

8 . 道路構造物工事仕様の変遷

8 . 1 概要

8 . 1 . 1 調査の背景と目的

道路構造物の劣化状況や耐荷性能、耐震性能などの現状評価を行なう場合、例えばコンクリートの配合、鉄筋の種類・材質・かぶりなど、その構造物がどのような仕様で建設されたかを把握しておくことは、適切な調査計画の立案や評価を行なう上でも重要な情報である。しかし、建設から数十年を経た構造物が増加する中、当時の設計図書（設計計算書、図面など）や工事記録などの資料が残っていないものも多くあり、特に使用材料に関する記録が不十分であることが多い。また、これらの情報を既設構造物の調査によって得るためには多くの労力を要することとなる。

一方、使用材料については種々の基準類で規定されているものが多く、建設年によって一般的な値を推定することが可能なものも多い。また、北海道開発局では古くから橋梁等の工事を中心とした仕様を記載した要領等を発刊しており、北海道独自の仕様もある。本部会では、これらの仕様のうち維持管理に関連のある項目を抽出し、その変遷についての理解を深めることにより効率的な調査・診断に結びつけることを目的に整理を行った。

8 . 1 . 2 調査項目

調査項目は道路構造物の維持管理に関連すると考えられる表8 - 1に示す項目を抽出した。

なお、設計荷重の変遷、耐震設計の変遷については市販の書籍等でも取りまとめたものがあるため、本報告では主要な内容についてのみ整理した。

表8 - 1 調査項目

	コンクリートの配合に関して（設計基準強度、配合など）
	グラウトに関して（配合など）
	鉄筋に関して（材質、段落し、被りなど）
	橋面防水工に関して（材料、適用範囲など）
	耐候性鋼材に関して
	コンクリート構造物の塩害対策に関して
	設計荷重の変遷
	耐震設計の変遷

8.1.3 調査対象について

道路構造物の設計・施工に関する仕様は橋梁、擁壁、函渠、覆道、トンネルなど種々の構造別に規定されているものも多くある。本調査においては、古い年代から基準類が整備されている橋梁を中心に整理した。本報告内容には他構造物との共通項目もあるが、橋梁以外の構造物に対しては取り扱いに注意する必要がある。また、トンネルに関しては北海道土木技術会トンネル研究委員会で「道内トンネルの技術的変遷」をとりまとめており、平成22年度に発刊予定である。

調査対象とする年代については、以下の理由から概ね昭和30年代以降（1955年以降）としたが、それ以前のものについても整理可能なものについては記載している。

- 昭和30年代より前の資料には入手が困難なものがあったり、その具体的な取り扱いを断定できないこともある。
- 道路構造物の整備状況の推移の代表例として図8-1に現存する橋梁の年次別建設数の推移を示す。これによると建設数は1955年（昭和30年）以降に急増しているが、これより前に建設された橋梁数は58橋であり、調査結果を活用するケースが少ない。

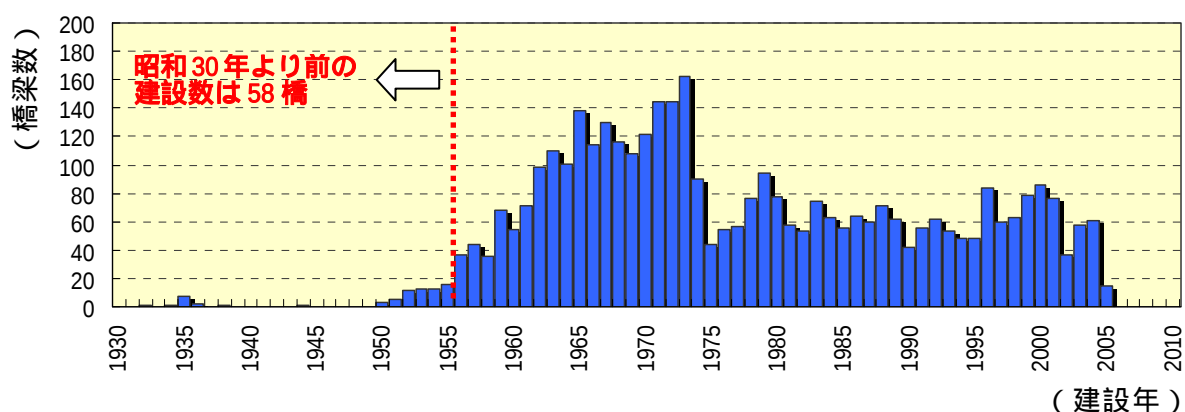


図8-1 現存する（供用中）の橋梁の年次別建設数

8.2 北海道開発局における橋梁設計要領の変遷

北海道開発局が建設する橋梁構造物の設計・施工に関する要領の変遷は、昭和40年以前、昭和41年以降、平成2年以降と大きく3つに分けることが出来る。表8-2に要領の変遷を示す。

(1) 昭和40年以前

この年代には、橋梁設計のために構造細目を規定した要領は無いが、工事・積算のための要領である「橋梁関係工事实施要領(S37~42)」が確認されている。昭和37年が今回の調査において確認が出来た最古のものである。

「橋梁関係工事实施要領(S39、40)」には、章題「橋梁工事設計基準」において橋梁計画に関する基準(幅員、設計荷重、径間の取り方、地覆形状など)が記載されている。

さらに、旭川開発建設部では、「橋梁工事設計施工要領(S37、38)」が確認されている。主に積算に関する事項が記載されており、「橋梁関係工事实施要領」の他に各部局でもこのような要領が存在していた可能性がある。

(2) 昭和41年以降

昭和41年に北海道開発局における初めての橋梁設計要領として「橋りょう関係設計要領」が発刊となり、上部工、下部工の構造細目について規定された。

要領は、開発局内における設計上の不統一を生じないようにすること、北海道の特殊事情を考慮した規定を設けて、安全で経済的な構造物の設計に資することを目的としている。

本要領は以降「橋りょう関係実施要領(S47~)」、「橋梁関係実施要領(S53~)」、「道路橋設計施工要領(S62~)」、「道路設計要領 第3集(H16~)」と名称を変えている。

(3) 平成2年以降

平成2年の改訂では、「コンクリート設計施工要領」が別冊で追加となり、これまで記載の無かったコンクリート品質条件や、鉄筋コンクリートの配筋要領等について記載されている。ただし、平成6年の改訂以降は「コンクリート編」として「局設計要領」に統合となっている。

平成16年に、これまでの道路、トンネルなどに関する要領と合わせて「道路設計要領」として統一し、橋梁については「第3集」にて取り扱うこととなった。平成16年以降は、毎年改訂を実施し現在に至っている。

(4) 本報告書における要領名の記載方法について

設計要領名が複数あるため、本報告書では、「橋りょう関係設計要領(S41)」以降の要領を総称し「局設計要領」と記すこととする。それ以前の「橋梁関係工事实施要領」、「橋梁工事設計施工要領」については、そのままの名称を使用する。

- 記載例 -

橋りょう関係設計要領 昭和45年 → 本文中:「局設計要領(S45)」

昭和37年度 橋梁関係工事实施要領 → 本文中:「橋梁関係工事实施要領(S37)」

表 8 — 2 北海道開発局における橋梁関係要領の変遷

年度	名 称	備 考
S 3 7	橋梁関係工事実施要領	
	橋梁工事設計施工要綱（旭建）	旭川開発建設部にて使用された要領
S 3 8	橋梁関係工事実施要領	
	橋梁工事設計施工要領（旭建）	旭川開発建設部にて使用された要領
S 3 9	橋梁関係工事実施要領	
S 4 0	橋梁関係工事実施要領	
S 4 1	橋りょう関係設計要領	未入手
S 4 2	橋りょう関係設計要領	未入手
S 4 3	橋りょう関係設計要領	
S 4 4	橋りょう関係設計要領	
S 4 5	橋りょう関係設計要領	
S 4 6	橋りょう関係設計要領	
S 4 7	橋りょう関係設計要領	
S 4 8	橋りょう関係設計要領	
S 5 1	橋りょう関係実施要領	
S 5 2	橋りょう関係実施要領	
S 5 3	橋梁関係実施要領	
S 5 4	橋梁関係実施要領	
S 5 6 ~ 6 1	橋梁関係実施要領	S 5 6 要領に対し改訂箇所を差し替え
S 6 2	道路橋設計施工要領	
H 2	道路橋設計施工要領	
H 6	道路橋設計施工要領	
H 1 1	道路橋設計施工要領	
H 1 3 ~ 1 5	道路橋設計施工要領	H 1 3 要領に対し改訂箇所を差し替え
H 1 6 ~	道路設計要領 第 3 集（橋梁編）	H 1 6 以降毎年改定

8.3 コンクリートの配合に関して

8.3.1 概要

コンクリートの配合と構造物との関係は、例えば、空気量は耐凍害性に、塩化物含有量や骨材のアルカリシリカ反応の有無は構造物の耐久性に関係があるなど、構造物の劣化状況の評価と密接なつながりがある。

配合に関しては「コンクリート標準示方書（土木学会）」において古くから規定されているが、全国的な基準であるため、地域性や骨材の品質の違いなどを考慮してある程度の範囲を持たせたものとなっている。その他には、プレストレストコンクリート、鋼道路橋など特化した構造に関する標準示方書、指針、便覧などが土木学会や日本道路協会から発刊されている。また、北海道独自の基準としては「局設計要領」以外にも「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針（北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会）」がある。これらのコンクリートの配合に関する技術基準の変遷を表8-5に示す。

8.3.2 変遷のとりまとめ方

コンクリートの配合は対象とする構造物の種別や構造物の使用状況で各々規定されている場合が多く、表8-3に示すように基準ごとに配合の表記方法も異なっている。このため、本報告では、局設計要領に準じて代表的な構造物ごとに配合の変遷を整理することとした。

対象とした構造種別は表8-4に示すように、橋台・橋脚（RC構造）鋼橋非合成桁橋（床版部材）鋼橋合成桁橋（床版部材）ポステンPC橋（主桁部材）の4種類とした。

表8-3 各基準類の配合に関する記述方法

技術基準	配合の記述方法
コンクリート標準示方書	配合項目ごとに、適用部材・構造物の露出状態等で規定
局設計要領	代表的な構造物ごとに規定
指針、便覧など	鋼橋の床版、ポステンPC橋に特化して規定

表8-4 配合の変遷を取りまとめた構造種別

構造種別	調査した基準類	参照する表番
橋台・橋脚（RC構造）	局設計要領	巻末資料 1.1
	コンクリート標準示方書、その他の技術基準	巻末資料 1.2
鋼橋の床版	局設計要領（鋼橋非合成桁の床版）	巻末資料 1.3
	局設計要領（鋼橋合成桁の床版）	巻末資料 1.4
	コンクリート標準示方書、その他の技術基準	巻末資料 1.5
ポステンPC桁	局設計要領	巻末資料 1.6
	コンクリート標準示方書、その他の技術基準	巻末資料 1.7

表 8 - 5 コンクリート標準示方書その他の技術基準の変遷

年度	コンクリート標準示方書 (土木学会)	その他の技術基準		
		(土木学会)	(日本道路協会)	(北海道土木技術会)
S 2 6	コンクリート標準示方書			
S 3 0		プレストレストコンクリート 設計施工指針		
S 3 3	コンクリート標準示方書			
S 3 6		プレストレストコンクリート 設計施工指針		
S 4 2	コンクリート標準示方書		鋼道路橋の合成ゲタ 設計施工指針	
S 4 3			プレストレストコンクリート 道路橋示方書	
S 4 4				北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針(案)
S 4 7			鋼道路橋施工便覧	
S 4 8				北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針
S 4 9	コンクリート標準示方書			
S 5 2	コンクリート標準示方書			
S 5 3		プレストレストコンクリート 標準示方書		
S 5 4			鋼道路橋設計便覧	北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針
S 5 5	コンクリート標準示方書		鋼道路橋設計便覧	
S 5 8				北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針
S 5 9			コンクリート 道路橋施工便覧	
S 6 0			鋼道路橋施工便覧	
S 6 1	コンクリート標準示方書 施工編			
H 1				北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針
H 3	コンクリート標準示方書 施工編	プレストレスト コンクリート工法 設計施工指針		
H 7				北海道における鋼道路橋 の設計及び施工指針
H 8	コンクリート標準示方書 施工編			
H 1 4	コンクリート標準示方書 施工編			

8.3.3 橋台・橋脚（ＲＣ構造）の配合について

コンクリートの配合は工事発注の要件となるため、北海道開発局の要領を基本に整理した。巻末資料１．１に昭和３７年からの変遷を示す。なお、昭和４１、４２年度の設計要領が未入手であるため、この間の配合に関しては記載していない。

また、参考としてコンクリート標準示方書の規定について、昭和２６年からの変遷を巻末資料１．２にまとめた。

（１）設計基準強度について

今回の調査範囲の内、昭和３８年度以降の局設計要領では、設計基準強度 21N/mm^2 が基本となっていたが、平成１３年度以降は 24N/mm^2 に変更となっている。

（２）スランブについて

今回の調査範囲の内、昭和４０年度以降では概ね 8cm のスランブが基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書に以下の記述がある。

- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ２６，３３）」では 7.5～15cm（柱、壁）の記載がある。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４２）」に 5～12.5cm（柱、壁）の記載がある。

（３）空気量について

今回の調査範囲の内、平成２年度以降では 4.5%（ＲＣ－１）が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書に以下の記述がある。

- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ３３，４２）」に 2～6%の記載がある。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４９，５２，５５，６１）」に 3～6%の記載がある。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４９，５２，５５，６１）」では、ＡＥコンクリートの配合概略値として 4.5%の記載がある。

（４）最大水セメント比について

今回の調査範囲の内、昭和４０年度に 53%の記載がある。それ以降は、平成元年まで記載が無い。平成２年度以降は 55%（ＲＣ－１）が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書に以下の記述がある。

- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ２６，３３）」では 53%（普通の断面）である。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４２）」では 55%（普通の断面）である。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４９，５２，５５）」では 60%（普通の断面）である。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ６１）」では 60%（一般の断面）である。
- ・「コンクリート標準示方書（Ｓ４９，５２，５５，６１）」ＡＥコンクリートの配合概略値として 55%の記載がある。

（５）粗骨材の最大寸法

今回の調査範囲の内、昭和３８年度以降より記載があり、概ね 40mm が基本となっている。（「橋梁工事設計施工要領（旭建）（Ｓ３８）」に 30mm の記載がある。）

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書（Ｓ２６，３３）」では 25mm（柱、壁）、40mm（フーチング）である。
- 「コンクリート標準示方書（Ｓ４２）」に 40mm（大きい断面）の記載がある。

（６）最少単位セメント量について

今回の調査範囲の内、昭和３７年度から昭和３９年度までは、 $320 \pm 20 \text{kg/m}^3$ が基本となっている。昭和４０年度のみ骨材の産地により、Ａ： 310kg/m^3 、Ｂ： 330kg/m^3 、Ｃ： 320kg/m^3 に区分している。その後は、平成元年まで記載がない。平成２年度以降は、 280kg/m^3 （ＲＣ－１）が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書（Ｓ２６，３３）」では、 300kg/m^3 である。
- 「コンクリート標準示方書（Ｓ４２，４９）」では、 300kg/m^3 である。
- 「コンクリート標準示方書（Ｓ５２，５５，６１）」に、「単位セメント量と水セメント比から定めること」との記載がある。

８．３．４ 鋼橋の床版の配合について

変遷は、局設計要領の規定を基本とし、巻末資料１．３に鋼橋非合成桁床版の配合の変遷、巻末資料１．４に鋼橋合成桁床版の配合の変遷を示す。なお、昭和４１、４２年度の設計要領が未入手であるため、この間の配合に関しては記載していない。

また、参考として「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針（北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会）」およびコンクリート標準示方書の規定について巻末資料１．５にまとめた。

（１）設計基準強度について

非合成桁については、昭和３８年度以降の局設計要領では、設計基準強度 24N/mm^2 が基本となっている。

合成桁では、昭和４０年度以降から設計基準強度 28N/mm^2 が基本となっていたが、昭和４７年度以降は 30N/mm^2 に変更となっている。ただし、昭和５１年度から昭和５３年度までは、支間長により設計基準強度を区分しており、支間長が 35m 以下の場合は 30N/mm^2 、それ以上は 33N/mm^2 である。

（２）スランプについて

非合成桁、合成桁ともに、昭和４０年度から昭和４４年までは 5cm が基本となっていたが、昭和４５年度以降については 8cm が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の指針に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書（Ｓ２６，３３）」において 7.5～15cm（版）である。
- 「コンクリート標準示方書（Ｓ４２）」に 5.0～12.5cm（一般の場合）の記載がある。
- 「鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針（Ｓ４２）（日本道路協会）」に 7～10cm の記載がある。

(3) 空気量について

非合成桁、合成桁ともに、平成 2 年度以降では 5.0% が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の指針に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書 (S 3 3 , 4 2)」において 2 ~ 6 % である。
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 4 8)」では 5.0% の記載がある。
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 5 4 , 5 8)」では 3.5 ~ 5.5% の記載がある。
- 「鋼道路橋施工便覧 (S 6 0) (日本道路協会)」において 3 ~ 5 % の記載がある。
- 「コンクリート標準示方書 (S 4 9 , 5 2 , 5 5 , 6 1)」において A E コンクリートの配合概略値として 5.0% の記載がある。

(4) 最大水セメント比について

非合成桁・合成桁ともに、昭和 4 0 年度に 58% の記載がある。それ以降は、平成元年まで記載が無い。平成 2 年度以降では 55% が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の指針に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書 (S 2 6 , 3 3)」において 49% である。(断面が薄い場合)
- 「コンクリート標準示方書 (S 4 2)」において 50% である。(断面が薄い場合)
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 4 4 , 4 8)」で 55% である。
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 5 4 , 5 8)」で 60%、ただし、潮風を受ける場合は 55% との規定がある。
- 「鋼道路橋施工便覧 (S 6 0)」において (一般の場合) 50% (塩害の恐れのある場合) の記載がある。

(5) 粗骨材の最大寸法

非合成桁、合成桁ともに、昭和 3 8 年度以降より記載があり 25mm が基本となっている。ただし、合成桁については、昭和 4 0 年度以降の記載となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の指針に以下の記述がある。

- 昭和 3 8 年以前では、「コンクリート標準示方書 (S 2 6 , 3 3)」において 25mm (版) である。

(6) 最少単位セメント量について

非合成桁では、今回の調査範囲では、昭和 3 7 年度から昭和 3 9 年度までは、 $320 \pm 20\text{kg/m}^3$ が基本となっている。昭和 4 0 年度のみ、骨材の産地により、A : 300kg/m^3 、B : 330kg/m^3 、C : 360kg/m^3 に区分している。その後は平成元年まで記載がない。平成 2 年度以降は、 280kg/m^3 (R C - 4) が基本となっている。

合成桁では、昭和 3 9 年以前に関して記述は無い。昭和 4 0 年度のみ、骨材の産地により、A : 330kg/m^3 、B : 360kg/m^3 に区分している。その後は平成元年まで記載がない。平成 2 年度以

降は、 $280\text{kg}/\text{m}^3$ (R C - 5) が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の指針に以下の記述がある。

- 「コンクリート標準示方書 (S 2 6 , 3 3 , 4 2) 」において $300\text{kg}/\text{m}^3$ である。
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 4 8) 」では非合成桁で $285\text{kg}/\text{m}^3$ 、合成桁で $340\text{kg}/\text{m}^3$ である。
- 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 5 4 , 5 8) 」では非合成桁・合成桁ともに、 $300\text{kg}/\text{m}^3$ である。

8 . 3 . 5 ポステン P C 桁の配合について

変遷は、局設計要領の規定を基本とし、巻末資料 1 . 6 に変遷を示す。なお、昭和 4 1、4 2 年度の設計要領が未入手であるため、この間の配合に関しては記載していない。

また、参考としてプレストレストコンクリートに関する指針およびコンクリート標準示方書の規定について巻末資料 1 . 7 にまとめた。

(1) 設計基準強度について

今回の調査範囲の内、昭和 4 0 年度以降の局設計要領では、 $40\text{N}/\text{mm}^2$ が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の技術基準に以下の記述がある。

- 「プレストレストコンクリート設計施工指針(S 3 0 , 3 6)(土木学会)」において $30\text{N}/\text{mm}^2$ である。
- 「プレストレストコンクリート道路橋示方書(S 4 3)(日本道路協会)」において $30\text{N}/\text{mm}^2$ である。
- 「コンクリート標準示方書 (S 4 2 , 4 9 , 5 2 , 5 5) 」において $30\text{N}/\text{mm}^2$ である。
- 「プレストレストコンクリート標準示方書 (S 5 3)(土木学会)」において $30\text{N}/\text{mm}^2$ である。
- 「コンクリート道路橋施工便覧 (S 5 9)(日本道路協会)」において $30\text{N}/\text{mm}^2$ である。

(2) スランプについて

今回の調査範囲の内、昭和 4 0 年度以降から 5cm が基本となっていたが、平成 2 年度以降は 8cm に変更となっている。

(3) 空気量について

今回の調査範囲の内、平成 2 年度以降より 5.0% (P C - 2) が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の技術基準に以下の記述がある。

- 「コンクリート道路橋施工便覧 (S 5 9)」において 4.0%との記載がある。これ以前については、コンクリート標準示方書、プレストレストコンクリート設計施工指針等にも記載が無い。

(4) 最大水セメント比について

今回の調査範囲の内、昭和 4 0 年度に 58%の記載がある。その後は平成元年まで記載が無い。平成 2 年度以降は、50% (P C - 2) が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の技術基準に以下の記述がある。

- 「コンクリート道路橋施工便覧 (S 5 9)」において 45%との記載がある。これ以前については、コンクリート標準示方書、プレストレストコンクリート設計施工指針等にも記載が無い。

(5) 粗骨材の最大寸法

今回の調査範囲の内、昭和 4 0 年度から 25mm が基本となっているが、平成 2 年度以降は 20 ~ 25mm に変更となった。

(6) 最少単位セメント量について

今回の調査範囲の内、昭和 3 7 年度から昭和 3 9 年度までは、配合設計により決定することとなっている。昭和 4 0 年度のみ、骨材の産地により、A : 400kg/m³、B : 430kg/m³ に区分している。その後は平成元年まで記載がない。平成 2 年度以降は、280kg/m³ (P C - 2) が基本となっている。

局設計要領に記載の無い期間については、コンクリート標準示方書、その他の技術基準に以下の記述がある。

- 「プレストレストコンクリート設計施工指針 (S 3 0 , 3 6)」において 300kg/m³である。
- 「コンクリート標準示方書 (S 4 2 , 4 9 , 5 2)」において 300kg/m³である。
- 「コンクリート道路橋施工便覧 (S 5 9)」において 300kg/m³である。

8 . 3 . 6 塩化物含有量の規定について

- 昭和 4 9 年以前についてはコンクリート標準示方書においても規定は無い。
- 「コンクリート標準示方書 (S 4 9 , 5 2 , 5 5)」では、N a c l 換算で 0.10%以下とするとの記載がある。
- 「コンクリート標準示方書 (S 6 1)」に全塩素イオン重量を 0.60kg/m³以下とするとの記載がある。
- 「局設計要領 (H 2)」では、全塩素イオン重量を 0.60kg/m³以下としている。
- 「局設計要領 (H 6 ~)」では、塩素イオン (C l -) 量を 0.30kg/m³以下とする記載がある。

8 . 3 . 7 アルカリ骨材反応の規定について

アルカリ骨材反応は、昭和 5 7 年頃阪神地区での損傷事例の発見の後、多くの損傷が顕在化したことにより問題化した。

昭和 6 1 年 (1 9 8 6 年) 6 月には、建設省通達「アルカリ骨材反応暫定対策について」が示され、「骨材の選定」、「低アルカリ型セメントの使用」、「抑制効果のある混合セメントの使用」、「コンクリート中のアルカリ総量規制」の 4 つの対策が示された。

昭和61年(1986年)10月にはJISA5308「レディーミクストコンクリート」にてアルカリ骨材反応対策が盛り込まれ、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務付けられた。

「コンクリート標準示方書(S61)」においては、アルカリ骨材反応に対する安定性を判定する試験方法に関して記載された。

「局設計要領(H2～)」では、レディーミクストコンクリートの購入時にアルカリシリカ反応の抑制方法、骨材のアルカリシリカ反応性による種類(区分)について購入者が生産者と協議することを規定している。

「コンクリート標準示方書(H14)」においては、耐アルカリ骨材反応の照査を行うことを原則としている。

8.3.8 考察

コンクリートの配合に関する「局設計要領」の変遷の調査結果を基に考察を述べる。

(1) 配合について

昭和30年代に「橋梁工事設計要領 旭川開発建設部(S37, S38)」が存在すること、「橋梁関係工事実施要領(S40)」では、地域毎に骨材の品質を分類していることから、昭和30～40年ころは、コンクリートの配合に関して各部局毎に個別に運用されていた可能性がある。

「局設計要領」では、平成2年度以前の空気量に関する規定がない。「コンクリート標準示方書(S49, 52, 55, 61)」では、コンクリートの練りませ後における空気量の推奨値の記載がある(変遷一覧表: AEコンクリート配合概略値参照)。この値はポステンPC桁を除いた「局設計要領(H2～)」の空気量と同値であることから、「局設計要領」に記載の無い期間の空気量については、これを準用していた可能性が考えられる。

鋼橋床版の配合に関しては、昭和53年4月13日と、昭和59年2月2日に建設省通達が存在する。通達は、「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」に記載の配合とほぼ同じ内容であるため、同指針における配合設定時の参考となったと考えられる。

局設計要領(S53、54)に掲載：

道路橋鉄筋コンクリート床版の設計・施工について(昭和53年4月13日)

局設計要領(S56～61、62)に掲載：

橋、高架の道路等の技術基準について(昭和59年2月2日)

(2) 塩化物含有量について

コンクリートの配合で規定している塩化物含有量は、コンクリート製造時における洗浄不足の海砂使用による内在型塩害への対応を目的としている。

塩化物含有量に関する規定は、コンクリート標準示方書において昭和49年に許容限度が記載された。その後、昭和61年、平成3年、平成14年に許容限度の改訂を行っていることから、昭和49年以前の構造物の損傷原因には内在型塩害を考慮する必要がある。

(3) アルカリ骨材反応について

建設省通達「アルカリ骨材反応暫定対策について(S 6 1)」が出たこと、「コンクリート標準示方書(S 6 1)」においてアルカリ骨材反応についての記述が追加されたことにより、昭和 6 1 年以降の新設構造物には十分な対策が行われていると考えられる。したがって、昭和 6 1 年以前の橋梁の補修・補強を行う際には、その損傷原因としてアルカリ骨材反応の可能性が有り得ることを考慮しておく必要がある。

8 . 3 . 9 コンクリート配合の変遷一覧表

コンクリート配合に関する変遷一覧表を巻末資料に示す。

- 橋台、橋脚(R C 構造) の配合について

局設計要領	-	巻末資料	1 . 1
コンクリート標準示方書、その他の技術基準	-	巻末資料	1 . 2

- 鋼橋の床版の配合について

鋼橋非合成桁床版の配合の変遷(局設計要領)	-	巻末資料	1 . 3
鋼橋合成桁床版の配合の変遷(局設計要領)	-	巻末資料	1 . 4
コンクリート標準示方書、その他の技術基準	-	巻末資料	1 . 5

- ポステン P C 桁の配合の変遷

局設計要領	-	巻末資料	1 . 6
コンクリート標準示方書、その他の技術基準	-	巻末資料	1 . 7

8.4 PCグラウトに関して

8.4.1 概要

ポストテンションPC橋が国内ではじめて施工されたのは昭和28年であり、北海道ではその翌年の昭和29年に2橋が建設されている。PCグラウトはPC鋼材の保護と付着が確実に得られるように注入路内の空隙を完全に埋めることが重要であるが、初期の頃はグラウトに関する認識が低く、材料の品質や施工法に起因する損傷（ひびわれ）が全国的な問題となり、規定を改善してきた経緯がある。

グラウトに関する技術基準は、土木学会では「コンクリート標準示方書」の他に「プレストレストコンクリート設計施工指針（S30, 36）」、「プレストレストコンクリート標準示方書（S53）」がある。

北海道においては、「局設計要領（H2～）」のほかに、昭和30年代に北海道土木技術会より「PCグラウト注入施工指針」が発刊となっている。これは、PCグラウトに関する日本で初めての指針である。

PCグラウトに関する変遷は、「昭和30～40年代」、「昭和50年代」、「昭和60年代～平成以降」と、大きく3つに分けることができる。

8.4.2 昭和30～40年代のPCグラウトに関する規定

この年代は、プレストレストコンクリート橋における初期の時代であり、グラウトに関する技術基準が初めて発刊となるなど、配合や施工に関する基準が整った時期である。

ポストテンションPC橋がはじめて施工された昭和28年から数年を経ないうちに、PC桁のシース沿いに縦ひびわれが発生するという現象が、まず北海道の道路橋で発見された。その後、全国でも同様の損傷が発見され、その原因がPCグラウトまたは分離水の凍結膨張に起因するばかりではなく、それ以外の原因によっても生じることが明らかになり、設計施工面での改善につながっている。

北海道土木技術会ではプレストレストコンクリート研究委員会（当時横道英雄委員長）を設置し、調査・研究を行うとともにドイツの暫定基準を参照して、昭和32年に「PCグラウト注入施工指針」を制定した。この指針は、昭和34年、昭和36年さらに昭和45年に改訂を行っている。（本調査ではS34、S45を収集）

土木学会では「プレストレストコンクリート設計施工指針（S36）」の中でPCグラウト指針案とPCグラウト試験方法について記載されている。

（「PCげたの縦ひびわれとその防止（林正道）」北海道開発局土木試験所月報第209号より部分引用）

（1）圧縮強度について

この年代における圧縮強度の規定は試験方法によって異なっており、押しボタン法で300kg/cm²、型枠法で200kg/cm²であった。

- ・「PCグラウト注入施工指針（S34、36）」では、材齢28日で300kg/cm²（押しボタン法）
- ・「PCグラウト注入施工指針（S45）」では、材齢28日で200kg/cm²（型枠法）
- ・「プレストレストコンクリート設計施工指針（S36）」では、材齢28日で300kg/cm²（押

しブタカン法)、もしくは $200\text{kg}/\text{cm}^2$ (型枠法)。

(2) 水セメント比について

この年代では、「PCグラウト注入施工指針(S34、45)」、「プレストレストコンクリート設計施工指針(S36)」において35~45%との記載がある。

(3) 混和剤について

この年代では、減水剤(セメント分散剤)、アルミニウム粉末、フライアッシュが用いられた。

- 「PCグラウト注入施工指針(S34、45)」では、減水剤(セメント分散剤)、アルミニウム粉末、フライアッシュ(最大セメント重量の30%以内)が用いられるとの記載がある。
- 「プレストレストコンクリート設計施工指針(S36)」では、セメント分散材、アルミニウム粉末(セメント重量の0.005~0.015%)が用いられるとの記載がある。

(4) 膨張率(収縮率)について

膨張率(収縮率)については、昭和36年に収縮率2%から膨張率5%へ改訂した。

- 「PCグラウト注入施工指針(S34、36)」では、24時間測定において収縮率が2%以下である。
- 「PCグラウト注入施工指針(S45)」では、収縮率から膨張率5%へ改訂した。
- 「プレストレストコンクリート設計施工指針(S36)」では、膨張率5%以下である。

(5) 凍結安定性について

「PCグラウト注入施工指針(S34、36)」、「プレストレストコンクリート設計施工指針(S36)」ともに凍結安定性試験により判定し、容積膨張があつてはならないとの記載がある。

8.4.3 昭和50年代のPCグラウトに関する規定

この年代では、「プレストレストコンクリート標準示方書(S53)」に準拠している。

- 圧縮強度は、材齢28日で $200\text{kg}/\text{cm}^2$ である。
- 水セメント比は、35~45%である。
- 混和材料は、減水剤、アルミニウム粉末(セメント重量の0.005~0.015%)が実際によく用いられているものであった。
- 膨張率は10%以下である。
- 凍結安定性については、「プレストレストコンクリート標準示方書(S53)」から記載がなくなった。
- 塩化物含有量については記載が無い。

8.4.4 昭和60年代~平成以降のPCグラウトに関する規定

この年代では、PCグラウト用混和剤の技術が進歩し、ノンブリーディングタイプの混和材に関する規定を追加。さらに、塩化物含有量に関する規定も追加となった。

平成2年度以降の局設計要領において初めてグラウトの規定を記載した。

(1) 圧縮強度について

「コンクリート標準示方書 (S 6 1 ~)」、「局設計要領 (H 2 ~)」では、材齢 2 8 日の圧縮強度において $200\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

(2) 水セメント比について

「コンクリート標準示方書 (S 6 1 ~)」、「局設計要領 (H 2 ~)」では 45% である。局設計要領では、水セメント比について「北海道の気候を考慮すると、グラウトの水セメント比は 40% 以下とすべきであるが、夏季に施工する場合には詰まり等のトラブルが懸念されるため、一般の施工では 45% 以下、冬季の施工では 40% 以下と規定した。」とある。

(3) 混和材料について

「局設計要領 (H 2 , H 6)」では、膨張剤 (アルミニウム粉末)、混和剤 (ポゾリス G F 6 3 0 セメント重量 1.0%) となっていたが、それ以降の記載はない。

この年代では、コンクリート標準示方書において以下のような規定となっていた。

- 「コンクリート標準示方書 (S 6 1 , H 3)」では、遅延剤を兼ねた減水剤、アルミニウム粉末 (セメント重量の 0.005 ~ 0.015%) が実際によく用いられているものとの記載がある。
- 「コンクリート標準示方書 (H 8)」では、遅延剤を兼ねた減水剤、アルミニウム粉末 (セメント重量の 0.005 ~ 0.015%) が実際によく用いられているものとの記載がある。
- 「コンクリート標準示方書 (H 1 4)」では、P C グラウト用混和剤としてノンブリーディングタイプを使用することを標準とした。

(4) 膨張率、ブリーディング率について

局設計要領には、膨張率、ブリーディング率に関する規定が無い。この年代では、コンクリート標準示方書において以下のような規定となっていた。

- 「コンクリート標準示方書 (S 6 1 ~)」では、膨張率 10% 以下。この改訂によりブリーディング率の上限値を 3.0% とする規定を追加。さらに、ブリーディング率が 0% であれば膨張率 0% の配合も可とした。
- 「コンクリート標準示方書 (H 1 4)」では、膨張率は膨張性グラウトで 0 ~ 10% , 非膨張性グラウトで - 0.5 ~ 0.5% とし、ブリーディング率を 0% とした。

(5) 塩化物含有量について

局設計要領には、塩化物含有量に関する規定が無い。この年代では、コンクリート標準示方書において以下のような規定となっていた。

- 「コンクリート標準示方書 (H 3 , H 8)」では、塩化物含有量について全塩化物イオン量を $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下とする規定を追加した。
- 「コンクリート標準示方書 (H 1 4)」では、塩化物イオン総量を $0.3\text{kg}/\text{m}^3$ 以下とする規定を追加した。

8.4.5 今回の調査で収集した他の技術基準について

グラウトに関する技術基準は、「コンクリート標準示方書」及びプレストレストコンクリートに関連する指針等について収集した。

- コンクリート標準示方書（土木学会）
- プレストレストコンクリート設計施工指針（土木学会）
- プレストレストコンクリート道路橋示方書（日本道路協会）
- プレストレストコンクリート標準示方書（土木学会）
- コンクリート道路橋施工便覧（日本道路協会）
- プレストレストコンクリート工法設計施工指針（土木学会）
- PCグラウト注入施工指針（北海道土木技術会プレストレストコンクリート研究委員会）

また、以下の論文を参考資料として収集した。

- 「PCグラウトについて」 横道英雄
雑誌「プレストレストコンクリート 1960（S35）年6月」に掲載
- 「プレストレストコンクリート用グラウトに関する実験的研究」 林 正道
北海道開発局土木試験所月報第104号（1962年3月）
- 「PCげたの縦ひび割れとその防止」 林 正道
北海道開発局土木試験所月報第209号（1970年10月）

8.4.6 考察

「局設計要領（H2）」以前ではグラウトに関する規定が無いため、「PCグラウト注入施工指針（S32～45）」、「プレストレストコンクリート標準示方書（S53）」、「コンクリート標準示方書（S61）」を基に、グラウトの配合を行っていたと考えられる。

橋梁点検等において「PC桁のダクトに沿ったひび割れ」を確認した場合、時間の経過とともに雨水等がひび割れ内に浸入し、PC鋼材に腐食が生じている可能性があるため注意が必要である。

塩化物含有量は、「コンクリート標準示方書（H3～）」より規定が追加となっている。緊張材に対する腐食の影響は鉄筋に対する影響よりも鋭敏であるため、平成3年以前の橋梁に関しては留意が必要である。

8.4.7 グラウト工の変遷一覧表

グラウトに関しては巻末資料に変遷一覧表を示す。

- | | |
|---|------------|
| • 局設計要領 | - 巻末資料 2.1 |
| • PCグラウト注入施工指針（北海道土木技術会） | - 巻末資料 2.2 |
| • コンクリート標準示方書、
プレストレストコンクリートに関連する指針等 | - 巻末資料 2.3 |

8.5 鉄筋に関して

8.5.1 概要

本章では、北海道開発局設計要領（以下 局設計要領）及び道路橋示方書等関連基準書に基づき鉄筋に関する材料等の変遷について記す。

我が国における鉄の近代的製造は明治34年（1901年）であり、官営八幡製鉄所で初めて丸棒が圧延された。昭和23年（1948年）頃から国内で異形鉄筋の製造と利用の研究が進められ、昭和28年（1953年）にJIS G3310「異形丸棒」が制定された。昭和39年（1964年）JIS改訂により本格的に異形鉄筋が用いられることとなり、現在に至る。

以下に鉄筋の材質・許容値、重ね継手長、かぶり、段落しの設定方法などの変遷について記す。

8.5.2 鉄筋の材質・許容値の規定に関する変遷

- 「鉄筋コンクリート標準示方書（S6）（土木学会）」の第74条において、鉄筋の許容応力が定められている。寸法としては、丸鋼で6mm～32mmが規定されている。JES第20号G9構造用圧延鋼材に準じたものを使用することが規定されている。

・許容張應力 $\sigma_{sa} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$

・許容圧應力 $\sigma_{sa} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$

第七十四條 鉄筋の許容應力

鉄筋の應力は次の許容應力を超過すべからず。

許容張應力 $\sigma_{sa} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$

許容圧應力 $\sigma_{sa} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$

- 「コンクリート標準示方書（S31）」においては、1953年にJIS規定されたG3101、G3110により以下の値が定められた。この時期から異形棒鋼が多く使用される。

・SS39，SS41，SSD39 $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$

・SS49，SS50 $\sigma_{sa} = 1,600 \text{ kg/cm}^2$

・SSD49 $\sigma_{sa} = 1,800 \text{ kg/cm}^2$

鉄筋の許容応力度 3.3 条

鉄筋の許容応力度 σ_{sa} は表-2のとおりとする。

表-2

種 類			σ_{sa} (kg/cm ²)
SS 39	SS 41	SSD 39	1,400
SS 49	SS 50		1,600
SSD 49			1,800

σ_{sa} が 200 kg/cm^2 以下の場合には、普通の丸鋼に対し $\sigma_{sa} \leq 1400 \text{ kg/cm}^2$ とする。

上記以外の鋼材を用いるときは、必ず試験を行なって責任技術者の指示にしたがって、許容応力度を定めなければならない。

- 1964年のJIS改訂により現在のSD表示となった。(道路橋下部構造設計指針(調査および設計一般篇)(S41)(日本道路協会))
 - SS39, SS41, SSD39 → SR24, SD24, SR30
 - SS49, SS50 → SD30

4.3条 鉄 筋	
(1) 水中および地下水位以下の構造物の鉄筋の許容応力度は表9のとおりとする。ただし地震時および衝突時の許容応力度の割増しの際に用いる許容応力度は、大気中にある構造物と同等とする。	
表. 9	
種 類	σ_{sa} (kg/cm ²)
SR24, SD24, SR30	1,400
SD30	1,600

- 1987年のJIS改訂により、SD30材にA種、B種表記が付与された。従来型がA種で、B種は追記されたものである。(道路橋示方書・同解説 下部構造編(H2)(日本道路協会))

表-4.3.1 鉄筋の許容応力度 (kgf/cm ²)					
応力度, 部材の種類			鉄筋の種類		
			SR 24	SD 30 A SD 30 B	SD 35
引 張 応 力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	1,400	1,800	1,800
		2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	1,400	1,600	1,600
	3) 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		1,400	1,800	2,000
	4) 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		1,400	1,800	2,000
	5) 圧 縮 応 力 度		1,400	1,800	2,000

- 平成5年(1993年)に計量法の全面改定を受け、SI単位化が進められ、「道路橋示方書・同解説 下部構造編(H6)」よりSI表記となり、平成11年10月(1999年)をもって完全移行され現在に至る。
 - SR24 → SR235 • SD30 → SD295
 - SD35 → SD345

表-4.3.1 鉄筋の許容応力度 (kgf/cm ²)					
応力度, 部材の種類			鉄筋の種類		
			SR 235	SD 295 A SD 295 B	SD 345
引 張 応 力 度	荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含まない場合	1) 一般の部材	1,400	1,800	1,800
		2) 水中あるいは地下水位以下に設ける部材	1,400	1,600	1,600
	3) 荷重の組合せに衝突荷重あるいは地震の影響を含む場合の許容応力度の基本値		1,400	1,800	2,000
	4) 鉄筋の重ね継手長あるいは定着長を算出する場合		1,400	1,800	2,000
	5) 圧 縮 応 力 度		1,400	1,800	2,000

- 北海道開発局では、「局設計要領（Ｓ４３，Ｓ４４）」において、ＳＤＣ４０という材質が記載されており、実橋（新石狩大橋（Ｓ４３））にも使用されている。その後、「局設計要領（Ｓ５３）」からは削除されているが理由は不明である。

〔1401〕 鉄筋の許容応力度					
(1) 鉄筋の許容引張応力度および許容圧縮応力度は（表－４）によるものとする。					
鉄筋の種類			表－４ (単位：kg/cm ²)		
			SD30	SD35	SD40 および SDC40
A	許容引張応力度 ($\sigma_L \leq 2\sigma_D$) 〃 圧縮応力度	$d \leq 32\phi$	1,800	2,100	2,400
		$d > 32\phi$	1,600	1,900	2,200
B	許容引張応力度 ($\sigma_L \geq 2\sigma_D$)	$d \leq 32\phi$	1,700	1,800	2,000
		$d > 32\phi$	1,500	1,600	1,800

σ_L ＝動荷重による鉄筋の応力度
 σ_D ＝静荷重による鉄筋の応力度
 d ＝鉄筋の公称直径

〔1402〕 鉄筋の使用区分	
(1) 鉄筋は（表－５）の区分によって使用するのを原則とする。	
表－５	
鉄筋の種類	使用構造物
SD 30	涵渠、床版(地ふく、親柱など)、ポステンPCげたの補強鉄筋など
SD 35	井筒、L形橋台、L形橋脚、片持式橋脚、ラーメン式橋台および橋脚、控壁式橋台、井筒RCげた、ラーメンなど
SD 40	
SDC40	

８．５．３ 継手長の規定に関する変遷

(１) 鉄筋の継手

- 鉄筋の継手は、古くから重ね継手が用いられてきた。「鉄筋コンクリート標準示方書（Ｓ６）」では、「重ね継手長＝半円フック＋３０φ以上」とされている。（巻末資料３．１参照）
- 「道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編（Ｓ５３）」により、付着強度を基本とした定着長算出式が一般化され、現在に至っている。（巻末資料３．２参照）

$$\bullet La = \sigma_{sa} \cdot \phi / 4 \tau_{oa}$$

- 「建設省制定土木構造物標準設計（Ｓ５１、Ｓ５７）（全日本建設技術協会）」においては、異形鉄筋を基本とした定着長として、３０φ及び３５φが用いられ、実用上としてはこの定着長が一般に利用されてきた。（巻末資料３．３参照）
- 北海道開発局では、上記の定着長算出式を基本としていたが、「局設計要領（Ｈ２）」以降からは、鉄筋種別はＳＤ３０Ａ（ＳＤ２９５Ａ）を標準とし、コンクリートの設計基準強度別に下記のように運用されてきた。（巻末資料３．４参照）

$$\bullet \sigma_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2 \quad \rightarrow \quad La = 30 \phi$$

$$\bullet \sigma_{ck} = 210 \text{ kgf/cm}^2 \quad \rightarrow \quad La = 35 \phi$$

- 「局設計要領（H 1 1）」以降は、鉄筋種別はSD 3 4 5を標準とし、コンクリートの設計基準強度別に下記のように運用されてきた。（巻末資料3．5 参照）

• $\sigma_{ck} = 270\text{kgf/cm}^2$ → $La = 30\phi$

• $\sigma_{ck} = 240\text{kgf/cm}^2$ → $La = 35\phi$

• $\sigma_{ck} = 210\text{kgf/cm}^2$ → $La = 40\phi$

さらに、「局設計要領（H 1 5）」より、定着長算出式を 10mm ラウンドとした値を標準としている。（巻末資料3．6 参照）

（２）ガス圧接

- ガス圧接は、1939年に米国においてレールの接合に使用したのが最初とされ、日本においては、1943年の満鉄鉄道技術研究報告が最初となっている。
- ガス圧接の記述は、「道路橋下部構造設計指針（S 4 1）（日本道路協会）」に施工上の留意点と共に記載されており、その後の道路橋示方書では、「十分な管理を行う場合には、ガス圧接継手を用いることができる。」との記述で一貫している。（巻末資料3．7 参照）
- ガス圧接が一般的となったのは、「建設省制定土木構造物標準設計（S 5 1）」において、「D 2 9 以上は圧接とする」が記載されて以降となる。（巻末資料3．8 参照）
- 北海道開発局では「局設計要領（H 2）」の内、「コンクリート設計施工要領」において、平成2年より圧接の使用が記載され現在に至っている。（巻末資料3．9 参照）
- 「局設計要領（H 1 1）（コンクリート編1 - 1 4）」において、ガス圧接の径D 2 9 以上として示された（巻末資料3．10 参照）。これは、「建設省制定土木構造物標準設計」の規定および「道路橋示方書・同解説（H 8）」の改訂により太径鉄筋の使用頻度が増加したことを受けたものと想定される。

（３）その他の継手

- 現在使用されている鉄筋の接合方法としては、「突合せ溶接継手」、「重ね継手」、「機械式継手」の3形式に大別される。
- 「鉄筋継手指針（S 5 7）（土木学会）」の発刊により、数多くの鉄筋継手が標準化されるようになった。その後、追加工法が（その2）として発刊された。（巻末資料3．11 参照）
- 「鉄筋定着・継手指針[2007年版]（H 1 9）（土木学会）」として発刊・整理された。（巻末資料3．12 参照）

8.5.4 鉄筋のかぶりの規定に関する変遷

- 「コンクリート標準示方書（S24）」において、一般部最小かぶりと耐火構造物最小かぶりが規定されている。

表-15 最小カブリ (cm)

	版	はり	柱
風雨にさらされない場合	1.0	1.5	2.0
寸法が大きく重要な構造物、または風雨にさらされるもの	2.0	2.5	3.0
ばい煙、酸、油、塩分、等の有害な化学作用をうけるおそれのある部分を有効な保護層で保護しない場合	3.0	3.5	4.0
特に気象作用がはげしい場合	5.0*	5.0	5.0
海水の作用をうける場合	88 條による		

* 版の下側では 2.5cm 以上とする。

表-16 耐火構造における最小カブリ (cm)

部 材 お よ び 骨 材	火 熱 の 継 続 時 間			
	4 時間	3 時間	2 時間	1 時間
柱、はり、保護層のないリブをもつ版*				
1 群 骨 材**	4.0	4.0	4.0	2.5
2 群 骨 材**	5.0	4.0	4.0	2.5
版				
1 群 骨 材**	2.0	2.0	2.0	2.0
2 群 骨 材**	2.5	2.0	2.0	2.0

* リブをもつ版で、相当の保護層を設けた場合には、リブにたいしてこの表の版にたいする値を用いてよい。

** 23 條参照

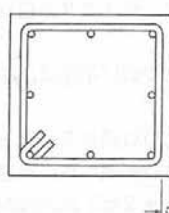
- その後、昭和51年（1976年）まで、かぶりに関する規定が記載された指針等は見あたらない。「建設省制定土木構造物標準設計（S51）」において、解説部分にはその記載が無いが、図面上で100mmのかぶりが採用されている。
- 「道路橋示方書・同解説 下部構造編（S55）」において、最小かぶりが規定された。

(1) 鉄筋のかぶり

鉄筋のかぶりは表-4.2.1の値以上とし、かつ鉄筋の直径以上としなければならない。

表-4.2.1 最小かぶり (cm)

部材の種類	は り	柱	フーチング	摘 要
環境の条件				
大 気 中 の 場 合	3.5	4	—	—
水中および土中の場合	—	7	7	コンクリートを水中で打込む構造物は除く。



ここに d : かぶり

図-4.2.4 鉄筋のかぶり

- 「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説（S59）（日本道路協会）」において、塩害対策区分により各最小かぶり（cm）が設定された。

表-3.2.1 最小かぶり（cm）

対策区分	上 部 構 造			下 部 構 造	
	床版下面、 地覆・高欄	け た プレテンション方式 によるプレキャスト PCけた	左記以外 のけた	梁	柱
I	5.0	5.0	7.0	7.0	7.0
II	4.0	3.5	5.0	5.0	5.0
III	3.0	2.5	3.5	3.5	4.0

(2) 塗装鉄筋のかぶりは、(1)項にかかわらず、道路橋示方書の規定によってよい。

(3) コンクリート塗装を行う場合の鋼材のかぶりは、(1)項にかかわらず、道路橋示方書の規定によってよい。

- 「道路橋示方書・同解説（H14）」の改訂により「コンクリート橋編」および「下部構造編」において、章題「耐久性の検討」が新しく設けられ「S区分」が追加された。ただし、「鋼橋編」においては、防錆が主流であるため、多少他の編と表現方法が異なっている。

(2) 表-5.2.2に示す地域においては、かぶりの最小値を表-5.2.1に示す値以上とする等の対策を行うことにより(1)を満足するとみなしてよい。

表-5.2.1 塩害の影響による最小かぶり（mm）

塩害の影響 の度合い	構造 対策区分	(1) 工場で製作される プレストレストコンクリート構造	(2) (1)以外のプレストレスト コンクリート構造	(3) 鉄筋コンクリート構造
影響が激しい	S	70 ^{※1}		
影響を受ける	I	50	70	
	II	35	50	70
	III			50
影響を受けない	6.6.1「鋼材のかぶり」による			

^{※1} 塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装を併用

表-5.2.2 塩害の影響地域

地域区分	地 域	海岸線からの距離	塩害の影響度合いと対策区分	
			対策区分	影響度合い
A	沖縄県	海上部及び海岸線から100m まで	S	影響が激しい
		100m をこえて300m まで	I	影響を受ける
		上記以外の範囲	II	
B	図-5.2.1及び表-5.2.3に示す地域	海上部及び海岸線から100m まで	S	影響が激しい
		100m をこえて300m まで	I	影響を受ける
		300m をこえて500m まで	II	
		500m をこえて700m まで	III	
C	上記以外の地域	海上部及び海岸線から20m まで	S	影響が激しい
		20m をこえて50m まで	I	影響を受ける
		50m をこえて100m まで	II	
		100m をこえて200m まで	III	

- 北海道開発局では、「局設計要領（Ｓ４３）」において、ＲＣ橋としての最小かぶりが規定されている。

3. R C 橋			
(2301) 鉄 筋			
(1) 鉄筋のかぶりは、鉄筋の直径以上で（表－11）の値によるものとする。			
表－11			
コンクリート面		かぶ り	摘 要
露 出 面	はりの側面, 下面	2.5cm以上	
	柱, 壁 の 側 面	3.0 "	
	版 の 上 面	3.0 "	
	版 の 下 面	1.5 "	有効な防水層があるとき
土に接する面	立 面	5.0 "	鉄筋の直径16mm以上
		4.0 "	" 16mm未満
	上 面	5.0 "	
	下 面	7.5 "	
流水の作用をうける面		5.0 "	
海水の作用をうける面		7.5 "	
		10.0 "	かどの部分

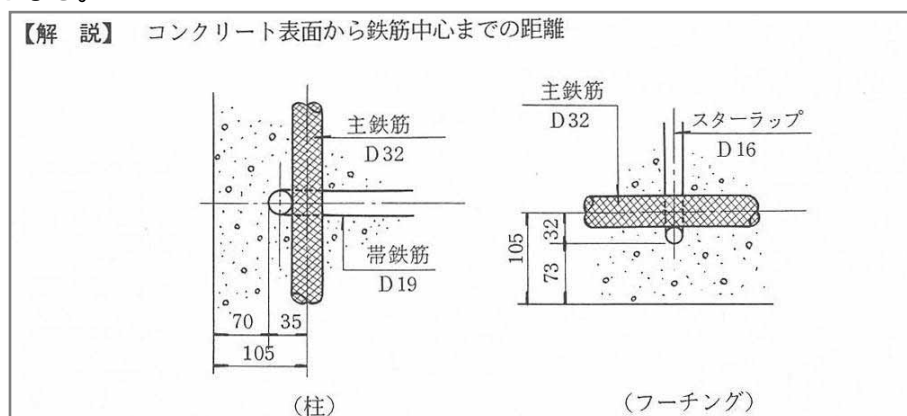
- 「局設計要領（Ｓ５３）」から、鉄筋の項目として「かぶり」の項が記載された。

(4) かぶり				
鉄筋のかぶりは、鉄筋の直径以上で次の値以上とする。				
表－1.10 鉄 筋 の か ぶ り				
コンクリート面の状態	か ぶ り 厚 (cm)			
	ス ラ ブ	は り	柱	フーチング
一般の場合の露出面	* 3.0	* 3.5	4.0	
直接地中に打込まれたコンクリート面				7.5
埋戻した場合に直接土に接する部材			5.0	5.0
海水に直接接するか又は、海水に洗われる部材	7.0	7.0	7.0	7.0
水中施工する部材			10.0	10.0

注 1. *について、P C げたの鉄筋のかぶりは 2.5 cm としてよい。

2. 海水、流水などの摩耗を考慮する場合には上表の値に 1.0 cm 以上加えるものとする。また、耐火性、流水等の影響を考慮する場合には上表の値に 2.0 cm 以上加えるものとする。

- 「局設計要領（H2）」の内、「コンクリート設計施工要領」において、かぶりが鉄筋中心までの値となる。



- 「局設計要領（H11）」において、土中・塩害対策区分 についての純かぶりを 7cm 以上としつつ、帯鉄筋配置から鉄筋中心まで 150mm を標準とした。

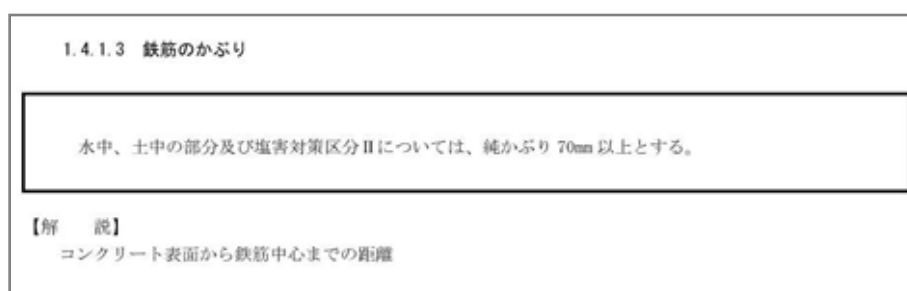
・橋台

- (2) たて壁の配筋
- 橋台壁の鉛直方向鉄筋の段落しは原則として行ってはならない。
 - たて壁の前面主鉄筋は背面主鉄筋の1/2以上とする。
ただし、常時に側方移動を起こすおそれのある橋台および地震時に液状化が生じる地盤上の橋台においては、原則として背面主鉄筋と同程度を配筋する。
 - たて壁主鉄筋のかぶりは配力鉄筋のかぶりを考慮して150mmとする。
 - たて壁の配力鉄筋は軸方向鉄筋の1/3以上を鉛直方向鉄筋の外側に配置する。
 - たて壁の配力鉄筋は原則として、両端に半円形フックを設けて橋台の内部コンクリートに定着させる。
 - 中間帯鉄筋は配力鉄筋と同材質、同径の鉄筋を用い片側半円形フック、片側直角フックを基本とする。
 - 中間帯鉄筋の配置間隔は、鉛直方向、水平方向とも原則として1m以内で千鳥配置とする。

・橋脚

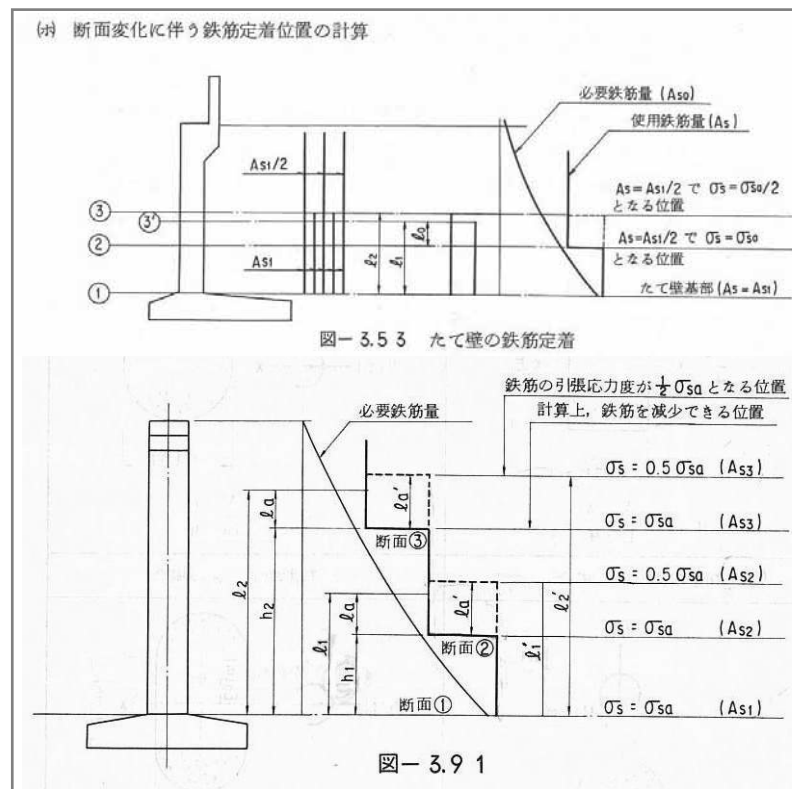
- (1) 基本事項
- 主鉄筋の配置は2段以下を標準とする。
 - 実応力度は圧縮鉄筋量を下記の条件で算出することを標準とする。
柱・たて壁 $A_s' = A_s$
上梁・底版単鉄筋
 - 主鉄筋のかぶりは、コンクリート表面から主鉄筋中心まで150mmを標準とする。
(杭頭結合方法Bを用いた杭基礎のフーチング下面については200mmとする。)

- 「局設計要領（H15）」においては、「道路橋示方書・同解説（H14）」の改訂を受けて、塩害対策区分を見直し、「土中・塩害対策区分 についての純かぶりを 7cm 以上」とした。ただし、帯鉄筋配置から鉄筋中心までの距離は、これまでどおり 150mm を標準としている。



8.5.5 段落し設定方法の規定に関する変遷

- 「道路橋示方書・同解説 下部構造編 (S55)」において、「壁および柱の中間部において、引張側で鉄筋を定着する場合・・・」として、以下の3点がその要件とされた。
 - ・設計上不要となった部材断面から、有効高+20φ以上のばして止める。
 - ・鉄筋の引張応力度が許容応力度の1/2以下となる断面までのばして止める。
 - ・ただし、せん断応力度は、 τ_a の2/3以下とする。
- 「建設省制定土木構造物標準設計・手引き (S57)」において、下記の説明図が示された。



- 「道路橋示方書・同解説 下部構造編 (H8)」において、中間定着方法には変更が無いものの、橋台、橋脚柱の軸方向鉄筋は、原則として段落しを行わない記述となった。これは、阪神大震災の震災被害より、段落し部の損傷が顕著に見られたためである。

7) 橋台壁、橋脚柱の軸方向鉄筋は、原則として段落しを行わないものとする。ただし、高橋脚等については、全高にわたって鉄筋量を一定とすると不合理となるため、耐震設計編 9.7 の規定に従い、段落し位置を決定するものとする。なお、ここでいう高橋脚とは、目安として高さが30mをこえるような橋脚を指すものと考えてよい。

- 北海道開発局においては、「局設計要領 (H2)」の内、「コンクリート設計施工要領」において、上記標準設計と同様の記述がなされたのが最初である。「局設計要領 (H11)」のコンクリート編においては、道路橋示方書の改訂を受けて、段落し無しが標準とされた。

8.5.6 考察

- 鉄筋の材質において、北海道開発局では、地震時における優位性から昭和61年まではSD35（現在のSD345）が使用されていたが、建設省制定土木構造物標準設計や市場性などを反映して、これ以降SD30（現在のSD295）が標準とされた。その後、阪神大震災を契機に、地震動の大幅な見直しにより地震時耐力が構造物の決定要素となったことを受けて、SD345が再度標準とされた。

局設計要領では、昭和62年からSD30（295）を標準として設計していたが、溶接性に優れるSD30B材を使用するケースでは、市場性より現場ではSD35（345）を使用している時期があったが、明確な期間は確認できていない。

北海道開発局では、昭和43～44年の限られた時期に、SDC40が用いられていた。事例としては、新石狩大橋（S43）に、SDC40が用いられている。この期間のみ使用しているのは、流通性（市場性）がなかった等が考えられる。

- 鉄筋の継手は、重ね継手が主流であるが、ガス圧接の普及、鉄筋継手指針による機械継手などの普及により、継手種類が数多く開発された。

継手は、重ね継手が施工性や経済性から長く利用されてきた。これに対して、ガス圧接は、鉄道のレールをつなぐ技術から普及したが、土木構造物に用いられる頻度が高くなったのが平成に入ってからであり、阪神大震災以降の太径鉄筋の利用頻度増により本格化した。

「局設計要領（H11）」において、ガス圧接の記述がD29以上とされた。「建設省制定土木構造物標準設計（S51）」において採用された基準であるが、北海道開発局においても、「道路橋示方書・同解説（H8）」の改訂を受けて、この時期から太径鉄筋の使用頻度が多くなったものと想定される。

- 鉄筋のかぶりの規定は、下部構造では長らく鉄筋中心までを100mmが用いられてきたが、塩害対策指針を受けて純かぶりによるかぶり管理となり、さらに阪神大震災の被災を受けて、帯鉄筋の重要性が増すことで、鉄筋中心までを150mmとなった。かぶりの規定は、昭和24年～昭和48年まで記載例が見当たらない。

- 段落しは、「道路橋示方書・同解説 下部構造編（S55）」において、その設定方法が示されたのが始まりであり、「道路橋示方書・同解説（H8）」の改訂を受けて、原則軸方向鉄筋の段落しは無しとなった。

段落しとしての設定方法については、「道路橋示方書・同解説（S55）」以前の設定方法が確認できていない。「建設省制定土木構造物標準設計（S51）」における図面集では、橋脚の段落しとかが確認できるが、その設計方法（考え方）についての資料が不明である。

8.5.7 鉄筋に関する材料等の変遷一覧表

鉄筋に関する材料等の変遷一覧表を巻末資料に示す。

- 鉄筋の仕様変更（北海道開発局要領） - 巻末資料 3.13
- 鉄筋の仕様変遷（道路橋示方書関連） - 巻末資料 3.14

8.6 橋面防水工に関して

8.6.1 概要

コンクリート床版の橋面防水工は、路面から床版への雨水の浸入を防ぎ、コンクリートの劣化や鉄筋の腐食を防ぐ重要な役割がある。コンクリート床版の劣化には種々の要因があるが、北海道において水の凍結融解による劣化促進を防ぐことは維持管理上も非常に有効である。

橋面防水工については、「局設計要領」及び「道路工事設計基準（北海道開発局）」に規定がある他、「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針（北海道土木技術会）」でも記載されており、これらの規定内容について整理した。

8.6.2 橋面防水工の変遷

北海道開発局では昭和39年の「橋梁関係工事実施要領」から橋面防水工の施工に関して記載されている。近年では施工範囲や材料まで明確に規定されているが、古いものについては規定の内容だけからどのように運用されていたかを断定することは難しい。以降に年代を追った主要な規定内容を示す。

（1）昭和39年～昭和42年の規定

「橋梁関係工事実施要領（S39、40）」では、章題「橋梁工事設計基準」において、「床版コンクリートと舗装の間に橋面防水工を施工することが望ましい」と規定している。施工範囲や材料については記載されていない。

「局設計要領（S41、42）」に関しては、この期間の資料が未入手であるため不明である。

（2）昭和43年～昭和46年の規定

「道路工事設計基準（S43）」において、「合成桁、箱桁などの場合、床版コンクリートと舗装の間に防水工を施工することが望ましい」と規定している。

さらに、昭和45年からは対象橋梁について「PC桁、箱桁」を追加した。

「局設計要領（S43～46）」では、有効な防水層があるとき、床版の上側鉄筋のかぶりを1.5cm以上とする規定がある（防水層が無いときは3.0cm以上）。ただし、施工範囲や材料については記載されていない。

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針（S44）（案）」では、「連続桁の中間支点部などのようにコンクリート床版に引張りクラックが発生するおそれのあるような部分には、防水工を設けるのが望ましい。」との記載があるが、詳細な範囲や防水工の材質などについては不明である。

（3）昭和47年の規定

「道路工事設計基準」では、対象橋梁について「合成桁、連続桁、箱桁、斜角の鋭い鋼橋などの場合」とし、「防水工を施工することが望ましい」を「原則とする」に改訂した。

「局設計要領」では、対象橋梁を鋼橋床版、鋼床版橋、ポステンPC箱桁などに細分化し、施工範囲について対象橋梁毎に規定した。さらに、工法については、合成ゴム系コート工法、液化ゴム系コート工法を規定した。

(4) 昭和 4 8 年 ~ 昭和 5 3 年の規定

「道路工事設計基準 (S 5 0)」では、対象橋梁について「道路橋の床版において橋の構造形式上長期にわたって十分な防水機能を維持することが必要な場合は、床版と舗装との間に防水工を施工すること」に改訂した。

「局設計要領 (S 4 8 , 5 1 , 5 2 , 5 3)」では、橋面防水工に関して記載が無いため、「局設計要領 (S 4 7)」の規定を準用していたものと考えられる。

(5) 昭和 5 4 年 ~ 昭和 5 7 年の規定

「道路工事設計基準」は、昭和 5 0 年以降の改定を行っていない。

「局設計要領 (S 5 4 , 5 6)」では、橋面防水工に関して記載が無いため、「局設計要領 (S 4 7)」の規定を準用していたものと考えられる。

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 5 4)」では規定が橋面防水工の規定が追加となる。

- 対象橋梁は、鋼連続桁やトラス・ア - チ橋の鉄筋コンクリ - ト床版、鋼床版 (グースアスファルト舗装・歩道橋を除く) である。
- 施工範囲は、対象橋梁ごとに規定した。
- 主な工法名 (サンダイン C G 工法、 P M - 1) を記載した。

(6) 昭和 5 8 年 ~ 昭和 6 1 年の規定

「道路工事設計基準」は、昭和 5 0 年以降の改定を行っていない。

「局設計要領 (S 6 1)」では、橋面防水工に関して記載が無いため、「局設計要領 (S 4 7)」の規定を準用していたものと考えられる。

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (S 5 8)」では規定が改訂となる。

- 対象橋梁から、「トラス・ア - チ橋などの床組構造の鉄筋コンクリ - ト床版」を削除し、「その他」に含めた。
- 主な工法名 (サンダイン C G 工法、サンダイン W 工法、 P M - 1) を記載した。

(7) 昭和 6 2 年 ~ 平成 6 年の規定

「道路工事設計基準」は、昭和 5 0 年以降の改定を行っていない。

「局設計要領 (S 6 2)」にて改訂を行った。主な改訂内容を以下に示す。

- 対象橋梁は、鋼道路橋の R C 床版、コンクリ - ト橋の床版とした。
- 施工範囲については、「全面施工が望ましい場合」と「部分的に施工が望ましい場合」に区分した。
- 防水工は接着剤と防水材の構成とし、防水材はシ - ト系、合成ゴム塗膜系、アスファルト塗膜系とした。

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 (H 1)」において改訂を行った。内容は、「局設計要領 (S 6 1)」に準拠するものであるが、さらに、鋼床版橋 (グースアスファルト舗装を基層に用いた場合以外) について全面防水を行うことを規定した。

(8) 平成 7 年～平成 1 0 年の規定

「局設計要領」では、平成 6 年以降は改訂を行っていない。

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(H 7)」では、施工範囲について車道部は全面防水、歩道部ではマウントアップ以外について全面防水を行うことに改訂した。平成 7 年 1 0 月に北海道開発局より事務連絡「橋梁の床版防水工の施工範囲について」が出ており、これを改訂時に反映したものと考えられる。(巻末資料 4 . 1 参照)

(9) 平成 1 1 年～平成 1 5 年の規定

「局設計要領(H 1 1)」では、施工範囲について車道部及び歩道部にて床版全面に防水を行うことに改訂した。

(1 0) 平成 1 6 年の規定

「局設計要領(H 1 6)」では、吹付式防水を追加した。

吹付式防水は、排水性舗装を舗設する橋梁や、路面凍結防止剤による塩害に対して対策が必要となる橋梁を対象とし、地覆部・端部に施工することとした。

(1 1) 平成 1 7 年～平成 1 9 年の規定

「局設計要領(H 1 7)」では、対象橋梁に鋼床版(砕石マスチック舗装を基層に用いる場合) を追加し、施工範囲を車道部及び歩道部の床版全面とした。

(1 2) 平成 2 0 年以降の規定

「局設計要領(H 2 0)」では、橋面防水を行う対象を、「鉄筋コンクリート床版、プレストレストコンクリート床版、鋼コンクリート合成床版、鋼床版(砕石マスチック舗装を基層に用いる場合)」に改訂した。

8 . 6 . 3 考察

「局設計要領(S 4 3 ～ 4 6)」では、橋面防水層の有無で床版上面の被り量を規定していることから、橋面防水を行う場合は全面防水を行った可能性がある。ただし、被り量を薄くするための必要条件であったため、どの程度の橋梁において橋面防水層を採用していたか、さらに、使用した防水材料についても不明である。

全面防水が記載となるのは、「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(H 7)」、「局設計要領(H 1 1)(前回改訂は H 6 年)」からであり時期に若干の違いがある。平成 7 年には、北海道開発局から事務連絡「橋梁の床版防水工の施工範囲について」が出ているため、平成 7 年以降から全面防水が行われていたと考えられる。

「局設計要領」および「道路工事設計基準」に記載のない昭和 3 8 年以前については、橋面防水工に関する資料がなく不明である。ただし、これらの橋梁は供用から 4 0 年以上を経ており、既に床版の打ち替えや補修時に合わせて橋面防水の施工を行っている場合もあるため、過去の補修履歴や設計図書などより確認が必要である。

8 . 6 . 4 橋面防水工の変遷一覧表

橋面防水工に関する変遷一覧表を巻末資料に示す。

- | | | |
|------------------------|--------|-------|
| • 道路工事設計基準 | - 巻末資料 | 4 . 2 |
| • 局設計要領 | - 巻末資料 | 4 . 3 |
| • 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針 | - 巻末資料 | 4 . 4 |

8.7 耐候性鋼材に関して

8.7.1 耐候性鋼材の歴史

(1) 米国における耐候性鋼の導入

鋼材に P や Cu を添加すると耐候性能が向上することは古くから知られており、米国では 1900 年頃から耐候性鋼のはしりとして含銅鋼が市販され始めた。1933 年になって、U.S.Steel 社から CORTEN-A が商品化され、続いて Bethlehem Steel 社から MAYARI-R が商品化された。これらの鋼材は少量の P、Cu、Cr、Ni などを添加した低合金鋼で、高張力鋼を開発しようと各種元素を添加していた過程で耐候性があることが発見され、低合金耐候性高張力鋼として商品化された。これらは当初、貨車用材料として塗装を行って使用された。その後、1960 年代に、建築材料や送電鉄塔、照明灯、ガードレールにも普及した。橋梁への本格的な適用は、1964 年にミシガン州運輸局がデトロイトで無塗装耐候性橋梁を 4 橋架設したことに始まる。それとほぼ同じ頃、アイオワ、オハイオおよびニュージャージーでも耐候性鋼の適用が開始された。

(2) 日本における耐候性鋼の製品化

日本における耐候性鋼の開発研究は、1950 年代後半になって鉄鋼各社によって一斉に行なわれた。製品化の歴史は、1957 年に日本鋼管が含 Cu 鋼に若干の P を添加した成分系で引張強さ 400N/mm² 級の耐候性熱延鋼板を CUPLOY の名称で販売を開始したのに始まる。1958 年には川崎製鉄も Cu - P 系の 490N/mm² 級耐候性高張力鋼を PCu の名称で販売を始めた。八幡製鉄では複数の合金成分の影響を調査した結果をもとに、1960 年に Cu - P - Cr - Ti 系の YAW-TEN50 を開発し、販売を始めた。これと前後して富士製鉄が U.S.Steel 社と技術提携して Cu - P - Cr - Ni 系の 490N/mm² 級耐候性高張力鋼 CORTEN を販売開始し、米国での大量の使用実績と大気暴露試験がものをいって日本国内の市場開拓に強みを発揮した。この頃日本鋼管でも耐候性高張力鋼の研究を行い Cu - P - Cr - Mo 系の CUPTEN の販売を開始し、日本にもようやく本格的な耐候性鋼の時代が到来した。引き続き、1961 年には日本製鋼所が Cu - P - Cr - Zr 系の ZIRTEEN を開発し、さらに 1963 年には住友金属が CR2 を、1964 年には川崎製鉄が Cu - P - Cr - Ni - Nb 系の RIVERTEN を、また神戸製鋼所が TAICOR を発表し、これで国産の耐候性鋼が勢揃いした。このように、初期の耐候性鋼はいずれも P、Cu、Cr をベースとした耐候性の高い鋼材で、主として船舶、鉄道車輛に塗装して使用された。

(3) 日本工業規格 JIS G 3114 溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材の制定

耐候性鋼材の開発が進み、P を成分系から除外して溶接性を付与した溶接構造用 490N/mm² 級耐候性鋼が開発された。さらに汎用性をもたせるため、400N/mm² 級および 570N/mm² 級鋼が続いて開発され、使用全鋼材を耐候性鋼とした鋼構造物の製作が可能となった。

使用実績が増えるとともに JIS 化の検討がなされ、1968 年に溶接構造用の SMA が JIS G 3114 として規格化された。当時、これらの鋼材はほとんどが塗装して使用された。その後、無塗装使用のデータ蓄積が進んできた 1970 年代の終わりより、無塗装の耐候性橋梁

が多く建設されるようになった。これらの実績を踏まえ、1983年にJIS G 3114が改訂され、無塗装耐候性鋼材としてSMA-Wが、塗装用耐候性鋼材としてSMA-Pが制定された。ただし、道路橋示方書における標準使用鋼材は、初期工事費が安く、維持管理費も低減できるW種に限定されている。

出典：耐候性鋼の橋梁への適用（鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会）

8.7.2 耐候性鋼使用橋梁の現状

（1）耐候性鋼材の橋梁への適用実績

日本における耐候性鋼材の橋梁への適用は、1967年に知多2号橋（川崎製鉄（株）知多製造所内）が、1969年に第一両国橋（NKK 福山製鉄所内）がそれぞれ試験的に架設されたのが始まりである。さらに、1973年から1976年にかけて建設された室蘭新道には、約7,800tonの耐候性鋼材を用い、さび安定化処理を施した8橋が架設された。これらの日本における耐候性鋼材を用いた初期の橋梁は、架設後すでに30年前後の年月が経過しており、その間、耐候性鋼材の使用状況調査が継続的に行われてきた。

調査結果については各種文献に紹介されており、一例として「耐候性鋼とさび層の現状と課題（1994年）（腐食防食協会・耐候性鋼技術小委員会）」には、詳細な調査結果が紹介されており、参考になる。

以上のような試験的に適用された橋梁の追跡調査結果より、架設地点の環境条件に配慮すれば、耐候性鋼材の橋梁への適用が十分に可能であることの理解が深まり、1980年代に入ってから橋梁への本格的な適用が始まった。その後、耐候性鋼材の発注重量は年々増加の一途をたどっている。

下図に1978年以降1998年までの耐候性鋼材適用橋梁の鋼材重量推移および耐候性橋梁の全鋼製橋梁に対する比率を示す。1998年には耐候性鋼材重88,111ton、耐候性鋼材比率10.4%に達している。一方、米国における耐候性鋼材の橋梁への適用実績は、1997年には145,000ton（鋼橋全体320,000tonの45%）となっている。

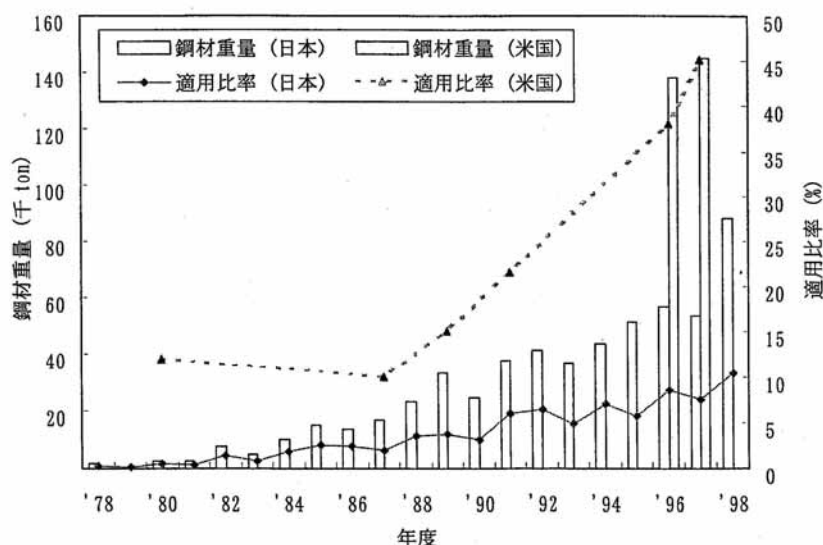


図8-2 日本における耐候性橋梁の鋼材重量および適用比率

出典：耐候性鋼の橋梁への適用（鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会）

8.7.3 基準の変遷

(1) 耐候性鋼材の変遷

以下に耐候性鋼材を使用した構造物の日本のうごきと世界のうごきを示す。

表 8 - 6 耐候性鋼材を使用した構造物のうごき

年次		日本のうごき	世界のうごき
1900 頃	M33		米 耐候性鋼材のはしりとして「含銅鋼」が市販
1933 頃	S8		米 U.S.Steel 社が低合金耐候性鋼材 CORTEN-A を製品化 Bethlehem Steel 社耐候性鋼材 MAYARI-R を製品化
1955	S30	耐候性鋼材を開発、市販	米国にて無塗装使用始まる 米 Illinois 州、Moline Deere & Co. 本社ビル 米 Detroit の Eight Mile Road の High Way Bridge
1965	S40		米 New Jersey. Turnpike 南端の Highway Bridge
1967	S42	無塗装での橋梁への使用が始まる 知多 2 号橋（川鉄知多製造所内）、村中小橋 （小牧市）	
1968	S43	北海道百年記念塔建造	
1969	S44	溶接構造用耐候性鋼材 SMA○○材が JIS に 制定される	ドイツにて無塗装使用始まる
1971	S46	高耐候性鋼材の SPA-H および SPA-C が JIS に 制定される	
1972	S47		英国にて無塗装使用始まる
1973	S48	くろがね橋（新日本製鐵広畑製鉄所内）	英 Lincs の Crowle の道路橋
1974	S49		英 Bristol の Hartcliffe Project の橋梁
1975	S50	室蘭 日の出跨道橋竣工	
1976	S51		英 Durham の Allerdene 社の跨線橋
1977	S52		米 New York George Washington Bridge（鋼床版改造）
1978	S53		米 New River Gorge Bridge（スパン 518m アーチ橋）
1979	S54		米 San Francisco San Joaquin River Bridge（二主桁橋） 米 New York New Burgh Beacon Bridge(Cantilever Truss)
1980	S55	第三大川橋梁（トラスで最初）	
1981	S56	三者共同研究開始 三宝入路鋼桁橋（鋼床版箱桁）	
1983	S58	塗装用耐候性鋼材として SMA○○P が、無塗 装用耐候性鋼材として SMA○○W が JIS に制 定 旭川 三国橋竣工 ¹ 志染川橋（πラーメン）	米 New Orleans Mississippi River Bridge（斜張橋）

年次		日本のうごき	世界のうごき
1985	S60	久路見橋（ランガー桁）	
1988	S63	麻布大橋（吊橋） 十勝中央大橋（斜張橋）	
1991	H3	スパイクタイヤの使用禁止	
1993	H5	三者共同研究報告書「無塗装耐候性鋼材橋梁の設計・施工要領（改定案）」の出版	
1994	H6	道路橋示方書において、SMA 材の選定鋼種を W 種のみに限定	
1995	H7	さび安定化処理補助処理の仕様が開発・実橋への適用が始まる	
1998	H10	耐塩分性を改良した、Ni 系高耐候性鋼材（海浜・海岸耐候性鋼材）が開発・販売	
1999	H11	無塗装用耐候性鋼橋梁の無塗装使用の国内年間実績 12.3 万トン（さび安定化補助処理使用含む）ピーク	
2001	H13	無塗装用耐候性鋼橋梁の無塗装使用の国内年間実績 10.0 万トン（さび安定化補助処理使用含む）	
2004	H16	累計 105 万トン鋼橋全体の 19.2%占める	

無塗装橋梁の手引き（日本橋梁建設協会）に加筆

- 1 北海道土木技術会会報 No30（北海道における鋼道路橋の設計および施工指針適用第 1 号）

（２）国内基準の変遷

下表に各機関における設計要領及び指針の変遷を示す。図中の青色部分は道路橋に関するものを示し、黄色部分は他分野に関するものを示した。

表 8 - 7 各機関における設計要領及び指針の変遷

	平成																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
農林水産省					無塗装耐候性橋梁計画・設計・施工の手引きH4.11															
三者共同研究※					無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（改定案）H5.3															
鉄道総合技術研究所					無塗装鋼鉄道橋設計施工の手引きH6.3															
北海道土木技術会								北海道における鋼道路橋の設計および施工指針H7.12												
日本道路公団(NEXCO)												設計要領第二集H10.7								
阪神高速道路公団(HECL)																			無塗装耐候性橋りょう設計施工指針H12.4	

※旧建設省土木研究所、旧(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会

(3) 各機関の設計要領及び指針の項目比較

表 8 - 8 各機関の設計要領及び指針一覧表

機関名	基準名	設計面			製作面				維持管理面			備 考
		適用可能地域	設計腐食代	プラスト (表面処理)	箱桁内面の塗装	さび安定化補助処 理	仮置き	海上輸送	桁端の塗装	流れさび対策	点検	
農林水産省	無塗装耐候性橋梁計画 ・設計・施工の手引き (平成4年11月)	海岸から2 km以内および飛来塩 分の影響を受けると想定される地 域を注意地域としている。また、 凍結防止剤、腐食性ガスの影響を 受ける地域での使用は適さない。	考慮しない	架橋位置・美観に より区分 黒皮のままの使 用あり	完全に密閉され た状態になら ない箇所は塗装す る	無塗装使用を原則 とするが、流れさ び対策・美観対策 としてさび安定化 補助処理をする	飛来塩分の付着を 避け、滞水、泥水 跳ね返りが無いよ うにする 部材マーク・部材 の積み重ねに対す る注意あり	シート養生を行 う	塗装する 通気性と作業 性を良くする構 造例あり	下部工にVカッ ト・水抜きパイ プ・排水勾配等の 工夫をする。また、 場合によっては下 部工に塗装などを する	さびの状態を 定期的に管理 する	
三者共同研究	無塗装耐候性橋梁の設計 ・施工要領(改定案) (平成5年3月)	海岸線からの距離が1 km～2 0 km を超える地域を指定して飛来塩分 量の測定を省略してよい 1	考慮しない	黒皮を除去する プラスト法の規 定なし	塗装を行う	規定なし	飛来塩分の付着を 避け、滞水、泥水 の跳ね返りが無い ようにする	シート養生を行 う	塗装する	下部工にVカッ ト・水抜きパイ プ・排水勾配等の 工夫をする	規定なし	
鉄道総合研究所	無塗装鋼鉄道橋設計施工 の手引き (平成6年3月)	海岸線からの距離が2 0 km未満 の地域は飛来塩分量の測定結果に より使用してよい。但し、凍結防 止剤等の飛来塩分の影響、腐食性 ガスの影響を受ける地域での使用 は適さない。	塗装橋と同様に 軌道に接するフ ランジ上面は1 mm、鋼床版の上 面は3 mmを考 慮する。	製品プラスト	完全に密封され た状態になら ない箇所は塗装す る	流れさび対策とし てさび安定化補助 処理をする	飛来塩分の付着を 避け、滞水、泥水 跳ね返りが無いよ うにする 部材マーク・部材 の積み重ねに対す る注意あり	原則として海上 沿岸における輸 送は行わない	塗装する	下部工にVカッ ト・水抜きパイ プ・排水勾配等の 工夫をする	さびの状態を 定期的に管理 する	
北海道 土木技術会	北海道における鋼道路橋の設計 および施工指針 (平成7年12月)	海岸線からの距離が2 km～2 0 kmを超える地域を指定して、飛 来塩分の測定を省略してよい。但 し、海塩粒子・腐食性ガス等の大 気腐食の影響を受ける地域での使 用は適さない。 1	考慮しない	架橋位置・美観に より区分 黒皮のままの使 用あり	箱桁内部の気密 性により塗装す るか否かを判断 する	流れさび対策・美 観対策として安定 化補助処理をする	飛来塩分の付着を 避け、滞水、泥水 の跳ね返りが無い ようにする 部材マークに対す る注意あり	シート養生を行 う 塩分付着の多い 場合は淡水で水 洗いをを行う	塗装する 通気性と作業 性を良くする構 造例あり	下部工にVカッ ト・水抜きパイ プ・排水勾配等の 工夫をする 下部工コンクリ ート面にさびの色 調に近い石張か塗 装を提案している	規定なし	
日本道路公団 (NEXCO)	設計要領第二集 (平成10年7月)	海岸線からの距離が1 km～2 0 kmを超える地域を指定して、飛 来塩分量の測定を省略して良い。 但し、凍結防止剤の影響が懸念さ れる場合は、適さない。 1	考慮しない	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	塗装する 通気性と作業 性を良くする構 造例あり	下部工に排水勾配 等の配慮をする	十分な点検管 理を実施する	
阪神高速 道路公団 (HECL)	無塗装耐候性橋りょう 設計施工指針 (平成12年4月)	飛来塩分量の1ヶ月日平均の最大 値が0.7 mdd程度以下であれ ば使用して良い。また、海岸線か らの距離が1 km・2 kmを超え る地域を指定して、飛来塩分量の 測定を省略して使用してよい。	I断面の主桁下 フランジ厚が薄 い場合には、1 m mを考慮しても 良い。	原板プラストを実 施し、黒皮を除去 する	塗装を行う	さび安定化補助処 理をしない	飛来塩分の付着を 避け、滞水、泥水 の跳ね返りが無い ようにする 部材マークに対す る注意あり	養生を行う 塩分付着の多い 場合は水洗いを 行う	塗装する	下部工に水抜きパ イプ・周辺の突 起・排水勾配等の 工夫をする 初期さび促進工法 を提案している	さびの状態を 定期的に管理 する	

出典：無塗装橋梁の手引き 平成18年8月 日本橋梁建設協会

(4) 北海道開発局基準の変遷概要

S 4 3 年度から S 4 6 年度は、鋼材の使用区分及び選定表のみの記載となっており、S 4 4 年度からは、鋼材の種別 (S M A のみ) を表示している。この時代は、海岸や工業地帯等腐食環境が著しく塗装作業が困難なこ線橋での使用となっており、耐候性鋼材の P 材 (塗装仕様) で使用されていたものと推察される。

S 4 7 年度から S 5 3 年度は、上記に加え塗装作業が困難なケースとして、こ道橋及び急峻な山岳橋梁等に適用が拡大されている。

S 6 2 年度は、塗装仕様の P 材の明示と裸使用で使用する W 材の記述がされているが、H 2 年度以降は W 材のみの記述となっている。

H 1 1 年度からは、鍍安定化促進処理についての記述が行われている。

H 1 4 年度から H 1 7 年度までは、海浜耐候性鋼について明示され、採用動向について調査の上、可能性があれば選定対象とする旨が記載されている。

耐候性鋼材の使用環境の制限 (飛来塩分量 0.05mdd) は、H 1 5 年度以降から明示されている。

耐候性鋼材を使用した場合の構造細目としては、H 1 5 年度以降に徐々に追記されている状況にある。

(5) 北海道開発局の規定の変遷一覧

表 8 - 9 に北海道開発局設計要領における規定の変遷を示す。

表 8 - 9 局設計要領における耐候性鋼材の規定の変遷

年度	要領名	概 要	海浜の記載	安定化促進処理の記載
S41、42	橋りょう関係設計要領	未入手		
S43	橋りょう関係設計要領	耐候性鋼については、各々の引張強さに相当する普通鋼の区分に従って使用するものとする。(材質の表示は無い)	-	-
S44	橋りょう関係設計要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋で使用する旨が記載されている。	-	-
S45	橋りょう関係設計要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋で使用する旨が記載されている。	-	-
S46	橋りょう関係設計要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋で使用する旨が記載されている。 ソールプレート、伸縮装置へ防蝕ために使用。	-	-
S47	橋りょう関係実施要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯、市街地等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋、こ道橋、急峻な山岳部の橋梁等で使用する旨が記載されている。 ソールプレート、伸縮装置へ防蝕ために使用。	-	-
S48	橋りょう関係設計要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)のみの記載。 SMA のみの記述。	-	-
S51	橋りょう関係実施要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表(板厚の使用区分)のみの記載。 SMA のみの記述。	-	-

年度	要領名	概 要	海浜の記載	安定化促進処理の記載
S52	橋りょう関係 実施要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯、市街地等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋、こ道橋、急峻な山岳部の橋梁等で使用する旨が記載されている。 ソールプレート、伸縮装置へ防蝕ために使用。	-	-
S53	橋梁関係 実施要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯、市街地等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋、こ道橋、急峻な山岳部の橋梁等で使用する旨が記載されている。 ソールプレート、伸縮装置へ防蝕ために使用。	-	-
S54	橋梁関係 実施要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）のみの記載。 SMA のみの記述。	-	-
S62	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）のみの記載。 W 材と P 材が記述。	-	-
H2	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）のみの記載。 W 材のみの記述。	-	-
H6	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）のみの記載。 W 材のみの記述。	-	-
H11	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 W 材のみの記述。 9.1 橋梁の計画調査の項において、安定化促進処理併用の検討について記載。	-	○
H14	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 W 材のみの記述。 2.1.2.3 新形式・新技術の項において、海浜耐候性鋼が明示され、採用動向について調査の上、可能性があれば選定対象とする旨が記載される。 9.1 橋梁の計画調査の項において、安定化促進処理併用の検討について記載。	○	○
H15	道路橋設計 施工要領	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 2.1.2.3 新形式・新技術の項において、海浜耐候性鋼が明示され、採用動向について調査の上、可能性があれば選定対象とする旨が記載される。	○	○
H16	道路設計要領 第 3 集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リップ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が追記。 2.1.2.3 新形式・新技術の項において、海浜耐候性鋼が明示され、採用動向について調査の上、可能性があれば選定対象とする旨が記載される。	○	○
H17	道路設計要領 第 3 集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リップ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が明示。 下部工への錆汁対策が追記。 2.1.2.3 新形式・新技術の項において、海浜耐候性鋼が明示され、採用動向について調査の上、可能性があれば選定対象とする旨が記載される。	○	○
H18	道路設計要領 第 3 集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リップ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が明示。 下部工への錆汁対策が明示。 上フランジ上面の防錆対策が追記。 桁端部の防錆対策（端部塗装）が追記。 海浜耐候性鋼材の記述が削除。	-	○

年度	要領名	概 要	海浜の記載	安定化促進処理の記載
H19	道路設計要領 第3集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リブ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が明示。 下部工への錆対策が変更。 上フランジ上面の防錆対策が明示。 桁端部の防錆対策（端部塗装）が明示。	-	○
H20	道路設計要領 第3集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リブ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が明示。 下部工への錆対策が明示。 上フランジ上面の防錆対策が明示。 桁端部の防錆対策（端部塗装）が明示。	-	○
H21	道路設計要領 第3集	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 選定表は W 材のみの記述であるが、2.2.6 鋼材の防せい防食の項では、P 材の記述もある。 具体的な耐候性鋼材の使用環境に対する制限（飛来塩分量 0.05mdd 等）や、さび安定化処理、箱桁内面塗装に関する記述がある。 箱桁内部鋼材（リブ、ダイヤフラム等）は、一般鋼材を使用する旨が明示。 下部工への錆対策が明示。 上フランジ上面の防錆対策が明示。 桁端部の防錆対策（端部塗装）が明示。	-	○

2. 鋼 橋

【2201】 鋼材の使用区分

溶接橋の鋼材は（表－6）の区分によって使用するのを原則とする。

表－6

使用箇所	鋼材の種類別		摘 要
	普通鋼	耐候性鋼	
主げたおよび横げたのフランジ、腹板、添接板	S S 41, S M 41または S M 50 Y, S M 53 S M 58	S M A 41, S M A 50 S M A 58	プレートガーダー
	S M 50 Y, S M 53 S M 58	S M A 50, S M A 58	合成げた
補剛材, 対傾構横構	S S 41 または S M 41	S M A 41	
リベット	S V 34または S V 41	S M A 50 A 相当 (φ 22)	
合成げたのズレ止め	S S 4 1		
ソールプレート伸縮継手	S M A 41 または S S 41	S M A 41	

【解 説】

鋼橋の鋼材は41キロ鋼、50キロ鋼および60キロ鋼の J I S 規格品を用いるのを原則とした。

プレートガーダーは剛度が比較的小さいので、50キロ鋼、60キロ鋼を用いてもタワミや座屈などの制限から経済的にならない場合があるので、個々の場合に応じて41キロ鋼、50キロ鋼または60キロ鋼を適宜使い分ける必要がある。

合成げたはタワミにたいする剛度が大きく、50キロ鋼および60キロ鋼を用いた方が一般には経済的であるので、S M 50 Y, S M 53又は S M 58を用いるのを原則とした。

なお、60キロ高張力鋼は、それを用いることによって著しく工費が節減される場合にのみ使用することとする。

補剛材、対傾構、横構、ソールプレートなどは、応力度よりも剛度によって断面がきまることが多いので、S S 41または S M 41を用いることにした。

リベットは添接する部材の材質に応じて S V 34または S V 41を用いることとし、一般に S S 41または S M 41にたいしては S V 34を、S M 50 Y, S M 53および S M 58にたいしては S V 41を用いる。

耐候性鋼は、海岸、工業地帯などで腐食が著しい場合、またはこ線橋などで塗装の塗替えが非常に困難な場合に使用することとする。

また、ソールプレート、伸縮継手については、防蝕のため耐候性鋼を用いるのが望ましい。

1つのけたに各種の鋼材をあまりこまごまと使い分けることは、施工上繁雑になるので、なるべくさげなければならない。

図 8 - 3 S 4 5 年度橋りょう関係設計要領抜粋

【1303】鋼橋用鋼材

溶接橋の鋼材は、道路橋示方書Ⅱ鋼橋編・鋼種の選定によるのを標準とする。
さらに、架橋地点の気象条件、部材の構造による特性を考慮して選定するものとする。

【解 説】

道路橋示方書Ⅱ鋼橋編・鋼種の選定は、板厚と溶接箇所のぜい化傾向、じん性、均質等を考慮して各鋼種の板厚限界を定めたものである。また、気温が著しく低下する場合は、引張力を受ける重要な溶接部材は、適切なじん性を確保することが望ましいとしている。

北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針（昭和54年）は、北海道における最低遭遇温度分布を調査図示すると共に、WES3003（旧WES136）G種改定案（日本溶接協会 昭和52年2月）の要求遷移温度式をもとに、各種鋼材のシャルピー試験資料から鋼種の使用基準を定めているので、当分の間はこれによるのがよい。

表-1.14 板厚による鋼種選定基準

鋼種	板厚	16	25	32	38	備 考
SS41						凡例 2次部材 ----- 主要部材 最低気温-25℃を下 まわらない地域 ----- 最低気温-25℃ ～-35℃の地域 ----- 最低気温-35℃以下 の地域 -----
SM41A						
SM41B						
SM41C						
SM50YA						最低気温-25℃ ～-35℃の地域 ----- 最低気温-35℃以下 の地域 -----
SM53B						
SM58						
SMA41A						
SMA41B						最低気温-35℃以下 の地域 -----
SMA41C						
SMA50A						
SMA50B						
SMA50C						最低気温-35℃以下 の地域 -----
SMA58						

図8-4 S54年度橋梁関係実施要領抜粋

(6) 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針の変遷概要

S 4 4 年は、鋼材の使用区分及び鋼種の選定表のみの記載となっており、材質表示はS M A表記のみである。

S 4 8 年は、鋼材の使用区分及び鋼種の選定表のみの記載となっており、材質表示はS M A表記のみである。腐食環境で塗替作業が困難な地域に使用する旨が記載されており、塗装仕様としてのP材を用いたものと考えられる。

S 5 4 年は、裸使用や安定化处理、耐候性鋼材と塗装を併せた防錆手法が記載され、耐候性鋼材の使用を制限する環境条件の明示がある。また、具体的な構造細目に関する記載はないが、設計時の配慮事項が明示されている。

S 5 6 年は、裸使用についての設計、施工項目に関する方向性が示され、充実した内容の記載がある。また、現在は考慮されていないが、腐食による板厚減少を考慮する旨の記載がある。

S 5 8 年は、P材を含めた防錆手法が明示されている。

H 7 年は、裸使用が適さない地域の明示やS 5 6 年に考慮されていた、腐食による板厚減少を考慮しない方針が明示された。また、具体的な構造細目の図示も行われている。

(7) 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」の規定の変遷一覧

表 8 - 10 に北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針の変遷を示す。

表 8 - 1 0 「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」の規定の変遷

年 度	概 要	海浜の記載	安定化促進処理 の記載
S44	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 SMA のみの記述。	-	-
S48	鋼材の使用区分及び鋼種の選定表（板厚の使用区分）の記載。 SMA のみの記述。 海岸、工業地帯、市街地等著しい腐食環境や塗替作業の困難なこ線橋、こ道橋、急峻な山岳部の橋梁等で使用する旨が記載されている。	-	-
S54	耐候性鋼材の裸使用に関する記載あり。 裸使用、安定化处理、耐候性鋼材+塗装を含めた防錆手法について記載。 耐候性鋼材の使用制限する環境条件についての記述あり。 具体的な構造細目の記述は無いが、設計にあたって配慮する事項が記載。	-	○
S56	耐候性鋼材の裸使用に関する設計・施工等についての方向性が示され、参考資料等多数記載されている。 腐食による板厚減少量の考慮。 耐水しない構造や風通しに配慮した構造細目等明示。	-	○
S58	腐食環境の明示。 P 材を含めた防錆手法の明示。	-	○
H1	耐候性鋼材の裸使用が適さない地域の明示。 腐食による板厚減少は考慮しない。 構造細目の明示。	-	○
H7	耐候性鋼材の裸使用が適さない地域の明示。 腐食による板厚減少は考慮しない。 構造細目の明示。	-	○

8 . 7 . 4 参考文献

- 1) 鋼材の知識 1993年12月(日本橋梁建設協会)
- 2) 耐候性鋼の橋梁への適用(解説書)(鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会)
- 3) 無塗装橋梁の手引き 平成18年8月(日本橋梁建設協会)
- 4) 北海道土木技術会会報No30
- 5) 耐候性鋼橋梁実績資料集第2版 平成10年6月(日本橋梁建設協会)
- 6) 改訂 鋼橋防食のQ & A 2002年3月(日本橋梁建設協会)
- 7) 土木鋼構造物の点検・診断・対策技術 2005年11月(日本鋼構造協会)
- 8) 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術 平成18年10月(日本鋼構造協会)
- 9) 耐候性鋼橋梁実績資料集第12版 平成19年1月(日本橋梁建設協会)

8.8 コンクリート構造物の塩害対策に関して

8.8.1 概要

古くからコンクリート構造物はメンテナンスフリーと考えられ、多くの道路構造物が建設されてきた。しかし、塩害環境の厳しい沖縄県や日本海沿岸地域などの鉄筋コンクリートやプレストレストコンクリート部材を有する道路構造物に、多くの塩害による劣化損傷が見られることとなり、原因の究明や対策方針選定などを目的とした調査・研究が進められ、耐久性向上に向けた多くの取り組みが実施されている状況にある。

道路構造物の鉄筋コンクリート部材およびプレストレスとコンクリート部材に対する塩害対策は、これまでの多くの研究成果を踏まえ、土木学会、日本コンクリート工学協会、日本道路協会などの機関により示方書・指針として規定や対策方針が示されてきた。

コンクリート構造物の主要な塩害対策の変遷としては大きく2つに分けられる。

一つ目は、昭和59年(1984年)2月に発刊された「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説(日本道路協会)」であり、塩害対策区分の適用範囲の設定、対策区分を踏まえた鋼材かぶりの設定、ひびわれの制御、コンクリートの配合設定などが新たに規定され、その後多くの技術基準、要領、指針に反映された。昭和59年以降に建設された北海道における道路構造物に関しても、この対策指針に準拠した設計・施工が行われている。

二つ目は、平成14年(2002年)3月に改定された「道路橋示方書・同解説(日本道路協会)」であり、新たな研究成果や知見を踏まえ、塩害対策区分の適用範囲の設定、対策区分を踏まえた鋼材かぶりの設定、対策工の紹介、コンクリートの配合設定などが新たに規定され、多くの技術基準、要領、指針に反映され現状に至っている。

ここでは、これまでに発刊されたコンクリート標準示方書、道路橋示方書・同解説、および北海道開発局設計要領、各種協会の指針などを収集・整理して、北海道におけるコンクリート構造物の塩害対策の変遷を取りまとめることとした。

8.8.2 今回の調査で収集した他の技術基準について

本調査において収集した書籍一覧を示す。

(1) 道路橋示方書関連

- 道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編(日本道路協会) (S55, H8, H14)
- 道路橋示方書・同解説 下部構造編(日本道路協会) (S55, H8, H14)
- 道路橋示方書・同解説 耐震設計編(日本道路協会) (H2, H8, H14)
- 道路橋の塩害対策指針(案)・同解説 (日本道路協会) (S59)

(2) コンクリート標準示方書関連

- コンクリート標準示方書(土木学会)
(S49, S61, H3, H8, H11, H13, H14, H19)
- プレストレストコンクリート標準示方書(土木学会) (S53)

(3) 北海道開発局の設計要領関連

- 橋りょう関係設計要領(北海道開発局建設部) (S43, S44, S45, S46)
- 橋りょう関係実施要領(北海道開発局建設部) (S47, S48, S51, S52)
- 橋梁関係実施要領(北海道開発局建設部) (S53, S54, S56~61)
S56~61はS56に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- 道路橋設計施工要領(北海道開発技術センター)
(S62, H2, H6, H11, H13~15)
H13~15はH13に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- コンクリート設計施工要領(北海道開発技術センター) H2
- 道路設計要領第3集(北海道開発局)
(H16, H17, H18, H19, H20, H21)

(4) その他協会の指針関連

- 海岸線付近におけるPC道路橋 設計・施工の手引き
(プレストレスト・コンクリート建設業協会) (S59)
- 床版工事設計・施工の手引き【塩害対策編】(日本橋梁建設協会) (S61, H8)
- 塩害対策指針(案)に基づくプレテンションげた
(プレストレスト・コンクリート建設業協会)(H3, H6)
- 塩害対策指針(案)に基づくポストテンションTげた
(プレストレスト・コンクリート建設業協会) (H7)
- 道路橋示方書・同解説(平成14年3月)に基づく塩害に対するプレキャストPCげた
(プレストレスト・コンクリート建設業協会) (H14)
- 塩害に対するプレキャストPCげたの設計施工資料
(プレストレスト・コンクリート建設業協会) (H17)

(5) その他収集図書

- 塩害対策区分Sの具体的対策例 (雑誌「道路」掲載) H16.1

8.8.3 考察

収集した各種文献を参考に、北海道におけるコンクリート構造物の塩害対策の主要な変遷を整理し、それぞれの塩害対策規準を取りまとめた。

具体的な示方書・指針名称および塩害対策規準は、「8.8.4 コンクリート構造物の塩害対策の変遷一覧表」で整理している。

(1) 日本道路協会、土木学会、JIS規格の主要な変遷

塩害対策としての最も古い規定は、昭和49年(1974年)発刊のコンクリート標準示方書であり、具体的な塩害対策規準として一般の鉄筋コンクリート構造物に用いるコンクリートでの塩化物イオンに関する規制が規定されていた。

その後、昭和53年(1978年)発刊の「プレストレストコンクリート標準示方書(土木学会)」においてポストテンション部材のPCグラウトに対する塩化物イオンに関する規制が規定された。併せて、同年にJIS規格のレディーミクストコンクリートでも細骨材に含まれる塩化物の許容限度が規定された。

道路橋の具体的な塩害対策として、昭和59年(1984年)に「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説(日本道路協会)」が発刊され、塩害対策区分(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)の適用範囲、最小かぶりの規定、コンクリートの材料や配合の規制、対策工としての塗装鉄筋およびコンクリート塗装の「設計・施工・品質基準(案)・同解説」が紹介され、道路構造物の塩害対策の規準となった。

その後、平成11年(1999年)発刊の「コンクリート標準示方書[施工編]」や、平成13年(2001年)発刊の「コンクリート標準示方書[維持管理編]」の中で、鋼材の劣化予測を踏まえた耐久性照査手法が規定され、ライフサイクルコストを考慮した耐久性照査設計が行われるようになった。平成14年(2002年)に発刊された「道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編」の「下部構造編」では、新たな塩害対策区分(S、Ⅰ、Ⅱ)の適用範囲、最小かぶりの規定、コンクリートの材料や配合の規定、対策工としての塗装鉄筋、コンクリート塗装、埋設型枠が紹介され、ますます耐久性照査型の設計が行われるようになり現在に至っている。

(2) 関連協会(プレストレスト・コンクリート建設業協会、日本橋梁建設協会)発刊指針の主要な変遷

関連協会からの指針としては、昭和59年(1984年)発刊の「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」を踏まえて塩害対策工を盛り込んだ「海岸線付近におけるPC道路橋の設計・施工の手引き(プレストレストコンクリート建設業協会)」が同年に発刊され、平成3年(1991年)、平成6年(1994年)、平成7年(1995年)には、「塩害対策指針(案)に基づくプレテンションげた」、「塩害対策指針(案)に基づくポストテンションTげた(プレストレストコンクリート建設業協会)」が発刊され、PC上部工に対する塩害対策の統一が図られた。

昭和61年(1986年)と平成8年(1996年)には、「床版工事設計施工の手引き[塩害対策編](日本橋梁建設協会)」が発刊され、塩害対策地域内の鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計・施工に向けた具体的な手法を周知徹底するとともに塩害対策の統一が図られた。

(3) 北海道開発局、建設省の要領・通達等の主要な変遷

北海道開発局の設計要領では、コンクリート中の塩化物総量の規制は規定されていたが、それ以外の塩害対策基準は特に規定されていなかった。本格的な塩害対策の規定は、平成14年度の道路橋示方書の発刊を受けて、平成15年(2003年)の道路橋設計施工要領からコンクリート部材の塩害対策として、下部工と上部工への対策や凍結防止剤の散布への対策が紹介された。

その後、平成16年(2004年)には塩害対策区分Sの具体的対策例が追加され、平成19年(2007年)には表面含浸材の適用に関するフローチャートの追加、平成20年(2008年)には、寒地土木研究所での研究成果を踏まえて取りまとめられた、「表面含浸材選定に関する参考資料」が追加され現在に至っている。

平成6年(1994年)から平成14年(2002年)道路橋設計施工要領においては、海洋コンクリートとしての適用区分を以下のように規定していた。

図8-5に示す太線のうち、海上部及び海岸線から300m以内の部分

上記以外の地域のうち、海上部及び海岸線から200m以内の部分

これらの区分は日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)」に準じたものであるが、襟裳岬までの太平洋側の太線部については、塩害の被害実態の全国調査時点(昭和7年度)で既に廃橋となっていたため、調査漏れとなった橋の中で、同地域に多くの塩害を受けた橋があったことを考慮したものである。



図8-5 海洋コンクリート選定対策区分(H6)

平成15年(2003年)道路橋設計施工要領からは、襟裳岬までの太平洋側を対策区分から除外し、新たに図8-6に示す対策区分図を採用することとした。その理由を以下に示す。

平成14年(2002年)に改定された「道路橋示方書・同解説」の塩害対策地域区分Bでは、北海道の太平洋側が含まれない地域区分となっていた。この塩害対策地域区分の選定の基になる資料は、「国土交通省国土技術政策総合研究所資料No.55、コンクリートの塩害対策資料集 - 実態調査に基づくコンクリート橋の塩害対策の検討 -、2002年11月」であり、2000年に北海道全域で塩害調査を行った結果を基にしている。

従来の要領で襟裳岬までの太平洋側を対策区分としていたものの裏づけ資料が乏しいことから、平成15年時点では、調査が新しく全国一律に比較検討した道路橋示方書の地域区分を基本とすることで改定を行うこととした。



図8-6 海洋コンクリート選定対策区分(H15)

8 . 8 . 4 コンクリート構造物の塩害対策の変遷一覧表

表 8 - 1 1 北海道におけるコンクリート構造物の塩害対策の変遷一覧表

発刊年次		■日本道路協会、●土木学会、▲J I S 規格		■北海道開発局、●建設省		■(社)プレストレストコンクリート建設業協会、●(社)日本橋梁建設協会	
西暦	和暦	図 書 名	塩害対策基準	図 書 名	塩害対策基準	図 書 名	塩害対策基準
1966	S41			■橋梁関係設計要領			
1967	S42			■橋梁関係設計要領			
1968	S43			■橋梁関係設計要領			
1969	S44			■橋梁関係設計要領			
1970	S45			■橋梁関係設計要領			
1971	S46			■橋梁関係設計要領			
1972	S47			■橋梁関係実施要領-設計編			
1973	S48			■橋梁関係実施要領-設計編			
1974	S49	●コンクリート標準示方書	塩化物イオンに関する規制(許容限度の標準) 海砂の絶乾重量に対して NaCl 換算で 0.1%				
1976	S51			■橋梁関係実施要領-設計編			
1977	S52			■橋梁関係実施要領-設計編			
1978	S53	●プレストレストコンクリート標準示方書	塩化物イオンに関する規制 PC グラウト：砂の絶乾重量に対して 0.03%以下 その他部材：セメント重量の 0.1%以下	●建設省技術調査室長通達	「コンクリート中の塩化物総量規制について」 シーズ内グラウト、プレテン部材： 細骨材の絶乾重量 NaCl 換算で 0.03%以下		
		▲JIS A 5308：プレキャストコンクリート	細骨材に含まれる塩化物の許容限度 細骨材の絶乾重量 NaCl 換算で 0.1%以下				
1979	S54			■橋梁関係実施要領-設計編			
1981	S56			■橋梁関係実施要領-設計編			
1984	S59	■道路橋の塩害対策指針(案)・同解説	適用範囲：対策区分(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ) 最小かぶり コンクリートの材料、配合 塗装鉄筋、コンクリート塗装			■海岸線付近における PC 道路橋 設計・施工の手引き	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
1986	S61	▲JIS A 5308：プレキャストコンクリート	塩化物量に関する規制 荷下し地点で塩素イオンとして 0.3kg/m ³ 以下 購入者の承認を受けた場合 0.6kg/m ³ 以下	●建設省技術調査室長通達	「コンクリート中の塩化物総量規制について」 ・鉄筋コンクリート、ホーステンプレストレストコンクリート部材、 用心鉄筋を有する無筋コンクリート：0.6kg/m ³ ・プレテンプレストレストコンクリート部材、シーズ内グラウト オートクレーブ養生を行う製品：0.3kg/m ³ ・アルミセメント使用、電食の恐れあり ：試験結果から適宜、資料なし時 0.3kg/m ³	●床版工事設計施工の手引き [塩害対策編]	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
		●コンクリート標準示方書 施工編	コンクリート中の塩化物含有量規定 建設省通達、JIS A 5308 と同様の内容記述				
1987	S62	▲JIS A 6204：コンクリート用化学混和剤	塩化物イオン濃度の規定が設けられる	■道路橋設計施工要領			
1990	H2	■道路橋示方書・同解説		■道路橋設計施工要領			
				■コンクリート設計施工要領			
1991	H3	●コンクリート標準示方書 施工編	練り混ぜ時のコンクリート中全塩化物イオン濃度 ：原則 0.3kg/m ³ 以下 (0.6kg/m ³ 以下も可)			■塩害対策指針(案)に基づくプレテンション上げた	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
1994	H6			■道路橋設計施工要領	海洋コンクリートの対策区分アンカレッジの範囲： 襟裳岬までの太平洋側含む	■塩害対策指針(案)にもとづくプレテンション上げた	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
1995	H7					■塩害対策指針(案)に基づくプレテンション上げた	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
1996	H8	▲JIS A 5308：プレキャストコンクリート	塩素イオンの用語が塩化物イオンに改定			●床版工事設計施工の手引き [塩害対策編]	S59 道路橋の塩害対策指針(案)に準拠
1999	H11	●平成 11 年版 コンクリート標準示方書 - 耐久性照査型 - [施工編]	塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する調査 照査式、表面塩化物イオン濃度、拡散係数	■道路橋設計施工要領			
2001	H13	●2001 年制定 コンクリート標準示方書 [維持管理編]	塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する調査 照査式、表面塩化物イオン濃度、拡散係数	■道路橋設計施工要領			
2002	H14	■道路橋示方書・同解説	適用範囲：対策区分(S、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ) 最小かぶり コンクリートの材料、配合 塗装鉄筋、コンクリート塗装、埋設型枠	■道路橋設計施工要領		■道路橋示方書・同解説(平成 14 年 3 月)にも とづく塩害に対するプレキャスト PC げた	H14 道路橋示方書・同解説 に準拠
		●2002 年制定コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]、[施工編]	鋼材位置における塩化物イオン濃度の検討 ひび割れを考慮した拡散係数				
2003	H15	■塩害対策区分 S の具体的対策例	雑誌「道路」2004.1 掲載 具体的な対策例の紹介(Q&A)	■道路橋設計施工要領	コンクリート部材の塩害対策 下部工、上部工、凍結防止剤の散布 海洋コンクリートの対策区分アンカレッジ：日本海側のみ		
2004	H16			■道路設計要領第 3 集 橋梁	塩害対策区分 S の具体的対策例追加		
2005	H17			■道路設計要領第 3 集 橋梁		■塩害に対するプレキャスト PC げたの設計施工資料	JIS 改正に伴う断面の見直しほか
2006	H18			■道路設計要領第 3 集 橋梁			
2007	H19	●2007 年制定 コンクリート標準示方書 設計編、施工編、維持管理編	塩害に対する構造物の維持管理 照査式、表面塩化物イオン濃度、拡散係数	■道路設計要領第 3 集 橋梁	表面含浸材の適用に関するフローチャートの追加		
2008	H20			■道路設計要領第 3 集 橋梁	表面含浸材選定に関する参考資料追加		
2009	H21			■道路設計要領第 3 集 橋梁			

着色文字（青字、赤字）は、塩害対策規準が大きく変わった箇所を示す。

8.9 設計荷重の変遷

8.9.1 概要

道路橋示方書・同解説 共通編（平成14年3月）によると、道路橋の設計にあたっては以下に示す荷重の中から、架橋地点の諸条件や構造等によって必要と考えられる物を適宜選定し設計を行うよう規定されている。

主荷重（P）：死荷重（D）、活荷重（L）、衝撃（I）、プレストレス力（PS）
コンクリートのクリープの影響（CR）、コンクリートの乾燥収縮の影響（SH）
土圧（E）、水圧（HP）、浮力又は揚圧力（U）
従荷重（S）：風荷重（W）、温度変化の影響（T）、地震の影響（EQ）
主荷重に相当する特殊荷重（PP）：雪荷重（SW）、地盤変動の影響（GD）
支点移動の影響（SD）、波圧（WP）、遠心荷重（CF）
従荷重に相当する特殊荷重（PA）：制動荷重（BK）、施工時荷重（ER）
衝突荷重（CO）、その他

ここでは、上部構造の設計に大きく影響する荷重で交通量の変化とともに大きく変更されてきた、「主荷重（P）：活荷重（L）」と、北海道のような積雪寒冷地特有の荷重である「主荷重に相当する特殊荷重（PP）：雪荷重（SW）」に関して、設計荷重の変遷を取りまとめることとした。

下部構造の設計に大きく影響する荷重の「従荷重（S）：地震の影響（EQ）」に関しては、後述する「8.10 耐震設計の変遷」にて取りまとめることとした。

8.9.2 今回の調査で収集した他の技術基準について

本調査において収集した書籍一覧を示す。

(1) 道路橋示方書関連

- 道路構造に関する細則案(内務省) (T15)
- 鋼道路橋設計示方書案解説(日本道路技術協会編集) (S15)
- 鋼道路橋設計示方書 解説(日本道路協会) (S31)
- 鋼道路橋設計示方書 解説(日本道路協会) (S39)
- 道路橋示方書・同解説 共通編(日本道路協会)(S55, H2, H5, H8, H14)

(2) 北海道開発局の設計要領関連

- 橋りょう関係設計要領(北海道開発局建設部) (S43, S44, S45, S46)
- 橋りょう関係実施要領(北海道開発局建設部) (S47, S48, S51, S52)
- 橋梁関係実施要領(北海道開発局建設部) (S53, S54, S56~61)
S56~61はS56に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- 道路橋設計施工要領(北海道開発技術センター)
(S62, H2, H6, H11, H13~15)
H13~15はH13に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- 道路設計要領第3集(北海道開発局)
(H16, H17, H18, H19, H20, H21)
- 設計積雪深に関する技術資料(北海道開発局) (H13)

(3) 北海道土木技術会の指針関連

- 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会)
(S44, S48, S54, S58, H1, H7)

(4) その他収集図書

- 橋梁技術の変遷(鹿島出版会) (H12)
- 道路橋技術基準の変遷(技法堂出版) (H21)

8.9.3 活荷重の主要な変遷

収集した各種文献を参考に、道路橋の活荷重に関する基準の主要な変遷を整理し、それぞれの規準における設計荷重の特徴を取りまとめた。

(1) わが国で初めて制定された活荷重

わが国で初めての道路構造に関する基準は、明治19年(1886年)8月制定の「国県道の築造標準(内務省訓令第13号)」であり、橋面に作用させる活荷重が定められていた。この活荷重は自動車が輸入される前の年代であることから、群集や荷車および牛馬車などを想定したものである。

(2) わが国で初めて制定された道路構造令と活荷重

大正8年(1919年)12月制定の「道路構造令および街路構造令(内務省令)」において、車両荷重として自動車や転圧機の荷重が定められた。

街路、国道、府県道に対してそれぞれに活荷重が設定され、具体的には車両荷重として自動車荷重と転圧機荷重、歩行者荷重としての群集荷重が定められた。また、道路の種類に応じてそれぞれに対応した活荷重が規定された。

(3) 道路構造に関する細則案と活荷重

大正15年(1926年)6月制定の「道路構造に関する細則案(内務省土木局)」からは、街路、国道、府県道に架設する橋梁をそれぞれ一等橋、二等橋、三等橋と規定するとともに、活荷重の載荷方法が細かく規定され、衝撃係数も考慮することとなった。また、自動車荷重と転圧機荷重、群集荷重も新たに変更された。

(4) 鋼道路橋設計示方書案と活荷重

昭和14年(1939年)2月制定の「鋼道路橋設計示方書案(内務省土木局)」では、橋の等級や活荷重が見直され、細則案で3つに分けていた橋の等級を、新たに一等橋、二等橋の二つに分けて、それぞれの活荷重が規定された。

(5) T L - 2 0、T L - 1 4 荷重の設定

昭和31年(1956年)5月制定の「鋼道路橋設計示方書(建設省道路局長)」からは、一級国道、二級国道、主要地方道に関しては一等橋、都道府県道と市町村道に関しては二等橋で計画するとともに、活荷重としてT荷重、L荷重、歩道の群集荷重が規定され、床および床組の設計のためのT荷重(T - 20、T - 14)、主桁の設計のためのL荷重(L - 20、L - 14)がそれぞれ設定された。一等橋に関してはT L - 20荷重、二等橋に関してはT L - 14荷重を作用させるように規定された。図8 - 7にL - 20およびL - 14荷重の載荷概要図を記載する。

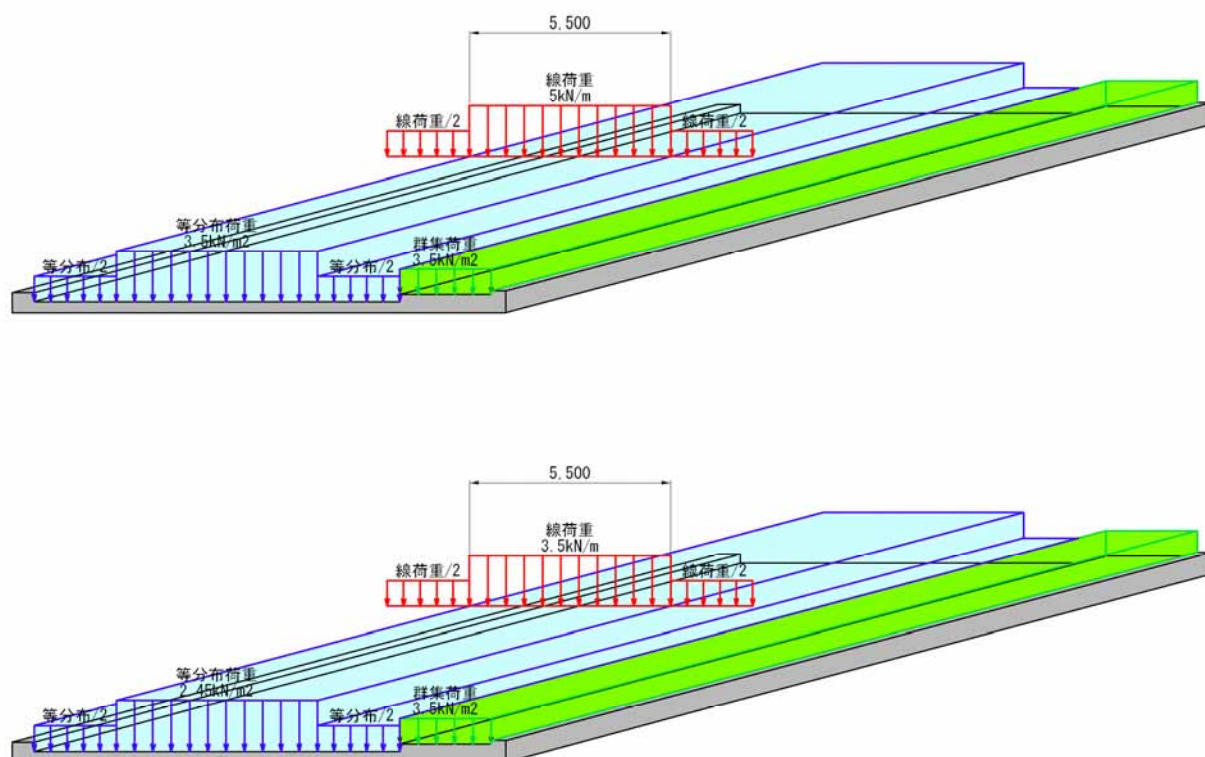


図8 - 7 L - 20 (上図) および L - 14 (下図) 荷重の載荷概要図

(6) T T - 4 3 荷重の設定

昭和48年4月(1973年)には、「特定の路線にかかる橋、高架の道路等の設計荷重」として、高速自動車国道およびこれらの道路と一体的に機能することになる幹線的な道路に建設される橋梁に対して、総重量43トンのトレーラー荷重(T T - 43)を考慮するよう、建設省都市局長および道路局長からの通達により規定された。

(7) B 活荷重および A 活荷重の設定

交通量の増大に伴い、歩行者の安全かつ円滑な通行の確保および車両の大型化への対応の観点から、平成 5 年（ 1 9 9 3 年）に道路構造令が改正された。この改正により自動車荷重が従来の 20tf と 14tf から一律 25tf に引き上げられ、平成 5 年（ 1 9 9 3 年） 1 1 月に改定の「道路橋示方書・同解説 共通編（建設省都市局長、道路局長）」からは、橋の等級が廃止されるとともに設計自動車荷重 25tf に対応した B 活荷重および A 活荷重が新たに制定された。

具体的には、活荷重を大型車の交通状況に応じて区分するものであり、大型車の走行頻度が比較的高い状況を想定した「B 活荷重」と低い状況を想定した「A 活荷重」に区分して設計に反映させるものである。高速自動車国道、一般国道、都道府県道、幹線市町村道等には「B 活荷重」を適用し、その他の市町村道には大型自動車の交通状況に応じて「A 活荷重」を適用することとしている。

「B 活荷重」は「T T - 4 3」を、「A 活荷重」は「L - 2 0」荷重をおおむね包含する荷重規模であり、この活荷重は平成 8 年（ 1 9 9 6 年）および平成 1 3 年（ 2 0 0 1 年）改定の「道路橋示方書・同解説 共通編」に引き継がれ、現在に至っている。

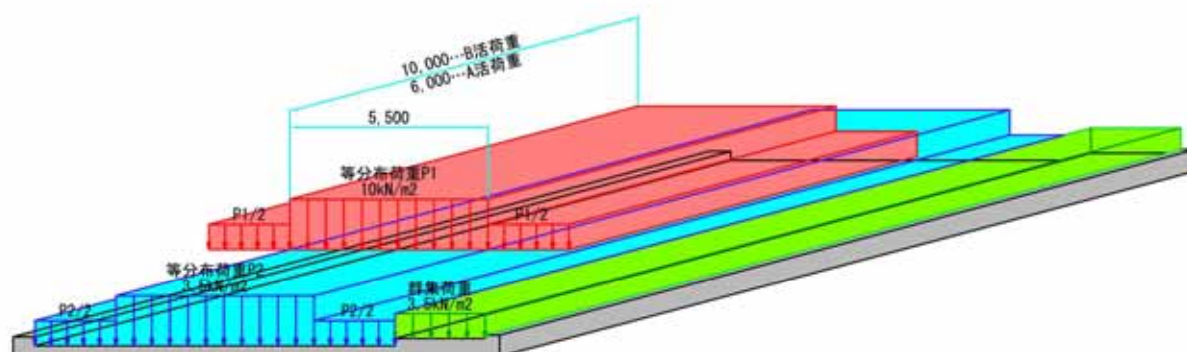


図 8 - 8 B 活荷重および A 活荷重の載荷概要図

8 . 9 . 4 設計荷重の変遷一覧表

設計荷重の変遷一覧表を示す。

- 道路橋設計荷重の変遷一覧表（明治 1 9 年～昭和 1 4 年） - 巻末資料 5 . 1
- 道路橋設計荷重の変遷一覧表（昭和 3 1 年～昭和 4 8 年） - 巻末資料 5 . 2
- 道路橋設計荷重の変遷一覧表（昭和 4 8 年～平成 2 年） - 巻末資料 5 . 3
- 道路橋設計荷重の変遷一覧表（平成 2 年～平成 2 1 年） - 巻末資料 5 . 4

8.9.5 雪荷重の主要な変遷

収集した各種文献を参考に、道路橋の雪荷重に関する基準の主要な変遷を整理し、それぞれの基準における設計荷重の特徴を取りまとめた。

(1) わが国で初めて制定された道路橋の設計荷重としての雪荷重

収集した資料をもとに道路橋の設計荷重としての雪荷重に関する規定を調査したところ、大正15年(1926年)6月制定の「道路構造に関する細則案(内務省土木局)」までは雪荷重に関する記載はなく、昭和14年(1939年)2月制定の「鋼道路橋設計示方書案(内務省土木局)」において初めて、雪荷重の項目が記載されていることを確認した。記載内容を以下に示す。

雪荷重

第十六條 積雪特ニ多キ地方ニシテ雪荷重ヲ考慮スル必要アリト認ムル場合ニ在テリハ之ヲ 100kg/m^2 ト爲スヲ標準トス

又、解説の中で、山間僻地にして容易に雪卸し等の出来ぬ場合などで上記 100kg/m^2 以上を考慮する必要ありと認めた時は、他の調査に基づいた大なる雪荷重を考慮するように規定されており、参考として以下が記載されている。

降りたての雪 (150kg/m^3) 少々落付いた雪 (300kg/m^3) 圧縮せられた雪 ($500\sim 700\text{kg/m}^3$)

(2) 道路橋の設計荷重としての雪荷重のその後の規定

昭和31年(1956年)5月制定の鋼道路橋設計示方書(建設省道路局長)での雪荷重の規定は、上記昭和14年の規定と一緒に数値であるが記載内容が若干変わっている。

雪荷重 12条

雪荷重を考慮する必要のある地方においては、活荷重を負載する場合 100kg/m^2 を標準とし、積雪が特に多くて活荷重を負載せず、雪荷重だけを負載する場合には、架設地点の実情に応じて適当な値を定めるものとする。

解説の中では、わが国では橋面上の雪おろしをすることが多く、また積雪がある程度以上になれば規定の活荷重が通行する機会はきわめて少なくなる。したがって、規定の活荷重のほかに取りべき雪荷重としては、 100kg/m^2 (圧縮された雪で15cm厚)をみておけば十分と考えられる、との記載がある。併せて、積雪の多い山間部に対する雪の単位体積あたり重量として、降りたての雪 (150kg/m^3) やや落ち着いた雪 (300kg/m^3) 圧縮された雪または多量に水を含んだ雪 ($500\sim 700\text{kg/m}^3$) が参考として記載されている。また、雪荷重によって部材断面を計算する際に許容応力度の増加率をいくりにするかには、採用する雪荷重の大きさによって異なるが、既往の最大積雪量につき最悪の状態で考える場合には、最大30%以内で適宜増加率を定めるものと記載されている。

昭和39年(1964年)8月制定の「鋼道路橋設計示方書(建設省道路局長)」での雪荷重の規定も同様である。

(3) 北海道開発局の橋りょう関係設計要領内での雪荷重の規定

昭和 4 1 年 (1 9 6 6 年) から北海道開発局内での運用として「橋りょう関係設計要領」が発刊されている。資料収集の結果、昭和 4 1 年、昭和 4 2 年の 2 年分の「橋りょう関係設計要領」を入手できなかったことから、昭和 4 3 年 (1 9 6 8 年) の「橋りょう関係設計要領」における雪荷重に関する規定を以下に記載する。

なお、昭和 4 4 年、昭和 4 5 年、昭和 4 6 年の「橋りょう関係設計要領」も同一の内容である。

【 1 2 0 2 】 雪荷重

設計には、 $100\text{kg}/\text{m}^2$ の雪荷重を考慮するものとする。

【解 説】

近時、道路除雪の拡充によりほとんどの路線が除雪されているので、除雪残部の重量として $100\text{kg}/\text{m}^2$ (圧縮された雪で約 15cm) の雪荷重を主荷重として考慮することにしたが、特に積雪の多い地方で冬期間の除雪を行わず、雪荷重のみについて検討する必要がある場合には、架設地点の実情に応じた雪荷重の値を定め、許容応力度を 20% 程度増して設計すること。

なお、雪荷重は地覆部、弦材部などを含む橋梁全面に載荷する。

関連規定：鋼道路橋設計示方書、1 4 条

(4) 北海道土木技術会発刊の指針 (案) 内での雪荷重の規定

昭和 4 4 年 (1 9 6 9 年) に「北海道における鋼道路橋の設計および施工指針 (案) (北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会)」が発刊されており、北海道の「最深積雪の分布図と年々変化図」(図 8 — 9) が添付され、雪荷重に関して以下に示す規定が記載されている。

3 - 2 雪荷重

冬期間除雪を行わない橋梁では、通常的设计荷重を主荷重とした部材応力度の計算の他に、その地域の最深積雪量と死荷重を主荷重とした (この場合活荷重は考慮しない) 部材応力度も計算し、大きい方をとって部材断面を設計しなければならない。

最深積雪量を下図に示すが、積雪荷重は下図の値に 3 . 0 を乗じたものとする。

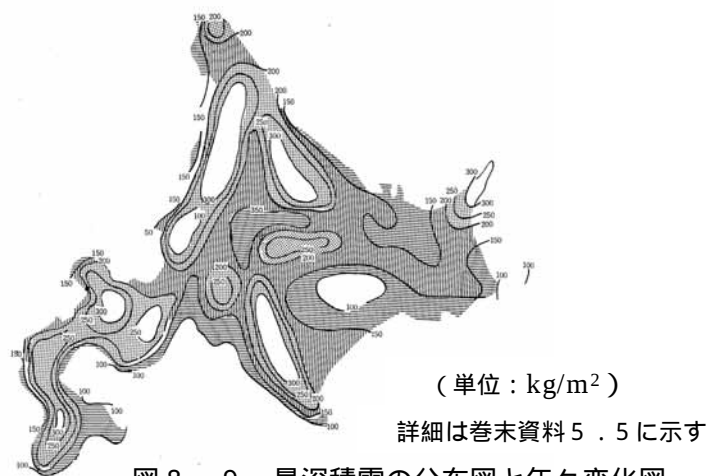


図 8 - 9 最深積雪の分布図と年々変化図

(5) 北海道開発局の橋りょう関係設計要領内での雪荷重の規定の変更

昭和47年度の「橋りょう関係実施要領(設計篇)」から、除雪計画の有無により雪荷重の載荷条件が変わることとなった。要領内の雪荷重に関する規定を以下に記載する。

【1202】 雪荷重

(1) 上部構造の設計にあたっては、除雪計画がある路線の橋りょうには雪荷重を考慮しないのを原則とする。

(2) また、除雪計画がない路線の橋梁では、死荷重 + 活荷重(衝撃を含む)と、死荷重 + 雪荷重の場合についても検討する。

雪荷重の大きさは、架設地点の実情に応じて定め、許容応力度を20%程度割増して設計するものとする。

(1) について

近時、道路除雪の拡充によりほとんどの路線が除雪されているが、これらの路線では除雪と車行によって積雪が駆逐され、除雪残部の重量は無視できるほどに小さいのが実情である。

また、除雪残部の重量が或る程度以上のものになる橋りょうについては、規定の活荷重が通行する機会はきわめて少ない。したがって、規定の活荷重のほかにとるべき雪荷重としては、特殊な場合を除き必要なしと考えられる。ただし、特殊な場合で雪荷重を考慮する必要があるときには、調査した資料に基づき適宜雪荷重の大きさを定め、設計するものとする。

(2) について

特に積雪の多い地方で冬期間の除雪を行わず、雪荷重のみについて検討する必要がある場合には、思わぬ大きな雪荷重を生ずることがあるから、架設地点によって適当な値をとることを規定したものである。この関連の設計資料としては、【1102】(13)中にその記述がある。

なお、雪荷重は地覆部、弦材部などを含む橋梁全面に載荷する。

関連規定：道路橋示方書 共通編 1.8.9

【1102】(13) 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(案)(S44)
(北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会)

(6) 北海道開発局の橋りょう関係実施要領内での雪荷重規定の更なる変更

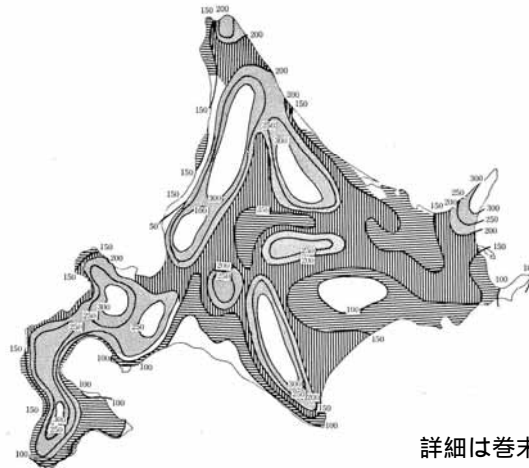
昭和48年4月の「橋りょう関係実施要領 設計篇」から更に規定が変更となり、最深積雪量の分布図が新たに添付された(図8 - 10)。要領内の雪荷重に関する規定を以下に記載する。

なお、昭和51年、52年、53年の「橋りょう関係実施要領」も同一の内容である。

3 - 1 雪荷重の取り扱い

雪荷重は「道路橋示方書共通編」の規定に基づき上部構造の設計にあたっては特殊荷重として扱う。同示方書の主旨を具体化し次のように運用する。

- (1) 上部工の設計にあたっては、除雪計画がある路線の橋りょうには雪荷重は加算しない。
- (2) 除雪計画がない路線の橋梁では、(死荷重 + 活荷重 + 衝撃) と (死荷重 + 雪荷重) の場合について検討する。この場合の雪荷重の大きさは、架橋地点の最大積雪深(cm)に3.0を掛けて求めるものとし、「単位 kg/m^2 」最深積雪量は下図に示すものを用いてよい。雪荷重の載荷幅は、地覆部、弦材部などを含む橋梁全面とする。許容応力度の割増し係数は(死荷重 + 雪荷重) の場合1.25まで許される。



詳細は巻末資料5.6に示す

図8 - 10 最深積雪の分布図
(1931 ~ 1960年の平均)

(7) 北海道開発局の橋梁関係実施要領内での雪荷重規定の更なる変更

昭和54年4月の「橋梁関係実施要領 設計編」から雪荷重載荷時の地震時の考え方が新たに規定された。それ以外の規定に変更はない。追加された規定を以下に記載する。

【解 説】

雪荷重載荷時の設計水平震度は雪荷重を載荷しない場合の1/2に補正するのを標準とする。

(8) 道路橋示方書の改定に伴う雪荷重の規定の変更

昭和55年(1980年)5月に発刊の「道路橋示方書・同解説 共通編(日本道路協会)」において、雪荷重の規定が変更されたことから以下に記載する。

2.1.1.4 雪荷重

雪荷重を考慮する必要のある地方においては、架設地点の実情に応じて適当な値を定めるものとする。

【解説の抜粋】

第1の場合、積雪がある程度以上になれば規定の活荷重が通行する機会はきわめて少なくなる。したがって、規定の活荷重のほかにとるべき雪荷重としては通常 100kg/m^2 (圧縮された雪で約15cm厚) をみておけば十分と考えられる。なお、この雪荷重は、もちろん主荷重に相当する特殊荷重であって、設計計算上は橋の全面に載荷するものとする。

第2の場合は、既往の最大積雪深、積雪の頻度、雪の性質などを考慮して適切な雪荷重を決定する必要がある。

雪の単位重量は地方や季節などによる異なるが、大体の目安としては下記のようなものである。

降りたての雪 (150kg/m^3)

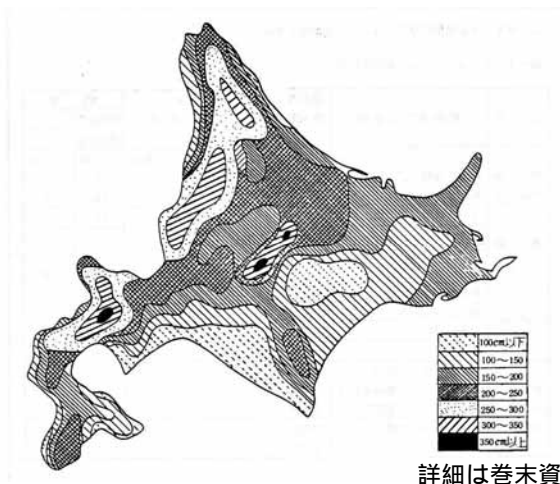
やや落ち着いた雪 (300kg/m^3)

圧縮された雪または多量に水を含んだ雪 ($500 \sim 700\text{kg/m}^3$)

(9) 北海道開発局の橋梁関係実施要領内での雪荷重規定の更なる変更

昭和56年～61年版の「橋梁関係実施要領 設計編」から北海道の最深積雪の分布(平均最深)が変更となった。それ以外の規定に変更はない。変更された分布図を図8—11に記載する。

なお、昭和62年の道路橋設計施工要領も同一の内容である。



詳細は巻末資料5.7に示す

(単位: cm)

図8-11 北海道の最深積雪の分布(平均最深)

(統計期間 1941～1980年)

昭和58年8月に発刊された「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会)」の中で、上記 図8-11に対する解説が記載されている。以下に示す。

【解 説】

北海道開発局と北海道が共同でとりまとめた「北海道の道路と雪に関する技術資料」から引用したものである。本分布図は北海道内気象官署の最近40年間の積雪資料から作製したもので毎年の最深積雪の平均値が図化されている。

1m³当りの雪の重量は降りたての雪では150kg、やや落ち着いた雪では150～250kg、落ち着いた雪では250～500kg、圧縮された雪または水分を多量に含んだ雪では550kgである。

(10) 北海道開発局の道路橋設計施工要領内での雪荷重規定の変更

平成2年10月の「道路橋設計施工要領」から最深積雪の分布が変更となった(図8—12)。また、雪の設計単位重量も新たに規定された。雪荷重に関する規定を以下に記載する。

なお、平成元年11月発刊の「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」にも同様の最大積雪深と単位重量が記載されている。

1.2.3 雪荷重

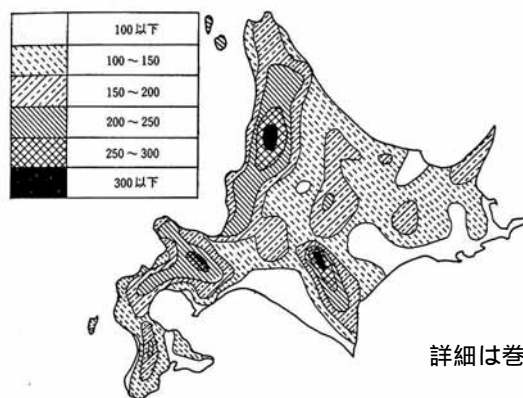
(1) 橋の設計にあたっては、除雪計画がある路線の橋は雪荷重を考慮しないのを原則とする。

(2) 除雪計画のない路線の橋は、活荷重のない場合の雪荷重について常時および地震の影響についても検討するものとする。

【解説の抜粋】

雪の設計単位重量は350kgf/m³とする。

参考資料：設計積雪深に関する技術資料(昭和60年3月)北海道開発局



詳細は巻末資料5・8に示す。

図8-12 10年確率最大積雪等深線図(単位:cm)

平成2年2月に発刊された「道路橋示方書・同解説 共通編」での雪荷重に関する規定を以下に示す。なお、平成14年の道路橋示方書・同解説まで同一の内容である。

【解説の抜粋】

第1の場合、規定の活荷重のほかにとるべき雪荷重としては通常100kg/m²(圧縮された雪で約15cm厚)をみておけば十分と考えられる。

第2の場合は、次式により求められる。

$SW = P \cdot Z_s$ (ここに、 SW : 雪荷重、 P : 雪の平均単位重量、 Z_s : 設計積雪深)

雪の平均単位重量は、地方や季節などにより異なるが、多雪地域においては一般に350kgf/m³を見込めばよい。設計積雪深は、通常の場合は架橋地点における再現期間10年に相当する年最大積雪深を考慮すればよい。

(1 1) 北海道開発局の道路橋設計施工要領内での雪荷重規定の変更

平成 6 年 4 月の「道路橋設計施工要領」から北海道の最深積雪の分布図が変更となった。「設計積雪深に関する技術資料(昭和 6 0 年 3 月)北海道開発局」の 1 0 年確率最大積雪等深線図を使用している点では同じだが、より詳細な等深線図を使用している。参考として添付する(図 8—1 3)。



詳細は巻末資料 5 . 9 に示す。

図 8 - 13 1 0 年確率最大積雪等深線図

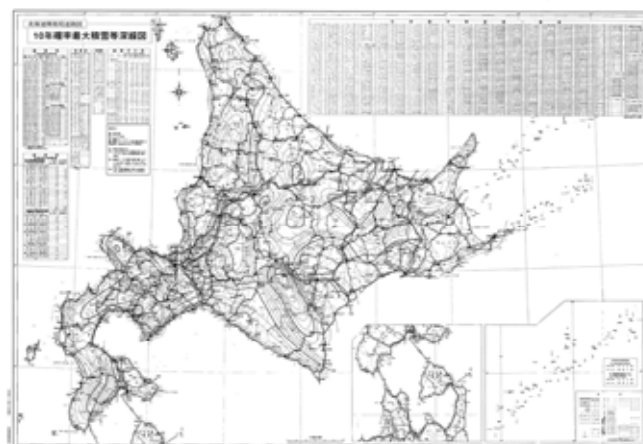
(1 2) 北海道開発局の道路橋設計施工要領内での雪荷重規定の変更

平成 1 1 年 9 月の「道路橋設計施工要領」から「除雪計画検討フロー」が追加記載され、現状の除雪計画と供用後の除雪計画を考慮して雪荷重の有無を判断するよう記載された。

フロー図を巻末資料 5 . 1 1 に記載する。なお、このフローの全体的な構成は現行の平成 2 1 年 4 月の道路設計要領まで同一の内容である。

(1 3) 北海道開発局の道路設計要領内での 1 0 年確率最大積雪等深線図の変更

平成 1 7 年 4 月の「道路設計要領」から、1 0 年確率最大積雪等深線図が変更となった。具体的には、「設計積雪深に関する技術資料(平成 1 3 年 3 月)北海道開発局」で整理された資料図を使用することとなった。参考として以下に添付する(図 8—1 4)。



詳細は巻末資料 5 . 1 0 に示す。

図 8 - 1 4 1 0 年確率最大積雪等深線図

8.10 耐震設計基準の変遷

(1) 黎明期における耐震基準

わが国における道路橋の耐震設計基準の整備は、1923年（大正12年）の関東大震災を受け、構造物に対する基準類整備の必要性が高まり、1926年（大正15年）に「道路構造に関する細則案」が制定された。同細則案は、道路橋の等級について一等橋から三等橋までの三種類に分類したほか、はじめて橋の構造や設計方法、許容値などを規定し、道路橋示方書の原型となった。なお、耐震設計に関しては『最強地震力を考慮する』と記述されているが、具体的な数値や計算手法については示されていない。

耐震基準として地震力に対する具体的記述が示されたのは、1939年（昭和14年）に制定された「鋼道路橋設計示方書案」であり、設計地震力として『水平加速度20%、鉛直加速度10%』が規定された。

第二次世界大戦後の1952年（昭和27年）に新道路法が施行されたことに伴い、道路橋は所管を建設省に移し、1956年（昭和31年）に「鋼道路橋設計示方書」が制定された。ここでは、耐震基準として、地盤種別および地域別により設計地震力が異なる設計水平震度（0.1～0.35）を用いた耐震設計手法が示された。

一方、1964年（昭和39年）には、コンクリート橋を対象とした「鉄筋コンクリート道路橋示方書（日本道路協会）」、下部構造を対象とした「杭基礎の設計指針」が相次いで制定された。さらに、プレストレストコンクリート橋を対象とした「プレストレストコンクリート道路橋示方書（日本道路協会）」が1968年（昭和43年）に制定され、道路橋に関する基準類の骨子が出来上がった。

(2) 道路橋示方書の制定

その後、道路橋の分野における基準類を一つの体系として道路橋示方書に統合することとなり、1972年（昭和47年）に初めての道路橋示方書である「道路橋示方書・同解説 共通編、鋼橋編」が制定された。あわせて同年、「道路橋耐震設計指針・同解説」が制定され、耐震に関する設計手法について、より具体的な記述が示された。設計水平震度については、地盤種別、地域別に加えて、橋の重要度に関する判定基準が追加され細分化し、橋の固有周期により地震力を変化させる『修正震度法』の考え方が取り入れられた。また、新潟地震等における被害を受け、落橋防止対策（移動制限装置、支承縁端距離、桁間連結装置）や地盤の液状化についての規定が明示され、近代的な耐震設計基準の基礎となった。

1978年（昭和53年）には「道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編」、1980年（昭和55年）には「道路橋示方書・同解説 下部構造編」、「耐震設計編」が制定され、現在に続く道路橋示方書の体系が形作られた。耐震設計編（昭和55年）では、「道路橋耐震設計指針（昭和47年）（日本道路協会）」の記述に加え、RC単柱橋脚の変形性能照査方法および動的解析の位置づけ等が記述された。

その後、橋梁技術の進歩や調査結果の反映を受けて、1990年（平成2年）に「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」が改訂された。本改訂において、震度法と修正震度法を統合し、新たに震度法として地盤種別、地域別、重要度別、固有周期補正係数を考慮した設計手法が規定された。また、耐震設計手法として震度法に加え、鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力法

が導入され、関東地震級の地震動（設計水平震度0.7～1.0程度）を考慮するとともに、破壊形態（曲げ破壊型、せん断破壊型）を判定することにより、ぜい性的な破壊を防止する設計手法が示された。また、従来明確な規定の無かった動的解析に用いる地震動を規定するとともに、動的解析モデルの設定、動的解析による安全性の照査に関する規定が示された。

（３）兵庫県南部地震以降の耐震基準

1995年（平成7年）に発生した兵庫県南部地震における橋梁構造物の甚大な被害を受け、耐震基準の大幅な見直しに迫られ、同年「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に関する仕様（日本道路協会）」（以下、復旧仕様）が発刊され、緊急的な対策が実施された。復旧仕様では、兵庫県南部地震のような内陸直下型地震を想定した地震動（設計水平震度1.5～2.0）を考慮するとともに、地震時保有水平耐力法および動的解析による安全性の照査が規定された。あわせて、免震設計の採用やねばり強い構造のための配筋細目等も規定された。また、落橋防止装置の強度を強化するとともに、複数個の落橋防止装置を設置することが規定された。

1996年（平成8年）には、復旧仕様の内容を取り込むとともに、その後の調査・研究成果を取り入れて「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」が改訂された。

本改訂において、考慮する地震動としては、復旧仕様で規定された内陸直下型地震を想定した地震動を考慮し、新たにタイプ 地震動（関東地震のような海洋プレート型地震）とタイプ 地震動（兵庫県南部地震のような内陸直下型地震）が規定された。

耐震設計手法としては、従来の震度法による耐震設計を踏襲するとともに、地震の影響が大きい橋脚、基礎、支承部、落橋防止システムなどの構造部材は、地震時保有水平耐力法により耐震設計を行うことが規定された。

2002年（平成14年）には、性能規定型の技術基準への移行を目指し、要求する事項とそれを満たす従来からの規定とを併記する書式に変更するとともに、前回改訂以降の調査研究結果を踏まえて「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」が改訂された。

本改訂では、これまでの震度法、地震時保有水平耐力法を基本とし、耐震設計で考慮する地震動を、橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動（レベル1地震動）発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動（レベル2地震動）と規定された。

耐震性能の照査方法としては、「静的照査法」と「動的照査法」に再構築し、橋の構造特性に応じた照査方法の選定を明確化している。また、動的照査法の適用範囲を拡げるとともに、具体的な照査方法が規定された。

表 8—1 2 設計基準の変遷

年	耐震基準	設計基準	主な地震
1926年 (大正15年)	道路構造に関する細則案	・最強地震力を考慮する。ただし、具体的な数値、計算法は示されず。	関東地震 (M7.9): 1923(大正12)年
1939年 (昭和14年)	鋼道路橋設計示 方書案	・水平加速度0.2gおよび鉛直加速度 0.1gを標準	
1956年 (昭和31年)	鋼道路橋設計示 方書	・水平加速度0.1～0.35gとし、地 盤別、地域別に9種類に分類して規定	十勝沖地震 (M8.1): 1952(昭和27)年
1972年 (昭和47年)	道路橋耐震設計 指針・同解説	・震度法(地域別、地盤別、重要度補正係 数を考慮)による耐震計算 ・応答を考慮した修正震度法 ・設計水平震度(0.1～0.3)	新潟地震 (M7.5): 1964(昭和39)年 サンフェルナンド地震(M6.6): 1971(昭和46)年
1980年 (昭和55年)	道示V 耐震設計編	・震度法(地域別、地盤別、重要度補正係 数を考慮)による耐震計算 ・応答を考慮した修正震度法 ・設計水平震度(0.1～0.3) ・地震時変形性能の照査法 ・動的解析の位置づけを行い、設計地震入 力を規定	宮城県沖地震(M7.1): 1978(昭和53)年
1990年 (平成2年)	道示V 耐震設計編	・震度法と修正震度法を統合し、新たに震 度法(地域別、地盤別、重要度別、固有 周期補正係数を考慮)による耐震計算 ・設計水平震度(0.1～0.3) ・連続橋の耐震計算法を規定 ・地震時保有水平耐力の照査を規定(設計 震度:0.7～1.0) ・動的解析による安全性の照査方法を規定	本海中部地震(M7.8): 1983(昭和58)年 ロマブリエータ地震(M7.1): 1989(平成1)年
1995年 (平成7年)	兵庫県南部地震 により被災した 道路橋の復旧に 関する仕様	・同上、さらに以下を追加 ・地震の影響の強い部材(RC橋脚、鋼製 橋脚、基礎、支承等)に対する地震時保 有水平耐力の照査の実施(設計震度: 1.5～2.0) ・動的解析による兵庫県南部地震に対する 安全性の照査 ・免震設計の採用 ・ねばりの強い構造のための配筋細目等	釧路沖地震(M7.8): 1993(平成5)年 北海道南西沖地震(M7.8): 1993(平成5)年 ノースリッジ地震(M6.6): 1994(平成6)年: 兵庫県南部地震(M7.2): 1995(平成7)年
1996年 (平成8年)	道示V 耐震設計編	・同上 ・地震時保有水平耐力法における タイプ、地震動の規定 ・液状判定対象土層、地震力等の見直し	
2002年 (平成14年)	道示V 耐震設計編	・同上 ・レベル1、2地震動の規定 ・耐震性能の照査方法を「静的照査法」 と「動的照査法」に再構築	

表 8 — 1 3 主な設計方法の変遷

		大正 1 5 年	昭和 1 4 年	昭和 3 1 年	昭和 3 9 年	昭和 3 9 年	昭和 4 1 年	昭和 4 3 年	昭和 4 5 年	昭和 4 7 年	昭和 4 8 年	昭和 5 1 年	昭和 5 5 年	平成 2 年	平成 7 年
		構造細則	鋼道示案	鋼 道 示	下 部 指 針 杭 基 礎	鋼 道 示	下部指針 調査設計	下部指針 橋 脚 直接基礎	下部指針 ケーソン	耐震設計 指 針	下 部 指 針 場所打ち杭	下 部 指 針 杭 基 礎	道 示	道 示	復旧仕様
地 震 荷 重	設計水平震度	最強地震力	$k_h = 0.2$ 架橋地点に 応じて増減	$k_h = 0.1 \sim 0.35$ 地域と地盤条件により増減						$k_h = 0.1 \sim 0.3$ 設計水平震度の標準化 修正震度法の導入				$k_h = 0.1 \sim 0.3$ 震度法と修正震度法の統合	
	地震時土圧	物部・岡部式が使われていたようである					地震時土圧の算定法導入								
	地震時動水圧	水中にある高橋脚を除き一般橋脚に対する影響は小さい					水圧の算定式の導入			地震時動水圧の導入					
鉄 筋 コンク リート 軀 体	基部の曲げ	現行と同様の計算法で計算されていたようである					具体的な計算法の導入								
	せ ん 断	ラーメン，中空断面等の小さい躯体に対する影響が大きい						せん断力の照査に関する 記述					具体的な計算式の導入 許容せん断応力度の低減		せん断耐力照査 式導入
	主鉄筋の中間定着 （主鉄筋の段落とし）												中間定着筋の定着長の延長		段落しの原則禁止
	地震時保有水平耐力								一般にコンクリート断面の大きい橋脚に対する影響は 少ない			変形性能照査	地震時保有水平 耐力の照査	兵庫県南部地震 に対する照査	
フ ェ ー ジ ン グ								具体的な設計法の導入 （片持ち板として設計）					有効幅・せん断の検討の導入		基礎に対する地 震時保有水平耐 力法の導入
杭 基 礎			鉛直支持力の検討は行わ れていたようである		具体的な設計法の導入 （鉛直支持・水平支持）						杭頭の構造細目の規定 特殊条件（斜面上の基礎，圧密沈下・側方流動を 受ける基礎）				
直 接 基 礎			安定計算（転倒・滑動）は 行われていたようである					具体的な設計法の導入 （支持力，安定計算法）							
ケ ー ソ ン 基 礎					昭和 4 5 年下部指針と同様の検討は行わ れていたようである				具体的な設計法の導入						
地 盤 の 液 状 化										計算上支持力を無視する土層の導入		液状化判定法の 導入と液状化層 の具体的な取扱 い法	細粒分の影響を 考慮	礫質土考慮 流動化検討	
支 承 部	支 承 部		支承，ローラ，アンカーボルト等鋼製支 承の設計法の導入							支承における地震力の伝達方法の規定					ゴム沓・免震沓の 推奨
	落橋防止構造								支承縁端距離 S の導入		移動制限装置，落橋防止構造（ S ，桁間 連結，かけ違い長 ）の導入		移動制限装置，落橋防止構造（ S _E ， 落橋防止装置 ）の導入		落防を複数設置

8.1.1 収集資料一覧

8.1.1.1 書籍一覧

本調査において収集した書籍一覧を示す。

- 橋梁関係工事実施要領（北海道開発局建設部）（S 3 7 , S 3 8 , S 3 9 , S 4 0 , 4 2）
- 橋梁工事設計施工要領（旭川開発建設部）（S 3 7 , S 3 8）
- 橋りょう関係設計要領（北海道開発局建設部）（S 4 3 , S 4 4 , S 4 5 , S 4 6）
- 橋りょう関係実施要領（北海道開発局建設部）（S 4 7 , S 4 8 , S 5 1 , S 5 2）
- 橋梁関係実施要領（北海道開発局建設部）（S 5 3 , S 5 4 , S 5 6 ~ 6 1）
S 5 6 ~ 6 1 は S 5 6 に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- 道路橋設計施工要領（北海道開発技術センター）
（S 6 2 , H 2 , H 6 , H 1 1 , H 1 3 , H 1 4 , H 1 5）
H 1 3 ~ 1 5 は H 1 3 に差し替え、追加されており、収集資料は差し替え版
- 道路設計要領第3集（北海道開発局）（H 1 6 , H 1 7 , H 1 8 , H 1 9 , H 2 0 , H 2 1）
- コンクリート設計施工要領（北海道開発技術センター）（H 2）
- 道路工事設計基準（北海道開発局）
（S 4 3 , S 4 5 , S 4 6 , S 4 7 , S 5 0 , S 5 1 , S 5 2 , S 5 3 , S 5 4 ,
S 5 5 , S 5 8 , S 5 9 , S 6 3 , H 1 , H 3 , H 5）
- 設計積雪深に関する技術資料（北海道開発局）（H 1 3）
- 昭和6年土木学会 鉄筋コンクリート標準示方書（土木学会）
- 昭和24年土木学会制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 昭和24年土木学会制定 コンクリート標準示方書（昭和26年版）（土木学会）
- 昭和31年土木学会制定 コンクリート標準示方書（昭和33年版）（土木学会）
- コンクリート標準示方書 解説（昭和42年版）（土木学会）
- 昭和49年度版 コンクリート標準示方書 解説（土木学会）
- 昭和49年制定 コンクリート標準示方書 解説（昭和52年版）（土木学会）
- 昭和49年制定 コンクリート標準示方書 解説（昭和55年版）（土木学会）
- 昭和61年制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- コンクリート標準示方書 平成3年版（土木学会）
- 平成8年 制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 平成11年 制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 2001年制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 2002年制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 2007年制定 コンクリート標準示方書（土木学会）
- 昭和30年土木学会制定 プレストレストコンクリート 設計施工指針（土木学会）
- 昭和36年度改訂 土木学会 プレストレストコンクリート 設計施工指針（土木学会）
- 昭和53年制定 プレストレストコンクリート標準示方書（土木学会）
- コンクリートライブラリー第66号プレストレストコンクリート工法設計施工指針
（土木学会）（H 3）
- コンクリートライブラリー第49号鉄筋継手指針（土木学会）（S 5 7）

- コンクリートライブラリー第128号鉄筋定着・継手指針(土木学会) (H19)
- プレストレストコンクリート道路橋示方書 解説(日本道路協会) (S43)
- コンクリート道路橋施工便覧(日本道路協会) (S59)
- 鋼道路橋の合成ゲタ設計施工指針(昭和42年2月解説一部改訂)(日本道路協会)
- 鋼道路橋設計便覧(日本道路協会) (S54、55)
- 鋼道路橋施工便覧(日本道路協会) (S47、60)
- 道路構造に関する細則案(内務省) (T15)
- 鋼道路橋設計示方書案解説(日本道路技術協会編集) (S15)
- 鋼道路橋設計示方書 解説(日本道路協会) (S31)
- 鋼道路橋設計示方書 解説(日本道路協会) (S39)
- 道路橋示方書・同解説 共通編(日本道路協会) (S53, H2, H6, H8, H14)
- 道路橋下部構造設計指針(調査および設計一般篇)(日本道路協会) (S41)
- 道路橋耐震設計指針・同解説(日本道路協会) (S47)
- 道路橋の塩害対策指針(案)・同解説(日本道路協会) (S59)
- 道路橋示方書・同解説 コンクリート橋編(日本道路協会)
(S53, H8, H14)
- 道路橋示方書・同解説 下部構造編(日本道路協会)
(S55, H2, H6, H8, H14)
- 道路橋示方書・同解説 耐震設計編(日本道路協会)
(S55, H2, H8, H14)
- 「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)
(日本道路協会)(H7)
- 建設省制定土木構造物標準設計(全日本建設技術協会) (S51, S57)
- PCグラウト注入施工指針(北海道土木技術会プレストレストコンクリート研究委員会)
(S34, 45)
- 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針(北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会)
(S44, S48, S54, S58, H1, H7)
- 床版工事設計・施工の手引き【塩害対策編】(日本橋梁建設協会) (S61, H8)
- 海岸線付近におけるPC道路橋 設計・施工の手引き
(プレストレストコンクリート建設業協会) (S59)
- 塩害対策指針(案)に基づくプレテンションげた
(プレストレストコンクリート建設業協会) (H3, H6)
- 塩害対策指針(案)に基づくポストテンションTげた
(プレストレストコンクリート建設業協会) (H7)
- 道路橋示方書・同解説(平成14年3月)に基づく塩害に対するプレキャストPCげた
(プレストレストコンクリート建設業協会) (H14)
- 塩害に対するプレキャストPCげたの設計施工資料
(プレストレストコンクリート建設業協会) (H17)
- 塩害対策区分Sの具体的対策例(雑誌「道路」掲載) H16.1
- 鋼材の知識(日本橋梁建設協会) (H5)

- 耐候性鋼の橋梁への適用(解説書)(鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会) (H13)
- 無塗装橋梁の手引き(日本橋梁建設協会) (H18)
- 北海道土木技術会会報No30 (H16)
- 耐候性鋼橋梁実績資料集第2版(日本橋梁建設協会) (H10)
- 改訂 鋼橋防食のQ & A(日本橋梁建設協会) (H14)
- 土木鋼構造物の点検・診断・対策技術(日本鋼構造協会) (H17)
- 耐候性鋼橋梁の可能性と新しい技術(日本鋼構造協会) (H18)
- 耐候性鋼橋梁実績資料集第12版(日本橋梁建設協会) (H19)

8.11.2 論文一覧

本調査において収集した論文を示す。

- 「PCグラウトについて」 横道英雄
雑誌「プレストレストコンクリート 1960(S35)年6月」に掲載
- 「プレストレストコンクリート用グラウトに関する実験的研究」 林 正道
北海道開発局土木試験所月報第104号(1962年3月)
- 「PCげたの縦ひび割れとその防止」 林 正道
北海道開発局土木試験所月報第209号(1970年10月)