

地域の特性に応じた技術開発 ～積雪寒冷環境下の土木構造物～

独立行政法人 土木研究所
寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ
寒地構造チーム
構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ
上席研究員 西 弘明

平成22年8月24日

(独)土木研究所



研究対象の主な構造物とその劣化損傷の状況

道路構造物(橋梁)



床版の抜け落ち



地覆部のスケーリング



橋脚のスケーリング・ひび割れ
→急速な劣化進行



床版張出部のスケーリング



壁高欄の凍害・塩害
(外面は問題なし)



橋台のスケーリング

3

研究対象の主な構造物とその劣化損傷の状況

道路構造物(橋梁)



沓座部への凍結防止剤・
融雪水滞水



除雪作業に伴う伸縮装置の切削
傷や変形→本体へも衝撃作用



防護柵支柱の凍結膨張亀裂、
支柱基礎(地覆)のひびわれ



下路橋の着冰雪対策工
(格子フェンス)

道路構造物(その他)



固定式視線誘導柱(除雪作業
用の幅員を示す)の疲労損傷

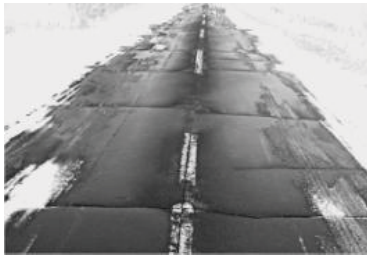


越波防止柵

4

研究対象の主な構造物とその劣化損傷の状況

道路構造物(舗装)



低温クラック



車道部の凍上



摩耗わだち掘れ



路床支持力の低下



歩道部の凍上

5

研究対象の主な構造物とその劣化損傷の状況

河川構造物(樋門)



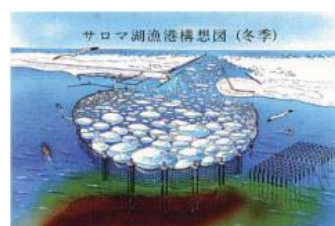
凍害劣化(スケーリング・剥落)



断面修復部の再劣化



凍害劣化(スケーリング)



サロマ湖流水アイスブーム
<http://www.ab.hkd.mlit.go.jp/kouwan/saroma/yakuwari.html>より

海岸(海洋)構造物



二重矢板式導流堤の海水作用と腐食による矢板の変形



アイスブーム支柱の凍結融解と海水作用による摩耗

6

研究対象の主な構造物とその劣化損傷の状況

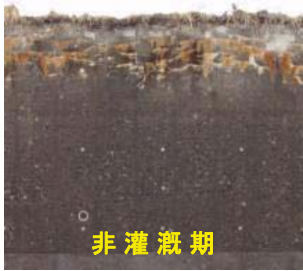
農業水利施設(開水路)



灌漑期

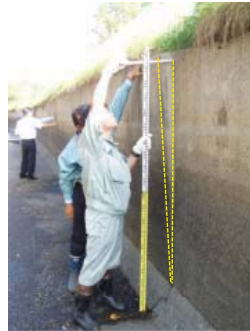


凍害による側壁天端のスケーリング



非灌漑期

凍害による水路側壁のひび割れ



水路背面地盤の凍上による側壁の傾倒

7

具体的な技術開発1

積雪寒冷地におけるRC床版の補修補強

RC床版の劣化損傷の現状

舗装面に何らかの変状がみられる箇所の床版上面を中心に現地調査

RC床版の劣化特性・劣化機構

既設橋からの切出し床版、模擬損傷床版を用いた疲労載荷試験

劣化損傷床版の補修補強法

模擬損傷床版を用いた疲労載荷試験

8

RC床版の劣化損傷の現状

■凍害劣化

- レベル1 : ほぼ健全
- レベル2 : 表面のスケーリング
- レベル3 : 床版上面の砂利化



9

RC床版の劣化損傷の現状

■凍害劣化

- レベル1 : ほぼ健全
- レベル2 : 表面のスケーリング
- レベル3 : 床版上面の砂利化



10

RC床版の劣化損傷の現状

■凍害劣化

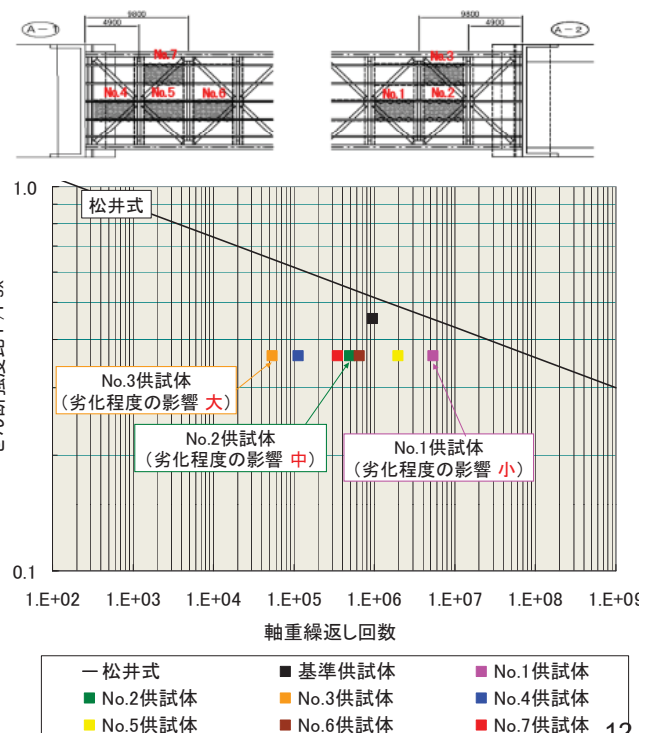
- レベル1 : ほぼ健全
- レベル2 : 表面のスケーリング
- レベル3 : 床版上面の砂利化



11

RC床版の劣化特性・劣化機構

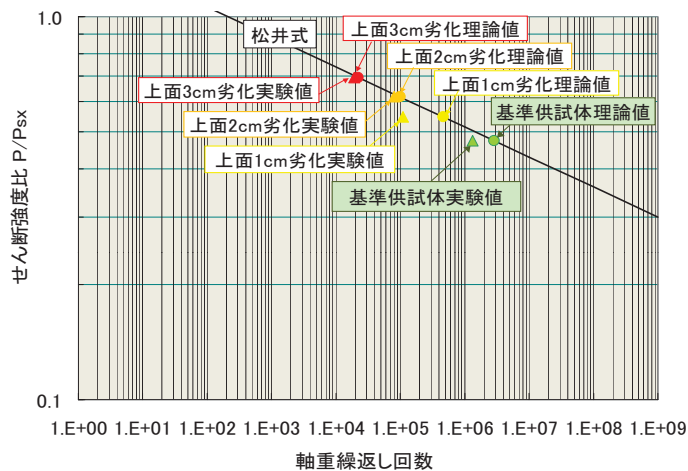
既設橋からの切出し床版を用いた疲労载荷試験



12

RC床版の劣化特性・劣化機構

模擬損傷床版を用いた疲労载荷試験

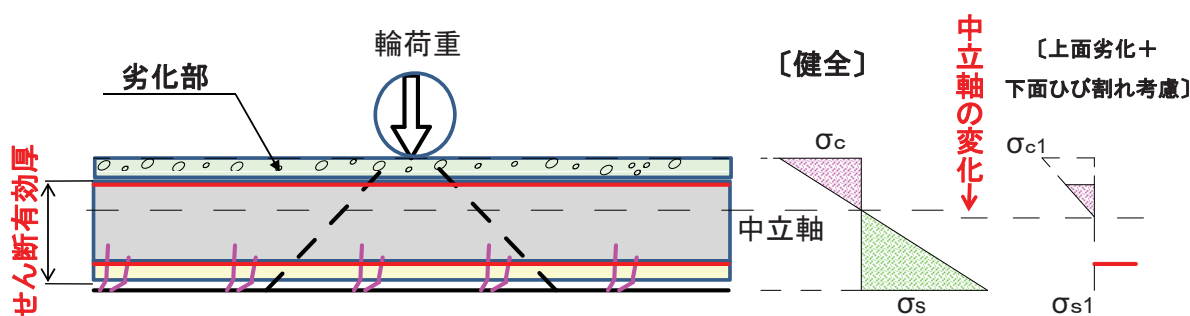


供試体(損傷深さ)	150kN換算等価繰返し回数(回)	基準供試体に対する比率
基準供試体	1,326,810	1.00
供試体C (1cm)	110,050	0.08
供試体B (2cm)	80,040	0.06
供試体A (3cm)	19,450	0.01

13

RC床版の劣化特性・劣化機構

- ✓ 床版上面の劣化(圧縮強度の低下), 下面のひび割れ
- ✓ RC床版の中立軸の変化
- ✓ 中立軸の変化による, 押抜きせん断耐力の低下
- ✓ 押抜きせん断耐力の低下による, 疲労寿命の低下



床版下面からの補強対策のみではなく、上面の補修および再劣化対策(床版防水・排水)が重要

14

劣化損傷床版の補修補強法

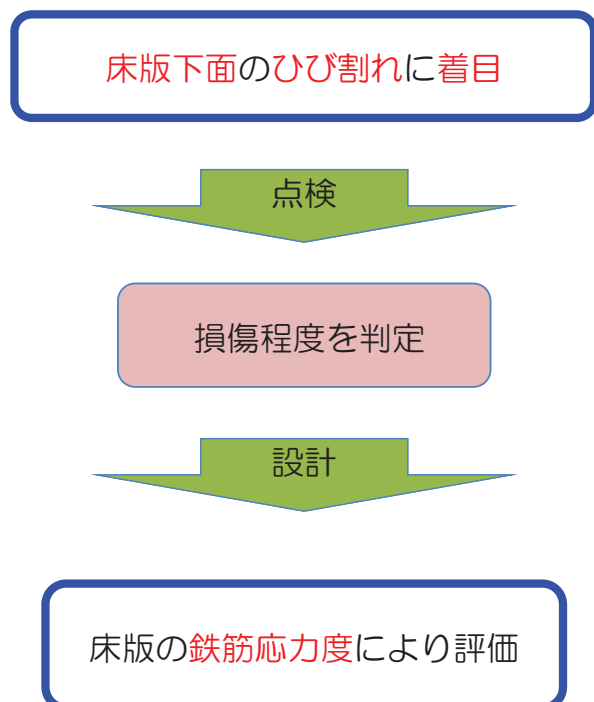
実橋における補修補強法の検討例



15

実橋における補修補強法の検討例

従来の点検法と設計法



区分	ひびわれ幅 に着目した程度	ひびわれ間隔 に着目した程度
a	〔ひびわれ間隔と性状〕 ひびわれは主として1方向のみで、最小ひびわれ間隔が概ね1.0m以上 〔ひびわれ幅〕 最大ひびわれ幅が0.05mm以下(ヘアークラック程度)	
b	〔ひびわれ間隔と性状〕 1.0m~0.5m、1方向が主で直交方向は従、かつ格子状でない 〔ひびわれ幅〕 0.1mm以下が主であるが、一部に0.1mm以上も存在する	
c	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m程度、格子状直前のも 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以下が主であるが、一部に0.2mm以上も存在する	
d	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.5m~0.2m、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上が目立ち部分的な角落ちもみられる	
e	〔ひびわれ間隔と性状〕 0.2m以下、格子状に発生 〔ひびわれ幅〕 0.2mm以上がかなり目立ち連続的な角落ちが生じている	

H16.3月橋梁定期点検要領(案) p.18抜粋

従来の対策工

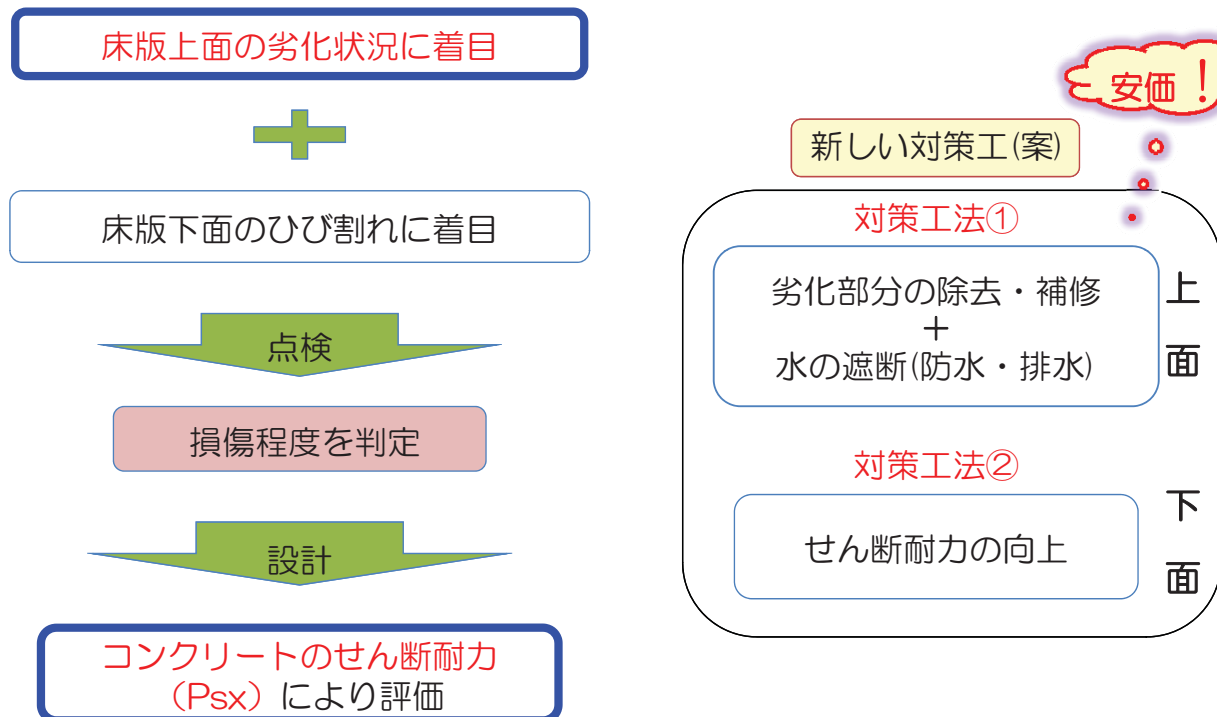
高価！

- ・床版コンクリートの全面打換工
- ・合成床版化工法
- ・下面鋼板接着工法
- ・下面繊維補強工（複層貼り）

16

実橋における補修補強法の検討例

新しい点検法と設計手法(案)



17

対策工法①床版上面の処理・断面修復方法の検討

床版上面の処理(切削)



床版上面の断面補修

上面補修に適した材料・工法の選定

- ・高性能セラミック素材
- ・エポキシ樹脂系モルタル
- ・アクリル樹脂系モルタル…



18

対策工法①床版防水工

②下面補強法の検討

床版防水工(例:複合防水)



浸透系防水材

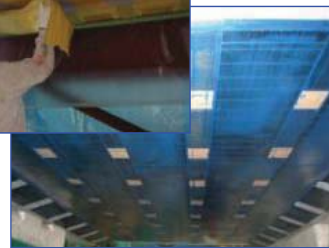


塗膜系防水

床版下面の補強(例:繊維補強)

冬期施工性等も考慮した下面補強に適した材料・工法の選定

- ・アラミド繊維シート補強
- ・CFRPストランドシート補強
- ・CFRPプレート補強 …



19

具体的な技術開発2

ゴム支承の低温時性能評価

ゴム支承の耐震設計用の最低温度

実橋梁のゴム支承温度は？設計(照査)用の最低温度？
現地計測等

ゴム支承の低温時性能

支承タイプ毎の特性値の温度依存性？
低温下における性能確認試験

橋梁耐震性能への影響

ゴム支承の温度依存性が耐震性能へ与える影響？
実橋を想定した試設計

実橋梁の桁下におけるゴム支承の温度計測

計測概要

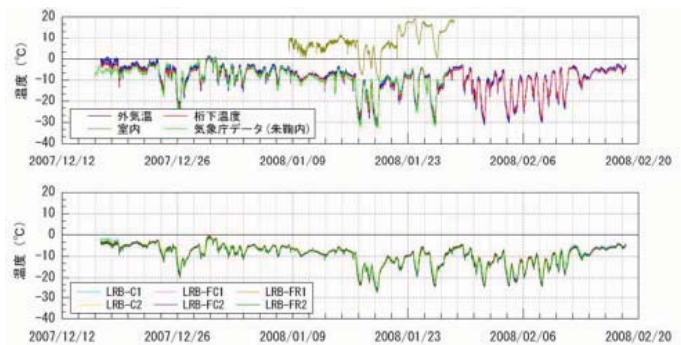
- 計測対象
外気温特性、桁下環境等から6橋梁を選定
- 設置ゴム支承
RB,LRB,HDR-S
- 計測期間
H18,H19年度の冬期



計測状況



21



計測結果の一例

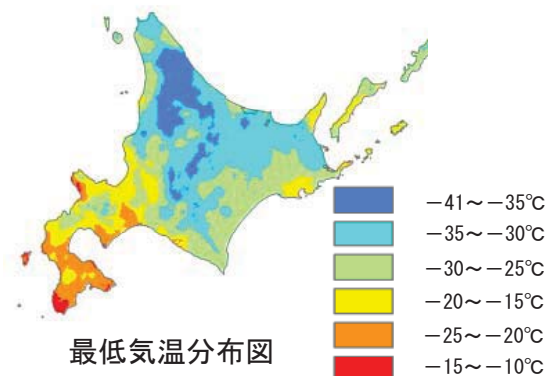
21

外気温度帯別の支承最低温度の設定

- ✓ 計測結果より、風や日射等の影響も分析し、**外気温と支承部位毎の最低温度の関係式**を設定

$$(\text{最低支承温度}) = \alpha \cdot (\text{最低外気温}) + \beta$$

- ✓ 6地点の外気温推定値・計測値とアメダス174地点の既往気温観測値をもとに、空間補完により**最低気温分布図**を作成



外気温度帯別の支承最低温度

外気温(°C)	LRB	HDR	RB
-41 ~ -35	-30	-30	-30
-35 ~ -30	-25	-25	-25
-30 ~ -25	-20	-25	-25
-25 ~ -20	-20	-20	-20
-20 ~ -15	-15	-15	-15
-15 ~ -10	-10	-15	-15

ゴム支承の耐震設計用の最低温度の代表値を、外気温度帯別に設定

22

ゴム支承の低温時性能確認試験

試験概要

ゴム支承供試体

タイプ：RB,LRB,HDR-S

ゴム種類：G10及びG12

寸法：240×240×89.5mm

試験方法

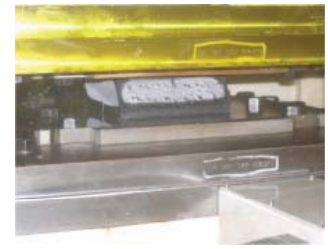
水平加振：sin波($f=0.5\text{Hz}$)

せん断ひずみ：±175%

面圧：6.0N/mm²

試験ケース

支承タイプ	ゴム種類	試験温度(°C)
RB	G10	-30,-20,-10,+23,+40
	G12	-30,-20,-10,+23,+40
LRB	G10	-30,-20,-10,+23,+40
	G12	-30,-20,-10,+23,+40
HDR-S	G10	-30,-20,-10,+23,+40
	G12	-30,-20,-10,+23,+40



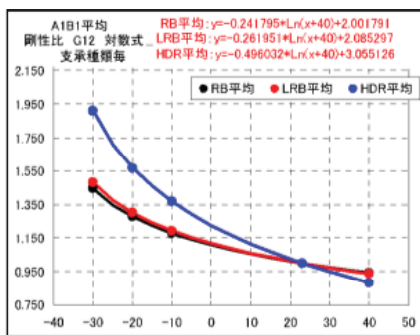
載荷試験状況

23

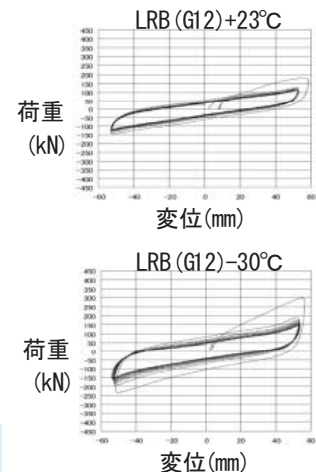
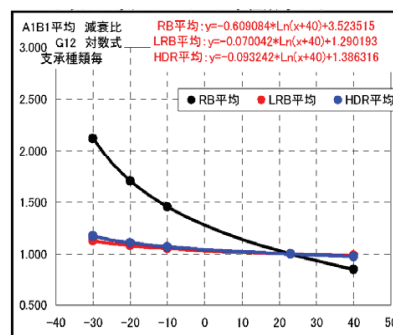
23

等価剛性及び減衰定数の温度依存性

等価剛性



等価減衰定数



- 等価剛性は大きく増加(-30°Cで1.5倍以上)
- RBとLRBは同様の増加率
- HDR-Sは増加率が特に大
- LRBとHDR-Sは微増(-30°Cで1.2倍程度)
- RBは増加率が大き(-30°Cで2.1倍)

ゴム支承温度特性式の提案

$$y = -a \times \ln(x+40) + b$$

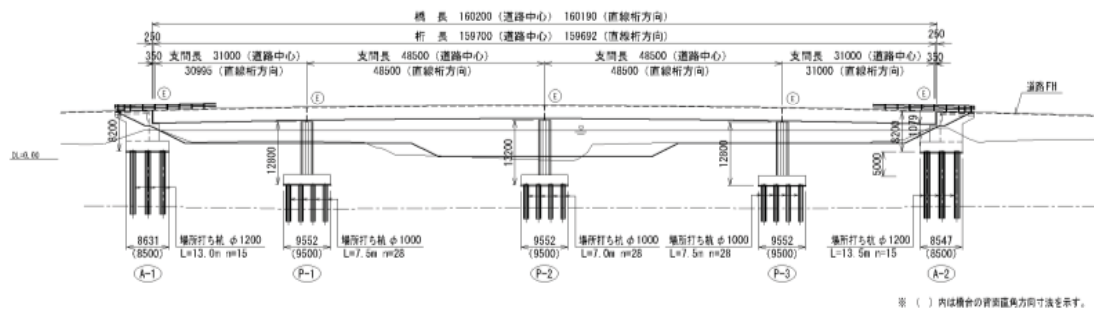
ここで、 y : 特性値(等価剛性比・等価減衰定数比等), x : 温度

24

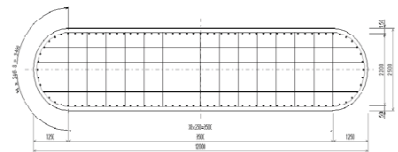
ゴム支承の低温時性能が耐震性能に与える影響

4径間連続鋼板桁橋の動的応答解析(タイプII地震動)

側面図



- (1) 上部工
 - ・支間長: 31.0m+48.5m+48.5m+31.0m
 - ・総幅員: 12.0m
- (2) 支承条件
 - ・支持条件: 橋軸方向一分散 橋軸直角方向一固定
- (3) 下部工
 - ・下部工形式: 橋台一逆T式橋台 2基
 - ・橋脚一壁式橋脚 3基
 - ・基礎形式: 杭基礎(場所打ち杭)

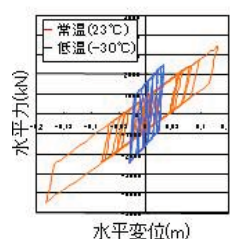
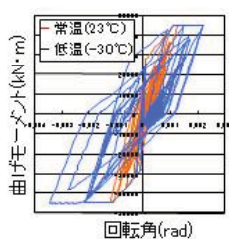


橋脚配筋図

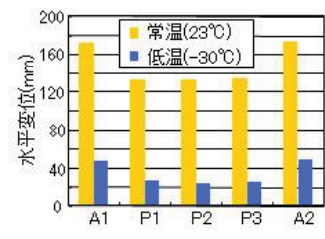
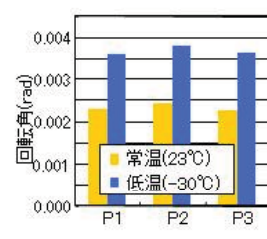
25

ゴム支承の低温時性能が耐震性能に与える影響

解析結果の一例



履歴ループの比較 (LRB)



最大応答値の比較 (LRB)

低温時には常温時に比して、
 ・変位量及び履歴ループの面積が小
 ・履歴吸収エネルギーによる減衰の減少により、塑性ヒンジ部の応答回転角が増大

低温時は常温時に比して、
 ・橋脚の応答回転角: 増大
 ・支承の応答: 減少

寒冷地域では、免震ゴム支承の温度特性が橋梁の耐震性能に影響を与えることから、これを適切に評価し設計(照査)することが必要

26