

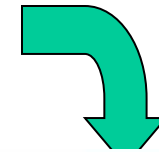
Schaffhausen Bridge, Switzerland



橋桁表層部および橋脚にステンレス鉄筋を使用

- ・ 橋桁表層 : SUS304/12φ、約11ト
- ・ 橋脚 (底部7.6m)
: SUS329J3L相当/10φ&12φ、約3ト

普通鉄筋の表面積がステンレス鉄筋に比べ大きい
ため異種金属腐食等の配慮は実施していない。



LCC解析結果

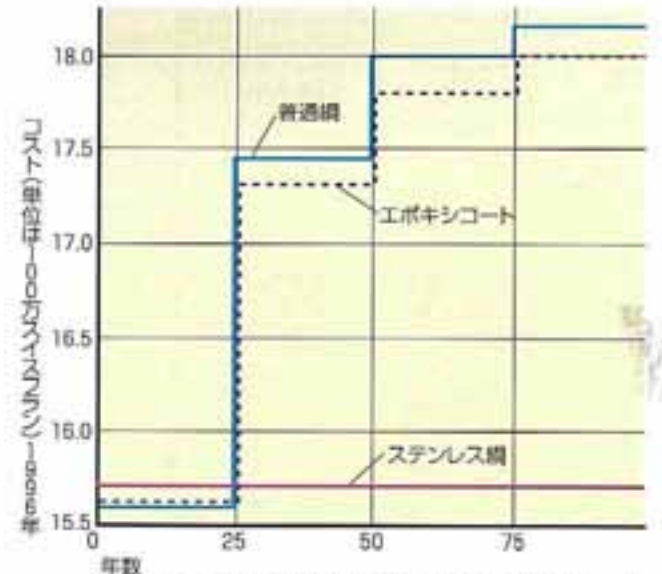


図10 シャッフハウゼン橋(スイス)のケース

[EURO INOX] 1997

条件の厳しい部位への選択的な適用で
初期コストを低減すれば、LCCメリット
は十分発揮される。



クロム系ステンレス鉄筋

5-5 ステンレス鉄筋の使用実績(LCC評価例)

欧米では鉄筋コンクリート構造物の塩害が社会問題



カナダ道路橋



イギリス橋脚



イギリス駐車場



高耐久化対策として欧米で**ステンレス鉄筋の適用**が進んでいる。



沿岸橋梁
(香港ストーンカッター橋/工事中)



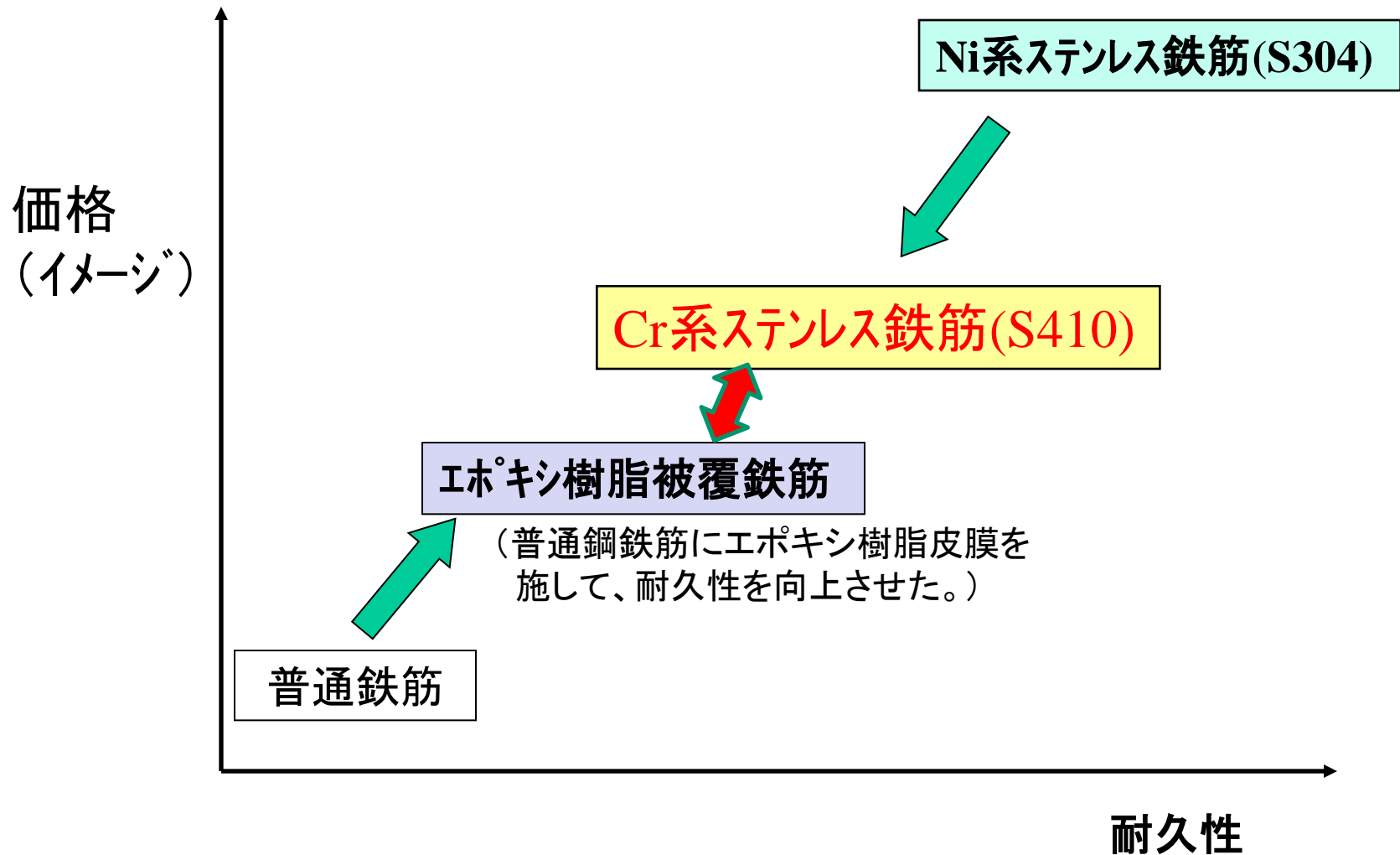
道路床版
(融雪塩による塩害対策)

国内の潜在需要量:**3万トン/年**と予測 (ステンレス協会推定) → **実際は1百トン/年**レベル



クロム系ステンレス鉄筋

5-6 鉄筋腐食による鉄筋コンクリート構造物の損傷
(海外での事例、ISSF資料より)



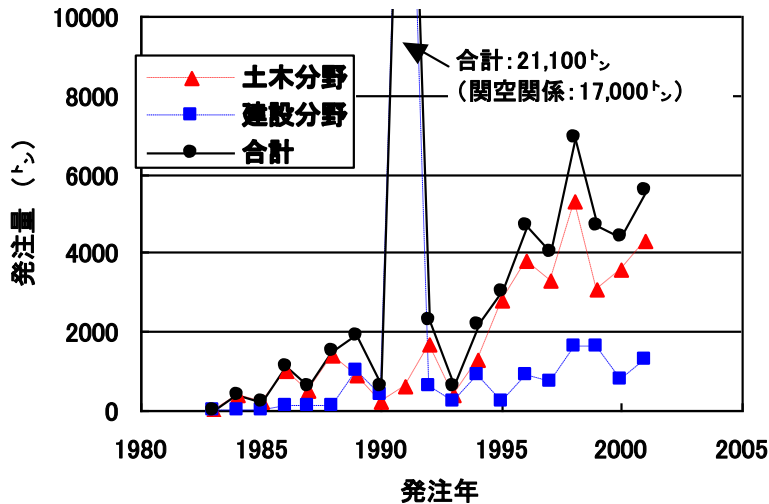


図1. エポキシ樹脂被覆鉄筋の発注量

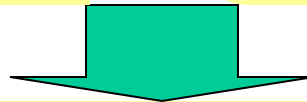
表1. 鉄筋の市中価格レベルと需要

	価格レベル	需要規模	耐久性	施工性
SUS304	8	200T/Y	◎	○
NSSD410-295	4		◎	○
エポキシ鉄筋	2~2.5	~1万T/Y	○	△
普通鋼鉄筋	1	1000万トン/Y	×	◎

ステンレス鉄筋が普及しない理由

- エポキシ鉄筋に対してSUS鉄筋は高価
- エポキシ鉄筋の欠点が、海外ほど表面化していない。
- SUS鉄筋の規格、施工指針が未整備

日本国内も高耐久鉄筋の潜在ニーズは増加



H16スタート

- ・ステンレス鉄筋のJIS規格化 → H20.3.21制定
- ・ステンレス鉄筋の設計施工指針 → H20.9.4発刊(土木学会)
- ・ステンレス鉄筋による建築用超高耐久RC造の開発 → 200年住宅のモデル事業(国土交通省先導的技術開発助成事業)



クロム系ステンレス鉄筋

5-8 エポキシ樹脂皮膜鉄筋の推移

① 工事現場で塗膜品質を維持することの難しさ

- ・耐久性を確保するためには塗膜品質の確保が重要であるため、**塗装メーカーが限られ**塗装のための**運搬、工程管理が大変**。
- ・工事現場への搬入、施工時に**塗膜損傷させないように管理することの難しさ**。現地補修用塗料は用意されているが**実際の工事現場での補修塗装は困難**。

② 塗膜保護のための様々な制限

- ・現地での**曲げ加工ができない**。基本的には曲げ加工後にメーカー送付し塗装。
- ・**切断、溶接継手部**では各種処理、補修塗装が必要。
- ・付着強度が低いため、**定着長さを長くしなければならない**。
- ・塗膜保護のため、振動機使用の制限、打設高さの制限等がある。

③ 耐久性が不明確

- ・エポキシ塗膜自体の長期耐久性が不明な上、品質等に大きく影響されるため、実構造物での耐久性向上効果を予想しにくい。北米では**早期段階での鉄筋腐食不具合が報告されており、一部では使用を禁止している道路局**も出ている。

JIS

鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼

JIS G 4322 : 2008

平成 20 年 3 月 20 日 制定

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

著作権法により無断での複製、転載等は禁止されています。

平成20年3月に制定されたJIS規格「鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼」には3種類のステンレス鋼が鉄筋として規格化されている。

表. ステンレス鉄筋のJIS規格概要

番号	JIS G 4322		
規格名称	鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼		
種類	SUS304-SD	SUS316-SD	SUS410-SD
化学成分	SUS304 もしくは SUS304N2	SUS316 もしくは SUS316N	SUS410L もしくは SUS410
強度区分	295A、295B、345、390		
サイズ	D10~D51		



クロム系ステンレス鉄筋

5-10 ステンレス鉄筋のJIS規格

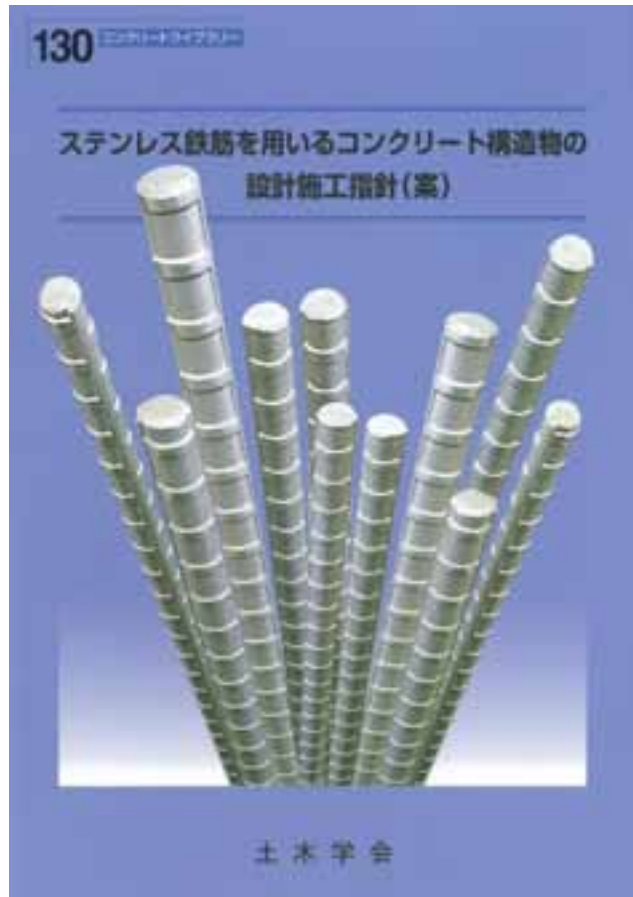
・「ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針(案)」が土木学会から平成20年9月に発刊。

・国土交通省からの助成を受けて「ステンレス鋼鉄筋による建築用超高耐久RC造の開発」を平成17～19年度に実施。

NSSD 410 (SUS410-SD)はいずれの指針、利用技術を活用することができる。

表. ステンレス鉄筋の利用技術および基準類の整備状況

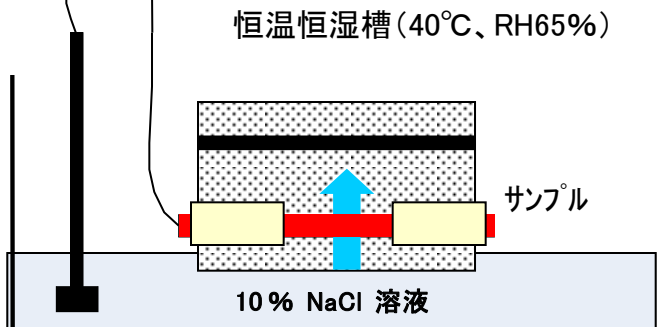
	土木分野	建築分野
名称	「ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針(案)」	「ステンレス鋼鉄筋による建築用超高耐久RC造の開発」
中心機関	土木学会	ステンレス構造建築協会
活動期間	平成20年9月4日発刊	平成17～19年度
鉄筋種類	SUS304,316,410	SUS304,410(L)
内容	ステンレス鉄筋に関する各種試験データを採取し、設計施工指針案を作成。コンクリート標準示方書を補完する形で別冊整理し、上記学会から発刊。	国土交通省・先導的技術開発助成事業として建築物に適用する際に必要な各種基礎データを採取、報告書として整理。



電気化学測定装置

コンクリート中鉄筋促進腐食試験

(港湾空港技術研究所方式)

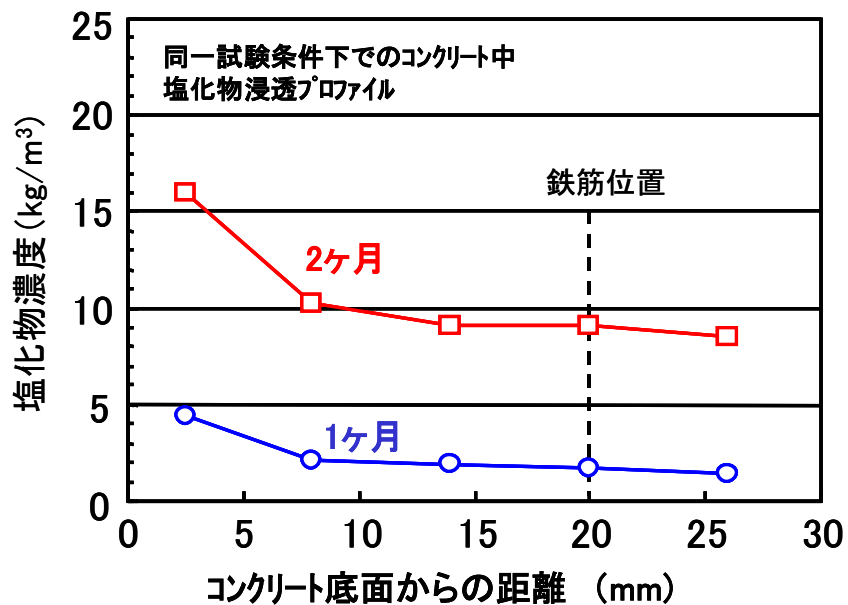


試験装置外観

ステンレス協会「ステンレス鉄筋JIS化および設計施工指針案の作成」活動内で各種ステンレス鉄筋の腐食発生限界塩分濃度を同試験方法で測定中

普通鉄筋は1ヶ月時点で腐食発生しているが、NSSD410-295は2ヶ月経過後も腐食発生していない。

→限界塩分濃度/推定 : 9kg/m³以上



クロム系ステンレス鉄筋

5-12 NSSD410-295の耐久性

鉄筋の種類と錆び難さ(耐久性)

鉄筋の種類	特徴	コンクリート中で錆びが発生する塩分濃度 (kg/m ³)
普通鋼鉄筋		1.2
エポキシ樹脂 塗装鉄筋	エポキシ樹脂で 錆びを防止	2.0～7.6★
ステンス 鉄筋	SUS410-SD (クロム系ステンレス鋼)	12%Cr 9.0
	SUS304-SD	18%Cr-8%Ni 15.0
	SUS316-SD	16%Cr-8%Ni-2%Mo 24.0

★実態調査からの推定値



クロム系ステンレス鉄筋

5-13 ステンレス鉄筋の耐久性

限界塩化物濃度からの鉄筋腐食発生時期の推定

$$C = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1}{2\sqrt{t}} \left(\frac{x}{\sqrt{D}} + \frac{x_{ep}}{\sqrt{D_{ep}}} \right) \right) \right)$$

C: 塩化物イオン濃度 (kg/m³)

C₀: 表面塩化物イオン濃度 (kg/m³)

D: コンクリート中での塩化物イオンの拡散係数 (cm²/年)

Dep: エポキシ塗膜中の塩化物イオンの拡散係数 (cm²/年)

t: 経過時間 (年)

x: かぶり厚さ (mm)

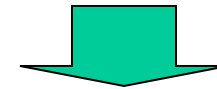
x_{ep}: エポキシ塗膜厚さ (mm)

erf(s): 誤差関数

C₀=13 kg/mm³ (海洋飛沫帯)

Dep=0.570 cm²/年

X=80mm (かぶり厚)



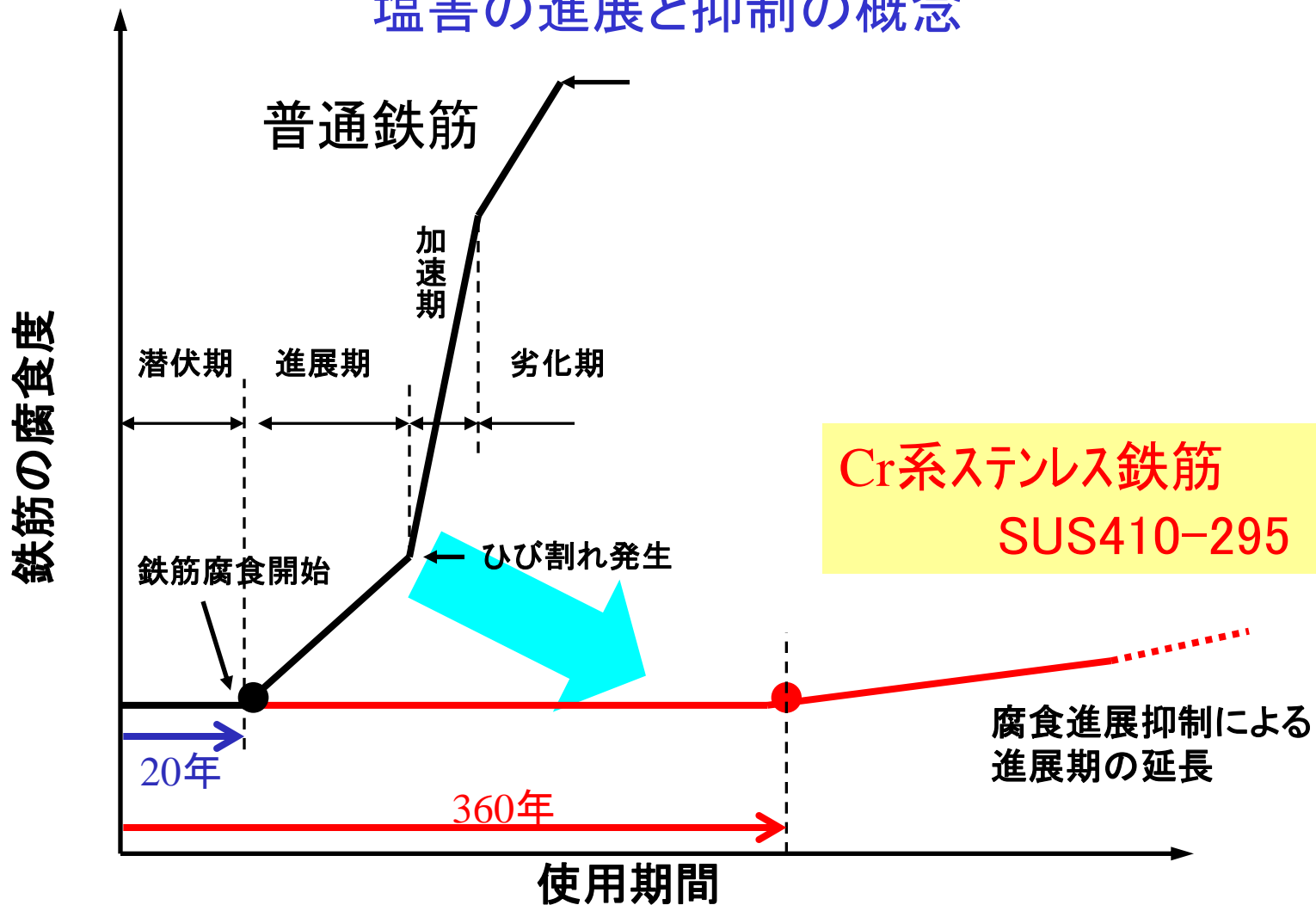
限界塩分濃度	腐食発生期間
1.2kg/m ³	約20年
4.0kg/m ³	約54年
6.0kg/m ³	約100年
9.0kg/m ³	約360年



普通鋼

Cr系ステンレス鋼: S410

塩害の進展と抑制の概念



クロム系ステンレス鉄筋

5-15 鉄筋腐食抑制による塩害対策

塩分を含むコンクリート中での鉄筋の錆びの状況

(新潟港にて18年間試験)

普通鋼鉄筋

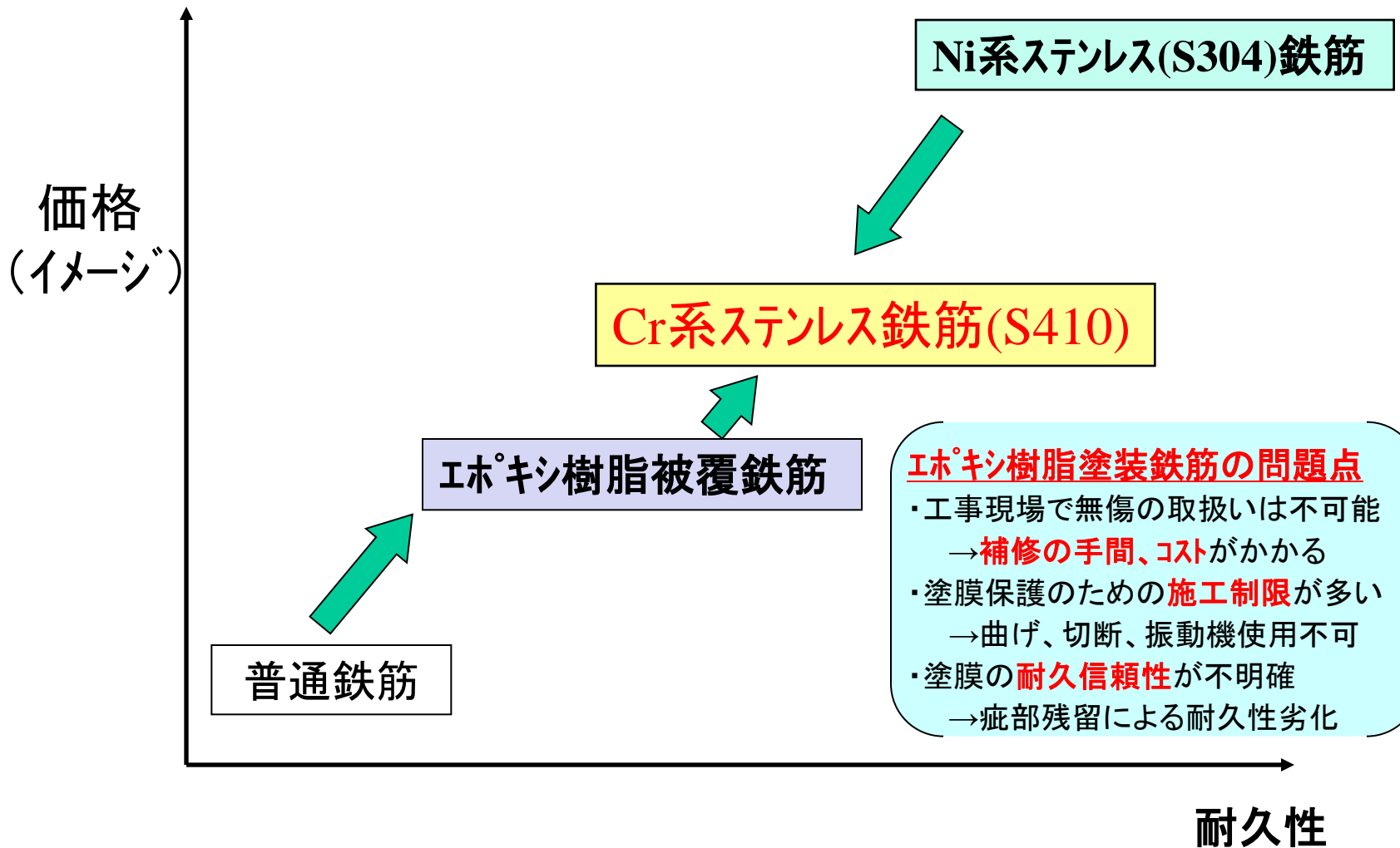


SUS410-SD (クロム系ステンレス鉄筋)

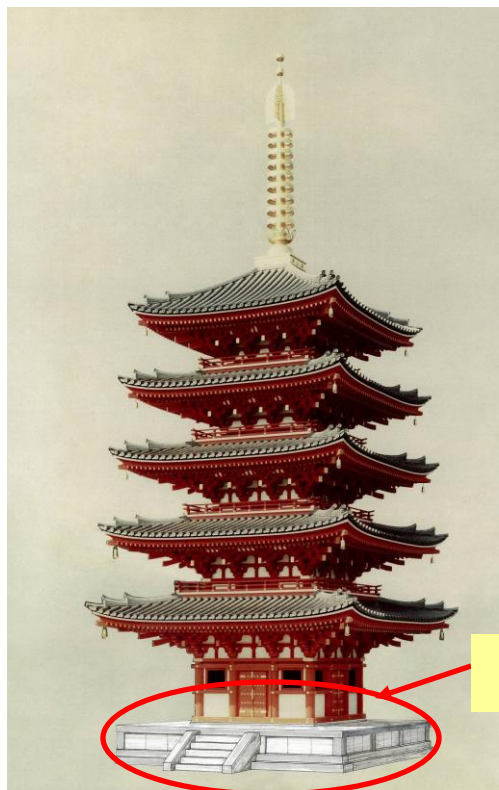


錆びの発生なし

コンクリート中塩分濃度：約2.6 kg/m³ (試験後)



特殊建築物（神社仏閣）



東長寺五重塔 基礎・杭
(松井建設技術部)

H20. 4着工、H23. 4完成

海岸構造物（栈橋、橋梁等）



410鉄筋使用/約2トン

岸壁係留ドルフィン
(NSC鋼管工場)

410鉄筋使用
(約3トン)



クロム系ステンレス鉄筋

5-18 施工実績（建築基礎、海岸構造物）



GRC（ガラス繊維補強コンクリート）パネル

ガラス繊維保護のため低アルカリ性として
いるため補強用鉄筋・金具にはエポキシ
鉄筋、ステンレス鋼(SUS304)を使用。

→エポキシ鉄筋は切断・曲げ部の補修
塗装が必要で、信頼性にも乏しいため
NSSD410鉄筋を採用。



補強鉄筋：D10、約60トン
インサート金物：D25、約4トン



**大手町再開発事業C1区（新経団連ビル）
のGRC外装パネルに410異形鉄筋を適用**

パネル販売：旭ビルウォール、施工：清水建設

パネル製造：H19.10～，取付け：H20.2～，竣工：H21.3



クロム系ステンレス鉄筋

5-19

施工実績（建築外装用GRCパネル）

国道8号の塩害道路橋 (国土交通省 北陸地方整備局 高田河川国道事務所管内)



橋桁に多数のひび割れ
→ 塗装補修するも損傷止まらず(管理限界)



コム系ステンレス鉄筋

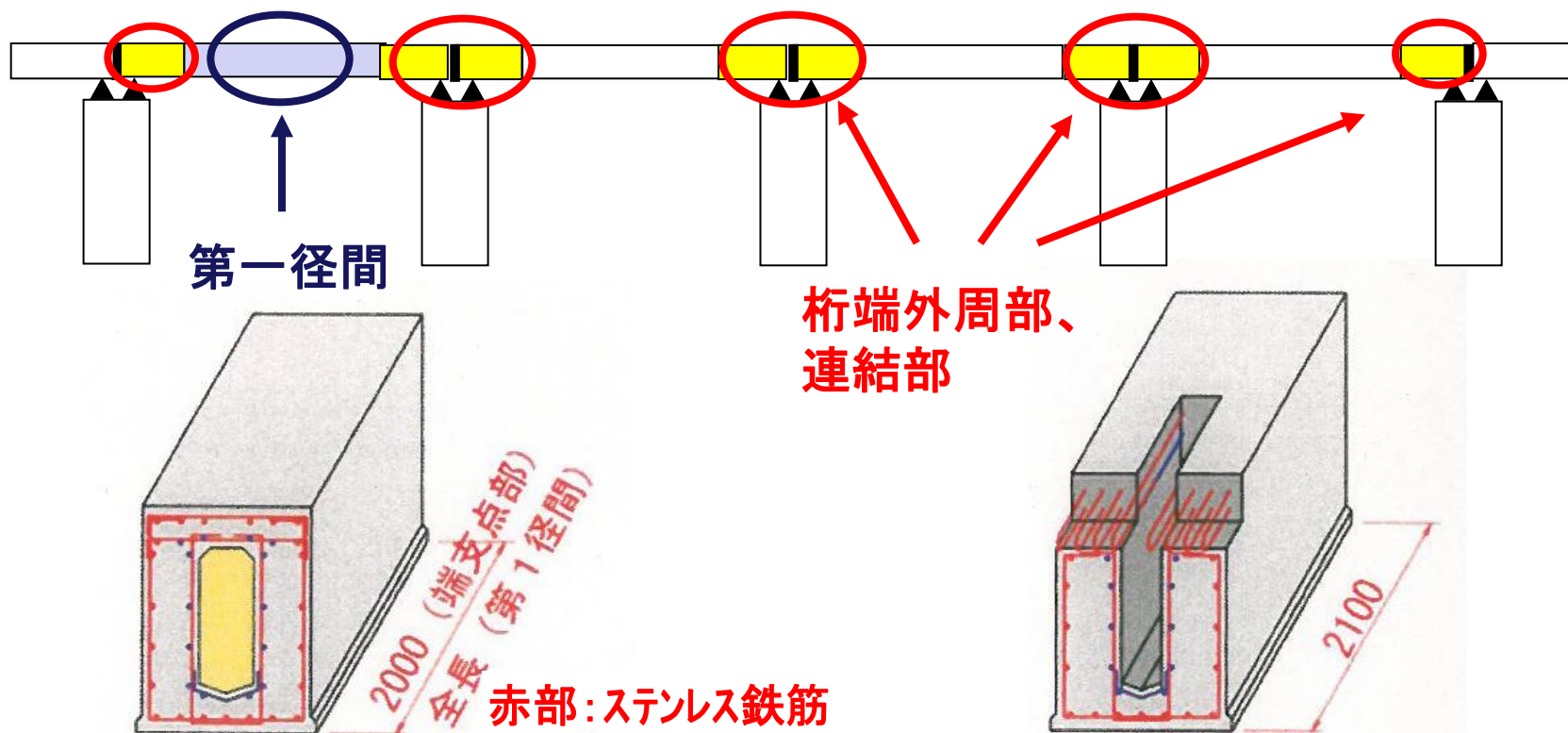
5-20 国道8号能生大橋の塩害損傷(架替前)

<ステンレス鉄筋採用の考え方>

塩害の厳しい箇所 → 第一径間

維持管理・点検の困難な箇所 → 橋脚上の桁端外周部、連結部

に信頼性の高いステンレス鉄筋を使用し、橋全体の耐久性を向上。



【現地工事】



発注者：国土交通省 北陸地方整備局
(高田河川国道事務所)

受注者：三井住友建設株式会社

着工：平成23年11月

竣工：平成25年2月

(ステンレス鉄筋適用概要)

適用部位：桁端外周部、連結部、第一径間

種類：JIS G 4322, SUS410-SD

使用量：約60トン

【橋桁製作】



ステンレス鉄筋

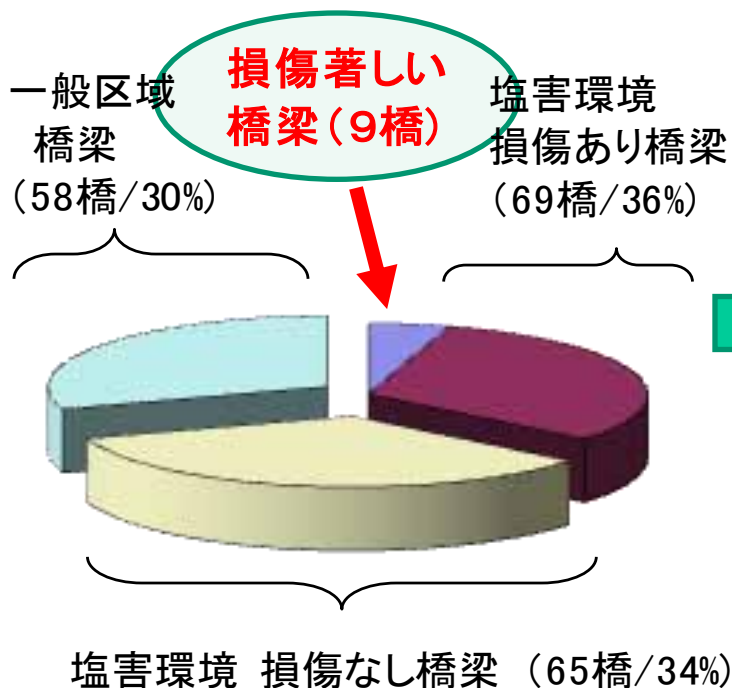


コム系ステンレス鉄筋

5-22 国道8号能生大橋 (架替工事状況)

塩害を受けた橋梁の架替計画

(北陸地方整備局 高田河川国道事務所内)



平成24年度 橋梁架替事業 (調査・設計)



塩害の厳しい地域(日本海沿岸、沖縄等)の橋梁工事で
ステンレス鉄筋の利用は進むと予想



ｸﾛﾑ系ステンｽ鉄筋

5-23 今後の展開 (橋梁)

～ステンレス鉄筋の適用対象～

<土木分野>

- ・**沿岸橋梁** : 上部工(橋桁、高欄)、下部工(橋脚)
- ・**港湾構造物** : 護岸、棧橋・バース
- ・**水処理設備** : 上下水処理設備

<建築分野>

- ・**特殊建築物** : 神社仏閣(基礎)
- ・**プレキャスト建材** : 外壁材、構造壁

ステンレス鉄筋の優れた**耐久性、信頼性、施工し易さ**

→ **高耐久化が求められるコンクリート構造物への利用拡大**

<エポキシ樹脂塗装鉄筋の市場 : **年間約2万トン**>

