

土木研究所資料

**積雪寒冷地における防護柵に関する
研究報告書 (その3)**

昭和60年7月

建設省土木研究所
交通安全研究室
新潟試験所

Copyright ©(1985) by P.W.R.I.

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

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

正 誤 表

積雪寒冷地用防護柵に関する研究報告書(その2)

P-110

(c) 安全率

許容支持力の計算は建築系では極限支持力の $\frac{1}{3}$ を長期荷重に対する許容支持力とし、一時的に作用する荷重に対しては長期荷重の許容支持力の2倍としている。また、土木系での安全率は長期荷重の場合、港湾では2、道路支持杭、摩擦杭および鉄道では3、を用いており、さらに一時的に作用する荷重については港湾支持杭、鉄道は1.5、道路支持杭、港湾摩擦杭は2、道路摩擦杭3、が用いられている。ここでの安全率は1.5と2を用いて実験結果との近似式を求めるために検討した。

積雪寒冷地における防護柵に関する 研究報告書(その3)

| | | | |
|---------|-------|----|----|
| 道 路 部 | 部 長 | 藤田 | 大二 |
| 交通安全研究室 | 室 長 | 霜上 | 民生 |
| | (前室長) | 満田 | 喬 |
| | 研 究 員 | 石平 | 貞夫 |
| | | 金子 | 英雄 |
| 新潟試験所 | 所 長 | 吉松 | 弘行 |
| | (前所長) | 山内 | 修 |
| | 主任研究員 | 下村 | 忠一 |
| | | 山本 | 益人 |

積雪地域に適した防護柵の設計，設置の基準化を図ることを目的とし，昭和54年度より防護柵にかかる雪圧荷重の測定，部材耐力等に関する試験を行ってきた。本稿では，これらの結果を踏まえ，乗員の安全性および経済性等を考慮した合理的な防護柵の設置方法を検討するため，昭和59年豪雪時の破損実態等の調査から防護柵の破損確率を算出し，これと最大積雪深の出現確率等から，その限界を設定し，さらに経済性を加味して耐雪用防護柵の構造諸元等についてまとめたものである。

キーワード：防護柵の破損確率，防護柵の経済性，防護柵の構造諸元，防護柵に衝突時の
車両の加速度

まえがき

昭和54年以来、建設省土木研究所は雪圧により破損される防護柵などに関する研究において、財団法人土木研究センター、民間六社* からなる耐雪防護柵研究会、建設省東北地方建設局東北技術事務所および建設省北陸地方建設局北陸技術事務所と共同して実施し、これまで「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11月)、および「積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その2)」(昭和59年8月)を発表して来た。これに対して、積雪寒冷地における防護柵は経済的な観点からも見直す必要があるとの考えから、今回、ここに破損確率的な考え方をとり入れた積雪寒冷地における防護柵のあり方に関する研究報告書を取りまとめることにした。

ここで検討した防護柵の経済性という課題はこれまでの研究内容とは少し異なった角度からの検討ではあるが、合理的で経済性の高い防護柵の開発には是非とも念頭に入れておかなければならない一項であろう。本報告書が積雪寒冷地における防護柵に関する今後の研究および改善の資料となることを期待するものである。

* 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，日鐵建材工業株式会社，日本鋼管ライトスチール株式会社

積雪地寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その3)

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 第1章 研究経緯 | 1 |
| 第2章 防護柵の破損実態調査 | 4 |
| 2.1 調査の概要 | 4 |
| 2.2 調査路線の概要 | 4 |
| 2.3 破損実態調査結果 | 5 |
| 2.4 破 損 対 策 | 9 |
| 第3章 防護柵部材の破損確率の検討 | 11 |
| 3.1 最大積雪深の出現確率 | 11 |
| 3.2 防護柵部材の破損率 | 18 |
| 3.2.1 防護柵にかかる積雪荷重 | 18 |
| 3.2.2 防護柵の部材強度 | 21 |
| 3.2.3 支柱の鉛直支持力 | 24 |
| 3.2.4 限界積雪深 | 24 |
| 3.2.5 防護柵部材の想定破損率 | 30 |
| 3.2.6 毎年の破損確率の上限値 | 36 |
| 3.2.7 毎年の破損確率 | 37 |
| 第4章 経済性の検討 | 44 |
| 4.1 工事歩掛り | 44 |
| 4.1.1 ガードレール | 44 |
| 4.1.2 ガードケーブル | 47 |
| 4.1.3 ガードパイプ | 49 |
| 4.2 設置費用と補修費用 | 49 |
| 4.2.1 ガードレール | 50 |
| 4.2.2 ガードケーブル | 51 |
| 4.2.3 ガードパイプ | 52 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 4.3 総費用 | 53 |
| 4.3.1 ガードレール | 53 |
| 4.3.2 ガードケーブル | 55 |
| 4.3.3 ガードパイプ | 58 |
| 第5章 構造諸元の設定 | 59 |
| 5.1 耐雪型路側用ガードレール | 60 |
| 5.2 耐雪型路側用ガードケーブル | 62 |
| 5.3 耐雪型歩道用ガードパイプ | 62 |
| 5.4 歩行者・自転車用防護柵 | 63 |
| 5.4.1 積雪荷重 | 63 |
| 5.4.2 構造設計 | 64 |
| 5.5 中央分離帯用防護柵 | 64 |
| 5.5.1 ガードレール | 64 |
| 5.5.2 ガードケーブル | 64 |
| 5.5.3 ボックスビーム | 65 |
| 第6章 車両衝突時の加速度(g)の検討 | 66 |
| 6.1 ガードレール, ガードケーブル, ガードパイプにおける加速度の算出 | 66 |
| 6.1.1 加速度の算出条件 | 66 |
| 6.1.2 計算に使用した基本式 | 66 |
| 6.2 車両が受ける加速度g) | 67 |
| あ と が き | 68 |
| 参 考 文 献 | 68 |

第1章 研究経緯

積雪地域においては、毎年積雪荷重により破損される防護柵が多く、補修に要する費用は無視できない状況にある。これまで規定されていた防護柵は本来、車両の衝突を考慮して開発されたもので、積雪沈降力のような鉛直方向の荷重は考慮されていなかった。このため、(1)現在の防護柵に作用する雪圧特性を解明する。(2)積雪時における防護柵の耐力限界を明らかにする。(3)耐雪性があり、かつ経済的な防護柵について検討し、設計、設置の基準化をはかるための資料を得る。ことを目的として、昭和54年度から土木研究所は(財)土木研究センター、東北・北陸地建および民間六社(耐雪防護柵研究会)と共同で研究を進め、その成果を積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その1)²⁾および(その2)³⁾としてまとめてきた。その概要を示すと次のとおりである。

(1) 積雪寒冷地用防護柵の破損実態調査¹⁾

積雪寒冷地域の道路を管理する北海道開発局、建設省地方建設局、日本道路公団、道、県の各道路管理者に対し、昭和54年12月から昭和55年4月の間における防護柵の破損実態を把握するために、路線別、積雪深別に152路線(調査対象路線長約3,250km)を選定して調査した。その結果、防護柵の破損原因は積雪沈降力の影響によるものが50%以上を占め、かつ破損延長も除雪機械の衝突や押圧等の他の破損原因に比べると著しく長いことが判明し、耐雪性のある防護柵の必要性が提起された。

(2) 防護柵等に作用する雪圧特性に関する調査^{2) 3)}

防護柵に作用する静的および動的な雪圧を実物大の供試体を用いて調査した結果、積雪沈降力(鉛直力)を求める回帰式が得られ、耐雪型防護柵の構造設計に反映させることができた。なお、水平力の測定と今までの雪圧実験結果を取入れて改良した防護柵の耐力を現道で実証する検証実験は継続中である。

(3) 防護柵の部材耐力に関する実験^{2) 3)}

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、および耐雪性を考慮して改良した部材の最大耐力を室内静的載荷実験等から求め、防護柵の許容荷重と限界積雪深を推定した。

(4) 防護柵の支柱支持力に関する実験³⁾

法肩に設置した防護柵の鉛直と水平方向支持力を現地での載荷実験から確認し、積雪寒冷地用防護柵支柱基礎の理論計算法を提案した。

(5) 防護柵の積雪限界図の作成³⁾

積雪地用防護柵の選定作業の簡素化、合理化をはかるために防護柵(ガードレール、ガードケーブル)と基礎の荷重限界を積雪深に換算した積雪限界図表を作成した。

防護柵の選定にあたっては、地域の特性にあった設計積雪深を確定しなければならない。これには、確率積雪深と防護柵の破損確率とを考慮する必要がある。積雪荷重は超過確率年を大きく取れば当然大きくなり、これに対応する防護柵の剛性も高まることになる。また、防護柵の破損確率を小さくすればするほど防護柵と基礎の構造は、より剛性の高いものへと指向せざるを得ない。このことは、車両および乗員に

およぼす被害も大きくなることを意味するものであり、防護柵が本来果さなければならない機能の一つである乗員の安全性に影響をおよぼし、また費用の面においても一般の型式に比べて著しく増加することになる。

そこで、今回、雪圧による被害の解消ではなく、被害の軽減を目的とするという観点から耐雪型防護柵の構造諸元の設定を試みた。その作業を行うにあたって定めたことは、まず防護柵の基本構造を一般型と同一にしたことである。そして、今までの研究成果を踏まえながら、鉛直方向の荷重に対する部材の補強、基礎構造の変更、支柱間隔の変更、あるいは上級種別のもの採用等により積雪荷重に対応させる手段を取ったことである。すなわち、59年に行った検討作業は、58年度で作成した防護柵の積雪限界図に、最大積雪深の出現確率と防護柵の破損率を加味し、より実用的な設計・設置資料の整備を目的とした。また、耐雪型防護柵の構造諸元検討を進めるにあたって配慮した基本的な作業方針は、59豪雪を対象にした防護柵の破損実態調査結果を参考にし、積雪荷重による毎年の破損確率が一定値以下となる構造で、しかも経済的であり、さらに防護柵の構造が乗員の安全性を損わないという3点である。図1-1に、検討作業のフローを示す。なお、本文中において、「積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書」(その1)と(その2)を引用する場合は、それぞれ研究報告書(その1)および研究報告書(その2)と呼称する。

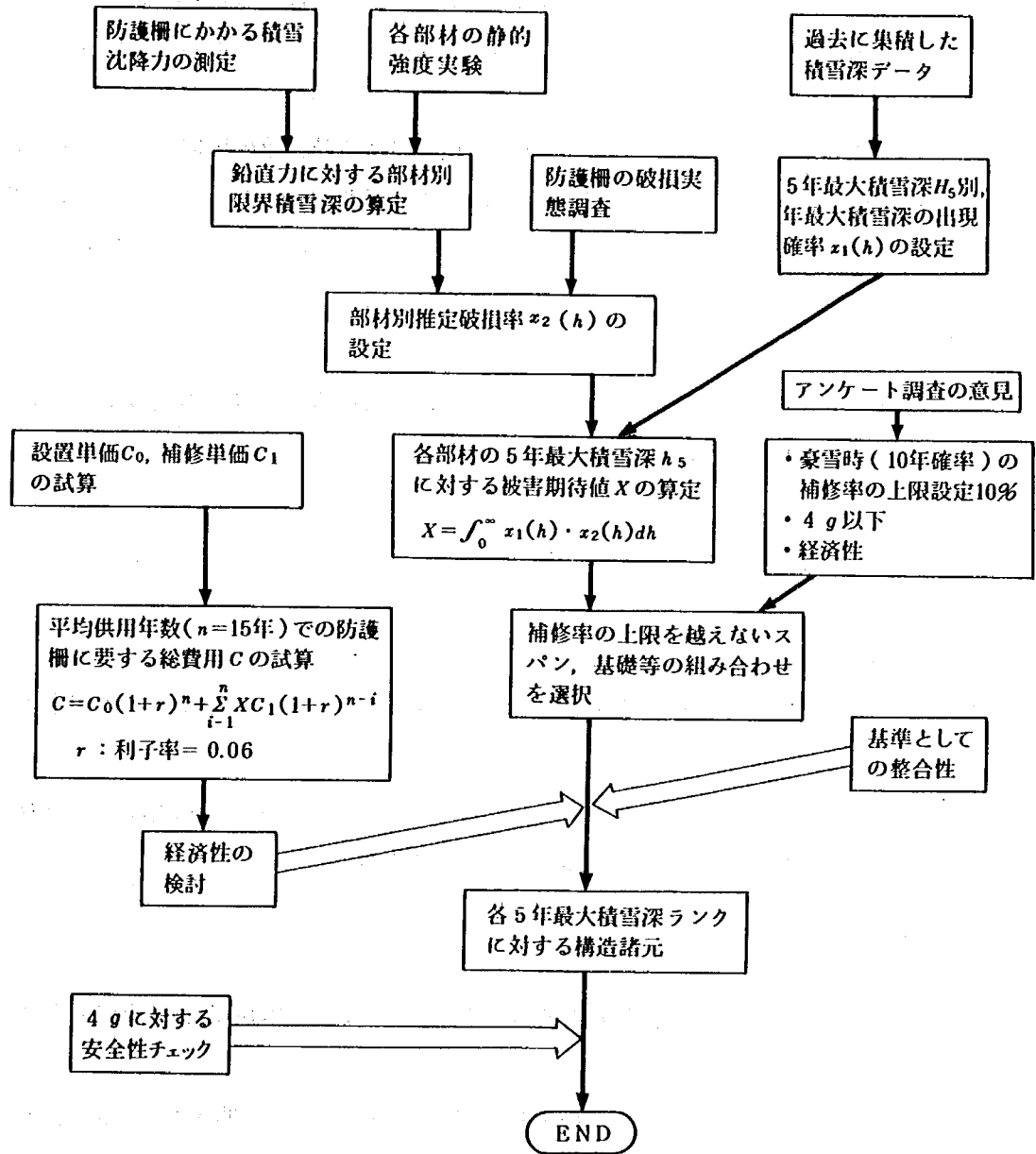


図1-1 耐雪型防護柵構造諸元設定のフロー

第2章 防護柵の破損実態調査

積雪寒冷地に設置された各種防護柵は、毎年積雪による破損と補修を繰り返しており、その補修費は非常に大きなものとなっている。

本調査は、耐雪型防護柵を設置する場合、その地域の気象条件と積雪特性とを考慮した最も合理的、かつ経済的な防護柵型式の選定方法の基準化を行うための基礎資料を得るために実施したものである。

これまで、積雪によって各種構造の防護柵がどの程度破損するかに関する実態調査¹⁾は既に54年度において実施し、その後の研究に取り入れてきたが、59年度の積雪による防護柵の破損確率を加味した構造検討を行うにあたって防護柵の種別、型式別の破損確率を設定する必要があったので、(社)日本道路協会ガードフェンス分科会は59豪雪(58年度冬期)を対象とした第2回目の実態調査を実施した。

2.1 調査の概要

この調査は管理内の一般道路を対象とし、59豪雪時に積雪による被害を受け、破損および補修が発生した箇所で行ったもので、その主な調査内容は次の通りである。

(イ) 気象に関するもの

59豪雪積雪深、過去5年間平均最大積雪深、58年度最大積雪深および最大堆雪深、平均積雪(堆雪)密度

(ロ) 路線に関するもの

路線名、設置延長、破損延長、破損要因(沈降力、除雪、グライド力)、調査区間の平均断面

(ハ) 防護柵に関するもの

型式、種別、標準型、耐雪型、破損箇所(ビーム、ブラケット、ボルト、支柱、基礎部)、破損数量(部材別)、補修方法(全面据直し、部分据直し、部品取替)、補修費用

2.2 調査路線の概要

前項の調査要領により、この調査を実施した機関は、直轄が1地建、県関連が10道府県であり、調査数は83区間であった。

調査を実施した道府県名を表2-1に、また防護柵の型式別、積雪ランク別の調査総延長距離を表2-2に示す。

表2-1 調査機関名

| 直 轄 | 道 府 県 |
|---------|--------------------------------------------|
| 北 陸 地 建 | 北海道、青森県、山形県、秋田県、新潟県 石川県、富山県、福井県、京都府、兵庫県 |

表 2-2 調査総延長距離 (m)

| 積雪ランク * | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 合計 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|----------|
| 積雪深 型式 | 0.5 m ~1.0 m | 1.0 m ~1.5 m | 1.5 m ~2.5 m | 2.5 m ~3.5 m | 3.5 m 以上 | |
| ガードレール | 2,994 | 5,633.4 | 12,196.8 | 9,026.2 | 2,428.8 | 32,279.2 |
| ガードケーブル | 610 | 2,850 | 4,509 | 5,291.5 | 3,385.5 | 16,646 |
| ガードパイプ | — | 157 | 450 | 2,885 | 1,118 | 4,610 |
| 歩行者用 P 種 | 837 | 332 | 2,303.9 | — | 672.1 | 4,145 |
| 合計 | 4,441 | 8,972.4 | 19,459.7 | 17,202.7 | 7,604.4 | 57,680.2 |

*積雪ランク：アンケート調査時に積雪深分類の便宜上からランク分けしたものである。

2.3 破損実態調査結果

(1) ガードレール

ガードレールの破損実態調査結果より求めた全体破損率、ビーム破損率、ブラケット破損率、および部材破損状況を図2-1~図2-5に示す。(なお図中の58年度区間平均最大堆雪深は雪密度を0.4 t/m³に換算した値である。)

被害があった場合には、おおむね支柱据直しとなり、またビームの破損率は全体破損の約半分を占め、この両者の占める割合が非常に大きい。また、ブラケット、および取付ボルトの取り替えはあるものの、支柱の取り替えは稀である。

(2) ガードケーブル

ガードケーブル破損実態調査結果より求めた全体破損率、および部材破損状況を図2-6~図2-9に示す。

被害があった場合には、おおむねケーブル緊張、支柱据直しを伴う。従って、全体破損率をもとめた場合、この両者の占める割合が非常に大きい。

また、ブラケット、索端金具の取替えはあるものの、ケーブル、支柱の取り替え、および端末支柱の移動は稀である。

(3) ガードパイプ

調査量が少ないため明確でないが、被害としてはブラケットとビームの破損が多く、支柱の取り替えはないものの、据え直しが必要である。

図2-10~図2-11に全体破損率、および部材破損状況を示す。

(4) 歩行者用 P 種

調査量が少なく、また独自のデザインによる構造差があるので明確にできないが、破損のうちビームおよびブラケットの破損の割合が多く、支柱の沈下、倒れを伴っている。

図2-12~図2-13に全体破損率、および部材破損状況を示す。このうち図2-4、図2-5、図2-8、図2-9、図2-11、図2-13中の破損箇所の有・無(黒丸・白丸)については、アンケート調査の中で破損

の報告があれば破損の多少にかかわらず、破損有り（黒丸）として示した。

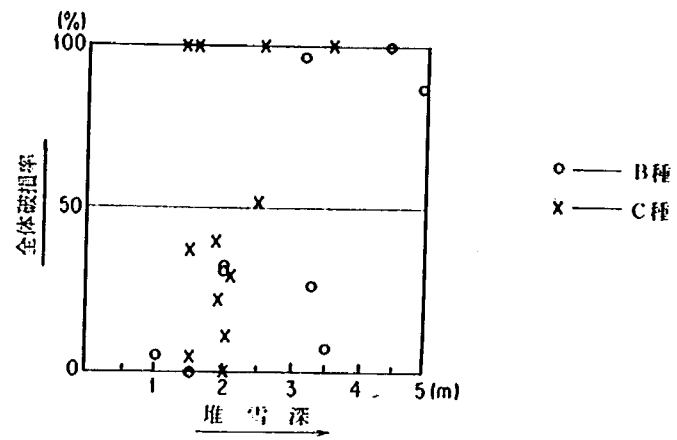


図2-1 ガードレール（B、C種）全体破損率（=据直し率）

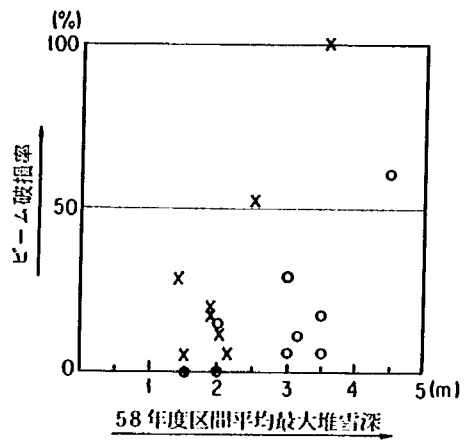


図2-2 ガードレールビーム（B、C種）破損率

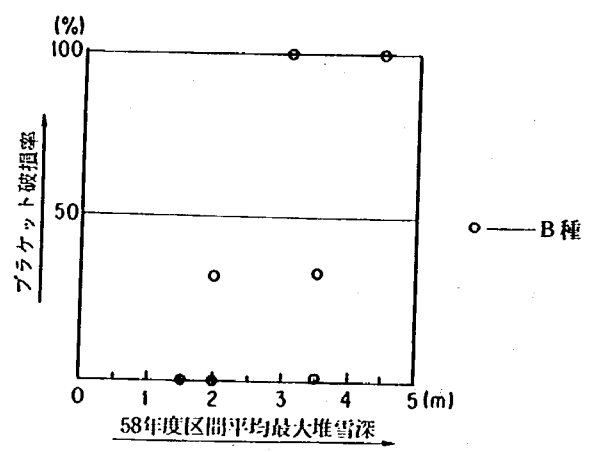


図2-3 ガードレールブラケット（B種）破損率

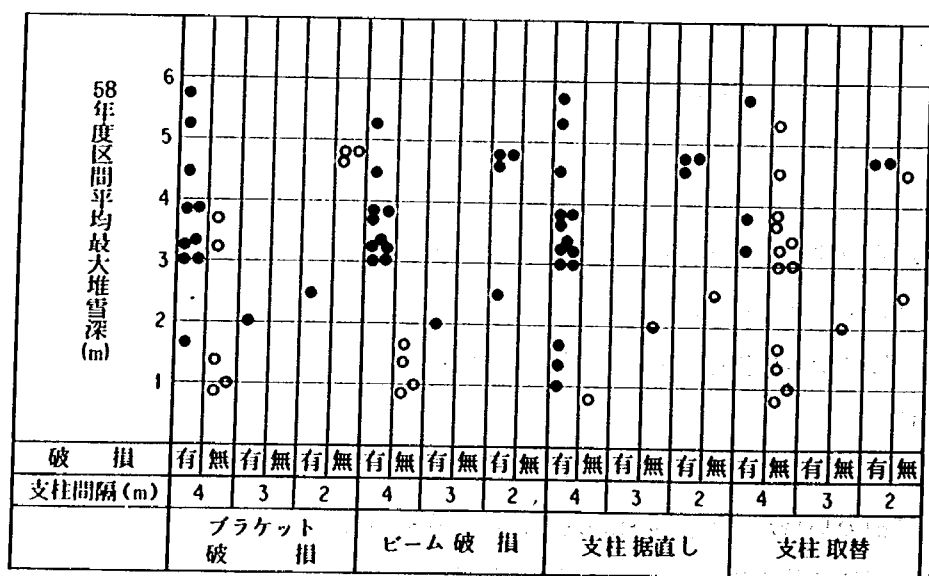


図2-4 ガードレール部材破損状況（B種）

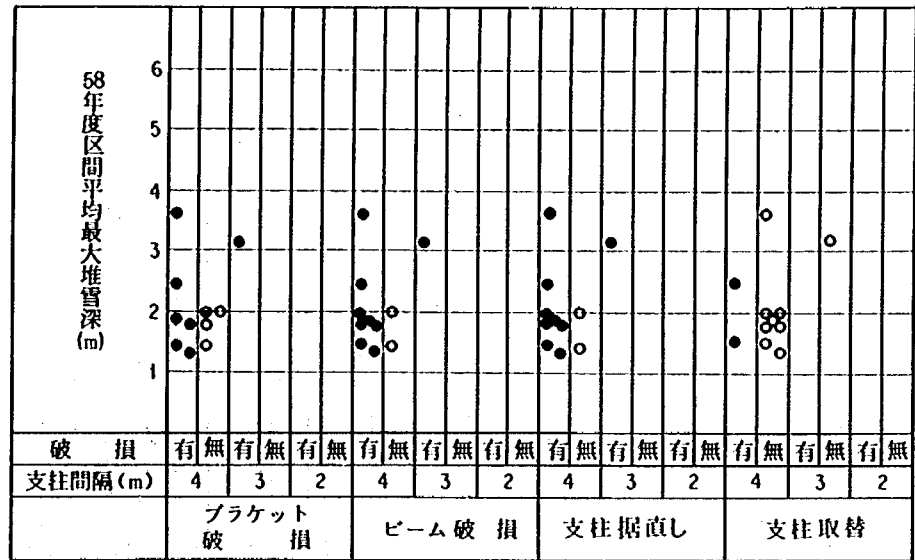


図2-5 ガードレール部材破損状況 (C種)

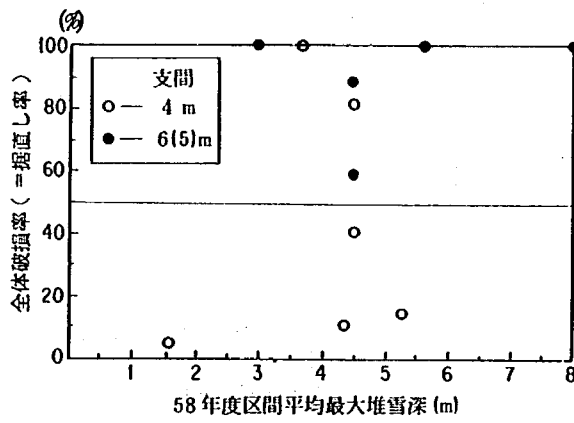


図2-6 ガードケーブルB種全体破損率 (=据直し率)

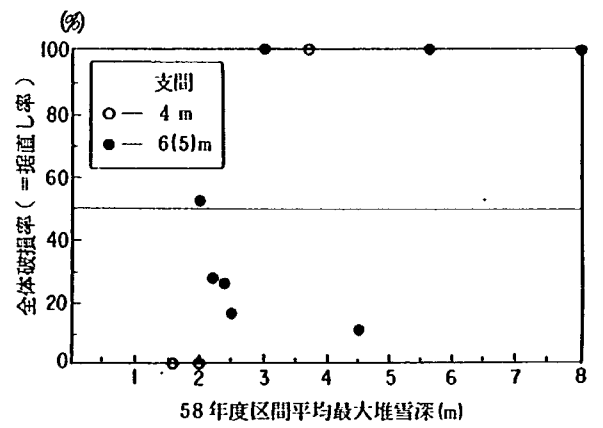


図2-7 ガードケーブルC種全体破損 (=据直し率)

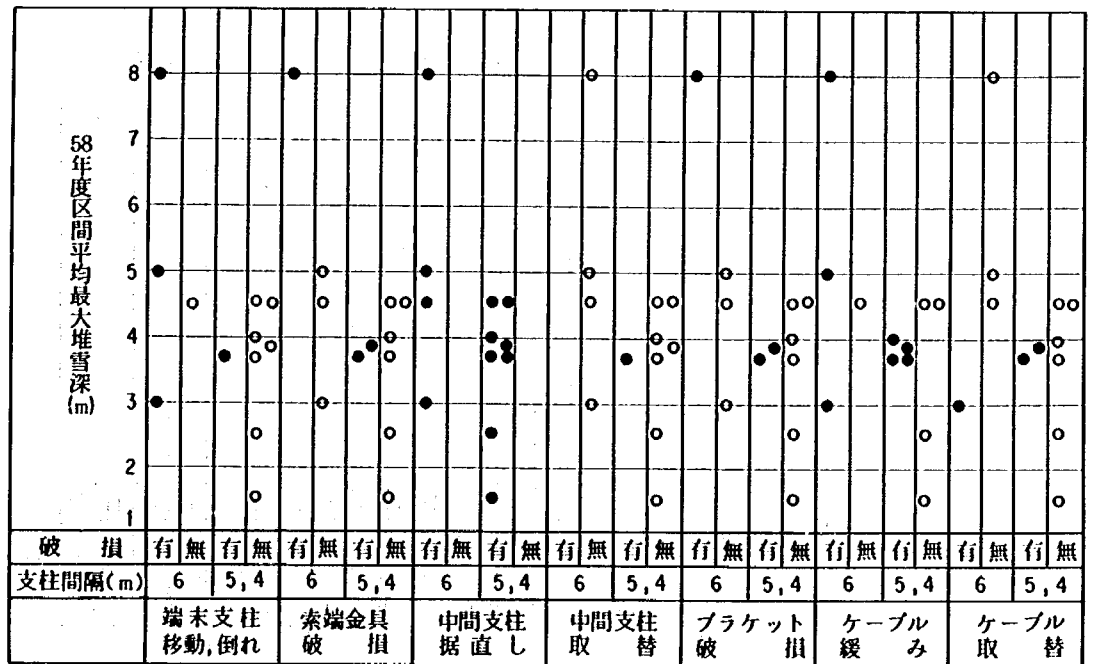


図2-8 ガードケーブル部材破損状況 (B種)

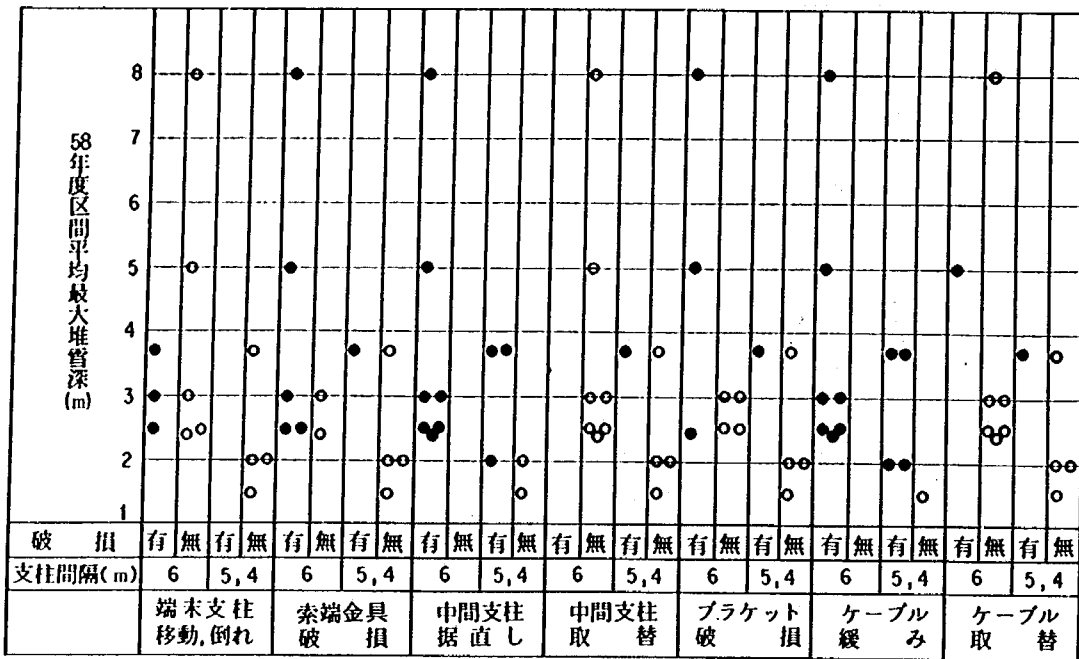


図2-9 ガードケーブル部材破損状況 (C種)

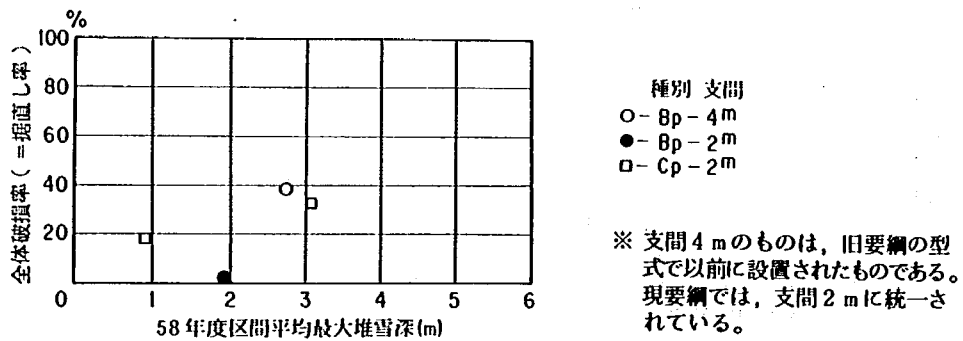


図2-10 ガードパイプ全体破損率 (=据直し率)

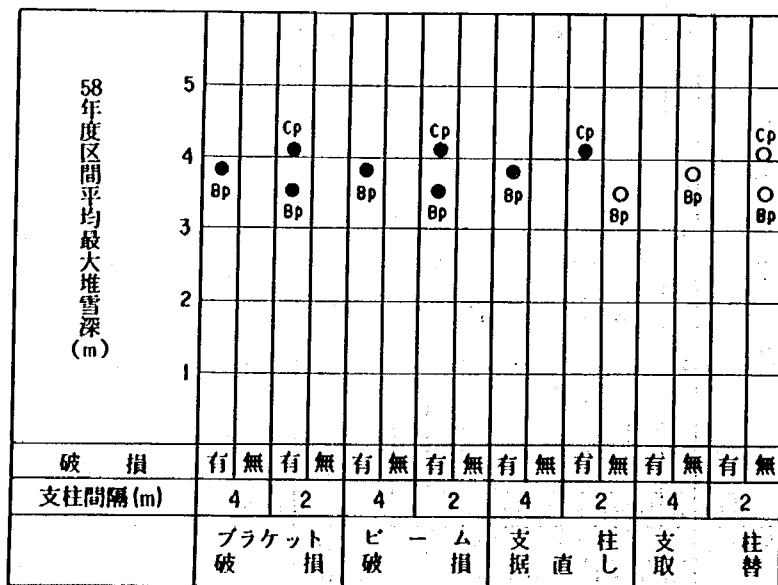


図2-11 ガードパイプ部材破損状況 (Bp・Cp種)

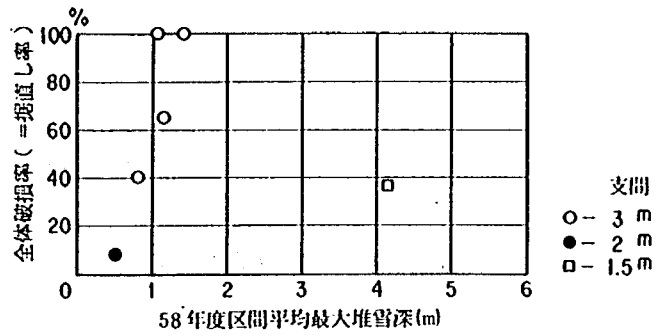


図2-12 歩行者用P種全体破損率(=据直し率)

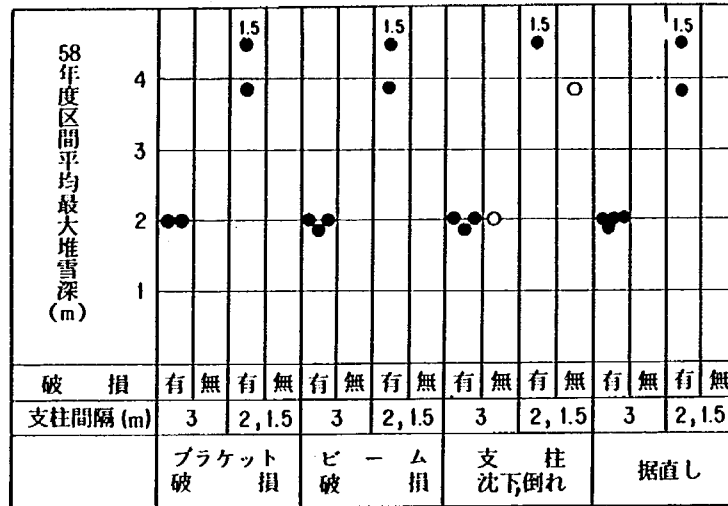


図2-13 歩行者用P種部材破損状況

2.4 破 損 対 策

破損実態調査結果より、各型式別防護柵の破損対策を総合的にまとめると次のようになる。

(1) ガードレール

1) 毎年の破損確率から算定される一定以上の積雪深のある地域では耐雪型ブラケットを使用し、ブラケットの破損に対処する。

2) 据直し破損率(=全体破損率)、ビーム破損率により、支柱間隔、根巻き、ビームの各対応積雪深に関する経済的組み合わせを算定する。

3) 支柱の破損については、2)の対策により軽減されると考えられる。

(2) ガードケーブル

1) 毎年の破損確率から算定される一定以上の積雪深で耐雪型ブラケットを使用し、ブラケットの破損に対処する。

2) 1)と同様、一定以上の積雪深で端末部に補助中間支柱を使用し、索端金具の破損に対処する。

3) 据直し破損率(=全体破損率)により、支柱間隔、根巻きの各対応積雪深に対する経済的組み合わせを算定する。

4) 中間支柱の破損および端末支柱の移動については、2)、3)の対策により軽減されると考えられる。

(3) ガードパイプ

(1) 毎年の破損確率から算定される一定以上の積雪地で、耐雪型ブラケットを使用し、ブラケットの破損に対処する。

2) 据直し破損率、ビーム破損率から各積雪深に対する支柱間隔および根巻きの経済的組み合わせを算定する。

3) 支柱の破損については、(2)の対策により軽減されると考えられる。

(4) 歩行者用P種防護柵

1) 積雪荷重を考慮した構造とし、破損に対処するものとするが、P種の防護柵は形状が様々であるため、具体的な構造検討は行わず、設計方法等を示すにとどめるものとする。

第3章 防護柵部材の破損確率の検討

ある設置場所での防護柵部材の毎年の破損確率 X は(3-1)式で求めれば良いと考える。

$$X = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2(h) \cdot dh \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

ただし

$x_1(h)$: 設置場所における最大積雪深の確率密度関数

$x_2(h)$: 最大積雪深が h のときの防護柵部材の破損率

3.1 最大積雪深の出現確率

最大積雪深は毎年変化し、その深さは地域によっても大きな差があると考えられるが、ここでは最大積雪深の分布を正規分布と仮定した。従って平均値積雪深 μ と標準偏差 σ がわかれば、その確率密度関数は、(3-2)式で示される。

$$x_1(h) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{h-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

また、 μ と σ については、図3-1および表3-1に示す新潟、富山、石川3県の74地域における最大積雪深の度数分布より計算すると、表3-2に示すようになり、さらに同表から μ との関係式は最小自乗法により(3-3)式に近似した。図3-1、表3-1は「北陸の雪」⁴⁾から引用した。

$$\sigma = 0.5 \mu^{0.545} \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

図3-2は表3-2の74地域における最大積雪深の平均値(μ)と標準偏差(σ)の関係を示したものである。図3-3は $\mu = 1.0 \sim 5.0$ mにおける最大積雪深の確率密度 $x_1(h)$ を計算した結果であり、図3-4は計算値と実測値の比較例を示した。

この様に、最大積雪深の平均値によって、その場所での最大積雪深の確率密度関数を近似したが、道路管理者が実際に入手し易い気象データとしては最大積雪深の平均値(μ)ではなく、5年再現最大積雪深である。そこで5年再現最大積雪深(H_5)と標準偏差(σ)との関係を求め、以下の破損確率および経済性の検討は5年再現最大積雪深を基準として行うものとする。5年再現値の超過確率は0.2となるため、正規分布表より

$$1 - F(X) = \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \cdot dx = 0.2 \text{のときの } x \text{ をもとめると}$$

$$x = 0.84162$$

となる。従って5年再現積雪深(H_5)は(3-4)式となる。

$$H_5 = \mu + 0.84162 \cdot \sigma \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

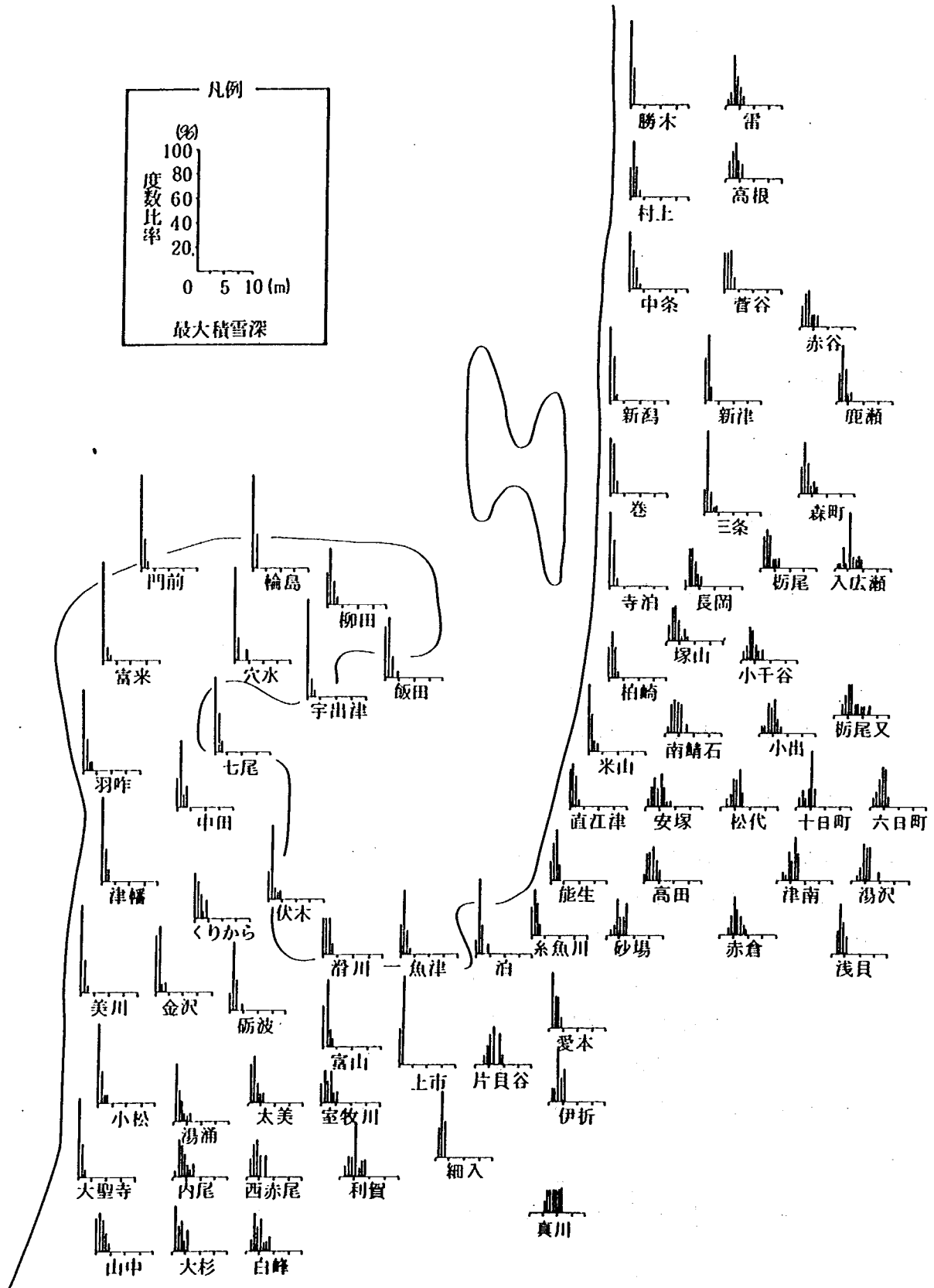


図3-1 最大積雪深のヒストグラム

表 3-1 最大積雪深の度数(統計年数における度数)

(単位:回数)

| 県 | 境界値 地点名 | 0 m 以上 0.5 m 未満 | 0.5 1.0 | 1.0 1.5 | 1.5 2.0 | 2.0 2.5 | 2.5 3.0 | 3.0 3.5 | 3.5 4.0 | 4.0 4.5 | 4.5 5.0 | 5.0 5.5 | 5.5 6.0 | 6.0 6.5 | 6.5 7.0 | 7.0 m 以上 7.5 m 未満 |
|----|------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 新潟 | 新中村 | 28 | 17 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 村勝 | 11 | 11 | 6 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | 三長 | 8 | 4 | 5 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| | 柏米 | 8 | 22 | 13 | 9 | 5 | 3 | 1 | | | | | | | | |
| | 直能 | 1 | 15 | 13 | 3 | 1 | | | | | | | | | | |
| | 砂糸 | 12 | 19 | 2 | 1 | 5 | | | | | | | | | | |
| | 小六 | 6 | 7 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 湯浅 | 6 | 13 | 17 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | | | | | | | |
| | 赤高 | 6 | 10 | 7 | 3 | 6 | 3 | 3 | 3 | 1 | | | | | | |
| | 鹿新 | 3 | 3 | 5 | 11 | 10 | 5 | 3 | 3 | 1 | | | | | | |
| | 寺 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 8 | 1 | | 1 | | | | | |
| | 卷口 | | 3 | 1 | 8 | 16 | 11 | 6 | 11 | 7 | | | | | | |
| | 十津南 | | 1 | 9 | 10 | 2 | 8 | 1 | 5 | 1 | | | | | | |
| | 高菅 | 1 | 6 | 2 | 4 | 1 | | | | | 3 | | | | | |
| | 富山 | 富伏 | 6 | 10 | 3 | 1 | | | | | | | | | | |
| 砺室 | | 4 | 12 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 中滑 | | 3 | 11 | 5 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 上真 | | 3 | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 赤泊 | | 4 | 7 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 伊利 | | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | |
| 折賀 | | 5 | 10 | 4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | |
| 貝 | | 2 | 10 | 2 | 1 | 3 | 4 | 8 | 1 | 2 | | | | | | |
| 田島 | | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | | | | | | | | | |
| 飯輪 | | 3 | 3 | 7 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | | | | | |
| 山 | | | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | | |
| 宇門 | | | 3 | 4 | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 六富 | | | 4 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 七羽 | | | 13 | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 津ク | | | 26 | 12 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 力 | | 15 | 5 | 4 | 1 | 3 | | | | | | | | | | |
| 金湯 | | 7 | 6 | 4 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| 美小 | | 20 | 3 | 3 | 2 | 6 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 大山 | | 18 | 7 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| 白内 | | 30 | 12 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | |
| | | 24 | 10 | 8 | 9 | 3 | 5 | | | | | | | | | |
| | | 1 | 14 | 5 | 5 | 13 | 8 | 11 | 2 | 4 | 1 | | | | | |
| | | 5 | 6 | 5 | 5 | 10 | 7 | 4 | 2 | | | | | | | |

表3-2 最大積雪深の平均値(μ)と標準偏差(σ)

| No | 地点名 | n | 平均値 μ | 標準偏 差 σ | No | 地点名 | n | μ | σ | No | 地点名 | n | μ | σ |
|----|------|----|--------------|-------------------|----|-------|----|-------|----------|----|------|----|-------|----------|
| 1 | 新 潟 | 47 | 0.47 | 0.29 | 31 | 原 町 | 47 | 1.53 | 0.68 | 61 | 富 来 | 36 | 0.33 | 0.22 |
| 2 | 中 条 | 35 | 0.62 | 0.43 | 32 | 栃 尾 | 35 | 1.54 | 0.71 | 62 | 七 尾 | 42 | 0.48 | 0.32 |
| 3 | 村 上 | 47 | 0.80 | 0.41 | 33 | 塚 山 | 30 | 1.82 | 0.81 | 63 | 羽 咋 | 46 | 0.49 | 0.39 |
| 4 | 勝 木 | 12 | 0.42 | 0.25 | 34 | 栃尾又 | 41 | 3.43 | 1.32 | 64 | 津 幡 | 22 | 0.45 | 0.33 |
| 5 | 三 条 | 35 | 0.81 | 0.42 | 35 | 入 広 瀬 | 33 | 2.84 | 0.95 | 65 | クリカラ | 21 | 0.94 | 0.70 |
| 6 | 長 岡 | 47 | 1.41 | 0.68 | 36 | 松 代 | 19 | 2.72 | 0.70 | 66 | 金 沢 | 47 | 0.61 | 0.39 |
| 7 | 柏 崎 | 47 | 0.82 | 0.44 | 37 | 安 塚 | 43 | 2.22 | 0.85 | 67 | 湯 涌 | 38 | 1.36 | 0.82 |
| 8 | 米 山 | 20 | 0.58 | 0.44 | 38 | 富 山 | 20 | 0.73 | 0.41 | 68 | 美 川 | 26 | 0.42 | 0.28 |
| 9 | 直江津 | 19 | 0.78 | 0.46 | 39 | 伏 木 | 20 | 0.83 | 0.49 | 69 | 小 松 | 47 | 0.51 | 0.40 |
| 10 | 能 生 | 43 | 1.09 | 0.57 | 40 | 砺 波 | 20 | 0.88 | 0.46 | 70 | 大聖寺 | 37 | 0.48 | 0.37 |
| 11 | 砂 場 | 20 | 2.75 | 0.78 | 41 | 室牧川 | 13 | 1.44 | 0.93 | 71 | 大 杉 | 40 | 1.43 | 0.71 |
| 12 | 糸魚川 | 26 | 0.88 | 0.48 | 42 | 中 田 | 13 | 0.83 | 0.49 | 72 | 山 中 | 20 | 0.98 | 0.60 |
| 13 | 小千谷 | 41 | 2.18 | 0.86 | 43 | 滑 川 | 13 | 0.83 | 0.49 | 73 | 白 峰 | 47 | 2.48 | 0.93 |
| 14 | 小 出 | 46 | 2.36 | 0.82 | 44 | 上 市 | 7 | 0.61 | 0.24 | 74 | 内 尾 | 40 | 2.04 | 0.83 |
| 15 | 六日町 | 17 | 2.16 | 0.67 | 45 | 真 川 | 13 | 4.37 | 0.98 | | | | | |
| 16 | 湯 沢 | 29 | 2.63 | 0.68 | 46 | 太 美 | 13 | 1.37 | 0.62 | | | | | |
| 17 | 浅 貝 | 41 | 1.93 | 0.48 | 47 | 西赤尾 | 13 | 1.79 | 0.80 | | | | | |
| 18 | 赤 倉 | 36 | 3.06 | 0.73 | 48 | 魚 津 | 20 | 0.78 | 0.41 | | | | | |
| 19 | 高 田 | 47 | 1.62 | 0.76 | 49 | 泊 | 17 | 0.90 | 0.46 | | | | | |
| 20 | 鹿 瀬 | 19 | 1.38 | 0.52 | 50 | 伊 折 | 19 | 1.88 | 0.62 | | | | | |
| 21 | 新 津 | 17 | 0.63 | 0.33 | 51 | 利 賀 | 20 | 2.73 | 0.82 | | | | | |
| 22 | 寺 泊 | 41 | 0.47 | 0.30 | 52 | 愛 本 | 12 | 1.25 | 0.52 | | | | | |
| 23 | 巻 | 47 | 0.57 | 0.34 | 53 | 細 入 | 14 | 1.29 | 0.37 | | | | | |
| 24 | 十日町 | 14 | 2.32 | 0.78 | 54 | 片貝谷 | 14 | 3.21 | 0.89 | | | | | |
| 25 | 津 南 | 20 | 2.90 | 0.71 | 55 | 飯 田 | 39 | 0.67 | 0.44 | | | | | |
| 26 | 南 鯖石 | 20 | 2.03 | 0.72 | 56 | 輪 島 | 47 | 0.40 | 0.25 | | | | | |
| 27 | 雷 | 27 | 2.03 | 0.61 | 57 | 柳 田 | 35 | 0.76 | 0.43 | | | | | |
| 28 | 高 根 | 33 | 1.69 | 0.72 | 58 | 宇山津 | 41 | 0.37 | 0.27 | | | | | |
| 29 | 菅 谷 | 41 | 0.86 | 0.49 | 59 | 門 前 | 45 | 0.42 | 0.30 | | | | | |
| 30 | 赤 谷 | 26 | 1.71 | 0.72 | 60 | 穴 水 | 16 | 0.47 | 0.52 | | | | | |

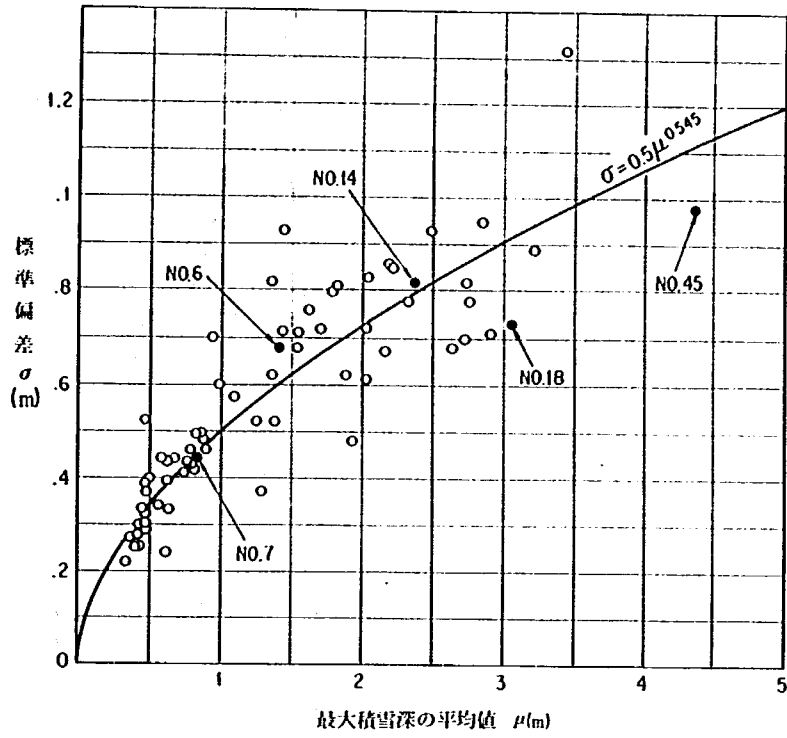


図3-2 最大積雪深の平均値と標準偏差

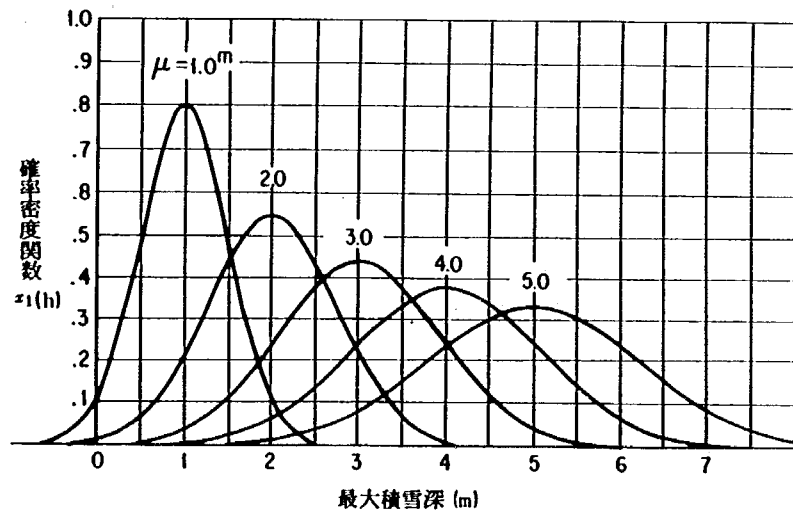


図3-3 最大積雪深の分布 ($\mu = 1.0 \sim 5.0$ m)

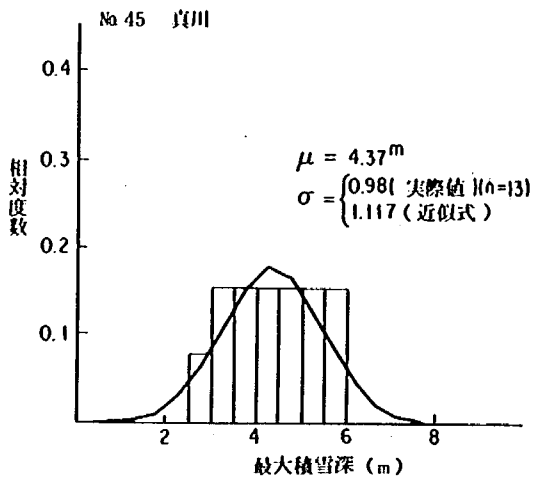
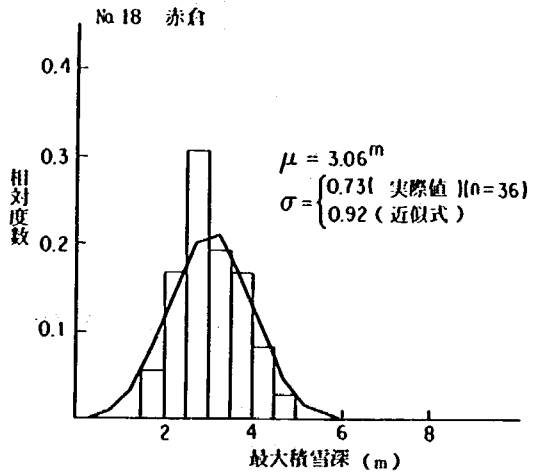
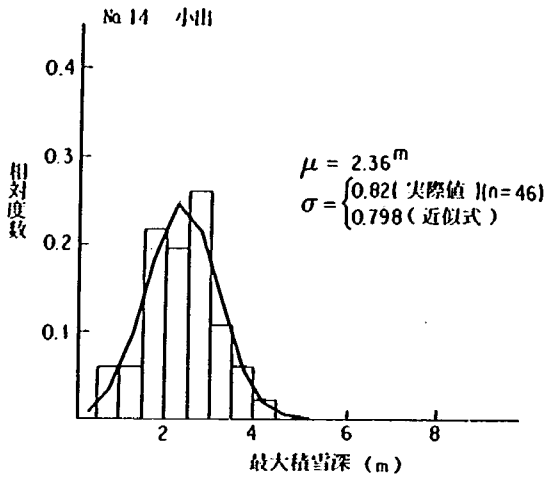
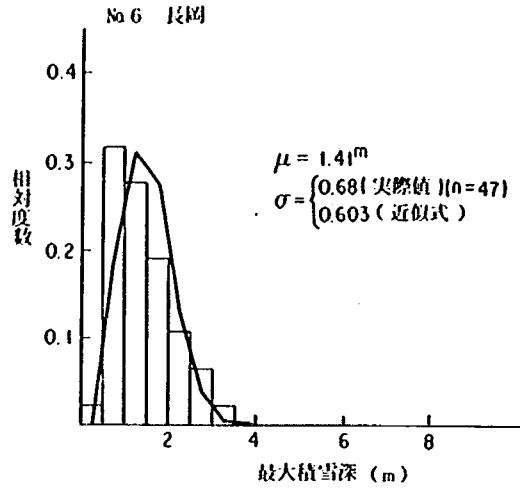
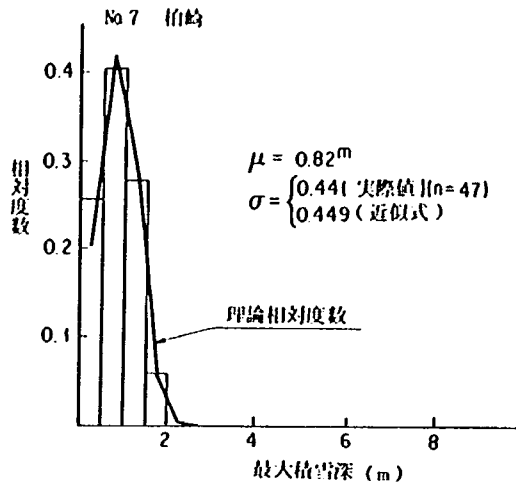


図 3-4 最大積雪深の度数分布比較

また、 μ と σ との関係は(3-3)式で表されるから、(3-3)、(3-4)式より μ を消去すれば H_5 と σ の関係が求まり、5年再現積雪深 H_5 がわかればその場所での確率関数がわかることになる。表3-3に H_5 、 μ 、 σ の計算結果を、図3-5に H_5 が1.0~5.0mの場合の $x_1(h)$ の分布型を示す。

表3-3 5年再現最大積雪深の
平均値と標準偏差

| 5年再現最大積雪深 H_5 (m) | 最大積雪深の平均値 μ (m) | 標準偏差 σ (m) |
|------------------------|------------------------|----------------------|
| 0.50 | 0.287 | 0.253 |
| 1.00 | 0.663 | 0.400 |
| 1.50 | 1.065 | 0.517 |
| 2.00 | 1.479 | 0.619 |
| 2.50 | 1.903 | 0.710 |
| 3.00 | 2.332 | 0.793 |
| 3.50 | 2.767 | 0.871 |
| 4.00 | 3.206 | 0.943 |
| 4.50 | 3.648 | 1.012 |
| 5.00 | 4.093 | 1.079 |

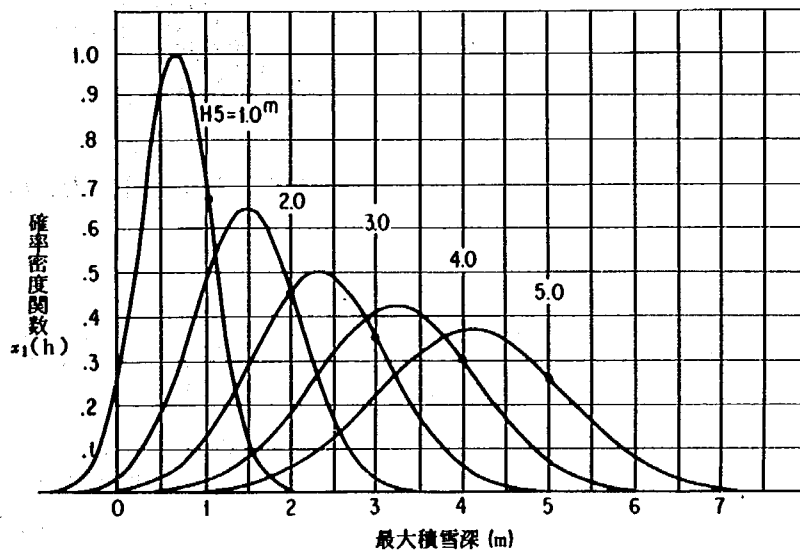


図3-5 最大積雪深の分布

3.2 防護柵部材の破損率

3.2.1 防護柵にかかる積雪荷重

水平桁にかかる積雪沈降力は図3-6に示すように、雪粒の付着力により水平桁上の雪のみでなく、その周辺の雪も荷重として作用することになる。

雪には粉体に近く軽く感ずる雪と、粘性があり重く感ずる雪とがあり、また、降雪時の気温あるいは一冬期間の気温により雪密度にバラツキが生ずる。このようなことから雪の荷重についてはいまだに未解決の問題も多々あるが、これまでの研究(研究報告書(その2))から得られた標準尺(図3-7)にかかる沈降力と積雪重量の関係を図3-8に示す。また、標準尺と路肩から2mの位置における防護柵の沈降力との関係を図3-9、図3-10に示す。

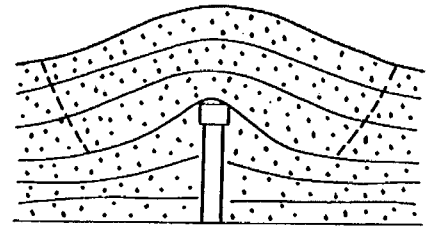


図3-6 水平桁の積雪断面

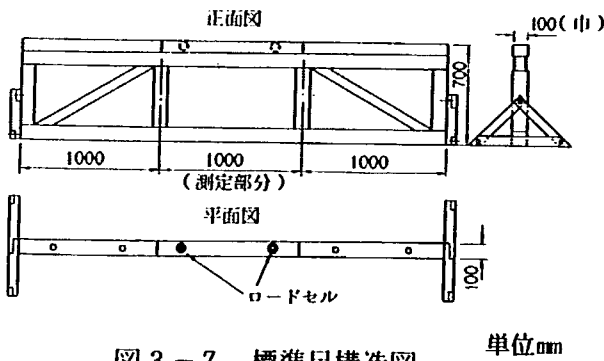


図3-7 標準尺構造図

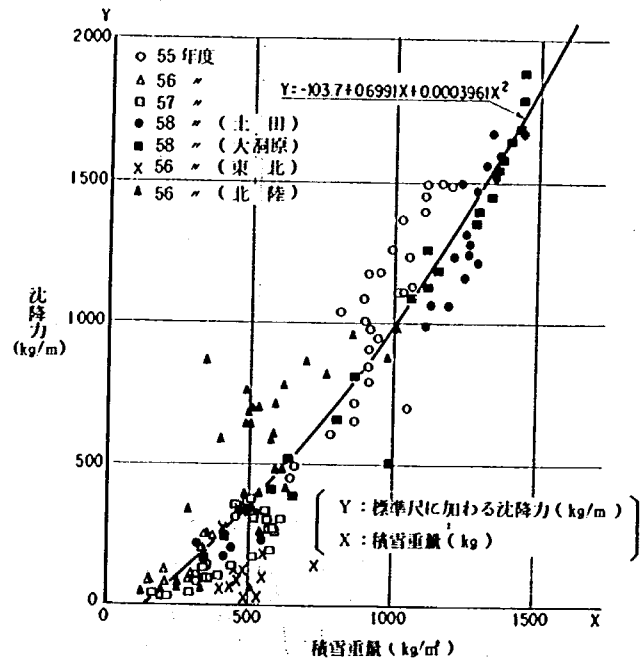


図3-8 標準尺による沈降力と積雪重量との関係

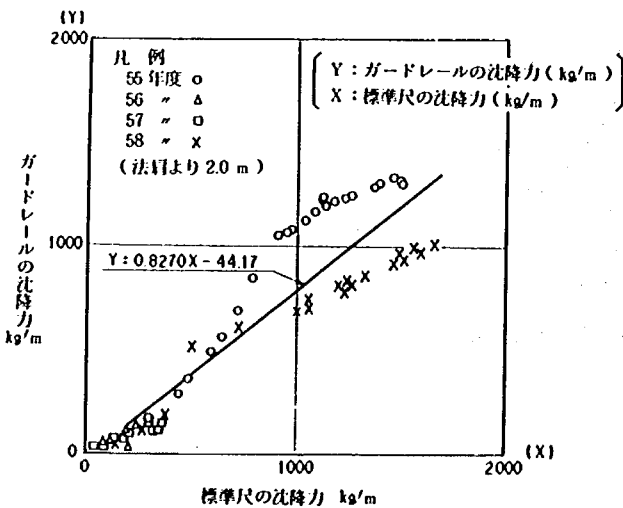


図3-9 標準尺とガードレールの沈降力の関係

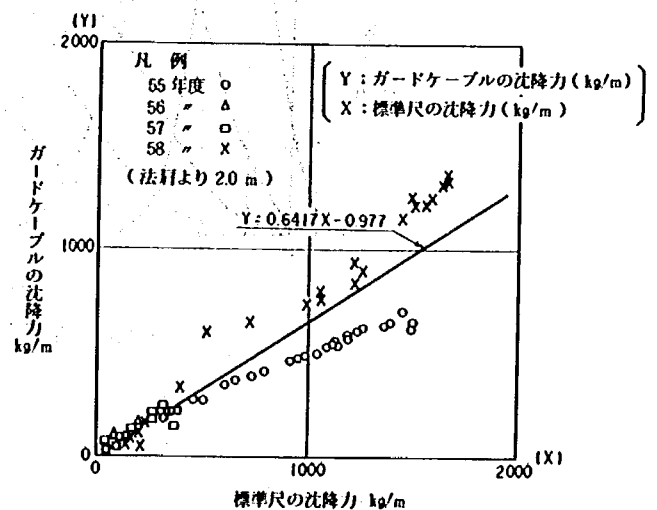


図3-10 標準尺とガードケーブルの沈降力の関係

防護柵に作用する沈降力は、防護柵が法肩に近い程小さくなる傾向があるが、ここでは安全設計とするため、法肩から2 mの位置にある防護柵に加わる値を用いた(図3-9, 図3-10)。

また、この他に車両用防護柵としてガードパイプおよびボックスビーム(中央分離帯用)があるが、これらの沈降力については、図3-11, 図3-12に示す水平桁の断面形状別の沈降力測定結果から推定できる。

図3-11はパイプ径50mmのデータであるが、実際のガードパイプのビームの径は、48.6φ~60.5φであり、10mm程度の差であれば沈降力の違いは殆んどないと考え、50φmmを代表値とした。

図3-12は、断面形状の異なる桁の測定結果であり、ボックスビームや歩道用横断防止柵(P種)の設計にも活用できると考える。

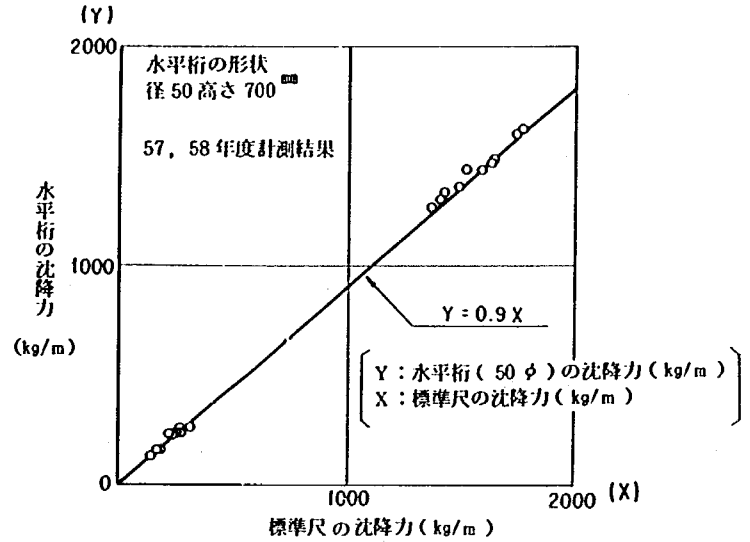


図3-11 標準尺と水平横材(φ50)の沈降力の関係

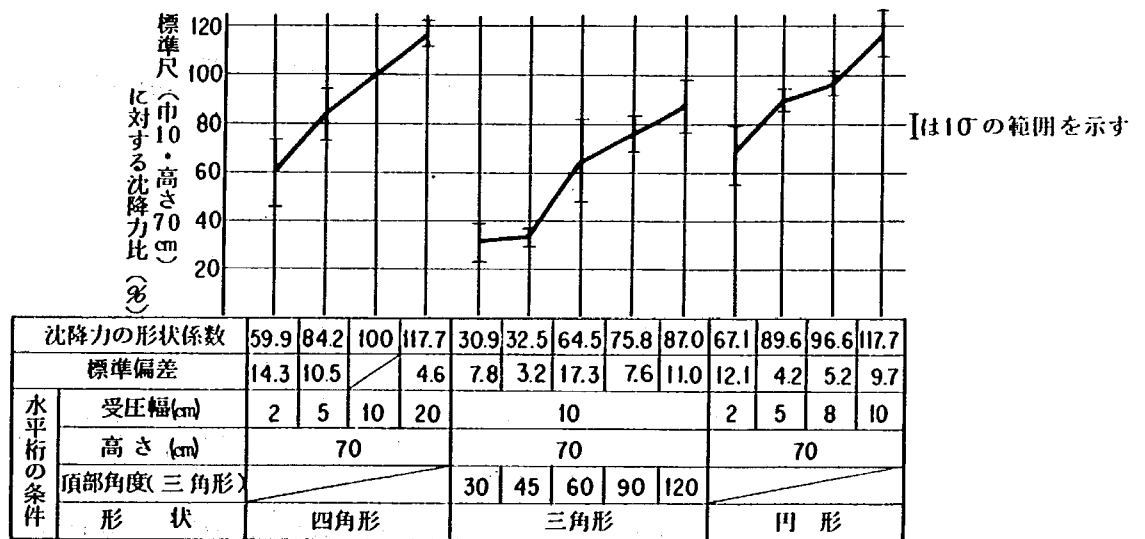
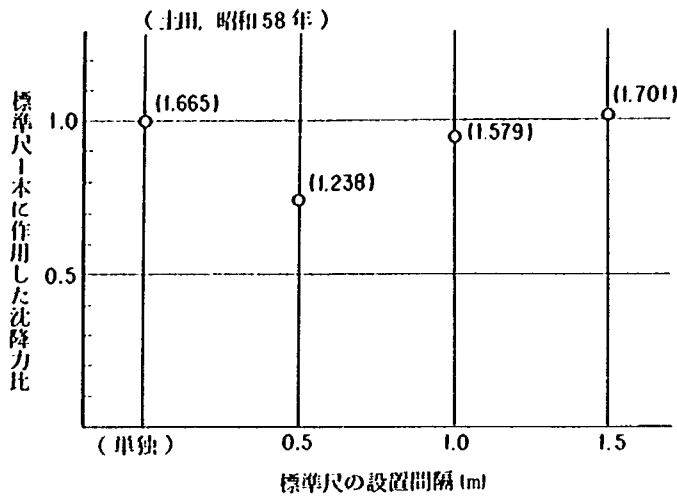


図3-12 水平桁の形状と沈降力の関係

中央分離帯のガードレール、ガードケーブルのように2本の桁が並列する場合の沈降力に関しては、図3-13に示す測定結果から推定できると考える。



単独の標準尺の値を1.0とした。
()内数字は測定値(t/m)

図3-13 設置間隔別の標準尺に作用する沈降力(最大積雪重量時)

また、積雪の平均密度を、冬期の日最高気温の積算で検討^{*}すると、図3-14に示すように相関の良い結果が得られている。この結果、年最大積雪平均値(μ)、あるいは危険側の偏差値(σ)を考慮し、気温の積算値から、その地域の積雪重量を簡単に求めることができると考える。

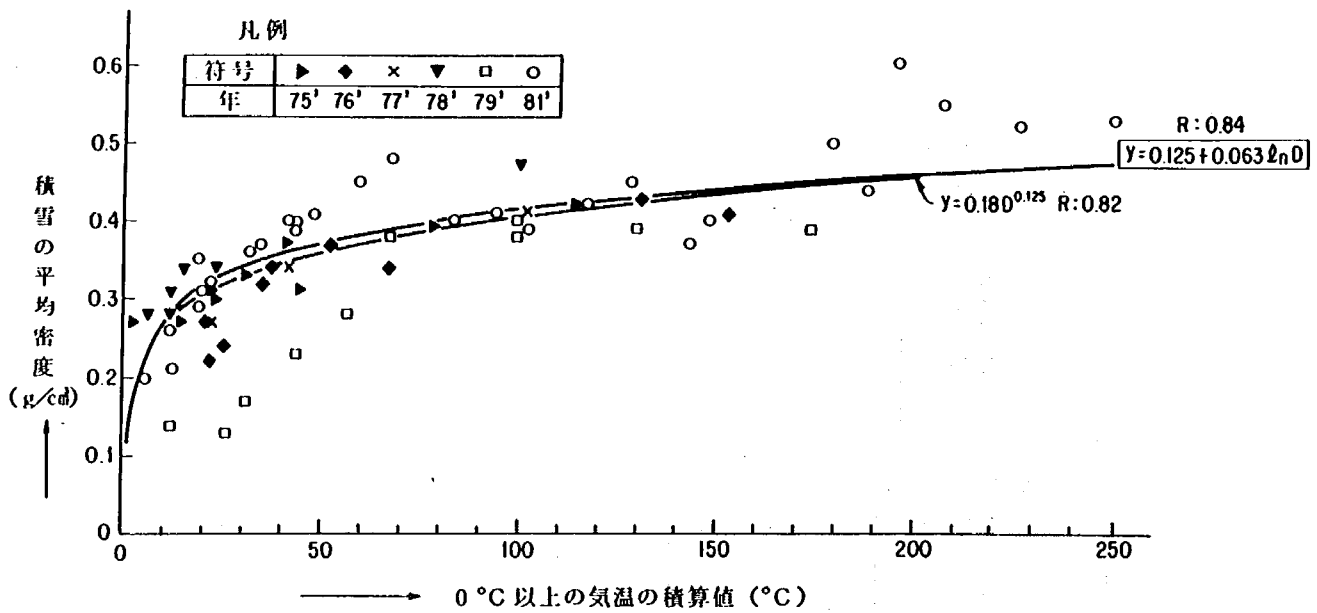


図3-14 積雪の平均密度と0°C以上気温の積算値^{*}との関係

なお、積雪荷重は沈降力のみでなく、高盛土区間等の設置場所においては、図3-15に示す様にグライド力も作用している。

しかし、このグライド力に関してはまだ研究途上にあり、不明な点が多いため、ここでの積雪荷重は主として沈降力を用いて検討を進めた。

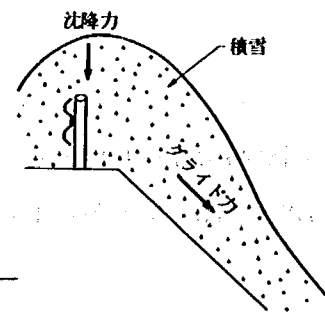


図3-15 積雪荷重概念図

^{*}0°C以上の気温の積算値のとりかた — 積雪が根雪となった日からの0°C以上の気温日だけの日最高値を積算した値で0°C以下の気温日は含まれない。

3.2.2 防護柵の部材強度

積雪地域で用いられる防護柵について、積雪沈降力に対する各部材の耐荷力やその改良の方向を見出すために標準型防護柵のビームやブラケット類について鉛直方向の静的載荷実験を行った。その結果、一般的にブラケットの耐荷力が他部材に比べて低いため鉛直方向荷重に対して強化した耐雪型ブラケットを試作し、それについても載荷試験を行ったが、詳細は研究報告書(その1)、(その2)に示すとおりである。これらの実験データと経済性や施工性等を考慮して図3-16~図3-19に示す耐雪型ブラケットや構造を選定した。また、ガードケーブルの索端金具は破断する可能性があるため、図3-20に示す端末部補助支柱を設けることとした。いままでの実験から得られたブラケットおよびガードレールビームの許容鉛直荷重を表3-4、表3-5に示す。

なお、各型式のブラケットの改良点は以下の通りである。

- ・ガードレール ブラケットの板厚と幅を大きくした。(図3-16)
ビームのねじり防止を図るためのブラケット(Ⅱ型)を考案した。(図3-17)
- ・ガードケーブル ブラケットは板厚を大きくし、上下段分割タイプを1体化し、ケーブルをブラケット内に納める方式とした。また、B、C種については、ブラケット取付ボルトも強化した。(図3-18)
- ・ガードパイプ 中間ブラケットをやめ、継手タイプのブラケットを強化した。(図3-19)

表3-4 ブラケットの許容鉛直荷重

| 型式 | 種別 | 許容荷重 (ton) | |
|-----------------------------|----|------------|------|
| | | 標準型 | 耐雪型 |
| ガレ ード ル | A | 1.00 | 6.00 |
| | B | | |
| | C | | |
| ガ ケ ー ル ビ ーム | A | 1.90 | 5.88 |
| | B | | 7.00 |
| | C | | 6.35 |
| | S | | 6.20 |
| ガ バ イ プ | Ap | 0.30 | 2.00 |
| | Bp | | 1.80 |
| | Cp | | |

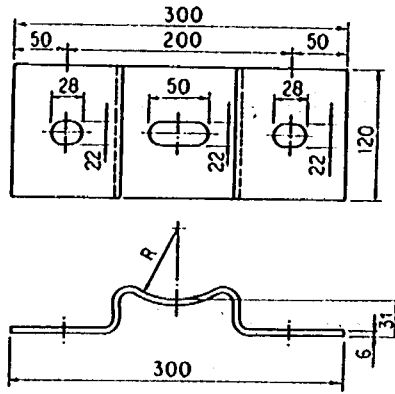
注) ガードケーブル標準型ブラケットの許容荷重はケーブル取付金具部分の許容荷重である。

表3-5 ガードレールビーム許容鉛直荷重
(参考値)

| 種別 | 許容荷重 (t/m) |
|----|------------|
| A | 1.90 |
| B | 1.90 |
| C | 1.30 |

注) ここでの許容荷重とはスパン2mのビーム上端に載荷した実験において、ビーム上端が著しく変形し降伏したと考えられる荷重である。

なお、表3-5の許容荷重は支柱間隔やビーム剛性などの違いによる荷重差が明確でないため、後述の限界積雪深等の検討においては、より現実的になるよう見直しを行っている。



Rは支柱外径に合わせる

図3-16 耐雪型ガードレールブラケット

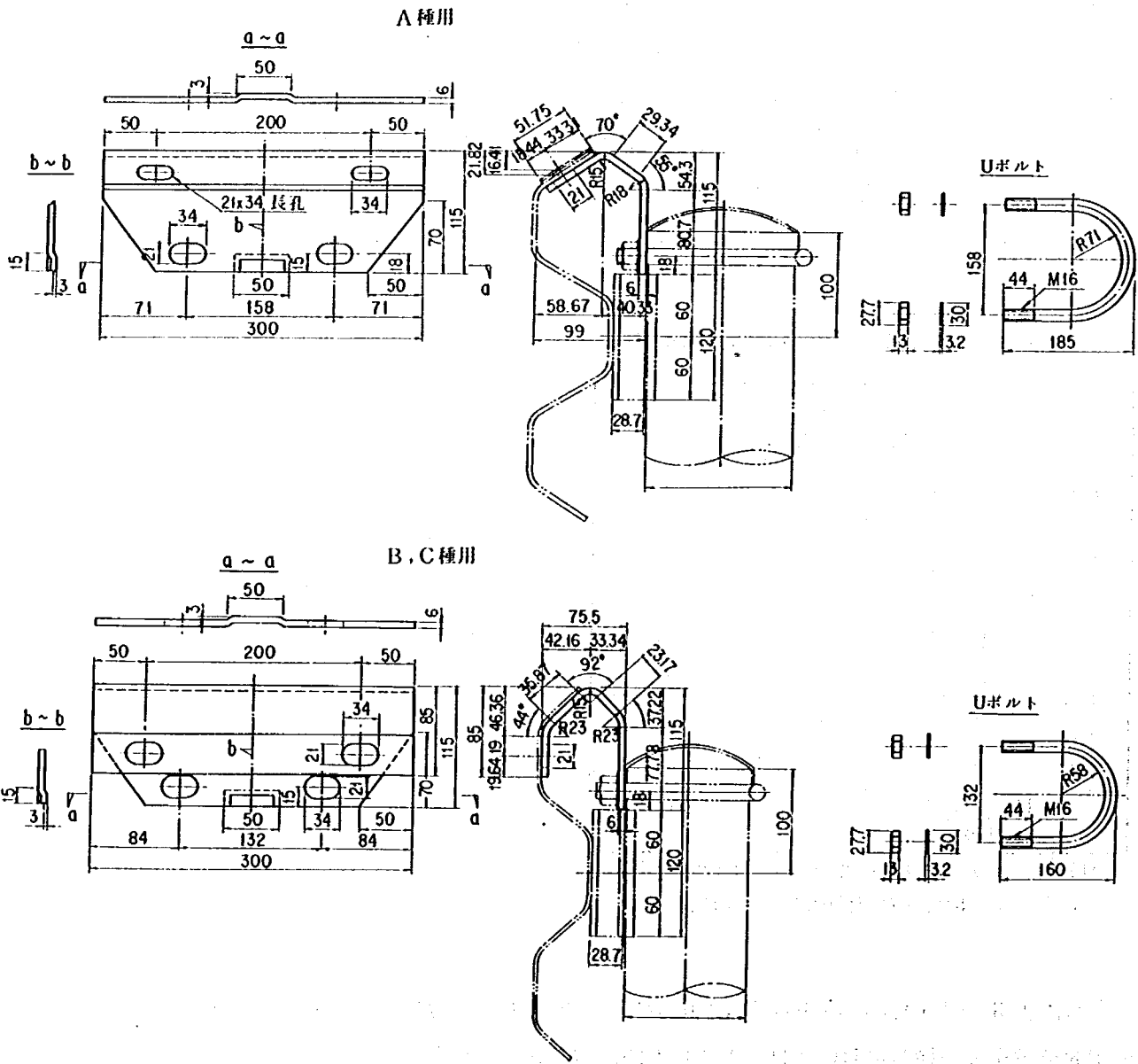
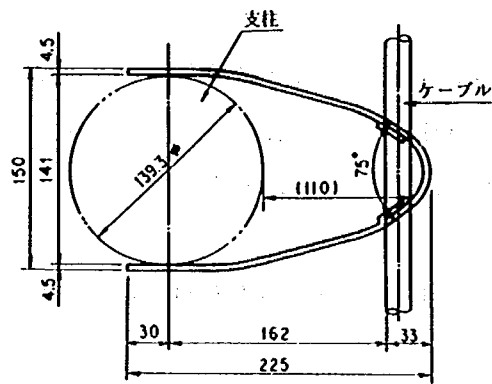
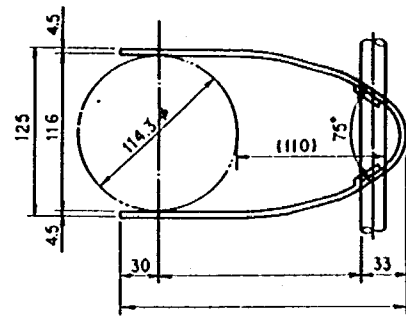


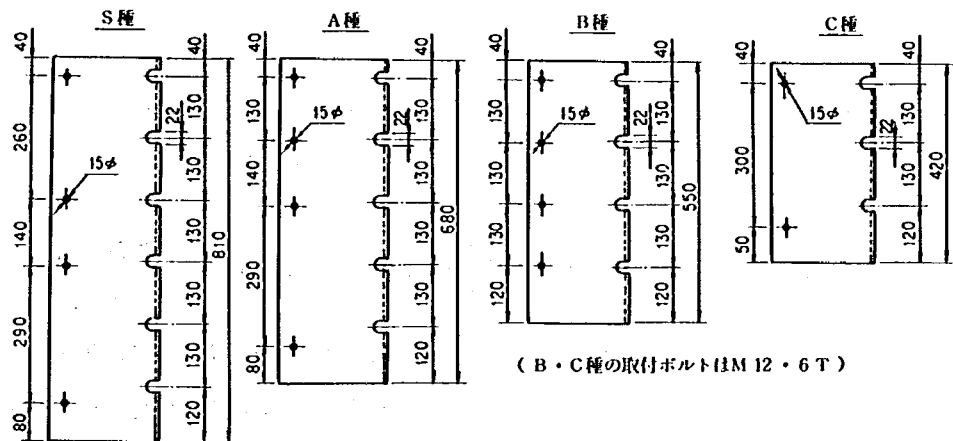
図3-17 耐雪型ガードレールブラケットII型



ガードケーブルブラケット断面
S・A種(板厚4.5mm)



ガードケーブルブラケット断面
B・C種(板厚4.5mm)



(S・A種の取付ボルトはM12・4T)

(B・C種の取付ボルトはM12・6T)

図3-18 耐雪型ガードケーブルブラケット

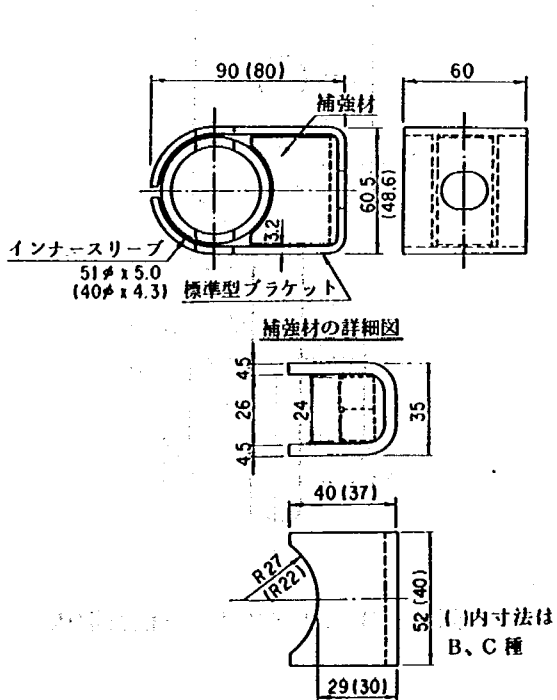


図3-19 耐雪型ガードパイプ
ブラケット(A種)

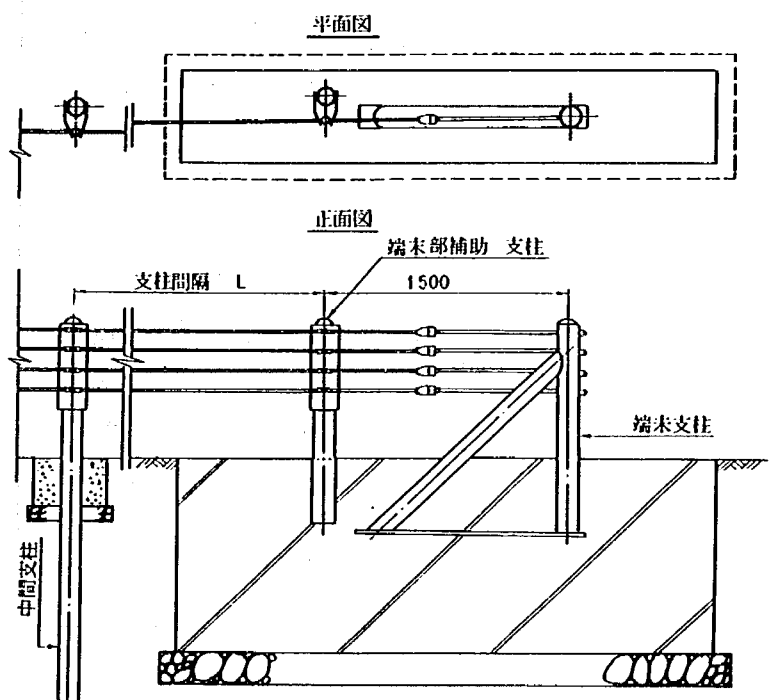


図3-20 ガードケーブル末端補助支柱(B種の例)
補助支柱の支柱径およびブラケットは中間支柱と同様とする。

3.2.3 支柱の鉛直支持力

支柱の支持力は設置位置や土質条件によって大きく左右されるが、研究報告書(その2)においては支柱基礎の形態を標準タイプ(根巻なし)やコンクリート製根巻および鋼板製根巻にした場合の支持力を求めるために載荷実験を実施し、支持力の実験式を誘導した。(3-5)、(3-6)式は粘性土地盤について求めた実験式である。

この実験式にもとづいて、中位の地盤($N=5$, $C=4\text{ t/m}^2$, $r=1.6\text{ t/m}^3$)における基礎の許容荷重(許容支持力)を算出したのが表3-6である。

コンクリート根巻形状を図3-21に示す。図では鉄筋を支柱に貫通させコンクリートを打設した根巻を示してあるが、この鉄筋は支柱とコンクリートの付着強度を高めるためである。

(i) 標準支柱

$$P_v = \frac{1}{2} \left(30N \times \frac{\pi D^2}{4} + \frac{C}{2} \times \pi D l \right) k_c \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

(ii) 根巻を有する支柱

$$P_v = \left\{ \frac{1}{2} \left(30N \times \frac{\pi D^2}{4} + \frac{C}{2} \times \pi D l \right) + \frac{2}{3} (6.89C + 3r_a t) \cdot \left(a^2 - \frac{\pi D^2}{4} \right) \right\} k_c \quad \dots\dots\dots (3-6)$$

ただし、 P_v :鉛直力, N : N 値, D :支柱径, C :粘着力, l :支柱埋込深,

r_a :土の単位体積重量, k_c :法肩影響係数, t :根巻の厚, a :根巻き幅

表3-6 支柱の鉛直支持力

| 種別 | 支柱径 (mm) | 支柱埋込長 (mm) | 根巻寸法 幅×長さ×厚さ (cm) | 鉛直許容荷重 (t/本) |
|--------|----------|------------|-------------------|--------------|
| A S | 139.8 | 1650 | なし | 1.88 |
| | | | 40×40×25 | 4.65 |
| | | | 45×45×30 | 5.49 |
| | | | 50×50×35 | 6.45 |
| B | 114.3 | 1500 | なし | 1.31 |
| | | | 40×40×25 | 4.18 |
| | | | 45×45×30 | 5.02 |
| | | | 50×50×35 | 5.98 |
| C | 114.3 | 1400 | なし | 1.27 |
| | | | 40×40×25 | 4.14 |
| | | | 45×45×30 | 4.99 |
| | | | 50×50×35 | 5.95 |

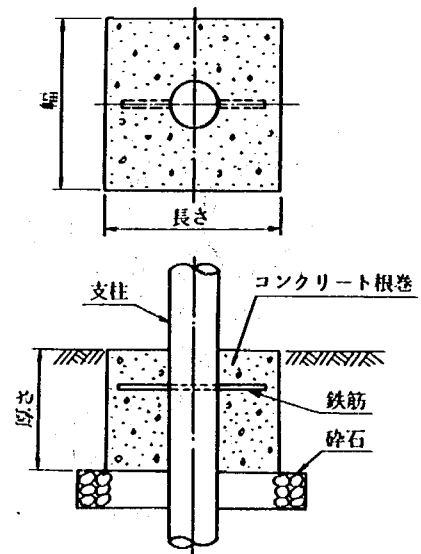


図3-21 コンクリート根巻形状

3.2.4 限界積雪深

防護柵部材の許容荷重, 支柱の支持力および防護柵にかかる沈降力から逆算して求めた限界積雪深(防護柵が破損しないと考えられる最大の積雪深)については, 各防護柵の型式ごとに積雪限界図として研究報告

書(その2)に示されているが、ここでは部材ごとの限界積雪深を図3-8~図3-11から算出し、表3-7~表3-14に示す。また、ここで用いた換算式を(3-7)~(3-10)式に示す。なお、限界積雪深の算出に当っては、雪圧測定などの経験から雪密度を $\gamma = 0.4 \text{ t/m}^3$ とし、以下、特記なき場合は全て $\gamma = 0.4 \text{ t/m}^3$ としている。

0.4 t/m³以外の雪密度で検討する場合は、積雪重量(HW)を新たに設定した雪密度 γ で割れば良い。また、支柱間隔の短縮キザミはメートル単位とし、最小間隔の場合でも標準スパンの1/2迄としている。

| 許容荷重の標準尺への換算式(t/m) | 許容積雪重量への換算式(t/m ²) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| ガードレール $X = (Y + 0.04417) / 0.827 \dots\dots (3-7)$ | $HW = -0.8824 + \frac{\sqrt{1.5844 X + 0.6530}}{0.7922} \dots (3-10)$ |
| ガードケーブル $X = (Y + 0.001) / 0.6417 \dots\dots (3-8)$ | |
| ガードパイプ $X = 1.11 Y \dots\dots\dots (3-9)$ | |

Y: 許容荷重(t/m)

(1) ガードレール

表3-7 ガードレールビーム限界積雪深

| 種別 | 支柱間隔(m) | 許容荷重Y(t/m) | 許容荷重の標準尺への換算値X(t/m) | 許容積雪重量HW(t/m ²) | 限界積雪深 h_0 (m)($\gamma = 0.4 \text{ t/m}^3$) |
|----|---------|------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| A | 4 | 0.89 | 1.13 | 1.09 | 2.72 |
| | 3 | 1.39 | 1.73 | 1.44 | 3.62 |
| | 2 | 2.50 | 3.08 | 2.08 | 5.21 |
| B | 4 | 0.51 | 0.67 | 0.77 | 1.93 |
| | 3 | 0.94 | 1.19 | 1.13 | 2.83 |
| | 2 | 1.90 | 2.35 | 1.76 | 4.40 |
| C | 4 | 0.29 | 0.40 | 0.56 | 1.39 |
| | 3 | 0.56 | 0.73 | 0.82 | 2.03 |
| | 2 | 1.30 | 1.63 | 1.39 | 3.46 |

ビームの許容荷重(Y)および限界積雪深(h_0)を求める際の考え方は、断面性能の違いや、支柱間隔の影響を踏まえ、実験値および破損実態調査結果から検討する。破損実態調査のデータを用いることは、水平力の要因も加味した結果になると考えられる。

表3-7において、C種ビームの場合、支間2mの許容荷重を表3-5の実験値から $Y = 1.3 \text{ t/m}$ とし、限界積雪深 $h_0 = 3.46 \text{ m}$ ($\gamma = 0.4 \text{ t/m}^3$)を求める。支間4mの場合は、2章の実態調査結果の図2-2から $h_0 = 1.39 \text{ m}$ とし $Y = 0.29 \text{ t/m}$ を逆算した。支間3mの場合は単純梁の荷重比の平均値($(1.39 \text{ m} \times 4^2 / 3^2 + 3.46 \text{ m} \times 2^2 / 3^2) / 2$)として $h_0 = 2.3 \text{ m}$ を求めた。

B種ビームの場合は、C種支間4mの h_0 にB種/C種の断面係数比をかけ、B種支間4mの耐雪限界深を $h_0 = 1.93 \text{ m}$ とし、C種同様支間2mは実験値、支間3mは荷重比で設定した。

A種ビーム支間2mの場合、A種/C種の断面係数比にC種支間2mの許容荷重をかけ $Y = 2.5 \text{ t/m}$ 、 $h_0 = 5.21 \text{ m}$ を求めた。支間3m、4mについては、B種と同じく h_0 を求めYを設定した。また、ブラケットの許容荷重は実験値であり、支柱基礎の許容荷重は計算値である。

表3-8 ガードレール・ブラケット限界積雪深

| ブラケット 種別 | 支柱間隔 (m) | 許容荷重Y | | 許容荷重の 標準尺への換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 | | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4 t/m ²) |
|-------------|-------------|-------|-------|------------------------------|--------|---------------------|----------------------------------------------------------|
| | | (t) | (t/m) | | HW | (t/m ²) | |
| 標準型 | A | 1.00 | 4 | 0.25 | 0.36 | 0.51 | 1.28 |
| | B | | 3 | 0.33 | 0.45 | 0.60 | 1.49 |
| | C | | 2 | 0.50 | 0.66 | 0.76 | 1.90 |
| 耐雪型 | A | 6.00 | 4 | 1.50 | 1.87 | 1.52 | 3.79 |
| | B | | 3 | 2.00 | 2.47 | 1.82 | 4.54 |
| | C | | 2 | 3.00 | 3.68 | 2.33 | 5.83 |

表3-9 ガードレール支柱基礎限界積雪深

| 種別 | 支柱 | | 根巻寸法 幅×長さ×厚さ (cm) | 支間 (m) | 許容荷重Y | | 許容荷重の 標準尺への換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4 t/m ²) | | |
|-------------|------------|-------------|-------------------------|-----------|-------|-------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|------|
| | 直径 (mm) | 埋込長 (mm) | | | (t) | (t/m) | | | | | |
| S ・ A | 139.8 | 1650 | なし(標準) | 4 | 1.88 | 0.47 | 0.62 | 0.73 | 1.83 | | |
| | | | | 3 | | 0.63 | 0.81 | 0.87 | 2.18 | | |
| | | | | 2 | | 0.94 | 1.19 | 1.13 | 2.82 | | |
| | | | 40×40×25 | 4 | 4.65 | 1.16 | 1.46 | 1.29 | 3.23 | | |
| | | | | 3 | | 1.55 | 1.93 | 1.55 | 3.87 | | |
| | | | | 2 | | 2.32 | 2.86 | 1.99 | 4.98 | | |
| | | | | 45×45×30 | | 4 | 5.49 | 1.37 | 1.71 | 1.43 | 3.59 |
| | | | | | | 3 | | 1.83 | 2.27 | 1.72 | 4.30 |
| | | | | | | 2 | | 2.75 | 3.38 | 2.21 | 5.52 |
| | | | 50×50×35 | 4 | 6.45 | 1.61 | 2.00 | 1.59 | 3.97 | | |
| | | | | 3 | | 2.15 | 2.65 | 1.90 | 4.75 | | |
| | | | | 2 | | 3.23 | 3.95 | 2.44 | 6.09 | | |
| B | 114.3 | 1500 | なし(標準) | 4 | 1.31 | 0.33 | 0.45 | 0.59 | 1.48 | | |
| | | | | 3 | | 0.44 | 0.58 | 0.70 | 1.75 | | |
| | | | | 2 | | 0.65 | 0.84 | 0.90 | 2.25 | | |
| | | | 40×40×25 | 4 | 4.18 | 1.04 | 1.32 | 1.21 | 3.02 | | |
| | | | | 3 | | 1.39 | 1.74 | 1.45 | 3.62 | | |
| | | | | 2 | | 2.09 | 2.58 | 1.87 | 4.66 | | |
| | | | | 45×45×30 | | 4 | 5.02 | 1.26 | 1.57 | 1.36 | 3.39 |
| | | | | | | 3 | | 1.67 | 2.08 | 1.63 | 4.06 |
| | | | | | | 2 | | 2.51 | 3.09 | 2.09 | 5.23 |
| | | | 50×50×35 | 4 | 5.98 | 1.50 | 1.86 | 1.51 | 3.78 | | |
| | | | | 3 | | 1.99 | 2.46 | 1.81 | 4.53 | | |
| | | | | 2 | | 2.99 | 3.67 | 2.33 | 5.82 | | |
| C | 114.3 | 1400 | なし(標準) | 4 | 1.27 | 0.32 | 0.44 | 0.58 | 1.46 | | |
| | | | | 3 | | 0.42 | 0.57 | 0.69 | 1.72 | | |
| | | | | 2 | | 0.64 | 0.82 | 0.88 | 2.21 | | |
| | | | 40×40×25 | 4 | 4.14 | 1.04 | 1.31 | 1.20 | 3.00 | | |
| | | | | 3 | | 1.38 | 1.72 | 1.44 | 3.60 | | |
| | | | | 2 | | 2.07 | 2.56 | 1.86 | 4.64 | | |
| | | | | 45×45×30 | | 4 | 4.99 | 1.25 | 1.56 | 1.35 | 3.37 |
| | | | | | | 3 | | 1.66 | 2.06 | 1.62 | 4.04 |
| | | | | | | 2 | | 2.49 | 3.07 | 2.08 | 5.21 |
| | | | 50×50×35 | 4 | 5.95 | 1.49 | 1.85 | 1.51 | 3.77 | | |
| | | | | 3 | | 1.98 | 2.45 | 1.81 | 4.51 | | |
| | | | | 2 | | 2.97 | 3.55 | 2.32 | 5.80 | | |

(2) ガードケーブル

ガードレール同様、ブラケットおよび支柱基礎の限界積雪深を表3-10、表3-11に示す。
 ブラケットの許容荷重は実験値を用い、支柱基礎の許容荷重は計算値を用いた。

表3-10 ガードケーブルブラケットの限界積雪深

| 種別 | 支柱間隔 (m) | 標準型ブラケット | | | | 耐雪型ブラケット | | | | | |
|----|----------|----------|-------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|--------|-------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| | | 許容荷重 Y | | 許容荷重の標準尺沈降力への換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4t/m ²) | 許容荷重 Y | | 許容荷重の標準尺沈降力への換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4t/m ²) |
| | | (t) | (t/m) | | | | (t) | (t/m) | | | |
| A | 6 | 1.90 | 0.32 | 0.50 | 0.63 | 1.58 | 5.88 | 0.98 | 1.53 | 1.33 | 3.33 |
| | 5 | | 0.38 | 0.59 | 0.71 | 1.78 | | 1.18 | 1.83 | 1.50 | 3.75 |
| | 4 | | 0.48 | 0.74 | 0.82 | 2.06 | | 1.47 | 2.29 | 1.73 | 4.33 |
| | 3 | | 0.63 | 0.99 | 1.00 | 2.49 | | 1.96 | 3.06 | 2.08 | 5.19 |
| B | 6 | 1.90 | 0.32 | 0.50 | 0.63 | 1.58 | 7.00 | 1.17 | 1.82 | 1.49 | 3.73 |
| | 5 | | 0.38 | 0.59 | 0.71 | 1.78 | | 1.40 | 2.18 | 1.68 | 4.19 |
| | 4 | | 0.48 | 0.74 | 0.82 | 2.06 | | 1.75 | 2.73 | 1.93 | 4.83 |
| | 3 | | 0.63 | 0.99 | 1.00 | 2.49 | | 2.33 | 3.64 | 2.31 | 5.79 |
| C | 6 | 1.90 | 0.32 | 0.50 | 0.63 | 1.58 | 6.35 | 1.06 | 1.65 | 1.40 | 3.50 |
| | 5 | | 0.38 | 0.59 | 0.71 | 1.78 | | 1.27 | 1.98 | 1.58 | 3.94 |
| | 4 | | 0.48 | 0.74 | 0.82 | 2.06 | | 1.59 | 2.48 | 1.82 | 4.54 |
| | 3 | | 0.63 | 0.99 | 1.00 | 2.49 | | 2.12 | 3.30 | 2.18 | 5.45 |
| S | 4 | 1.90 | 0.48 | 0.74 | 0.82 | 2.06 | 6.20 | 1.55 | 2.42 | 1.79 | 4.47 |
| | 3 | | 0.63 | 0.99 | 1.00 | 2.49 | | 2.07 | 3.22 | 2.15 | 5.37 |

表3-11 ガードケーブル・支柱基礎の限界積雪深

| 種別 | 支柱 | | 根 巻 寸 法 (幅×長さ×厚さ) (mm) | 支 柱 間 隔 (m) | 許容荷重Y | | 許容荷重の 標準尺沈降力 への換算値 X (t/m ²) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4t/m ²) |
|-------------|-----------|-------------|------------------------------|-------------------------|-------|-------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| | 径 (mm) | 埋込長 (mm) | | | (t) | (t/m) | | | |
| A・S | 139.8 | 1650 | なし | 6 | 1.88 | 0.31 | 0.49 | 0.63 | 1.56 |
| | | | | 5 | | 0.38 | 0.59 | 0.71 | 1.76 |
| | | | | 4 | | 0.41 | 0.73 | 0.82 | 2.04 |
| | | | | 3 | | 0.63 | 0.98 | 0.99 | 2.47 |
| | | | 400×400×250 | 6 | 4.65 | 0.77 | 1.21 | 1.14 | 2.85 |
| | | | | 5 | | 0.93 | 1.45 | 1.29 | 3.21 |
| | | | | 4 | | 1.16 | 1.81 | 1.49 | 3.72 |
| | | | | 3 | | 1.55 | 2.42 | 1.79 | 4.47 |
| | | | 450×450×300 | 6 | 5.47 | 0.92 | 1.43 | 1.27 | 3.18 |
| | | | | 5 | | 1.10 | 1.71 | 1.43 | 3.59 |
| | | | | 4 | | 1.37 | 2.14 | 1.66 | 4.14 |
| | | | | 3 | | 1.83 | 2.86 | 1.99 | 4.97 |
| 500×500×350 | 6 | 6.45 | 1.08 | 1.68 | 1.41 | 3.53 | | | |
| | 5 | | 1.29 | 2.01 | 1.59 | 3.98 | | | |
| | 4 | | 1.61 | 2.51 | 1.84 | 4.59 | | | |
| | 3 | | 2.15 | 3.35 | 2.20 | 5.50 | | | |
| B | 114.3 | 1500 | なし | 6 | 1.31 | 0.22 | 0.34 | 0.50 | 1.24 |
| | | | | 5 | | 0.26 | 0.41 | 0.56 | 1.39 |
| | | | | 4 | | 0.33 | 0.51 | 0.64 | 1.61 |
| | | | | 3 | | 0.44 | 0.68 | 0.78 | 1.95 |
| | | | 400×400×250 | 6 | 4.18 | 0.70 | 1.09 | 1.06 | 2.66 |
| | | | | 5 | | 0.84 | 1.30 | 1.20 | 3.00 |
| | | | | 4 | | 1.04 | 1.63 | 1.39 | 3.47 |
| | | | | 3 | | 1.39 | 2.17 | 1.67 | 4.18 |
| | | | 450×450×300 | 6 | 5.02 | 0.84 | 1.31 | 1.20 | 3.00 |
| | | | | 5 | | 1.00 | 1.57 | 1.35 | 3.38 |
| | | | | 4 | | 1.26 | 1.96 | 1.56 | 3.91 |
| | | | | 3 | | 1.67 | 2.61 | 1.88 | 4.70 |
| 500×500×350 | 6 | 5.98 | 1.00 | 1.56 | 1.35 | 3.36 | | | |
| | 5 | | 1.20 | 1.87 | 1.52 | 3.79 | | | |
| | 4 | | 1.50 | 2.33 | 1.75 | 4.37 | | | |
| | 3 | | 1.99 | 3.11 | 2.10 | 5.25 | | | |
| C | 114.3 | 1400 | なし | 6 | 1.27 | 0.21 | 0.33 | 0.49 | 1.22 |
| | | | | 5 | | 0.25 | 0.40 | 0.55 | 1.37 |
| | | | | 4 | | 0.32 | 0.50 | 0.63 | 1.58 |
| | | | | 3 | | 0.42 | 0.66 | 0.76 | 1.91 |
| | | | 400×400×250 | 6 | 4.14 | 0.67 | 1.08 | 1.06 | 2.64 |
| | | | | 5 | | 0.83 | 1.29 | 1.19 | 2.78 |
| | | | | 4 | | 1.04 | 1.62 | 1.38 | 3.45 |
| | | | | 3 | | 1.38 | 2.15 | 1.66 | 4.16 |
| | | | 450×450×300 | 6 | 4.97 | 0.83 | 1.30 | 1.19 | 2.99 |
| | | | | 5 | | 1.00 | 1.56 | 1.35 | 3.37 |
| | | | | 4 | | 1.25 | 1.95 | 1.56 | 3.89 |
| | | | | 3 | | 1.66 | 2.59 | 1.87 | 4.68 |
| 500×500×350 | 6 | 5.95 | 0.99 | 1.55 | 1.34 | 3.35 | | | |
| | 5 | | 1.19 | 1.85 | 1.51 | 3.77 | | | |
| | 4 | | 1.49 | 2.32 | 1.74 | 4.36 | | | |
| | 3 | | 1.98 | 3.09 | 2.09 | 5.23 | | | |

(3) ガードパイプ

ガードレールと同様、限界積雪深を表3-12～表3-14に示す。

表3-12 ガードパイプ・ビームの限界積雪深

| 種別 | ビーム寸法 (mm) | 断面係数 (cm ⁴) | 支間 (m) | 許容荷重 Y (t/m) | 許容荷重の標準尺へ の換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4t/m ²) |
|----|---------------|----------------------------|-----------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| A | 60.5φ×3.8 | 9.03 | 2 | 0.43 | 0.48 | 0.62 | 1.56 |
| | | | 1 | 1.72 | 1.91 | 1.45 | 3.63 |
| B | 48.6φ×3.2 | 4.86 | 2 | 0.23 | 0.25 | 0.40 | 0.99 |
| | | | 1 | 0.92 | 1.02 | 0.97 | 2.42 |
| C | 48.6φ×2.4 | 3.83 | 2 | 0.18 | 0.20 | 0.35 | 0.87 |
| | | | 1 | 0.72 | 0.80 | 0.82 | 2.06 |

表3-12のビームの許容荷重に関しては、実験を行っていないため、とりあえず許容曲げ応力度を2400 kg/cm²とし、等分布荷重単純支持梁の条件で求めたものである。そして、ブラケットは実験から、また支柱基礎は計算から許容荷重を設定した。

表3-13 ガードパイプ・ブラケットの限界積雪深

| 型式 | 種別 | 支間 (m) | 許容荷重 Y | | 許容荷重の標準尺へ の換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深(r=0.4t/m ²) h ₀ (m) |
|-----|----|-----------|--------|-------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| | | | (t) | (t/m) | | | |
| 標準型 | A | 2 | 0.30 | 0.15 | 0.17 | 0.31 | 0.78 |
| | B | | | | | | |
| | C | | | | | | |
| 耐雪型 | A | 2 | 2.00 | 1.00 | 1.11 | 1.01 | 2.53 |
| | | 1 | | 2.00 | 2.22 | 1.59 | 3.98 |
| | B | 2 | 1.80 | 0.90 | 1.00 | 0.94 | 2.36 |
| | | 1 | | 1.80 | 2.00 | 1.49 | 3.72 |
| | C | 2 | 1.80 | 0.90 | 1.00 | 0.94 | 2.36 |
| | | 1 | | 1.80 | 2.00 | 1.49 | 3.72 |

表3-14 ガードパイプ支柱基礎の限界積雪深

| 種別 | 支柱 (mm) | | 根巻寸法 (mm) 幅×長さ×厚さ | 支間 (m) | 許容荷重 Y | | 許容荷重の標準尺へ の換算値 X (t/m) | 許容積雪重量 HW (t/m ²) | 限界積雪深 h ₀ (m) (r=0.4t/m ²) |
|----|---------|------|----------------------|-----------|--------|-------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| | 径 | 埋込長 | | | (t) | (t/m) | | | |
| A | 139.8 | 1650 | なし(標準) | 2 | 1.88 | 0.94 | 1.04 | 1.03 | 2.58 |
| | | | | 1 | | 1.88 | 2.09 | 1.63 | 4.08 |
| | | | 40×40×25 | 2 | 4.65 | 2.32 | 2.58 | 1.87 | 4.68 |
| | | | | 1 | | 4.65 | 5.16 | 2.87 | 7.16 |
| B | 114.3 | 1500 | なし(標準) | 2 | 1.31 | 0.65 | 0.72 | 0.81 | 2.03 |
| | | | | 1 | | 1.31 | 1.45 | 1.29 | 3.23 |
| | | | 40×40×25 | 2 | 4.18 | 2.09 | 2.32 | 1.74 | 4.35 |
| | | | | 1 | | 4.18 | 4.64 | 2.69 | 6.73 |
| C | 114.3 | 1400 | なし(標準) | 2 | 1.27 | 0.64 | 0.71 | 0.80 | 2.00 |
| | | | | 1 | | 1.27 | 1.41 | 1.26 | 3.15 |
| | | | 40×40×25 | 2 | 4.14 | 2.07 | 2.30 | 1.73 | 4.33 |
| | | | | 1 | | 4.14 | 4.60 | 2.67 | 6.68 |

表3-14の支柱基礎の検討においては、ビームおよびブラケットの耐力より支柱基礎の許容荷重(Y)の方が明らかに大きいため、根巻形状は□40×40×25 cmのものだけ計算した。

3.2.5 防護柵部材の想定破損率

各種防護柵部材の限界積雪深については、前項で明らかになっているが、これを越えた場合、どの程度の割合で破損するのか、また、これまでの検討は鉛直力(沈降力)についてのみ行ってきたが、実際には鉛直方向以外からも力が作用すると考えられ、その場合の破損率等については、まだ不確定の部分が多い。そこで積雪深ごとの防護柵部材の破損率については、限界積雪深と破損実態調査の破損率を勘案し、推定することとした。具体的には、まず基準とする防護柵部材に対して破損率 $x_2(h) = 0$ である最大積雪深は先に求めた限界積雪深 h_0 と仮定し、 $x_2(h) = 1$ となる最大積雪深 h_1 は、破損実態調査結果をもとに設定し、図3-22に示す様に h_0 から h_1 までは直線で近似した。

次に、同じ部材の支柱間隔の違いや、強度の違うケースの $x_2(h) = 0$ である最大積雪深 h'_0 は上記と同じく部材強度から逆算した限界積雪深とし、 $x_2(h) = 1$ となる積雪深 h'_1 は、基準とする限界積雪深 h_0 に比例するものとして(3-11)式にて求めた。

$$h'_1 = \frac{h'_0}{h_0} \times h_1 \quad \dots\dots\dots (3-11)$$

上記の破損率を式に表わせれば次の様になる。

まず、基準とする防護柵部材の破損率を

$$x_2(h) = a \cdot h + b \quad \dots\dots\dots (3-12)$$

とおくと

$$a = \frac{1}{h_1 - h_0} \quad b = \frac{-h_0}{h_1 - h_0}$$

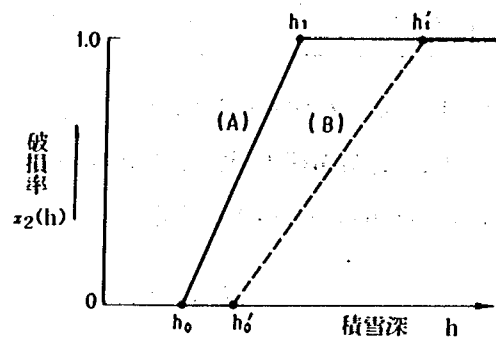
となる。次に他の構造の防護柵部材の破損率を

$$x_2(h) = a' \cdot h + b' \quad \dots\dots\dots (3-13)$$

とおくと

$$a' = a \times \frac{h_0}{h'_0} \quad , \quad b' = b$$

となる。以上の方法でガードレール、ガードケーブル、ガードパイプの各部材ごとに破損率を求めた結果を表3-15~表3-22に示す。また、図3-23~図3-31は、破損実態調査結果と求めた想定破損率とを示し



1. $0 \leq x_2(h) \leq 1$
2. 基準とする部材破損率
3. 同じ部材の異なる条件における想定破損率

図3-22 破損率の設定

たものであるが、図から、想定破損率は安全側にあると考えられる。

(1) ガードレール

ビーム、ブラケット、支柱基礎に関し、破損率を表3-15~表3-17, 図3-23~図3-26に示す。基礎とした破損率は、いずれもC種で支間4m標準型とした。

表3-15 ガードレールビーム
の想定破損率

| 種別 | 支間(m) | 積雪深 | | 破損率 $\alpha_2(h)$ |
|----|-------|-----------|-----------|-----------------------------|
| | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | $\frac{1}{h_1-h_0} (h-h_0)$ |
| A | 4 | 2.72 | 7.04 | $(h-2.72)/4.32$ |
| | 3 | 3.62 | 9.38 | $(h-3.62)/5.76$ |
| | 2 | 5.21 | 13.49 | $(h-5.21)/8.54$ |
| B | 4 | 1.93 | 5.00 | $(h-1.93)/3.07$ |
| | 3 | 2.83 | 7.33 | $(h-2.83)/4.50$ |
| | 2 | 4.40 | 11.40 | $(h-4.40)/7.00$ |
| C | 4 | 1.39 | 3.60 | $(h-1.39)/2.21$ |
| | 3 | 2.03 | 5.26 | $(h-2.03)/3.23$ |
| | 2 | 3.46 | 8.96 | $(h-3.46)/5.50$ |

$h_0 \leq h \leq h_1$

注) C種支間4mの h_0 および h_1 は破損実態調査結果の値

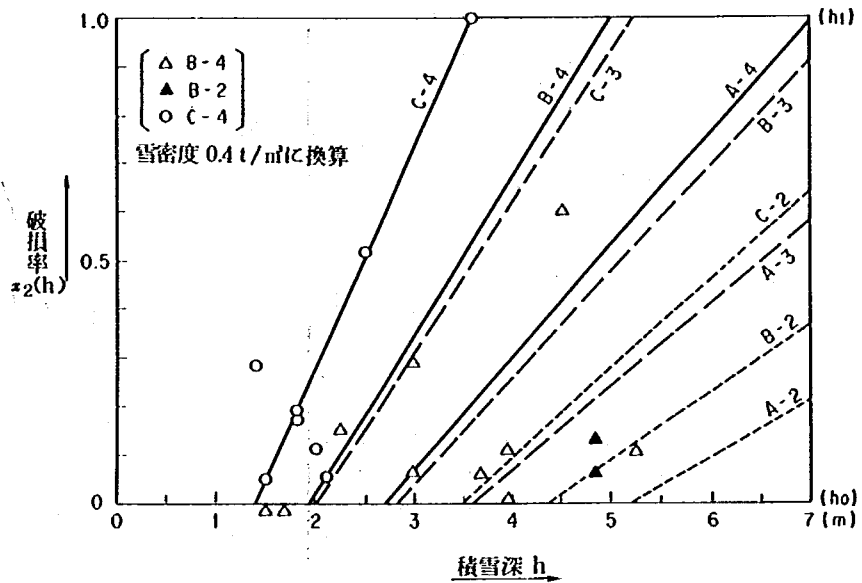


図3-23 ガードレールビーム
の想定破損率
 (図中A, B, Cは種別,
2, 3, 4は支間mを示す。
○△は実態調査結果)

表3-16 ガードレールブラケット
の想定破損率

| 標準型 | 支間(m) | 積雪深(m) | | 破損率 $\alpha_2(h)$ |
|-----|-------|-----------|-----------|-----------------------------|
| | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | $\frac{1}{h_1-h_0} (h-h_0)$ |
| 標準型 | 4 | 1.28 | 3.36 | $(h-1.28)/2.08$ |
| | 3 | 1.49 | 3.91 | $(h-1.49)/2.42$ |
| | 2 | 1.90 | 4.99 | $(h-1.90)/3.09$ |
| 耐雪型 | 4 | 3.79 | 9.95 | $(h-3.79)/6.16$ |
| | 3 | 4.54 | 11.92 | $(h-4.54)/7.38$ |
| | 2 | 5.83 | 15.30 | $(h-5.83)/9.47$ |

$h_0 \leq h \leq h_1$

注) 標準型支間4mの h_0 は実験値, h_1 は破損実態調査結果の値

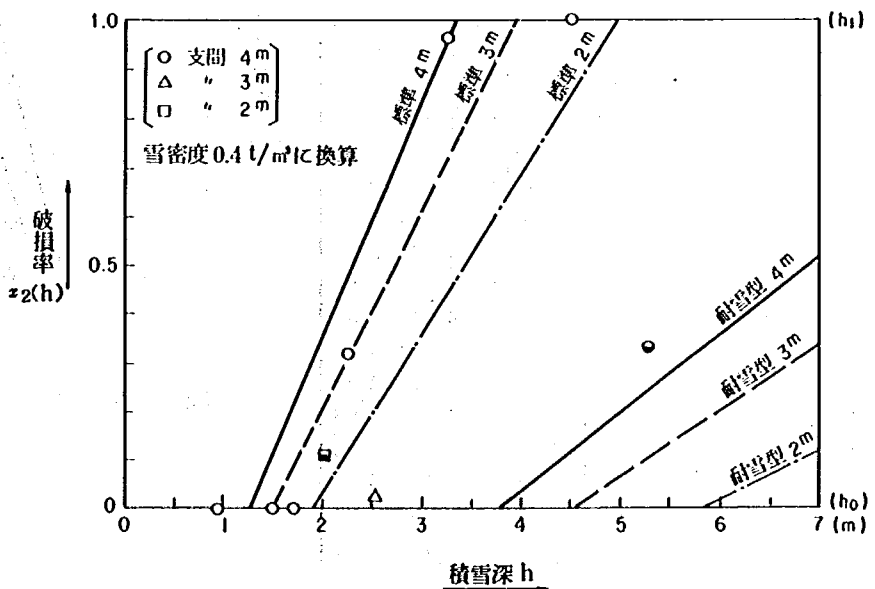


図3-24 ガードレールブラケット
の想定破損率
 (○△□は実態調査結果を示す。
●■は根巻き)

表3-17 ガードレール支柱基礎
想定破損率

| 種別 | 基礎 (mm) | 支間 (m) | 積雪深 (m) | | 破損率 $x_2(h)$ |
|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|----------------------------|
| | | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| A | 土中 (標準) | 4 | 1.83 | 4.00 | $(h-1.83)/2.17$ |
| | | 3 | 2.18 | 4.77 | $(h-2.18)/2.59$ |
| | | 2 | 2.82 | 6.16 | $(h-2.82)/3.34$ |
| | □ 400×250 | 4 | 3.23 | 7.06 | $(h-3.23)/3.83$ |
| | | 3 | 3.87 | 8.46 | $(h-3.87)/4.59$ |
| | | 2 | 4.98 | 10.89 | $(h-4.98)/5.91$ |
| | □ 450×300 | 4 | 3.59 | 7.85 | $(h-3.59)/4.26$ |
| | | 3 | 4.30 | 9.40 | $(h-4.30)/5.10$ |
| | | 2 | 5.52 | 12.07 | $(h-5.52)/6.55$ |
| | □ 500×350 | 4 | 3.97 | 8.68 | $(h-3.97)/4.71$ |
| | | 3 | 4.75 | 10.38 | $(h-4.75)/5.63$ |
| | | 2 | 6.09 | 13.31 | $(h-6.09)/7.22$ |
| □ 550×400 | 4 | 4.37 | 9.55 | $(h-4.37)/5.18$ | |
| | 3 | 5.22 | 11.41 | $(h-5.22)/6.19$ | |
| | 2 | 6.69 | 14.62 | $(h-6.69)/7.93$ | |
| B | 土中 (標準) | 4 | 1.48 | 3.25 | $(h-1.48)/1.77$ |
| | | 3 | 1.75 | 3.84 | $(h-1.75)/2.09$ |
| | | 2 | 2.25 | 4.94 | $(h-2.25)/2.69$ |
| | □ 400×250 | 4 | 3.02 | 6.63 | $(h-3.02)/3.61$ |
| | | 3 | 3.62 | 7.95 | $(h-3.62)/4.33$ |
| | | 2 | 4.66 | 10.23 | $(h-4.66)/5.57$ |
| | □ 450×300 | 4 | 3.39 | 7.44 | $(h-3.39)/4.05$ |
| | | 3 | 4.06 | 9.92 | $(h-4.06)/4.86$ |
| | | 2 | 5.23 | 11.48 | $(h-5.23)/6.25$ |
| | □ 500×350 | 4 | 3.78 | 8.30 | $(h-3.78)/4.52$ |
| | | 3 | 4.53 | 9.95 | $(h-4.53)/5.42$ |
| | | 2 | 5.82 | 12.78 | $(h-5.82)/6.96$ |
| □ 550×400 | 4 | 4.20 | 9.22 | $(h-4.20)/5.02$ | |
| | 3 | 5.02 | 11.02 | $(h-5.02)/6.00$ | |
| | 2 | 6.43 | 14.12 | $(h-6.43)/7.69$ | |
| C | 土中 (標準) | 4 | 1.46 | 2.70 | $(h-1.46)/1.24$ |
| | | 3 | 1.72 | 3.18 | $(h-1.72)/1.46$ |
| | | 2 | 2.21 | 4.09 | $(h-2.21)/1.88$ |
| | □ 400×250 | 4 | 3.00 | 5.55 | $(h-3.00)/2.55$ |
| | | 3 | 3.60 | 6.66 | $(h-3.60)/3.06$ |
| | | 2 | 4.64 | 8.58 | $(h-4.64)/3.94$ |
| | □ 450×300 | 4 | 3.37 | 6.23 | $(h-3.37)/2.86$ |
| | | 3 | 4.04 | 7.47 | $(h-4.04)/3.43$ |
| | | 2 | 5.21 | 9.63 | $(h-5.21)/4.42$ |
| | □ 500×350 | 4 | 3.77 | 6.97 | $(h-3.77)/3.20$ |
| | | 3 | 4.51 | 8.34 | $(h-4.51)/3.83$ |
| | | 2 | 5.80 | 10.73 | $(h-5.80)/4.93$ |
| □ 550×400 | 4 | 4.18 | 7.73 | $(h-4.18)/3.55$ | |
| | 3 | 5.00 | 9.24 | $(h-5.00)/4.24$ | |
| | 2 | 6.41 | 11.85 | $(h-6.41)/5.44$ | |

$$h_0 \leq h \leq h_1$$

注) C種土中支間4mの h_0 は計算値 h_1 は破損実態調査結果の値

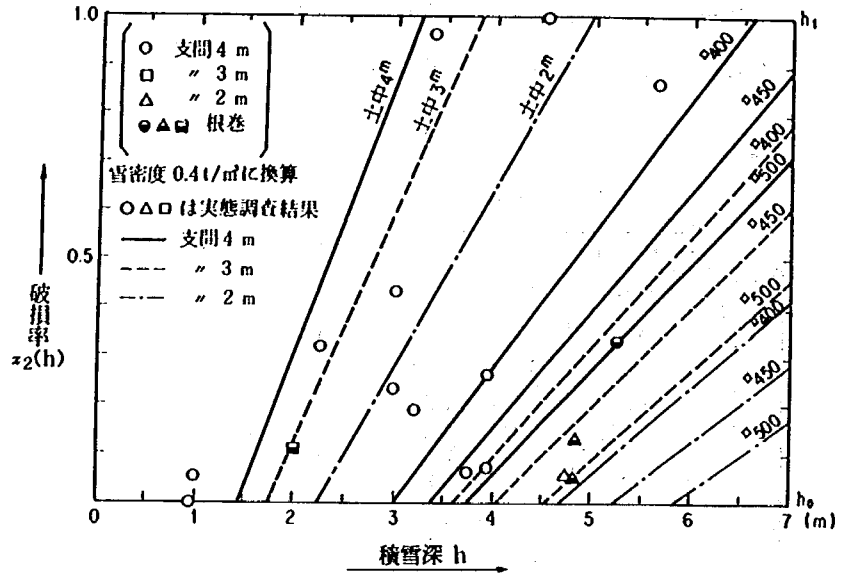


図3-25 ガードレールB種支柱基礎想定破損率

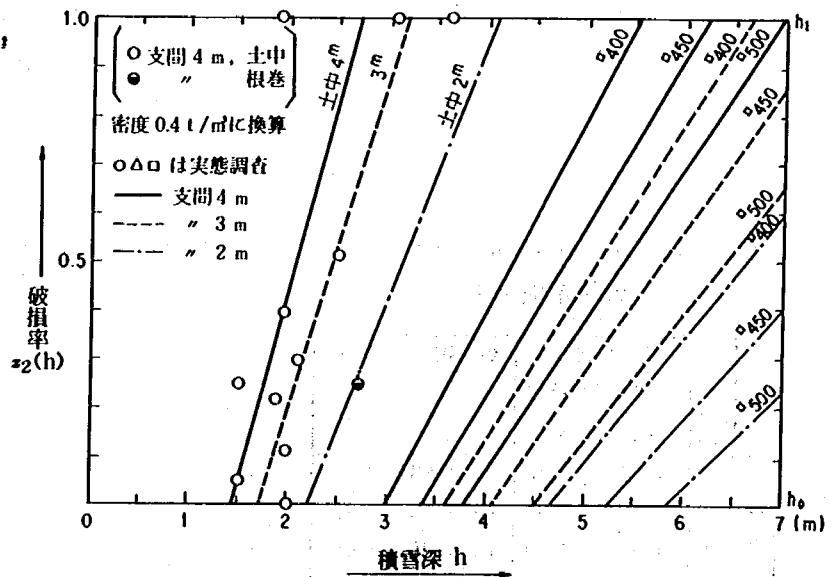


図3-26 ガードレールC種支柱基礎想定破損率

(2) ガードケーブル

ブラケットの破損率については、破損実態調査のデータが少なく数量化が困難であるが、ガードケーブルの全体破損率より小さいことは明らかである。従って、ここでは安全側を考慮して、破損初期値 h_0 はブラケット限界積雪深とし、B種-4E（根巻なし）の基礎の破損率（勾配）を基準にして各ケースの h_1 を設定した。

表3-18, 表3-19, 図3-27, 図3-28に破損率を示す。

表3-18 ガードケーブルブラケット想定破損率

| ブラケット 種類 | 種別 | 支間 (m) | 積雪深 (m) | | 破 損 率 $\alpha_2(h)$ $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
|-------------|-----------|-----------|--------------|--------------|---------------------------------------------------|
| | | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | |
| 標準型 | A.B | 6 | 1.58 | 3.44 | $(h-1.58)/1.86$ |
| | | 5 | 1.78 | 3.87 | $(h-1.78)/2.09$ |
| | C.S 共通 | 4 | 2.06 | 4.48 | $(h-2.06)/2.42$ |
| | | 3 | 2.49 | 5.42 | $(h-2.49)/2.93$ |
| 耐雪型 | A | 6 | 3.33 | 7.24 | $(h-3.33)/3.91$ |
| | | 5 | 3.75 | 8.16 | $(h-3.75)/4.41$ |
| | | 4 | 4.33 | 9.42 | $(h-4.33)/5.09$ |
| | | 3 | 5.19 | 11.29 | $(h-5.19)/6.10$ |
| | B | 6 | 3.73 | 8.11 | $(h-3.73)/4.38$ |
| | | 5 | 4.19 | 9.11 | $(h-4.19)/4.92$ |
| | | 4 | 4.83 | 10.50 | $(h-4.83)/5.67$ |
| | | 3 | 5.79 | 12.59 | $(h-5.79)/6.80$ |
| | C | 6 | 3.50 | 7.61 | $(h-3.50)/4.11$ |
| | | 5 | 3.94 | 5.57 | $(h-3.94)/4.63$ |
| | | 4 | 4.54 | 9.87 | $(h-4.54)/5.33$ |
| | | 3 | 5.45 | 11.85 | $(h-5.45)/6.40$ |
| | S | 4 | 4.47 | 9.72 | $(h-4.47)/5.25$ |
| | | 3 | 5.37 | 11.68 | $(h-5.37)/6.31$ |

$$h_0 \leq h \leq h_1$$

表 3-19 ガードケーブル支柱基礎
想定破損率

| 種別 | 基礎 | 支間 (m) | 積雪深 (m) | | 破損率 $x_2(h)$ |
|-----------|------------|-----------|--------------|-----------------|----------------------------|
| | | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| A | 土中 (標準) | 6 | 1.56 | 3.39 | $(h-1.56)/1.83$ |
| | | 5 | 1.76 | 3.83 | $(h-1.76)/2.07$ |
| | | 4 | 2.04 | 4.43 | $(h-2.04)/2.39$ |
| | □ 400×250 | 3 | 2.47 | 5.37 | $(h-2.47)/2.90$ |
| | | 6 | 2.85 | 6.20 | $(h-2.85)/3.35$ |
| | | 5 | 3.21 | 6.98 | $(h-3.21)/3.77$ |
| | □ 450×300 | 4 | 3.72 | 8.09 | $(h-3.72)/4.37$ |
| | | 3 | 4.47 | 9.72 | $(h-4.47)/5.25$ |
| | | 6 | 3.18 | 6.91 | $(h-3.18)/3.73$ |
| | □ 500×350 | 5 | 3.59 | 7.80 | $(h-3.59)/4.21$ |
| | | 4 | 4.14 | 9.00 | $(h-4.14)/4.86$ |
| | | 3 | 4.97 | 10.80 | $(h-4.97)/5.83$ |
| B | 土中 (標準) | 6 | 3.53 | 7.67 | $(h-3.53)/4.14$ |
| | | 5 | 3.98 | 8.65 | $(h-3.98)/4.67$ |
| | | 4 | 4.59 | 9.98 | $(h-4.59)/5.39$ |
| | □ 400×250 | 3 | 5.50 | 11.96 | $(h-5.50)/6.46$ |
| | | 6 | 1.24 | 2.70 | $(h-1.24)/1.46$ |
| | | 5 | 1.39 | 3.02 | $(h-1.39)/1.63$ |
| | □ 450×300 | 4 | 1.61 | 3.50 | $(h-1.61)/1.89$ |
| | | 3 | 1.95 | 4.23 | $(h-1.95)/2.28$ |
| | | 6 | 2.66 | 5.78 | $(h-2.66)/3.12$ |
| | □ 500×350 | 5 | 3.00 | 6.52 | $(h-3.00)/3.52$ |
| | | 4 | 3.47 | 7.54 | $(h-3.47)/4.07$ |
| | | 3 | 4.18 | 9.09 | $(h-4.18)/4.91$ |
| C | 土中 (標準) | 6 | 3.00 | 6.52 | $(h-3.00)/3.52$ |
| | | 5 | 3.38 | 7.35 | $(h-3.38)/3.97$ |
| | | 4 | 3.91 | 8.50 | $(h-3.91)/4.59$ |
| | □ 400×250 | 3 | 4.70 | 10.22 | $(h-4.70)/5.52$ |
| | | 6 | 3.36 | 7.30 | $(h-3.36)/3.94$ |
| | | 5 | 3.79 | 8.24 | $(h-3.79)/4.45$ |
| | □ 450×300 | 4 | 4.37 | 9.50 | $(h-4.37)/5.13$ |
| | | 3 | 5.25 | 11.41 | $(h-5.25)/6.16$ |
| | | 6 | 1.22 | 2.65 | $(h-1.22)/1.43$ |
| | □ 500×350 | 5 | 1.37 | 2.98 | $(h-1.37)/1.61$ |
| | | 4 | 1.58 | 3.43 | $(h-1.58)/1.85$ |
| | | 3 | 1.91 | 4.15 | $(h-1.91)/2.24$ |
| □ 400×250 | 6 | 2.64 | 5.74 | $(h-2.64)/3.10$ | |
| | 5 | 2.98 | 6.48 | $(h-2.98)/3.50$ | |
| | 4 | 3.45 | 7.50 | $(h-3.45)/4.05$ | |
| □ 450×300 | 3 | 4.16 | 9.04 | $(h-4.16)/4.88$ | |
| | 6 | 2.99 | 6.50 | $(h-2.99)/3.51$ | |
| | 5 | 3.37 | 7.33 | $(h-3.37)/3.96$ | |
| □ 500×350 | 4 | 3.89 | 8.46 | $(h-3.89)/4.57$ | |
| | 3 | 4.68 | 10.17 | $(h-4.68)/5.49$ | |
| | 6 | 3.35 | 7.28 | $(h-3.35)/3.93$ | |
| □ 500×350 | 5 | 3.77 | 8.20 | $(h-3.77)/4.43$ | |
| | 4 | 4.36 | 9.48 | $(h-4.36)/5.12$ | |
| | | 3 | 5.23 | 11.37 | $(h-5.23)/6.14$ |

$$h_0 \leq h \leq h_1$$

注) B種土中支間4mの h_0 は計算値, h_1 は破損実態調査結果の値

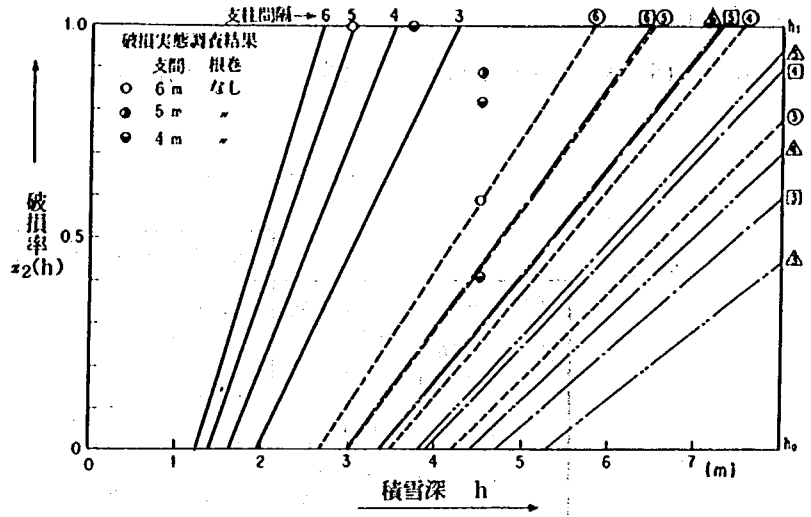


図 3-27 ガードケーブルB種支柱基礎想定破損率

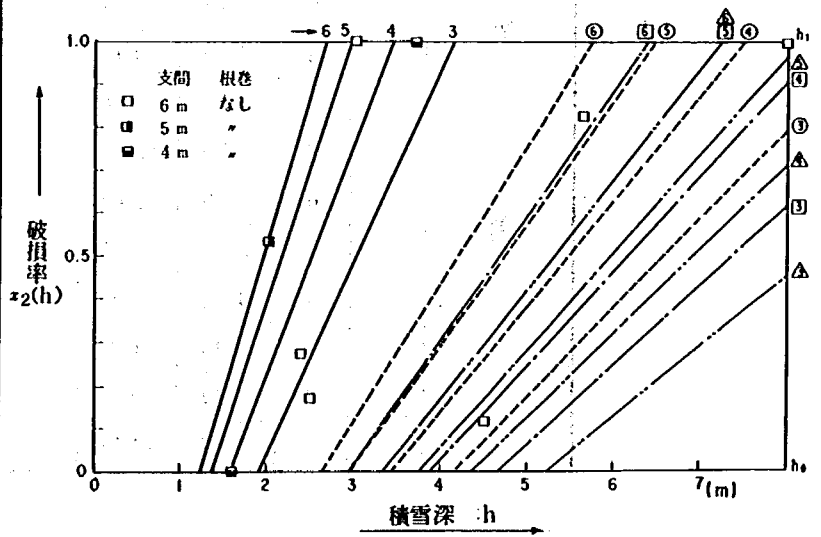


図 3-28 ガードケーブルC種支柱基礎想定破損率

注) 3-27, 28において, ○□は破損実態調査結果を示す。

- 基礎土中
- - - - " □ 400 × 250
- · - · - " □ 400 × 300
- · - · - " □ 500 × 350

(3) ガードパイプ

ガードパイプの基準とする破損率はいずれもA種支間2m標準型としており、破損率 $x_2(h) = 1.0$ となる積雪深 h_1 を求めるには破損実態調査のデータが殆んどないため、ガードレールの各部材の基本勾配を参考としている。想定破損率を表3-20～表3-22、図3-29～図3-31に示す。

表3-20 ガードパイプ・ビーム想定破損率

| 種別 | 支間(m) | 積雪深(m) | | 破損率 $x_2(h)$ |
|----|-------|-----------|-----------|----------------------------|
| | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | |
| Ap | 2 | 1.56 | 4.04 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 3.63 | 9.40 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| Bp | 2 | 0.99 | 2.56 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 2.42 | 6.27 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| Cp | 2 | 0.87 | 2.25 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 2.06 | 5.34 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |

$h_0 \leq h \leq h_1$

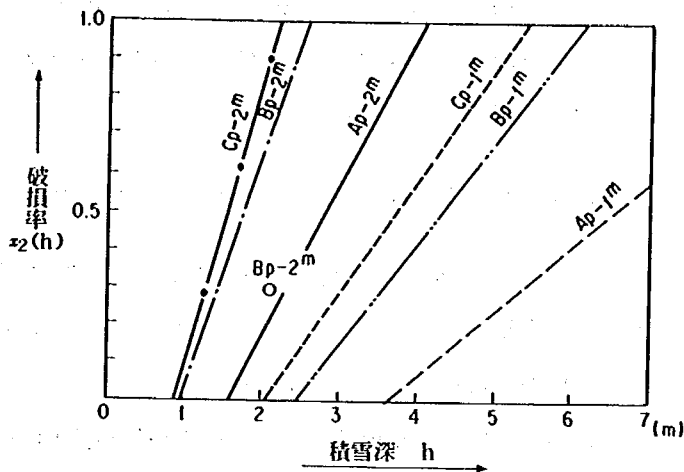


図3-29 ガードパイプビームの想定破損率

表3-21 ガードパイプ・ブラケット想定破損率

| 種別 | 支間(m) | 積雪深(m) | | 破損率 $x_2(h)$ |
|-------------|-------|-----------|-----------|----------------------------|
| | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | |
| 標準型 (Ap・Bp) | 2 | 0.78 | 2.02 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 1.16 | 3.00 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| 改良型 (Ap) | 2 | 2.53 | 6.55 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 3.98 | 10.31 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| 改良型 (Bp) | 2 | 2.36 | 6.11 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 1 | 3.72 | 9.63 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |

$h_0 \leq h \leq h_1$

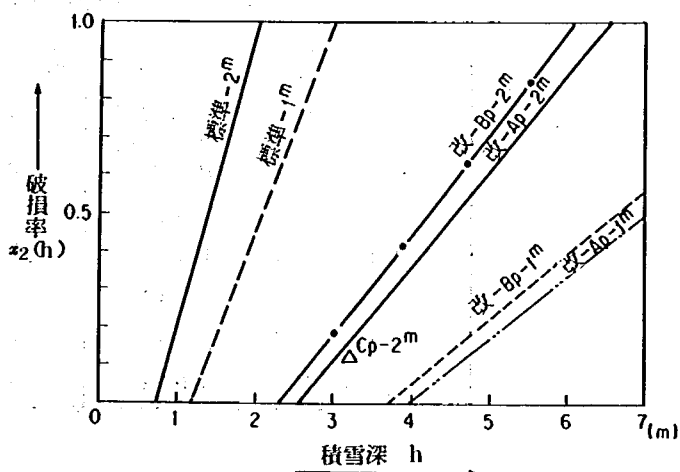


図3-30 ガードパイプブラケットの想定破損率

表3-22 ガードパイプ支柱基礎想定破損率

| 種別 | 基礎 (幅×長さ×厚さ) (mm) | 支間(m) | 積雪深(m) | | 破損率 $x_2(h)$ |
|----|-------------------|-------|-----------|-----------|----------------------------|
| | | | 初期値 h_0 | 最終値 h_1 | |
| Ap | 土 中 | 2 | 2.58 | 5.64 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 4.08 | 8.91 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 400×400×250 | 2 | 4.68 | 10.23 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 7.16 | 15.66 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| Bp | 土 中 | 2 | 2.03 | 4.46 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 3.23 | 7.09 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 400×400×250 | 2 | 4.35 | 9.95 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 6.73 | 14.77 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| Cp | 土 中 | 2 | 2.00 | 3.70 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 3.15 | 5.83 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | 400×400×250 | 2 | 4.33 | 8.01 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |
| | | 1 | 6.68 | 12.35 | $\frac{1}{h_1-h_0}(h-h_0)$ |

$h_0 \leq h \leq h_1$

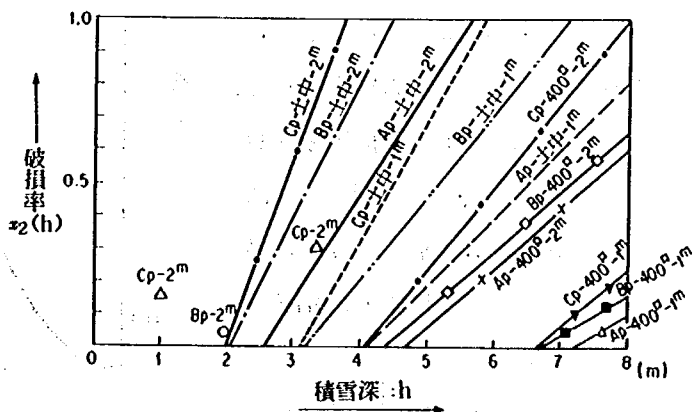


図3-31 ガードパイプ支柱基礎の想定破損率

注) 図3-29～図3-31中の○△は破損実態調査結果を示す。

3.2.6 毎年の破損確率の上限値

防護柵の毎年の破損確率をどの程度に定めるかについては道路、交通の状況、道路管理者の補修能力等によって種々の考え方があるが、道路管理者にアンケート調査を行った結果、56豪雪時でも10%越えないものとする意見が大多数であった。このため豪雪年の補修処理に要する期間等を考慮して、10年再現最大積雪深における破損率がおおむね1割を越えないことを一応の目安とした。

一方、5年再現最大積雪深 H_5 （最大積雪深の平均値を μ とする）の場所における10年再現最大積雪深 H_{10} は、正規分布表より（3-13）式で求められる。

$$H_{10} = \mu + 1.28155 \sigma \quad \dots\dots\dots (3-13)$$

また、 H_5 と μ および σ との関係は（3-1）式にて既知であるから、5年再現最大積雪深が H_5 の場所での10年再現最大積雪深を（3-2）式で求め、（3-1）式に $h=H_{10}$ のとき $x_2(h)=0.1$ の関係を代入すれば、その場所での破損率の式が得られる。

表3-23は5年再現最大積雪深 H_5 と10年再現最大積雪深 H_{10} との関係を示したものである。

表3-23 5年および10年再現最大積雪深

| 5年再現 | | | 10年再現 |
|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| 最大積雪深 H_5 (m) | 最大積雪深の平均値 μ (m) | 標準偏差 σ (m) | 最大積雪深 H_{10} (m) |
| 1.00 | 0.663 | 0.400 | 1.176 |
| 2.00 | 1.479 | 0.619 | 2.272 |
| 3.00 | 2.332 | 0.793 | 3.349 |
| 4.00 | 3.206 | 0.943 | 4.415 |
| 5.00 | 4.093 | 1.078 | 5.474 |

ここで、表3-23に示した場所における10年再現最大積雪深に対して、10%の破損率となる仮想の部材を設定し、図3-32のように毎年の破損確率を算出する。表3-24～表3-25はその一例であるが、破損確率 X が2～3%の値となるため、ここでは毎年の破損確率の上限を約2%とした。

従って、毎年の破損確率を約2%とすれば、10年再現の豪雪があった場合でも、その破損率は1割以下で納まると考えられる。

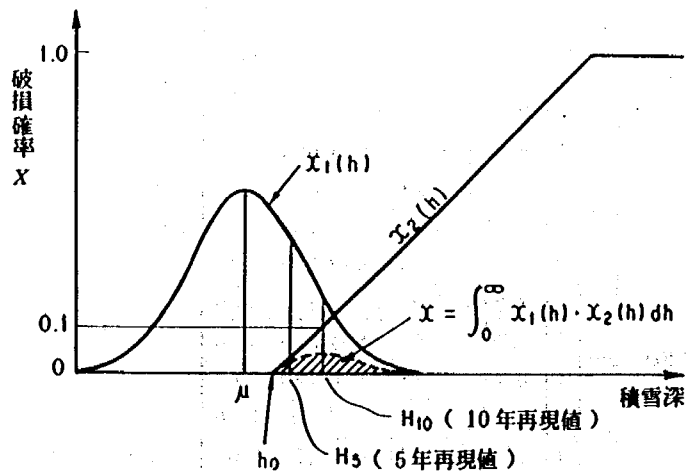


図3-32 毎年の破損確率の算定

表3-24 ガードレールの毎年の破損確率の上限値

| H_5 (m) | 支柱基礎(A, B種) | | 支柱基礎(C種) | | ビーム(A, B, C種) | | ブラケット(A, B, C種) | |
|-----------|-------------|---------|----------|-----|---------------|-----|-----------------|-----|
| | h_0 (m) | X (%) | h_0 | X | h_0 | X | h_0 | X |
| 1.00 | 1.051 | 2.8 | 1.084 | 3.3 | 1.015 | 2.6 | 1.012 | 2.6 |
| 2.00 | 2.031 | 2.6 | 2.095 | 2.9 | 1.961 | 2.5 | 1.954 | 1.9 |
| 3.00 | 2.993 | 2.5 | 3.087 | 2.8 | 2.890 | 2.5 | 2.881 | 2.5 |
| 4.00 | 3.945 | 2.5 | 4.070 | 2.7 | 3.810 | 2.5 | 3.798 | 2.4 |
| 5.00 | 4.892 | 2.5 | 5.046 | 2.6 | 4.724 | 2.5 | 4.708 | 2.5 |

表3-25 ガードケーブルの毎年の破損確率の上限値

| H_5 (m) | 支柱基礎, ブラケット(A, B, C, S種) | |
|-----------|--------------------------|---------|
| | h_0 (m) | X (%) |
| 1.00 | 1.055 | 2.8 |
| 2.00 | 2.038 | 2.6 |
| 3.00 | 3.004 | 2.5 |
| 4.00 | 3.960 | 2.5 |
| 5.00 | 4.909 | 2.5 |

3.2.7 毎年の破損確率

以上の検討結果をもとに、5年再現最大積雪深(H_5)が0.5~5.0m(雪密度 $\tau=0.4\text{t/m}^3$)における、各部材の毎年の破損確率(X)を(3-1)式から求め、表3-26~表3-38に示す。 H_5 を0.5mからとしたのは、これ以下であれば破損はまず考えられないためであり、上限を5.0mとしたのは5mであればほぼ全積雪地域を網羅できると考えたためである。また、計算の便宜上、積雪深の刻みは0.25mピッチとした。

(1) ガードレール

ガードレールの破損率を表3-26～表3-29に示す。

表3-26 ガードレール・ビーム破損率

| 種別 支間(m) H ₅ (m) | A | | | B | | | C | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | — | — | — | — | — | — | 0.0001 | — | — |
| 1.00 | — | — | — | — | — | — | 0.0025 | — | — |
| 1.25 | — | — | — | 0.0005 | — | — | 0.0131 | 0.0003 | — |
| 1.50 | — | — | — | 0.0033 | — | — | 0.0377 | 0.0019 | — |
| 1.75 | 0.0002 | — | — | 0.0114 | 0.0001 | — | 0.0781 | 0.0075 | — |
| 2.00 | 0.0012 | — | — | 0.0275 | 0.0007 | — | 0.1331 | 0.0196 | — |
| 2.25 | 0.0041 | 0.0001 | — | 0.0530 | 0.0026 | — | 0.1999 | 0.0401 | 0.0001 |
| 2.50 | 0.0102 | 0.0003 | — | 0.0879 | 0.0071 | — | 0.2754 | 0.0694 | 0.0006 |
| 2.75 | 0.0209 | 0.0011 | — | 0.1313 | 0.0154 | — | 0.3561 | 0.1071 | 0.0020 |
| 3.00 | 0.0370 | 0.0030 | — | 0.1816 | 0.0284 | 0.0002 | 0.4387 | 0.1518 | 0.0050 |
| 3.25 | 0.0588 | 0.0068 | — | 0.2376 | 0.0468 | 0.0005 | 0.5201 | 0.2026 | 0.0105 |
| 3.50 | 0.0860 | 0.0131 | 0.0001 | 0.2978 | 0.0705 | 0.0015 | 0.5972 | 0.2580 | 0.0192 |
| 3.75 | 0.1183 | 0.0226 | 0.0002 | 0.3606 | 0.0991 | 0.0033 | 0.6678 | 0.3167 | 0.0316 |
| 4.00 | 0.1547 | 0.0356 | 0.0007 | 0.4248 | 0.1320 | 0.0066 | 0.7304 | 0.3775 | 0.0478 |
| 4.25 | 0.1948 | 0.0523 | 0.0015 | 0.4891 | 0.1688 | 0.0118 | 0.7846 | 0.4394 | 0.0680 |
| 4.50 | 0.2377 | 0.0726 | 0.0031 | 0.5519 | 0.2085 | 0.0192 | 0.8300 | 0.5009 | 0.0918 |
| 4.75 | 0.2829 | 0.0963 | 0.0058 | 0.6121 | 0.2508 | 0.0293 | 0.8676 | 0.5612 | 0.1190 |
| 5.00 | 0.3296 | 0.1228 | 0.0098 | 0.6683 | 0.2948 | 0.0420 | 0.8979 | 0.6186 | 0.1488 |

—— は破損率2～3%の線

表3-27 ガードレール・ブラケット破損率

| 型式 支間(m) H ₅ (m) | 標準型 | | | 耐雪型 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0004 | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0051 | 0.0012 | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0220 | 0.0076 | 0.0006 | — | — | — |
| 1.50 | 0.0560 | 0.0247 | 0.0038 | — | — | — |
| 1.75 | 0.1070 | 0.0555 | 0.0125 | — | — | — |
| 2.00 | 0.1727 | 0.0999 | 0.0296 | — | — | — |
| 2.25 | 0.2492 | 0.1560 | 0.0562 | — | — | — |
| 2.50 | 0.3327 | 0.2214 | 0.0921 | 0.0001 | — | — |
| 2.75 | 0.4193 | 0.2935 | 0.1363 | 0.0006 | — | — |
| 3.00 | 0.5049 | 0.3695 | 0.1872 | 0.0017 | 0.0001 | — |
| 3.25 | 0.5863 | 0.4470 | 0.2436 | 0.0041 | 0.0003 | — |
| 3.50 | 0.6609 | 0.5233 | 0.3039 | 0.0084 | 0.0009 | — |
| 3.75 | 0.7267 | 0.5960 | 0.3668 | 0.0152 | 0.0022 | — |
| 4.00 | 0.7831 | 0.6630 | 0.4309 | 0.0251 | 0.0045 | 0.0001 |
| 4.25 | 0.8304 | 0.7233 | 0.4949 | 0.0382 | 0.0084 | 0.0002 |
| 4.50 | 0.8689 | 0.7760 | 0.5573 | 0.0547 | 0.0143 | 0.0006 |
| 4.75 | 0.8999 | 0.8211 | 0.6171 | 0.0745 | 0.0224 | 0.0013 |
| 5.00 | 0.9242 | 0.8588 | 0.6728 | 0.0971 | 0.0329 | 0.0026 |

—— は破損率2～3%の線

表3-28 ガードレールA種支柱基礎破損率

| 基礎 支間(m) H ₅ (m) | 土 中 | | | □400 × 250 | | | □450 × 300 | | | □500 × 350 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0014 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0073 | 0.0011 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.0226 | 0.0052 | 0.0002 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.0508 | 0.0154 | 0.0010 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.0928 | 0.0345 | 0.0037 | 0.0006 | — | — | 0.0001 | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.1479 | 0.0641 | 0.0099 | 0.0022 | 0.0001 | — | 0.0005 | — | — | 0.0001 | — | — |
| 2.75 | 0.2138 | 0.1042 | 0.0213 | 0.0060 | 0.0006 | — | 0.0017 | 0.0001 | — | 0.0004 | — | — |
| 3.00 | 0.2876 | 0.1538 | 0.0391 | 0.0134 | 0.0017 | — | 0.0045 | 0.0003 | — | 0.0012 | — | — |
| 3.25 | 0.3664 | 0.2116 | 0.0642 | 0.0254 | 0.0044 | 0.0001 | 0.0099 | 0.0010 | — | 0.0032 | 0.0002 | — |
| 3.50 | 0.4467 | 0.2758 | 0.0964 | 0.0428 | 0.0093 | 0.0003 | 0.0189 | 0.0027 | — | 0.0071 | 0.0006 | — |
| 3.75 | 0.5253 | 0.3441 | 0.1352 | 0.0662 | 0.0173 | 0.0008 | 0.0323 | 0.0059 | 0.0001 | 0.0137 | 0.0016 | — |
| 4.00 | 0.5997 | 0.4145 | 0.1798 | 0.0952 | 0.0292 | 0.0019 | 0.0505 | 0.0113 | 0.0003 | 0.0237 | 0.0036 | — |
| 4.25 | 0.6679 | 0.4850 | 0.2294 | 0.1297 | 0.0454 | 0.0040 | 0.0738 | 0.0196 | 0.0009 | 0.0377 | 0.0071 | 0.0001 |
| 4.50 | 0.7285 | 0.5533 | 0.2826 | 0.1689 | 0.0659 | 0.0075 | 0.1018 | 0.0312 | 0.0019 | 0.0559 | 0.0126 | 0.0004 |
| 4.75 | 0.7812 | 0.6182 | 0.3389 | 0.2123 | 0.0910 | 0.0131 | 0.1344 | 0.0465 | 0.0039 | 0.0784 | 0.0208 | 0.0009 |
| 5.00 | 0.8258 | 0.6779 | 0.3966 | 0.2589 | 0.1200 | 0.0211 | 0.1708 | 0.0656 | 0.0071 | 0.1050 | 0.0318 | 0.0019 |

—— は破損率2~3%の線

表3-29 ガードレールB種支柱基礎破損率

| 基礎 支間(m) H ₅ (m) | 土 中 | | | □400 × 250 | | | □450 × 300 | | | □500 × 350 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0017 | 0.0002 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0109 | 0.0023 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0350 | 0.0107 | 0.0007 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.0778 | 0.0304 | 0.0037 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.1392 | 0.0646 | 0.0118 | 0.0004 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.2156 | 0.1132 | 0.0277 | 0.0016 | 0.0001 | — | 0.0003 | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.3026 | 0.1749 | 0.0531 | 0.0049 | 0.0004 | — | 0.0012 | — | — | 0.0002 | — | — |
| 2.75 | 0.3947 | 0.2469 | 0.0886 | 0.0117 | 0.0015 | — | 0.0035 | 0.0002 | — | 0.0008 | — | — |
| 3.00 | 0.4865 | 0.3257 | 0.1336 | 0.0235 | 0.0040 | 0.0001 | 0.0083 | 0.0009 | — | 0.0024 | 0.0001 | — |
| 3.25 | 0.5738 | 0.4079 | 0.1869 | 0.0412 | 0.0090 | 0.0003 | 0.0168 | 0.0024 | — | 0.0057 | 0.0004 | — |
| 3.50 | 0.6532 | 0.4899 | 0.2469 | 0.0653 | 0.0174 | 0.0008 | 0.0300 | 0.0054 | 0.0001 | 0.0117 | 0.0013 | — |
| 3.75 | 0.7228 | 0.5685 | 0.3117 | 0.0958 | 0.0301 | 0.0021 | 0.0483 | 0.0109 | 0.0003 | 0.0211 | 0.0031 | — |
| 4.00 | 0.7818 | 0.6411 | 0.3794 | 0.1321 | 0.0474 | 0.0045 | 0.0720 | 0.0193 | 0.0009 | 0.0347 | 0.0063 | 0.0001 |
| 4.25 | 0.8308 | 0.7064 | 0.4483 | 0.1737 | 0.0696 | 0.0087 | 0.1010 | 0.0315 | 0.0020 | 0.0529 | 0.0117 | 0.0003 |
| 4.50 | 0.8702 | 0.7632 | 0.5162 | 0.2196 | 0.0966 | 0.0152 | 0.1348 | 0.0475 | 0.0041 | 0.0755 | 0.0198 | 0.0008 |
| 4.75 | 0.9016 | 0.8117 | 0.5817 | 0.2693 | 0.1280 | 0.0244 | 0.1730 | 0.0678 | 0.0076 | 0.1027 | 0.0310 | 0.0018 |
| 5.00 | 0.9260 | 0.8519 | 0.6429 | 0.3214 | 0.1633 | 0.0367 | 0.2147 | 0.0919 | 0.0129 | 0.1337 | 0.0455 | 0.0036 |

—— は破損率2~3%の線

表 3-30 ガードレールC種支柱基礎破損率

| 基礎 支間(m) H _s (m) | 土 中 | | | □400 × 250 | | | □450 × 300 | | | □500 × 350 | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0028 | 0.0004 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0171 | 0.0039 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0533 | 0.0173 | 0.0013 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.1160 | 0.0478 | 0.0063 | 0.0001 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.2026 | 0.0990 | 0.0192 | 0.0006 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.3046 | 0.1699 | 0.0440 | 0.0024 | 0.0001 | — | 0.0004 | — | — | 0.0001 | — | — |
| 2.50 | 0.4125 | 0.2561 | 0.0828 | 0.0074 | 0.0007 | — | 0.0018 | 0.0001 | — | 0.0003 | — | — |
| 2.75 | 0.5177 | 0.3512 | 0.1357 | 0.0175 | 0.0023 | — | 0.0052 | 0.0004 | — | 0.0012 | — | — |
| 3.00 | 0.6136 | 0.4485 | 0.2010 | 0.0347 | 0.0061 | 0.0001 | 0.0124 | 0.0013 | — | 0.0034 | 0.0002 | — |
| 3.25 | 0.6971 | 0.5421 | 0.2759 | 0.0605 | 0.0134 | 0.0004 | 0.0249 | 0.0036 | — | 0.0082 | 0.0007 | — |
| 3.50 | 0.7668 | 0.6279 | 0.3567 | 0.0954 | 0.0258 | 0.0012 | 0.0441 | 0.0081 | 0.0001 | 0.0169 | 0.0019 | — |
| 3.75 | 0.8231 | 0.7032 | 0.4394 | 0.1391 | 0.0441 | 0.0031 | 0.0707 | 0.0161 | 0.0005 | 0.0305 | 0.0046 | — |
| 4.00 | 0.8675 | 0.7670 | 0.5204 | 0.1908 | 0.0692 | 0.0067 | 0.1049 | 0.0285 | 0.0013 | 0.0499 | 0.0094 | 0.0002 |
| 4.25 | 0.9018 | 0.8198 | 0.5969 | 0.2492 | 0.1013 | 0.0128 | 0.1465 | 0.0461 | 0.0030 | 0.0758 | 0.0173 | 0.0005 |
| 4.50 | 0.9278 | 0.8623 | 0.6664 | 0.3123 | 0.1399 | 0.0222 | 0.1946 | 0.0693 | 0.0061 | 0.1081 | 0.0290 | 0.0012 |
| 4.75 | 0.9474 | 0.8959 | 0.7283 | 0.3786 | 0.1847 | 0.0357 | 0.2483 | 0.0985 | 0.0112 | 0.1466 | 0.0452 | 0.0027 |
| 5.00 | 0.9619 | 0.9220 | 0.7814 | 0.4457 | 0.2345 | 0.0535 | 0.3060 | 0.1332 | 0.0190 | 0.1905 | 0.0661 | 0.0053 |

— は破損率 2～3%の線

(2) ガードケーブル

ガードケーブルの破損率を表 3-31～表 3-35に示す。

表 3-31 ガードケーブルブラケット破損率

| 型式 支間(m) H _s (m) | 標準型 A, B, C, S 共通 | | | | 耐 雪 型 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|--------|--------|---|---|--------|--------|--------|---|--------|---|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | A | | | | B | | | | C | | | | S | | |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0055 | 0.0007 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0239 | 0.0085 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.0568 | 0.0278 | 0.0085 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.1077 | 0.0597 | 0.0200 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.1744 | 0.1064 | 0.0498 | 0.0127 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.2531 | 0.1666 | 0.0873 | 0.0281 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.75 | 0.3395 | 0.2372 | 0.1362 | 0.0511 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.00 | 0.4289 | 0.3153 | 0.1940 | 0.0834 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.25 | 0.5165 | 0.3968 | 0.2604 | 0.1241 | 0.0205 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.50 | 0.5988 | 0.4788 | 0.3315 | 0.1721 | 0.0347 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.0234 | — | — | — | — | — |
| 3.75 | 0.6725 | 0.5580 | 0.4052 | 0.2265 | 0.0541 | 0.0237 | — | — | — | — | — | — | — | 0.0393 | — | — | — | — | — |
| 4.00 | 0.7381 | 0.6311 | 0.4793 | 0.2854 | 0.0813 | 0.0375 | — | — | — | 0.0247 | — | — | — | 0.0392 | 0.0588 | 0.0262 | — | — | — |
| 4.25 | 0.7932 | 0.6972 | 0.5503 | 0.3476 | 0.1127 | 0.0567 | — | — | — | 0.0588 | 0.0252 | — | — | 0.0863 | 0.0400 | — | — | — | — |
| 4.50 | 0.8395 | 0.7553 | 0.6183 | 0.4124 | 0.1491 | 0.0807 | 0.0299 | — | — | 0.0830 | 0.0386 | — | — | 0.1172 | 0.0594 | — | — | — | — |
| 4.75 | 0.8761 | 0.8046 | 0.6807 | 0.4780 | 0.1898 | 0.1091 | 0.0439 | — | — | 0.1122 | 0.0561 | — | — | 0.1529 | 0.0832 | 0.0311 | — | 0.0351 | — |
| 5.00 | 0.9060 | 0.8461 | 0.7363 | 0.5398 | 0.2340 | 0.1416 | 0.0633 | — | — | 0.1452 | 0.0780 | — | — | 0.1922 | 0.1104 | 0.0456 | — | 0.0507 | — |

— は破損率 2～3%の線

表 3-32 ガードケーブルS種支柱基礎破損率

| 種 別 | 基礎 支間(m) H _S (m) | 土 中 | | □400 × 250 | | □450 × 300 | | □500 × 350 | |
|--------|-----------------------------------|--------|--------|------------|--------|------------|---|------------|---|
| | | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| S | 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0.75 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1.00 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1.25 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1.50 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1.75 | 0.0091 | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2.00 | 0.0208 | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2.25 | 0.0526 | 0.0134 | — | — | — | — | — | — |
| | 2.50 | 0.0916 | 0.0296 | — | — | — | — | — | — |
| | 2.75 | 0.1420 | 0.0536 | — | — | — | — | — | — |
| | 3.00 | 0.2017 | 0.0869 | — | — | — | — | — | — |
| | 3.25 | 0.2689 | 0.1289 | — | — | — | — | — | — |
| | 3.50 | 0.3410 | 0.1779 | — | — | — | — | — | — |
| | 3.75 | 0.4150 | 0.2331 | 0.0246 | — | — | — | — | — |
| | 4.00 | 0.4893 | 0.2926 | 0.0400 | — | — | — | — | — |
| | 4.25 | 0.5607 | 0.3560 | 0.0598 | — | 0.0275 | — | — | — |
| | 4.50 | 0.6287 | 0.4213 | 0.0346 | — | 0.0416 | — | — | — |
| | 4.75 | 0.6907 | 0.4877 | 0.1137 | 0.0351 | 0.0609 | — | 0.0287 | — |
| | 5.00 | 0.6902 | 0.5489 | 0.1471 | 0.0507 | 0.0820 | — | 0.0421 | — |

—— 破損率 2~3%の線

表 3-33 ガードケーブルA種支柱基礎破損率

| 根巻 支間(m) H _S (m) | 土 中 | | | | □400 × 250 | | | | □450 × 300 | | | | □500 × 350 | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|---|------------|--------|--------|---|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0002 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0058 | 0.0022 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0257 | 0.0091 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.0607 | 0.0299 | 0.0091 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.1139 | 0.0636 | 0.0208 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.1829 | 0.1123 | 0.0526 | 0.0134 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.2633 | 0.1740 | 0.0916 | 0.0296 | 0.0007 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.75 | 0.3509 | 0.2464 | 0.1420 | 0.0536 | 0.0196 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.00 | 0.4414 | 0.3255 | 0.2017 | 0.0869 | 0.0353 | 0.0146 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.25 | 0.5293 | 0.4076 | 0.2689 | 0.1289 | 0.0609 | 0.0268 | — | — | 0.0291 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.50 | 0.6111 | 0.4903 | 0.3410 | 0.1779 | 0.0920 | 0.0451 | — | — | 0.0465 | 0.0196 | — | — | 0.0226 | — | — | — |
| 3.75 | 0.6845 | 0.5693 | 0.4150 | 0.2331 | 0.1296 | 0.0694 | 0.0246 | — | 0.0732 | 0.0324 | — | — | 0.0368 | — | — | — |
| 4.00 | 0.7488 | 0.6420 | 0.4893 | 0.2926 | 0.1737 | 0.0992 | 0.0400 | — | 0.1044 | 0.0511 | — | — | 0.0571 | 0.0240 | — | — |
| 4.25 | 0.8020 | 0.7073 | 0.5607 | 0.3560 | 0.2223 | 0.1349 | 0.0598 | — | 0.1409 | 0.0746 | 0.0275 | — | 0.0824 | 0.0366 | — | — |
| 4.50 | 0.8466 | 0.7644 | 0.6287 | 0.4213 | 0.2752 | 0.1752 | 0.0846 | — | 0.1823 | 0.1030 | 0.0416 | — | 0.1121 | 0.0556 | — | — |
| 4.75 | 0.8822 | 0.8130 | 0.6902 | 0.4877 | 0.3307 | 0.2196 | 0.1137 | 0.0351 | 0.2275 | 0.1358 | 0.0609 | — | 0.1470 | 0.0764 | 0.0287 | — |
| 5.00 | 0.9105 | 0.8529 | 0.7451 | 0.5489 | 0.3874 | 0.2672 | 0.1471 | 0.0507 | 0.2761 | 0.1726 | 0.0820 | — | 0.1852 | 0.1046 | 0.0421 | — |

—— 破損率 2~3%の線

表3-34 ガードケーブルB種支柱基礎破損率

| 基礎 支間(m) H ₅ (m) | 土 中 | | | | □400 × 250 | | | | □450 × 300 | | | | □500 × 350 | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|---|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0007 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0093 | 0.0027 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0368 | 0.0179 | 0.0049 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0891 | 0.0511 | 0.0206 | 0.0041 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.1661 | 0.1059 | 0.0512 | 0.0128 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.2603 | 0.1788 | 0.0989 | 0.0247 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.3641 | 0.2675 | 0.1625 | 0.0674 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.4688 | 0.3632 | 0.2383 | 0.1136 | 0.0166 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.75 | 0.5678 | 0.4607 | 0.3226 | 0.1700 | 0.0334 | 0.0130 | — | — | 0.0130 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.00 | 0.6563 | 0.5538 | 0.4104 | 0.2368 | 0.0574 | 0.0253 | — | — | 0.0253 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.25 | 0.7322 | 0.6387 | 0.4979 | 0.3092 | 0.0896 | 0.0438 | — | — | 0.0438 | 0.0181 | — | — | 0.0190 | — | — | — |
| 3.50 | 0.7947 | 0.7129 | 0.5805 | 0.3852 | 0.1294 | 0.0692 | 0.0249 | 0 | 0.0692 | 0.0312 | — | — | 0.0325 | — | — | — |
| 3.75 | 0.8450 | 0.7761 | 0.6561 | 0.4619 | 0.1752 | 0.1009 | 0.0419 | 0 | 0.1009 | 0.0501 | — | — | 0.0500 | 0.0215 | — | — |
| 4.00 | 0.8946 | 0.8274 | 0.7228 | 0.5372 | 0.2273 | 0.1383 | 0.0639 | 0 | 0.1383 | 0.0747 | 0.0271 | — | 0.0772 | 0.0342 | — | — |
| 4.25 | 0.9142 | 0.8687 | 0.7802 | 0.6088 | 0.2831 | 0.1817 | 0.0907 | 0.0258 | 0.1917 | 0.1040 | 0.0426 | — | 0.1075 | 0.0529 | — | — |
| 4.50 | 0.9373 | 0.9014 | 0.8274 | 0.6738 | 0.3420 | 0.2296 | 0.1225 | 0.0393 | 0.2296 | 0.1392 | 0.0624 | — | 0.1431 | 0.0754 | 0.0282 | — |
| 4.75 | 0.9542 | 0.9265 | 0.8665 | 0.7318 | 0.4034 | 0.2803 | 0.1589 | 0.0571 | 0.2803 | 0.1781 | 0.0867 | — | 0.1827 | 0.1030 | 0.0418 | — |
| 5.00 | 0.9671 | 0.9456 | 0.8979 | 0.7826 | 0.4654 | 0.3337 | 0.1992 | 0.0791 | 0.3337 | 0.2210 | 0.1151 | 0.0351 | 0.2262 | 0.1343 | 0.0594 | — |

—— 破損率2~3%の線

表3-35 ガードケーブルC種支柱基礎破損率

| 基礎 支間(m) H ₅ (m) | 土 中 | | | | □400 × 250 | | | | □450 × 300 | | | | □500 × 350 | | | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|---|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0008 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0105 | 0.0029 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.0404 | 0.0196 | 0.0055 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0961 | 0.0551 | 0.0239 | 0.0050 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.75 | 0.1759 | 0.1125 | 0.0568 | 0.0141 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.00 | 0.2729 | 0.1889 | 0.1077 | 0.0397 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.25 | 0.3781 | 0.2791 | 0.1744 | 0.0756 | 0.0075 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.50 | 0.4841 | 0.3762 | 0.2531 | 0.1245 | 0.0178 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2.75 | 0.5829 | 0.4745 | 0.3395 | 0.1847 | 0.0351 | 0.0138 | — | — | 0.0134 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.00 | 0.6700 | 0.5677 | 0.4289 | 0.2538 | 0.0599 | 0.0263 | — | — | 0.0256 | — | — | — | — | — | — | — |
| 3.25 | 0.7444 | 0.6515 | 0.5165 | 0.3290 | 0.0932 | 0.0461 | 0.0148 | — | 0.0447 | 0.0185 | — | — | 0.0195 | — | — | — |
| 3.50 | 0.8047 | 0.7244 | 0.5988 | 0.4064 | 0.1338 | 0.0719 | 0.0266 | — | 0.0706 | 0.0320 | — | — | 0.0331 | — | — | — |
| 3.75 | 0.8530 | 0.7858 | 0.6725 | 0.4843 | 0.1808 | 0.1044 | 0.0436 | — | 0.1027 | 0.0511 | — | — | 0.0514 | 0.0226 | — | — |
| 4.00 | 0.8907 | 0.8356 | 0.7381 | 0.5593 | 0.2337 | 0.1428 | 0.0661 | — | 0.1406 | 0.0760 | 0.0282 | — | 0.0785 | 0.0358 | — | — |
| 4.25 | 0.9200 | 0.8754 | 0.7932 | 0.6298 | 0.2904 | 0.1869 | 0.0936 | 0.0269 | 0.1842 | 0.1057 | 0.0440 | — | 0.1092 | 0.0548 | — | — |
| 4.50 | 0.9409 | 0.9067 | 0.8395 | 0.6930 | 0.3495 | 0.2349 | 0.1261 | 0.0407 | 0.2320 | 0.1411 | 0.0645 | — | 0.1451 | 0.0784 | 0.0287 | — |
| 4.75 | 0.9573 | 0.9307 | 0.8761 | 0.7497 | 0.4117 | 0.2867 | 0.1630 | 0.0590 | 0.2835 | 0.1804 | 0.0891 | — | 0.1851 | 0.1061 | 0.0424 | — |
| 5.00 | 0.9694 | 0.9488 | 0.9060 | 0.7983 | 0.4745 | 0.3406 | 0.2040 | 0.0814 | 0.3371 | 0.2235 | 0.1181 | 0.0363 | 0.2288 | 0.1379 | 0.0604 | — |

—— 破損率2~3%の線

(3) ガードパイプ

ガードパイプの破損率を表3-36～表3-38に示す。

表3-36 ガードパイプビーム破損率

| 種別 支間(m) H ₅ (m) | A 種 | | B 種 | | C 種 | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 0.50 | — | — | 0.0001 | — | 0.0007 | — |
| 0.75 | — | — | 0.0053 | — | 0.0134 | — |
| 1.00 | 0.0007 | — | 0.0298 | — | 0.0559 | — |
| 1.25 | 0.0053 | — | 0.0810 | — | 0.1304 | 0.0002 |
| 1.50 | 0.0188 | — | 0.1565 | 0.0002 | 0.2292 | 0.0016 |
| 1.75 | 0.0449 | — | 0.2498 | 0.0012 | 0.3417 | 0.0066 |
| 2.00 | 0.0842 | — | 0.3535 | 0.0045 | 0.4572 | 0.0177 |
| 2.25 | 0.1354 | 0.0001 | 0.4590 | 0.0120 | 0.5658 | 0.0368 |
| 2.50 | 0.1963 | 0.0003 | 0.5594 | 0.0251 | 0.6617 | 0.0645 |
| 2.75 | 0.2646 | 0.0011 | 0.6497 | 0.0449 | 0.7420 | 0.1005 |
| 3.00 | 0.3377 | 0.0029 | 0.7272 | 0.0713 | 0.8067 | 0.1437 |
| 3.25 | 0.4134 | 0.0066 | 0.7913 | 0.1041 | 0.8573 | 0.1929 |
| 3.50 | 0.4890 | 0.0128 | 0.8428 | 0.1425 | 0.8959 | 0.2468 |
| 3.75 | 0.5621 | 0.0221 | 0.8830 | 0.1854 | 0.9247 | 0.3042 |
| 4.00 | 0.6307 | 0.0350 | 0.9138 | 0.2320 | 0.9460 | 0.3640 |
| 4.25 | 0.6934 | 0.0515 | 0.9371 | 0.2815 | 0.9615 | 0.4250 |
| 4.50 | 0.7491 | 0.0716 | 0.9544 | 0.3330 | 0.9726 | 0.4859 |
| 4.75 | 0.7975 | 0.0951 | 0.9672 | 0.3861 | 0.9807 | 0.5459 |
| 5.00 | 0.8385 | 0.1214 | 0.9764 | 0.4396 | 0.9864 | 0.6035 |

—破損率2～3%の線

表3-37 ガードパイプブラケット破損率

| 種別 支間(m) H ₅ (m) | A 種 | | | | B, C 型 | |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 標準型 | | 耐雪型 | | 耐雪型 | |
| | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 0.50 | 0.0020 | — | — | — | — | — |
| 0.75 | 0.0253 | 0.0012 | — | — | — | — |
| 1.00 | 0.0871 | 0.0112 | — | — | — | — |
| 1.25 | 0.1832 | 0.0392 | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.3006 | 0.0882 | 0.0001 | — | 0.0003 | — |
| 1.75 | 0.4249 | 0.1558 | 0.0007 | — | 0.0016 | — |
| 2.00 | 0.5438 | 0.2378 | 0.0028 | — | 0.0058 | — |
| 2.25 | 0.6483 | 0.3286 | 0.0082 | — | 0.0146 | — |
| 2.50 | 0.7352 | 0.4230 | 0.0183 | 0.0001 | 0.0297 | 0.0002 |
| 2.75 | 0.8042 | 0.5157 | 0.0343 | 0.0003 | 0.0518 | 0.0008 |
| 3.00 | 0.8573 | 0.6024 | 0.0566 | 0.0009 | 0.0808 | 0.0022 |
| 3.25 | 0.8973 | 0.6802 | 0.0851 | 0.0023 | 0.1161 | 0.0051 |
| 3.50 | 0.9267 | 0.7474 | 0.1192 | 0.0051 | 0.1570 | 0.0102 |
| 3.75 | 0.9480 | 0.8036 | 0.1580 | 0.0099 | 0.2022 | 0.0182 |
| 4.00 | 0.9633 | 0.8494 | 0.2008 | 0.0173 | 0.2510 | 0.0294 |
| 4.25 | 0.9742 | 0.8859 | 0.2468 | 0.0276 | 0.3026 | 0.0442 |
| 4.50 | 0.9820 | 0.9144 | 0.2951 | 0.0410 | 0.3559 | 0.0624 |
| 4.75 | 0.9874 | 0.9364 | 0.3454 | 0.0576 | 0.4105 | 0.0841 |
| 5.00 | 0.9912 | 0.9531 | 0.3966 | 0.0772 | 0.4653 | 0.1086 |

—破損率2～3%の線

表3-38 ガードパイプ支柱基礎破損率

| 種別 基礎 支間(m) H ₅ (m) | A 種 | | | | B 種 | | | | C 種 | | | |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------|--------------|--------|
| | 土 中 | | □400×400×250 | | 土 中 | | □400×400×250 | | 土 中 | | □400×400×250 | |
| | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 0.50 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.75 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.25 | — | — | — | — | 0.0003 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1.50 | 0.0001 | — | — | — | 0.0026 | — | — | — | 0.0006 | — | — | — |
| 1.75 | 0.0007 | — | — | — | 0.0099 | — | — | — | 0.0159 | — | — | — |
| 2.00 | 0.0031 | — | — | — | 0.0261 | 0.0001 | — | — | 0.0407 | 0.0002 | — | — |
| 2.25 | 0.0092 | — | — | — | 0.0533 | 0.0006 | — | — | 0.0816 | 0.0012 | — | — |
| 2.50 | 0.0211 | — | — | — | 0.0923 | 0.0022 | — | — | 0.1389 | 0.0042 | — | — |
| 2.75 | 0.0405 | 0.0002 | — | — | 0.1422 | 0.0060 | 0.0001 | — | 0.2104 | 0.0109 | 0.0001 | — |
| 3.00 | 0.0680 | 0.0008 | 0.0001 | — | 0.2015 | 0.0133 | 0.0002 | — | 0.2920 | 0.0233 | 0.0004 | — |
| 3.25 | 0.1036 | 0.0022 | 0.0003 | — | 0.2681 | 0.0252 | 0.0008 | — | 0.3794 | 0.0428 | 0.0013 | — |
| 3.50 | 0.1468 | 0.0052 | 0.0008 | — | 0.3396 | 0.0425 | 0.0021 | — | 0.4675 | 0.0706 | 0.0034 | — |
| 3.75 | 0.1963 | 0.0104 | 0.0020 | — | 0.4135 | 0.0656 | 0.0047 | — | 0.5522 | 0.1067 | 0.0076 | — |
| 4.00 | 0.2510 | 0.0187 | 0.0043 | — | 0.4872 | 0.0945 | 0.0092 | — | 0.6302 | 0.1509 | 0.0147 | — |
| 4.25 | 0.3097 | 0.0306 | 0.0084 | — | 0.5587 | 0.1287 | 0.0162 | — | 0.6998 | 0.2023 | 0.0256 | — |
| 4.50 | 0.3708 | 0.0464 | 0.0146 | — | 0.6258 | 0.1676 | 0.0261 | — | 0.7599 | 0.2595 | 0.0411 | 0.0001 |
| 4.75 | 0.4333 | 0.0664 | 0.0237 | — | 0.6874 | 0.2107 | 0.0394 | 0.0001 | 0.8106 | 0.3211 | 0.0617 | 0.0002 |
| 5.00 | 0.4953 | 0.0904 | 0.0358 | 0.0001 | 0.7421 | 0.2569 | 0.0560 | 0.0003 | 0.8523 | 0.3851 | 0.0875 | 0.0005 |

—破損率2～3%の線

第4章 経済性の検討

経済性については、各防護柵形式に対し比較的費用のかかる支柱間隔と根巻き寸法の組み合わせについて、初期設置費 (C_0) と平均供用年数における予想補修費 (C_1) を合計した総費用 (C) を算出して比較検討を行う。(4-1)式に総費用を求める一般式を示す。

$$C = C_0 \cdot (1+r)^n + \sum_{i=1}^n C_1 \cdot X \cdot (1+r)^{n-i} \dots\dots\dots (4-1)$$

- C : 総費用
- C_0 : 防護柵の設置単価
- C_1 : 防護柵の補修単価
- r : 利子率 (0.06)
- n : 防護柵の供用年数 (15年)
- X : 防護柵の毎年の破損確率

ただし、

$$X = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2(h) dh$$

$x_1(h)$: 設置場所における最大積雪深の確率密度関数

$x_2(h)$: 最大積雪深が h の時、防護柵の破損する確率

4.1 工事歩掛り

ここでは各種防護柵の耐雪型を設置する場合の歩掛りについて検討する。

なお、工事費等を積算するための工事歩掛りおよび施工量は、建設省土木積算基準 (建設物価調査会、昭和59年度版) を参考とした。対象とする防護柵は土中建込用ガードレール、ガードケーブル、ガードパイプで塗装仕上げとし、いずれも200m一連を基本としている。

なお、ここでは各種防護柵の耐雪型を設置する場合について示す。

4.1.1 ガードレール

(1) 防護柵の部材内訳

200m一連をベースとした場合の支間別のガードレール部材内訳を表4-1に示す。

表4-1 ガードレール部材内訳

| 項目 | ビーム(枚) | 支柱(本) | ブラケット(個) | 巻袖ビーム(枚) | ボルト・ナット(本) | |
|----------------------------|--------|-------|----------|----------|------------|--------------|
| | | | | | M20 | M16 |
| 4.0m支間 201m/連 50スパン | 50 | 51 | 51 | 2 | 51 | 492 (306) |
| 3.0m支間 202m/連 67スパン | 67 | 68 | 68 | 2 | 68 | 672 (408) |
| 2.0m支間 202m/連 100スパン | 50 | 101 | 101 | 2 | 101 | 602 (406) |

()内はB, C種の数量

(2) ビーム取付歩掛

支間別のビーム長と、各々の取付歩掛を表4-2に示す。

表4-2 ビーム取付歩掛(A, B, C種共通, 100m当り)

| 支間(m) | ビーム長(mm) | 普通作業員(人) |
|-------|----------|----------|
| 4.0 | 4330 | 5.0 |
| 3.0 | 3330 | 5.5 |
| 2.0 | 4330 | 6.0 |

(3) 支柱設置歩掛

支柱設置は機械打込とし、支間別の歩掛を表4-3に示す。

表4-3 支柱設置歩掛(A, B, C種, 100m当り)

| 項目 | 支柱間隔(m) | | |
|-------|---------|-------|-------|
| | 4.0 | 3.0 | 2.0 |
| 打込機 | 4.1Hr | 5.6Hr | 8.3Hr |
| 世話役 | 0.5人 | 0.7人 | 1.0人 |
| 普通作業員 | 1.9人 | 2.5人 | 3.7人 |

(4) コンクリート根巻施工量および歩掛

コンクリート根巻寸法および施工量を表4-4に示す。

コンクリート根巻1個当りの施工量を表4-5に示す。また、その時のコンクリート根巻施工歩掛と型枠歩掛をそれぞれ表4-6, 表4-7に示す。

表4-4 コンクリート根巻寸法および施工量

| 名称 | 規格 | 単位 | 施 工 量 | | |
|---------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | □400×400×250 | □450×450×300 | □500×500×350 |
| 床 掘 | 人 力 | m ² | 0.17 | 0.24 | 0.33 |
| 埋 戻 し | 人 力 | " | 0.11 | 0.15 | 0.21 |
| 基 礎 砕 石 | — | " | 0.023 | 0.029 | 0.034 |
| コンクリート | 小型II 160-5-40 | " | 0.036 | 0.056 | 0.082 |
| 型 枠 | 小 型 (III) | m ² | 0.4 | 0.54 | 0.7 |
| 鉄 筋 | D 16 | kg | 0.47 | 0.55 | — |
| | D 19 | " | — | — | 0.9 |

表4-5 コンクリート根巻1個当りの施工量

| 項 目 | | 単位 | コンクリート根巻寸法 (cm) | | | |
|-------|-------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|-------|
| | | | □40×40×25 | □45×45×30 | □50×50×35 | |
| 材 料 | 生コンクリート | m ³ | 0.036 | 0.056 | 0.082 | |
| | 耐 水 合 板 | 枚 | 0.26 | 0.351 | 0.455 | |
| | 角 材 | m ² | 0.0048 | 0.0065 | 0.008 | |
| | 洋 釘 | kg | 0.04 | 0.054 | 0.07 | |
| | 砕 石 | m ³ | 0.023 | 0.029 | 0.034 | |
| | 鉄 筋 | kg | 0.47 | 0.55 | 0.9 | |
| 施 工 | 掘 削 | 普通作業員 | 人 | 0.066 | 0.094 | 0.129 |
| | | 世 話 役 | " | 0.003 | 0.004 | 0.006 |
| | コンクリート打込手間 | 特殊作業員 | " | 0.013 | 0.02 | 0.03 |
| | | 普通作業員 | " | 0.013 | 0.02 | 0.03 |
| | 埋 込 型 枠 (製組解体) | 普通作業員 | " | 0.018 | 0.024 | 0.034 |
| | | 世 話 役 | " | 0.012 | 0.016 | 0.021 |
| | | 型 枠 工 | " | 0.1 | 0.135 | 0.175 |
| 普通作業員 | | " | 0.108 | 0.146 | 0.189 | |

表4-6 コンクリート根巻施工歩掛

| 項 目 | 労 力 (人/m ²) | | |
|------------|-------------------------|-------|-------|
| | 世 話 役 | 特殊作業員 | 普通作業員 |
| 掘 削 | — | — | 0.39 |
| コンクリート打込手間 | 0.07 | 0.36 | 0.36 |
| 埋 戻 し | — | — | 0.16 |

表4-7 型枠歩掛

| 製作 | | (㎡当り) | | |
|------------------------|-------------|---------|--------|--------|
| 耐水合板 (90×180×1.2cm) | 角材 (杉2等) | 洋釘 | 型枠工 | 普通作業員 |
| 0.65 枚 | 0.012 ㎡ | 0.10 kg | 0.10 人 | 0.05 人 |

| 組立・解体 | | | (人/㎡) |
|-------|------|-------|-------|
| 世話役 | 型枠工 | 普通作業員 | |
| 0.03 | 0.15 | 0.22 | |

4.1.2 ガードケーブル

(1) ケーブル取付歩掛

各種別ごとのケーブル取付歩掛を表4-8に示す。

表4-8 ケーブル取付歩掛(1m当り)

| 種別 | 職種 | 普通作業員 |
|----|----|----------|
| A | | 0.05 人/m |
| B | | 0.04 人/m |
| C | | 0.03 人/m |
| S | | 0.06 人/m |

注) ケーブル取付歩掛には、ケーブル引伸し、取付、ブラケット取付等を含む。

(2) 中間支柱設置歩掛

中間支柱の設置は機械打込とし、その場合の歩掛を表4-9に示す。

中間支柱の機械打込設置歩掛はガードレール設置工に準ずるため、ガードレールの支柱間隔4mを基準にして、1本当りの設置歩掛を求めた。

表4-9 中間支柱設置歩掛

(1本当り)

| 種別 | 労力(人) | | 支柱打込機械の 作業能力C(h) |
|-------------|-------|-------|---------------------|
| | 世話役 | 普通作業員 | |
| A, B, C, S種 | 0.02 | 0.072 | 0.152 |

(3) コンクリート根巻施工量および歩掛

コンクリート根巻の施工量および歩掛は、4.1.1 ガードレールの項の(4)と同様とする。

(4) 端末支柱基礎設置歩掛

各種別の端末コンクリート基礎寸法および施工量を表4-10に示す。

端末基礎1基当りの施工歩掛を表4-11に示す。その時のコンクリート施工歩掛および型枠歩掛は4.1.1 ガードレールの項の(4)と同様とする。

表4-10 コンクリート基礎寸法および施工量

| 名称 | 規格 | 単位 | 施 工 量 | | | |
|--------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | A 種 | B 種 | C 種 | S 種 |
| | | | 0.7×1.5×4.2(m) | 0.6×1.2×3.3(m) | 0.6×1.0×3.0(m) | 0.7×1.6×5.0(m) |
| 床 掘 | 人 力 | m ² | 15.62 | 8.82 | 6.38 | 19.76 |
| 埋 戻し | 人 力 | " | 10.42 | 5.88 | 4.07 | 13.22 |
| 栗 石 | — | " | 0.79 | 0.56 | 0.51 | 0.94 |
| コンクリート | 小型Ⅱ 160-5-40 | " | 4.41 | 2.38 | 1.80 | 5.60 |
| 型 枠 | 小 型 Ⅱ | m ² | 14.70 | 9.36 | 7.20 | 18.24 |

表4-11 端末支柱基礎1基当りの施工量および歩掛

| 名 称 | | 単位 | 種 別 | | | | |
|-----|----------------|----------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | | A 種 | B 種 | C 種 | S 種 | |
| 材 料 | 生コンクリート | m ³ | 4.41 | 2.38 | 1.80 | 5.60 | |
| | 栗 石 | " | 0.79 | 0.56 | 0.51 | 0.94 | |
| | 耐 水 合 板 | 枚 | 9.555 | 6.084 | 4.68 | 11.856 | |
| | 角 材 | m ² | 0.176 | 0.112 | 0.086 | 0.219 | |
| | 洋 釘 | kg | 1.47 | 0.936 | 0.72 | 1.824 | |
| 施 工 | 掘 削 | 普通作業員 | 人 | 6.092 | 3.44 | 2.488 | 7.706 |
| | 栗 石 敷 均し | 普通作業員 | " | 0.198 | 0.14 | 0.128 | 0.235 |
| | | 小 器 材 | 式 | 0.79 | 0.56 | 0.51 | 0.94 |
| | コンクリート 打込手間 | 世 話 役 | 人 | 0.309 | 0.167 | 0.126 | 0.392 |
| | | 特殊作業員 | " | 1.588 | 0.857 | 0.648 | 2.016 |
| | | 普通作業員 | " | 1.588 | 0.857 | 0.648 | 2.016 |
| | 埋 床 | 普通作業員 | " | 1.667 | 0.941 | 0.651 | 2.115 |
| | 型 枠 | 世 話 役 | " | 0.441 | 0.281 | 0.216 | 0.547 |
| | | 型 枠 工 | " | 3.675 | 2.34 | 1.80 | 4.56 |
| | | 普通作業員 | " | 3.969 | 2.527 | 1.944 | 4.925 |
| | 端末支柱建 | 普通作業員 | " | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| | 補助中間 支柱建込 | 普通作業員 | " | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |

4.1.3 ガードパイプ

(1) 部材内訳

200 m一連をベースとした場合の支間別のガードパイプ部材内訳を表4-12に示す。

表4-12 ガードパイプ部材内訳

| 項目 | ビーム (本) | 支柱 (本) | ブラケット (個) | インナー スリーブ (個) | 袖パイプ (本) | ボルト・ナット(本) | |
|--------------------------------|------------|-----------|--------------|---------------------|-------------|--------------|------------|
| | | | | | | M16×165(140) | M16×80(70) |
| 2 m 支間 200 m / 連 100 スパン | 300 | 101 | 303 | 297 | 6 | 303 | 1503 |
| 1 m 支間 200 m / 連 200 スパン | 600 | 201 | 603 | 597 | 6 | 603 | 3003 |

()内はB, C種

(2) ビームパイプ取付歩掛

支間別のビーム長と、各々の取付歩掛を表4-13に示す。

表4-13 ビームパイプ取付歩掛

(100 m 当り)

| 支間 (m) | ビーム長さ (ABC 共通) (mm) | 普通作業員 (人) |
|-----------|------------------------|--------------|
| 2 | 1936 | 6.0 |
| 1 | 936 | 12.0 |

注) 耐雪型ガードパイプは、中間ブラケットを使用しない事を標準とする。

(3) 支柱設置歩掛

支柱設置は機械打込とし、その場合の歩掛を表4-14に示す。

表4-14 支柱設置歩掛

(A, B, C種 100 m 当り)

| 項目 | 単位 | 支柱間隔 (m) | |
|-------|----|----------|------|
| | | 2.0 | 1.0 |
| 打込機 | Hr | 8.3 | 16.4 |
| 世話役 | 人 | 1.0 | 2.0 |
| 普通作業員 | 人 | 3.7 | 7.3 |

(4) コンクリート根巻施工量および歩掛

コンクリート根巻の施工量および歩掛は4.1.1 ガードレールの項の(4)と同様とする。

4.2 設置費用と補修費用

4.1 項における施工量および施工歩掛と、建設物価(昭和59年5月版)より、労務費および部材単価の

積み上げで1 m当りの直接工事費について積算を行った。積算は200 m一連を基本とした。なお、ここの積算は耐雪型について示す。

4.2.1 ガードレール

3.2.2項図3-16に示す耐雪型ガードレールブラケットを使用した場合の設置費を表4-15に示す。また、ビーム、耐雪型ブラケットおよび支柱基礎の補修費をそれぞれ表4-16～表4-18に示す。

表4-15 ガードレール設置費 (C_0) (円/m)

| 種別 | ビーム | 支間 (m) | 根巻なし | コンクリート根巻 | | |
|----|-----|-----------|--------|----------|----------|----------|
| | | | | □400×250 | □450×300 | □500×350 |
| A | A | 4 | 9,078 | 10,195 | 10,628 | 11,158 |
| | | 3 | 10,549 | 12,030 | 12,605 | 13,309 |
| | | 2 | 12,650 | 14,361 | 15,720 | 16,777 |
| B | B | 4 | 6,978 | 8,095 | 8,529 | 9,058 |
| | | 3 | 8,140 | 9,621 | 10,196 | 10,900 |
| | | 2 | 9,929 | 12,140 | 12,999 | 14,049 |
| | A | 4 | 8,453 | 9,570 | 10,003 | 10,533 |
| | | 3 | 9,764 | 11,245 | 11,820 | 12,524 |
| | | 2 | 11,414 | 13,625 | 14,484 | 15,534 |
| C | C | 4 | 5,991 | 7,108 | 7,541 | 8,071 |
| | | 3 | 6,918 | 8,399 | 8,974 | 9,670 |
| | | 2 | 8,850 | 11,061 | 11,920 | 12,970 |
| | B | 4 | 6,884 | 8,001 | 8,434 | 8,964 |
| | | 3 | 8,015 | 9,496 | 10,071 | 10,775 |
| | | 2 | 9,743 | 11,954 | 12,813 | 13,863 |
| | A | 4 | 8,360 | 19,497 | 9,910 | 10,440 |
| | | 3 | 9,597 | 11,078 | 11,653 | 12,357 |
| | | 2 | 11,228 | 13,439 | 14,298 | 15,348 |

注) 耐雪型ブラケットを使用した場合

表4-16 ビームの補修費 (C_1')

(円/m)

| ビーム種別 | 支間 (m) | 補修費用 |
|-------|-----------|-------|
| A | 4 | 4,540 |
| | 3 | 4,656 |
| | 2 | 4,540 |
| B | 4 | 3,301 |
| | 3 | 3,387 |
| | 2 | 3,301 |
| C | 4 | 2,435 |
| | 3 | 2,499 |
| | 2 | 2,435 |

注) C_1' = ビーム材料費 - スクラップ費

表4-17 耐雪型ブラケットの補修費 (C_1')

(円/m)

| 種別 | 支間 (m) | 補修費用 |
|-------------|-----------|------|
| A, B, C, S種 | 4 | 274 |
| | 3 | 365 |
| | 2 | 547 |

注) C_1' = ブラケット材料費 - スクラップ費

表4-18 基礎の補修費用 (C₁)

(円/m)

| 根 巻 | | 支間 (m) | 種 別 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | | | A, B, C共通 |
| な し | | 4 | 1,383 |
| | | 3 | 1,707 |
| | | 2 | 2,240 |
| コン ク リ ー ト 根 巻 (mm) | 400 × 400 × 250 | 4 | 2,923 |
| | | 3 | 3,749 |
| | | 2 | 5,288 |
| | 450 × 450 × 300 | 4 | 3,515 |
| | | 3 | 4,736 |
| | | 2 | 6,463 |
| 500 × 500 × 350 | 4 | 4,241 | |
| | 3 | 5,499 | |
| | | 2 | 7,900 |

注) C₁ = (ビーム取付施工費 + 支柱施工費) × 1.5 + 根巻材料費
 但し、支柱施工費 = 支柱打込費 + 根巻施工費 支柱は再使用

4.2.2 ガードケーブル

3.2.2の図3-18, 図3-20に示す耐雪型ブラケットおよび端末補助中間支柱を使用した場合の設置費を表4-19に示す。また、支柱基礎の補修費を表4-20に示す。

表4-19 ガードケーブル設置費 (C₀)

(円/m)

| 種別 | 支間 (m) | 根巻なし | コンクリート根巻 | | |
|----|-----------|--------|------------|------------|------------|
| | | | □400 × 250 | □450 × 300 | □500 × 350 |
| A | 6 | 9,341 | 10,049 | 10,324 | 10,660 |
| | 5 | 10,089 | 10,943 | 11,275 | 11,680 |
| | 4 | 11,211 | 12,284 | 12,701 | 13,210 |
| | 3 | 13,082 | 14,520 | 15,078 | 15,760 |
| B | 6 | 7,764 | 7,472 | 7,747 | 8,083 |
| | 5 | 6,341 | 8,195 | 8,527 | 8,932 |
| | 4 | 8,207 | 9,280 | 9,696 | 10,206 |
| | 3 | 9,650 | 11,088 | 11,646 | 12,329 |
| C | 6 | 5,427 | 6,135 | 6,410 | 6,746 |
| | 5 | 5,919 | 6,773 | 7,104 | 7,509 |
| | 4 | 6,656 | 7,729 | 8,146 | 8,655 |
| | 3 | 7,886 | 9,324 | 9,882 | 10,565 |
| S | 4 | 13,073 | 14,146 | 14,562 | 15,072 |
| | 3 | 15,038 | 16,476 | 17,034 | 17,717 |

注) 耐雪型ブラケット, 端末補助中間支柱使用の場合

表4-20 基礎の補修費 (C₁)

(円/m)

| 根 | 巻 | 支間 (m) | 種 別 | | | |
|----------------------------------|----------|-----------|------|------|------|------|
| | | | A | B | C | S |
| な | し | 6 | 1099 | 968 | 838 | — |
| | | 5 | 1191 | 1060 | 930 | — |
| | | 4 | 1328 | 1198 | 1067 | 1459 |
| | | 3 | 1558 | 1427 | 1297 | 1688 |
| コン ク リ ー ト 根 巻 | □400×250 | 6 | 2075 | 1945 | 1814 | — |
| | | 5 | 2368 | 2238 | 2107 | — |
| | | 4 | 2808 | 2677 | 2547 | 2938 |
| | | 3 | 3540 | 3410 | 3279 | 3671 |
| | □450×300 | 6 | 2451 | 2320 | 2190 | — |
| | | 5 | 2821 | 2691 | 2560 | — |
| | | 4 | 3377 | 3247 | 3116 | 3508 |
| | | 3 | 4303 | 4173 | 4042 | 4434 |
| | □500×350 | 6 | 2911 | 2781 | 2650 | — |
| | | 5 | 3376 | 3246 | 3115 | — |
| | | 4 | 4074 | 3944 | 3813 | 4205 |
| | | 3 | 5238 | 5107 | 4977 | 5368 |

注) $C_1 = (\text{ケーブル張施工費} + \text{中間支柱施工費}) \times 1.5 + \text{根巻材料費}$
 但し、 中間支柱施工費 = 中間支柱打込費 + 根巻材料費
 支柱, ケーブルは再使用

4.2.3 ガードパイプ

3.2.2 項図3-19に示す耐雪型ブラケットを使用した場合の設置費を表4-21に示す。また、ビーム、耐雪型ブラケットおよび支柱基礎の補修費をそれぞれ表4-22～表4-24に示す。

表4-21 ガードパイプ設置費 (C₀)

(円/m)

| 種別 | 支間 (m) | 根 巻 な し | コンクリート根巻 □400×250 |
|----|-----------|---------|----------------------|
| A | 2 | 19,450 | 21,661 |
| | 1 | 33,466 | 37,867 |
| B | 2 | 15,001 | 17,212 |
| | 1 | 26,304 | 30,705 |
| C | 2 | 13,662 | 15,873 |
| | 1 | 24,470 | 28,871 |

注) 耐雪型ブラケットを
使用した場合

表4-22 ビームの補修費 (C₁')

| (円/m) | | |
|-------|--------|-------|
| ビーム種別 | 支間 (m) | 補修費用 |
| A | 2 | 1,707 |
| | 1 | 1,707 |
| B | 2 | 1,154 |
| | 1 | 1,154 |
| C | 2 | 888 |
| | 1 | 892 |

注) C₁' = ビーム材料費 - スクラップ費

表4-23 耐雪型ブラケットの補修費 (C₁')

| (円/m/ケ) | | |
|---------|--------|-------|
| 種 別 | 支間 (m) | 補修費用 |
| A | 2 | 802 |
| | 1 | 1,604 |
| B, C 共通 | 2 | 603 |
| | 1 | 1,205 |

注) C₁' = ブラケット材料費 - スクラップ費

表4-24 基礎の補修費 (C₁)

| (円/m) | | | |
|----------------------|--------|------------|--|
| 根 巻 | 支間 (m) | 種 別 | |
| | | A, B, C 共通 | |
| な し | 2 | 2,240 | |
| | 1 | 4,446 | |
| コンクリート根巻 □400×250 | 2 | 5,288 | |
| | 1 | 10,515 | |

注) C₁ = (ビーム取付施工費 + 支柱施工費) × 1.5 + 根巻材料費
 但し, 支柱施工費 = 支柱打込費 + 根巻施工費
 支柱は再使用

4.3 総費用

ある設置場所における最も経済的な防護柵とは、平均供用年数に対する総費用、つまり初期の設置費と予想補修費の合計が最小となるものである。防護柵の総費用(C)を求める一般式は(4-1)式に示した。これより(4-2)式にガードレール、ガードパイプ、(4-3)式にガードケーブルの総費用を求める式を示す。

4.3.1 ガードレール

2.3項の破損対策で述べたようにガードレールの場合、経済性の面から検討を要するのは、支柱間隔、根巻、ビームのランクアップとの組合せである。

この組み合わせについては式(4-2)によって総費用を求める。表4-25～表4-27は代表例として各種別ごとの積雪深0.5mピッチの総費用を示す。

$$C = C_0 \cdot (1+r)^n + \sum_{i=1}^n (C_1 \cdot X + C_1' \cdot X' + C_1'' \cdot X'') \cdot (1+r)^{n-i} \dots\dots\dots (4-2)$$

C : 総費用

C₀ : ガードレールの設置費

C₁ : " 基礎補修費

C₁' : " ビームの補修費

C_1' : ガードレールの耐雪型ブラケットの補修費

r : 利子率 0.06

n : ガードレールの平均供用年数 15年

X : ガードレール基礎の1冬での破損率

X' : ガードレールビームの "

X'' : " 耐雪型ブラケットの "

ただし,

$$X = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2(h) dh$$

$$X' = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2'(h) dh$$

$$X'' = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2''(h) dh$$

$x_1(h)$: 設置場所における最大積雪深の確率密度関数

$x_2(h)$: 積雪深が h のときガードレール基礎の破損率

$x_2'(h)$: " " ビームの破損率

$x_2''(h)$: " " 耐雪型ブラケットの破損率

表4-25 ガードレールA種総費用(C)

| 基 礎 | (円/m) | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | 土 中 | | | □400×400×250 | | | □450×450×300 | | | □500×500×350 | | |
| 支柱間隔(m) | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| C_0 (円/m) | 9078 | 10549 | 12650 | 10195 | 12030 | 14861 | 10628 | 12605 | 16720 | 11158 | 13309 | 16770 |
| H_5 (m) | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | •21755 | 25281 | 30316 | 24432 | 28830 | 35615 | 25470 | 30208 | 37673 | 26740 | 31895 | 40190 |
| 1.00 | •21758 | 25281 | 30316 | 24432 | 28830 | 35615 | 25470 | 30208 | 37673 | 26740 | 31895 | 40190 |
| 1.50 | •21994 | 25325 | 30317 | 24435 | 28830 | 35615 | 25472 | 30208 | 37673 | 26743 | 31895 | 40190 |
| 2.00 | •23518 | 25894 | 30368 | 24567 | 28831 | 35615 | 25598 | 30209 | 37673 | 26868 | 31896 | 40190 |
| 2.50 | 27594 | 27862 | 30830 | •25661 | 28876 | 35615 | 26588 | 30244 | 37673 | 27826 | 31930 | 40190 |
| 3.00 | 34933 | 31721 | 32356 | •29260 | 29310 | 35617 | 29756 | 30574 | 37674 | 30778 | 32230 | 40190 |
| 3.50 | 45281 | 37666 | 35348 | 36493 | •31069 | 35655 | 36164 | 31934 | 37686 | 36585 | 33402 | 40199 |
| 4.00 | 57570 | 45648 | 39763 | 47422 | •35277 | 35918 | 46115 | 35350 | 37798 | 45589 | 36252 | 40271 |
| 4.50 | 70669 | 55254 | 45402 | 61388 | 42572 | •36894 | 59263 | 41632 | 38317 | 57721 | 41500 | 40608 |
| 5.00 | 83788 | 65804 | 52094 | 77496 | 52887 | •39308 | 74892 | 51024 | 39846 | 72551 | 49552 | 41634 |

•は総費用の最も安い箇所

表4-26 ガードレールB種総費用(C)

| 基礎 支柱間隔(m) | 土 中 | | | □400×400×250 | | | □450×450×300 | | | □500×500×350 | | |
|-------------------------------|--------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|-------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| Co(円/m) H ₅ (m) | 6978 | 8140 | 9929 | 8095 | 9621 | 12140 | 8528 | 10196 | 12999 | 9058 | 10900 | 14049 |
| 0.50 | •16723 | 19508 | 23795 | 19400 | 23057 | 29094 | 20437 | 24435 | 31152 | 21708 | 26122 | 33669 |
| 1.00 | •16780 | 19515 | 23795 | 19402 | 23057 | 29094 | 20439 | 24435 | 31152 | 21710 | 26122 | 33669 |
| 1.50 | •18102 | 19933 | 23833 | 19653 | 23058 | 29094 | 20691 | 24436 | 31152 | 21961 | 26123 | 33669 |
| 2.00 | 23314 | 22128 | 24409 | •21535 | 23113 | 29094 | 22552 | 24491 | 31152 | 23819 | 26178 | 33669 |
| 2.50 | 33221 | 27017 | 26565 | 26487 | •23653 | 29094 | 27288 | 25000 | 31153 | 28484 | 26682 | 33669 |
| 3.00 | 46349 | 34691 | 30773 | 34960 | •25652 | 29115 | 35082 | 26772 | 31165 | 35905 | 28381 | 33681 |
| 3.50 | 60683 | 44536 | 36779 | 46774 | 30142 | •29308 | 45821 | 30598 | 31280 | 45791 | 31849 | 33783 |
| 4.00 | 74692 | 55427 | 44086 | 61188 | 37638 | •30159 | 59131 | 37012 | 31791 | 57940 | 37380 | 34198 |
| 4.50 | 87485 | 66387 | 52191 | 77093 | 48041 | •32443 | 74218 | 46230 | 33254 | 71914 | 45210 | 35305 |
| 5.00 | 98500 | 76877 | 60574 | 93235 | 60832 | 36875 | 89973 | 58090 | •36355 | 86879 | 55463 | 37585 |

•は総費用の最も安い箇所

表4-27 ガードレールC種総費用(C)

| 基礎 支柱間隔(m) | 土 中 | | | □400×400×250 | | | □450×450×300 | | | □500×500×350 | | |
|-------------------------------|--------|--------|-------|--------------|--------|--------|--------------|-------|--------|--------------|-------|-------|
| | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 |
| Co(円/m) H ₅ (m) | 5991 | 6918 | 8850 | 7108 | 8399 | 11061 | 7541 | 8974 | 11920 | 8071 | 9678 | 12970 |
| 0.50 | •14357 | 16579 | 21209 | 17034 | 20128 | 26508 | 18072 | 21506 | 28566 | 19342 | 23194 | 31083 |
| 1.00 | •14588 | 16593 | 21209 | 17175 | 20129 | 26508 | 18213 | 21507 | 28566 | 19483 | 23194 | 31083 |
| 1.50 | 18210 | •17380 | 21277 | 19171 | 20241 | 26508 | 20208 | 21619 | 28566 | 21478 | 23306 | 31083 |
| 2.00 | 28424 | 21655 | 22213 | 24618 | •21271 | 26509 | 25624 | 22648 | 28568 | 26889 | 24335 | 31084 |
| 2.50 | 43246 | 30793 | 25561 | 33144 | •24223 | 26545 | 33825 | 25553 | 28603 | 34980 | 27232 | 31119 |
| 3.00 | 58987 | 43230 | 31973 | 44275 | 29490 | •26807 | 43965 | 30482 | 28853 | 44558 | 32051 | 31369 |
| 3.50 | 72943 | 56541 | 40896 | 57429 | 37392 | •27749 | 55584 | 37417 | 29677 | 54909 | 38455 | 32173 |
| 4.00 | 83839 | 69052 | 51053 | 71572 | 48167 | •30046 | 68212 | 46642 | 31473 | 65829 | 46395 | 33827 |
| 4.50 | 91618 | 80095 | 61167 | 85672 | 61592 | •34457 | 81382 | 58407 | 34693 | 77401 | 56163 | 36522 |
| 5.00 | 96833 | 89473 | 70421 | 98871 | 76855 | 41559 | 94622 | 72448 | •39886 | 89654 | 67919 | 40523 |

•は総費用の最も安い箇所

4.3.2 ガードケーブル

2.3項の破損対策で述べたように、ガードケーブルの場合、経済性の面から検討を要するのは支柱間隔と根巻の組み合わせである。この組み合わせについては(4-3)式によって総費用を求める。表4-28~表4-31に各種別ごとのH₅を0.5ピッチで計算した総費用を示す。

$$C = C_0 \cdot (1+r)^n + \sum_{i=1}^n C_1 \cdot X \cdot (1+r)^{n-i} \dots\dots\dots (4-3)$$

- C : 総費用
- C₀ : ガードケーブルの設置費
- C₁ : " 基礎補修費
- r : 利子率 0.06
- n : ガードケーブルの平均供用年数 15年
- X : ガードケーブル基礎の1冬での破損率

ただし,

$$X = \int_0^{\infty} x_1(h) \cdot x_2(h) dh$$

x₁(h) : 設置場所における最大積雪深の確率密度関数
 x₂(h) : 積雪深がhのときガードケーブル基礎の破損率

表4-28 ガードケーブルA種総費用(C)

| 根 巻 | 無 | | | | し | | | | □400×250 | | | | □450×300 | | | | □500×350 | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|--------|-------|----------|--|--|--|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | | | | |
| Co(円/m) | 9341 | 10089 | 11211 | 13082 | 10049 | 10943 | 12284 | 14520 | 10324 | 11275 | 12701 | 15078 | 10660 | 11680 | 13210 | 15760 | | | | |
| H ₅ (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | •22386 | 24178 | 26867 | 31351 | 24083 | 26225 | 29439 | 34798 | 24742 | 27021 | 30438 | 36135 | 25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 1.00 | •22391 | 24178 | 26867 | 31351 | 24083 | 26225 | 29439 | 34798 | 24742 | 27021 | 30438 | 36135 | 25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 1.50 | •23044 | 24430 | 26867 | 31351 | •24083 | 26225 | 29439 | 34798 | 24742 | 27021 | 30438 | 36135 | 25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 2.00 | 25300 | 25941 | 27511 | 31351 | •24083 | 26225 | 29439 | 34798 | 24742 | 27021 | 30438 | 36135 | 25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 2.50 | 29122 | 29003 | 29699 | 32425 | 24118 | 26225 | 29439 | 34798 | 24742 | 27021 | 30438 | 36135 | 25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 3.00 | 33676 | 33202 | 33101 | 34504 | 25786 | 27031 | 29439 | 34798 | 25652 | 27021 | 30438 | 36135 | •25547 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 3.50 | 38018 | 37769 | 37407 | 37803 | 28525 | 28713 | 29439 | 34798 | 27396 | 28307 | 30438 | 36135 | •27081 | 27991 | 31658 | 37769 | | | | |
| 4.00 | 41539 | 41976 | 41993 | 41962 | 32472 | 31693 | 32055 | 34798 | •30695 | 30374 | 30438 | 36135 | •29415 | 29875 | 31658 | 37769 | | | | |
| 4.50 | 44042 | 45368 | 46301 | 46629 | 37372 | 35883 | 34966 | 34798 | 35144 | 33781 | 33709 | 36135 | 33140 | 32356 | •31658 | 37769 | | | | |
| 5.00 | 45677 | 47822 | 49898 | 51256 | 42791 | 40952 | 39051 | 38973 | 40494 | 38352 | 36884 | 36135 | 38098 | 36213 | •35652 | 37769 | | | | |

•は総費用の最も安い箇所

表4-29 ガードケーブルB種総費用(C)

| 根 巻 | 無 | | | | し | | | | □400×250 | | | | □450×300 | | | | □500×350 | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|----------|--|--|--|
| | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | | | | |
| Co(円/m) | 6764 | 7341 | 8207 | 9650 | 7472 | 8195 | 9280 | 11088 | 7747 | 8527 | 9696 | 11646 | 8083 | 8932 | 10206 | 12329 | | | | |
| H ₅ (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | •16210 | 17593 | 19668 | 23126 | 17907 | 19639 | 22240 | 26573 | 18566 | 20435 | 23237 | 27910 | 19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 1.00 | •16419 | 17660 | 19668 | 23126 | 17907 | 19639 | 22240 | 26573 | 18566 | 20435 | 23237 | 27910 | 19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 1.50 | 18218 | 18853 | 20243 | 23264 | •17907 | 19639 | 22240 | 26573 | 18566 | 20435 | 23237 | 27910 | 19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 2.00 | 22074 | 22003 | 22425 | 23947 | •17907 | 19639 | 22240 | 26573 | 18566 | 20435 | 23237 | 27910 | 19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 2.50 | 26772 | 26554 | 26312 | 26900 | 18658 | 19639 | 22240 | 26573 | •18566 | 20435 | 23237 | 27910 | 19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 3.00 | 30997 | 31256 | 31111 | 30990 | 20506 | 20959 | 22240 | 26573 | 19934 | 20435 | 23237 | 27910 | •19371 | 21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 3.50 | 34115 | 35182 | 35855 | 35921 | 23764 | 23245 | 23783 | 26573 | 22303 | 22391 | 23237 | 27910 | 21472 | •21406 | 24459 | 29547 | | | | |
| 4.00 | 36141 | 38007 | 39822 | 40970 | 28197 | 26845 | 26223 | 26573 | 26035 | 25112 | 25286 | 27910 | 24367 | •23987 | 24459 | 29547 | | | | |
| 4.50 | 37328 | 39833 | 42739 | 45506 | 33388 | 31599 | 29875 | 29691 | 30964 | 29151 | 27951 | 27910 | 28633 | 27105 | •27043 | 29547 | | | | |
| 5.00 | 38000 | 40923 | 44706 | 49119 | 38978 | 37022 | 34652 | 32850 | 36586 | 34277 | 31935 | 31323 | 34015 | 31556 | 29910 | •29547 | | | | |

•は総費用の最も安い箇所

表4-30 ガードケーブルC種総費用(C)

(円/m)

| 根 巻 | 無 し | | | | □400×250 | | | | □450×300 | | | | □500×350 | | | |
|-------------------------------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| 支柱間隔(m) | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| Co(円/m) H _s (m) | 5427 | 5919 | 6656 | 7886 | 6135 | 6773 | 7729 | 9324 | 6410 | 7104 | 8146 | 9882 | 6746 | 7509 | 8655 | 10565 |
| 0.50 | •13006 | 14185 | 15951 | 18899 | 14702 | 16231 | 18522 | 22345 | 15361 | 17025 | 19522 | 23682 | 16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 1.00 | •13211 | 14248 | 15951 | 18899 | 14702 | 16231 | 18522 | 22345 | 15361 | 17025 | 19522 | 23682 | 16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 1.50 | 14879 | 15378 | 16545 | 19049 | •14702 | 16231 | 18523 | 22345 | 15361 | 17025 | 19522 | 23682 | 16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 2.00 | 18329 | 18273 | 18625 | 20097 | •14702 | 16231 | 18523 | 22345 | 15361 | 17025 | 19522 | 23682 | 16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 2.50 | 22449 | 22329 | 22238 | 22658 | 15455 | 16231 | 18523 | 22345 | •15362 | 17025 | 19522 | 23682 | 16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 3.00 | 26075 | 26473 | 26604 | 26561 | 17232 | 17523 | 18523 | 22345 | 16669 | 17025 | 19522 | 23682 | •16167 | 17995 | 20742 | 25319 |
| 3.50 | 28701 | 29866 | 30823 | 31168 | 20351 | 19758 | 20101 | 22345 | 18958 | 18932 | 19522 | 23682 | 18210 | •17995 | 20742 | 25319 |
| 4.00 | 30379 | 32272 | 34283 | 35783 | 24570 | 23236 | 22441 | 22345 | 22527 | 21552 | 21564 | 23682 | 21009 | •20592 | 20742 | 25319 |
| 4.50 | 31359 | 33811 | 36801 | 39820 | 23458 | 27752 | 26000 | 25454 | 27186 | 25433 | 24201 | 23682 | 25115 | 23677 | •23292 | 25319 |
| 5.00 | 31914 | 34722 | 38452 | 43000 | 34739 | 32935 | 30614 | 28554 | 32545 | 30344 | 28090 | 27097 | 30280 | 27996 | 26098 | •25319 |

•は総費用の最も安い箇所

表4-31 ガードケーブルS種総費用(C)

(円/m)

| 根 巻 | 無 し | | □400×250 | | □450×300 | | □500×350 | |
|-------------------------------|--------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| 支柱間隔(m) | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| Co(円/m) H _s (m) | 13073 | 15038 | 14146 | 16476 | 14562 | 17034 | 15072 | 17717 |
| 0.50 | •31330 | 36039 | 33901 | 39485 | 34898 | 40822 | 36120 | 42459 |
| 1.00 | •31330 | 36039 | 33901 | 39485 | 34898 | 40822 | 36120 | 42459 |
| 1.50 | •31330 | 36039 | 33901 | 39485 | 34898 | 40822 | 36120 | 42459 |
| 2.00 | •32037 | 36039 | 33901 | 39485 | 34898 | 40822 | 36120 | 42459 |
| 2.50 | 34441 | 37203 | •33901 | 39485 | 34898 | 40822 | 36120 | 42459 |
| 3.00 | 38178 | 39454 | •33901 | 39485 | 34898 | 40823 | 36120 | 42459 |
| 3.50 | 42909 | 43029 | •33901 | 39485 | 34898 | 40823 | 36121 | 42459 |
| 4.00 | 47947 | 47535 | 36638 | 39485 | •34898 | 40823 | 36121 | 42459 |
| 4.50 | 52680 | 52591 | 39684 | 39485 | 38296 | 40823 | •36121 | 42459 |
| 5.00 | 56632 | 57604 | 43958 | 43816 | 41594 | 40823 | •40242 | 42459 |

•は総費用の最も安い箇所

4.3.3 ガードパイプ

ガードパイプについては、4.3.1のガードレールと同様に考え、総費用は(4-2)式によって求めた。表4-32に各種別ごとの総費用を示す。

なお、ガードパイプは破損率をみると基礎よりも上部構造の方が弱いので、コンクリート根巻は考えず、土中のみとした。

表4-32 ガードパイプ総費用(C)

| 種別 | A種 | | B種 | | C種 | |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| | 土中 | | 土中 | | 土中 | |
| 支柱間隔(m) | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Co(円/m) | 19450 | 33466 | 15001 | 26304 | 13662 | 24470 |
| H ₅ (m) | | | | | | |
| 0.50 | •46613 | 80203 | •35954 | 63039 | •32755 | 58643 |
| 1.00 | •46640 | 80203 | •36751 | 63039 | •33898 | 58643 |
| 1.50 | •47367 | 80203 | •40291 | 63044 | •37705 | 58677 |
| 2.00 | •50170 | 80203 | •46887 | 63171 | •44394 | 59036 |
| 2.50 | •55855 | 80221 | •56203 | 63947 | •54075 | 60425 |
| 3.00 | •64632 | 80434 | 67121 | •66387 | 65775 | •64095 |
| 3.50 | •75917 | 81441 | 78499 | •71551 | 77837 | •71358 |
| 4.00 | 88507 | •84174 | 89422 | •79871 | 88673 | •82643 |
| 4.50 | 101219 | •89381 | 99207 | •91077 | 97458 | •97333 |
| 5.00 | 113156 | •97264 | 107402 | •104477 | 104098 | •114070 |

•は総費用の安い箇所

第 5 章 構造諸元の設定

研究報告書(その2)で作成した積雪限界図は防護柵の部材、基礎の破損確率および積雪確率を考慮しなかったが、本編では、新しくこれらの確率(部材・基礎の破損確率は約2%以下、積雪確率は5年再現積雪深)を考慮して作成した。図5-1はガードレール、図5-2はガードケーブル、図5-3はガードパイプについてそれぞれ示す。

防護柵の構造諸元の設定にあたっては、前述したそれぞれの確率を満足する構造のうち、平均使用年数で総費用の低い構造について、運用上考慮して、5年再現積雪深を1mごとにランク分けし、そのランク内で最適構造を選択した。設定された各防護柵の構造諸元を表5-1~表5-3に示す。

なお、ガードレールのB、C種については、ビームのみランクアップした方が、経済的な場合もあるが、種別のランクアップと比べて、総費用に著しい差はなく、また車両衝突に対する機能、維持管理等も考慮し、ビームのみのランクアップでなく、種別の変更を行うものとした。

また、ガードケーブルの経済性については、部材・基礎の破損確率が約2%以下を満足する構造のうち、総費用が少ない2~3種を選び、その中で総費用が多少高くなっても次に示す理由から、根巻が小さく支柱間隔の短い構造を選択することにした。

- a) 根巻を大きくすると、大きな路肩余裕幅が必要となり適用できる場所が限定されてくる。
- b) 今回の耐雪型の構造の破損率の設定は、鉛直許容荷重をもとにして設定しているが、設置場所によっては水平力のかかる場合も考えられる。この場合、支柱間隔を短縮することは両方向の荷重に対して同じ比率で耐荷効果はあるが、水平力に対する根巻の効果は鉛直より小さいと考えられる。従って、この点を考慮すれば、支間の短縮をする方が安全である。

歩行者・自転車用防護柵、中央分離帯用防護柵に関しては、積雪荷重の算出、構造設計等について基本的な考え方を示す。

図5-1~図5-3において、実線は積雪深の刻みを0.25m単位で破損率2~3%を上限として今回求めた限界値を示し、破線は研究報告書(その2)の値を示す。なお、ガードパイプについては研究報告書(その2)に示されていない。

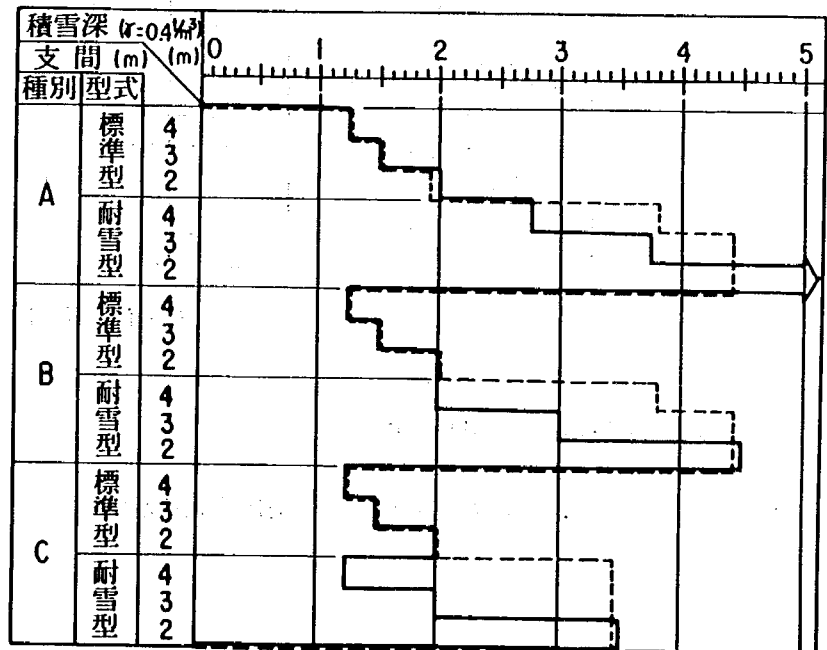


図5-1 ガードレール積雪限界図

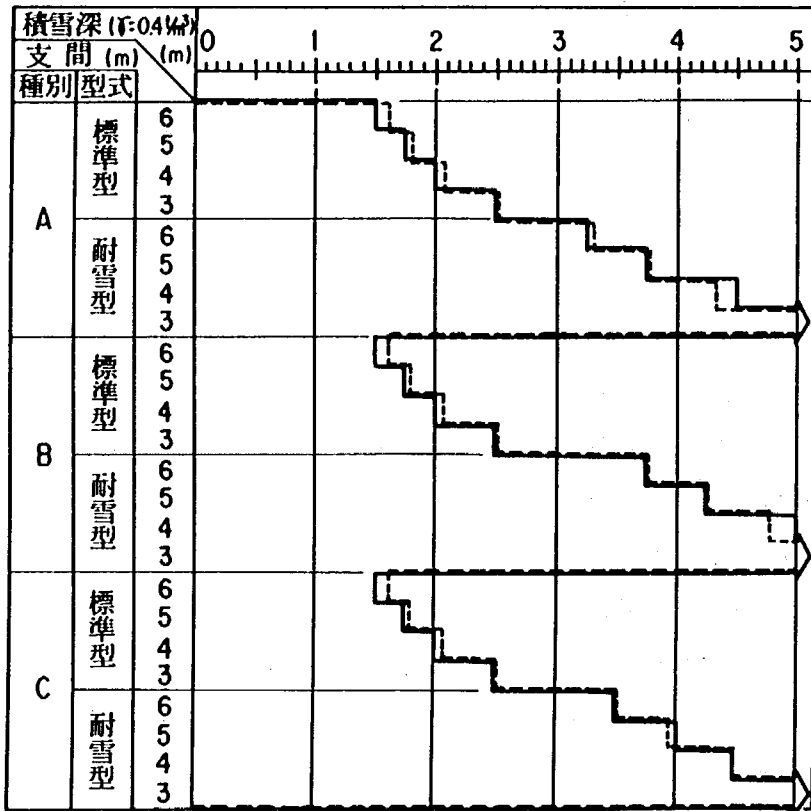


図 5 - 2 ガードケーブル積雪限界図

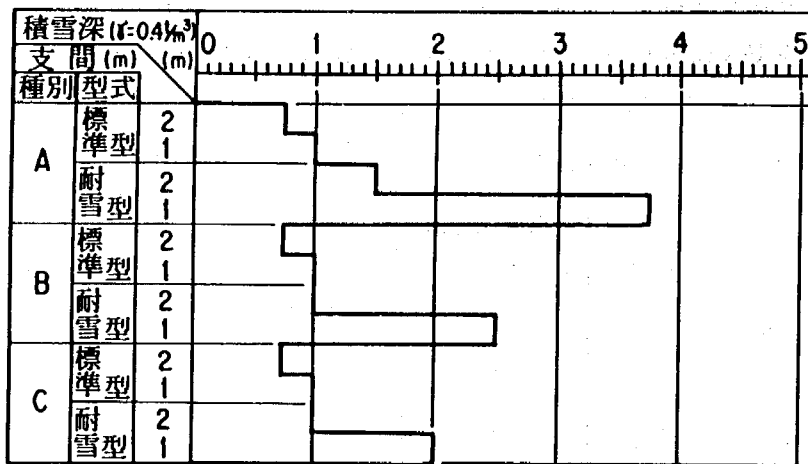


図 5 - 3 ガードパイプ積雪限界図

5.1 耐雪型路側用ガードレール

表 5 - 1 に耐雪型路側用ガードレールの構造諸元を示す。

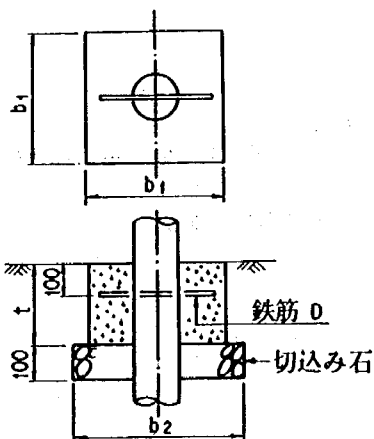
表5-1 耐雪型路側用ガードレール構造諸元

| 種別 | 積雪ランク | 5年再現最大積雪深 (m) | 支 | | | 柱 | | ビーム種別 | ブラケット | | |
|----|-------|---------------|-----------|---------|---------|------------|----------------|------------------|-------|--------|--------------|
| | | | 支柱間隔 (m) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 埋込み深さ (cm) | 根寸幅×長さ×厚さ (cm) | | 巻法 | 幅 (mm) | コルゲーション (mm) |
| A | 1 | 0~1 | 標準型ガードレール | | | | | | | | |
| | 2 | 1~2 | 4(2) | 139.8 | 4.5 | 165(40) | 40×40×25 | A | 120 | 31 | 6 |
| | 3 | 2~3 | 3(2) | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 4 | 3~4 | 2 | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 5 | 4~5 | 2 | | | | 40×40×25 | | | | |
| B | 1 | 0~1 | 標準型ガードレール | | | | | | | | |
| | 2 | 1~2 | 4(2) | 114.3 | 4.5 | 150(40) | 40×40×25 | B | 120 | 31 | 6 |
| | 3 | 2~3 | 3(2) | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 4 | 3~4 | 2 | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 5 | 4~5 | | | | | | | | | |
| C | 1 | 0~1 | 標準型ガードレール | | | | | | | | |
| | 2 | 1~2 | 3(2) | 114.3 | 4.5 | 140(40) | 40×40×25 | C | 120 | 31 | 6 |
| | 3 | 2~3 | 2 | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 4 | 3~4 | | | | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | | | | | | | | | |
| S | 1 | 0~1 | 標準型ガードレール | | | | | | | | |
| | 2 | 1~2 | 2(1) | 139.8 | 4.5 | 165(40) | なし | 上段ビームA 下段ビームC | 120 | 31 | 6 |
| | 3 | 2~3 | 2(1) | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 4 | 3~4 | 2(1) | | | | 40×40×25 | | | | |
| | 5 | 4~5 | 2(1) | | | | 40×40×25 | | | | |

- 注) 1. 5年再現最大積雪深に対する構造諸元は平均密度0.4t/m²のときの値であり、0.4t/m²以外の時は平均密度の比で5年再現最大積雪深を補正するものとする。
 2. 積雪ランク区分は以下の通りである。

| 積雪ランク | 5年再現最大積雪深 |
|-------|-----------|
| 1 | 1m以下(無対策) |
| 2 | 1mを越え2m以下 |
| 3 | 2mを越え3m以下 |
| 4 | 3mを越え4m以下 |
| 5 | 4mを越え5m以下 |

3. 根巻は付図5-1に示す形状および付表5-1に示す寸法を標準とする。
 4. カッコ内の数値は、橋梁、擁壁、函渠等のコンクリート幅に設置する場合を示す。



付図5-1 根巻形状

付表5-1 根巻寸法

| b1 (cm) | t (cm) | b2 (cm) | 鉄筋径×長さ (mm) |
|---------|--------|---------|-------------|
| 40 | 25 | 50 | D16×300 |
| 45 | 30 | 55 | D16×350 |
| 50 | 35 | 60 | D19×400 |

5.2 耐雪型路側用ガードケーブル

表5-2に耐雪型路側用ガードケーブルの構造諸元を示す。

表5-2 耐雪型路側用ガードケーブル構造諸元

| 種別 | 積雪ランク | 5年再現最大積雪深(m) | 支柱 間隔(m) | 中間支柱 | | | ブラケット | | | 端末部補助支柱 | | | |
|----|-------|--------------|-------------|--------|--------|-------------|---------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|
| | | | | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 埋込深みさ(cm) | 根巻寸法 幅×長さ×厚さ(cm) | 高さ(mm) | 厚さ(mm) | 取付ボルト | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 埋込深みさ(cm) |
| A | 1 | 0~1 | 標準型ガードケーブル | | | | | | | | | | |
| | 2 | 1~2 | 6(4) | 139.8 | 4.5 | 165 (40) | 40×40×25 | 680 | 4.5 | M12 4T | 139.8 | 4.5 | 40 |
| | 3 | 2~3 | 5(4) | | | | 40×40×25 | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | 4 | | | | 45×45×30 | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | 3 | | | | 45×45×30 | | | | | | |
| B | 1 | 0~1 | 標準型ガードケーブル | | | | | | | | | | |
| B | 2 | 1~2 | 6(4) | 114.3 | 4.5 | 150 (40) | 40×40×25 | 550 | 4.5 | M12 6T | 114.3 | 4.5 | 40 |
| | 3 | 2~3 | 5(4) | | | | 40×40×25 | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | 4 | | | | 45×45×30 | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | 3 | | | | 50×50×35 | | | | | | |
| | C | 1 | 0~1 | | | | 標準型ガードケーブル | | | | | | |
| C | 2 | 1~2 | 6(4) | 114.3 | 4.5 | 140 (40) | 40×40×25 | 420 | 4.5 | M12 6T | 114.3 | 4.5 | 40 |
| | 3 | 2~3 | 5(4) | | | | 40×40×25 | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | 4 | | | | 45×45×30 | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | 3 | | | | 50×50×35 | | | | | | |
| | S | 1 | 0~1 | | | | 標準型ガードケーブル | | | | | | |
| S | 2 | 1~2 | 4(2) | 139.8 | 4.5 | 165 (40) | なし | 810 | 4.5 | M12 4T | 139.8 | 4.5 | 40 |
| | 3 | 2~3 | 4(2) | | | | 40×40×25 | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | 4(2) | | | | 45×45×30 | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | 3(2) | | | | 50×50×35 | | | | | | |

- 注) 1. 5年再現最大積雪深に対する構造諸元は平均密度0.4t/m³のときの値であり、0.4t/m³以外の時は平均密度の比で5年再現最大積雪深を補正するものとする。
2. 積雪ランク区分は以下の通りである。

| 積雪ランク | 5年再現最大積雪深 |
|-------|-----------|
| 1 | 1m以下(無対策) |
| 2 | 1mを越え2m以下 |
| 3 | 2mを越え3m以下 |
| 4 | 3mを越え4m以下 |
| 5 | 4mを越え5m以下 |

3. 根巻は付図5-1に示す形状および付表5-1に示す寸法を標準とする。
4. 積雪ランク2以上の場所においては、索端金具の破損を防止するため図3-20に示す端末部補助支柱を設置する。
5. カッコ内の数値は、橋梁、擁壁、函渠等のコンクリート中に設置する場合を示す。

5.3 耐雪型歩道用ガードパイプ

表5-3に耐雪型歩道用ガードパイプの構造諸元を示す。

表5-3 耐雪型歩道用ガードパイプ構造諸元

| 種別 | 積雪ランク | 5年再現最大積雪深 (m) | 支 柱 | | | | | ビームパイプ種別 | 耐雪型ブラケット | | |
|----|-------|---------------|----------|---------|---------|------------|------|----------|----------|---------|-----------|
| | | | 支柱間隔 (m) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 埋込み深さ (cm) | 根巻寸法 | | 厚さ (mm) | 長さ (mm) | 補強材 (mm) |
| A | 1 | 0~1 | 2 | 139.8 | 4.5 | 165 (40) | なし | A | 3.2 | 60 | 4.5×35×52 |
| | 2 | 1~2 | 1 | | | | | | | | |
| | 3 | 2~3 | 1 | | | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | | | | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | | | | | | | | | |
| B | 1 | 0~1 | 2 | 114.3 | 4.5 | 150 (40) | なし | B | 3.2 | 60 | 4.5×35×40 |
| | 2 | 1~2 | 1 | | | | | | | | |
| | 3 | 2~3 | | | | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | | | | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | | | | | | | | | |
| C | 1 | 0~1 | 1 | 114.3 | 4.5 | 140 (40) | なし | C | 3.2 | 60 | 4.5×35×40 |
| | 2 | 1~2 | 1 | | | | | | | | |
| | 3 | 2~3 | | | | | | | | | |
| | 4 | 3~4 | | | | | | | | | |
| | 5 | 4~5 | | | | | | | | | |

注) 1. 5年再現最大積雪深は平均密度0.4 t/m³のときの値であり、0.4 t/m³以外の際は平均密度の比で補正し、5年再現最大積雪深を換算するものとする。
 2. 積雪ランク区分は以下の通りである。

| 積雪ランク | 5年再現最大積雪深 |
|-------|-------------|
| 1 | 1 m以下 |
| 2 | 1 mを越え2 m以下 |
| 3 | 2 mを越え3 m以下 |
| 4 | 3 mを越え4 m以下 |
| 5 | 4 mを越え5 m以下 |

3. カッコ内数値は、橋梁、擁壁、函渠等のコンクリート中に設置する場合を示す。

5.4 歩行者・自転車用防護柵

防護柵の破損実態調査および土木研究所における水平桁の断面形状別の雪圧測定結果から、基本的な設計方法を示す。

5.4.1 積雪荷重

1) 最上段水平横材の形状・寸法に対応する形状係数(f)を図3-12より推定する。

2) 各種最上段水平横材にかかる沈降力は、水平桁の沈降力(Y)と標準尺に作用した沈降力(X)の関係式($Y=X$)を1)で得た形状係数で補正した式により求める。すなわち、

$$Y = f \cdot X \dots\dots\dots (5-1)$$

なお、防護柵設置地域における標準尺(幅10cm・高さ70cmの水平桁)に作用する沈降力が得られない場合には、その地域での5年再現最大積雪深から積雪重量を推定し、図3-8に示す標準尺にかかる沈降力(X)と積雪重量(HW)の相関式($X = -103.7 + 0.6991HW + 0.0003961HW^2$)により、標準尺に作用す

る沈降力を求める。

5.4.2 構造設計

1) 水平横材；積雪荷重に対する部材設計は、許容応力度等により行うものとする。なお、水平横材の形状選定にあたっては、防護柵の最上段にかかる積雪荷重が最も大きいことから、横材の分離したビーム方式よりも、上下横材が一体化したパネル方式の方が沈降力に対して一般に有利である。

2) 支柱・基礎；支柱の間隔・形状・寸法、根入れ長さ、根巻の有無については、水平横材に作用する沈降力から支柱一本にかかる沈降力と、設置場所の地盤条件および経済性を考慮して求める。設計については、研究報告書（その2）に一例を示す。

3) 接合部；接合部を構成するブラケット、ボルト、溶接の形状、寸法については、その部分に作用する積雪荷重に十分耐えるものとする。

5.5 中央分離帯用防護柵

昭和54年度より始まった積雪寒冷地における防護柵に関する研究では、主として路側用防護柵について、各種防護柵にかかる積雪荷重を定量的に把握し、また、定量化された積雪荷重に耐える防護柵部材、部品の静的実験を経て、積雪荷重ランクに対応する各防護柵の構造諸元を得た。一方、中央分離帯用防護柵については、積雪荷重の方向が沈降力のみとの考えから、路側用防護柵の実験資料の適用で十分可能との判断により、各種実物供試体による雪圧実験は行わなかった。しかし、研究途上において、ガードレール、ガードケーブルのように両面型として、ブラケットにより、レールやケーブルがある間隔を有する場合、その間隔により積雪荷重のかかり方が異なるであろうとの考えから、標準尺の間隔を変えた実験により雪圧基礎資料を求めた。以下、積雪荷重を考慮した中央分離帯用防護柵の設計方法について基本的な考え方を示す。

5.5.1 ガードレール

(1) 積雪荷重

ガードレールにかかる沈降力は、その設置場所における積雪条件（標準尺にかかる沈降力、または5年再現最大積雪深より積雪重量を求め、図3-8の相関式を用いて標準尺にかかる沈降力を求める）から、研究報告書（その2）の「水平桁の設置間隔別の沈降力特性」および図3-13によりビーム間隔幅による雪圧補正を行い、補正された標準尺の沈降力から、図3-9により片側ガードレールにかかる沈降力や支柱に作用する荷重を求める。

(2) 構造設計

ビームの設計にあたっては研究報告書（その1）を、支柱間隔、根入れ長さ、根巻の有無については研究報告書（その2）を参考にして決定する。

5.5.2 ガードケーブル

ガードケーブルにかかる沈降力は、ガードレールと同様な考え方により、ケーブル間隔の補正を経て標準尺にかかる沈降力を求め、図3-10の標準尺とガードケーブルの沈降力の関係より、片側ガードケーブルにかかる沈降力を求める。構造設計についてもガードレール同様に、研究報告書（その1）、（その2）

を参考にして決定する。

5.5.3 ボックスビーム

(1) 積雪荷重

ボックスビームにかかる沈降力は、その設置場所における積雪条件（標準尺にかかる沈降力または、5年再現最大積雪深より積雪重量を求め、図3-8の相関式を用いて標準尺にかかる沈降力を求める）に、図3-12によりビーム寸法の補正を行ない求める。

(2) 構造設計

ボックスビームを構成する部材の中で、沈降力に対する弱点はパドルである。このパドルの静的部材実験結果については、研究報告書（その1）を参考にして沈降力に対する限界耐力を求める。支柱間隔、根入れ長、根巻の有無については、設置場所の地盤条件及び経済性を考慮し、研究報告書（その2）を参考にして決定する。

第6章 車両衝突時の加速度 (g) の検討

耐雪型防護柵は支柱間隔を短縮することや、根巻コンクリートの設置および、部材の補強を行う結果、標準型に比べ剛性が高くなる。これにより、種別C種の設置基準に対して、種別A種の防護柵を設置しなければならない可能性も生じる。

ここでは、防護柵設置要綱⁵⁾の計算式(防護柵の構造設計)を用い、車両の受ける加速度を以下の算出条件等で求めた結果を示す。また、ガードパイプについては、防護柵設置要綱では構造設計例がないため、ガードレールに準ずることとした。

6.1 ガードレール、ガードケーブル、ガードパイプにおける加速度の算出

6.1.1 加速度の算出条件

算出条件については、車両の受ける加速度が最も高くなる以下の条件について行うものとする。

表6-1 加速度の算出条件表

| 諸元 | 品種別 | ガードレール | ガードパイプ | ガードケーブル |
|-----------------|-----------------------------------------------------|--------|--------|---------|
| 設置条件 | 橋梁・擁壁・函渠等のコンクリートの場合 | | | |
| 車両の重量 | $W_1 = 3.5 \text{ ton}$ (低負荷) | | | |
| 防護柵の種別 | 耐雪型A種 [*] (γ (コルゲーションによる緩和係数) = 0) | | | 耐雪型A種 |
| 支柱間隔 (ℓ) | 2 m | 1 m | *3 m | |

※) 表6-1の防護柵の種別でガードレール・ガードパイプの $\gamma=0$ としたのは、耐雪型であるため剛性が高くなったことを考慮したためであり、また、ガードケーブルについてはそれに相当するものが支柱間隔であるため、最狭支柱間隔を $\ell=3 \text{ m}$ とした。

6.1.2 計算に使用した基本式

計算に使用した基本式は表6-2とし、基本式の記号の説明および数値はすべて、防護柵設置要綱によるものとする。また、基本式において $W_1 = 3.5 \text{ ton}$ での T (最大進入行程時の水平材に加わる張力: ton) の算出方法は $T_{AL} = W_{1L} \cdot T_A / W_{1H} = 3.5 \times 32 / 14 = 8 \text{ ton}$ とした。

表 6-2 計算に使用した基本式

| 諸元 | 品種別 | ガードレール | ガードパイプ | ガードケーブル |
|-------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2n (最大進入行程時に衝撃負荷を受ける支柱の本数) | ※ | $2n \frac{4}{5} T (l(\sqrt{1+\tan^2\theta}-1)-\delta)(1+\gamma) + 2n\delta_P \frac{i}{1+i} E_l - (E_l - E_{aut}) = 0 \dots\dots\dots (6-1) \text{ (但し, } \gamma=0 \text{)}$ | | $200NC \frac{l^2}{L} (\sqrt{1+\tan^2\theta}-1)^2 n^2 + 2nl(\sqrt{1+\tan^2\theta}-1)T_0 n + 2n\delta_P \frac{i}{1+i} E_l - (E_l - E_{aut}) = 0 \dots\dots\dots (6-2) \text{ (但し } l=3m \text{)}$ |
| b (車両が受ける加速度) | | $F_r = 2nf \text{ (ton)}, \quad F = F_r \phi_1 \text{ (ton)}$ $b = F/W_1 \text{ (g)}$ | | (6-3) |
| 判定式 | | $b < 4.0 \text{ (g)}$ | | (6-4) |

※) 表6-2の式(6-1)でガードパイプ、支柱間隔 $l = 1$ mの場合、

$$2n \frac{4}{5} T (l(\sqrt{1+\tan^2\theta}-1)-\delta)(1+\gamma) \text{ の項は } \ominus \text{ となるため } 0 \text{ とした。}$$

6.2 車両が受ける加速度(g)

6.1.1 加速度の算出条件および、6.1.2 計算に使用した基本式にて求めた車両が受ける加速度の結果を表6-3に示す。

表 6-3 車両が受ける加速度(g)表

| 諸元 | 品種別 | ガードレール | ガードパイプ | ガードケーブル |
|-------------------------|-----|---------------|--------|---------|
| 車両の重量 (W ₁) | | 3.5 ton (低負荷) | | |
| 防護柵種別 | | 耐雪型 A 種 | | |
| コルゲーションによる緩和係数(γ) | | 0 | 0 | — |
| 支柱間隔 (l) | | 2 m | 1 m | 3 m |
| 加速度 (g) | | 3.36 | 3.45 | 2.74 |

表6-3より、ガードレール・ガードケーブル・ガードパイプの車両の受ける加速度(g)はすべて4.0(g)以下を満足している結果となった。

あ と が き

今回の研究報告は防護柵の経済性というこれまでとは少し異なった内容についてとりまとめたものである。合理的な防護柵の開発に経済性という点が検討されることは極めて好ましいことである。一方、本報告書にある最大積雪深の確率密度関数およびその時の防護柵部材の破損率などはデータの充実による信頼性の向上が今後とも望まれる。

本報告書に示した研究成果により積雪寒冷地用耐雪型防護柵のあり方にひとつの新しい方針を示すことができたのではないかと考えている。

この研究を実施するにあたり、(社)日本道路協会ガードフェンス分科会の協力を表わすものである。

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，昭和56年6月，建設省土木研究所
- 2) 「積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その1)」土木研究所資料第1885号，昭和57年11月，建設省土木研究所
- 3) 「積雪寒冷地における防護柵に関する研究報告書(その2)」土木研究所資料第2134号，昭和59年8月，建設省土木研究所
- 4) 「北陸の雪」，昭和53年11月，建設省北陸地方建設局
- 5) 「防護柵設置要綱」，昭和47年10月，(社)日本道路協会

積雪寒冷地における防護柵に
関する研究報告書(その3)

ISSN 0386-5878
土研資料第2247号
昭和60年7月

道路部交通安全研究室

キーワード 防護柵の破損確率, 防護柵の経済性 新潟試験所
防護柵の構造諸元, 防護柵に衝突時の車輛の加速度

要旨

積雪地用防護柵の開発を目的とし, 昭和54年度から実施してきた結果を基に, より実用的な設計方法を確立するため, 防護柵の破損率等を考慮した経済的な設計設置方法等の検討を行い, とりまとめたものである。

郵便はがき

40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.013



土木研究所資料 第 2247 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印