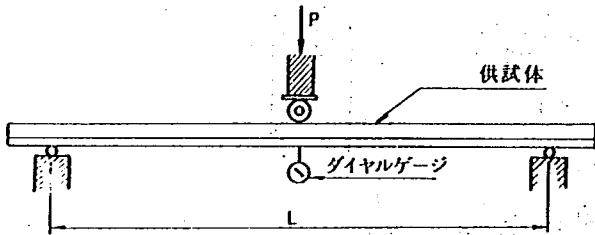


図 5.10 ガードレール
ビーム (水平載荷)

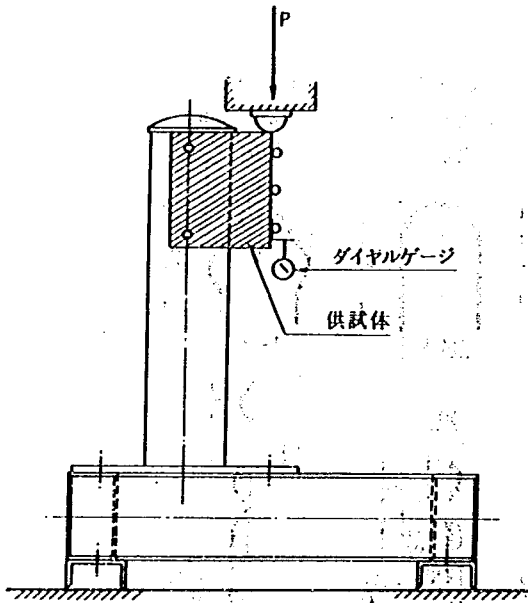


図 5.11 ガードレールブラケット (鉛直載荷)

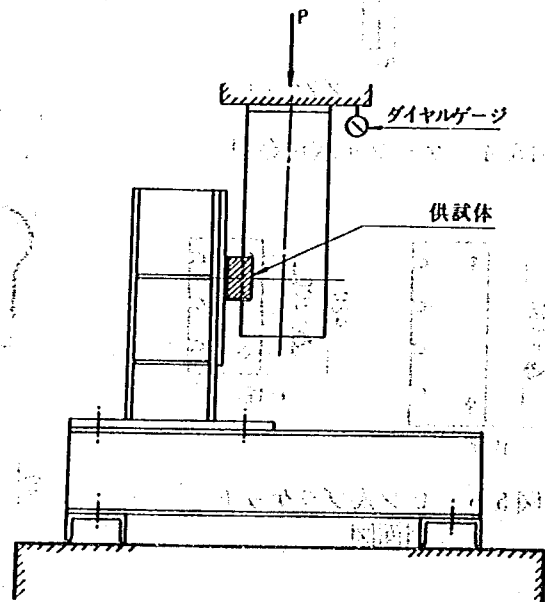


図 5.13 ガードケーブルブラケット (鉛直載荷)

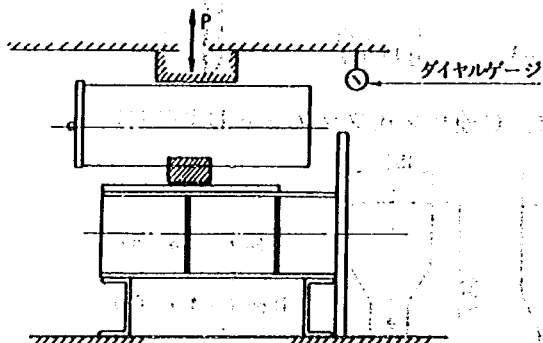


図 5.12 ガードレールブラケット
(水平載荷, 圧縮, 引張)

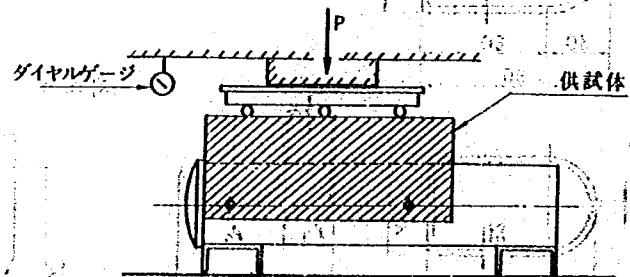


図 5.14 ガードケーブルブラケット (水平載荷)

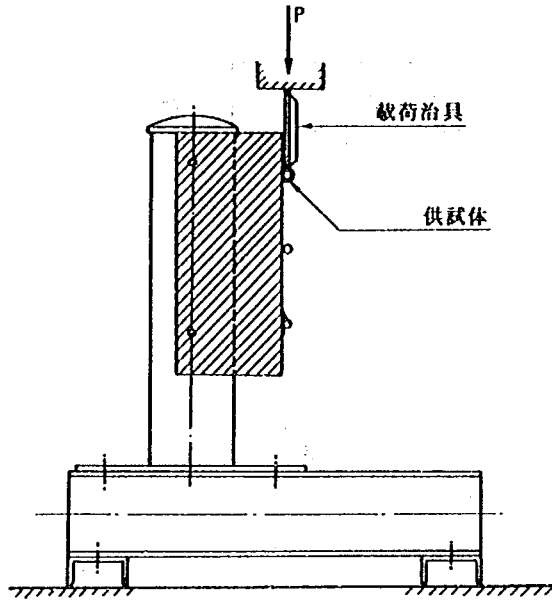


図 5.15 ガードケーブル取付金具（鉛直载荷）

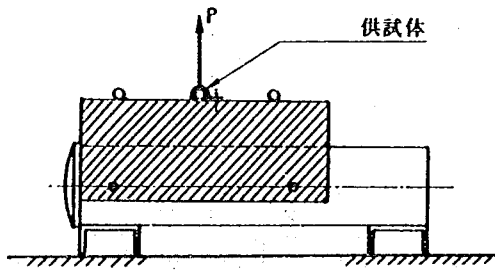


図 5.16 ガードケーブル取付金具（引張载荷）

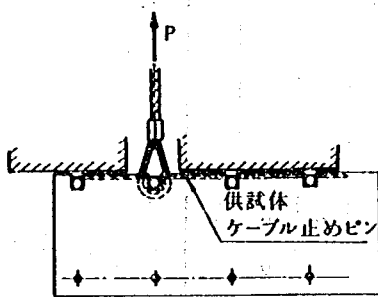


図 5.17 ガードケーブル（ピン式）ケーブル止めピン（水平引張载荷）

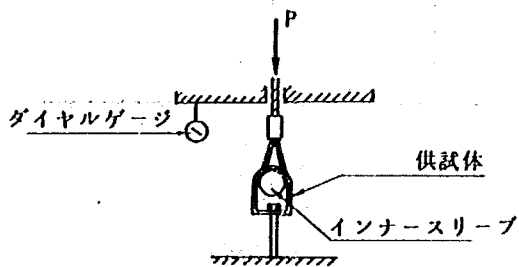


図 5.20 ガードパイプ継手ブラケット（水平引張）

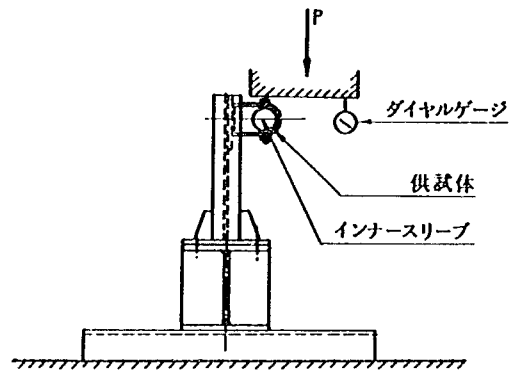


図 5.18 ガードパイプ継手ブラケット（鉛直载荷）

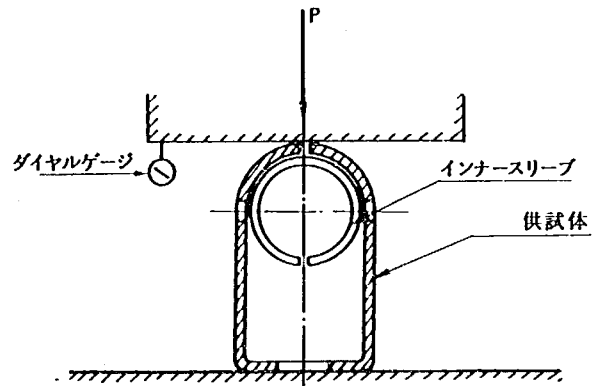


図 5.19 ガードパイプ継手ブラケット（水平载荷）

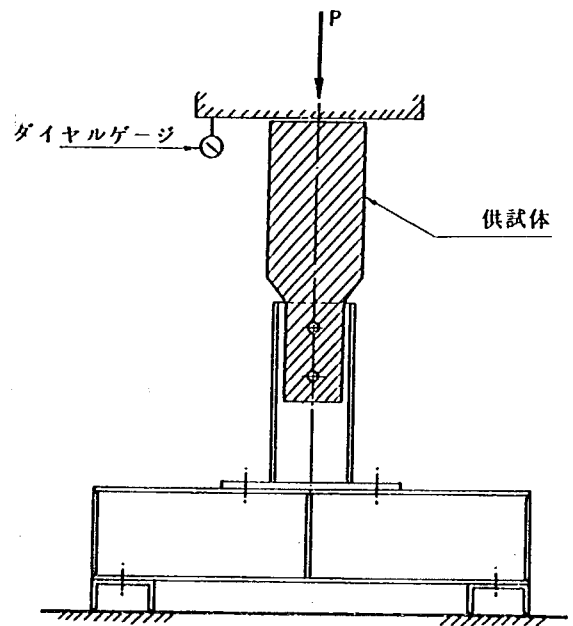


図 5.21 ボックスビームパドル（鉛直载荷）

表 5.2 供試体の種類と実験数量

種類	名 称 (型 式)			載 荷 項 目									備 考	
				鉛 直			水 平 圧 縮			水 平 引 張				
ガイドレール	ビーム	2 m	A 種	2			3							
			B	2			3							
			C	3			3							
		4 m	A	3			3							
			B											
			C											
	ブラケット	標準型	t=4.5×70×300		2			2			3			
新型		t=4.5		2			2			2				
		t=6.0		2			2			2				
特殊型	t6.0×120×300中心穴		2						2					
	t6.0×120×300偏心穴		2			2			2					
ガイドケイブル	標準型	t=3.2	A 種	3			3						A種は上段ブラケット	
			B											
			C	2			2							
	t=4.5	A												
		B												
		C	2			2								
	取付金具		2						2					
	ピン式				ピン1	2	3	ピン1	2	3	ピン1	2	3	ピン式ブラケットはピン1, 2, 3と3形状である。
		t=3.2	A 種											
			B	2	3	2	2	2	2					
C						2	3							
t=4.5	A													
	B													
	C				2		2							
取付ピン									2	2	2			
ガイドアップ	標準ブラケット	t=3.2	A 種	2			4			2				
			B	2			2			2				
ボックスビーム	バドル	標準 t=4.5	A	2										
			B	3										
		t=6.0	A	2										
			B	2										

5.2.3 測定方法

変位の測定はダイヤルゲージまたは巻尺で行った。

5.3 実験結果

供試体は実際の設置状態に近似させ、治具を用いて試験機により載荷した。荷重方向は5.2項に示した通り、鉛直及び水平方向とした。載荷は部材が破断するまでかけることとしたが、供試体によっては変形状態から降伏に致ったと認められる時点までとし、それらの荷重と変位置量を測定した。各供試体ごとの試験結果を以下に示す。尚、図5.22～図5.34に示す線図は1条件1体の結果であるが参考のため資料編Part2の図1.1～図5.4に全供試体の荷重変位線図を示す。

5.3.1 ガードレール

(1) ビーム鉛直荷重載荷

図5.9に示す通り荷重はビーム重心に一致させ、スパン中央に載荷した。載荷幅は20cmである。図5.22のグラフは載荷結果であるが、ここで示す変位置量はビーム全体のたわみ量と、上端載荷点の局部変形量を含んだ値である。図5.23はビームのたわみ量を示すが、総変位置量の60～80%は上端の変形である。図5.22においてA種2m及びB種2mの線図が一部谷型(※印)となっているが、これは上端の変形が大きくなり載荷幅が広くなったためである。写真5.1に載荷状況を示す。

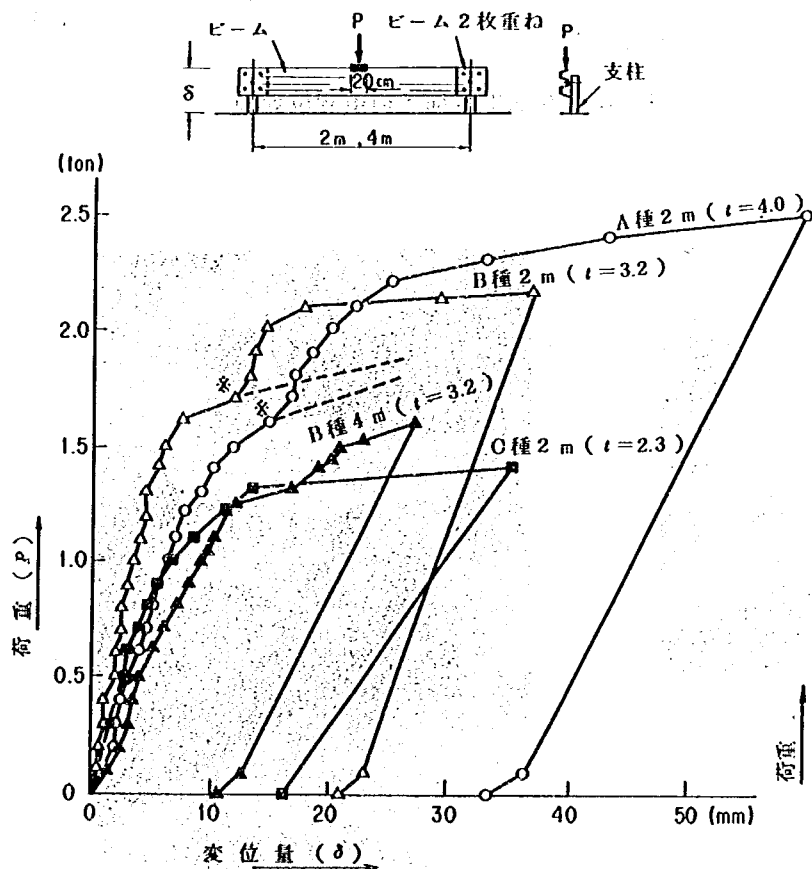


図5.22 ビーム鉛直載荷・荷重変位線図

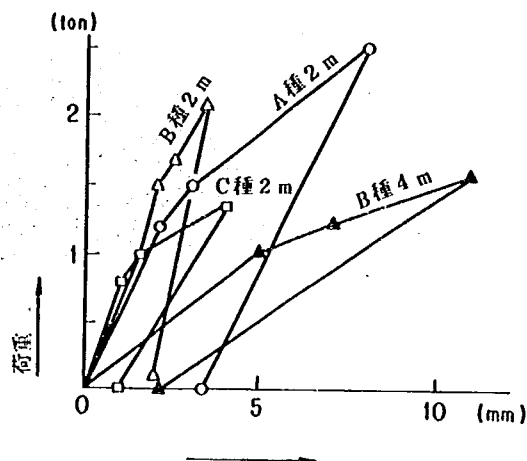


図5.23 ビームたわみ量

(2) ビーム水平載荷

図 5.10 に示す通りビームの水平載荷は、路面側を上にした正曲げとその逆の負曲げを行った。図 5.24 は載荷結果を示すが、正曲げと負曲げの差は殆ど認められない。なお表 5.1 に断面諸元を示す。

写真 5.2 にその状況を示す。

(3) ブラケット鉛直載荷

供試体は図 5.11 に示す通り標準型と強化型の計 5 種類用い、鉛直方向に載荷した。図 5.25 に結果を示す。

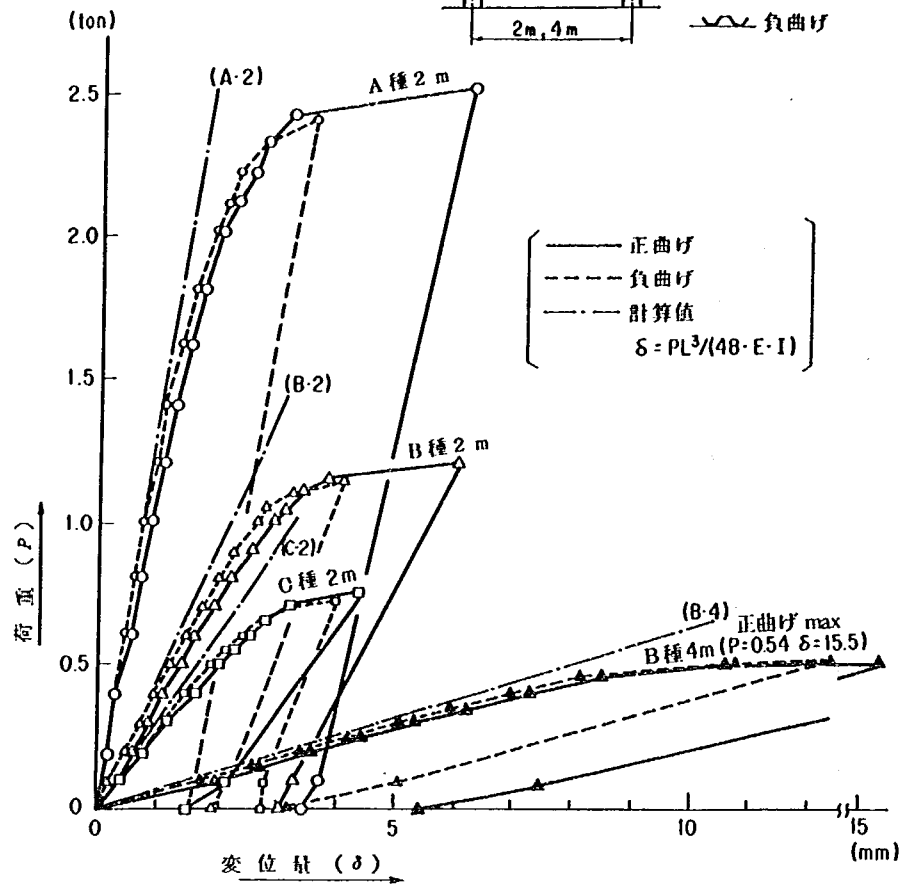
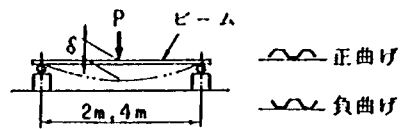


図 5.24 ビーム水平載荷・荷重変位線図

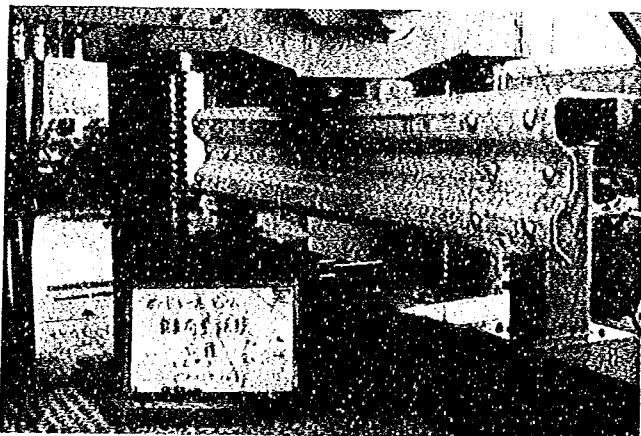


写真 5.1 ビーム鉛直載荷状況



写真 5.2 ビーム水平載荷状況

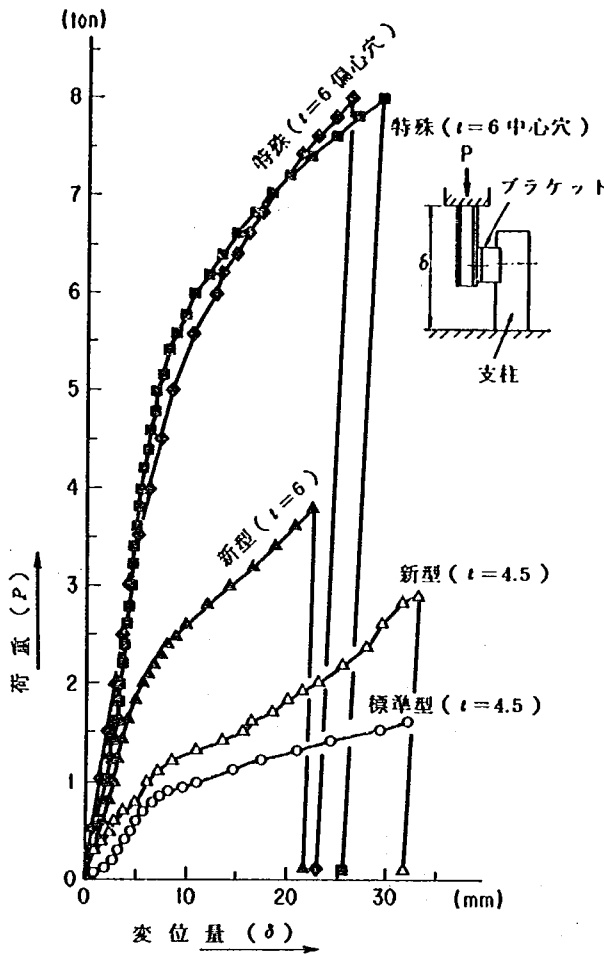


図 5.25 ブラケット鉛直載荷荷重変位線図

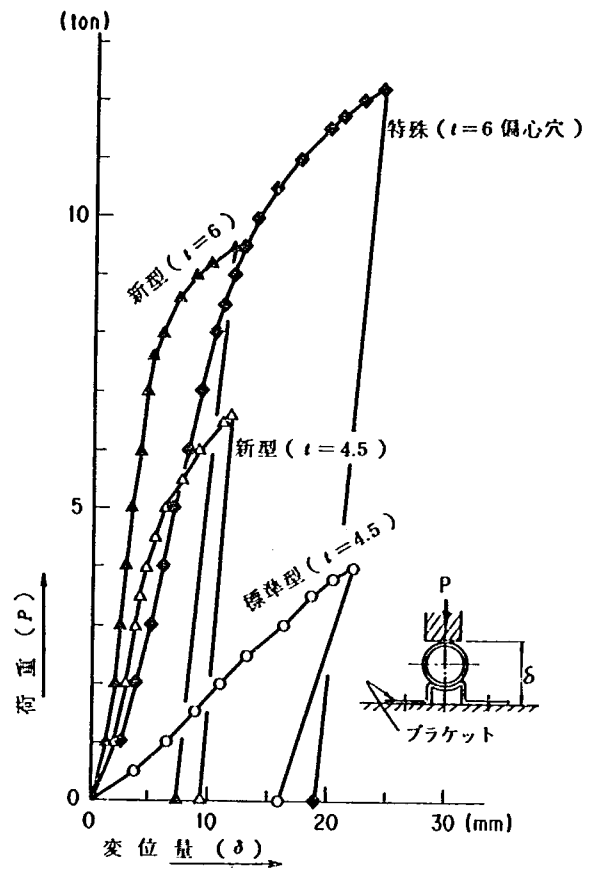


図 5.26 ブラケット水平圧縮載荷荷重変位線図

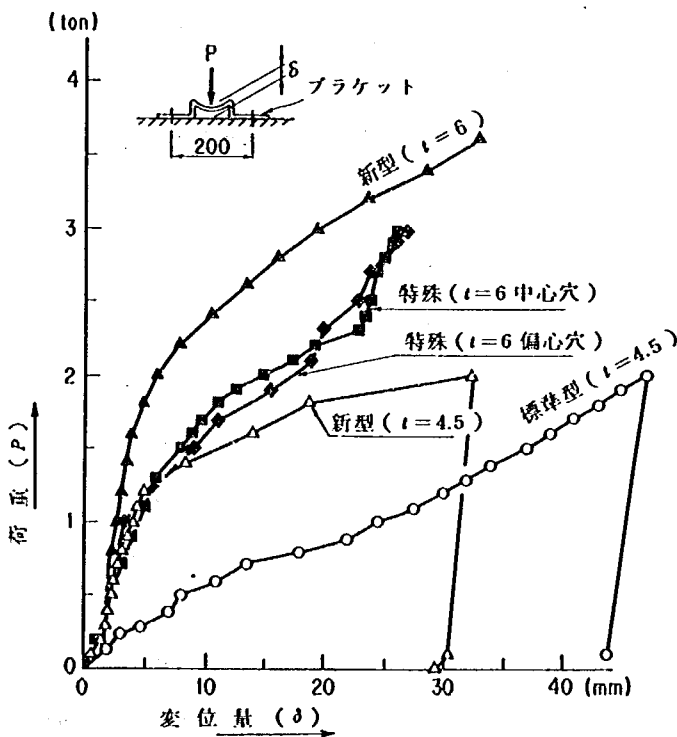


図 5.27 ブラケット水平引張載荷荷重変位線図

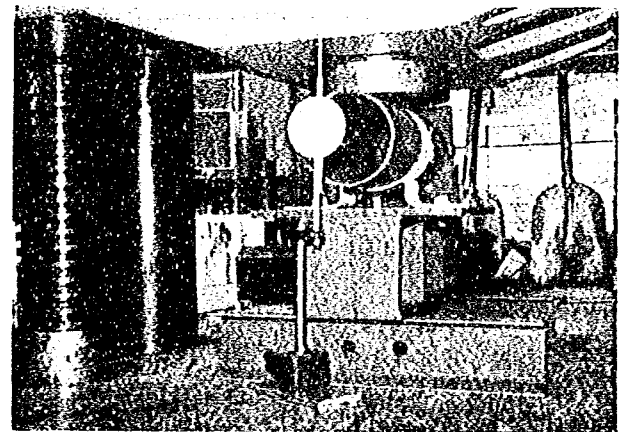


写真 5.3 ブラケット水平載荷

(4) ブラケット水平載荷

ブラケットには圧縮及び引張荷重を載荷しその変位量を測定した。図5.26, 図5.27に実験結果を示し, 写真5.3にその状況を示す。

5.3.2 ガードケーブル

供試体ブラケットは図5.3, 図5.4に示す通り, ケーブル取付金具を使用している標準型と図5.5に示す通しピンでケーブルを取付けるピン式ブラケットがある。ピン式ブラケットは供試体ピンー1, 2, 3ともやや形状が異なる。

(1) ブラケット鉛直載荷

鉛直載荷は図5.28に示す通り標準型A種, C種, ピン式B種について行った。標準型A種のブラケットは上段と下段とがあるが, ここでは上段のブラケットのみ実施した。標準型A種とB種及び標準型C種とピン式C種はブラケットの幅や取付けボルトのピッチ(図5.28の l_B) が同一であるため, 標準型B種とピン式C種は省略した。載荷位置はブラケットの上端とし, 取付ボルトからの距離 e は150mmとした。但し, C種標準型とC種特殊型は $e = 140$ mmである。載荷は供試体が破壊するまで行った。その結果を表5.3に示す。

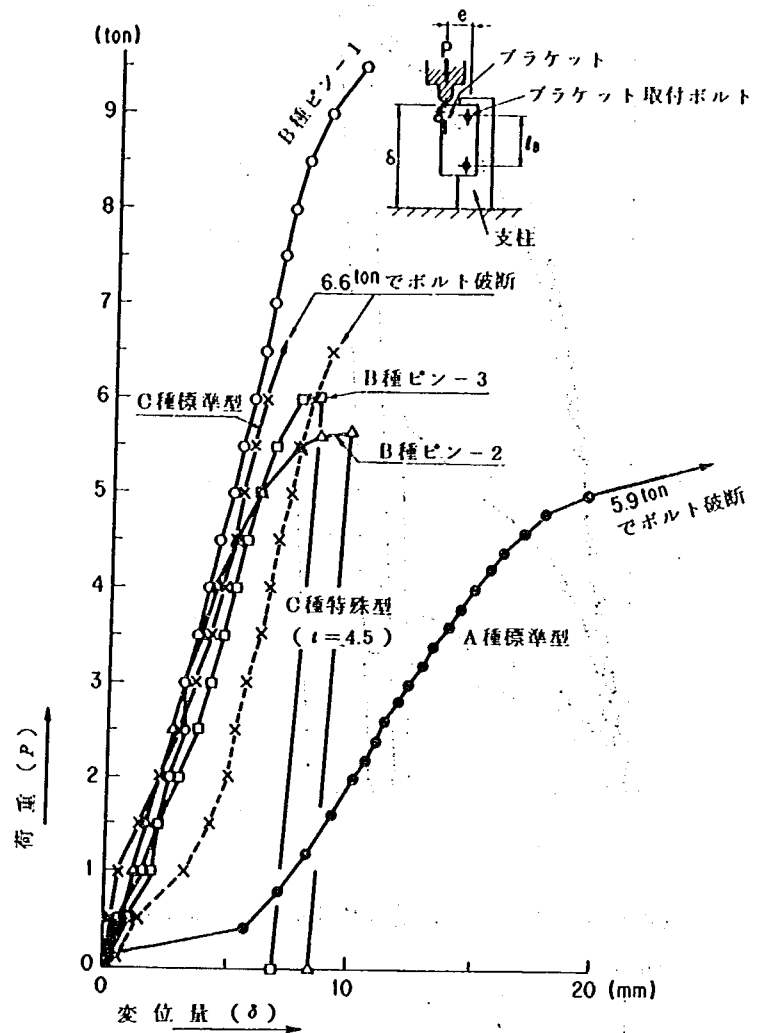


図5.28 ブラケット鉛直載荷荷重変位線図

表5.3 最大負荷荷重及び変形状況

供試体名称		最大荷重 (ton)	状 況	備 考	
				e (mm)	l_B (mm)
標準型	A種	5.9	下側のブラケット取付ボルトM12せん断切れ	150	130
	C種	6.6	同上	140	300
	C種特殊 $t=4.5$	6.6	同上	140	300
	取付金具	3.8	ボルトM10破断・はめ込み部変形大	—	—
ピン式	B種・ピン-1	9.4	下側のブラケット取付ボルトM12せん断切れ, 上端つぶれ	150	390
	B種・ピン-2	5.7	上端載荷部つぶれ	150	390
	B種・ピン-3	5.9	同上	150	390

写真 5.4 は鉛直载荷の状況を、また、写真 5.5 は取付ボルトの破損状態を示す。

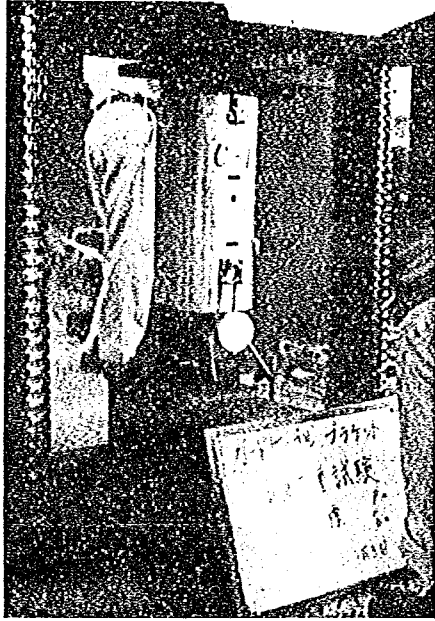


写真 5.4 ブラケット鉛直载荷状況

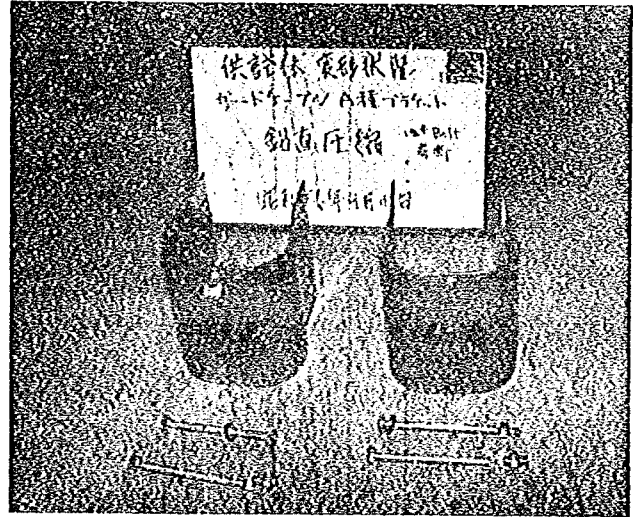


写真 5.5 ブラケット取付ボルトの破損状況

(2) ブラケット水平载荷

水平载荷は支柱に取付けたブラケットを圧縮する方法で行い、ケーブル取り付け位置に载荷した。したがって標準型ブラケットのA種は2点载荷、C種は3点载荷である。図 5.29, 5.30 に载荷結果を示す。また水平引張载荷は標準型の場合取付金具、ピン式の場合は係止ピンに関し実施した。载荷結果を表 5.4 に示す。写真 5.6 はその状況を示したものである。

表 5.4 引張载荷結果

名称	最大荷重 ton			状 況
取付金具	1.53	1.73	—	はめ込み部引抜
係止ピン - 1	1.31	1.27	1.52	ピン引抜 C種ブラケット
係止ピン - 2	1.78	1.81	—	ピン破断 "
係止ピン - 3	2.76	2.74	—	" "

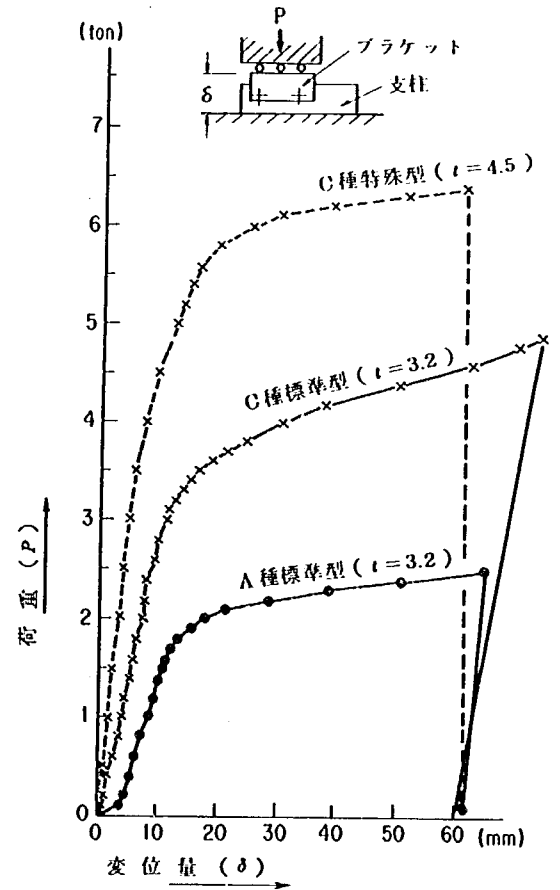


図 5.29 ブラケット水平圧縮载荷荷重変位線図

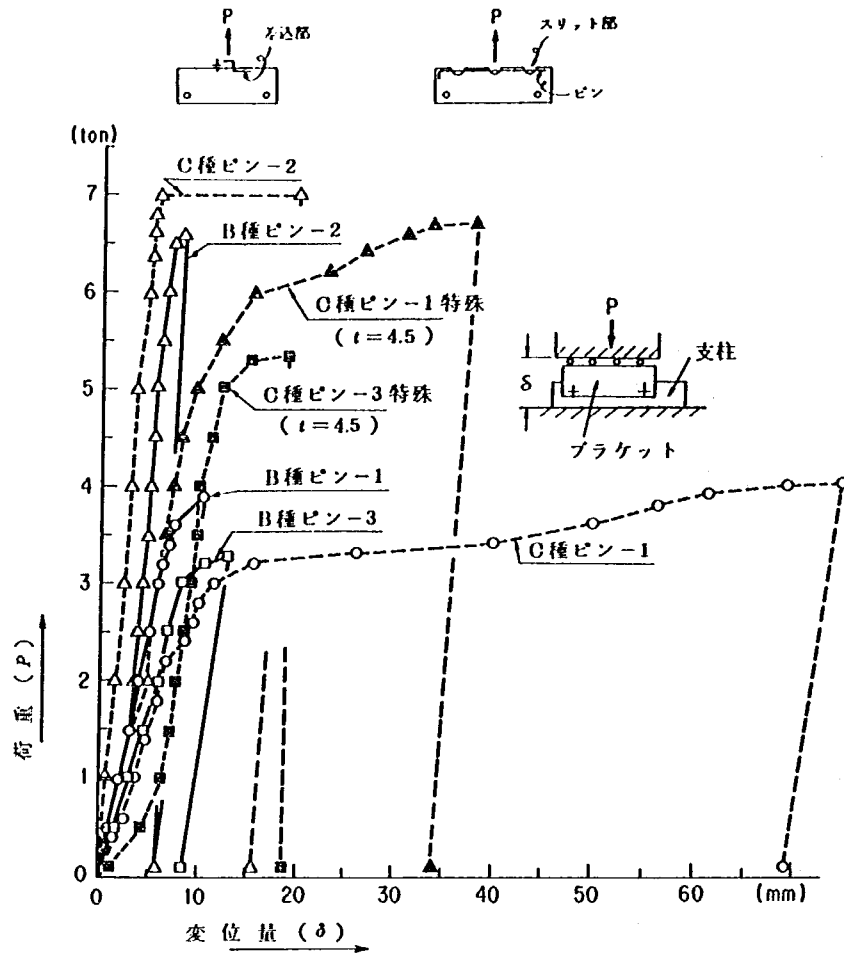


図 5.30 ブラケット水平圧縮載荷・荷重変位線図(ピン式)

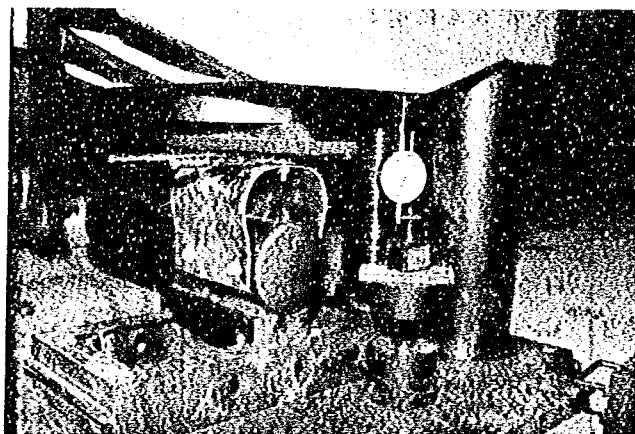


写真 5.6 ブラケット水平載荷

5.3.3 ガードパイプ

ガードパイプのビームは、その断面から実験値と計算値は一致すると考えビームの荷重は行わず、継手ブラケットのみ荷重した。図 5.7 に示すように中間ブラケットは継手用の1/2程度の耐力と考えられるため削除した。

(1) ブラケット鉛直荷重

図 5.18 に示す通りスリーブ付ブラケットを支柱に取付け荷重した。図 5.31 はその結果であり、写真 5.7 は荷重状況である。

(2) ブラケット水平荷重

ブラケットに水平方向の圧縮及び引張荷重を荷重した。結果を図 5.32, 図 5.33 に示す。

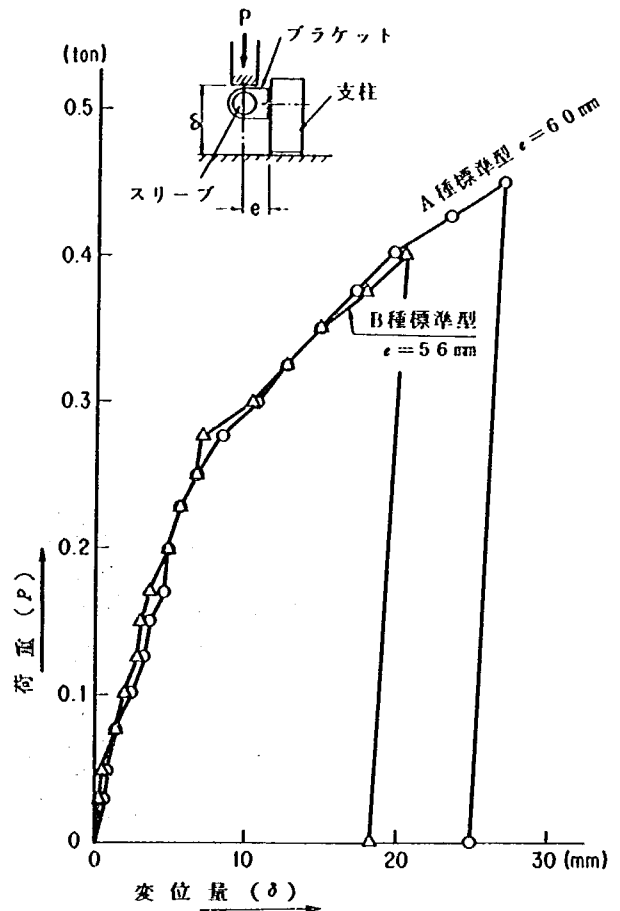


図 5.31 ブラケット鉛直圧縮荷重荷重変位線図

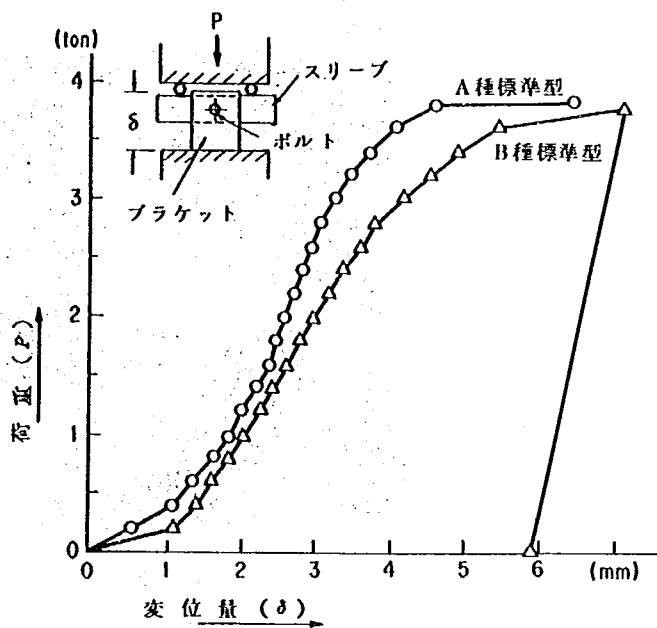


図 5.32 ブラケット水平圧縮荷重荷重変位線図

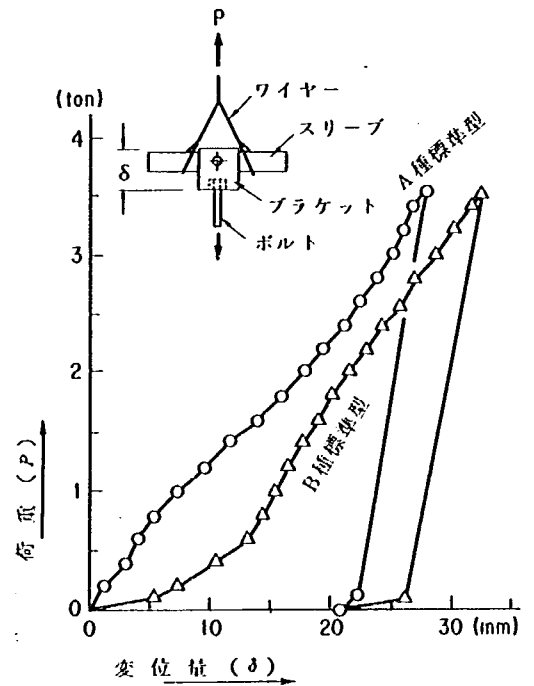


図 5.33 ブラケット水平引張荷重荷重変位線図



写真5.7 ブラケット鉛直載荷状況

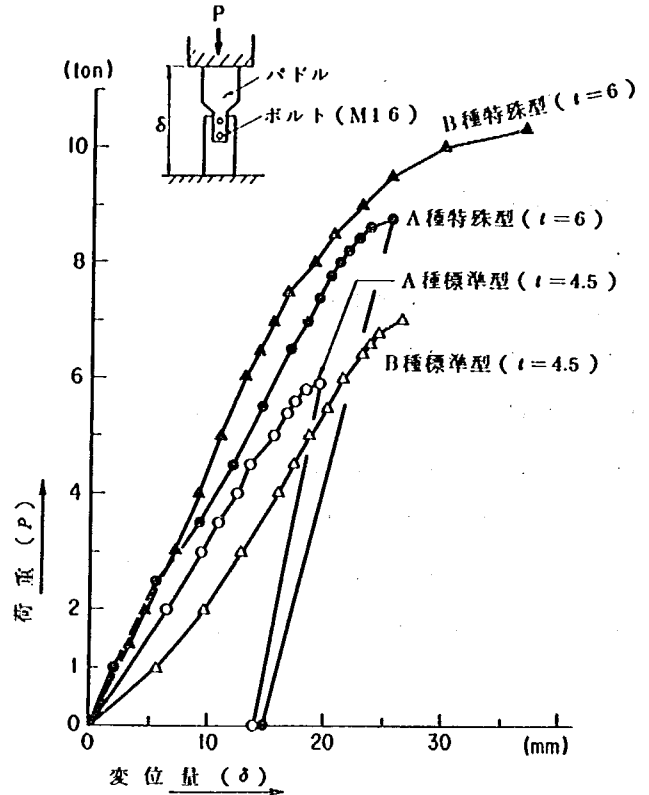


図5.34 パドル鉛直載荷・荷重変位線図

5.3.4 ボックスビーム

ビームは非常に剛性が高いため載荷試験は行わず、パドルはビームに比べ変形しやすいと考えられるため鉛直載荷を実施した。

図5.34は標準型パドルと板厚を上げた特殊型の載荷結果である。B種特殊型において、取付けボルトは荷重10.3tonでせん断破壊した。写真5.8に載荷状況を示した。

5.4 実験結果の考察

防護柵にかかる積雪の沈降力と水平力を室内実験における載荷荷重に再現することは、非常に難しいことであるが、今回の実験は、荷重方向を鉛直と水平に分け、試験機により載荷し、その時の変位量を測定した。載荷は、原則として供試体が破断するまで行うこととしたが、供試体が降伏し、変形が急激に増加しはじめた場合は、その時点で載荷を止めた。供試体は、

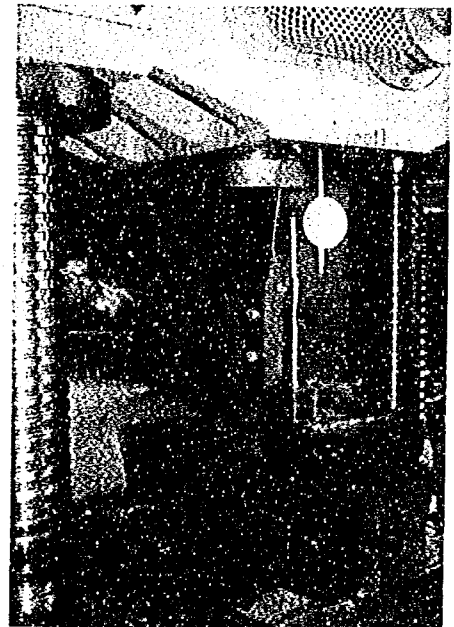


写真5.8 パドル鉛直載荷状況

防護柵設置要綱に記載されているガードレール、ガードケーブル、ガードパイプ、ボックスビームを選び、

それらの標準型式のものと、板厚等を大きくした特殊型式のものを用いた。各供試体の耐力は、破断荷重あるいは、降伏点と認められる荷重とし、それらの耐力から許容荷重を求めた。許容荷重は、ボルト等の破断するものについては、破断荷重の50%か、変形により決まる降伏荷重のいずれか小さい方をその値とした。

今回の実験では、破断荷重、変形による降伏荷重を基準に許容荷重を求めたが、その結果と対応させるため許容応力度により許容荷重を求める方法で部材の強度を計算した。この計算の前提は次のように扱った。

- ① 許容応力度については、雪荷重を一時的な荷重とみなし、常時荷重時よりも高くした。
- ② 全ての部材は、単純応力状態を想定し、部材の変形により生じる2次的応力は考慮しない。
- ③ 検討する応力は、曲げ、せん断、圧縮(座屈)、引張の状態について、それぞれ該当する項目によったが、支圧のような、局部的な応力度を考慮すると、部材が非常に大きくなり、防護柵本来の機能を損なう構造となるため、支圧についての検討は除外した。

5.4.1 ガードレール

(1) ビーム

鉛直方向荷重の実験結果は、図 5.22 に示す通り、B種の初期変位が最も小さい値を示している。これは、ビーム上端の板厚、角度及びコルゲーション寸法の影響と考えられる。鉛直荷重に対するビームの耐力は、上端の変形で決まると考えられ、図 5.22 から、鉛直荷重に対するビームの耐力、すなわち、降伏荷重を求めると、A・B種 1.5 ton, C種 1.0 ton とみられる。ガードレールの機能面から考えると、降伏点で荷重を押えることが妥当かどうか問題はあるが、雪荷重による防護柵の挙動を考えた場合、構造物が外力に対して弾性限界内にあるべきで、その時の許容荷重を求めると以下になるだろう。本実験は、中央集中荷重で載荷幅は20cmであるが、ビーム上端の変形した幅を測定すると、各種別とも約80cmであった。そこで、この幅80cmが、集中荷重に抵抗しうる有効幅(図 5.35)と考えると、集中荷重は、「ビーム長さ80cm当りの荷重」に置き換えられる。従って降伏荷重を有

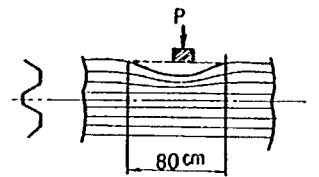


図 5.35 ビーム上端の変形状態

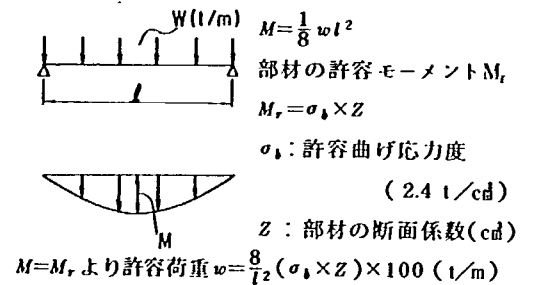


図 5.36 ビーム全体の計算モデル

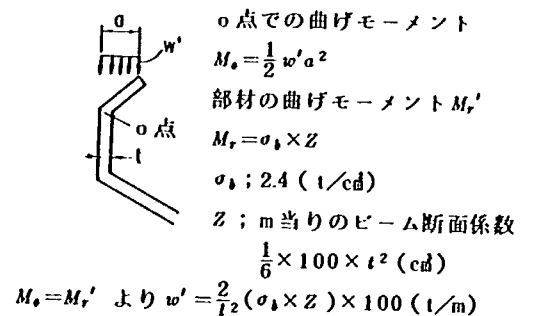


図 5.37 ビーム上端の計算モデル

効幅80cmで割ると、ビーム単位長さ当りの荷重が求められ、これを許容荷重とした。参考に写真5.9に変形状態を示す。一方、計算によれば、ビーム全体の許容荷重 w は、図5.36に示すように、両端ヒンジの単純梁とした場合、 $w = \frac{8}{l^2} (\sigma_b \times Z) \times 100 \text{ t/m}$ となって、スパンと部材断面係数を入れると、それぞれの供試体について許容荷重が得られる。又、ビーム断面突出部の曲げによる許容荷重 w' については、図5.37より $w' = \frac{2}{l^2} (\sigma_b \times Z) \times 100 \text{ t/m}$ が得られ、それぞれの諸数値を与えることで、許容荷重が得られる。表5.5には、実験及び計算による結果を示した。

表5.5 ビームの鉛直方向曲げによる許容荷重

	スパン (m)	全 体 曲 げ		実 験 結 果		突 出 部 曲 げ		
		計算結果 (t/m)		最大耐力 (t)	許容荷重 t/m	計 算 結 果		
		Z	許容荷重 w t/m			a	Z	許容荷重 w'
A	4 2	cm 114	1.37 5.47	t 1.5	t/m 1.9	cm 5.3	cm 2.67	t/m 2.42
B	4 2	81.1	0.97 3.89	1.5	1.9	3.5	1.71	2.35
C	4 2	58.3	0.70 2.80	1.0	1.3	3.5	0.88	1.21

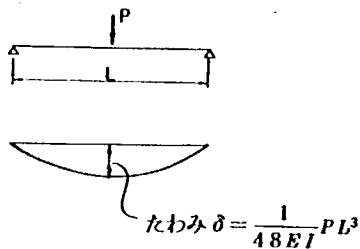


図5.38 ビームモデル

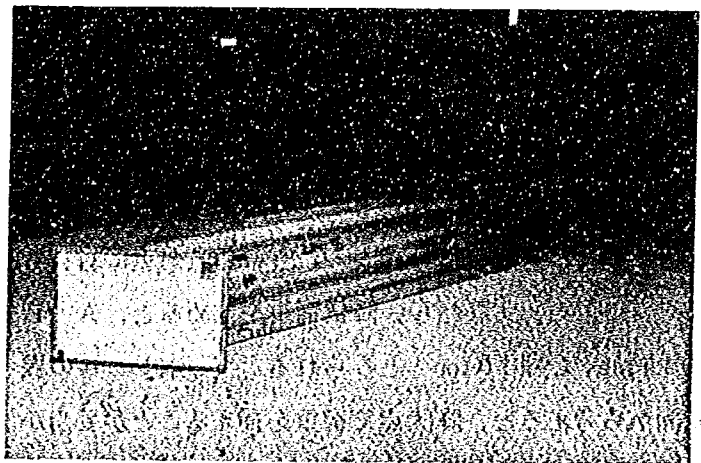


写真5.9 ビーム上端の変形状況 (A種)

また、ビームの水平曲げに対する実験結果は、図5.38のモデルで、供試体支間中央のたわみで検討すると、計算では $\delta = \frac{1}{48EI} PL^3$ となり、その荷重と変位の関係を図5.24に記入する。これより、実験と計算では、たわみにおいては、よく合っていることがわかる。

(2) ブラケット

標準ブラケットは、車両衝突時の緩衝材であるため、最も耐力が低い結果となった。積雪寒冷地では、雪荷重でも鉛直方向の荷重が卓越するところから、各供試体の鉛直方向耐力は、図5.25から以下のように

考えられる。本実験では、新型ブラケットの耐力は、標準型に比して期待したほどの結果は得られなかった。これは治具との接合面が、平坦なため、ブラケット脚部（ビーム取付部）の回転拘束が全くなく変位が実際より大きく現われた結果であろう。（新型ブラケットは、ビームコルゲーション各部分に2ヶ所ボルト接合をする）。

特殊型は、板厚6mm、幅120mmと板剛性が高く、標準型に比して非常に大きな耐力を示している。特殊型の中心穴と偏心穴との耐力の差は殆んど現われていない。また各供試体とも変形状態は、ビーム取付部の鉛直たわみと前倒れが発生している。支柱との取付けボルト（M20）1本と、ビームとの取付けボルト（M16）2本は、供試体に載荷した最大荷重8 tonに対し、外観上、明瞭な変形は認められなかった。支柱及びブラケットのボルト穴には支圧による変形が見られた。

一方、ブラケットが曲げによって得られる許容耐力は、標準型、特殊型については、図5.39に示すモデルを考えれば、 $P = \frac{2}{l} (\sigma_b \times Z)$ (ton)が得られ、新型ブラケットでは、ブラケット脚部が、ビームコルゲーション各部で回転による変形が拘束されたものとして計算すると、図5.40に示すモデルから、曲げによる許容荷重は、 $P = 0.89 (\sigma_b \times Z)$ (t)となる。

また、支柱とブラケットの接合部におけるブラケットのせん断許容耐力については、図5.41のモデルから $P = Z_0 \times h \times t$ (ton) となり、取り付けボルトのせん断許容耐力については、 $P = Z_b \times A$ となる。そこで表5.6に、ブラケット及び支柱取付けボルトの鉛直方向荷重に対する実験と計算の結果を示す。

また、水平方向荷重に対する各ブラケットの変形状況は図5.26、図5.27に示したが、変位量は、板剛性（板幅、板厚）に見合った結果と考えられる。

一方、水平荷重でブラケットが支柱に押しつけられる場合の計算では、図5.42に示すようなモデルとして

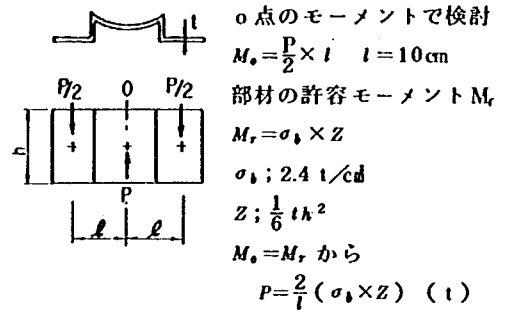


図5.39 ブラケット計算モデル

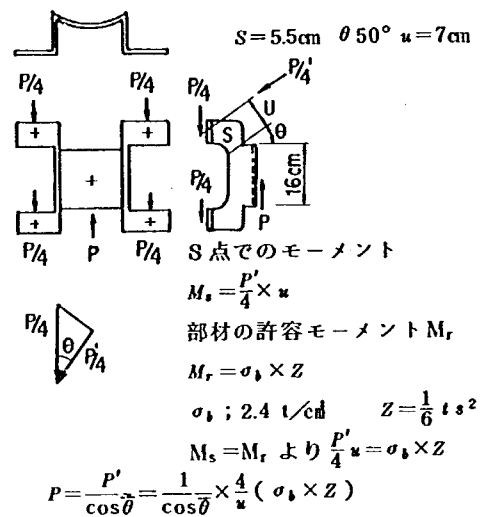
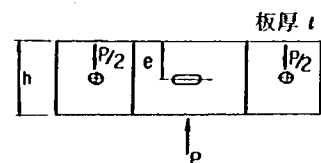


図5.40 ブラケット計算モデル



- ブラケット
 $e = h/2 \quad Z : \text{せん断応力度}$
 $Z = P / (2et) = P / (h \times t)$
 $Z = Z_0$ とすると $Z_0 ; \text{板の許容せん断応力度}$
 1.4 t/cd
 $P = Z_0 \times h \times t$
- ボルトの場合 $Z = P/A$
 $Z = Z_b$ とすると $Z_b ; 4 \text{ Tボルトの許容せん断応力度 } 1.3 \text{ t/cd}$
 $A ; \text{ボルト軸断面積 } 3.14 \text{ cd}$

図5.41 ブラケットせん断力計算モデル

表 5.6 鉛直荷重によるブラケット及び取付ボルト耐力

	板厚	ブラケット計算値				支柱取付ボルト せん断耐力計算値 P (t)
		実験値	曲げ Z (cm)	耐力 P (t)	せん断耐力 P (t)	
標準型	4.5	1.0 t	3.675	1.764	4.41	4.082
新 型	4.5	1.1	2.268	4.844	10.08	4.082
	6.0	2.2	3.025	6.461	13.44	4.082
特殊型 (中心穴)	6.0	6.0	14.40	6.912	10.08	4.082
特殊型 (偏心穴)	6.0	6.0	14.40	6.912	10.08	4.082

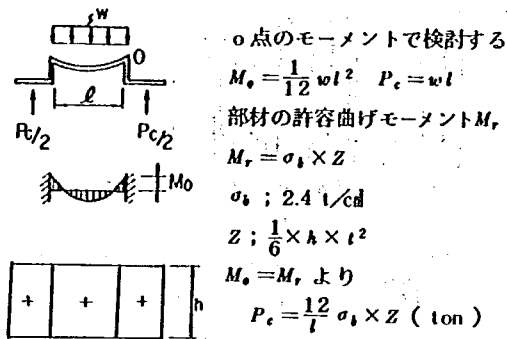


図 5.42 水平力計算モデル

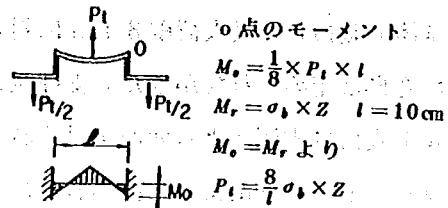


図 5.43 水平力計算モデル

許容耐力 P_c を求めると $P_c = \frac{12}{l} (\sigma_b \times Z)$ (ton) となる。

また、水平荷重で、図 5.43 に示すようなブラケットを引張る力が作用した場合、ブラケットの曲げによる許容耐力 (P_t) は、 $P_t = \frac{8}{l} \sigma_b \times Z$ として得られる。そこで、表 5.7 には、水平荷重時における、実験と計算の結果を一覧して示す。

表 5.7 水平荷重によるブラケットの耐力

	板厚	圧 縮				引 張			
		実験値	計 算 値		実験値	計 算 値			
			E (cm)	耐力 (t)		E (cm)	耐力 (t)		
標準型	4.5	3.8(t)	0.236	0.68	0.8(t)	0.236	0.45		
新 型	4.5	5.0	0.540	1.55	1.2	0.540	1.03		
	6.0	8.5	0.960	2.76	2.0	0.960	1.84		
特殊型 (中心穴)	6.0	10.0	0.720	2.07	1.7	0.720	1.38		
特殊型 (偏心穴)	6.0	10.0	0.720	2.07	1.7	0.720	1.38		

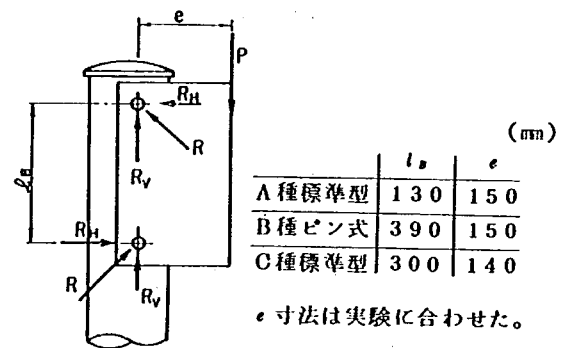
5.4.2 ガードケーブル(ブラケットにおける載荷)

表 5.3 に示す様にブラケット自体の鉛直荷重に対する耐力は下側取付ボルトのせん断破壊により決まるが、その耐力に差が生じるのは取付ボルトの間隔が異なるためである。外力により発生する偶力はボルト間隔が大きい程ボルトに対するせん断力が小さくなるためB種ピン式の耐力が最も大きく現われた。又、図 5.28 においてA種標準型ブラケットは鉛直荷重 0.4 ton 付近で著しい変形が見られるが、これはボルト穴とボルトとのずれと考えられ、このずれはボルト間隔が狭いと発生しやすい傾向がある。ピン-2、ピン-3のピン式ブラケットの耐力はピン-1に比べやや低い結果となっているが、これは各供試体スリット部分の形状が異なり荷重を上端にかけたためその部分がつぶれた結果である。実際はスリット部分にケーブルが取り付けその位置が荷重点となるため耐力差は殆どないと思われる。

ブラケット取付ボルトの耐力を計算により求めると以下ようになる。鉛直荷重が作用するとボルト部分に反力 R が発生する。 R の値は e と l_B の比により $A > C > B$ 種の順となる。この反力 R は取付ボルトのせん断力に相当すると考えられ、ボルトの許容せん断応力度から許容鉛直荷重を求めるとA種 $P_A = 1.7 \text{ ton}$ 、B種 $P_B = 3.5 \text{ ton}$ 、C種 $P_C = 3.2 \text{ ton}$ となる。

図 5.28 の実験結果から鉛直荷重に対する耐力と許容荷重を求め計算値と比較すると表 5.8 となる。

実験における許容荷重はボルトの最大耐力(破断荷重)の50%としたが、実験値から求めた許容荷重は、ブラケット上端とキャップが接してブラケットの回転を拘束すること等から特にA種が計算値を上回ったと考えられる。取付金具の鉛直荷重に対する耐力は 3.8ton であるがその状況は差込み部分が大きく変形し取付ボルト M10 が破断した。破損状況から判断すると取付金具の耐力は板部分とボルトの合成耐力と考えられる。従って計算においては微小変形は考えず板部分(図 5.45 の A 点)とボルト各々の許容荷重の合計が取付金具の許容荷重とした。図 5.45 の通り許容荷重 P は $P = P_A + P_B$ となり、計算すると $P = 2.3 \text{ ton}$ である。実験値は耐力 3.8ton 許容荷重 $(3.8 \times 0.5 =) 1.9 \text{ ton}$ と計算値と近似している。



$$R = \sqrt{R_V^2 + R_H^2} = \sqrt{(P/4)^2 + (P \cdot e / 2 \cdot l_B)^2}$$

$$\therefore R_A = 0.629 \cdot P$$

$$R_B = 0.315 \cdot P$$

$$R_C = 0.342 \cdot P$$

M12 ボルトの有効断面積 $A = 0.843 \text{ cm}^2$

$$R = A \cdot Z_s$$

$$= 0.843 \times 1,300 = 1,096 \text{ kg}$$

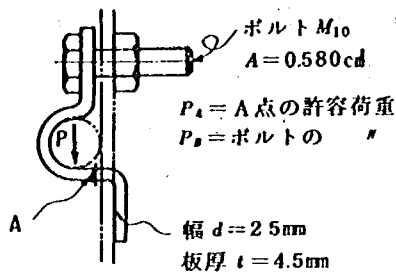
$$R_A = 0.629 \cdot P = 1,096 \quad \therefore P_A = 1,742 \text{ kg}$$

$$\text{同様に } P_B = 3,479 \text{ kg} \quad P_C = 3,205 \text{ kg}$$

図 5.44 鉛直力計算モデル

表 5.8 鉛直力に対するブラケット耐力 (単位 ton)

種別	鉛直荷重に対する		計算値 許容荷重
	実 験 値 耐 力	許容荷重	
A 種 標 準	5.9	3.0	1.7
B 種 ピ ン	9.4	4.7	3.5
C 種 標 準	6.6	3.3	3.2



$$\begin{aligned}
 P &= P_A + P_B \\
 P_A &= \tau_A \cdot d \cdot t \\
 &= 1,400 \times 2.5 \times 0.45 \\
 &= 1,575 \text{ kg} \\
 P_B &= \tau_B \cdot A \\
 &= 1,300 \times 0.58 \\
 &= 754 \text{ kg} \\
 P &= 2,329 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

図 5.45 取付金具

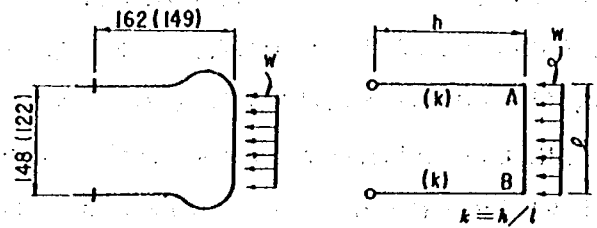
水平荷重の場合はブラケットの形状と幅が大きな要素を占めており A 種標準型と C 種 Pin-1 の値がやや低く現われている。水平荷重における取付ボルト M12 はやや変形したものの破壊には達していない。A 種及び C 種の標準ブラケットについて、実験値と図 5.46 以下に示した計算値と比較すると表 5.9 となり、ブラケットの水平荷重に対する耐力は概ねコーナ部の曲げで決まると思われる。

5.4.3 ガードパイプ、(ブラケットにおける荷重)

ガードパイプの鉛直荷重に対する耐力は他の防護柵に比べて非常に小さい値である。また A 種、B 種の差も殆どなく降伏点と思われる耐力は 0.3 ton であった。計算においては図 5.47 のごとく支持点の曲げモーメントで許容荷重を算出すると A 種は $P_A = 82 \text{ kg}$ 、B 種は $P_B = 88 \text{ kg}$ である。実験ではインナースリーブを取付けたこと及び弾性範囲を大きくとったため実験における耐力と計算値の差が大きくなったと考えられる。

5.4.4 ボックスビーム、(パドルにおける荷重)

パドルは鉛直荷重のみ行ったが、A 種、B 種とも大きな耐



$$\begin{aligned}
 P_H &= w \cdot l \quad M_{max} = M_A = M_B \\
 M_A = M_B &= w \cdot l^2 / (4(3+2k)) \\
 &= P_H \cdot l / (4(3+2k)) \\
 AM_{max} &= 0.713 \cdot P_H \\
 CM_{max} &= 0.560 \cdot P_H \\
 M_a &= \delta_a \cdot Z \quad Z_A = 0.358 \text{ cm} \\
 & \quad Z_c = 0.717 \text{ cm} \\
 & \quad \delta_a = 2,400 \text{ kg/cm} \\
 0.713 \cdot P_H &= 2,400 \times 0.358 \quad \therefore P_H = 1,205 \text{ kg} \\
 0.560 \cdot P_H &= 2,400 \times 0.717 \quad \therefore P_H = 3,073 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

図 5.46 水平力計算モデル

表 5.9 水平力に対するブラケット耐力

(ton)

種別	水平荷重に対する	実験値 許容荷重	計算値 許容荷重
A 種標準		1.4	1.2
C 種標準		2.8	3.1

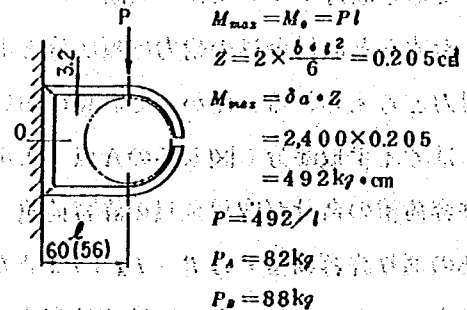
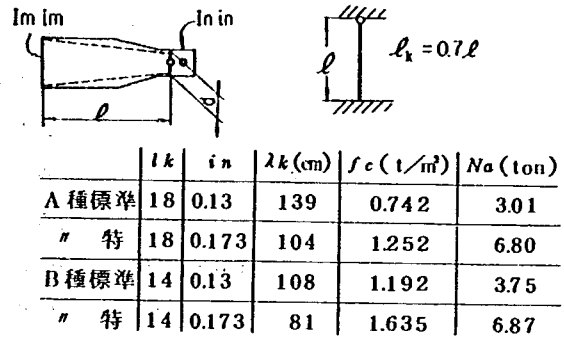


図 5.47 鉛直力計算モデル

力を示している。鉛直载荷の場合パドルは座屈による破壊が主な要素であり、支柱より上部の座屈長さはA種よりB種の方が50mm短かいが、本実験の場合、差は明確に現われていない。(支柱に接する部分はA種の方が20mm幅が広い。)実験ではパドルの取付ボルトM16(6T)が10.3tonでせん断破壊したことから耐力は10.3ton許容荷重は5.2tonとなる。実験においてパドルの降伏及びボルトの破断から求めた許容荷重を表5.10に、また計算値を図5.48に示す。

表 5.10 鉛直力に対するパドルの耐力

	許容荷重 パドル	実験値 ボルト	許容荷重 パドル	計算値 ボルト
A種標準	6.0	5.2	3.0	7.2
A種特	8.2	5.2	6.8	7.2
B種標準	6.3	5.2	3.8	7.2
B種特	10.3	5.2	6.9	7.2



許容圧縮力 $N_a = A \cdot f_c = d \cdot t \cdot f_c$ (ton)

ボルトのせん断耐力 M16・6T $A = 1.57 \text{ cm}^2, Q_s = 2,300 \text{ kg/cm}^2$

$P_s = 2 \times Q_s \times A$

$= 2 \times 2,300 \times 1.57 = 7,222 \text{ kg}$

5.5 部材強度確認実験のまとめ

図 5.48 鉛直力計算モデル

表 5.11は、実験結果及び計算結果の総括表である。

载荷の結果、各部材の耐力はおおよそつかむことが出来た。各部材の耐力や許容荷重を一つの防護柵として考えると、部材間に強度バランスの悪いものもあり、積雪の荷重を考慮した場合、部材の一部を強化することが必要と思われる。積雪寒冷地において、防護柵の雪害を防止するためには、防護柵に加わる荷重を減らすことと、部材強度を上げることが必要である。荷重を減らす方法としては、支柱間隔を短くすることが考えられ、部材強度を上げる場合は強度バランスの悪い箇所を強化することが有効である。鉛直荷重に対する結果では、特にガードレールのブラケットやガードケーブルの取付金具及びボルトのサイズや強度を上げれば耐力は非常に大きくなる。しかし、防護柵本来の機能を損なわないように、構造等に配慮が必要である。ボックスビームについては、ビーム、パドルとも比較的剛性が高く、特に問題はないと考えられるが、ガードパイプの場合には、部材の見直しが必要かと思われる。

一方、計算では、諸部材の耐力を概略知る程度に行ったもので、実験によって得た許容荷重と計算によるそれとは、判断基準を異にするため、結果比較においても、数値的にかげ離れたものとなった。防護柵そのものの機能を考慮すれば、厳しく許容応力度で部材を制約するよりも、実験に示すように、機能上影響の少ない微小変形は考えず、主部材の変形でとらえることが望ましいところから、あくまで、計算は参考で、実験結果を主体に防護柵強度を考えるべきである。

各部材の耐力ならびに許容荷重の設定は、すでに述べた通りであるが、これらは残留変形で決めた方がよいと思われる。外観上、管理上の問題もあるが、防護柵全体を考えた場合、基礎も含めた検討が必要で

表 5.11 実験結果

供試体名称及寸法 (mm)				鉛直荷重載荷結果			
				状 況	耐 力	許容荷重	計算値
GR	ビーム	A 種	4.0	上端局部変形, 大	1.5ton	1.9ton/m	2.42ton/m
		B 種	3.2	上端局部変形, 大	1.5	1.9	2.35
		C 種	2.3	上端局部変形, 大	1.0	1.3	1.21
	ブラケット	標準型	4.5×70	鉛直たわみ+前倒れ	1.0ton		1.76ton
		新 型	4.5	鉛直たわみ+前倒れ	1.1		4.84
GC	ブラケット	新 型 特 殊	6.0	鉛直たわみ+前倒れ	2.2		6.46
		特 殊 型	6.0×120	鉛直たわみ+前倒れ	6.0		6.91
		特 殊 偏 心 型	6.0×120	鉛直たわみ+前倒れ	6.6		6.91
A 種 標準型		3.2×幅210	下側ボルト M12破断	5.9ton	3.0ton	1.7ton	
C 種 標準型		3.2× 420	下側ボルト M12破断	6.6	3.3	3.2	
C 種 標準特 型		4.5× 420	下側ボルト M12破断	6.6	3.3	3.2	
B種ピン式(ピン・1)		3.2× 550	下側ボルト M12破断	9.4	4.7	3.5	
B種ピン式(ピン・2)		3.2× 550	上端つぶれ(降伏点で載荷終了)	6.0	(4.7)	3.5	
B種ピン式(ピン・3)		3.2× 550	"	5.5	(4.7)	3.5	
C種ピン(ピン・1)	3.2× 420		—	—	3.2		
C種ピン(ピン・2)	3.2× 420		—	—	3.2		
C種ピン特(ピン・2)	4.5× 420		—	—	3.2		
C種ピン特(ピン・3)	4.5× 420		—	—	3.2		
	ケーブル 取付金具	4.5 M10B.N.	差込部変形大, ボルト破断	3.8ton	1.9ton	2.3ton	
GP	ピン	ピン・1	2.3×幅25			—	—
		ピン・2	2.3× 37			—	—
		ピン・3	2.0× 34			—	—
BB	パドル	A 種 標準型	4.5	座屈(降伏点で載荷終了)	6.0ton	5.2	7.2ton
		B 種 標準型	4.5	座屈(降伏点で載荷終了)	6.3	5.2	7.2
		A 種 特殊型	6.0	座屈(降伏点で載荷終了)	8.2	5.2	7.2
		B 種 特殊型	6.0	座屈 B.N M16破断	10.3	5.2ton	7.2
GP	ブラケット	A 種 標準型	3.2	鉛直たわみ, 大	0.3ton		0.082ton
		B 種 標準型	3.2	鉛直たわみ, 大	0.3ton		0.088ton

注) 水平荷重に対する結果の※印は, 供試体の剛性が非常に弱いため変位量が20mmになった時点の荷

の総括表

水平荷重載荷結果 状 況	圧 縮			引 張			備 考
	耐 力	許容荷重	計算値	耐 力	許容荷重	計算値	
曲げ変形	2.3ton	—	—	—	—	—	水平は2m スパン " "
曲げ変形	1.1	—	—	—	—	—	
載荷部つぶれ発生 曲げ変形	0.7	—	—	—	—	—	
圧 曲げ座屈 引曲げのび	※3.8ton		0.68ton	※0.8ton		0.45ton	
" "	5.0		1.55	1.2		1.03	
" "	8.5		2.76	2.0		1.84	
" "	10.0		2.07	1.7		1.38	
" "	10.0		2.07	1.7		1.38	
圧 曲げ座屈	1.4		1.2ton	—	—	—	
"	2.8		3.1ton	—	—	—	
"	4.5		—	—	—	—	
"	3.6		—	—	—	—	
"	6.5		—	—	—	—	
"	3.0		—	—	—	—	
"	3.0		—	—	—	—	
"	7.0		—	—	—	—	
"	5.8		—	—	—	—	
"	5.3		—	—	—	—	
引 差込部引抜	—	—	—	1.6ton	0.8ton	—	
引ピン引抜	—	—	—	1.4	—	—	
引ピン破断	—	—	—	1.8	0.9	—	
引ピン破断	—	—	—	2.75	1.4	—	
圧 曲げ座屈 引 曲げのび	3.8ton		—	※2.3ton		—	
	3.5ton		—	※1.8ton		—	

重とした。

あり、融雪後の許容残留変位量の設定も重要と思われる。また、本実験結果の許容荷重をそのまま積雪の荷重に置き換えることは、雪の性質から見て、不確定要素が多いので、今後とも検討を続ける必要があると考える。

積雪厚 (mm)	積雪密度 (kg/m ³)	積雪容積 (m ³)	積雪重量 (kg)	積雪容積 (m ³)	積雪重量 (kg)	積雪容積 (m ³)	積雪重量 (kg)
10	100	0.001	100	0.001	100	0.001	100
20	100	0.002	200	0.002	200	0.002	200
30	100	0.003	300	0.003	300	0.003	300
40	100	0.004	400	0.004	400	0.004	400
50	100	0.005	500	0.005	500	0.005	500
60	100	0.006	600	0.006	600	0.006	600
70	100	0.007	700	0.007	700	0.007	700
80	100	0.008	800	0.008	800	0.008	800
90	100	0.009	900	0.009	900	0.009	900
100	100	0.010	1000	0.010	1000	0.010	1000
110	100	0.011	1100	0.011	1100	0.011	1100
120	100	0.012	1200	0.012	1200	0.012	1200
130	100	0.013	1300	0.013	1300	0.013	1300
140	100	0.014	1400	0.014	1400	0.014	1400
150	100	0.015	1500	0.015	1500	0.015	1500
160	100	0.016	1600	0.016	1600	0.016	1600
170	100	0.017	1700	0.017	1700	0.017	1700
180	100	0.018	1800	0.018	1800	0.018	1800
190	100	0.019	1900	0.019	1900	0.019	1900
200	100	0.020	2000	0.020	2000	0.020	2000
210	100	0.021	2100	0.021	2100	0.021	2100
220	100	0.022	2200	0.022	2200	0.022	2200
230	100	0.023	2300	0.023	2300	0.023	2300
240	100	0.024	2400	0.024	2400	0.024	2400
250	100	0.025	2500	0.025	2500	0.025	2500
260	100	0.026	2600	0.026	2600	0.026	2600
270	100	0.027	2700	0.027	2700	0.027	2700
280	100	0.028	2800	0.028	2800	0.028	2800
290	100	0.029	2900	0.029	2900	0.029	2900
300	100	0.030	3000	0.030	3000	0.030	3000
310	100	0.031	3100	0.031	3100	0.031	3100
320	100	0.032	3200	0.032	3200	0.032	3200
330	100	0.033	3300	0.033	3300	0.033	3300
340	100	0.034	3400	0.034	3400	0.034	3400
350	100	0.035	3500	0.035	3500	0.035	3500
360	100	0.036	3600	0.036	3600	0.036	3600
370	100	0.037	3700	0.037	3700	0.037	3700
380	100	0.038	3800	0.038	3800	0.038	3800
390	100	0.039	3900	0.039	3900	0.039	3900
400	100	0.040	4000	0.040	4000	0.040	4000
410	100	0.041	4100	0.041	4100	0.041	4100
420	100	0.042	4200	0.042	4200	0.042	4200
430	100	0.043	4300	0.043	4300	0.043	4300
440	100	0.044	4400	0.044	4400	0.044	4400
450	100	0.045	4500	0.045	4500	0.045	4500
460	100	0.046	4600	0.046	4600	0.046	4600
470	100	0.047	4700	0.047	4700	0.047	4700
480	100	0.048	4800	0.048	4800	0.048	4800
490	100	0.049	4900	0.049	4900	0.049	4900
500	100	0.050	5000	0.050	5000	0.050	5000

第 6 章 防護柵の耐雪限界の検討

昭和56年度においては積雪が少なく、試験設置した防護柵に関してはほとんど損傷を受けるに至らなかったため、現道における検証実験は十分な成果を得ることができなかった。このため防護柵の静的試験の結果にもとづいて防護柵の耐雪限界値を試案として求めることにした。

静的実験によると試験設置した防護柵の強度の最も小さい部材とその値は表 6.1 にまとめることができる。

また標準尺にかかる沈降力と各種防護柵との関係は既に示した形状別による雪圧実験から、法肩距離別は図4.13のように示されるから、表 6.1 に示すように防護柵の単位長あたりの許容荷重を標準尺にかかる沈降力に換算し、この標準尺沈降力を尺度として各種防護柵の耐雪限界深を求めることにした。

表 6.1 沈降力による防護柵の許容荷重

防護柵	種別	型 式	支柱間隔	Weak Point	許容荷重 ψ
ガードレール	A	標準型	4 m	ブラケット	0.25t/m
		改良1型	4	ブラケット	1.50
		改良2型	2	ビーム	1.90
	B	標準型	4	ブラケット	0.25
		改良1型	4	ブラケット	1.50
		改良2型	2	ビーム	1.90
		改良3型	2	—	—
	C	標準型	4	ブラケット	0.25
		改良1型	4	ビーム	1.30
改良2型		2	ビーム	1.30	
ガードケーブル	A	標準型	6	ケーブル取付金具	0.32
		改良1型	6	ブラケット取付ボルト	0.95
		改良2型	3	ブラケット取付ボルト	1.90
	B	標準型	6	ケーブル取付金具	0.32
		改良1型	6	ブラケット取付ボルト	1.07
		改良2型	3	ブラケット取付ボルト	2.13
	C	標準型	6	ケーブル取付金具	0.32
		改良1型	6	ブラケット取付ボルト	0.98
		改良2型	3	ブラケット取付ボルト	1.97

標準尺にかかる沈降力と雪圧との関係は土木研究所で55年度に計測した結果、次式で示すことができる。

$$F = 1.72 (H \cdot W) - 0.544$$

ここで、 F ；標準尺にかかる沈降力

H ；積雪深

W ；積雪密度

また積雪の平均密度は図6.1に示したように、たかだか0.5程度であるから上式から密度に対応した積雪深を算出することができる。

防護柵にかかる雪圧は地域による雪質および降雪後の時間の経過によって大きく異なる。しかし、これらの特性は現在のところ明確な形で解明されていない。したがって、ここではこれらの関係を積雪密度 W によって表わすこととし、この値によって地方別の雪質の差異、降雪直後と時間経過による雪のしまりによる雪圧をあらわすことにした。このような方針のもとに各種防護柵の耐雪限界を積雪深の形で示したものが表6.2であり、それらをグラフに示したものが図6.2に示す防護柵の耐雪限界図である。この図から密度、積雪深に適した防護柵を選ぶ一つの目安を得ることができる。

本来の防護柵は自動車の衝突との関係において開発されて来たもので、ここでとりあげているような雪による鉛直荷重を考慮して開発されたものではない。したがって、図からわかるように耐雪の観点からみた場合、A、B、Cの種別による差異はほとんどなく、今後は自動車の衝突と耐雪の機能を兼ね備えた防護柵の開発と整備拡充が、積雪寒冷地においては要求されることになろう。

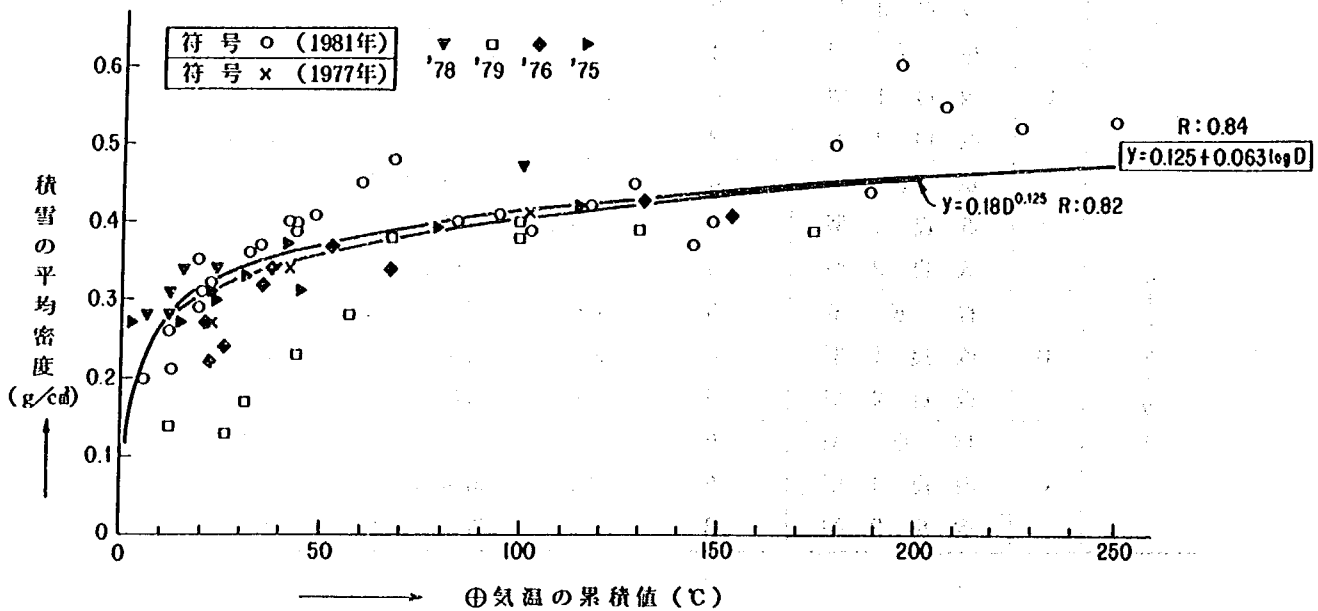


図6.1 積雪の平均密度と⊕気温の累積値との関係

表 6. 2 防護柵の耐雪限界値

防 護 柵 種 別	型 式	支柱間隔 (m)	Weak Point	許容荷重 v (t/m)	許容荷重の標準尺荷重への換算式(法肩より2.0mの場合)	換算値 z (t/m)	雪荷重換算						
							$H \cdot W = \frac{z + 0.544}{1.72}$ (t/m ²)	雪密度による積雪深					
							$W=0.4$	$W=0.45$	$W=0.5$				
ガードレール	A	標準型	4	ブラケット	0.25	$z = \frac{v}{0.951}$	0.26	0.47	1.18	1.04	0.94		
		改良1型	4	ブラケット	1.50		1.58	1.23	3.08	2.73	2.46		
		改良2型	2	ビーム	1.90		2	1.48	3.70	3.29	2.96		
	B	標準型	4	ブラケット	0.25		0.26	0.47	1.18	1.04	0.94		
		改良1型	4	ブラケット	1.50		1.58	1.23	3.08	2.73	2.46		
		改良2型	2	ビーム	1.90		2	1.48	3.70	3.29	2.96		
		改良3型	2	—	—		—	—	—	—	—		
	C	標準型	4	ブラケット	0.25		0.26	0.47	1.18	1.04	0.94		
		改良1型	4	ビーム	1.30		1.37	1.11	2.78	2.47	2.22		
		改良2型	2	ビーム	1.30		1.37	1.11	2.78	2.47	2.22		
	ガードケーブル	A	標準型	6	ケーブル取付金具		0.32	$z = \frac{v}{0.477}$	0.67	0.71	1.78	1.58	1.42
			改良1型	6	ブラケット取付ボルト		0.95		1.99	1.47	3.68	3.27	2.94
改良2型			3	ブラケット取付ボルト	1.90	3.98	2.63		6.58	5.84	5.26		
B		標準型	6	ケーブル取付金具	0.32	0.67	0.71		1.78	1.58	1.42		
		改良1型	6	ブラケット取付ボルト	1.07	2.24	1.62		4.05	3.6	3.24		
		改良2型	3	ブラケット取付ボルト	2.13	4.47	2.92		7.3	6.49	5.84		
C		標準型	6	ケーブル取付金具	0.32	0.67	0.71		1.78	1.58	1.42		
		改良1型	6	ブラケット取付ボルト	0.98	2.05	1.51		3.78	3.36	3.02		
		改良2型	3	ブラケット取付ボルト	1.97	4.13	2.72		6.8	6.04	5.44		

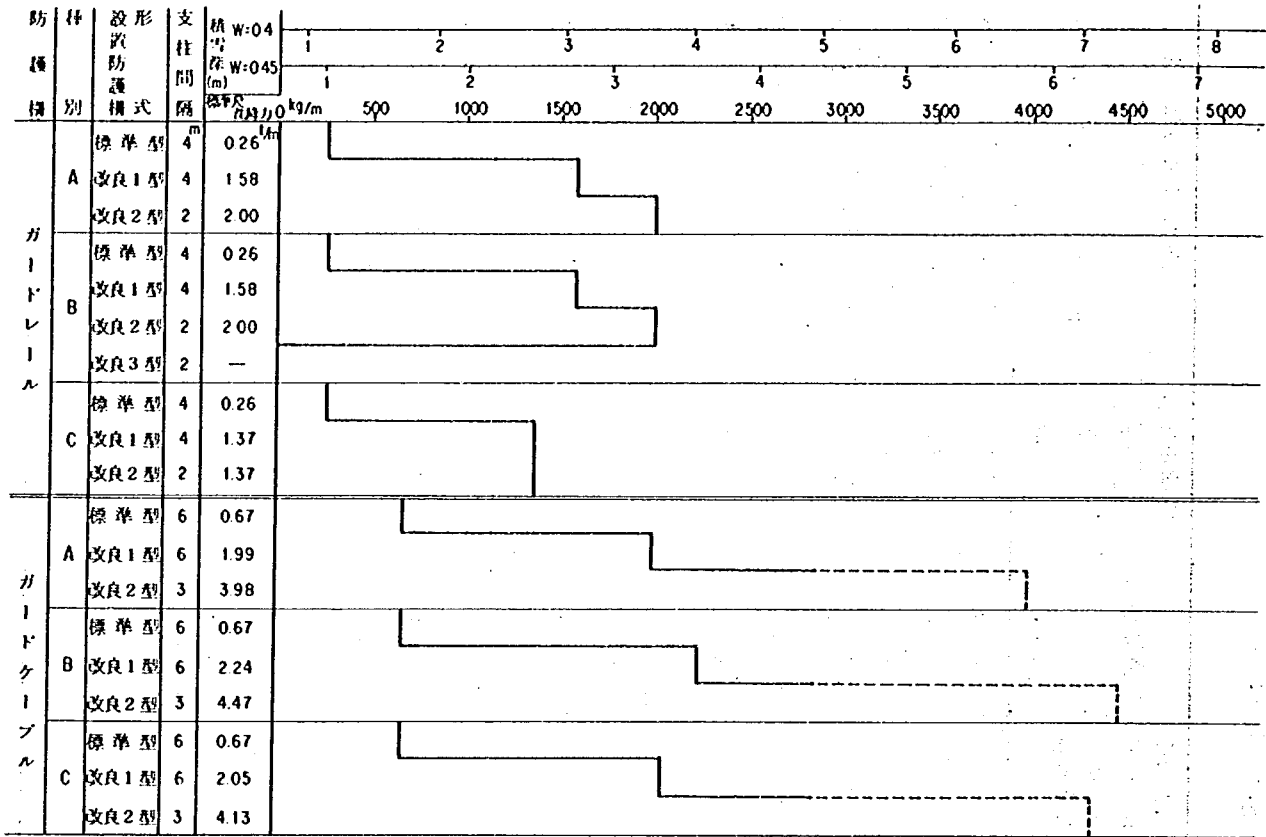


図 6.2 防護柵の耐雪限界図

第7章 防護柵の検証実験

積雪寒冷地用防護柵の設置基準を定めるにあたっては、まず、既存防護柵がどの程度の積雪荷重に耐えることができるかを明らかにし、これにもとづいて積雪荷重の大きさによって対応すべき防護柵を選定するのがよいと考えられる。既存防護柵の耐雪限界を明らかにするために積雪深の異なる地域に5章・防護柵部材強度確認実験の結果から得た資料をもとに、予想される積雪重量を考慮して、各種の防護柵を試験設置した。この実験では各試験地に標準尺を併せて設置し、防護柵にかかる積雪重量の大きさを統一された尺度のもとに明らかにすることにした。融雪後、試験設置した防護柵の破損状況から、それぞれの防護柵の耐雪限界を明らかにすると共に積雪深にもとづく防護柵の選定表を作成し、それが適応した防護柵の選定の目安となることを目的とした。

7.1 実験概要

7.1.1 検証実験に用いた防護柵の選択について

上新バイパスにおける静的な雪圧荷重は54年度、55年度の2年間にわたってガードレール、ガードケーブル、ガードパイプの各ビーム材および支柱に作用する雪圧について計測した。最大積雪深は56年1月の約3.0mであったが、防護柵にかかる雪圧について一通りの結果が得られた。防護柵にかかる雪荷重はその地区の気象、地形、雪質等によって異なり、一義的に対応するものではないが、現地試験設置のため、一応の目安として過去2年間の測定結果を利用して試験設置用防護柵の抽出を試みた。

54年度、55年度の計測結果をもとに、積雪重量と沈降力との相関を図に示したものが図4.49である。ガードレールやガードケーブルにおける沈降力は、一部を除いて図中に実線で示している標準尺に作用する沈降力よりも小さくなっている。現道に設置する場合、雪の積り方や地形除雪方法等各種の要因が、複雑にからみ合い、自然積雪状態とは異なった結果になるものと予測され、調査・研究事例の少ない現段階においては、標準尺に作用する沈降力を用いて、検証実験用供試体の設計を行なうことにした。雪の密度を 0.4 t/m^3 とした場合の数値を示すと表7.1のようになる。

表7.1 積雪深と沈降力

積雪深 (m)	積雪重量 (t/m^2)	沈降力 (t/m)
2.0	0.8	0.8
3.0	1.2	1.4
4.0	1.6	2.0

一方、防護柵の強化方法としてはブラケットの改良、支柱間隔の短縮等があるが、このような改良を加えた供試体を予想積雪深2m、3m、4mの地区に設置した。この供試体と積雪荷重との関係を示したものが表7.6、7.8、7.12である。この表からわかる通り、積雪が大きくなると理論上からは破損することになるものもあるので雪荷重が各部材に与える影響を現実に確認することにした。

7.1.2 実験期間

昭和56年12月～昭和57年3月

7.1.3 設置場所

設置場所は、表7.2のとおりであり、標準的な配列は図7.1に示すとおりである。

表 7.2 供試体設置場所

設 置 場 所			予想積雪深	種 別
北陸地方建設局管内	一般国道18号	新潟県新井市栗原	2.0 m	ガードレールB ガードケーブルB ガードパイプB 種 種
	一般国道18号	新潟県中頸城郡妙高村坂口新田	3.0	ガードレールA, ガードケーブルA, ガードパイプB B種 種
	一般国道289号	新潟県南蒲原郡下田村永島	2.0	ガードレールC ガードケーブルC ガードパイプC 種 種
	主要地方道324号	新潟県古志郡山古志村竹沢	4.0	ガードレールA, ガードケーブルA, B種 種
東北地方建設局管内	一般国道113号	山形県西置賜郡小国町小坂	2.0 m	ガードレールB ガードケーブルB ガードパイプB 種 種
	一般国道113号	山形県西置賜郡小国町沼沢	4.0	ガードレールA, ガードケーブルA, B種 種
	一般国道113号	山形県西置賜郡飯豊町手の子	3.0	ガードレールA, ガードケーブルA, ガードパイプB B種 種
	県 道	山形県西置賜郡飯豊町橋本	2.0	ガードレールC ガードケーブルC ガードパイプC 種 種

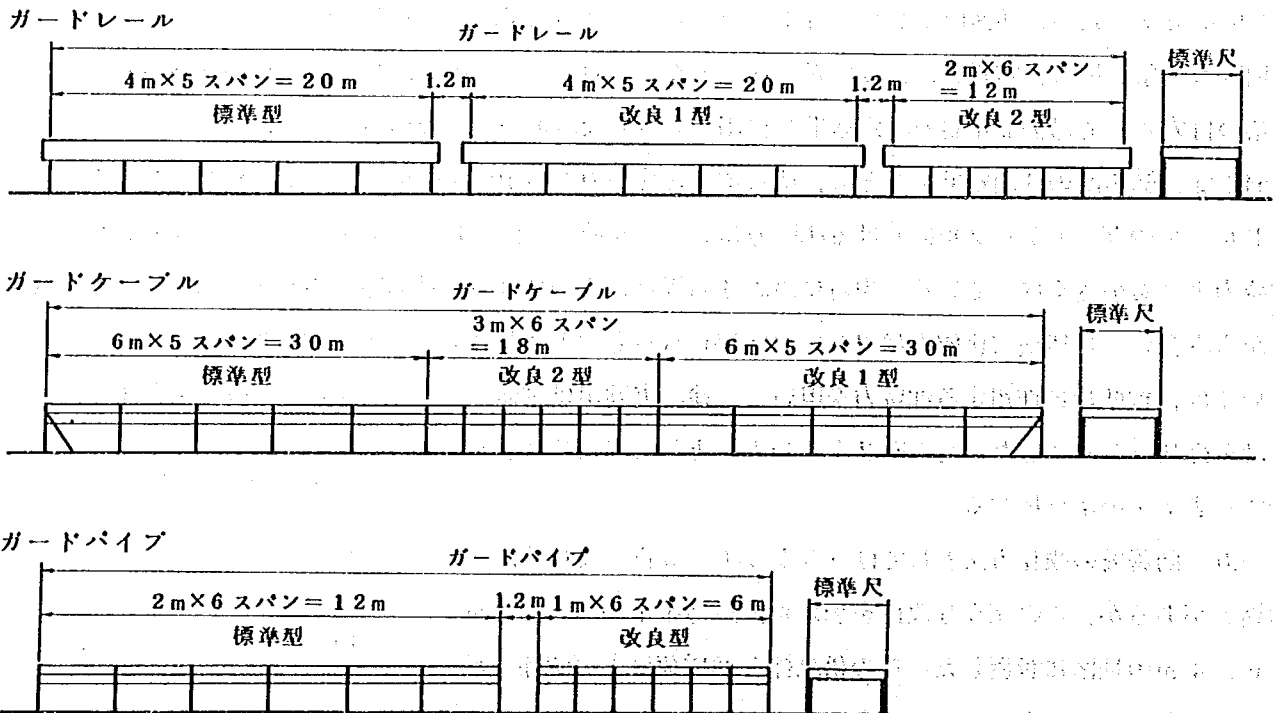


図 7.1 試験設置における各種防護柵の標準的な配列

7.2 実験方法

7.2.1 供試体の選定

(1) ガードレール

積雪寒冷地に設置するガードレールは破損状況や前述の防護柵部材強度確認試験の結果からビームとブラケットの強度不足が考えられる。したがってこのモデルの選定にあたってはブラケットの強化をはかる目的から板厚、幅、形状を大きくして耐荷力を増すことに留意し、ビームについては形状は標準型と同じではあるが、支柱間隔を短かくすることにより、その効果を見ることにした。

(イ) ガードレールのブラケット

耐雪型モデルに使用するブラケットとして図7.2に示している各種の形状のものを選んで部材強度確認試験を実施した。その結果を表7.3に示す。特殊型の断面形状は、標準型と同一であるが、幅や板厚をそ

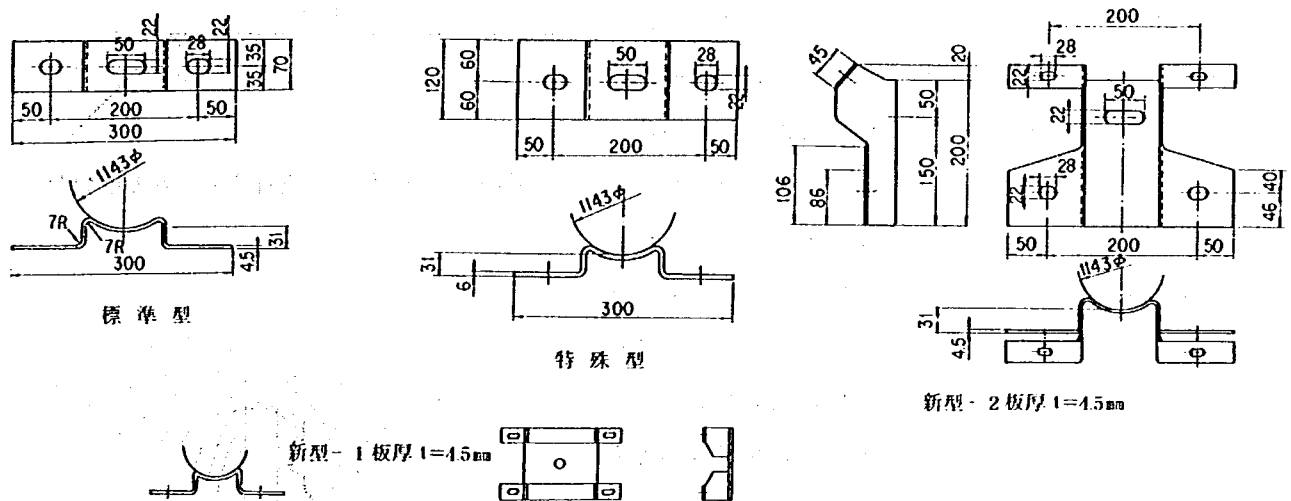


図7.2 ブラケット型式図

れぞれ70mmから120mm, 4.5mmから6.0mmに大きくしたもので、許容荷重も標準型(柱間隔4mの場合)の0.25t/mに対し1.5t/mと6倍近い耐荷力を示しており、支柱間隔を調節することによって積雪深4mの地域でも対応可能と考えられる。新型-1および新型-2のブラケットは、ビームの回転防止と鉛直方向の耐荷力の増大を目的としている。なお、実際に現道に設置したのは、標準型と特殊型およ

表7.3 ブラケットの許容荷重

型 式	許 容 荷 重		
		柱間隔 4 m	柱間隔 2 m
標 準 型 板厚 $t=4.5\text{m/m}$	1.0 t	0.25 t/m	0.5 0t/m
特 殊 型 板厚 $t=6.0\text{m/m}$	6.0	1.5 0	3.0 0
新 型 - 1 板厚 $t=4.5\text{m/m}$	1.1	0.2 7	0.5 5
新 型 - 2	—	—	—

び新型-2(改良3型)のタイプである。

(ロ) ガードレールのビーム

標準型ビームの許容荷重を防護柵部材強度確認試験結果から求めると表7.4のようになる。これを表7.1に示している各種雪深下での沈降力と対比させてみると、A・B種のビームでは、積雪深4mまで適用できるものと予測された。従って、耐雪型モデルとして使用するビームは、特に改良を加えないで標準型と同一なものとした。

(イ) 支柱とビームの取付け

標準型における支柱とビームの取付けは、図7.3のようにビーム上端が支柱頭部より上に出ており、積雪による沈降力が作用した場合、柱よりもビームへの負荷が大きくなる傾向にある。更に、盛土等での法肩に設置した場合には、グライド力の影響によってビームが斜面方向に回転し、ねじれ、曲がり等の変形を大きくしている。従って、モデル設置に当っては、図7.4のようにビーム上端より支柱頭部を高くすることによって、ビーム長手方向のある範囲内までの沈降力を支柱に負荷させてビームへの影響度を軽減させ、更にグライド力によってビームが回転してもビームの上端が支柱に接触することになるため、ビームそのものの変形度が軽減できると考えられ、その効果の確認を行うことにした。

(ニ) ガードレール供試体の諸元

これまでに検討した結果に従い、56年度現道設置を行なうための供試体の諸元を表7.5に示すように決定し、表7.6に示す積雪条件と耐雪モデルの組合せで実施した。

なお、試験設置した防護柵は雪の押圧によるレール上端のタワミを支柱で支え、補強する目的からボルトから上端までの長さを標準型の100mmに対し、175mmとし、レール上端と支柱頭部をほぼ同じ高さとした。

モデルの設置状態は図7.5に示すとおりである。

表7.4. ビームの許容荷重

種別	許容荷重
A	1.9 t/m
B	1.9
C	1.3

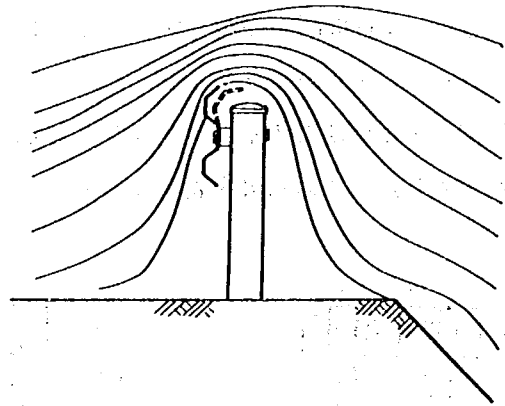


図7.3 標準型の支柱とビームの取付け

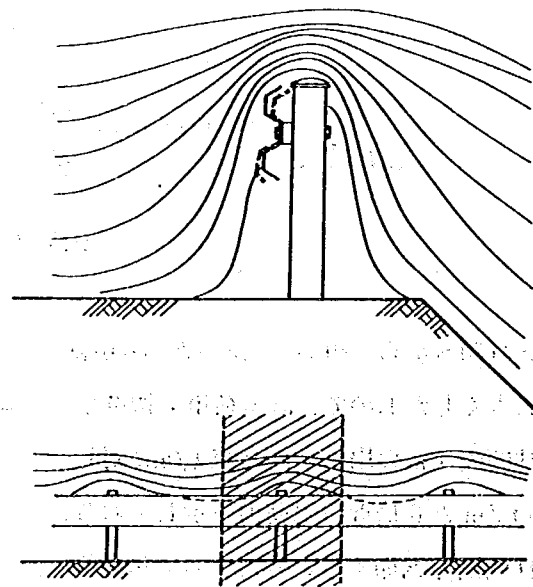


図7.4 改良型の支柱とビームの取付け

表 7.5 耐雪型モデルの諸元(ガードレール)

種別	型式	支柱 間隔	ガードレールビーム		ガードレールブラケット		許容荷重
			形状寸法 (板厚×幅×長さ)	耐力	形状寸法 (板厚×幅)	耐力	
A	標準型	4 m	4.0×350×4,330 ^{mm}	t/m 1.90	標準型 4.5×70	t/m 0.25	t/m 0.25
	改良1型	4			特殊型 6.0×120	1.50	1.50
	改良2型	2			特殊型 6.0×120	3.00	1.90
B	標準型	4	3.2×350×4,330	1.90	標準型 4.5×70	0.25	0.25
	改良1型	4			特殊型 6.0×120	1.50	1.50
	改良2型	2			特殊型 6.0×120	3.00	1.90
	改良3型	2			新型-2 4.5	—	—
C	標準型	4	2.3×350×4,330	1.30	標準型 4.5×70	0.25	0.25
	改良1型	4			特殊型 6.0×120	1.50	1.30
	改良2型	2			特殊型 6.0×120	3.00	1.30

表 7.6 積雪条件と耐雪モデルの組合せ(ガードレール)

種別	積雪深 沈降力 型式	2 m	3 m	4 m	許容荷重
		0.8 t/m	1.4 t/m	2.0 t/m	
A	標準型	—	A-標準型(支間4m)標準型ブラケット		t/m 0.25
	改-1		A-改-1(支間4m)特殊型ブラケット (センター穴)		1.50
	改-2		A-改-2(支間2m)特殊型ブラケット (センター穴)		1.90
B	標準型	B-標準型(支間4m)標準型ブラケット			0.25
	改-1	B-改-1型(支間4m)特殊型ブラケット(センター穴)			1.50
	改-2	B-改-2型(支間2m)特殊型ブラケット(センター穴)			1.90
	改-3	B-改-3(支間で) 新型ブラケット			—
C	標準型	C-標準型(支間4m)標準型ブラケット		—	0.25
	改-1	C-改-1型(支間4m)特殊型ブラケット (センター穴)			1.30
	改-2	C-改-2型(支間2m)特殊型ブラケット (センター穴)			1.30

根巻きコンクリートは積雪深2m, 3m地域400×400×200 4m地域500×500×300 鉄筋はφ16×300z

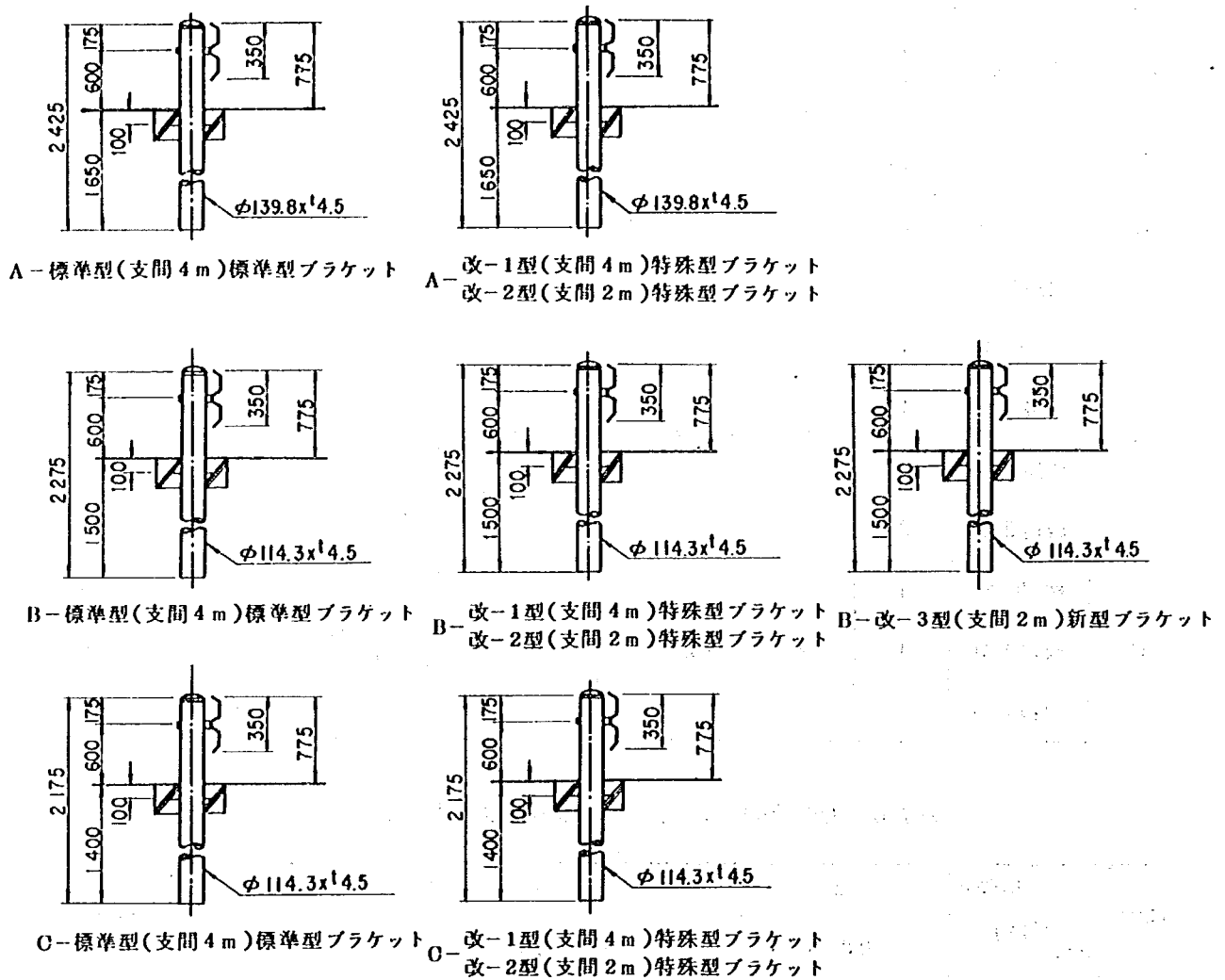


図 7.5 ガードレール設置状態

(2) ガードケーブル

積雪寒冷地におけるガードケーブルの破損は、ブラケット部分に多く、特にケーブル取付金具やブラケット取付ボルトに多く見られる。

また防護柵部材強度確認実験からも標準型のブラケットは鉛直荷重に対してケーブル取付金具が最も弱く、次いでブラケット取付ボルトであることがわかった。

このため56年度現道に設置する改良型モデルは、ケーブル取付金具とブラケット取付ボルトの改良を行うとともに、支柱間隔を3mと短くし、ブラケットに働く沈降力を小さくするタイプも改良型としてとりあげた。

なお、改良型A種ブラケット取付ボルトに関しては、B種に比べて取付間隔が広く回転によって生ずるせん断力が小さくなるためM12の標準取付ボルトを採用した。

(イ) 標準型と改良型の相違点

前述のようにケーブル取付部、ブラケット取付ボルトの強化を計るため次の様に改良した。

1. ブラケット …… ケーブル取付金具が弱いため図 7.6 の様にブラケット本体スリット部でケーブルを支持する方法とした。
2. ブラケット取付ボルト …… B種C種についてはM12からM16にあげた。
3. 支柱間隔 …… 改良1型は6 m, 改良2型は3 mとした。

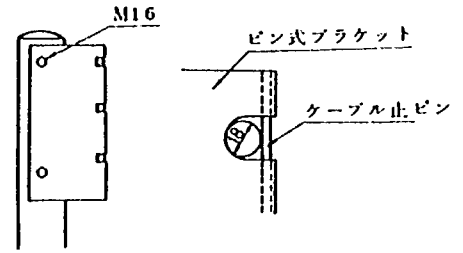


図 7.6 ケーブル取付部

(ロ) 耐雪型モデルの諸元(ガードケーブル)

現道に設置したガードケーブル供試体の諸元を表 7.7 に示す。

表 7.7 耐雪型モデルの諸元(ガードケーブル)

種別	型式	ガードケーブル ブラケット	ガードケーブル ブラケット 取付ボルト	支柱間隔
A 種	標準型	標準型	M 12	6 m
	改良型 1	ピン式	M 12	6 m
	改良型 2	ピン式	M 12	3 m
B 種	標準型	標準型	M 12	6 m
	改良型 1	ピン式	M 16	6 m
	改良型 2	ピン式	M 16	3 m
C 種	標準型	標準型	M 12	6 m
	改良型 1	ピン式	M 16	6 m
	改良型 2	ピン式	M 16	3 m

(ハ) 積雪深別ガードケーブル設置仕様

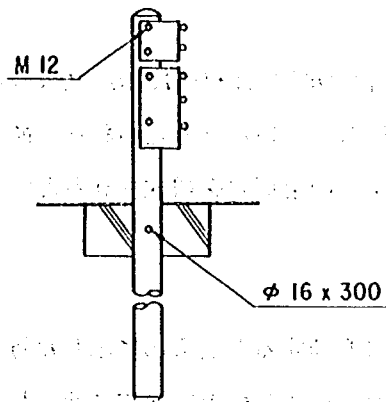
標準型ガードケーブル, 改良型ガードケーブルは, 積雪深別に表 7.8 のように設置した。それらの許容荷重は表 7.9 に示すとおりであり, 設置状態は図 7.7 に示すとおりである。

表 7.8 積雪条件と耐雪モデルの組合せ (ガードケーブル)

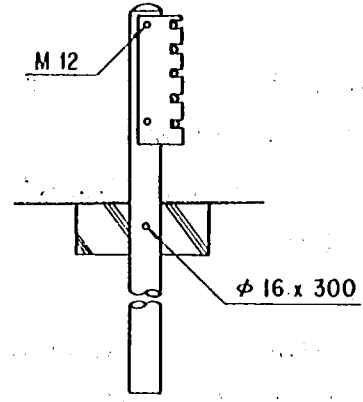
種別	積雪深 構造諸元 型式	2 m地区 0.8 t/m			3 m地区 1.4 t/m			4 m地区 2.0 t/m			許容荷重
		支柱 間隔 (m)	ブラケット 仕 様	ブラケット 取付ボルト	支柱 間隔 (m)	ブラケット 仕 様	ブラケット 取付ボルト	支柱 間隔 (m)	ブラケット 仕 様	ブラケット 取付ボルト	
A 種	標準型				6.0	標準型	M 12	6.0	標準型	M 12	1.9 ton
	改良型 1	—	—	—	6.0	ピン式	M 12	6.0	ピン式	M 12	5.7 ton B, C種の実験値 から求めた計算値
	改良型 2				3.0	ピン式	M 12	3.0	ピン式	M 12	
B 種	標準型	6.0	標準型	M 12	6.0	標準型	M 12	6.0	標準型	M 12	1.9 ton
	改良型 1	6.0	ピン式	M 16	6.0	ピン式	M 16	6.0	ピン式	M 16	6.4 ton 取付ボルトM12の 1.8倍とした
	改良型 2	3.0	ピン式	M 16	3.0	ピン式	M 16	3.0	ピン式	M 16	
C 種	標準型	6.0	標準型	M 12	6.0	標準型	M 12				1.9 ton
	改良型 1	6.0	ピン式	M 16	6.0	ピン式	M 16	—	—	—	5.9 ton 取付ボルトM12の 1.8倍とした
	改良型 2	3.0	ピン式	M 16	3.0	ピン式	M 16				
基 礎		400□×200H 500□×300H アンカーφ16×300 (北陸地建での実施例を参考にした)									

表 7.9 型式別許容荷重 (ガードケーブル)

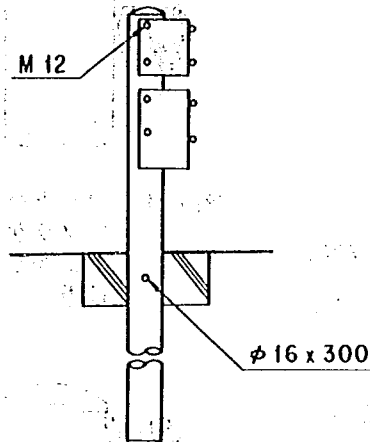
種別	型式	弱 点 部	許容荷重 t/m
A	標準型	ケーブル取付金具	0.32
	改良型 1	ブラケット取付ボルト	0.95
	改良型 2	ブラケット取付ボルト	1.90
B	標準型	ケーブル取付金具	0.32
	改良型 1	ブラケット取付ボルト	1.07
	改良型 2	ブラケット取付ボルト	2.13
C	標準型	ケーブル取付金具	0.32
	改良型 1	ブラケット取付ボルト	0.98
	改良型 2	ブラケット取付ボルト	1.97



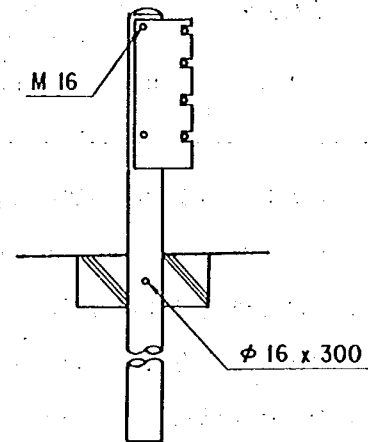
標準型A種



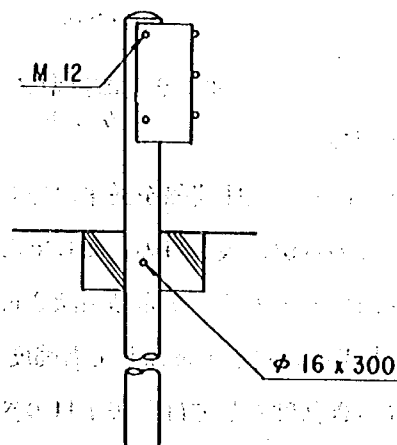
改良型A種



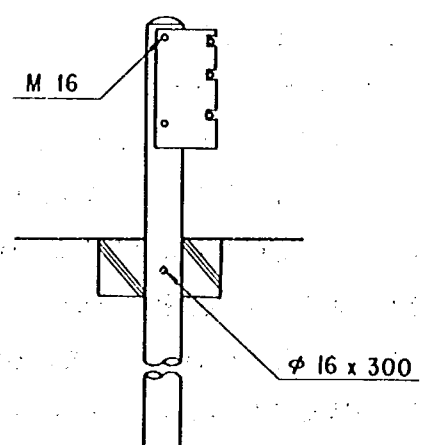
標準型B種



改良型B種



標準型C種



改良型C種

図7.7 ガードケーブル設置状態

(3) ガードパイプ

積雪寒冷地で使用するガードパイプは、前述の破損状況や防護柵部材強度確認試験の結果からみて、ビームパイプおよびブラケットの強度がウィークポイントになっていると考えられる。従って、改良型の選定にあたっては、ブラケットの強化と柱間隔を調節してパイプの耐荷力を増大させるという点に注意して実験を行なうことにした。

(イ) ガードパイプのブラケット

標準型ブラケットは図7.8に示すものであるが、これに載荷すると表7.10に示した防護柵部材強度確認試験結果のように想定負荷荷重（表7.1参照）に対し非常に小さな荷重で簡単に変形している。

表7.10 ガードパイプブラケットの耐力

種別	支柱間隔	耐力	
A_p	2 m	0.3 t	t/m 0.15
$B_p \cdot C_p$			

また、ブラケットの形状や支柱への取付け状態からみて、ガードレールやガードケーブルのブラケットと同じように単純に板厚を大きくするだけでは効果は期待できない。ゆえに、ブラケットの改良は、つぎに示す方法について検討した。

1. ブラケットの形状を見直し新しいタイプを考案する。
2. ブラケットは現状のままとし別に補強材を取付ける。

56年度現道に設置する耐雪型モデル用としてさしあたり図7.9のごとく標準型のブラケットを山形鋼で補強したタイプにより試験してみることにした。

(ロ) ガードパイプのビームパイプ

ビームパイプの耐荷力は、理論計算から算出した。今回の試験では、改良型の場合でも使用する部材は標準型と同一にし、支柱間隔を従来の $\frac{1}{2}$ (1m) とすることによってビームパイプの耐荷力を増大させるようにした。その数値は表7.11のとおりである。ただし、積雪深が3mを超える地域において、標準型のビームパイプを用いると表7.1から積雪深3mの場合の想定沈降力は1.4t/m、4mの場合2.0t/mとなっているので計算上支柱間隔を1mにしても強度不足となってくる。積雪深3m以上の地域での、耐雪用ビームパイプの具すべき強度としては、表7.11の参考値として示しているものとなるので、試験した供試体に比べ、使用する部材を大きくする必要がある。

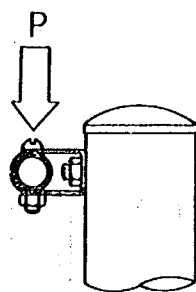


図7.8 ガードパイプブラケットにかかる荷重

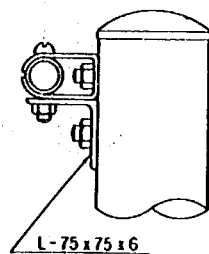


図7.9 改良型ブラケット

表 7.11 ガードパイプ・ビームパイプの耐力

種 別	形状寸法 (外径×厚さ) (mm)	断面係数 (cm ⁴)	支 柱 間 隔		備 考
			2 m	1 m	
B	48.6×3.2	4.86	kg/m 233	kg/m 933	許容応力度 2400kg/cm ²
C	48.6×2.4	3.83	184	735	
(参考)	60.5×3.2 76.3×2.8	7.84 11.5	376 552	1,505 2,208	

(イ) ガードパイプの耐雪型モデルの諸元

現道に設置したガードパイプ供試体の諸元を表 7.12 に、また設置の状態を図 7.10 に、ビームパイプ接合部の詳細について標準型と改良型をそれぞれ図 7.11、図 7.12 に示す。

表 7.12 ガードパイプ耐雪型モデルの諸元

種 別	ビームパイプ (外径×厚さ)	支 柱 (外径×厚さ)	柱間隔	ブラケットの補強	許容荷重
B	標準型 48.6×3.2mm	114.3×4.5 mm	2 m	なし	0.15t/m
	改良型 48.6×3.2	114.3×4.5	1	有り	—
C	標準型 48.6×2.4	114.3×4.5	2	なし	0.15
	改良型 48.6×2.4	114.3×4.5	1	有り	—
基 礎	北陸地方建設局での実施例を参考にして図 7.10 のように決定した。				

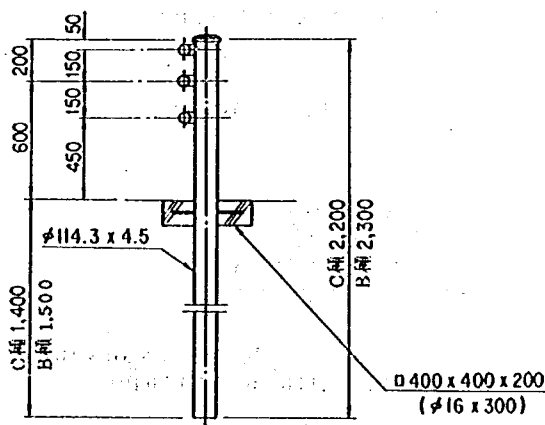


図 7.10 ガードパイプの設置状態

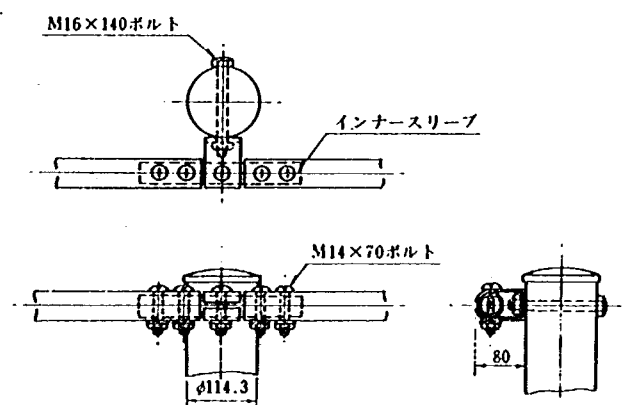


図 7.11 標準型

7.2.2 測定方法

検証実験の測定項目は、各試験地に併設した標準尺にかかる応力とこの時の積雪状態、及び融雪後の供試体の破損状況を調べるものであり、その測定方法はつぎのとおりである。

- (1) 積雪観測 …… 積雪深、降雪深、気温、
天候等
- (2) 積雪断面観測 …… 積雪の物理観測（密度、層構成、雪質等）と
供試体の状況
- (3) 雪圧測定 …… 自然積雪状態と堆雪状態
下に設置した標準尺〔第4章、図4.4(d)と同様〕

にかかる沈降力を、ロードセル又は圧痕計を用いて測定した。

ロードセル：共和電業製 圧縮型荷重変換器 LC-2TF型 容量2トン

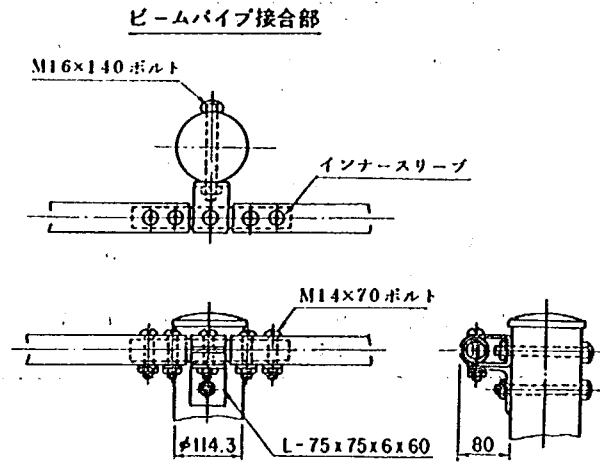


図7.12 改良型

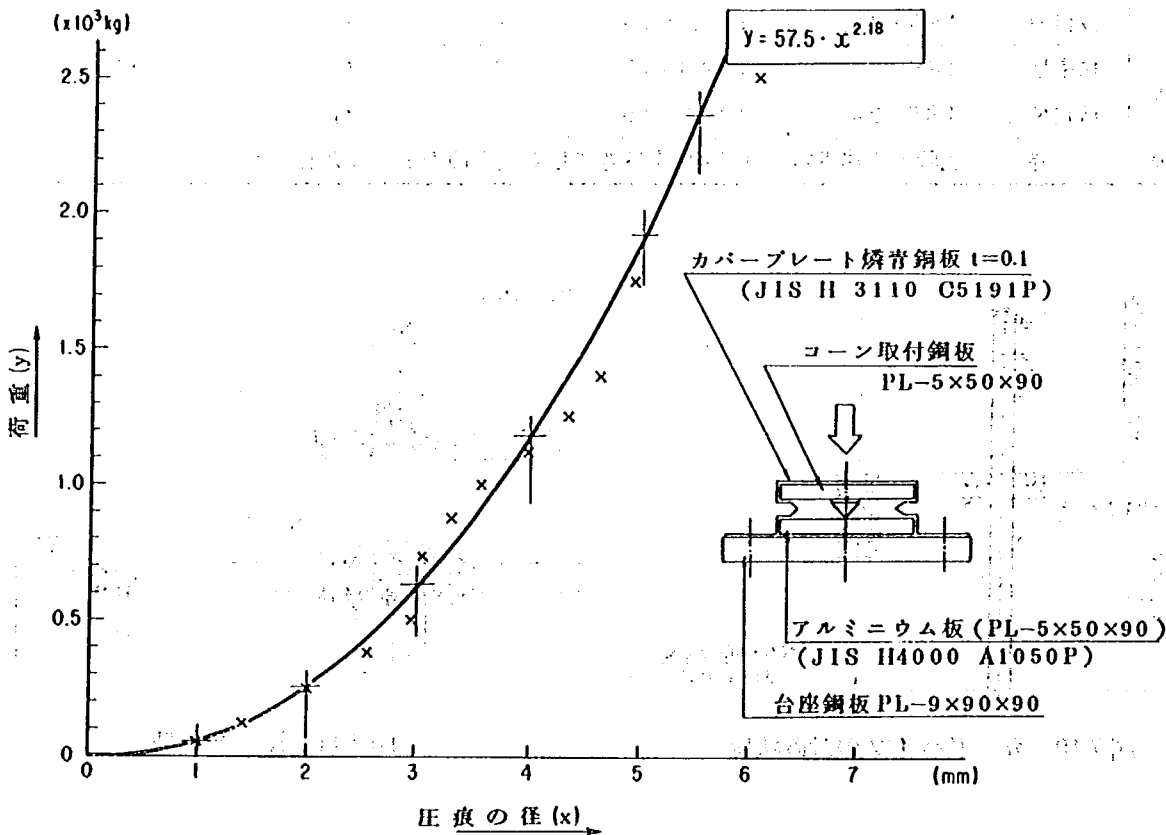


図7.13 圧痕計の形状と荷重曲線図

(4) 供試体の変形量

(イ) ガードレール ビームのタワミと曲がり

(ロ) ガードケーブル ケーブルのタワミ

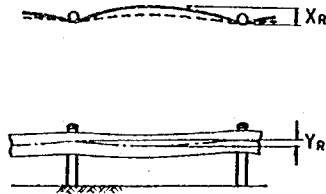


図7.14 供試体（ガードレール）
変形量の測定位置

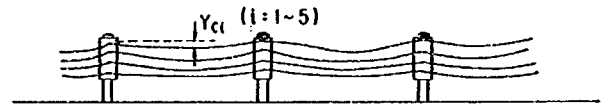


図7.15 供試体（ガードケーブル）
変形量の測定位置

(ハ) ガードパイプ パイプのタワミ

(ニ) 支柱（ガードレール，ガードケーブル，ガードパイプ）の水平変位量と沈下量

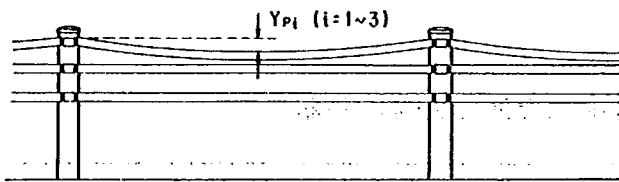


図7.16 供試体（ガードパイプ）
変形量の測定位置

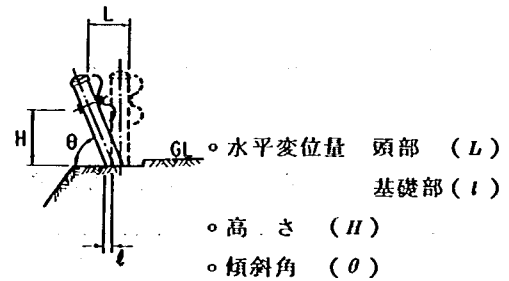


図7.17 支柱変位量の測定位置

(ホ) 基礎部の状況（沈下，コンクリートのクラック，路肩の崩壊等）

(ヘ) ブラケットの破損状況

(ト) 取付けボルト類の破損状況

(チ) ケーブル取付け金具の破損状況

(リ) ガードケーブルのロッド，索端金具の破損状況

(ヌ) その他

7.2.3 設置した供試体と測定機器

北陸地方建設局管内及び東北地方建設局管内の各地区に設置した供試体と測定機器（自然積雪時及び堆雪時の沈降力を測定するためのロードセルや圧痕計）は表7.13，14に示しているとおりである。

表 7.13 北陸地方建設局管内に設置した供試体と測定機器

地区	種 別	供 試 体									測 定 機 器			
		A			B				C		自然積雪		堆 雪	
		標準	改良 1	改良 2	標準	改良 1	改良 2	改良 3	標準	改良 1	改良 2	ロードセル	圧痕計	ロードセル
新井市	G R (ガードレール)				○	○	○							
	G C (ガードケーブル)				○	○	○				-	○	-	○
	G P (ガードパイプ)				○		○							
妙高村	G R				○	○	○							
	G C				○	○	○				○	○	○	○
	G P				○		○							
下田村	G R							○	○	○				
	G C							○	○	○	-	○	-	○
	G P							○		○				
山古志村	G R	○	○	○	○	○	○	○						
	G C	○	○	○	○	○	○				-	○	-	○
	G P													

表 7.14 東北地方建設局管内に設置した供試体と測定機器

地区	種 別	供 試 体									測 定 機 器			
		A			B				C		自然積雪		堆 雪	
		標準	改良 1	改良 2	標準	改良 1	改良 2	改良 3	標準	改良 1	改良 2	ロードセル	圧痕計	ロードセル
小国町小坂	G R				○	○	○							
	G C				○	○	○				○	○	○	○
	G P				○		○							
小国町沼沢	G R	○	○	○	○	○	○	○						
	G C	○	○	○	○	○	○				-	○	-	○
	G P													
飯豊町手の子	G R	○	○	○	○	○	○							
	G C	○	○	○	○	○	○					○	-	○
	G P				○		○							
飯豊町橋本	G R							○	○	○				
	G C							○	○	○	-	○	-	○
	G P							○		○				

7.3 実験結果

7.3.1 北陸地方建設局管内での実験

(1) 積雪状況

各地区における想定積雪深と最大積雪深の関係をまとめると表7.15のようになる。

表 7.15 想定積雪深と最大積雪深

地 区	想定積雪深 (m)	最大積雪深 (m)	
		自然積雪深	堆 雪 深
新 井 市	2.0	1.95	0.87
妙 高 村	3.0	2.56	2.45
下 田 村	2.0	1.20	1.20
山 古 志 村	4.0	2.75	2.14

各地の自然積雪深の経日変化は、図7.18に示すとおりである。なお、最大積雪深は2月15日頃に記録している。

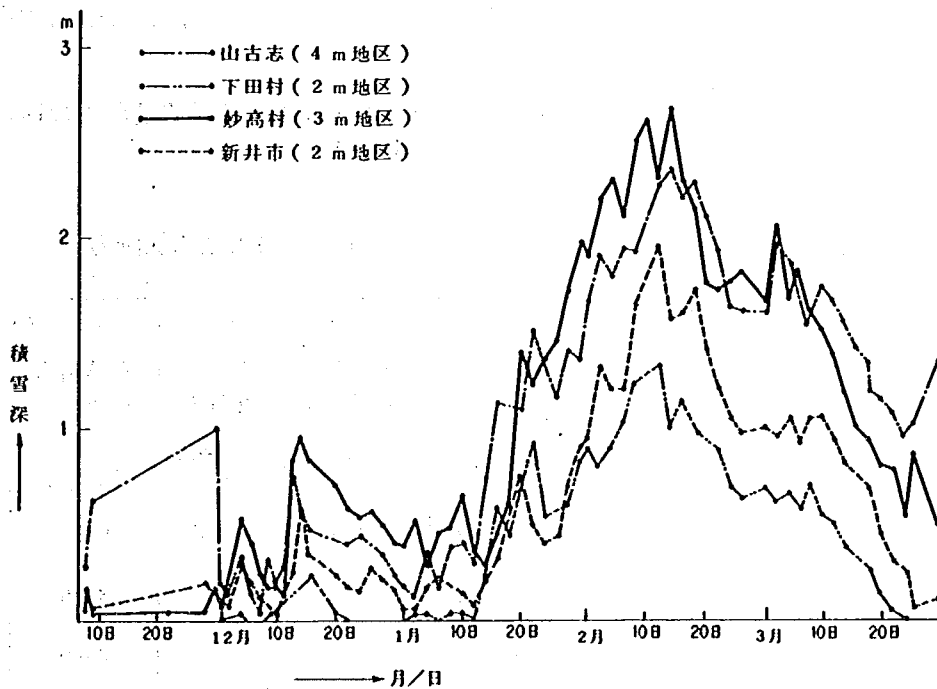


図 7.18 自然積雪深の経日変化

(2) 積雪沈降力について

妙高村でロードセルを用いて測定した、自然積雪沈降力と堆雪沈降力の経日変化を示すと図 7.19 のようになる。

つぎに、ロードセル及び圧痕計を用いて測定した各地の最大積雪沈降力を表 7.16 に示す。妙高村の圧痕計から求めた堆雪沈降力以外は、各地区共、自然積雪沈降力と堆雪沈降力は、ほぼ等しい値を示していた。

(3) 積雪沈降力と積雪重量の関係について

妙高村での測定データをもとに、自然積雪状態と堆雪状態での積雪沈降力と積雪重量の関係について比較してみると図 7.20 のようになる。この図からわかるように、自然積雪状態の傾向線を見ると降雪初期の段階では、積雪重量が増大しているにもかかわらず積雪沈降力は 50kg/m 当りではほぼ一定となっている。その後積雪重量が $500\sim 600\text{kg/m}^2$ を示しているあたりから、沈降力は急激に増大し、一気に最大値 (760kg/m) にまで達している。これに対し、堆雪状態では、積雪重量がそれほど増大していない初期の段階で、ほぼ最大沈降力の域に近くなり、その後積雪重量が増大しても沈降力そのものは、大きな変化を示していない。このことは除雪作業による強制的な圧密現象の影響が比較的早い時期から現われていることを示している。

(4) 堆雪断面観測結果

妙高村と山古志村における堆雪断面観測結果はそれぞれ図 7.21, 図 7.22 に示すとおりである。

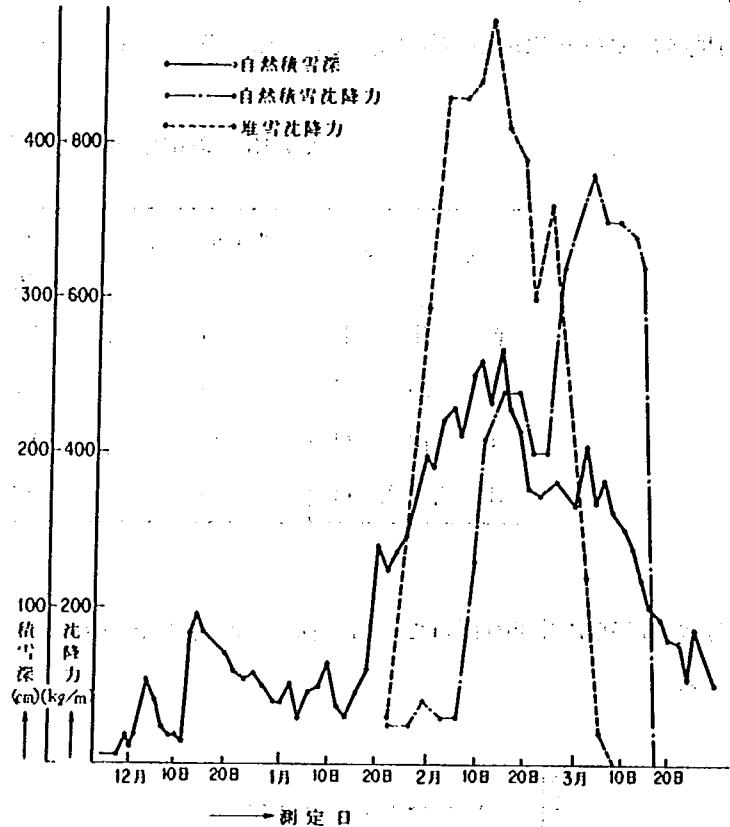


図 7.19 ロードセルによる積雪沈降力の経日変化 (妙高村)

表 7.16 最大積雪沈降力

地区	ロードセル		圧痕計	
	自然積雪沈降力	堆雪沈降力	自然積雪沈降力	堆雪沈降力
新井市	—	—	計測不能	計測不能
妙高村	760	960	682	341
下田村	—	—	306	313
山古志村	—	—	882	925

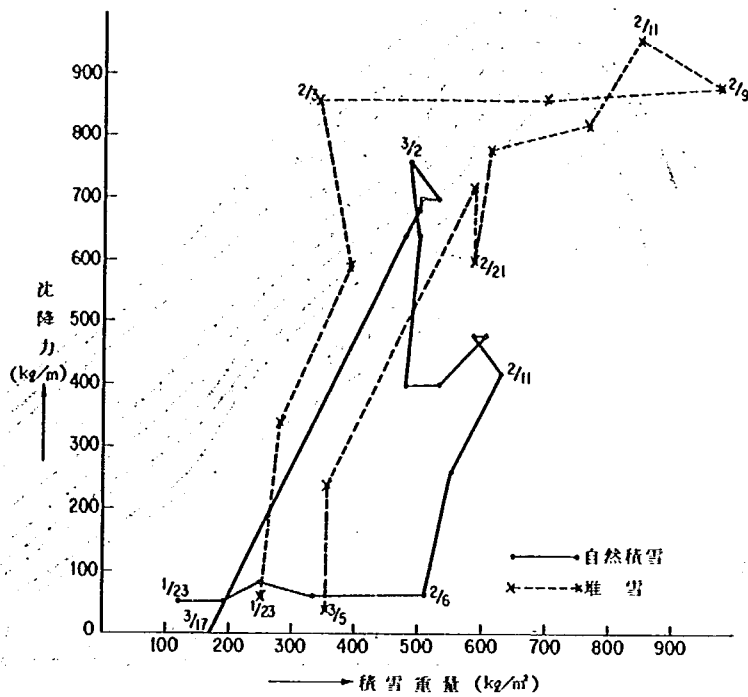


図 7.20 ロードセルによる積雪沈降力と積雪重量の関係

(イ) 妙高村 (観測日 57.2.11)

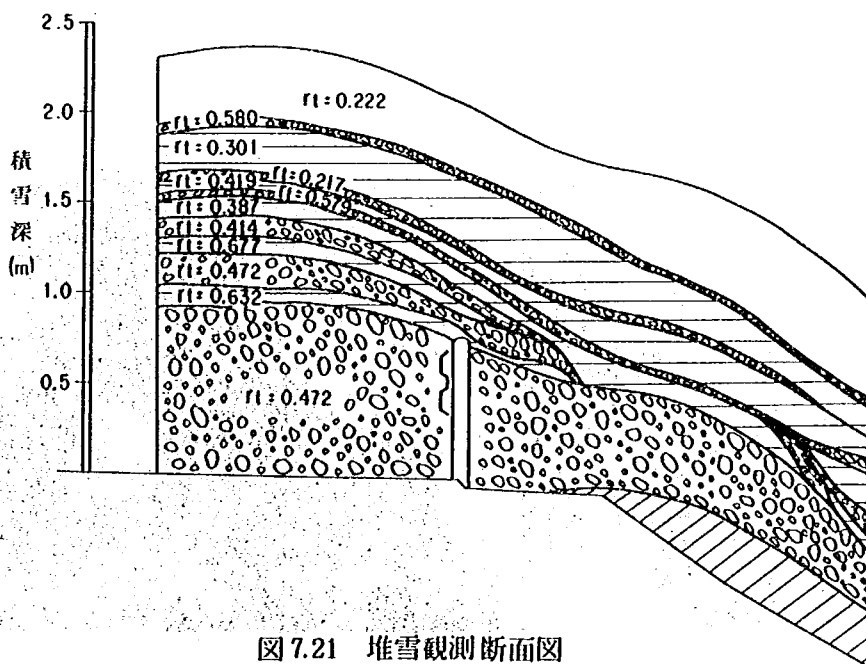


図 7.21 堆雪観測断面図

(ロ) 山古志村 (観測日 57.2.17)

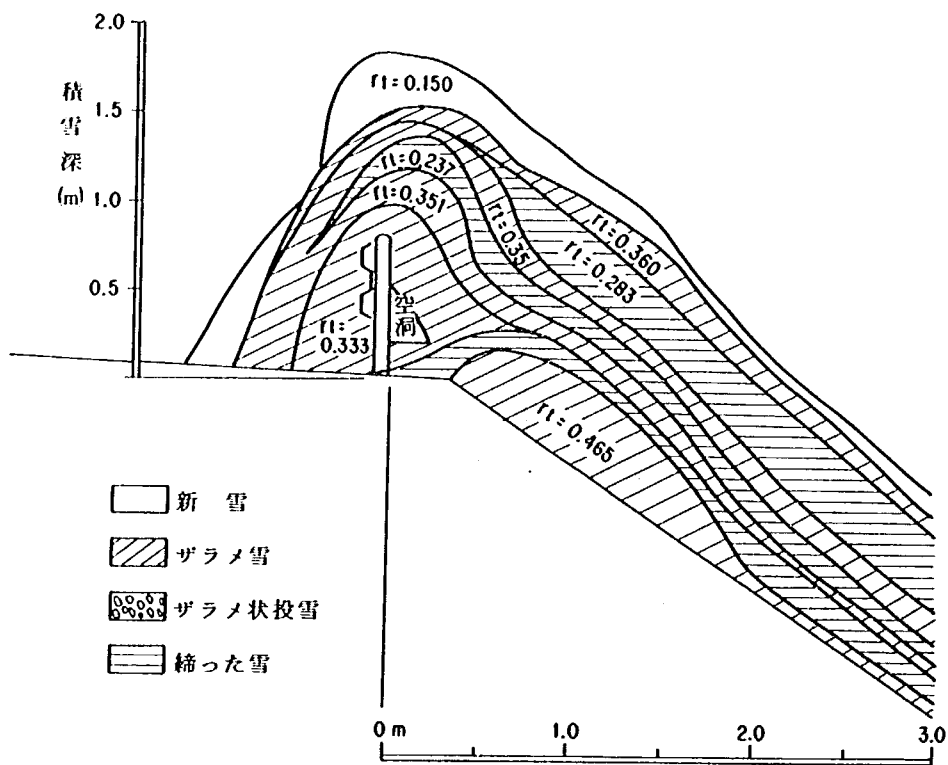


図 7.22 堆雪観測断面図 (山古志村)

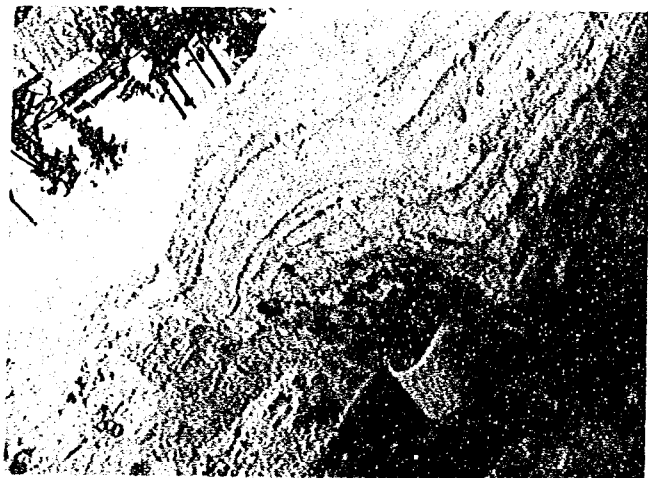


写真 7.1 断面観測



写真 7.2 断面観測

(5) 供試体の形状変化について

融雪後の供試体の状況は、表7.17のとおりである。なお、この表に記載している事項以外には、各供試体とも全く破損はみられなかった。融雪後の状況を写真7.3～7.8に示す。

表7.17 融雪後の供試体の状況

設置場所	積雪深	種 別	供試体の 支柱番号	現 況 調 査 結 果
妙高村	3.0m	ガードケーブル (B・標準)	4 5	10mmの沈下、根巻きコンクリートが割れて8mm前後の段差あり。(除雪時の影響)法側に傾斜していた。
		ガードパイプ (B・標準)		最上段ブラケットが前傾していた。
		ガードレール (B・改良2) ガードケーブル (A・改良1,2) (B・改良2)		一部の柱に5～6mmの沈下が発生していた。
山古志村	4.0	ガードケーブル (B・標準)	2,3,4,5	沈下・傾斜が発生、根巻きコンクリートと道路側との間に14～40mmの開孔がある。 〔◦カーブ地点に設置されており、初張力の影響で法側に傾斜した。 ◦法側に後背地がない。〕
		ガードケーブル (A・改良1)	1,2	沈下、傾斜が大 〔◦カーブ地点に設置、初張力の影で法側に傾斜した。 ◦法側に後背地がない。〕
		ガードレール (A,改良1,2) ガードケーブル (A・改良1)		一部の柱に4～7mmの沈下が発生していた。

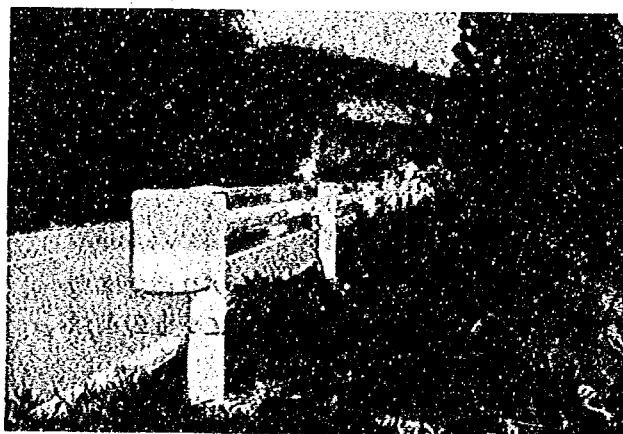


写真7.3 ガードレールA種改良型(山古志村)

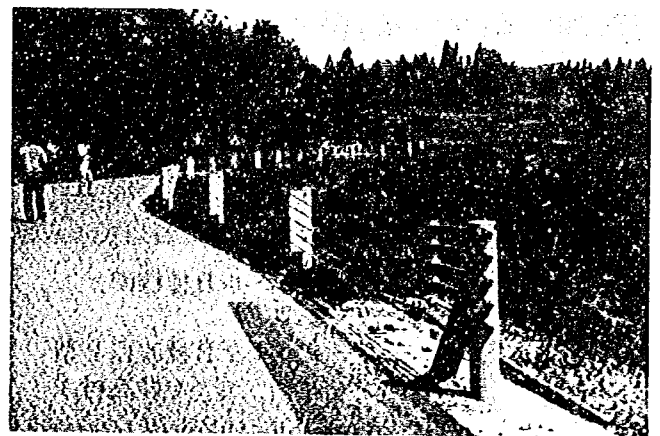


写真7.4 ガードケーブルA種改良2型(山古志村)

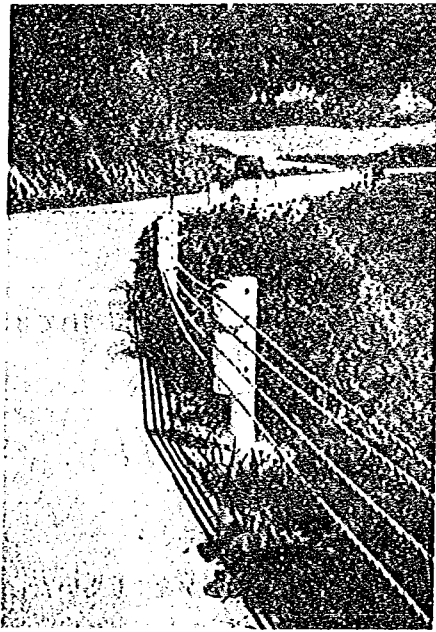


写真7.5 ガードケーブルB種標準型(山古志村)

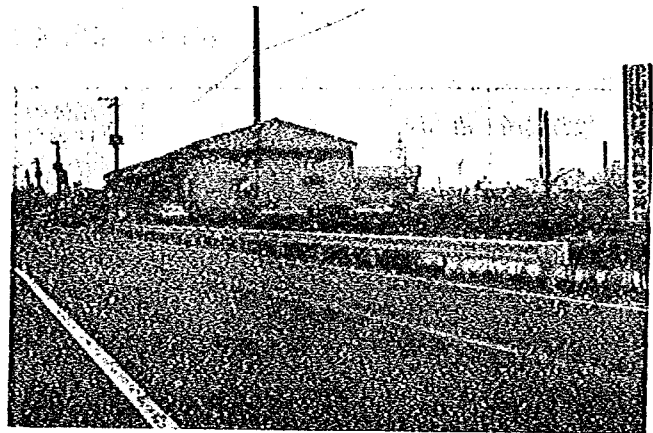


写真7.6 左からガードパイプB種改良2,標準型
ガードレールB種改良1,改良2,
標準型
(新井市)

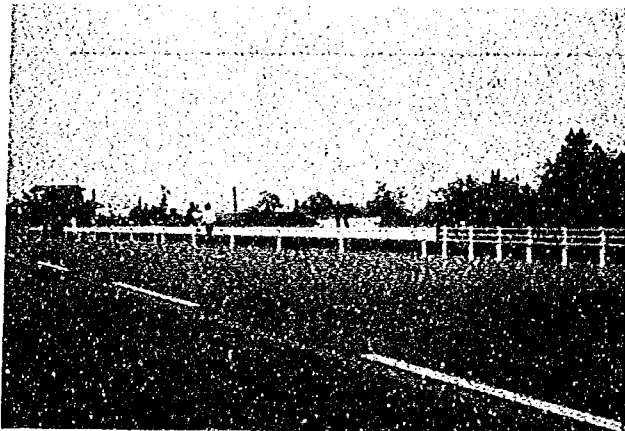


写真7.7 左からガードレールB種標準,
改良1型
ガードパイプB種改良2型
(妙高村)



写真7.8 ガードパイプB種標準型
最上段ブラケットの前傾

7.3.2 東北地方建設局管内での実験

(1) 積雪状況

各地区における最大積雪深を表7.18に、自然積雪深の経日変化を図7.23に示す。

表 7.18 想定積雪深と最大積雪深

地 区	想定積雪深 (m)	最大積雪深(m)	
		自然積雪深	堆雪深
小国町小坂	2.0	1.74	1.30
小国町沼沢	4.0	2.68	1.40
飯豊町手の子	3.0	2.00	1.60
飯豊町橋本	2.0	1.70	1.50

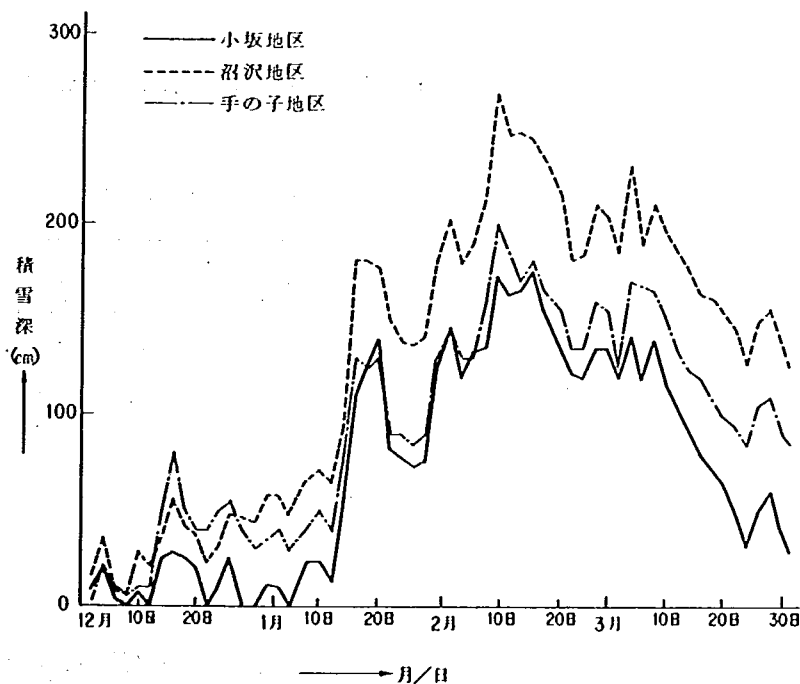


図 7.23 自然積雪深の経日変化

(2) 積雪沈降力について

積雪沈降力の経日変化を小国町小坂で測定した。しかしデータ数が少ないためはっきりした傾向はつかめていないが、結果をまとめると図7.24のとおりである。

つぎに各地の最大積雪沈降力を表7.19に示す。

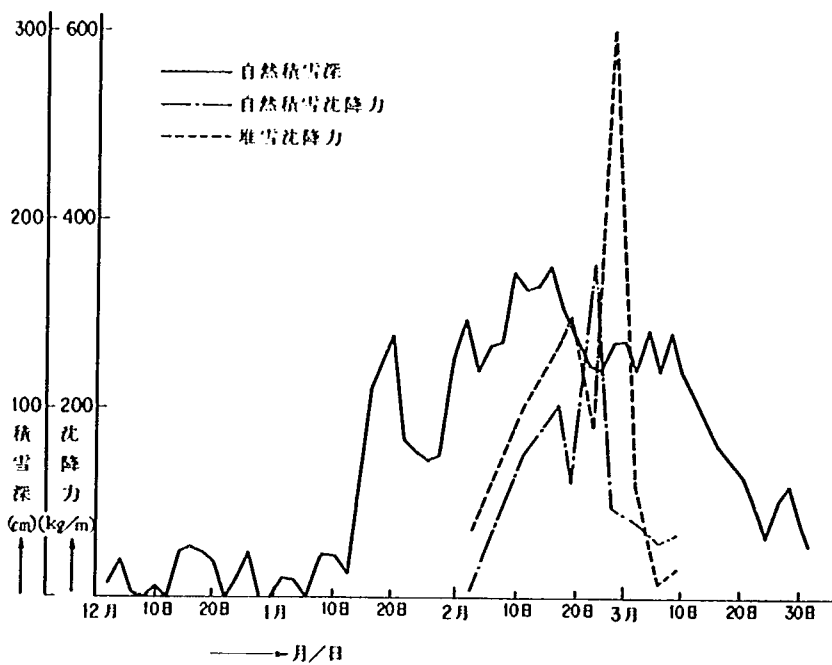


図7.24 ロードセルによる積雪沈降力の経日変化(小国町小坂)

(3) 堆雪断面観測結果

表 7.19 最大積雪沈降力

小国町沼沢
(観測日 57.2.18)

地区	ロードセル		圧痕計	
	自然積雪沈降力	堆雪沈降力	自然積雪沈降力	堆雪沈降力
小国町小坂	350kg/m	589kg/m	210kg/m	748kg/m
小国町沼沢	—	—	865	350
飯豊町手の子	—	—	521	617
飯豊町橋本	—	—	506	361

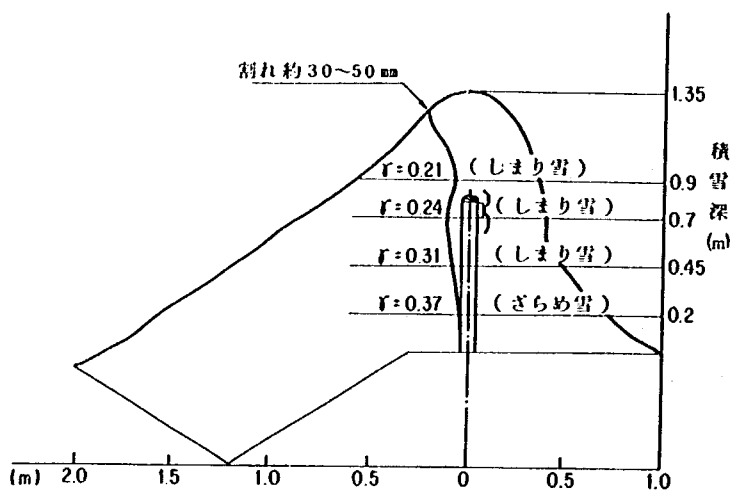


図 7.25 堆雪観測断面図



写真 7.9

(4) 供試体の形状変化について

融雪後、全供試体の状況調査を行ったが、いずれも、破損等の問題点は見られなかった。その状況は写真7.10から7.13に示すとおりである。



写真7.10 手の子地区ガードレール

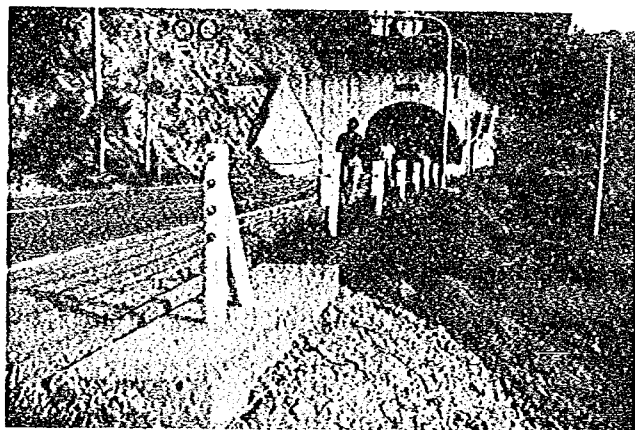


写真7.12 小国町沼沢地区に設置のガードケーブル

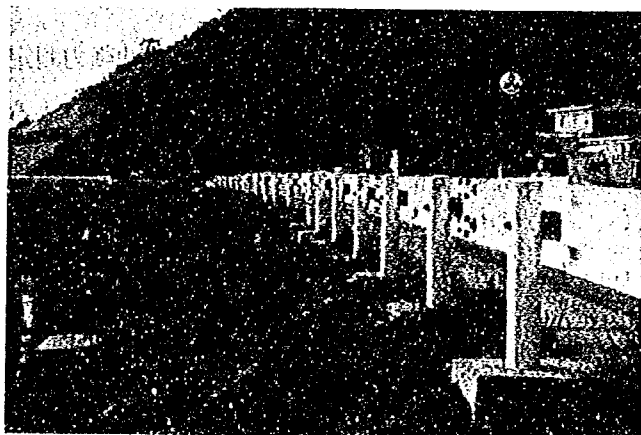


写真7.11 小国町沼沢地区に設置の
ガードレール（B種）



写真7.13 飯豊町手の子地区に
設置のガードパイプ
（B種改良2型）

7.4 検証実験のまとめ

54, 55年度に行った雪圧実験の結果をもとに算出した積雪深に対応する沈降力を目安とし、これと防護柵部材強度確認実験から得られたデータをもとに検証実験用モデルの設計を行った。これを表7.2に示している各地区の現道に設置することによって、各モデルの耐雪限界を見出そうという目的で本件の実験を行った。結果は、前項で述べているように、

- (イ) ガードパイプのブラケットの前傾(北陸・妙高村)
- (ロ) 基礎の沈下(北陸 妙高村, 山古志村)
- (ハ) 支柱の傾斜(北陸 山古志村)

以外には、何ら変形や破損は見られなかった。以下その原因について考えてみる。

- (1) 積雪不足により当初想定した設計荷重に対し、実際に記録した最大沈降力が小さかった。

これは、表7.20に示しているように各地区の堆雪状態での最大沈降力は、設計荷重すなわち想定沈降力の10~50%程度しか作用していないことから容易に推定できる。更に表7.20からわかるようにガードレールとガードケーブルの改良型の許容荷重は、実際に記録した最大沈降力を大幅に上廻っているため理論上からは破損するとは考えられない。また、ガードレール、ガードケーブルの標準型についても、何ら破損や変形を生じていないが、計測の誤差、データのバラツキ等を勘案すれば、ほぼ供試体の弾性限界の領域近くになっていたのではないかと判断される。鉛直方向の耐荷力が小さいガードパイプ標準型については、堆雪深2.45mを記録した妙高村で、B種タイプのブラケットが変形している。ビームパイプ自体の塑性変形はみられなかったが、今後この種の地域でのガードパイプは、種別に関係なく強化型ブラケットを使用することが必要となろう。

- (2) 除雪作業を図7.26に示すように防護柵前面ぎりぎりまで行ったために雪圧が減少し、沈降力測定用標準尺の堆雪状態とは幾分異なった形態となった。この現象は、試験設置した全地域に共通しているが、特に、山古志村では、ガードレール標準型の許容荷重の3.7倍、ガードケーブルでは2.9倍の沈降力を記録しているにもかかわらず供試体は破損していない。その理由として上記の点が大きく左右していたと考えられる。今後、維持管理面で、防護柵を傷つけないように注意しながらビーム面やケーブルが露出するまで除雪するという方法を併用すれば、かなりの効果が期待できる。

- (3) 基礎の沈下について

基礎の沈下の原因としては、基礎の設置時に図7.27のように現地盤を掘削してコンクリートを打設しているが、この時の底部や埋戻し部の転圧不足など施工上の問題と現地盤の地耐力不足が考えられる。今後は、上部構造のみでなく下部構造の検討も必要である。

表 7.20 想定積雪深および沈降力と最大積雪深・最大沈降力の関係並びに設置した供試体の許容荷重

項 目		設置場所		北陸地方建設局管内				東北地方建設局管内				
		新井市	妙高村	下田村	山古志村	小国町 小坂	小国町 沼沢	飯豊町 手の子	飯豊町 橋本			
想定積雪深 (m)		2.0	3.0	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0			
想定沈降力 (t/m)		0.8	1.4	0.8	2.0	0.8	2.0	1.4	0.8			
最大積雪深 (m)	自然	1.95	2.56	1.20	2.75	1.74	2.68	2.00	1.70			
	堆雪	0.87	2.45	1.20	2.14	1.30	1.40	1.60	1.50			
最大沈降力 (t/m)	自然	—	0.682	0.306	0.882	0.210	0.865	0.521	0.506			
	堆雪	—	0.341 (24%)	0.313 (39)	0.925 (46)	0.748 (93)	0.350 (17)	0.617 (44)	0.361 (45)			
設置した供試体の種別と許容荷重	ガイドレール	A種	標準型	0.25t/m			○		○	○		
			改良1型	1.50			○		○	○		
			改良2型	1.90			○		○	○		
		B種	標準型	0.25	○	○		○	○	○	○	
			改良1型	1.50	○	○		○	○	○	○	
			改良2型	1.90	○	○		○	○	○	○	
	改良3型		—				○		○			
	C種	標準型	0.25			○					○	
		改良1型	1.30			○					○	
		改良2型	1.30			○					○	
	ガイドケーブル	A種	標準型	0.32				○		○	○	
			改良1型	0.95				○		○	○	
			改良2型	1.90				○		○	○	
		B種	標準型	0.32	○	○		○	○	○	○	
			改良1型	1.07	○	○		○	○	○	○	
			改良2型	2.13	○	○		○	○	○	○	
	C種	標準型	0.32			○					○	
		改良1型	0.98			○					○	
改良2型		1.97			○					○		
ガイドパイプ	B種	標準型	0.15	○	○			○		○		
		改良2型	—	○	○			○		○		
	C種	標準型	0.15			○					○	
		改良2型	—			○					○	

注) ()内は $\frac{\text{最大沈降力(堆雪)}}{\text{想定沈降力}} \times 100(\%)$ の数值を示す。

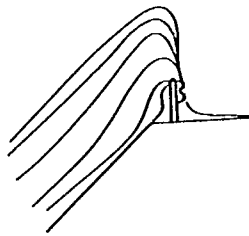


図 7.26 防護柵の堆雪状況

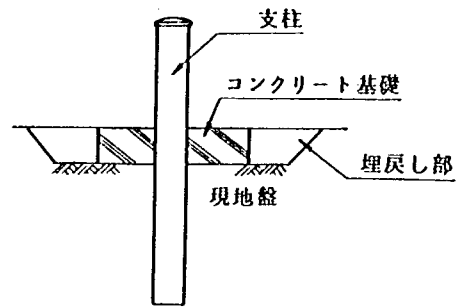


図 7.27 試験設置した基礎の構造

(4) 支柱の傾斜について

支柱の傾斜は、北陸地方建設局管内山古志村のガードケーブルA種、改良1型とB種標準型に発生した。この原因としては、

- ① 供試体設置地点の地形が図 7.28 のようになっており、ケーブルを支柱に取付け初張力を与えた際に法側へ引張られる傾向となる。
- ② 法側方向に水平力が作用した時、支持地盤となりうる後背地がない。

(5) 今後の検討課題

今後の検討課題としては以下のことがあげられる。

- ① 56年度から始めた検証実験の継続
- ② ガードレールのビーム材の前倒れ防止として、この検証実験の供試体は、支柱の長さを標準型よりも長くしたが今後は経済性、施工性、製造の面を考慮した対策案の検討及び検証実験
- ③ 支柱基礎の検討及び検証実験

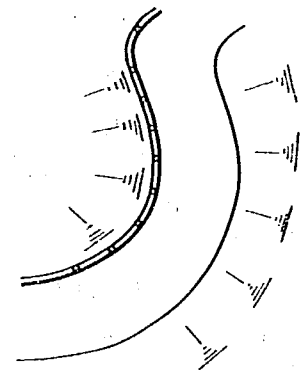


図 7.28 山古志村供試体設置地点の地形
 ガードケーブルA種改良1型とB種標準型

第8章 まとめと今後の課題

8.1 積雪寒冷地用防護柵の選定方針と基礎資料の整備拡充

静的試験のWeak Pointから算出した防護柵の耐雪荷重限界はすでに述べた通りであるが、今後は積雪条件に対応した強度をもつ防護柵、形式の整備拡充と耐雪防護柵より信頼できる選定図の充実を図らなければならない。今回作成した選定図は、これによって積雪寒冷地用の防護柵の選定を実際に行うというよりも、今後とり組むべき一つの方針を示したものである。昭和56年度の積雪は前年に比べきわめて少なく、この選定図も静的試験のデータをもとに作成したものであって、検証実験によって裏付けられたものではない。したがって、今後は現道における検証実験により、値の信頼性の向上をはかるとともに各地の雪質、密度、積雪深との関係を更によく観測し、吟味することにより積雪寒冷地における防護柵の選定基準のための基礎資料の整備拡充を目ざさなければならない。

また、これと平行して、確率洪水ならぬ確率積雪の考え方から、防護柵の耐用年限という点にも考察を加える必要がある。

8.2 積雪寒冷地用防護柵の設置等に関する問題点および改良点

積雪寒冷地用防護柵の経済的かつ合理的な設計、設置手法を確立するため、基礎的調査を昭和54年度から3ヶ年計画で実施してきたが、構造物にかかる雪圧特性は、雪質、地形、気象、構造物の形状等によって大きく左右されるため、短時日でこれを解明することは難しく、今後の研究を待つ所が多い。ここでは、昭和54年度、55年度、56年度の調査結果から、現防護柵を積雪寒冷地域に適応させるための改良点および今後の検討事項について述べる。

現在設置されている防護柵は、今回の破損実態調査、雪圧実験等から雪圧荷重に対し耐力（特に鉛直荷重に対する耐力）が非常に小さく破損しやすいことがわかった。その主な破損箇所は、ブラケット、ポストの沈下、ビーム等の曲りがあげられ、また、その破損は堆雪深とか除雪方法、防護柵の設置位置、防護柵の形式種類等によっても差があるようである。したがって、防護柵の合理的な設置基準を考える場合、これらの点を十分考慮した防護柵の種類、構造、設置位置、方法等の検討が必要である。次に今回の実験から気をついた防護柵の改良すべき部分を主体に、その考え方等について以下に述べる。

1) ブラケットの補強

ブラケットの破損は、破損実態調査等からわかるように、その多くはブラケットの変形や切断およびブラケットを固定するボルトの破断である。特にガードレールの場合、ブラケットのプレートが薄いために耐力がボルトのそれより小さくなっている（表5.6）。このため、プレートの補強とかボルトを太くする等の補強改良が一つの対策と思われる。

一方、これらは雪圧に耐えうるための補強対策であるが、ガードケーブルのような場合、地域によって

は、積雪前に取り外すところもある。つまり、堆雪時には、防護柵は不用と考え、経済性の点からある程度の雪圧で他の部材が破壊する以前にケーブルを落して、その破損を免れることをねらったものである。ただし、この方法は、融雪時にはケーブルが再び簡単に取り付けられることが前提となる。

2) ガードケーブル、ガードパイプの上部構造の強化

今回の実験結果から、ガードケーブルにかかる雪圧は、ケーブルの上段と2段目で全体の80%を占めた。いいかえれば、現在のケーブルあるいはケーブルを支えるブラケットは上、中、下段共に同一強度、方法等で設計されているが、これを上部二本だけ強化することによってかなりの沈降力にも耐えうる防護柵とすることができよう。このような考え方は、ガードパイプにもあてはまる。

3) ガードレールのビーム構造の改良

現在のビームの上部構造は雪の力を受けた場合、その部分だけ破損する例も非常に多い。このため上端部分を補強するとか、荷重を軽減できる構造の検討が必要と思われる。

4) 支柱基礎の補強

今回の実験で支柱基礎の耐力まで検討するには至っていないが、設置されている地盤の特性によって現実には支柱が沈下している例もあるので、かなりの積雪が予想される地域ではコンクリートで補強することか沈下防止のための鉄板を敷くなどして、その防止に当たることが必要である。

5) 剛性の高い防護施設の検討

積雪に耐える防護柵の開発といっても、積雪荷重の大きさによってはおのずから限界というものが考えられ、防護柵の上にくらでも堆雪を積み上げてよいということにはならない。したがって、既存の防護柵並びにその改良型、および一部の新型の防護柵の堆雪限界を明確にすることが、まず第一のステップである。そして、これらの荷重限界を超える場合には駒止、コンクリート壁、オートガードといったコンクリート製防護施設等について、その耐雪限界を明らかにした上で考慮の対象とすることも考えられよう。

6) 除雪機械オペレーターの技術の向上と適切な除雪機械の効果的な配置

破損した防護柵をみると、除雪機械によると思われる破損形状、自動車の衝突によると思われる局所的な破損形状、堆雪重量によると思われる規則正しい破損形状等、一見して原因が想像できるものが多い。今後の除雪対策の一環として適切な除雪機械の配備と除雪方法の確立に十分な努力が必要であろう。

8.3 その他の課題

第一に、これまで調査研究してきた一連の実験によって、現在、積雪寒冷地における防護柵の問題点および雪圧特性がある程度明らかになり、部分的な改良を加えることによって、現在の施設の耐雪限界のかなりの向上がはかられることがわかった。しかし、56年度は積雪が少なく、検証実験による資料の裏付けが乏しいので、豪雪地帯での適用には若干の問題が残されている。したがって、今後、検証実験を続け、実際の強度限界を確認する必要がある。

第二に、新しい耐雪用防護柵として具備すべき条件としては、豪雪地において多少の除雪の影響を受けても破損しないことが必要であり、また、とりわけ鉛直荷重の負担の少ない形状とすることも考えられるが、

本来の防護柵としての機能を失わないようにすることも大切である。さらに、維持、管理が簡単で、経済的なものの開発といったことも大きい課題であろう。

第三に、豪雪地帯において既存あるいは改良防護柵のいかなるものによっても対処し得ないような場合には駒止、オートガードといったコンクリート製品とか剛性のきわめて大きい防護柵を用いることも考慮する必要があるが、既存あるいは改良防護柵の耐雪限界を明らかにすることがまず先決であろう。

第四に、56豪雪にみられる如く、年によって積雪に著しい差が生じる。したがって、豪雪の年には防護柵が破損することもやむを得ないということもある。河川の確率洪水的な考え方をすれば、何年に1回の豪雪までを許容するかといった確率豪雪にもとづく防護柵の耐用年数についても考慮に入れることも必要である。

第五に、除雪機械の適切な選択と配備および適切な除雪方法の確立があげられる。これによって防護柵の破損を極力少なくしたいものである。

あ　と　が　き

耐雪用防護柵に関する調査研究は、これまでほとんど手のつけられていない分野であり、しかも雪というきわめて取り扱いにくい要素を対象としているため、今後も継続して資料を蓄積して行く必要がある。昭和56年度は、とくに前年度に比し少ない積雪のため、一層、防護柵耐力の検証資料の充実が必要である。

今回の調査研究の内容は、防護柵の地上部分が主であるが、さらに基礎部分についても調査研究中であり、これらを“積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その2)”として報告する予定である。これらの調査結果から、防護柵の構造、土質、積雪深という条件に応じた合理的な強度をもつ耐雪用防護柵の選定の目安が得られ、今後の耐雪用防護柵の選定に一つの方針を示すことができよう。また、今後はこれら資料の整備拡充をはかるとともに、必要に応じて新しい耐雪用防護柵の検討をも行なわねばならないものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 積雪寒冷地における道路の安全施設に関する破損実態調査, 土木研究所資料第1703号, 1981.
- 2) 新防雪工学ハンドブック, 日本機械化協会.
- 3) 雪と道路の調査報告, 北陸地方建設局上越国道工事々務所.
- 4) 防護柵設置要綱, 日本道路協会, 1972.

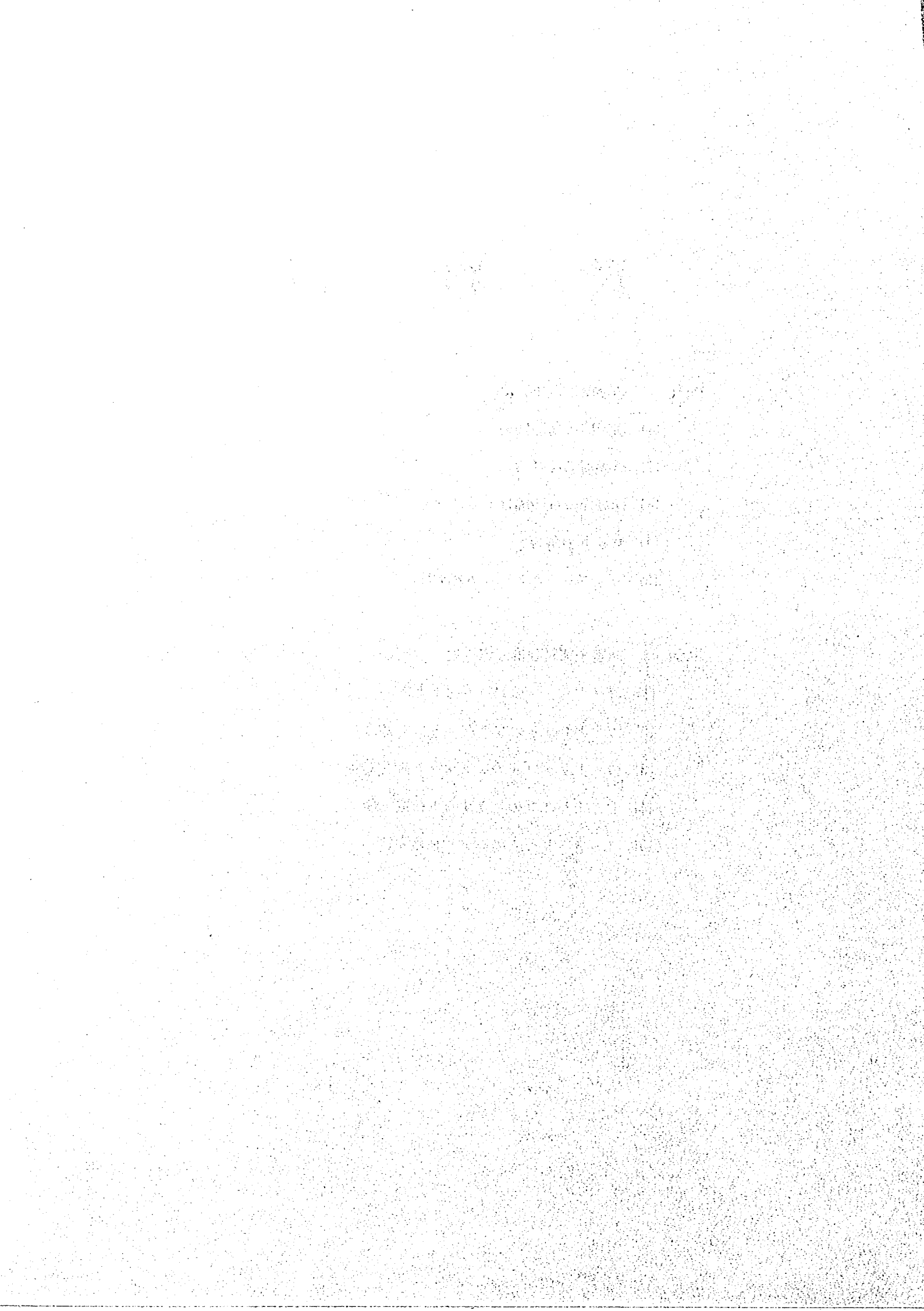
資 料 編

Part 1 防護柵の雪圧実験

- (1) 防護柵の断面観測
- (2) 防護柵の沈降力
- (3) 防護柵支柱の曲げモーメント
- (4) ロッドの張力
- (5) ガードレールのビーム応力度

Part 2 防護柵部材強度確認実験

- (1) ガードレールのビーム荷重実験
- (2) ガードレールのブラケット荷重実験
- (3) ガードケーブルのブラケット荷重実験
- (4) ガードパイプのブラケット荷重実験
- (5) ボックスビームのパドル荷重実験



Part 1 防護柵の雪圧実験

(1) 防護柵の断面観測

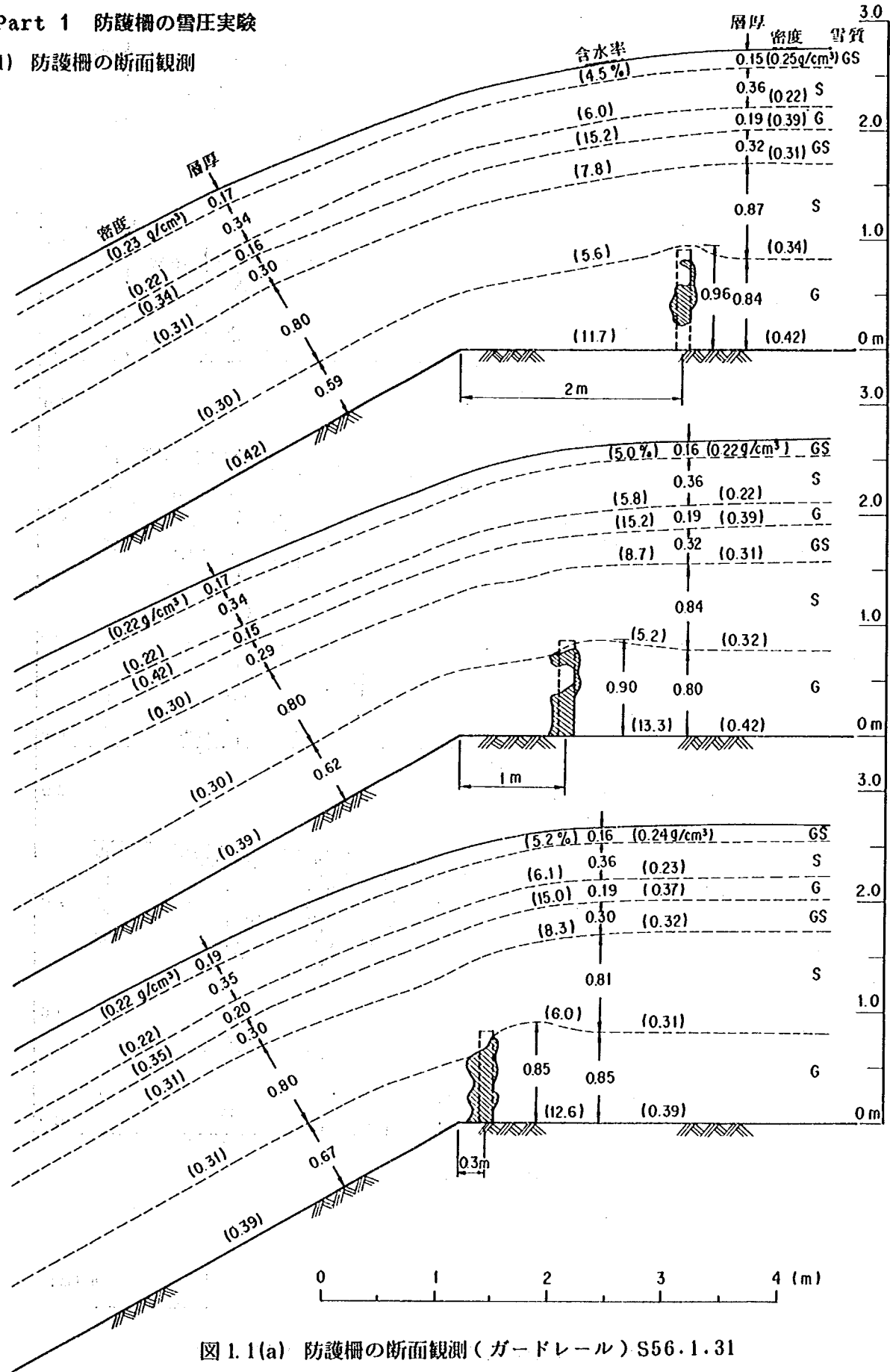


図 1.1(a) 防護柵の断面観測 (ガードレール) S56.1.31

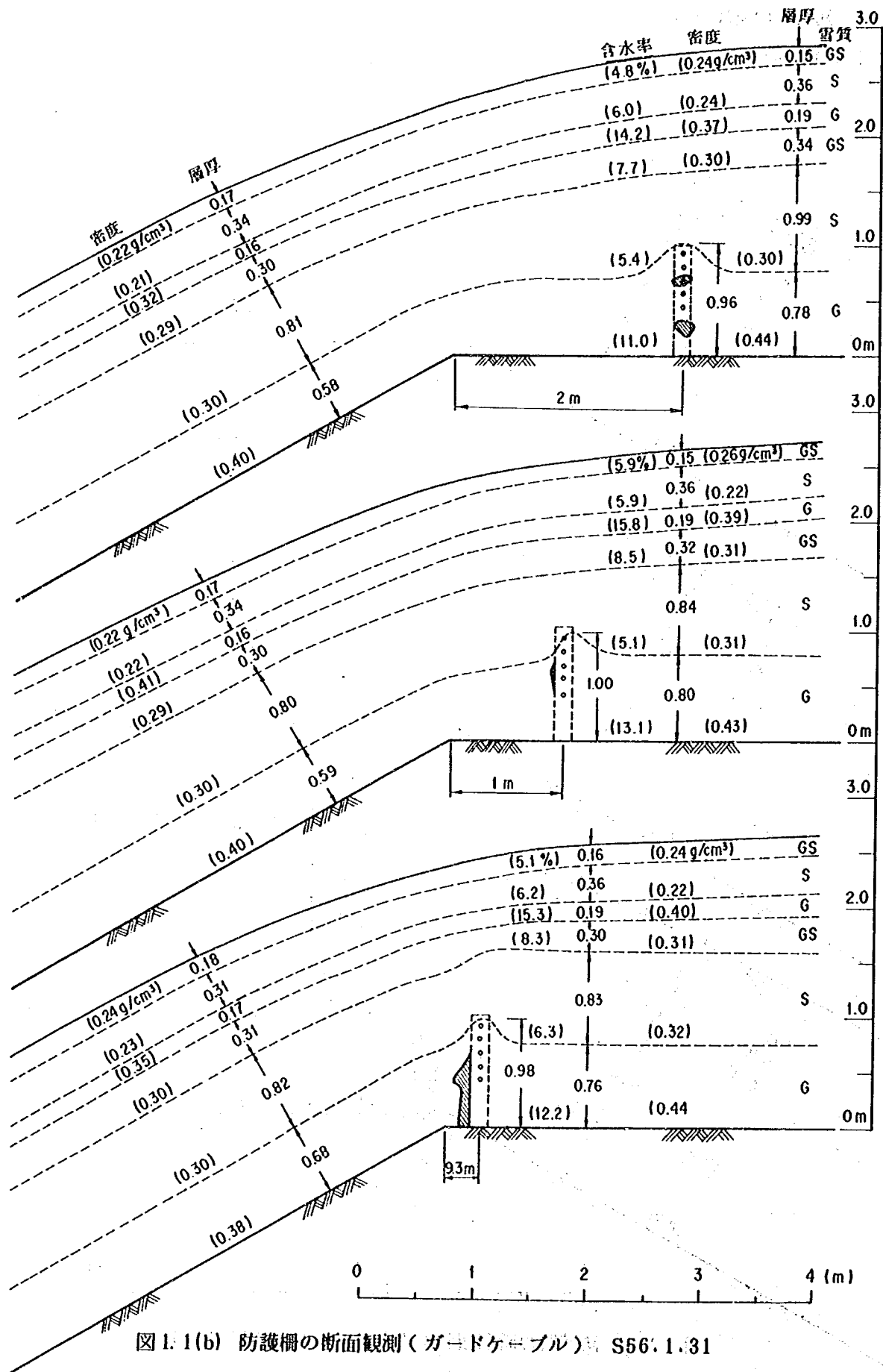


図 1.1(b) 防護柵の断面観測(ガードケーブル) S56.1.31

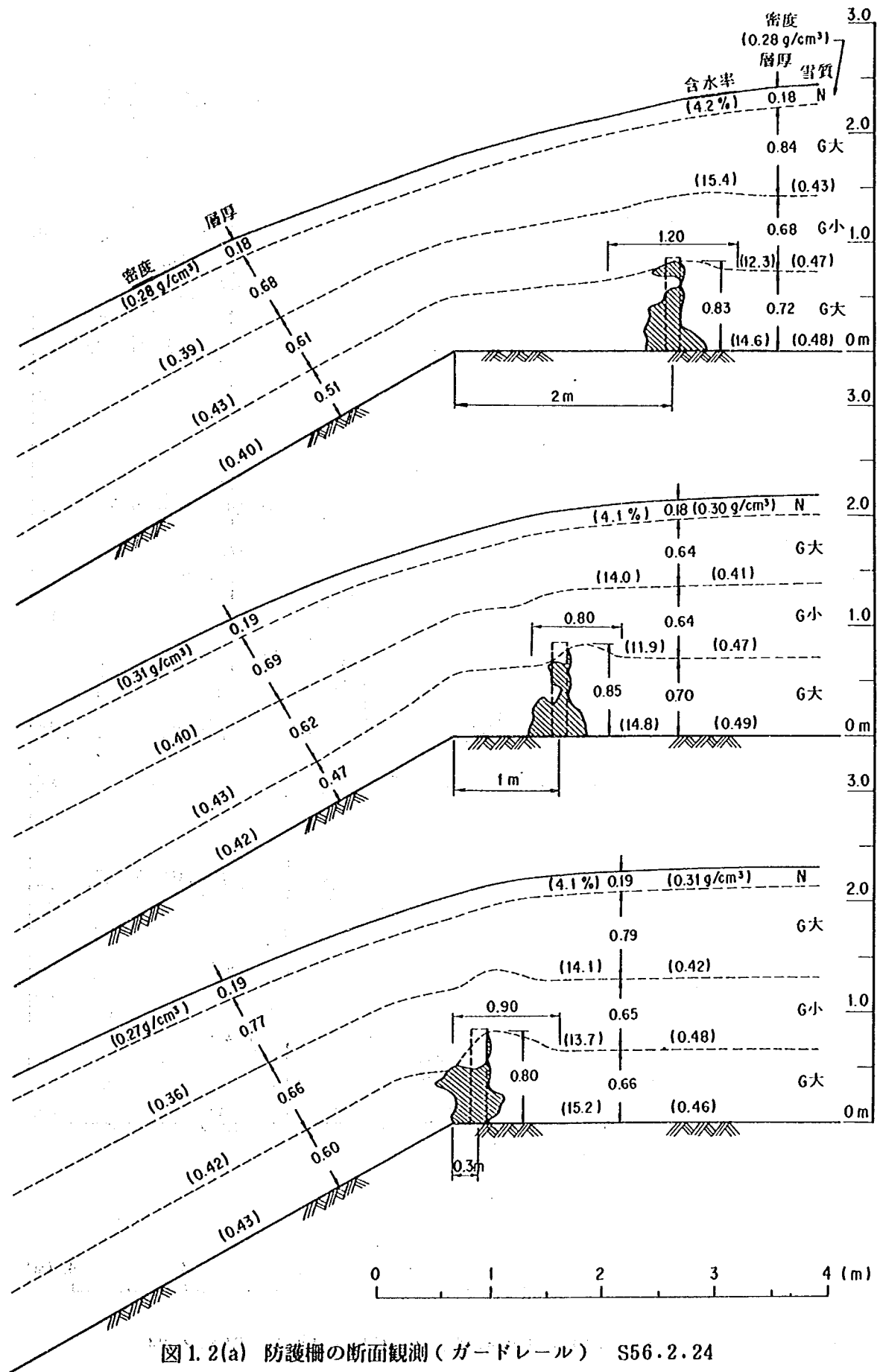
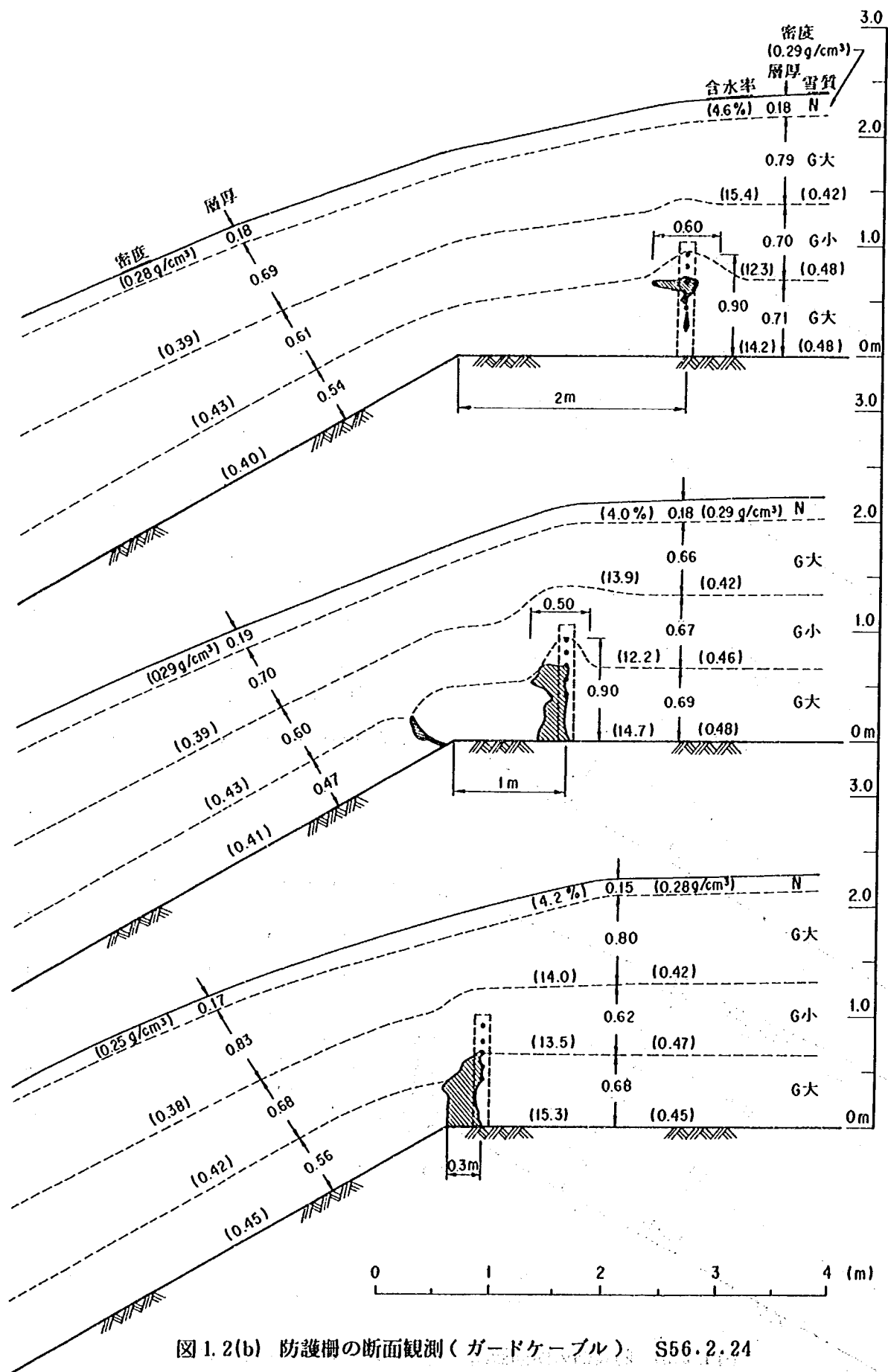


図 1. 2(a) 防護柵の断面観測 (ガードレール) S56. 2. 24



曲げモーメント
(Kg·m)

図 1.2(b) 防護柵の断面観測(ガードケーブル) S56.2.24

(2) 防護柵の沈降力

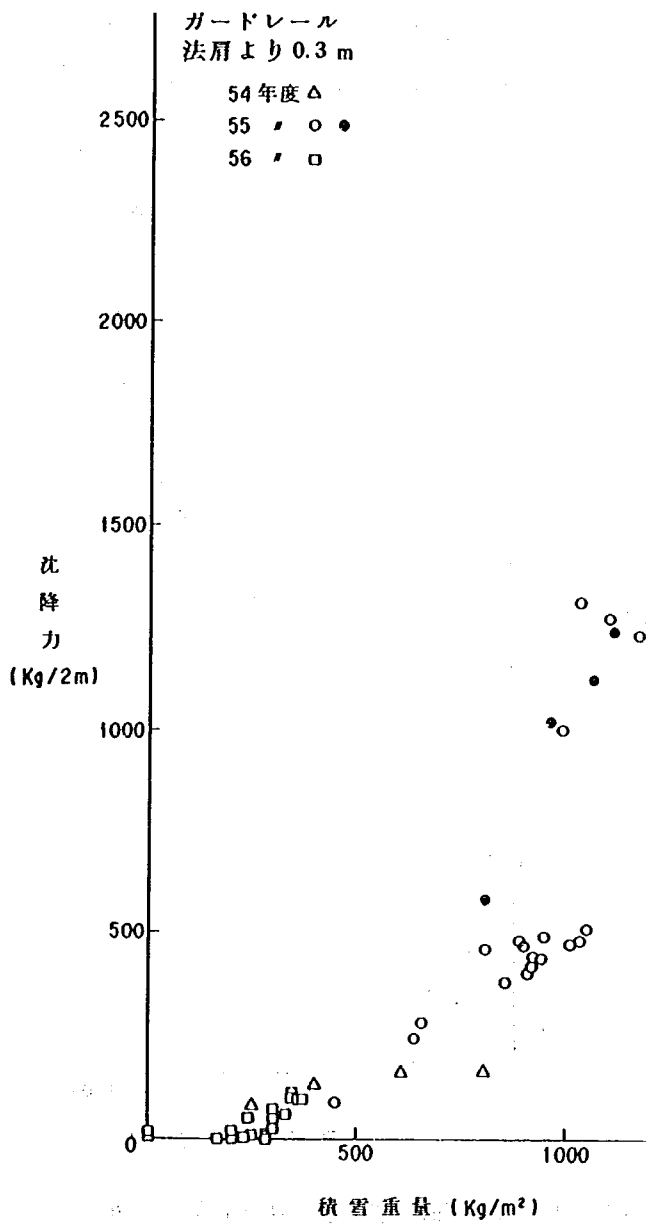


図2.1(a) 防護柵の沈降力(ガードレール, 法肩より0.3m)

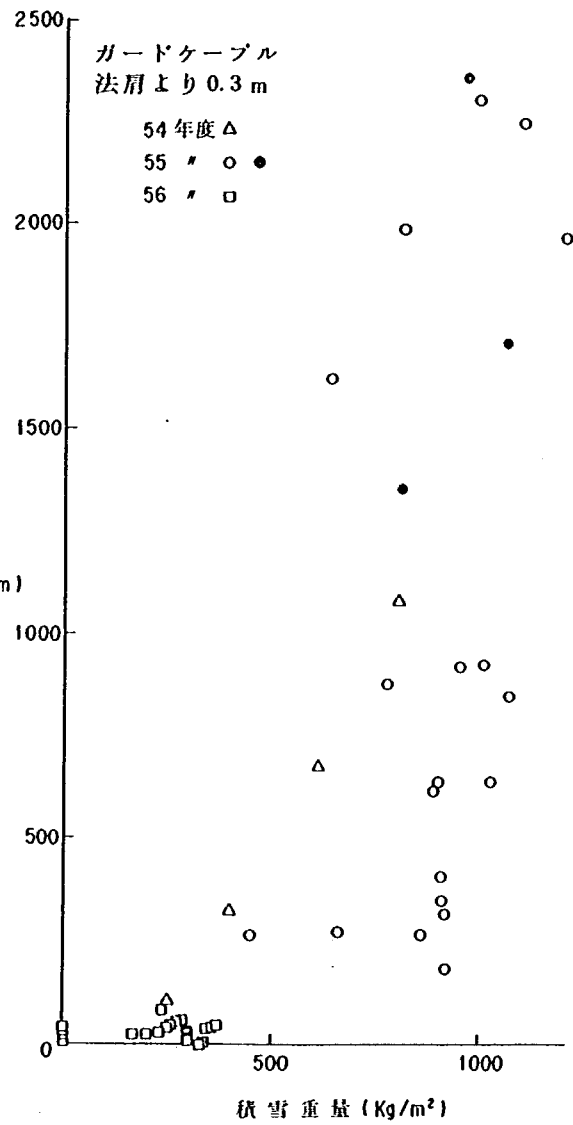


図2.1(b) 防護柵の沈降力(ガードケーブル, 法肩より0.3m)

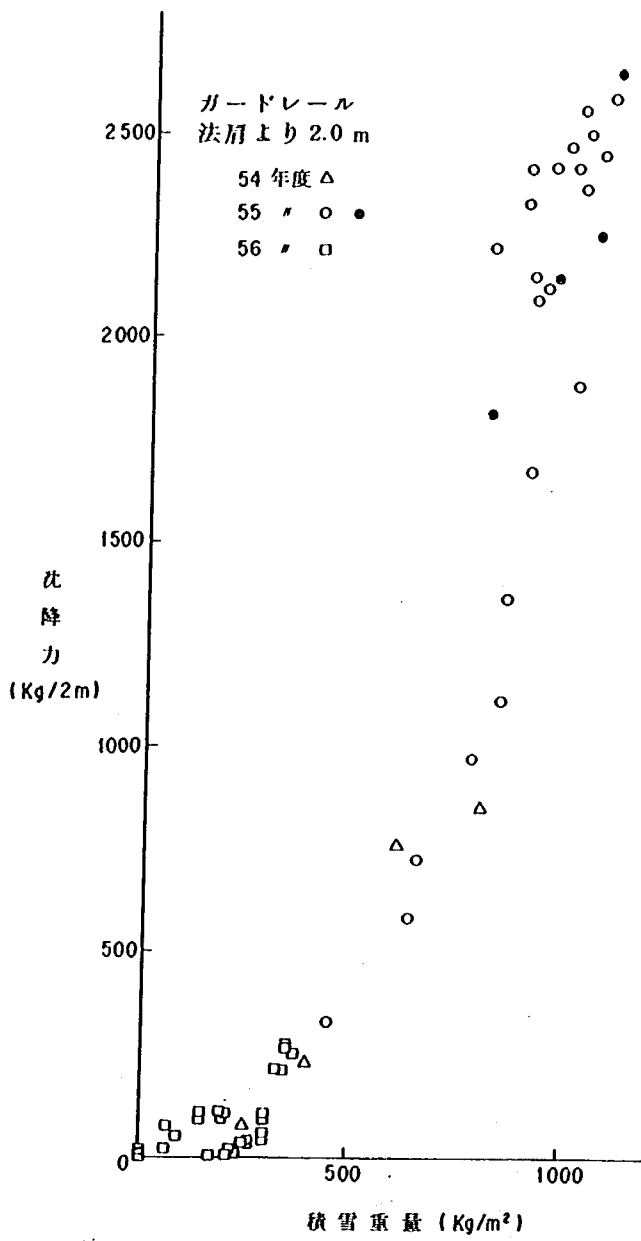


図 2. 2(a) 防護柵の沈降力 (ガードレール,
法肩より 2.0m)

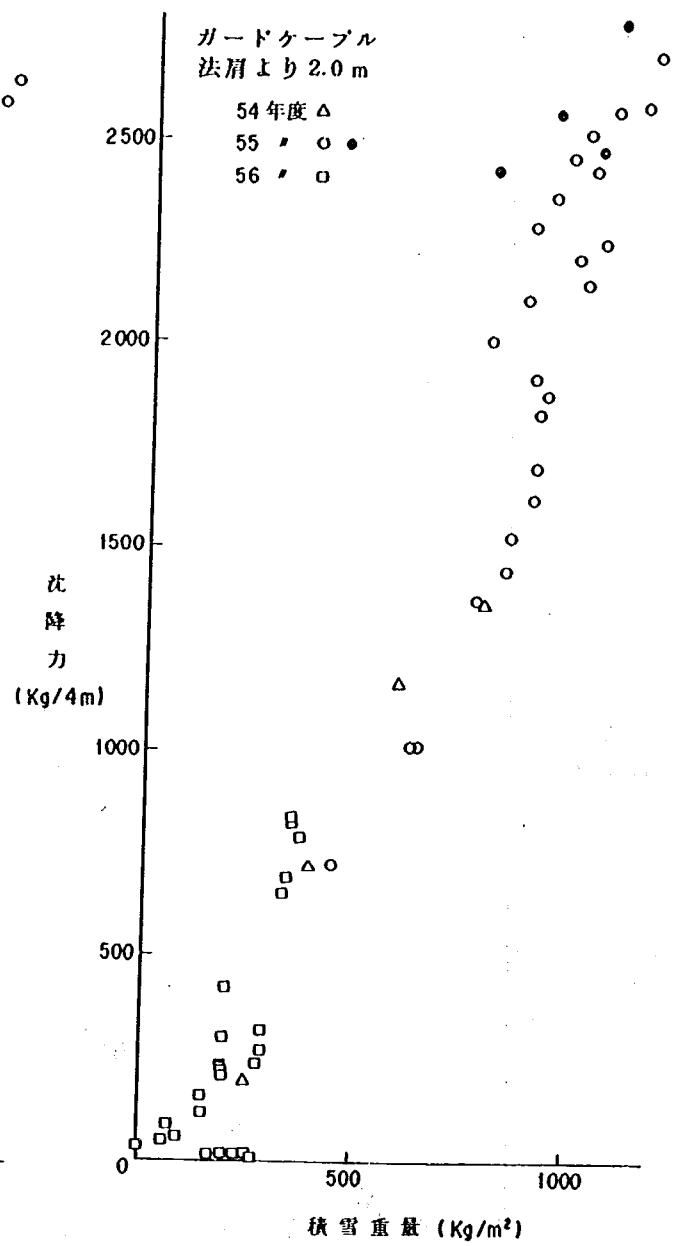


図 2. 2(b) 防護柵の沈降力 (ガードケーブル,
法肩より 2.0m)

(3) 防護柵支柱の曲げモーメント

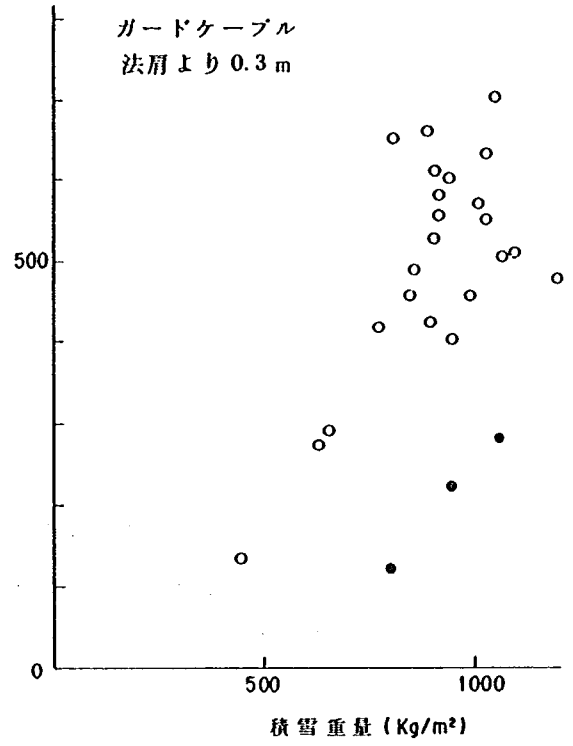
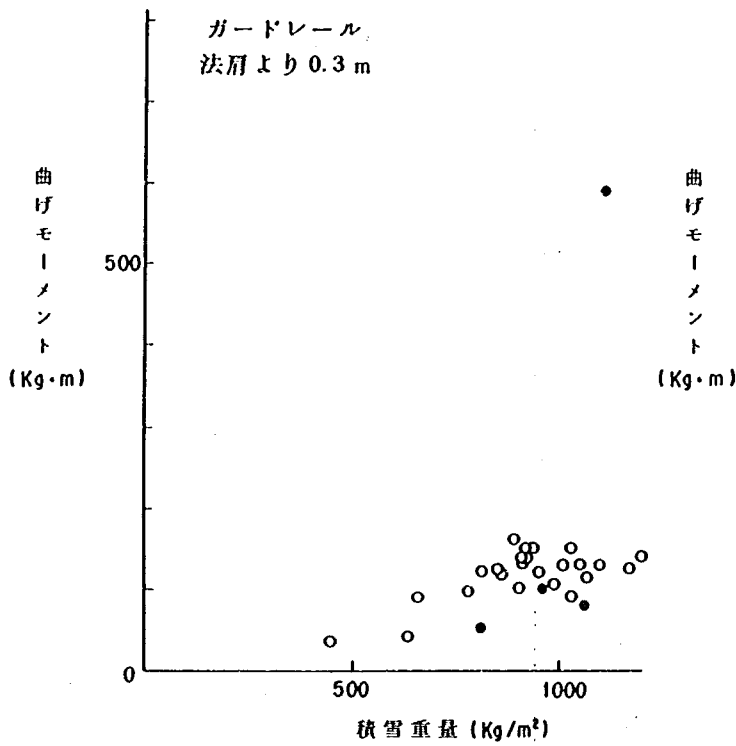


図 3. 1(a) 防護柵の曲げモーメント (ガードレール, 法肩より 0.3m)

図 3. 1(b) 防護柵の曲げモーメント (ガードケーブル, 法肩より 0.3m)

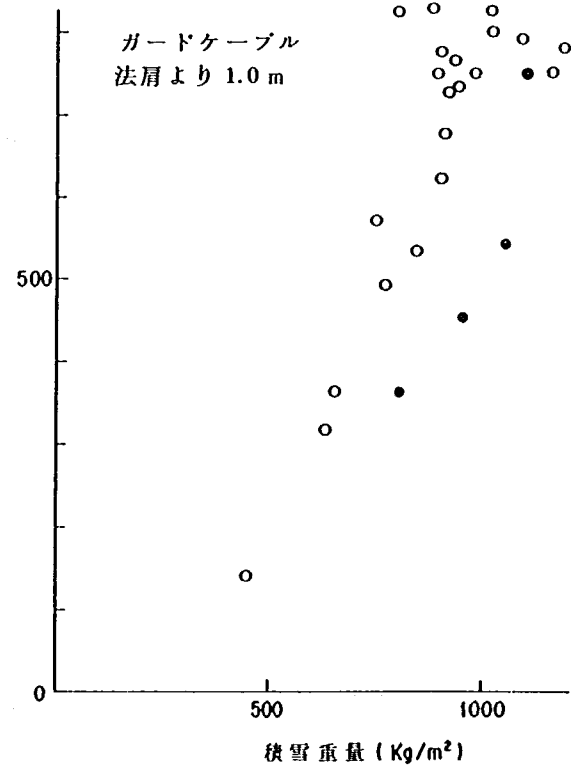
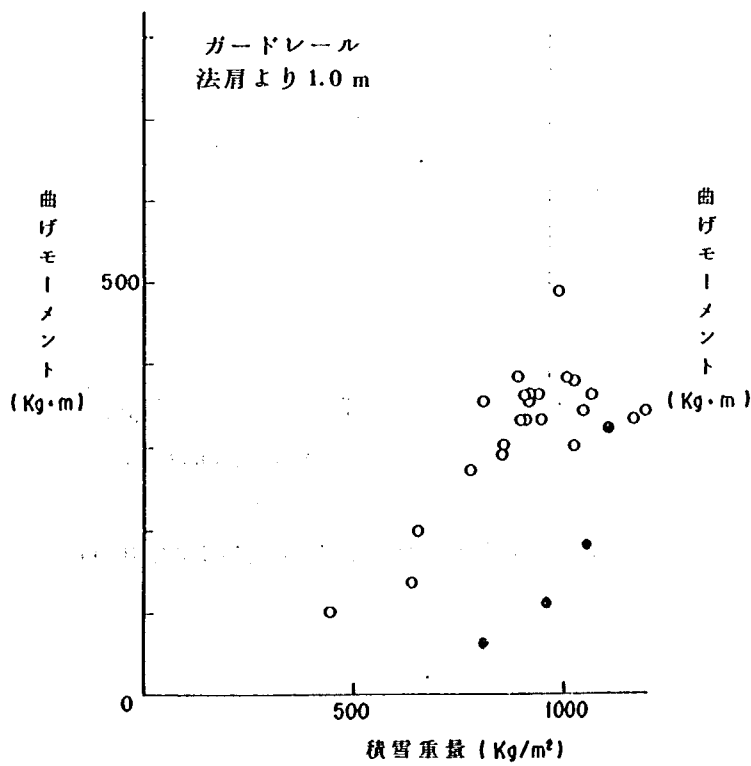


図 3. 2(a) 防護柵の曲げモーメント (ガードレール, 法肩より 1.0m)

図 3. 2(b) 防護柵の曲げモーメント (ガードケーブル, 法肩より 1.0m)

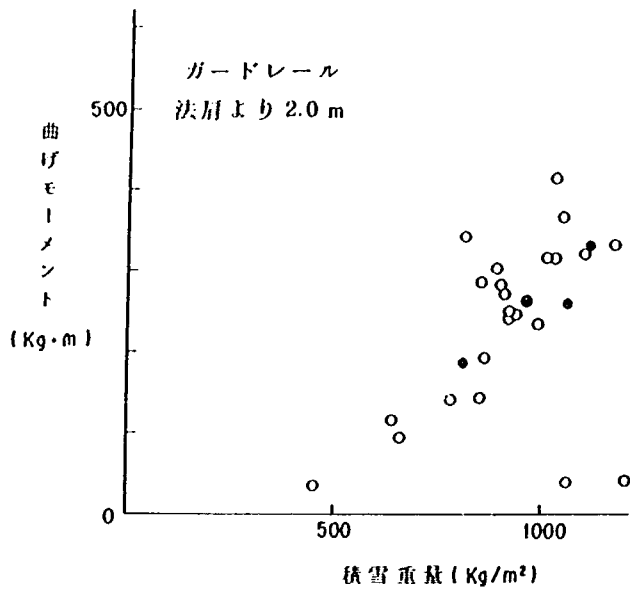


図 3.3(a) 防護柵の曲げモーメント (ガードレール, 法肩より 2.0m)

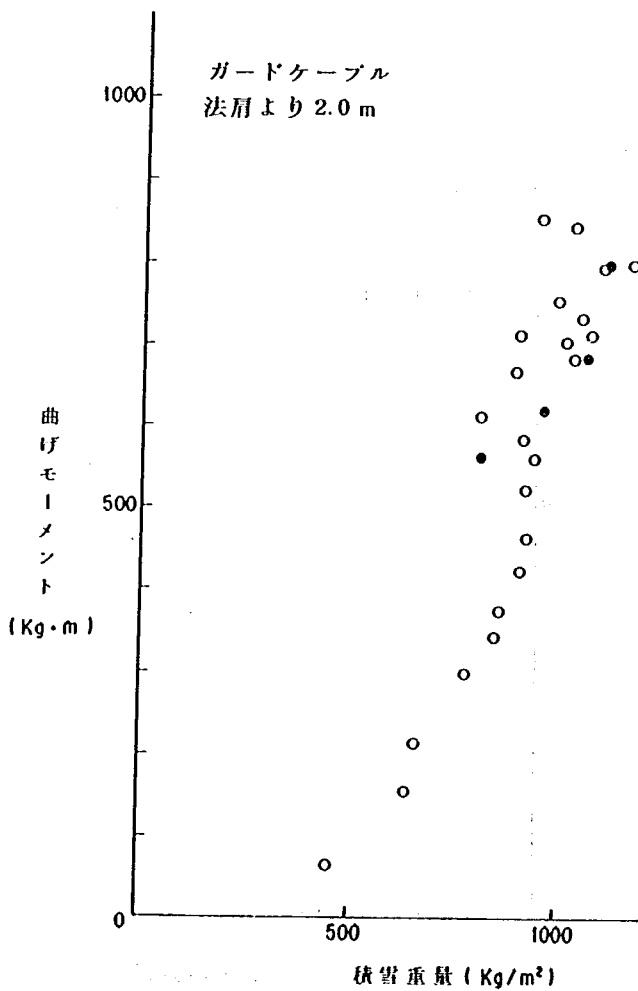


図 3.3(b) 防護柵の曲げモーメント (ガードケーブル法肩より 2.0m)

(4) ロッドの張力

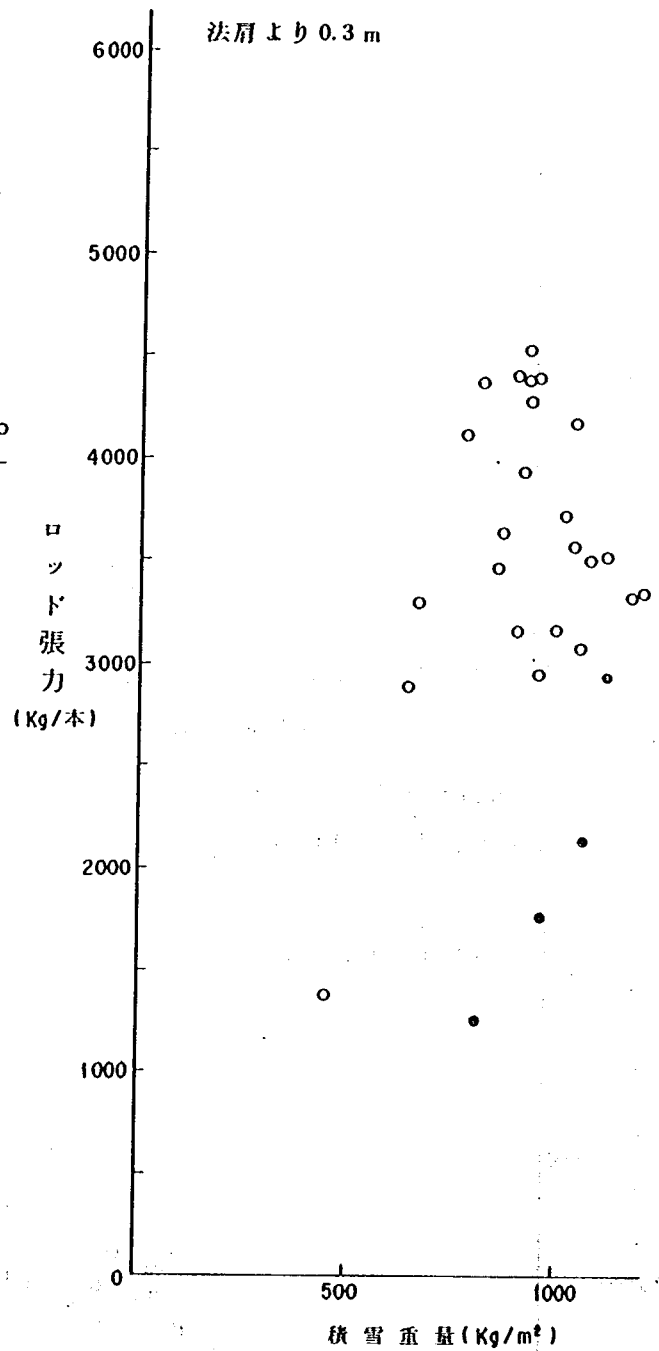


図 4.1 防護柵のロッド張力 (法肩より 0.3m)

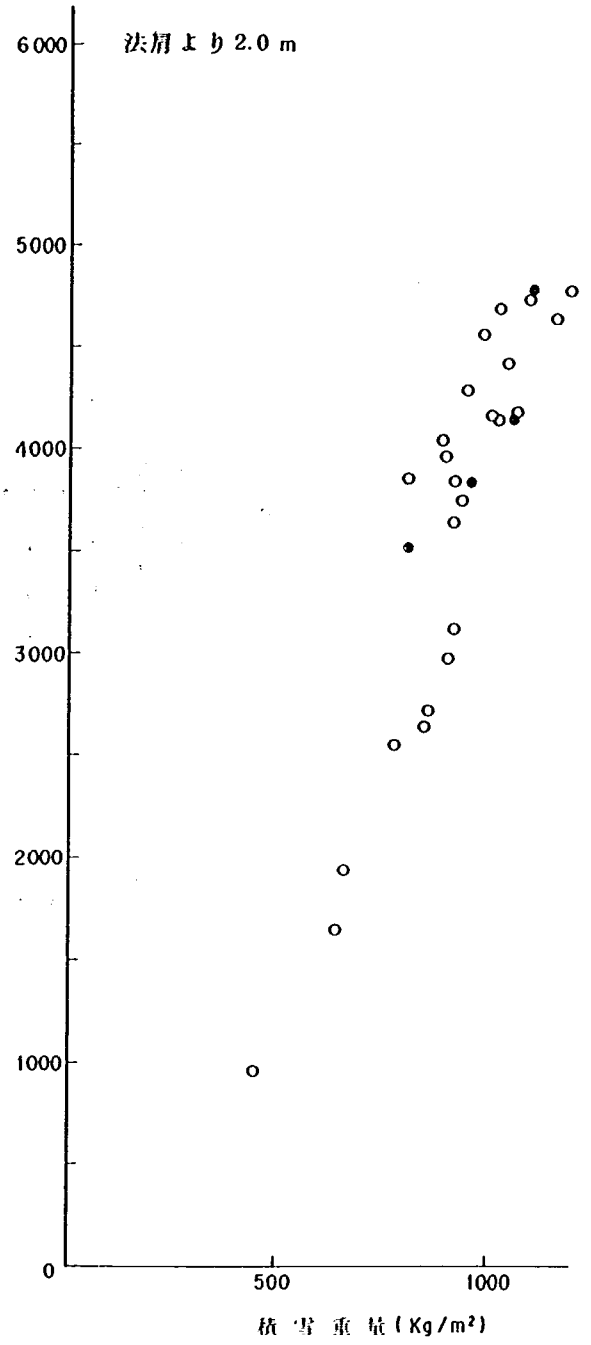
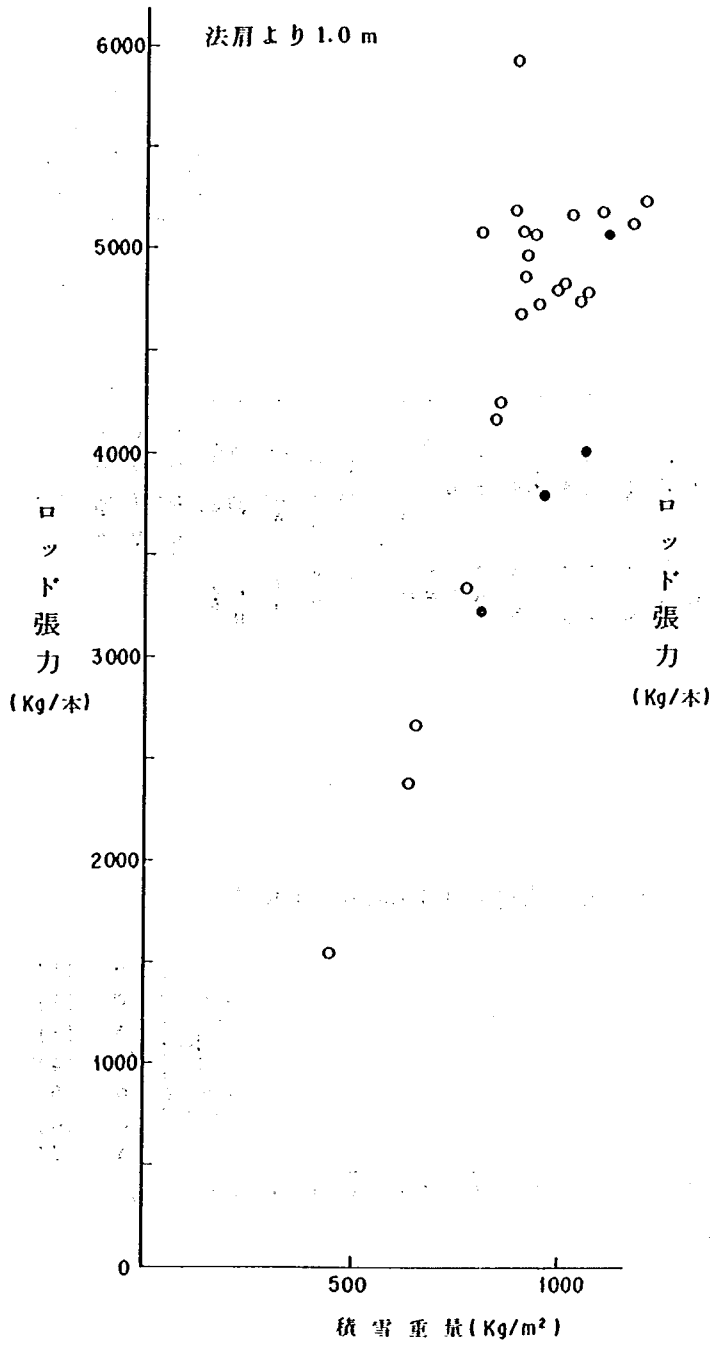


図 4.2 防護柵のロッド張力(法肩より 1.0m)

図 4.3 防護柵のロッド張力(法肩より 2.0m)

(5) ガードレールのビーム応力度

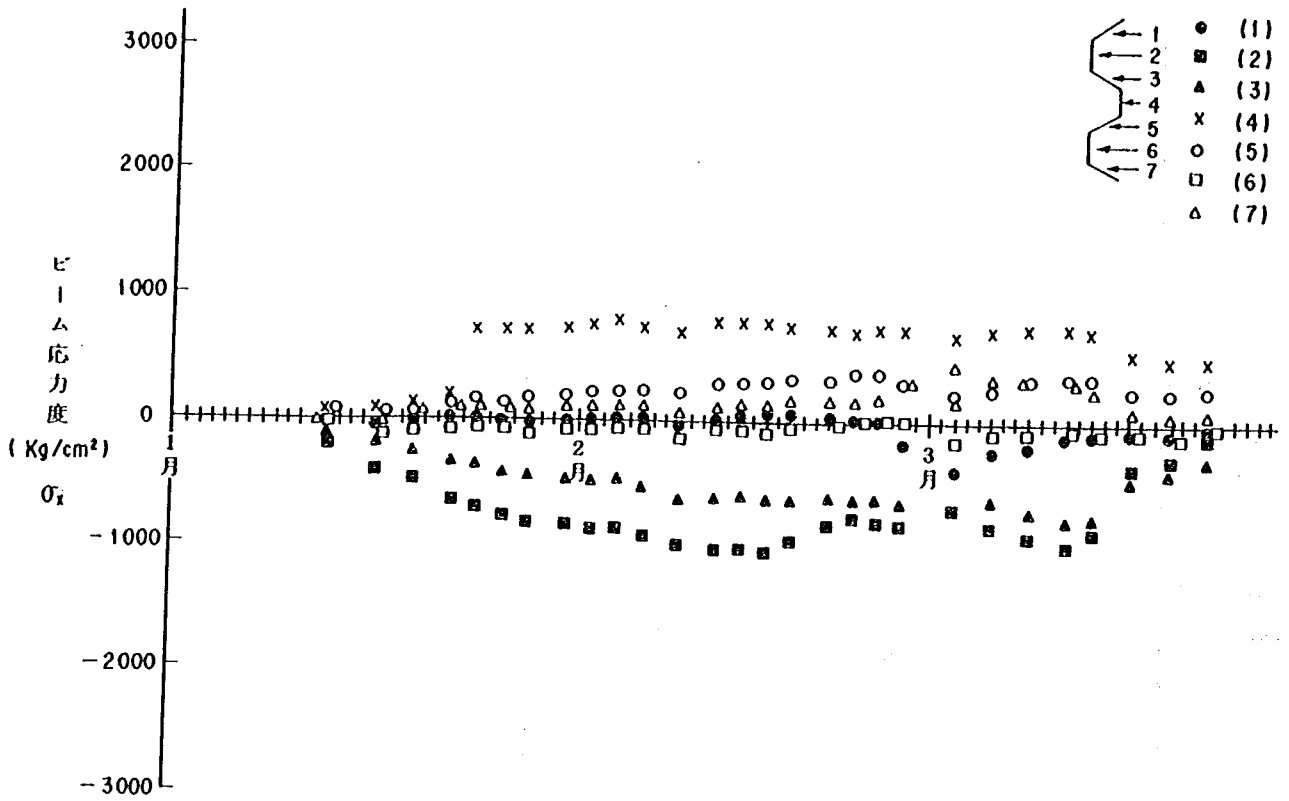


図 5. 1(a) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 0.3m, 0.3-GR-B)

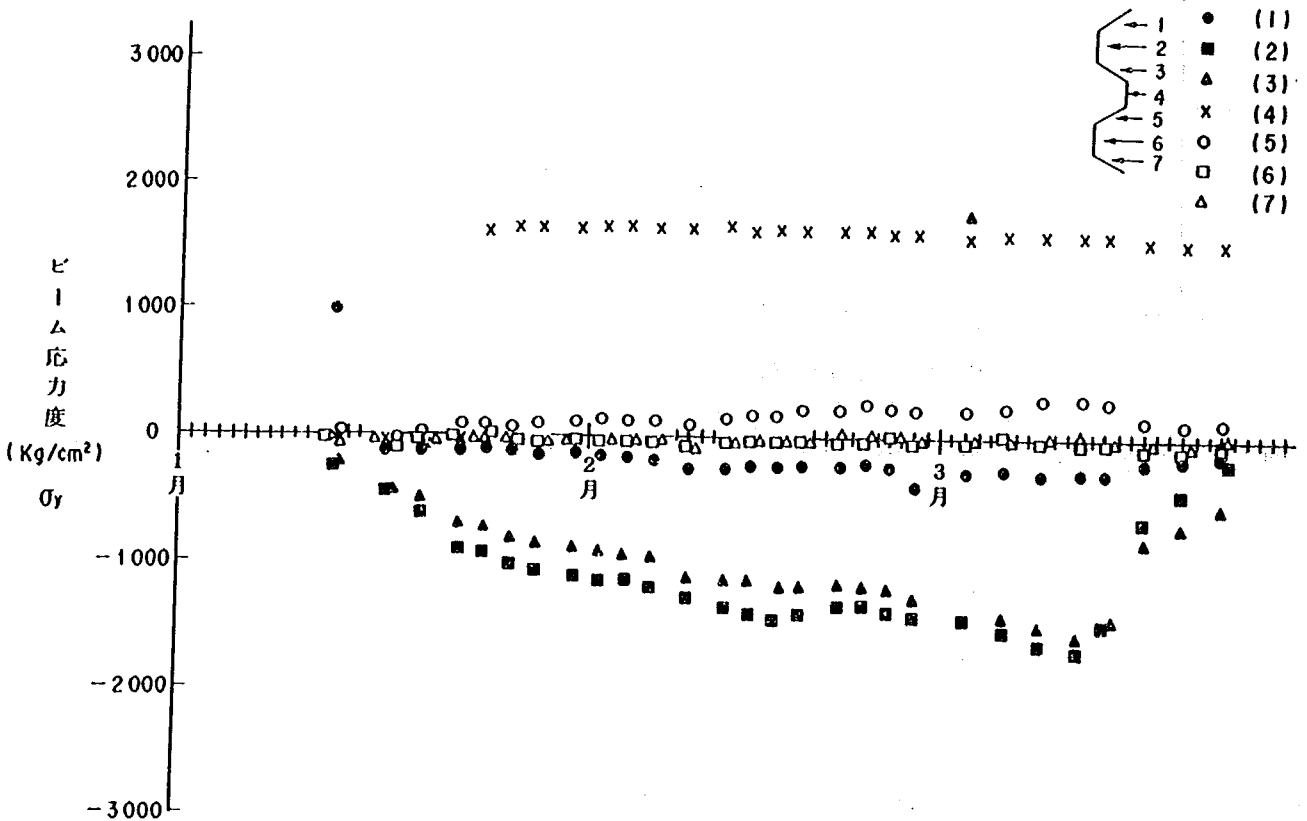


図 5. 1(b) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 0.3m, 0.3-GR-B)

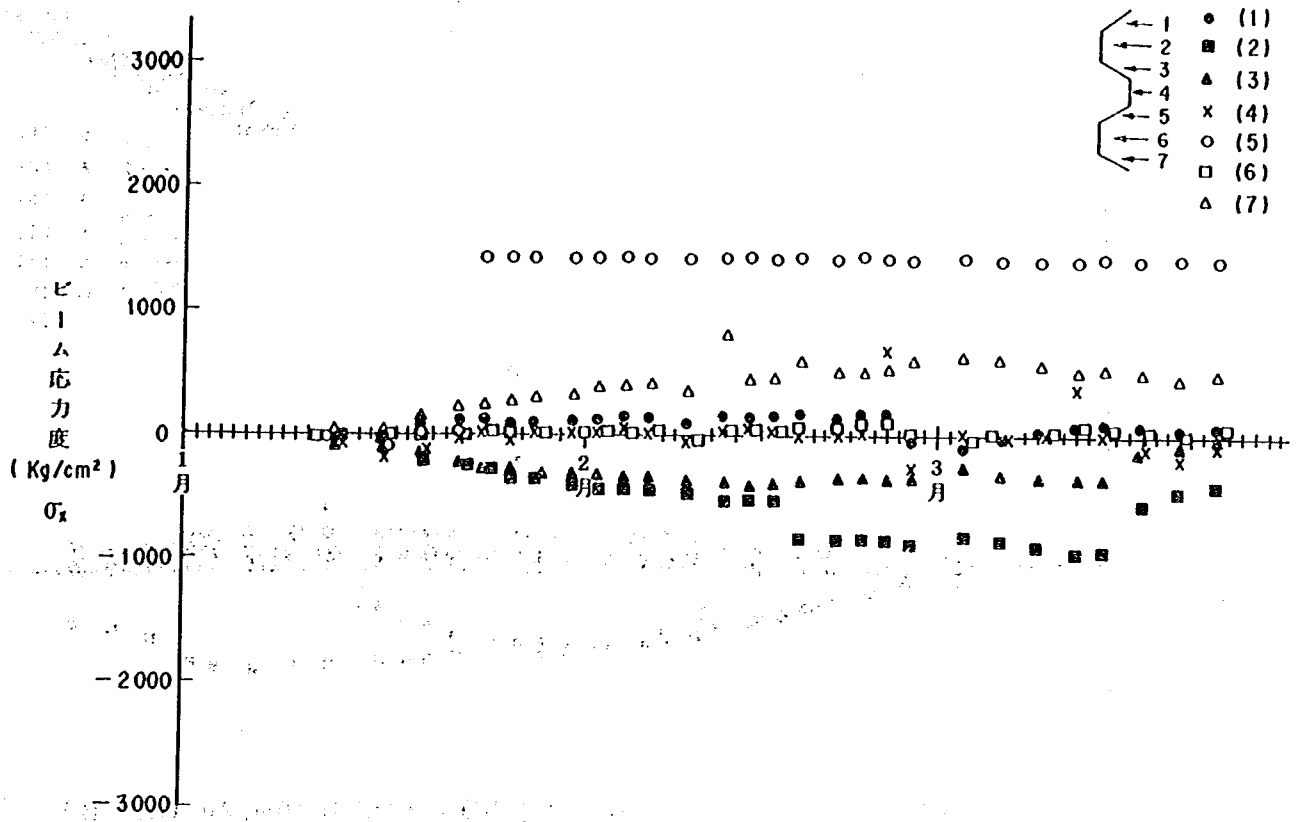


図 5. 2(a) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 1.0m, 1.0-GR-B)

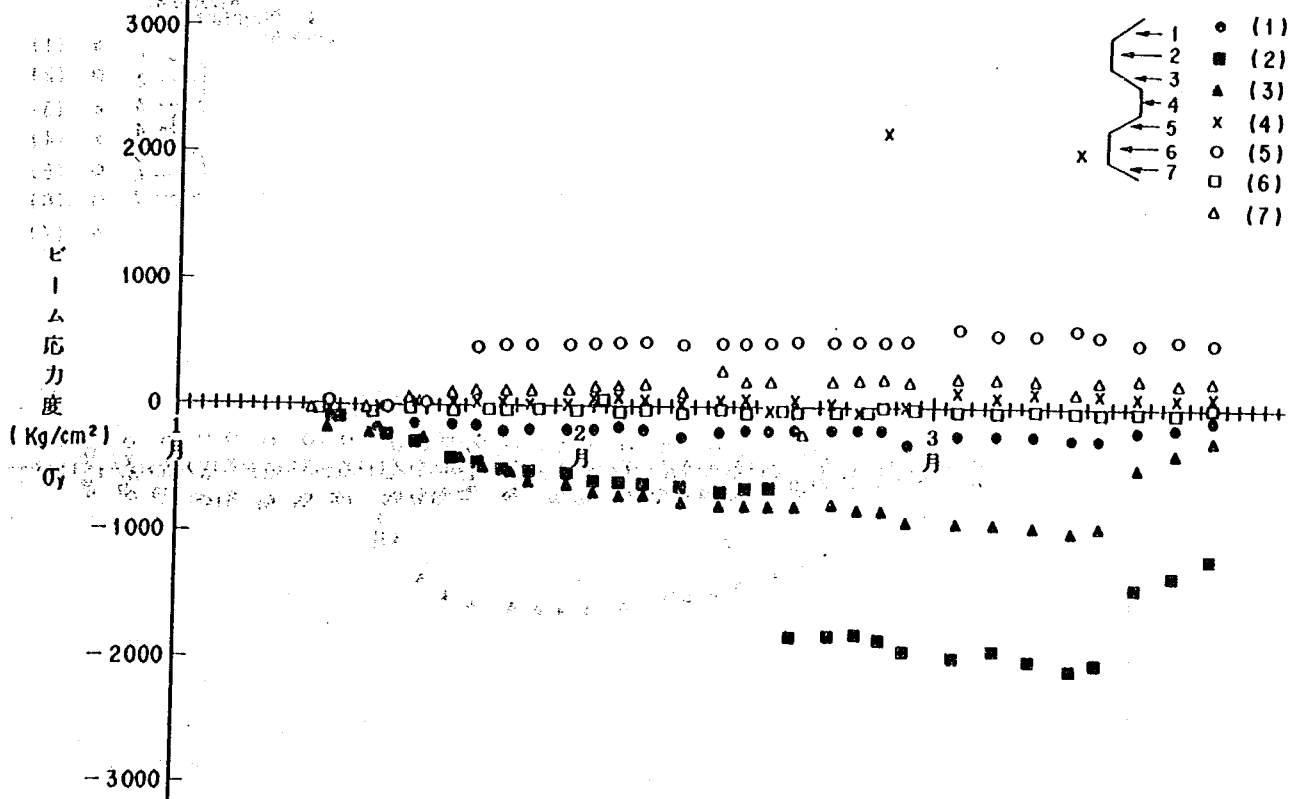


図 5. 2(b) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 1.0m, 1.0-GR-B)

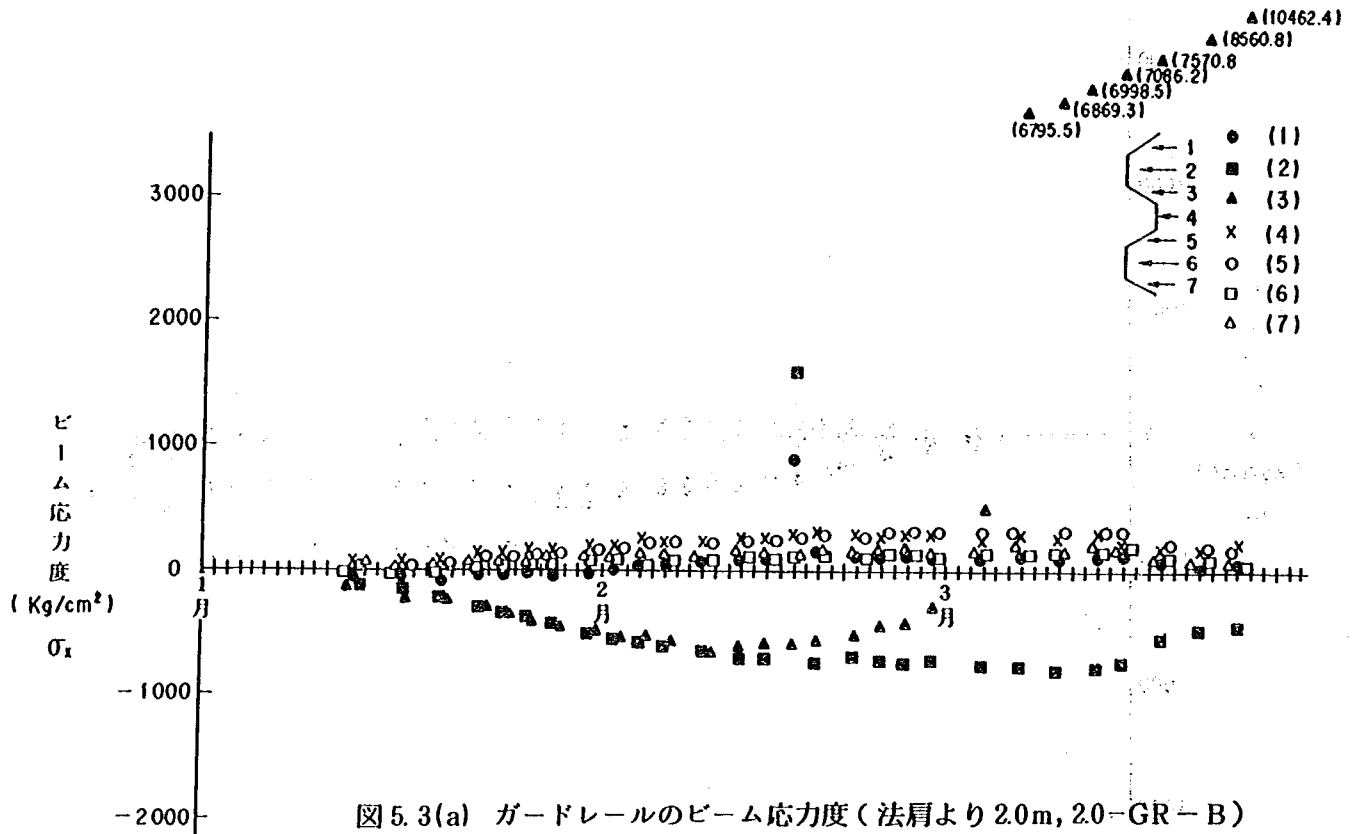


図 5.3(a) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 2.0m, 20-GR-B)

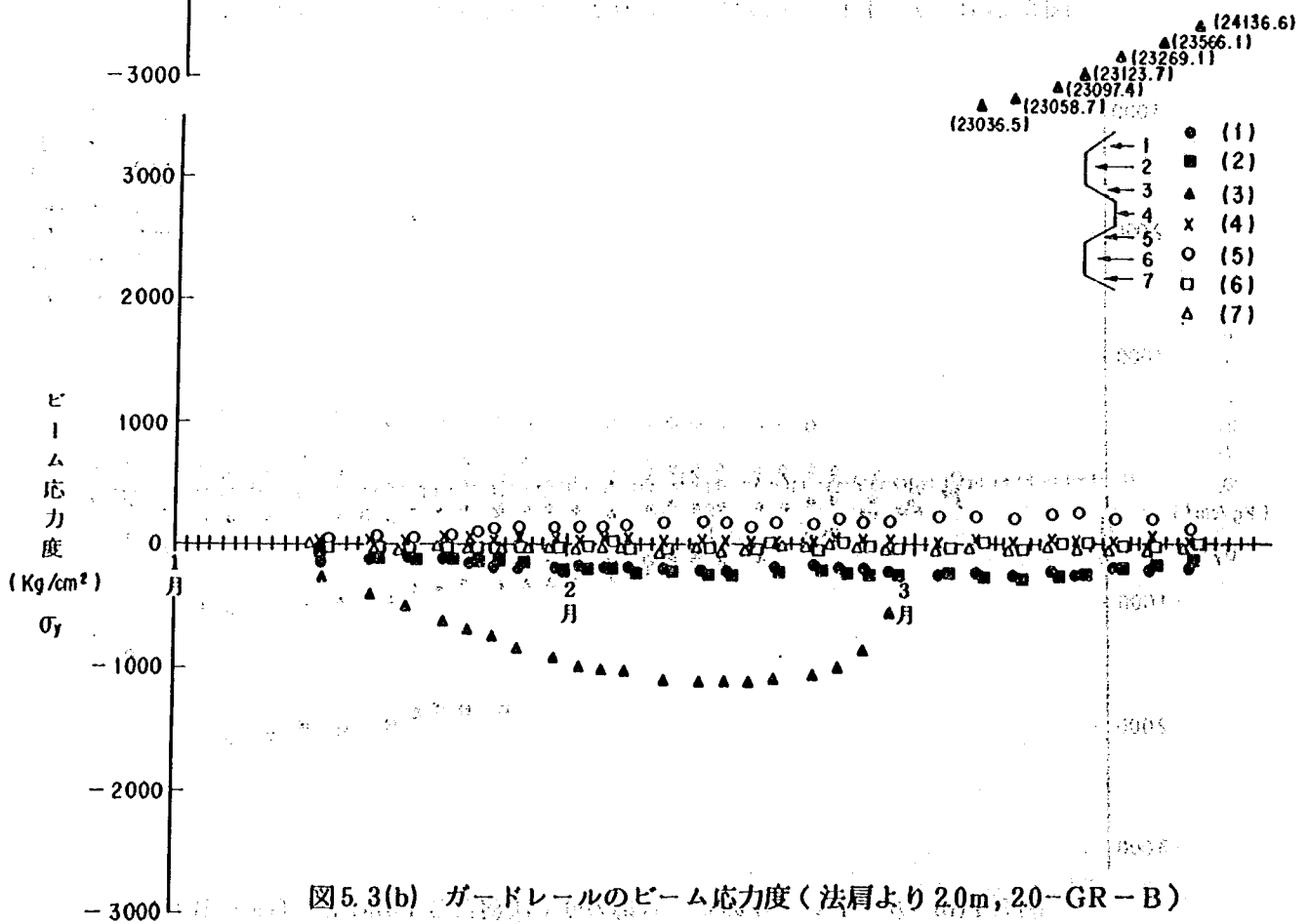


図 5.3(b) ガードレールのビーム応力度 (法肩より 2.0m, 20-GR-B)

Part 2 防護構部材強度確認実験

(1) ガードレールのビーム荷重実験

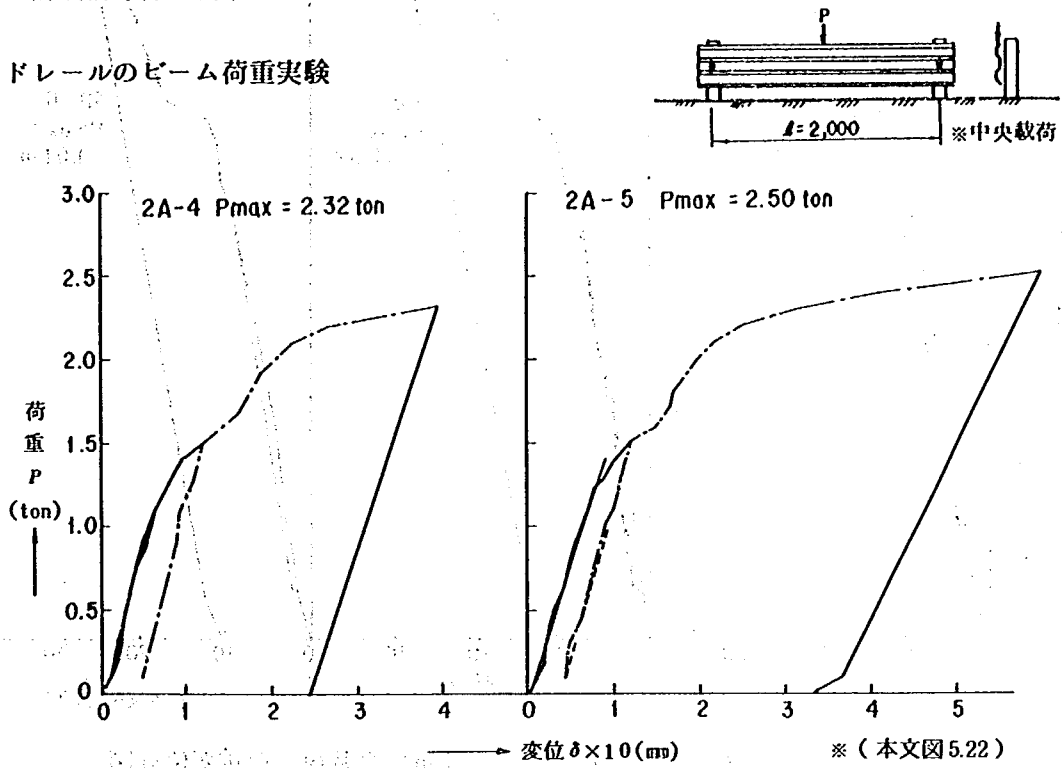


図 1.1 A種ガードレール・ビーム鉛直載荷 荷重変位線図
 ※ 本文の図 5.22のデータとして用いたことを示す。以下同様

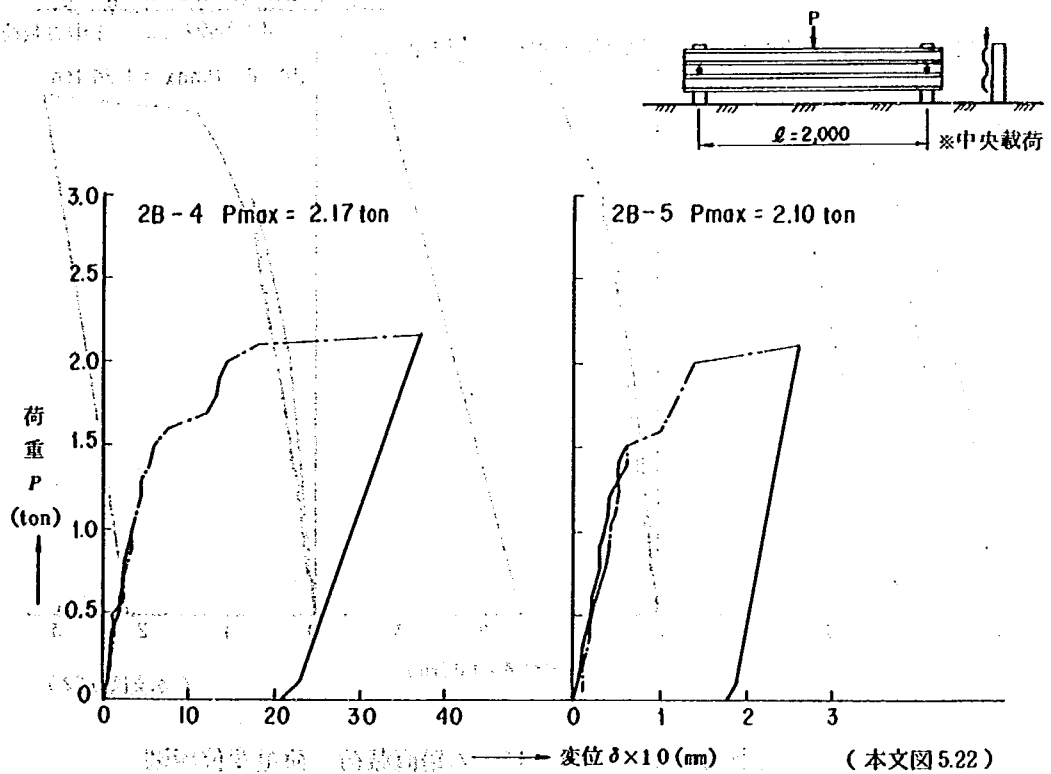


図 1.2 B種ガードレール・ビーム鉛直載荷 荷重変位線図

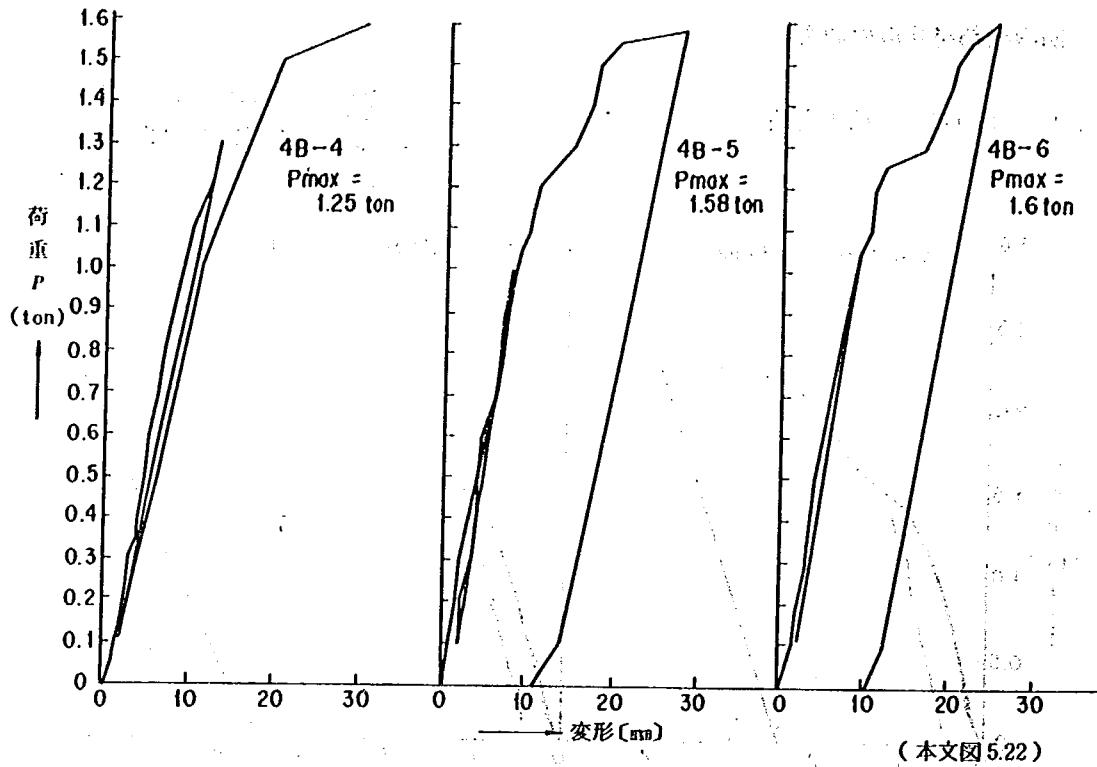


図 1.3 B種ガードレール・ビーム 4 m 鉛直載荷 荷重変位線図

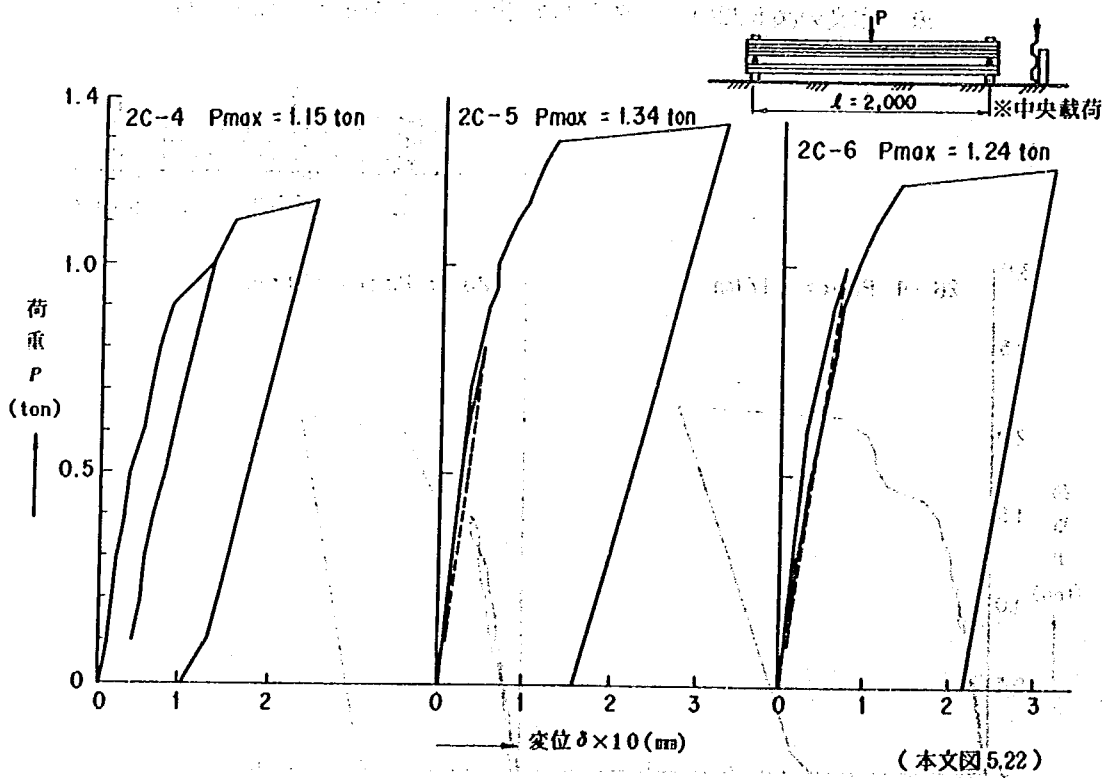


図 1.4 C種ガードレール・ビーム鉛直載荷 荷重変位線図

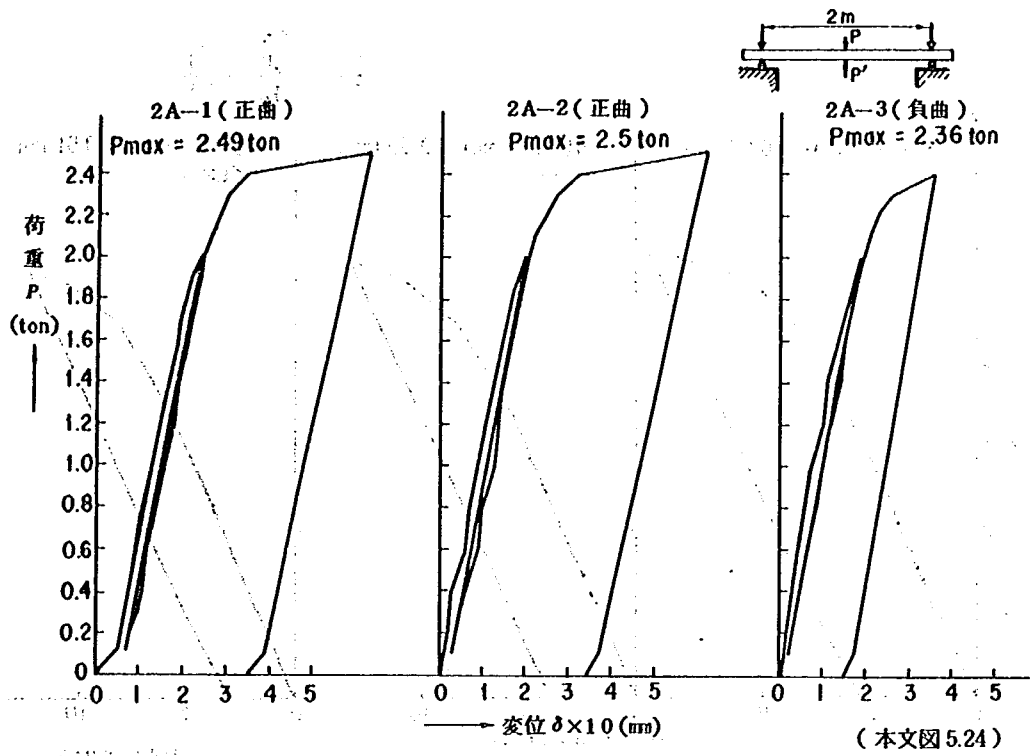


図 1.5 A種ガードレール・ビーム水平載荷 荷重変位線図

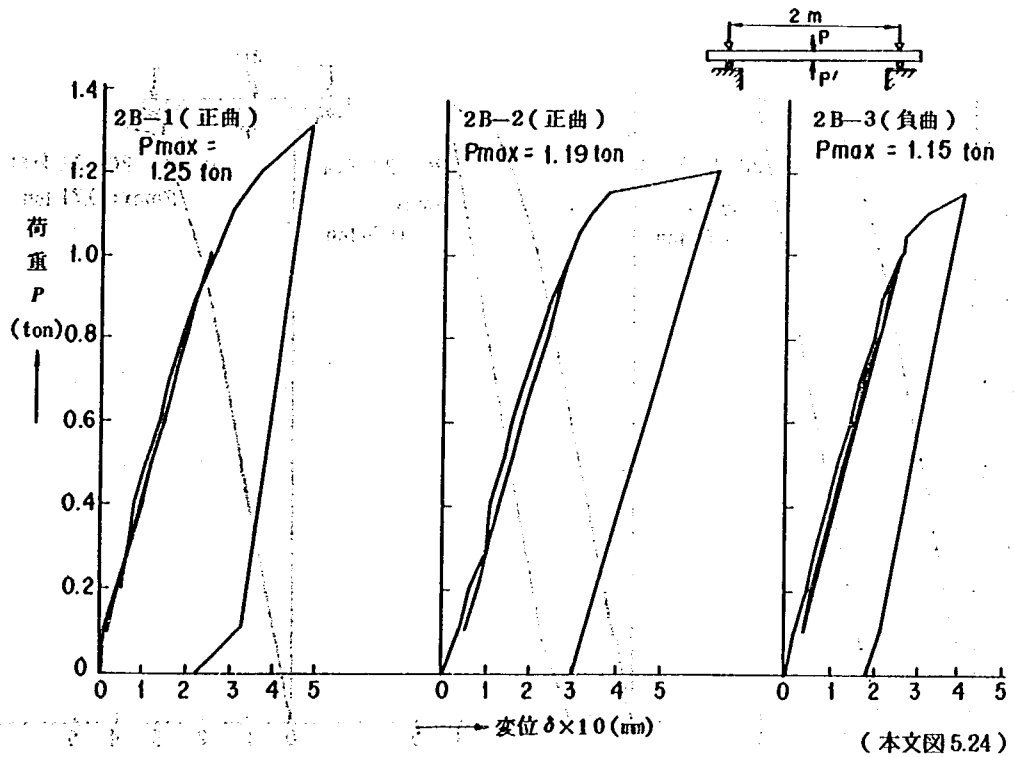


図 1.6 B種ガードレール・ビーム 水平載荷 荷重変位線図

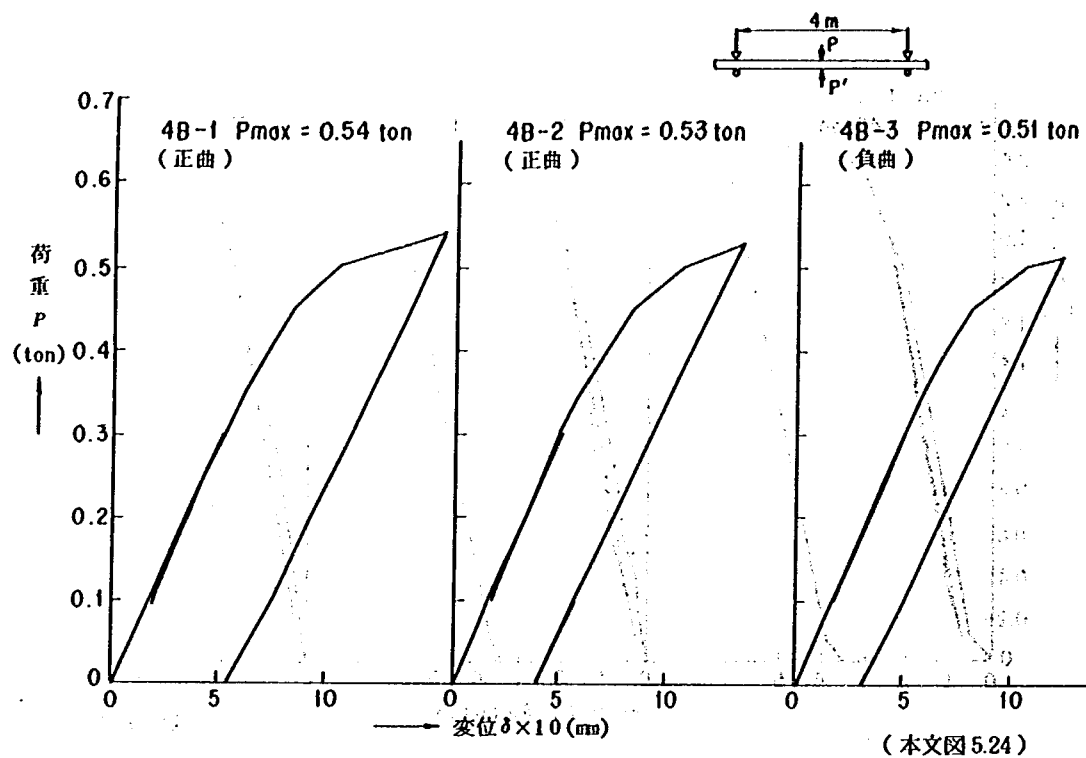


図 1.7 B種ガードレール・ビーム 4 m 水平載荷荷重変位線図

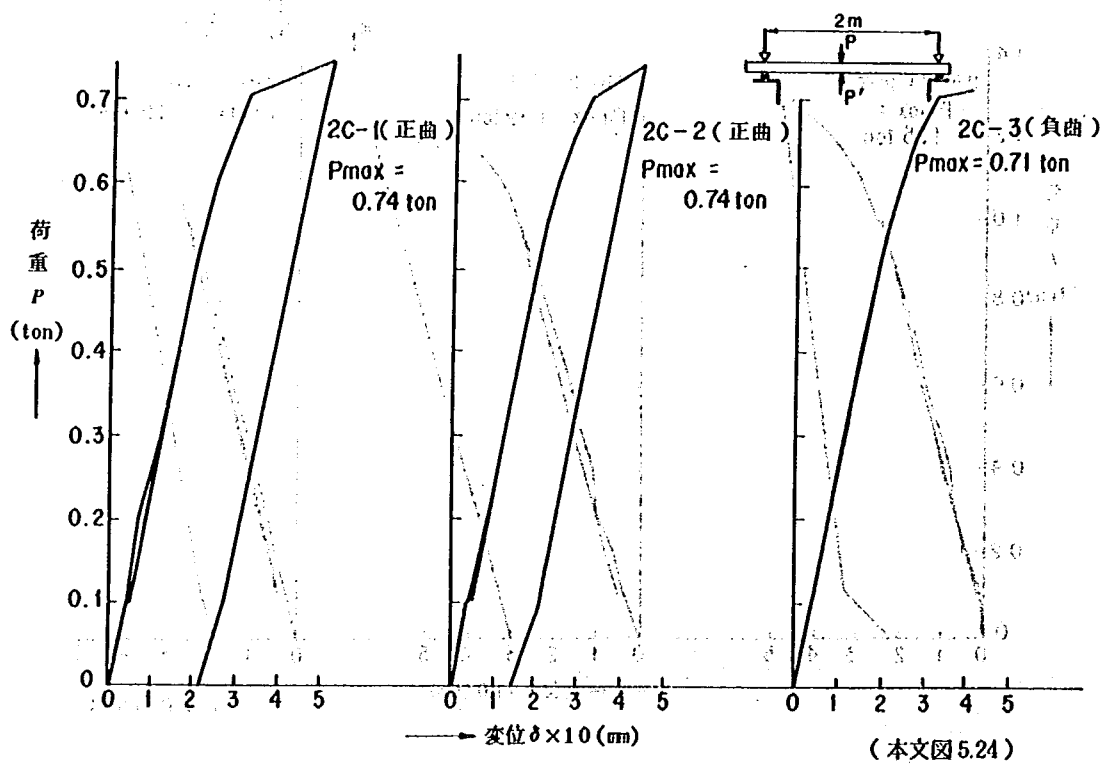


図 1.8 C種ガードレール・ビーム 水平載荷荷重変位線図

(2) ガードレールのブラケット荷重実験

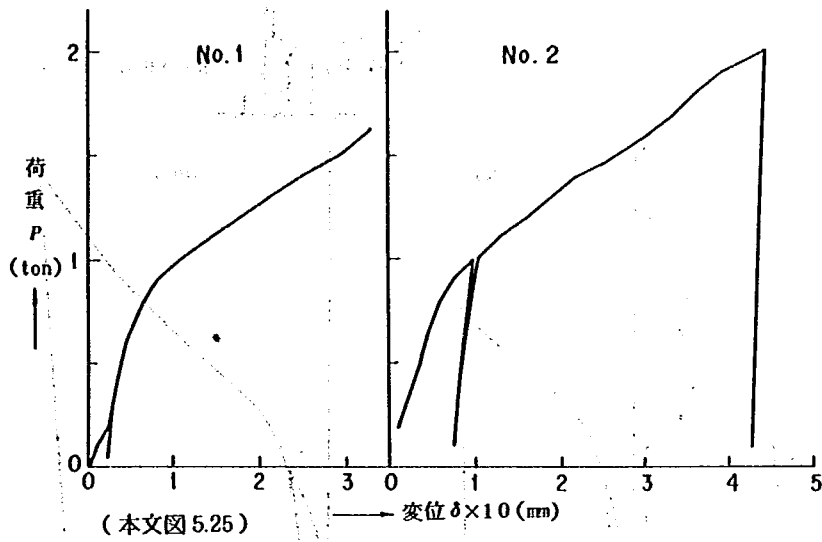


図 2.1 ガードレール標準型ブラケット鉛直載荷荷重変位線図

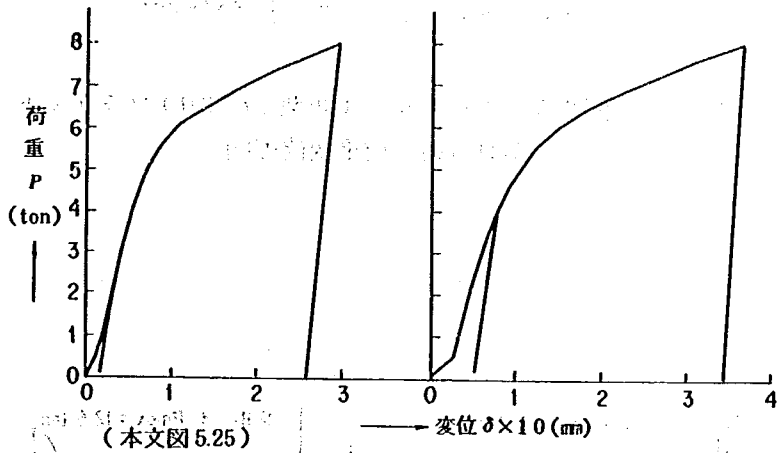


図 2.2 ガードレール特殊型ブラケット(6.0×120 センター穴)鉛直載荷荷重変位線図

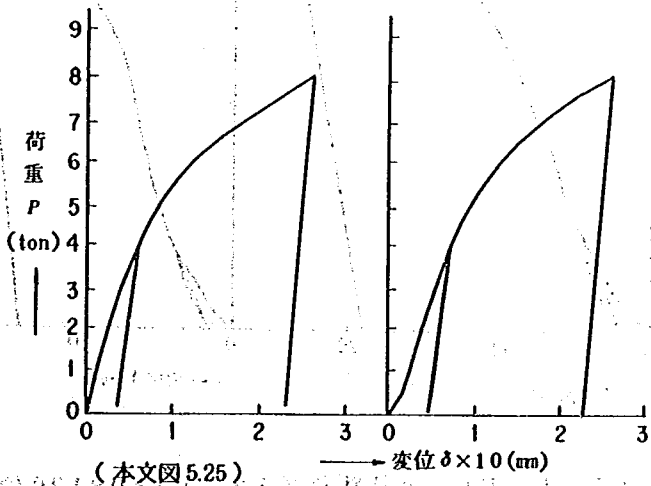


図 2.3 ガードレール特殊型ブラケット(6.0×120 偏心穴)鉛直載荷荷重変位線図

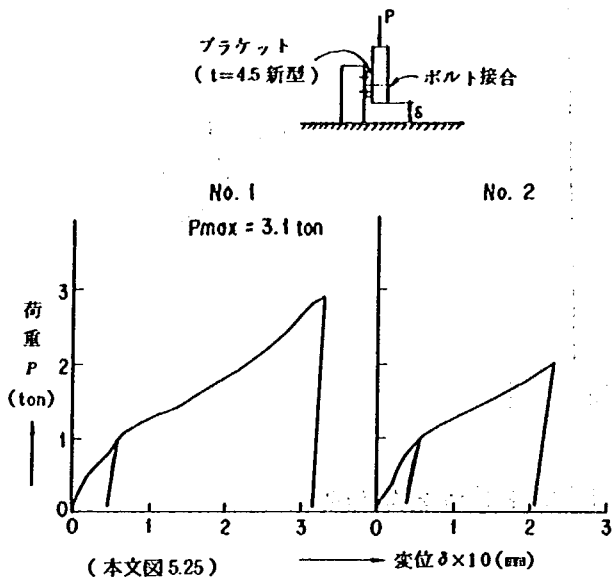


図 2.4 ガードレール新型ブラケット ($t=4.5$)
鉛直載荷 荷重変位線図

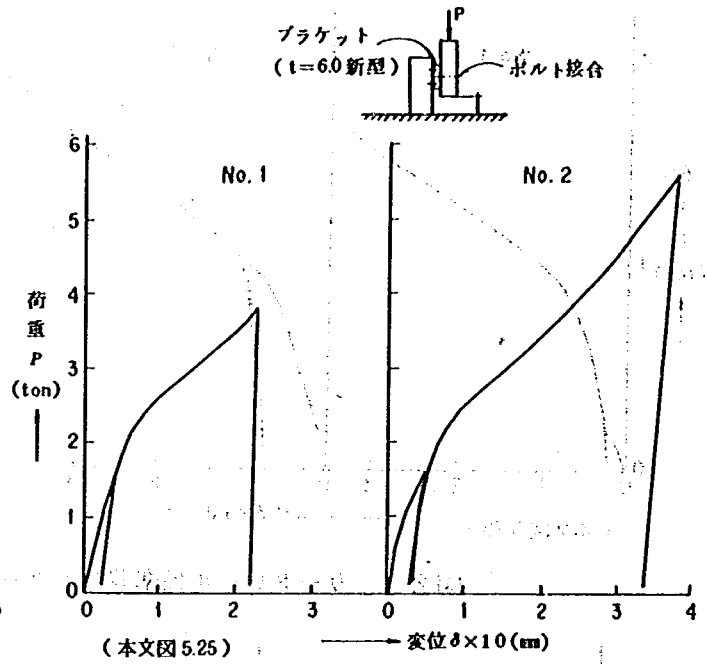


図 2.5 ガードレール新型 ($t=6.0$) ブラケット
鉛直載荷 荷重変位線図

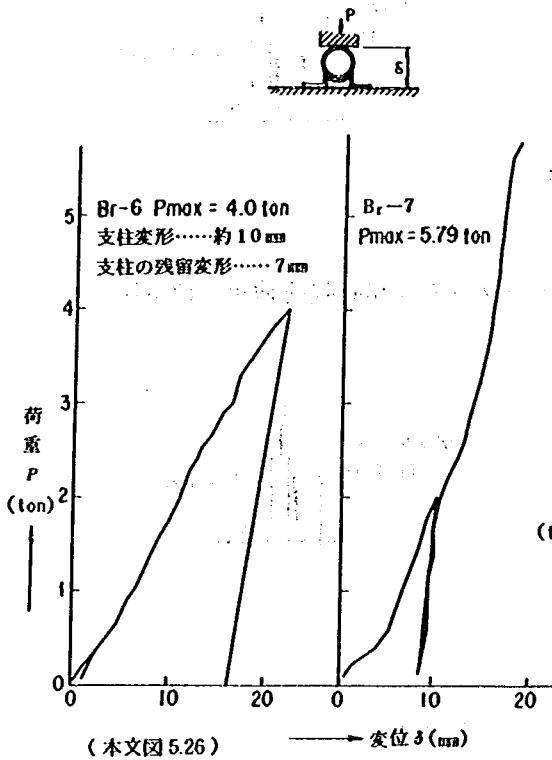


図 2.6 ガードレール標準型ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図

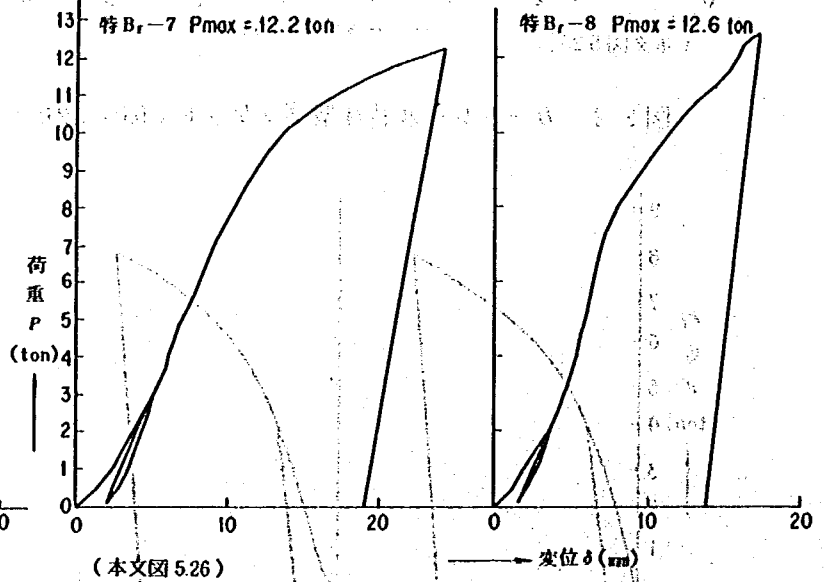


図 2.7 ガードレール特殊型ブラケット (6.0×120 偏心穴)
水平圧縮載荷 荷重変位線図

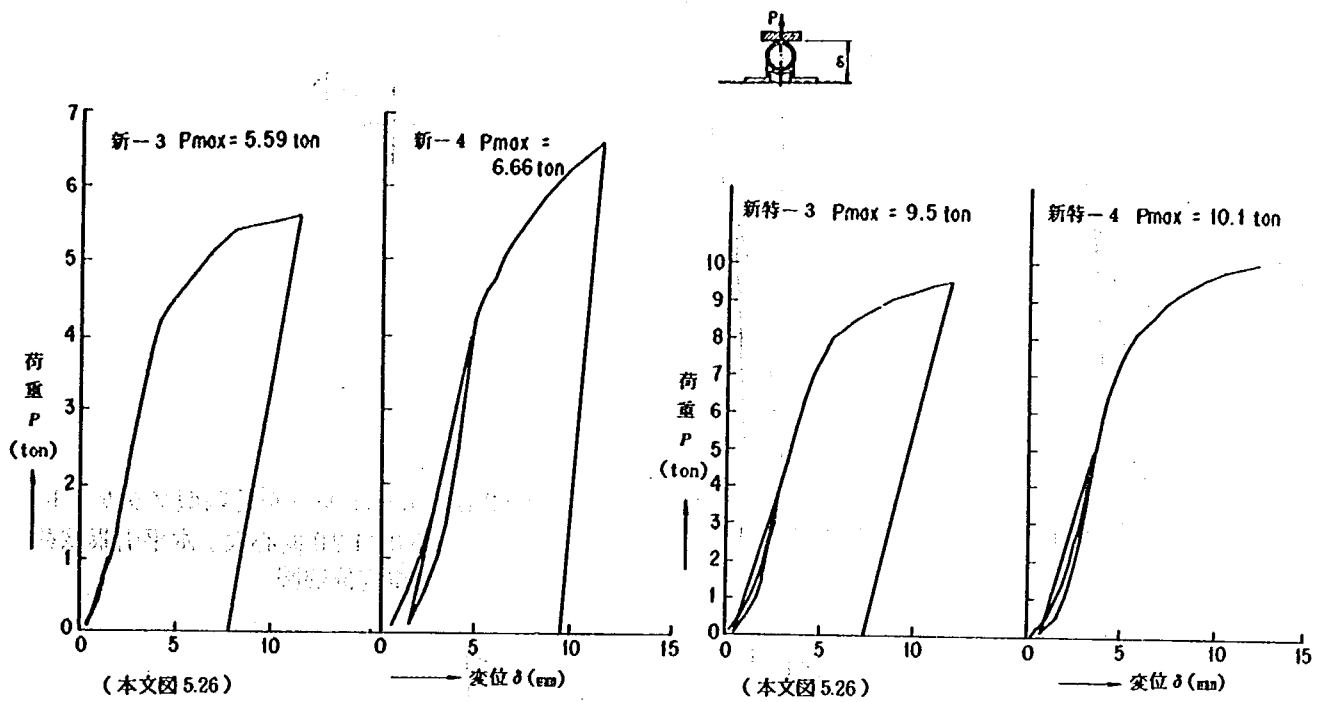


図 2.8 ガードレール新型ブラケット ($t=4.5$)
水平圧縮載荷 荷重変位線図

図 2.9 ガードレール新型ブラケット ($t=6.0$)
水平圧縮載荷 荷重変位線図

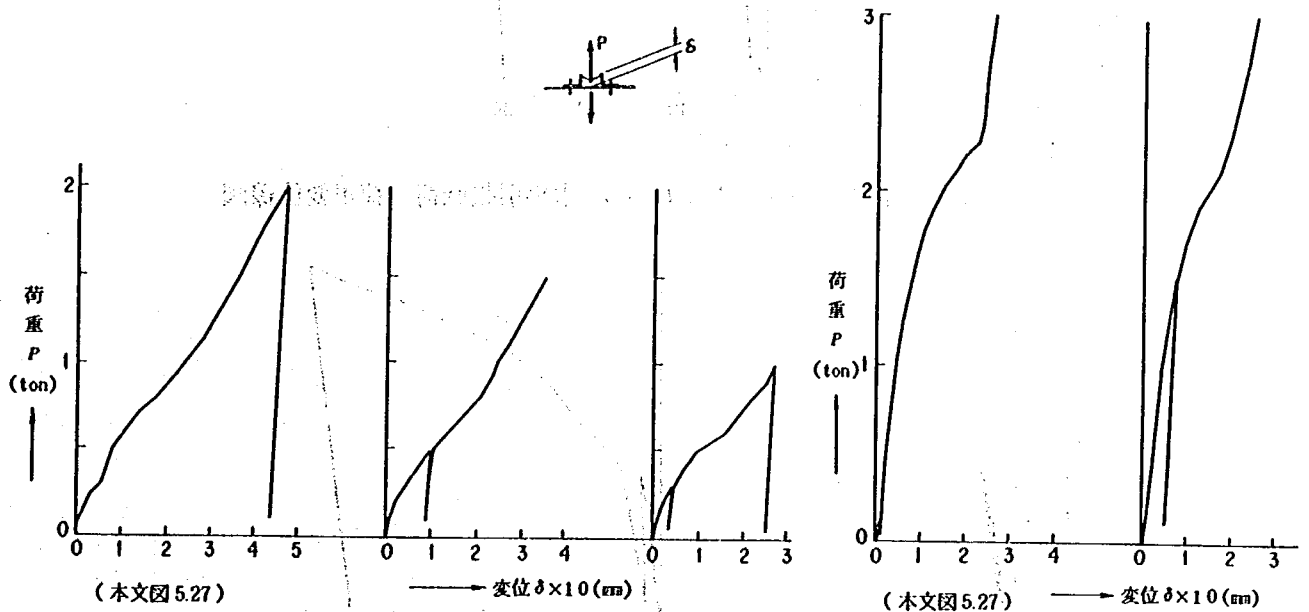


図 2.10 ガードレール標準型ブラケット 水平引張載荷
荷重変位線図

図 2.11 ガードレール特殊型ブラケット
(6.0×120 中心穴) 水平引張載荷
荷重変位線図

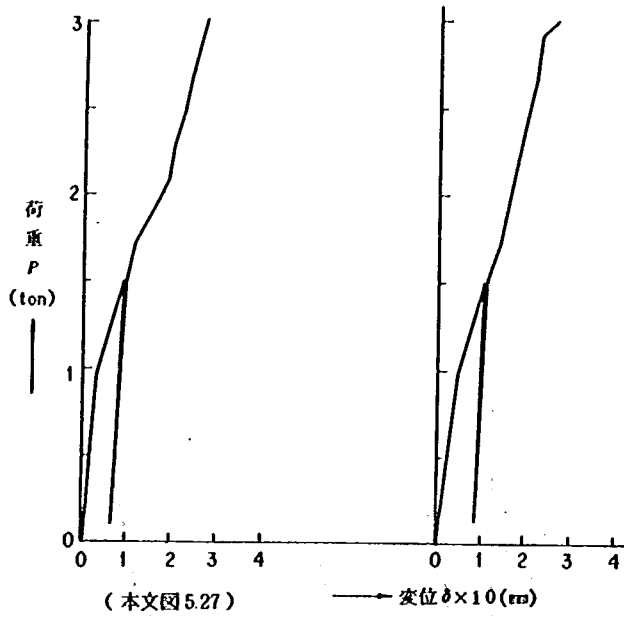


図 2.12 ガードレール特殊型ブラケット (6.0×120 偏心穴) 水平引張載荷 荷重変位線図

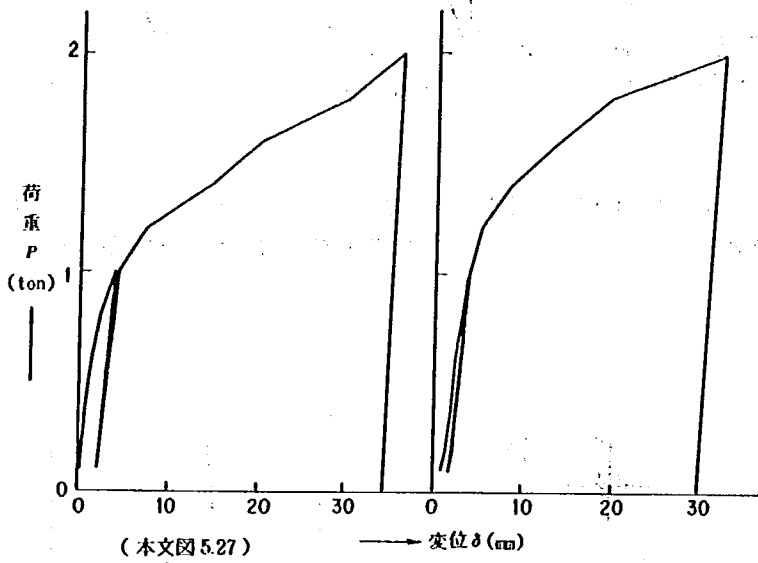


図 2.13 ガードレール新型ブラケット ($t=4.5$) 水平引張載荷 荷重変位線図

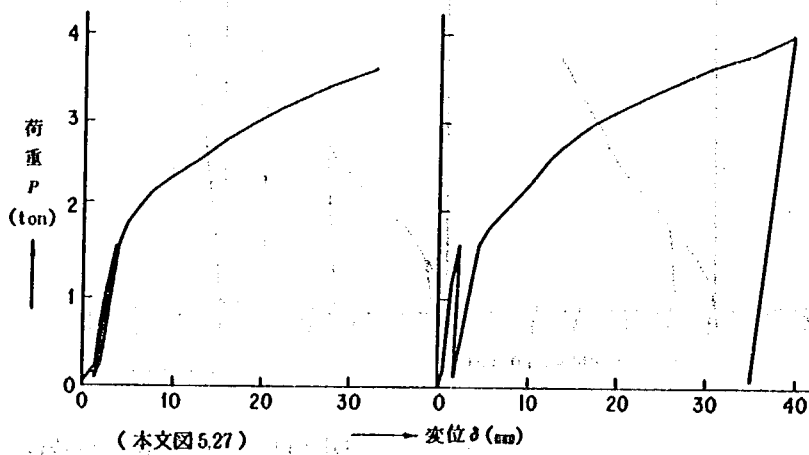


図 2.14 ガードレール新型ブラケット ($t=6.0$) 水平引張載荷 荷重変位線図

(3) ガードケーブルのブラケット荷重実験

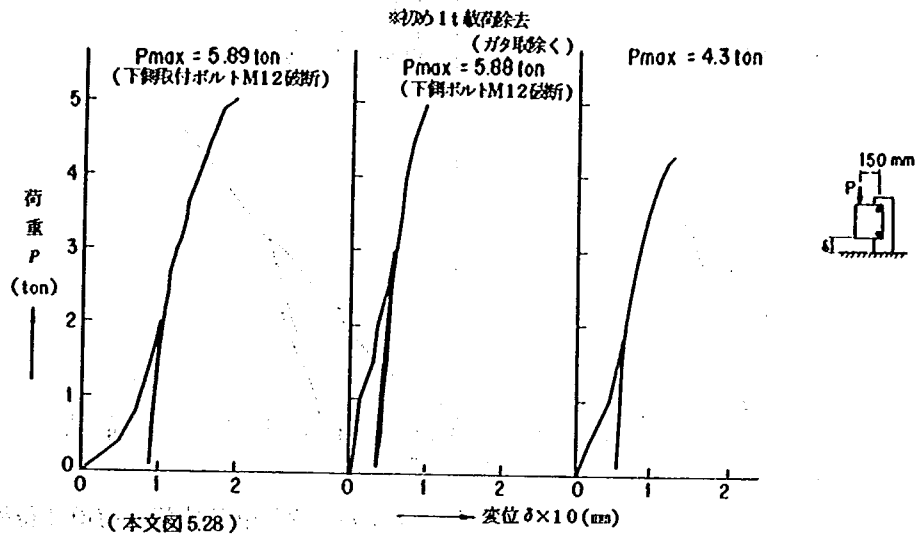


図 3.1 ガードケーブルA種標準型ブラケット(上段)鉛直載荷 荷重変位線図

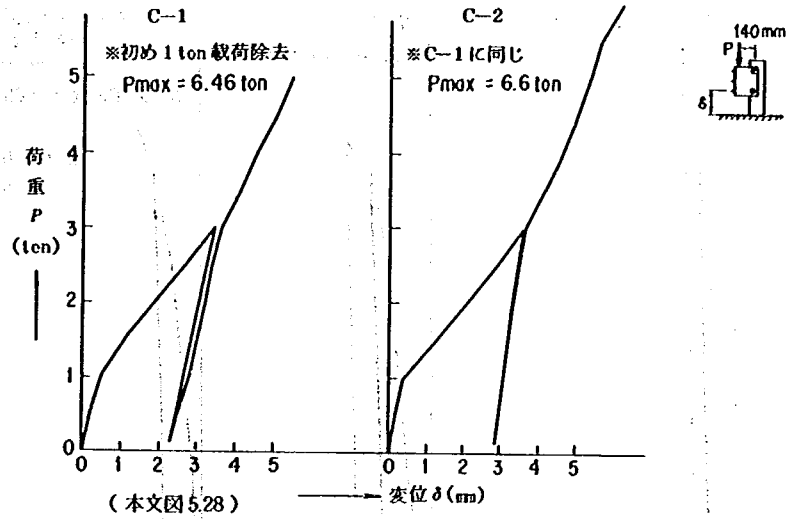


図 3.2 ガードケーブルC種標準型ブラケット鉛直載荷 荷重変位線図

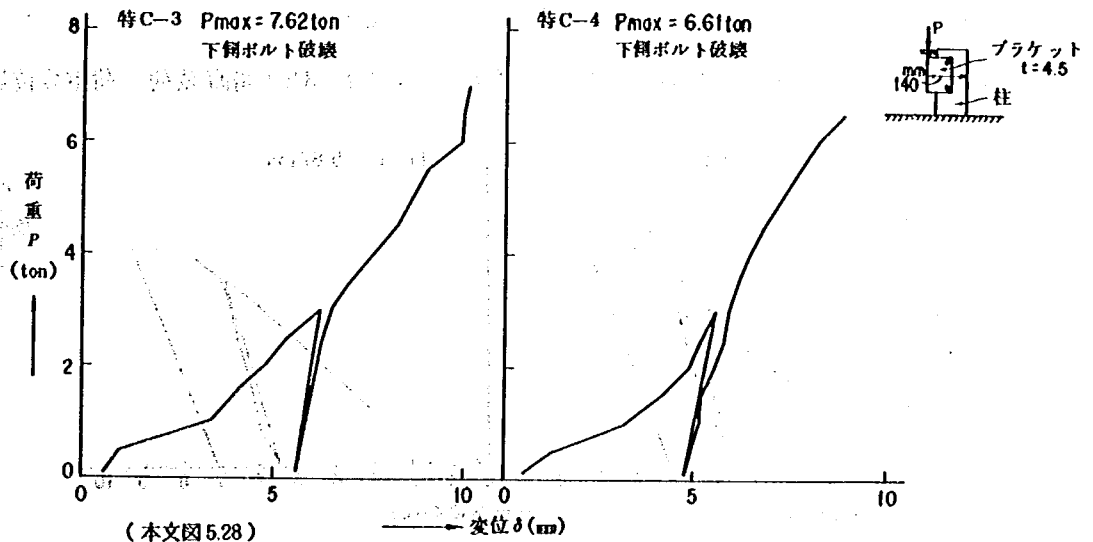


図 3.3 ガードケーブルC種特殊型ブラケット($t=4.5$)鉛直載荷 荷重変位線図

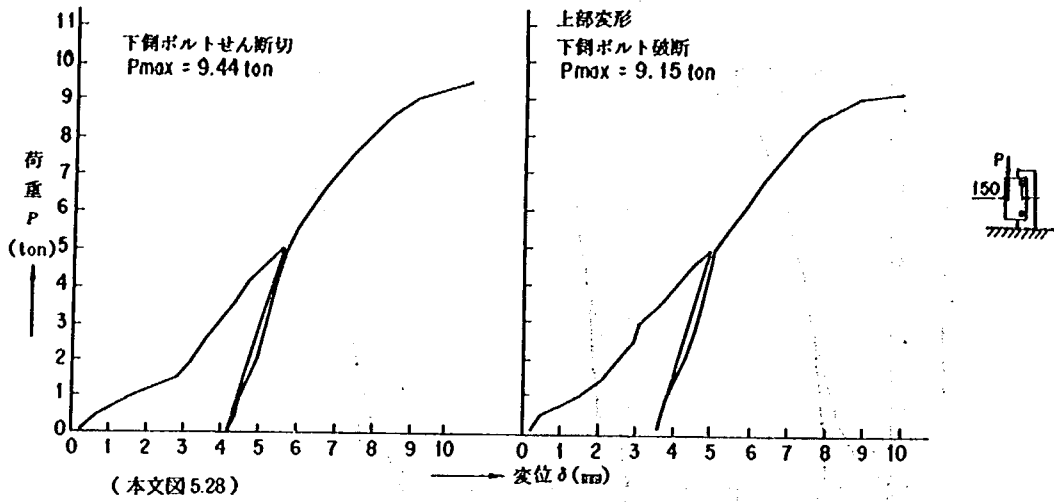


図 3.4 ガードケーブルB種ピン・1ブラケット ($t=3.2$) 鉛直載荷 荷重変位線図

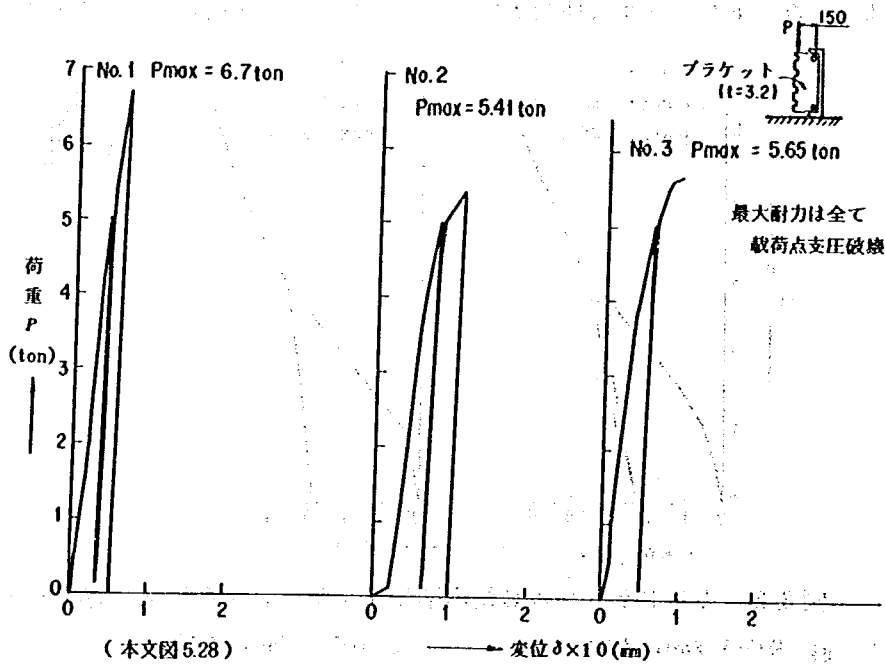


図 3.5 ガードケーブルB種ピン・2ブラケット ($t=3.2$) 鉛直載荷 荷重変位線図

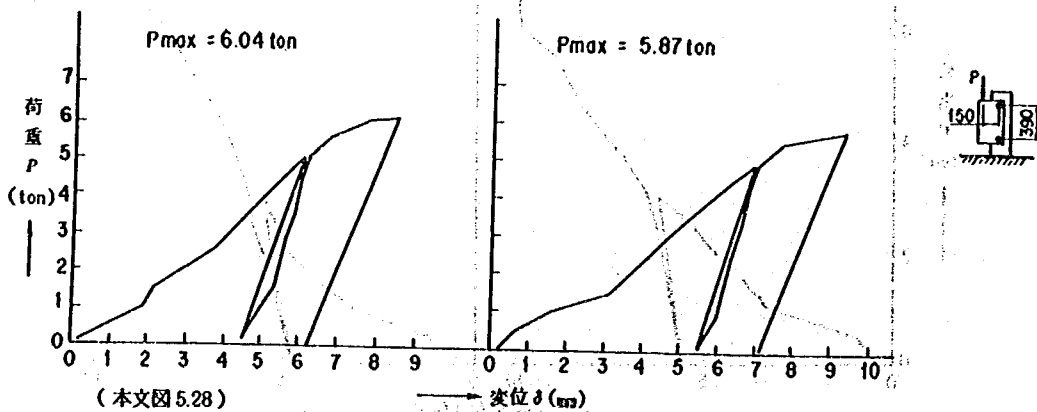


図 3.6 ガードケーブルB種ピン・3ブラケット ($t=3.2$) 鉛直載荷 荷重変位線図

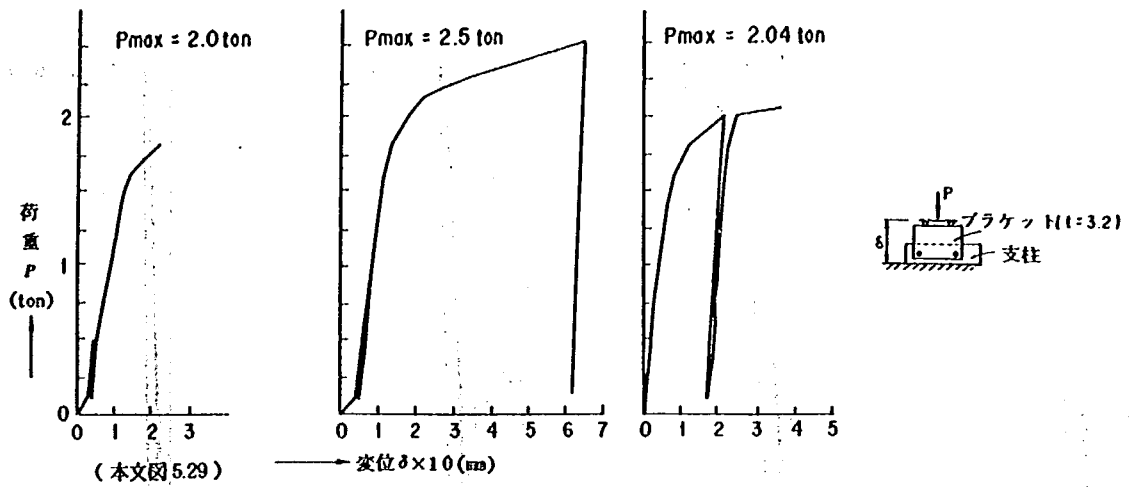


図 3.7 ガードケーブルA種標準型ブラケット(上段)水平圧縮載荷 荷重変位線図

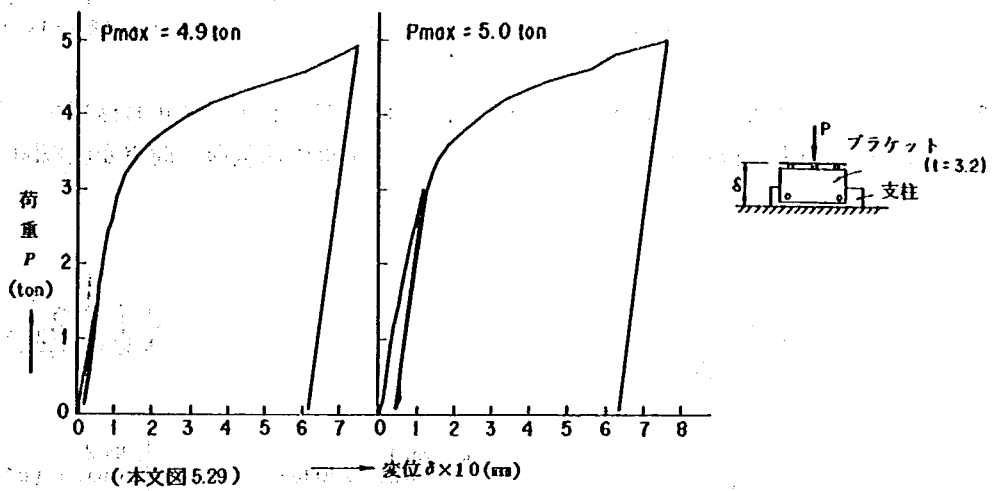


図 3.8 ガードケーブルC種標準型ブラケット水平圧縮載荷 荷重変位線図

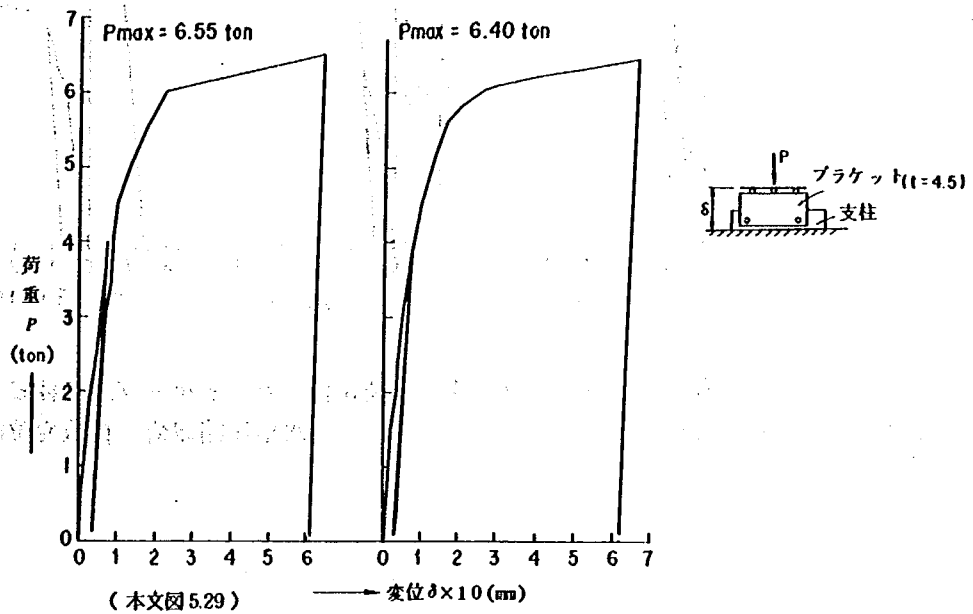


図 3.9 ガードケーブルC種特殊型ブラケット($t=4.5$)水平圧縮載荷 荷重変位線図

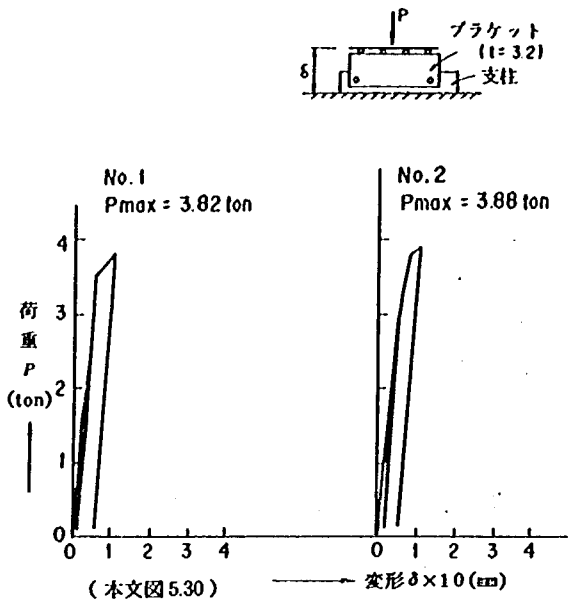


図3.10 ガードケーブルB種ピン・1ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図

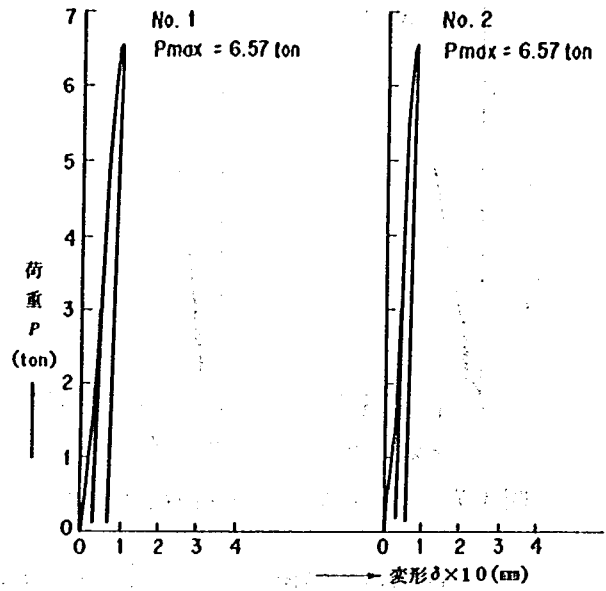


図3.11 ガードケーブルB種ピン・2ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図

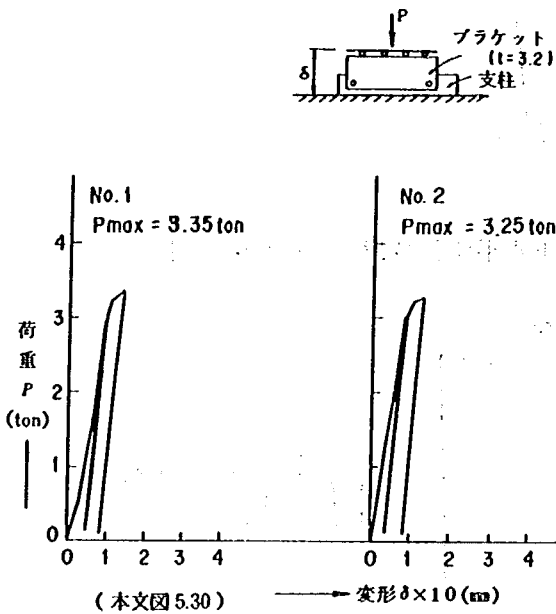


図3.12 ガードケーブルB種ピン・3ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図

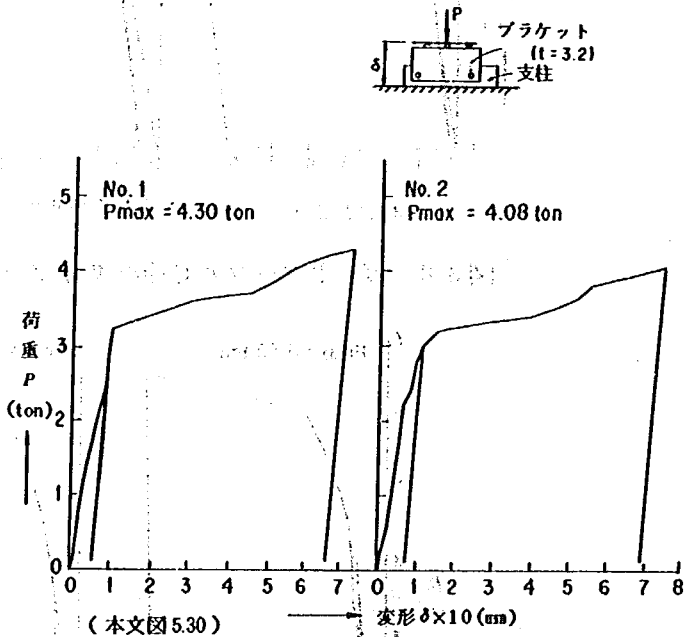
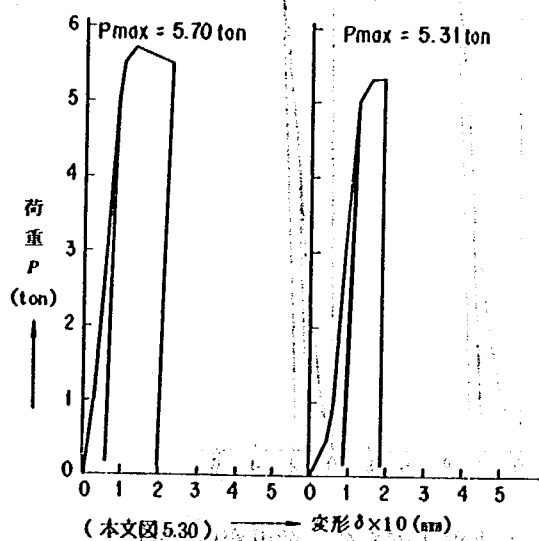
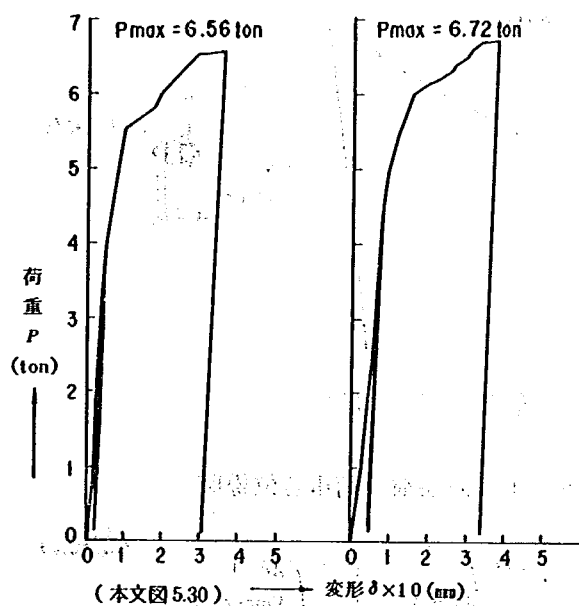
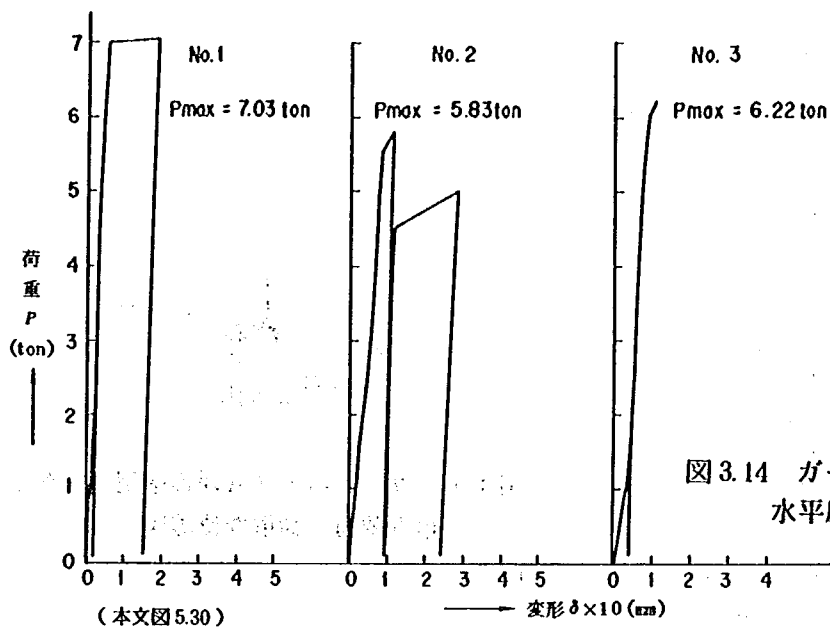


図3.13 ガードケーブルC種ピン・1ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図



(4) ガードパイプのブラケット荷重実験

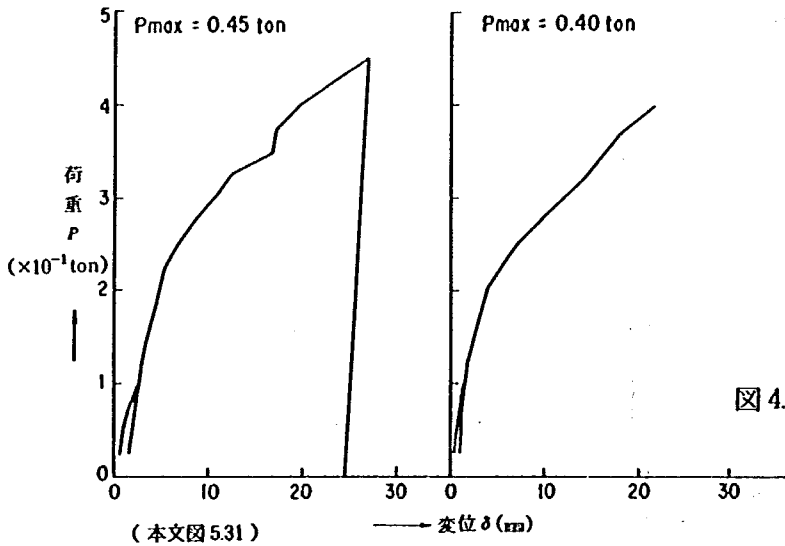


図 4.1 ガードパイプA種標準型ブラケット
鉛直載荷 荷重変位線図

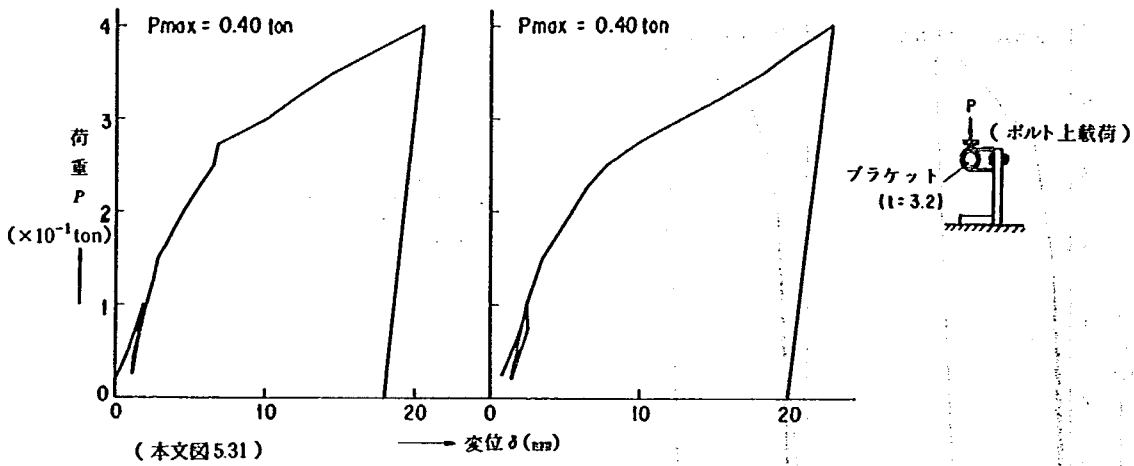


図 4.2 ガードパイプB種標準型ブラケット鉛直載荷 荷重変位線図

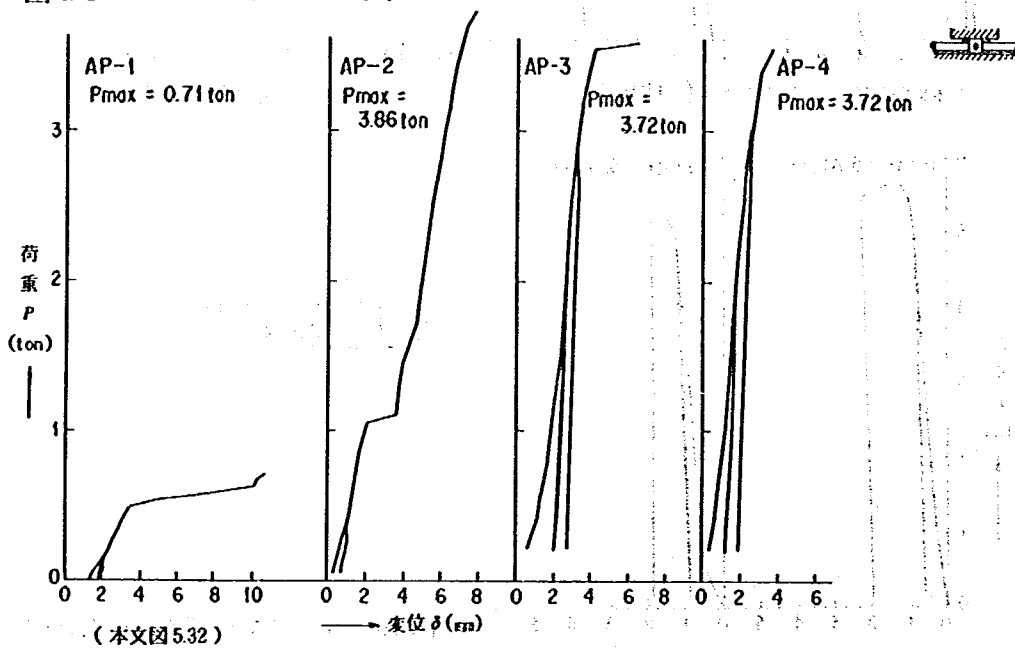


図 4.3 ガードパイプA種標準型ブラケット水平圧縮載荷 荷重変位線図

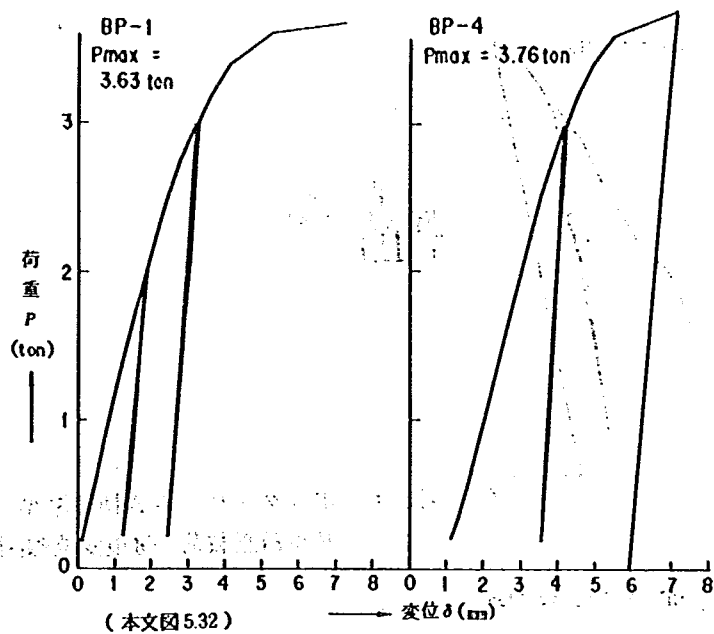


図 4.4 ガードパイプB種標準型ブラケット
水平圧縮載荷 荷重変位線図

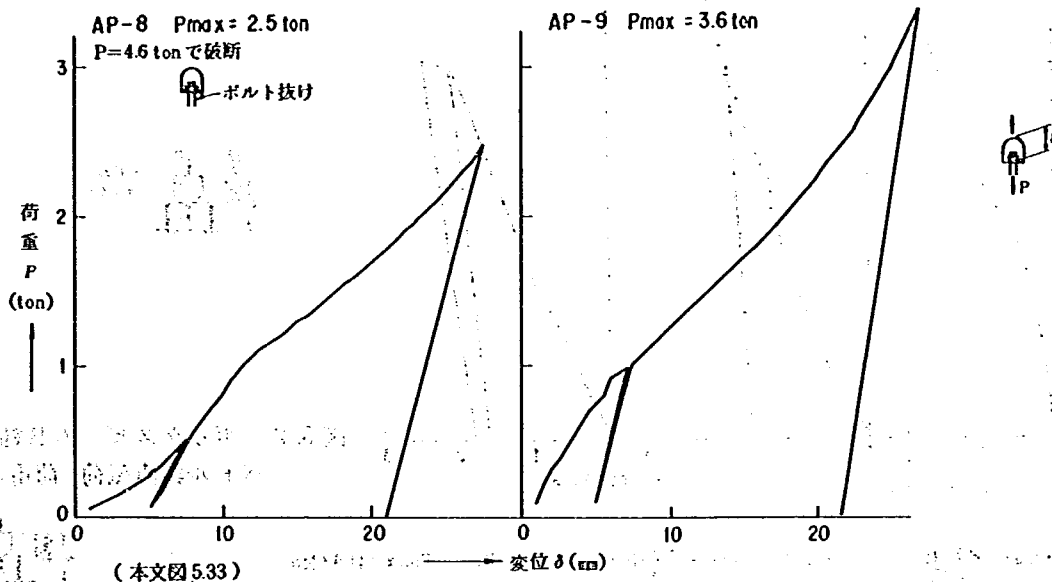


図 4.5 ガードパイプA種標準ブラケット水平引張載荷 荷重変位線図

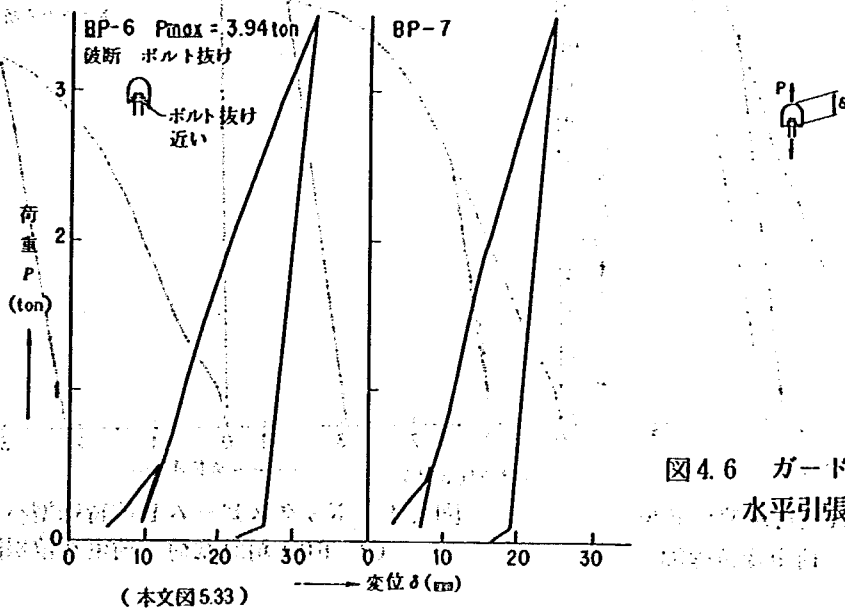


図 4.6 ガードパイプB種標準型ブラケット
水平引張載荷 荷重変位線図

(5) ボックスビームのパドル荷重実験

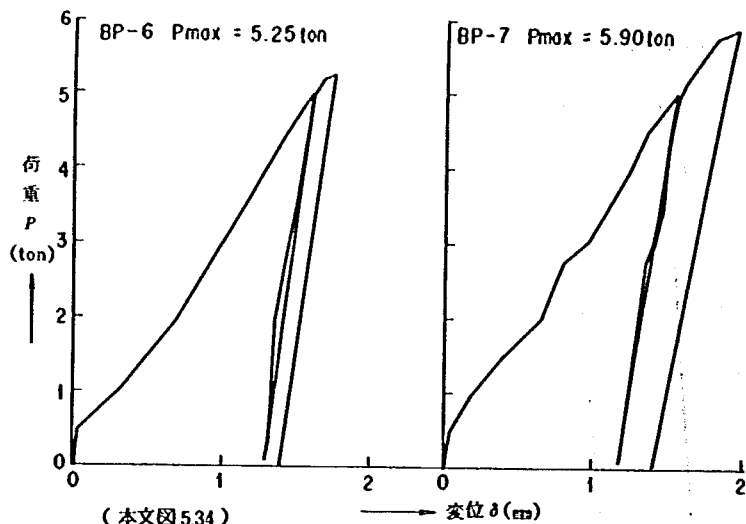


図 5.1 ボックスビーム A 種標準型
パドル鉛直載荷 荷重変位線図

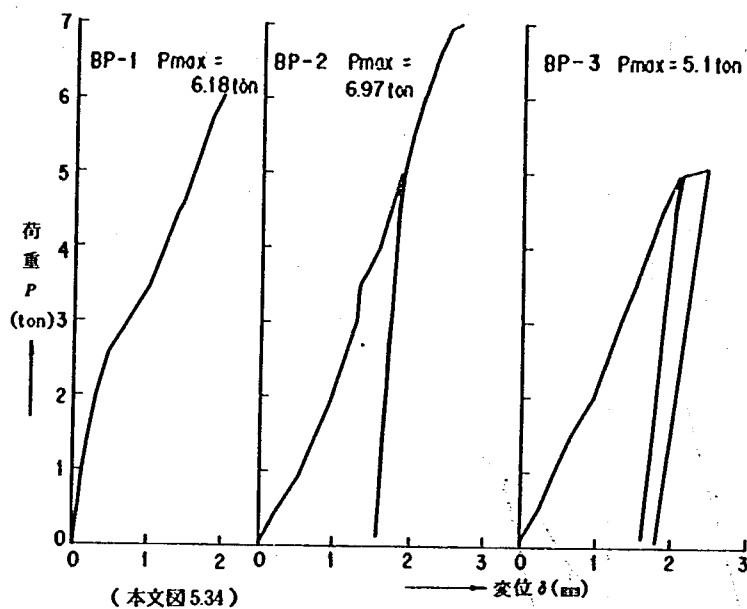


図 5.2 ボックスビーム B 種標準型
パドル鉛直載荷 荷重変位線図

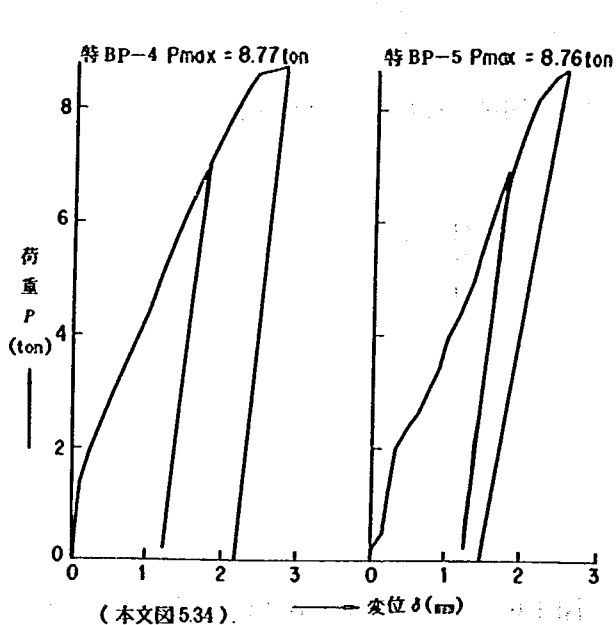


図 5.3 ボックスビーム A 種特殊型パドル
($t = 6.0$) 鉛直載荷 荷重変位線図

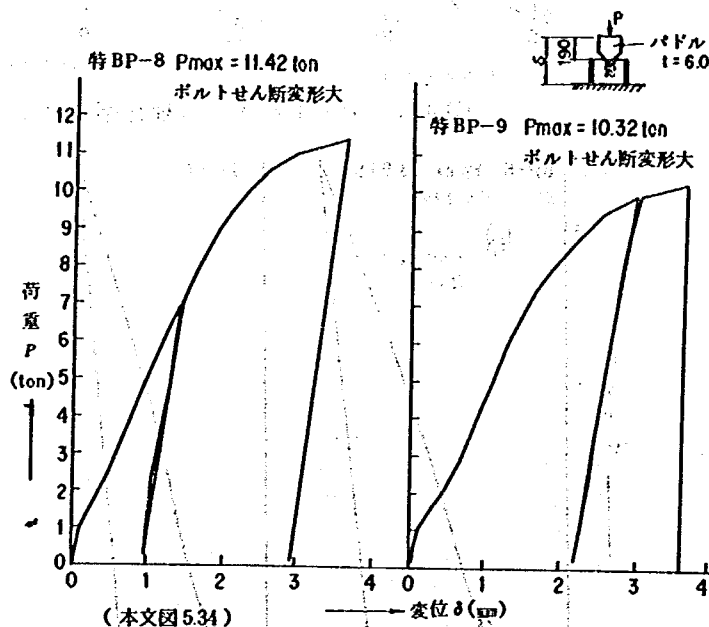


図 5.4 ボックスビーム B 種特殊型パドル
($t = 6.0$) 鉛直載荷 荷重変位線図

積雪寒冷地用防護柵に関する
研究報告書(その1)

土研資料 第1885号
昭和57年12月(1982)

キーワード 防護柵, 雪の沈降力

著者名 交通安全研究室
新潟試験所

要旨 本研究は, 雪の沈降力に耐える防護柵の適正を調べるために,
(1) 防護柵に作用する雪の沈降力特性
(2) 防護柵の部材(ビーム, ブラケット等)の垂直耐荷力試験
(3) 防護柵の積雪地別による破損状況調査
等に関する基礎調査を行ったものである。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

9 4 4 - □ □

新潟県新井市錦町二の六の八
建設省土木研究所
新潟試験所 御中

No. 015

土木研究所資料第 1885 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

④