

関東大震災と日本の鋼橋床版

木橋、木床版の時代から RC, PCa へ

2026 4. 22

NPO法人 道路の安全性向上協議会

理事 大田 孝二

ohtaki5138@gmail.com

ちょっと確認させてください

今から橋梁床版の話しをします。ちょっと確認です。

1970～80年頃、橋の床版損傷が頻発しました。

①この事実はご存じでしょうか？

②また、床版損傷は多くの鋼橋には起こりましたが、
PC橋（ポステン橋）には起こりませんでした。

この事実はご存じでしょうか？

③その理由はご存じでしょうか？

関東大震災(1923)から100年

(2年前 2023 9.01)

NHKの特集では火事による被災の報告

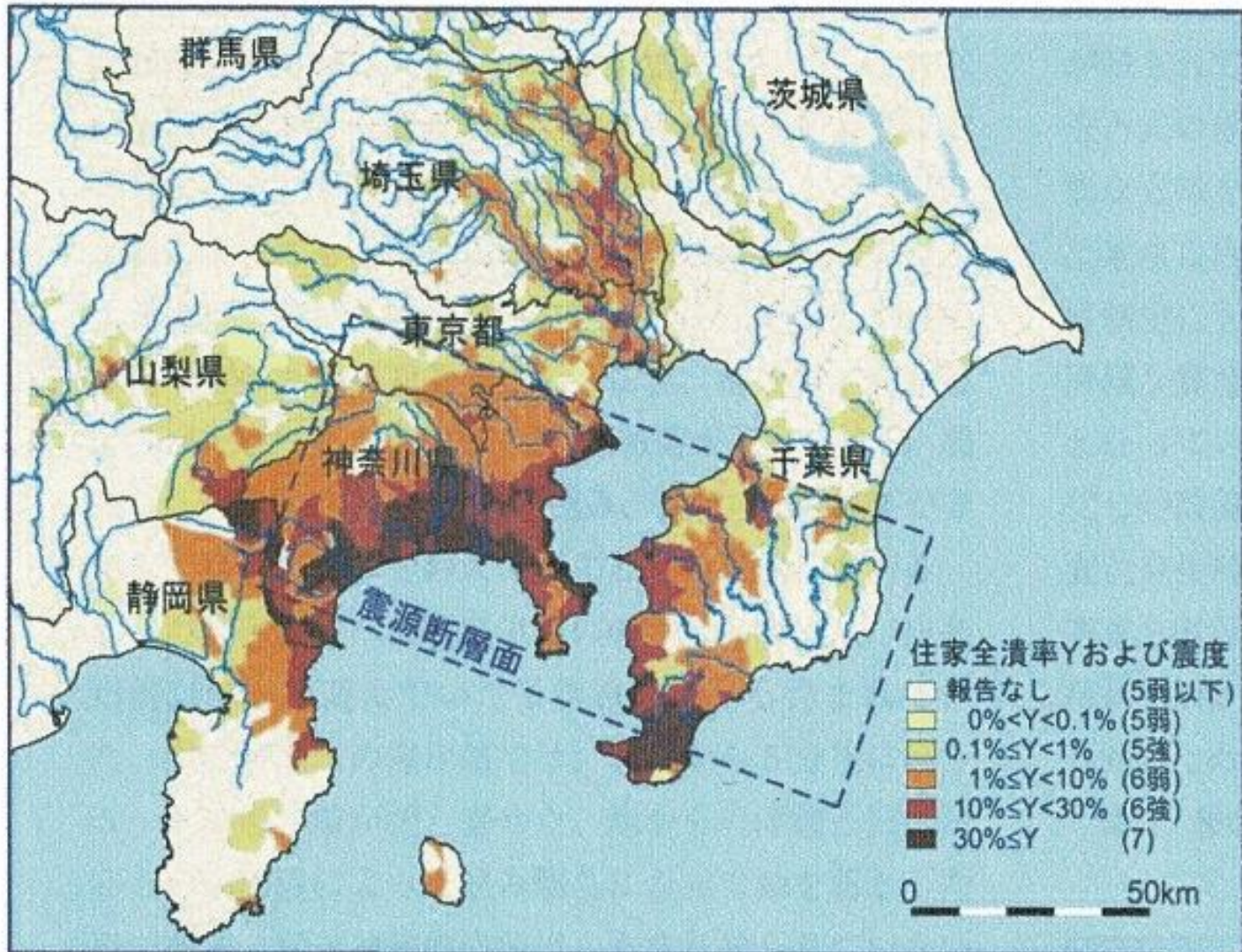
1. 関東大震災(1923年)の橋梁、 床版の被害は？

文献;土木学会編,大正12年関東大地震震害調査報告書
広井 勇 委員長 (第1~3巻),土木学会発行

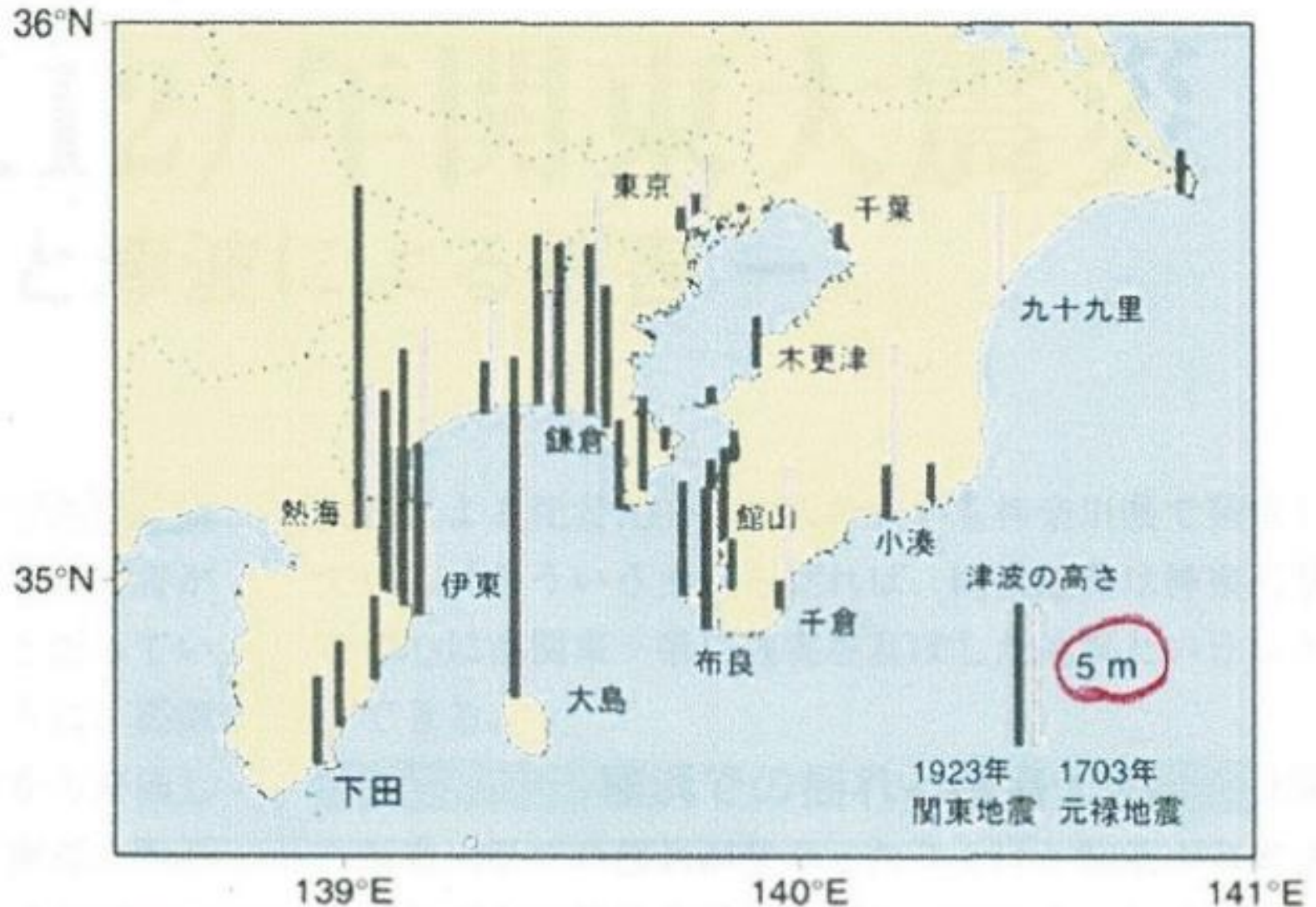
関東大震災の震度分布

(火事は東京で有名、震度は湘南地方でmax ?)

(資料: 広報ぼうさいNo.39、<http://www.bousai.go.jp>)



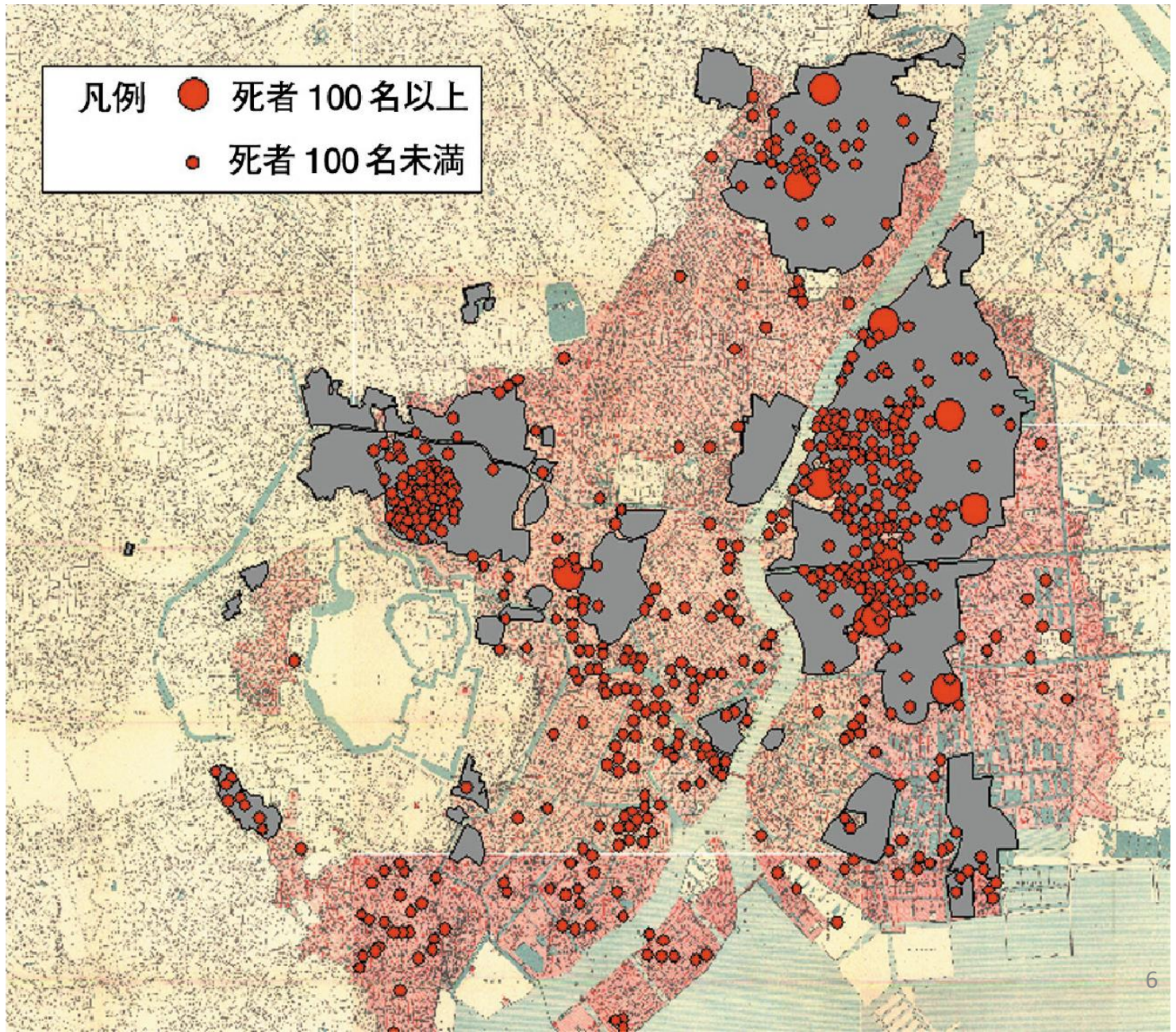
津波の高さ(10m超えも)



■ 関東大震災（1923）と元禄地震（1703）時の津波の高さ

出典：羽鳥徳太郎・相田勇・梶浦欣二郎「南関東周辺における地震津波」
(1973, 東京大学地震研究所編「関東大地震50周年論文集」)

墨田川周辺の火事



関東大震災の木橋地震被害例—1

(横浜市、久良岐橋) 下部も木造構造



文献;土木学会編,大正12年関東大地震震害
調査報告書

(第1~3巻),土木学会発行

関東大震災の地震被害例一2

(横浜市扇橋、横浜市扇田橋)
構造の接続部の強度不足？

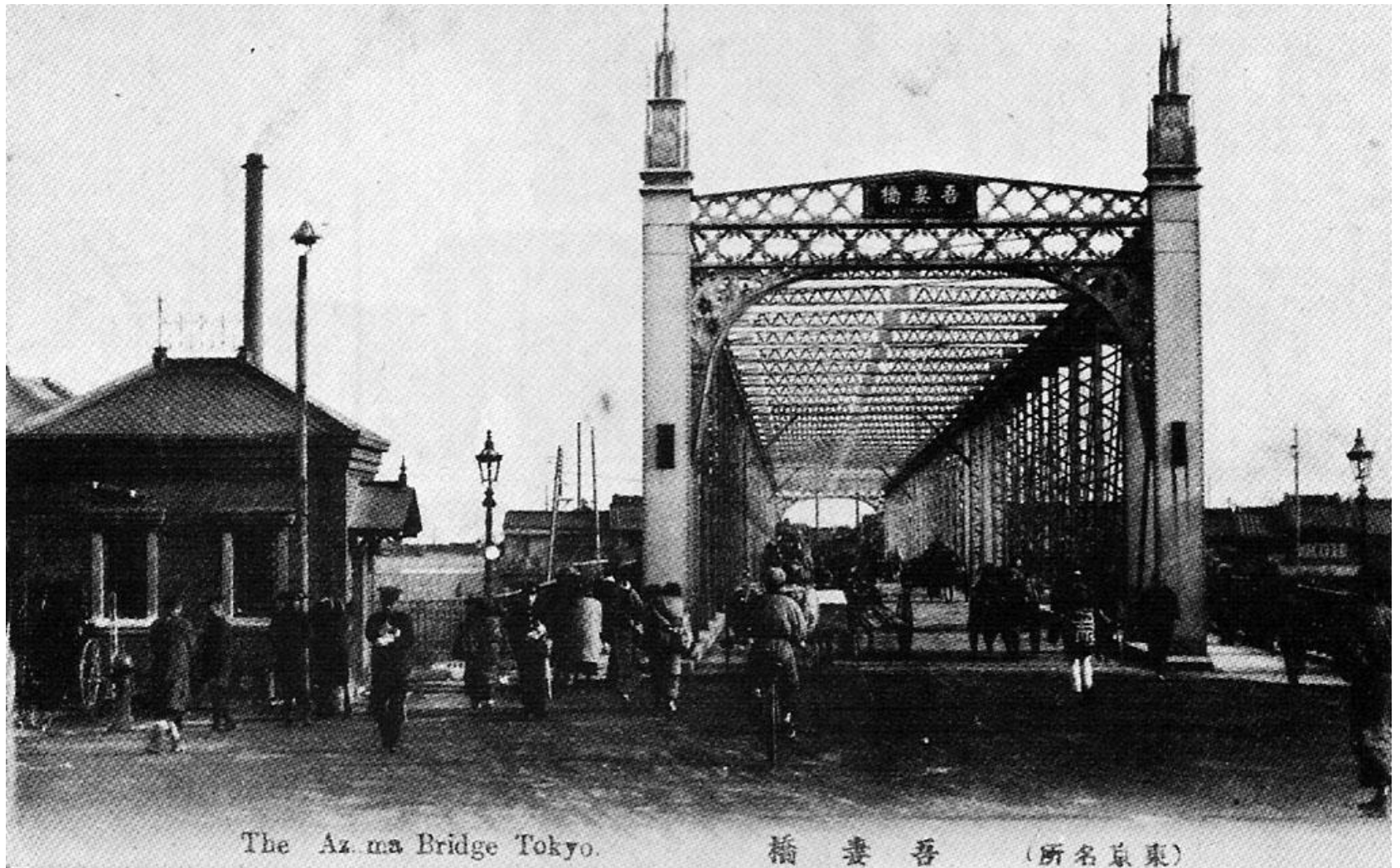


文献;土木学会編,大正12年関東大地震震害
調査報告書

(第1~3巻),土木学会発行

墨田川には5橋、錬鉄や鋼鉄の橋 吾妻橋(1887年竣工、最初の鉄橋)

文献: インターネットによる



永代橋（初代、1897年竣工）

文献：インターネットによる



新大橋(1912竣工)(明治村に1spanを保存)

文献:インターネットによる

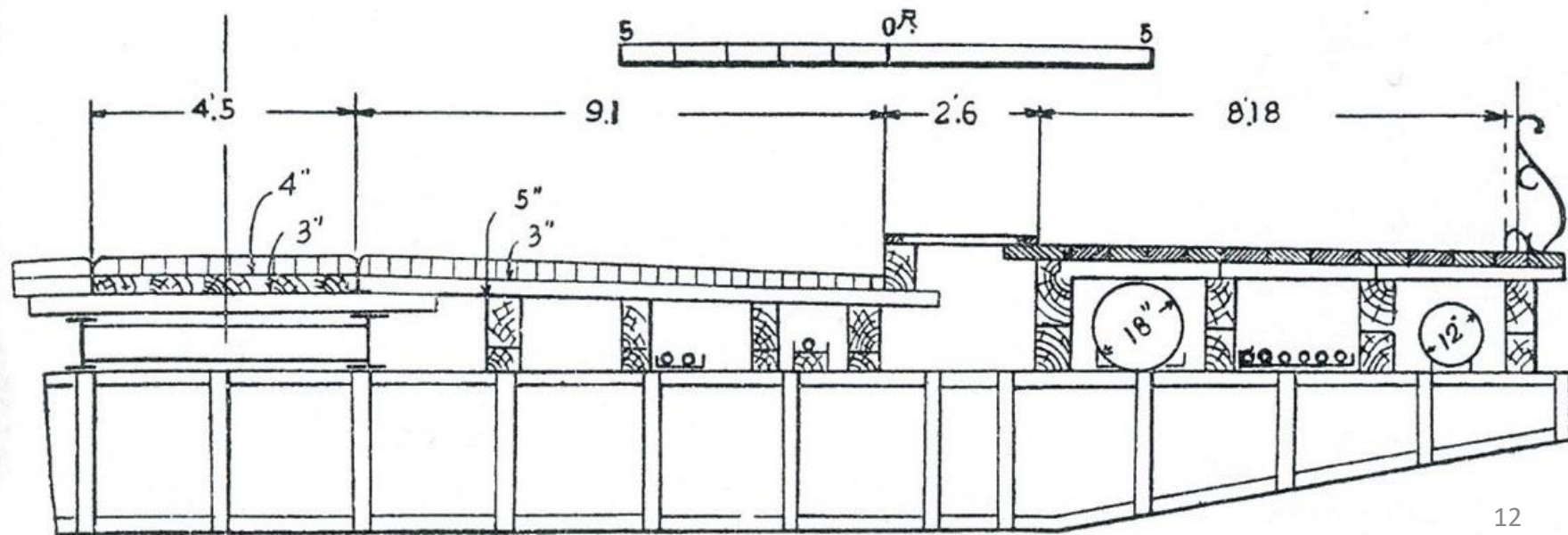


永代橋1897の橋床断面図

(吾妻橋、 厩橋も同様木製)

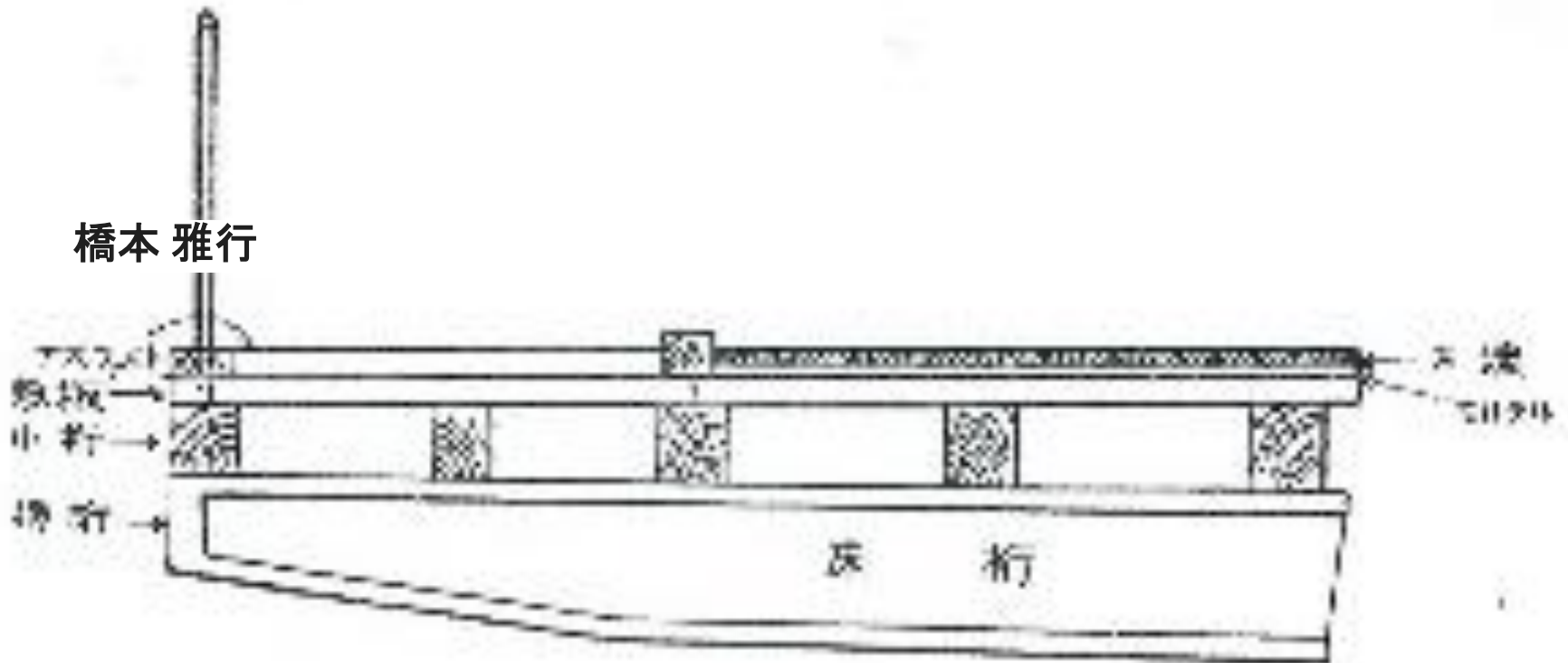
文献： 土木学会(広井勇委員長)編、
大正12年関東大震災報告、第3巻 橋梁・建築物他

(橋 梁) 附圖第三十三 (其一) 東京市 永代橋橋床断面圖



お茶の水橋(神田川1891)の橋床

(其三) 東京市 御茶ノ水橋橋床断面図



木造床版は燃える！

隅田川には1923年当時、5橋(永代橋、新大橋、両国橋、厩橋、吾妻橋)が架かり、吾妻、永代、厩の3橋は火災で致命的な損傷を受けたということです。

- 木造船が橋脚に引っ掛かり、船の火災や通行の家財が燃え上がり、多くの住民が川に飛び込んだといわれている。
- 新大橋のみ床版火災を免れた
 - ⇒ 人助けの橋
- 復興橋梁の多くが金属性の床、すなわち
(**バックルプレート床版**)となった。

隅田川の橋梁

木造床桁

1887（明治20）年…吾妻橋

1893（明治26）年…厩橋

1897（明治30）年…永代橋

バックルPL

1904（明治37）年…両国橋（車道のみB P）

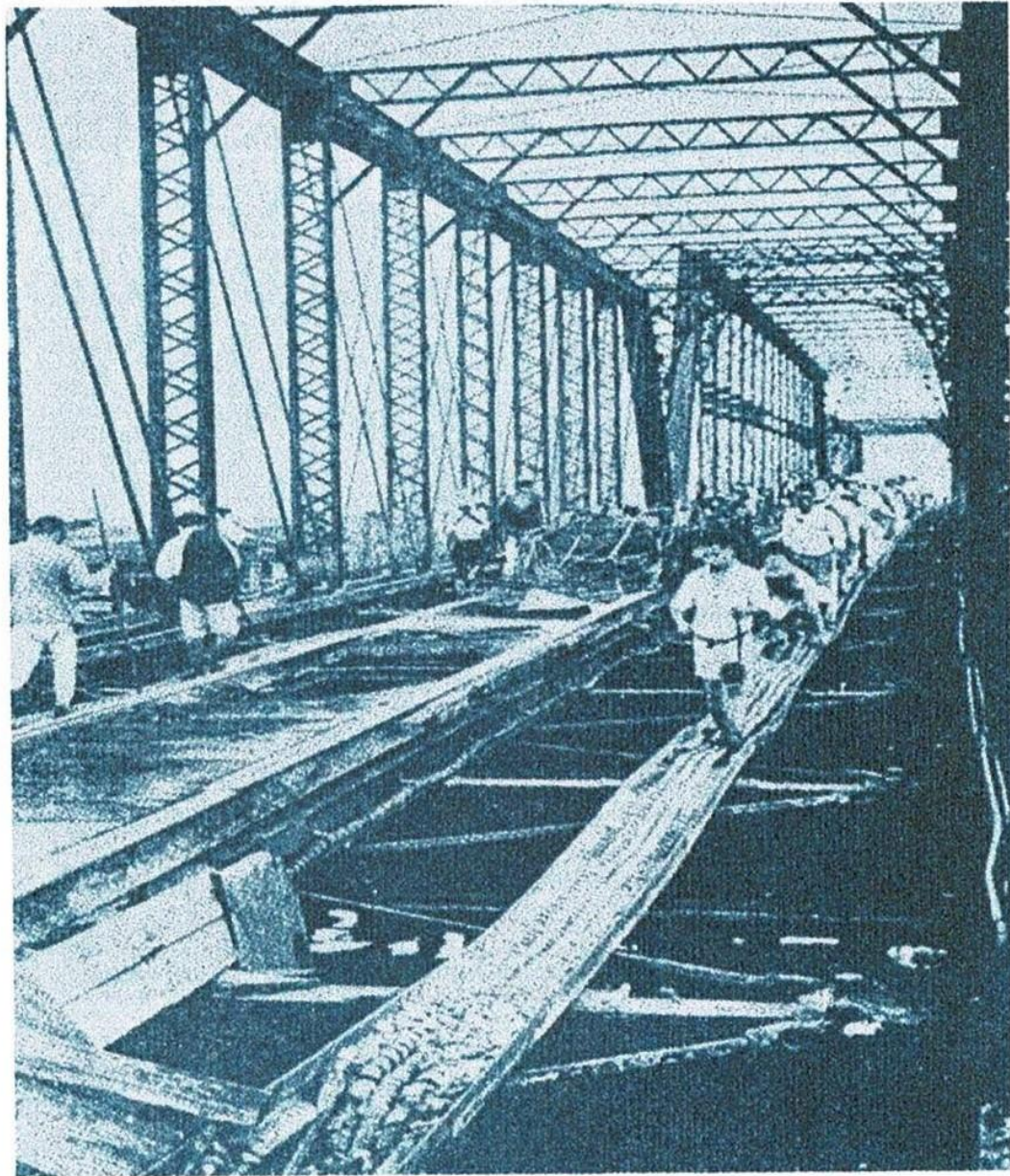
1912（明治45）年…新大橋

神田川

木造床桁

1891（明治24）年…お茶の水橋

厩橋(1893)の被災写真



お茶の水橋の被災写真

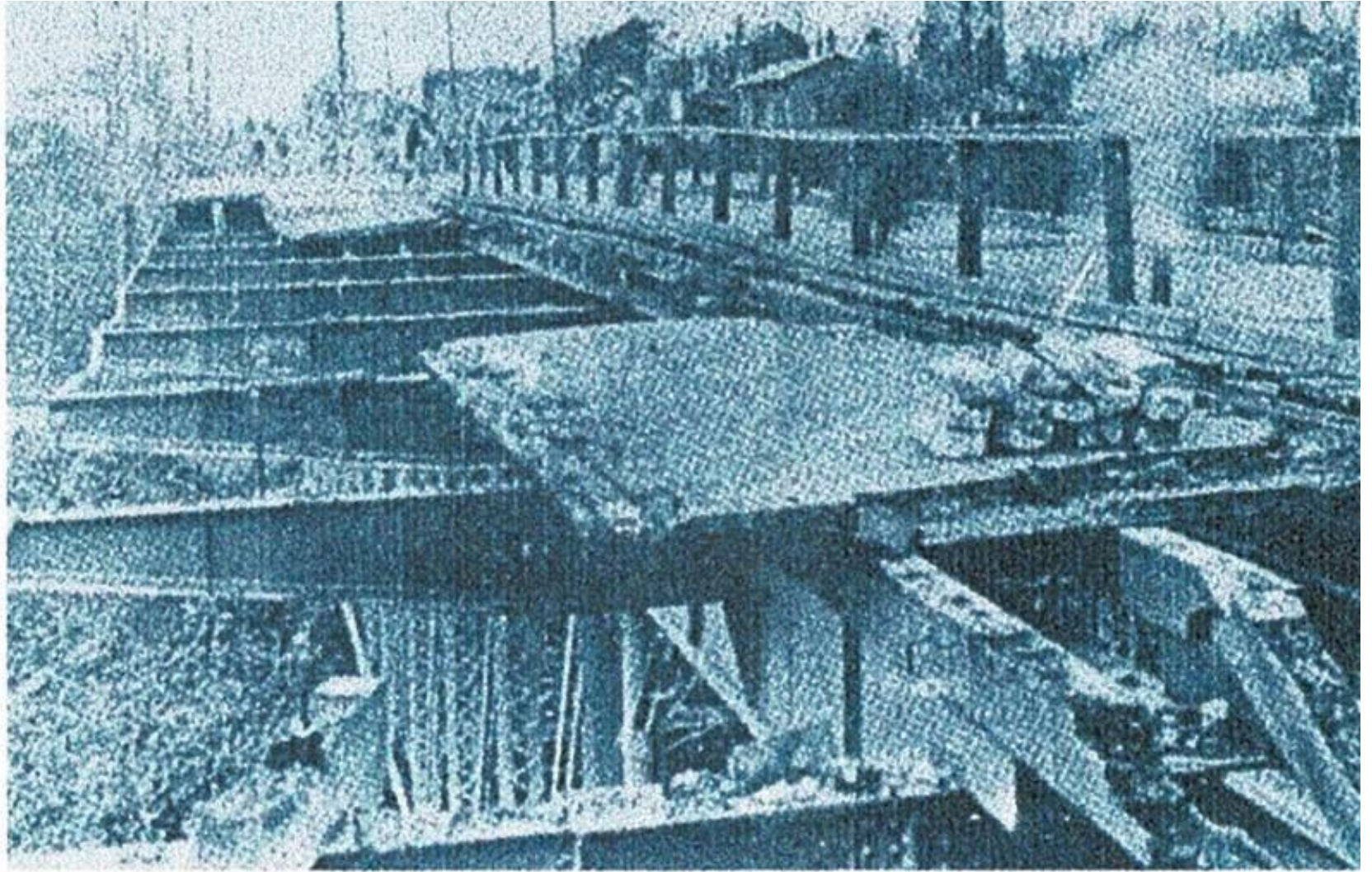
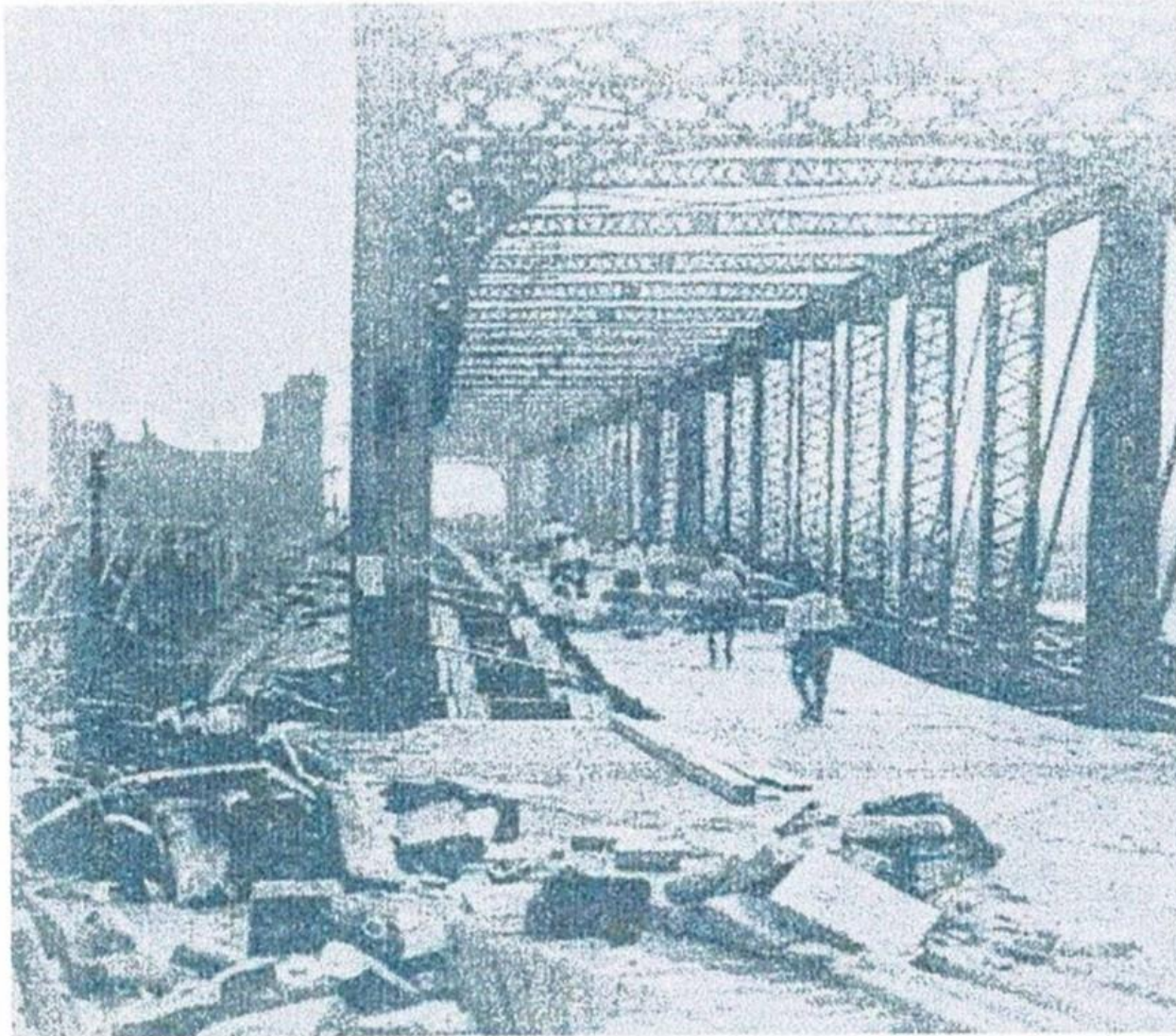


写真7 御茶ノ水橋

吾妻橋の被災写真



両国橋の被災写真

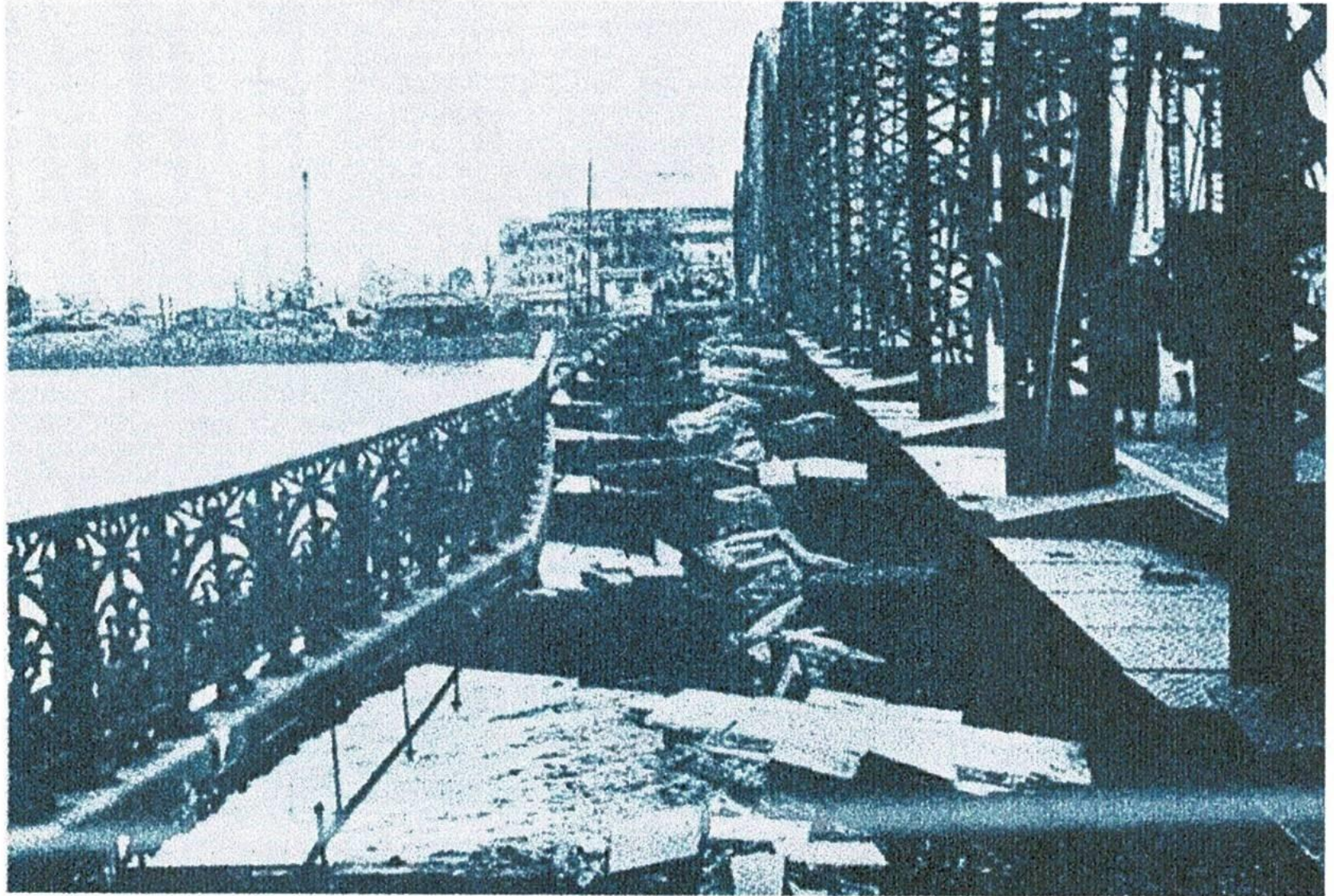


写真3 両国橋（上流側歩道が焼け落ちた状況）

橋上の混雑での死者

混雑する状態で 橋床が出火、
運搬する家財の燃焼、橋梁上は火災

焼死

川への飛び込み ⇒ 溺死

新大橋(1912竣工)の橋床は無傷 (バックルPLの採用)

歩道：モルタルとコンクリート + BP

車道：木塊 + 砂 + コンクリート + BP

(其二) 東京市 新大橋橋床横断面図



旧 墨田川 新大橋(明治村)



2. 東京市、震災復興の橋梁

(1923～1930頃?)

- 橋梁の火事を受け、標準設計として床版下面を金属で覆う **Buckle Pl. 床版(輸入材)に変更**される冷間プレスによる鋼板をリベットで桁に取り付ける

アメリカではBuckle Pl. 床版はすでに普及

- (NY, Washington Br. アーチ、1888竣工)
- (NY, Williamsburg吊り橋、1903竣工)

下に凸のバックルプレート床版（復興橋梁） （1920～1930頃） アメリカから輸入



バックルプレート床版(桁は重量化)



3. 震災復興；バックルプレート床版採用



清洲橋
アイバー吊り橋
1928

永代橋
凸桁付きアーチ
1926



お茶の水駅(聖橋アプローチ)



お茶の水駅、聖橋(1927)

アプローチの鋼橋



排水に腐心？



長池公園の見附橋(皇居⇒迎賓館)

(元 四谷見附橋、1913四谷駅上)



赤坂 迎賓館(明治42, 昭和49)



四谷見附橋の由来

四谷見附橋は、1913年（大正2年）9月に、都内四ツ谷駅直上に竣工した上路式鋼製アーチ橋です

この頃の日本の橋梁技術は、近代橋梁技術の黎明期をすぎ、自らの力で歩み始めた時代で、周辺環境との調和に配慮した設計がなされ始めた頃でした

この当時の橋梁で現存するものは数少なく、四谷見附橋は都内では日本橋と共に、文明開化時の面影を偲ぶことのできる貴重な橋梁となっていました

高欄や橋灯、及び橋名板などは、隣接した迎賓館とデザイン的に対応させたネオ・バロック様式の装飾が施され、周辺環境との調和を配慮した設計で、文化財的価値の高い橋梁となっていました。技術的にも非常に高く評価でき、その当時の設計

路面の切り取り展示物







RECORD OF THE
CONSTRUCTION OF
THE BRIDGE
ACROSS THE
RIVER AT
THE CITY OF
MEMPHIS
TENN. 1857-1868
BY
JAMES H. HARRIS
ARCHT. & ENGR.
MEMPHIS, TENN.

3. Buckle PL.からRC床版へ

アメリカのRC床版の設計

米国、イリノイ大学の

Westergaard 教授の論文(1930年3月発表)

(床版の曲げ応力を提示)

AASHO への採用

1931 AASHO,

Standard Spec. for Highway Bridges and Incidental Structures の設計仕様

⇒ 日本の設計(1939)へ

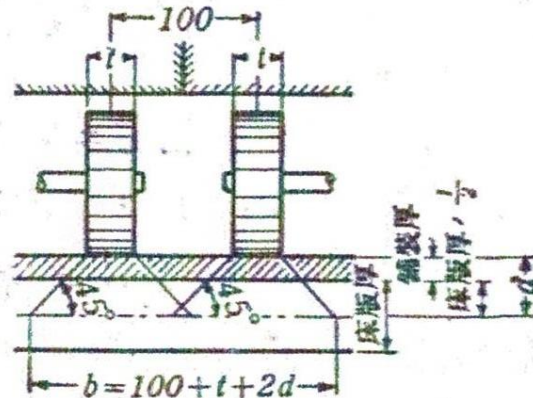
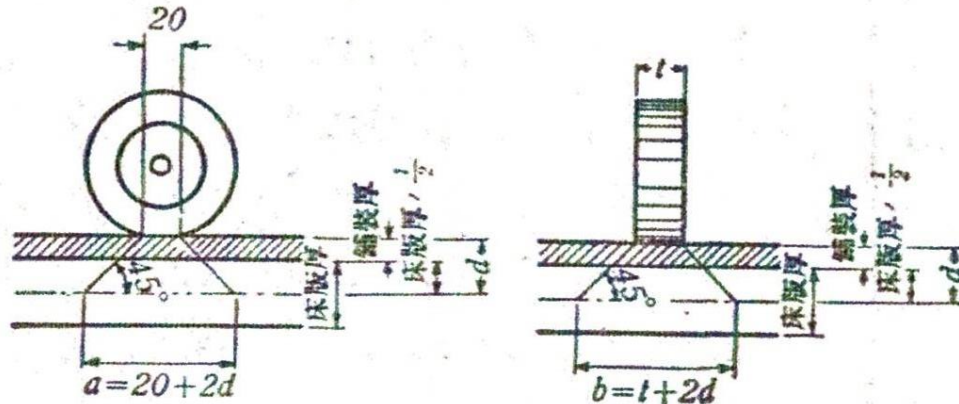
日本の道路橋設計仕方書(案)

- 内務省土木局から 1939年に発行
- アメリカの仕様を(Ft. Pound法)をメートル法に直し、そのまま 導入したと考えられる
- 内容は米国 AASHO の内容に倣う
設計法;1930年代に制定(Chat GTPによる)
輪荷重を負担する有効幅と輪の設置幅を与え、
床版に働くモーメントを計算(厚さの規定なし)

1939、鋼道路橋 設計仕方書案

(昭和13年、1928年発行の橋梁工学(著者:青木楠男)による)

- 1 自動車ノ輪荷重カ路面ニ作用スル面積ハ長 20cm トソノ輪帶幅トヲ兩邊トセル矩形トシ床版ニ於ケル分布ハ第8圖ニヨル



第8圖 寸法ノ單位 (m)

d : 舗装厚 + $\frac{1}{2}$ (床版厚)
 a : 分布幅
 = 接地幅 (20cm) + 2d

木ソ - 8cm
 床版 18cm x 73cm

$$a = 20 + 2d$$

$$= 20 + 2\left(8 + \frac{18}{2}\right) = 54 \text{ cm}$$

関東大震災後の床版設計のまとめ

①. 東京市の大橋梁の床版(1923当時)

木製床版が主、金属の床版(バックルPL)も一部に

②. 震災後の復興にはバックルPLに

「人助けの橋」の経験からバックルBLへ (1930頃)

③. 論文、AASHOの影響でRCへ

Westergaardの論文1930により、設計仕様が確立
道示(1939)も AASHO(現ASHTO)に倣って変更

日本では **戦後建設**の床版 に**損傷例多発**

戦後、橋梁の建設(1950年以降)が進むが、
1960年以降 **RC床版の損傷(抜け落ち損傷)**
が多発(建設後20～30年後、1970～1980ころに頻発)

- 原因
- ・ 床版厚さが薄過ぎ、
鉄筋(とくに配力筋)の少なさ
 - ・ 床版施工の不慣れ
(バイブレータ、ポンプ打設)
 - ・ 過積載など

RC床版の建設状況（今でも？）



4. 日本のRC床版損傷の原因究明(1970~1980頃)

: 乾燥収縮+輪荷重(昭和31年道示設計が多い)
主桁(ジベルなど)が硬化する床版を拘束

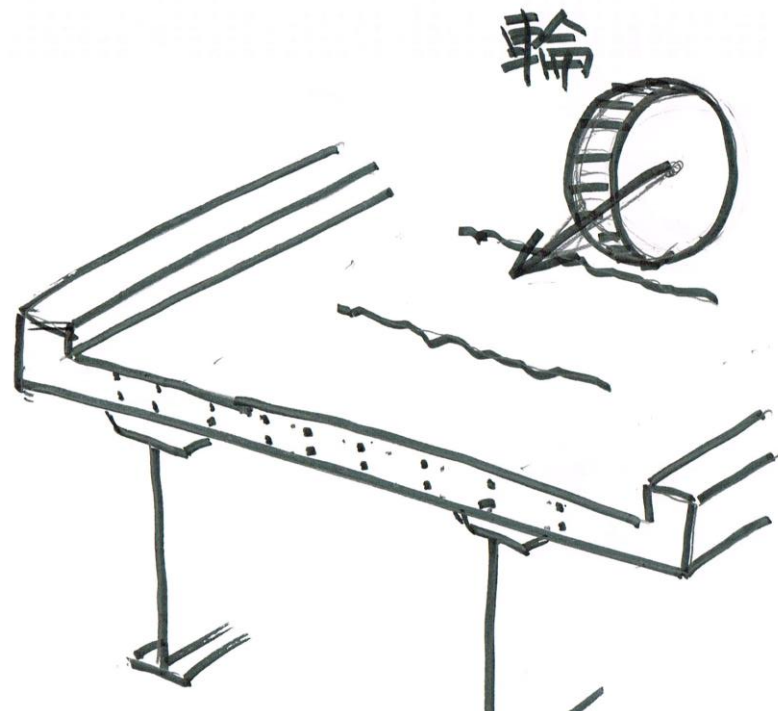
(床版には橋軸方向、橋軸直角方向に引っ張りが生じる)

(アメリカは舗装コン3インチで50年後、日本は30年後に

損傷が増加) PCポステンは軸方向に圧縮応力。

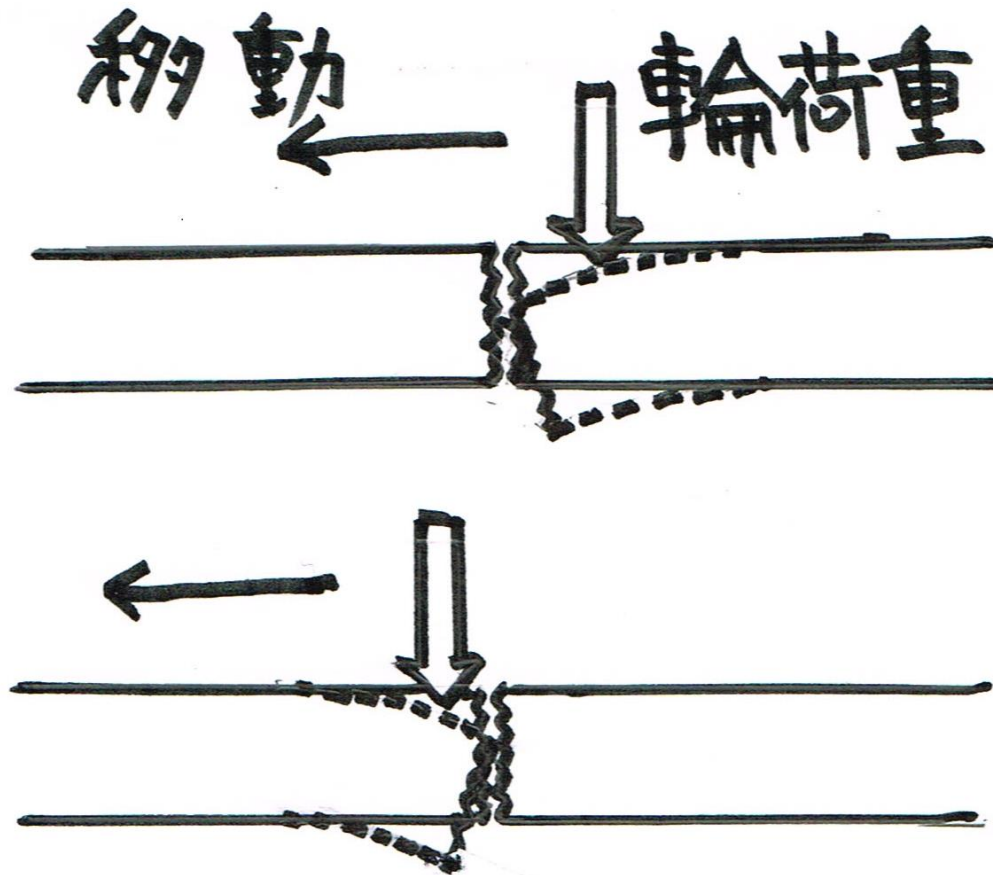
鉄筋量が少ない方向に直角にひび割れが入る。

(1939年以前の道示・配力鉄筋は主筋の25%入れればよい)



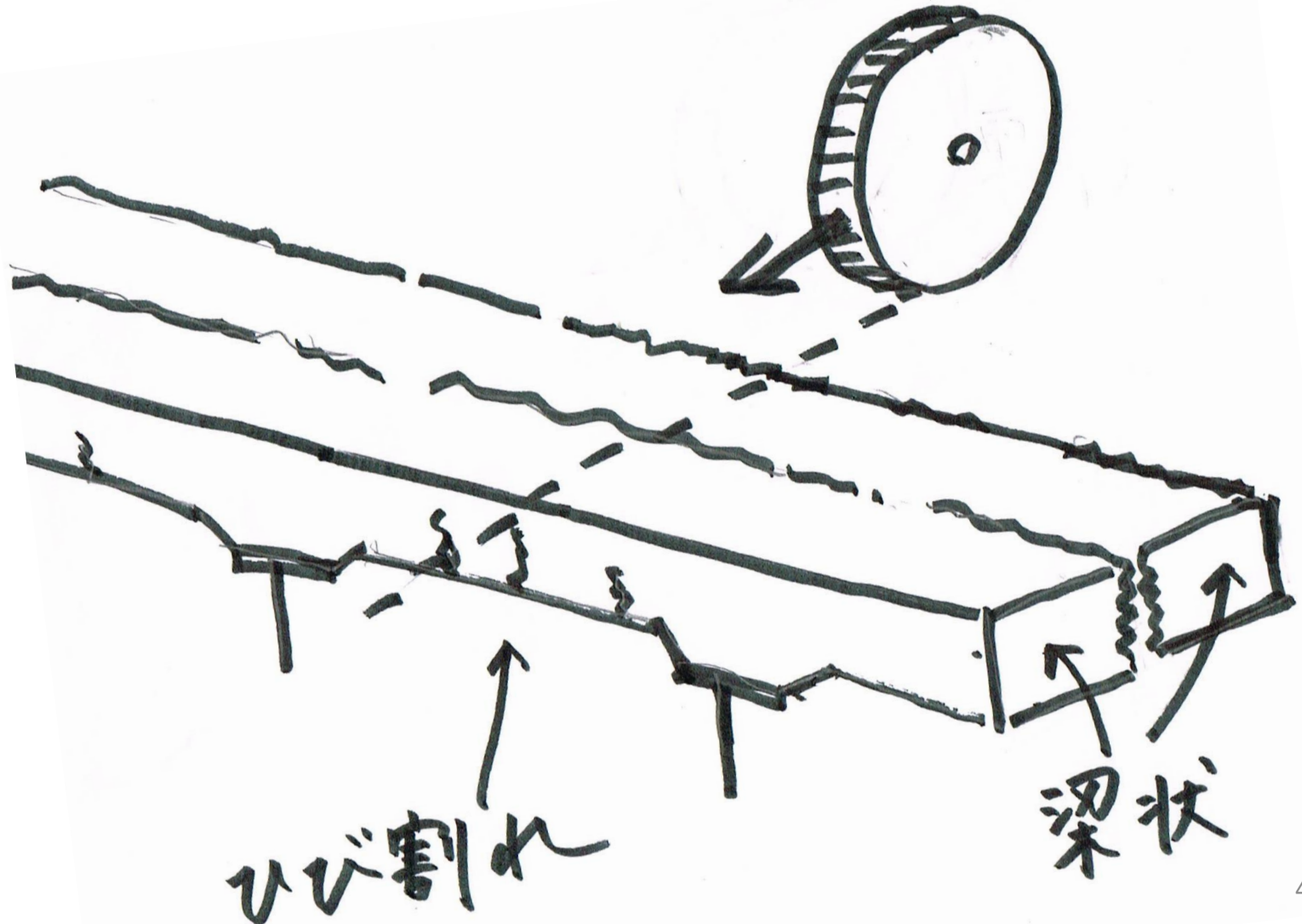
床版のすり磨き(摩耗)効果

床版たわみが大きいところ(つまり、床版支間中央)で、摩耗現象が生じる ⇒ 抜け落ち損傷



床版の梁状化(板構造が梁構造へ)

(荷重の橋軸方向への分布分散ができない)



S60以前の損傷形態：支間中央部にエフロ
クラック部にエフロ（写真：インターネットより）
床版支間中央にひび割れに沿ったエフロ→ **抜け落ち**



5. RC床版の研究開発(移動載荷)



抜け落ち損傷の研究、1990年頃
鉄輪、クランク式(大阪大学、松井教授(当時))、⁴⁶



土木研究所の輪荷重走行試験機(1996)
(新規の補修法などの検証)

床版の耐久性に及ぼす水の影響

(松井、1987)

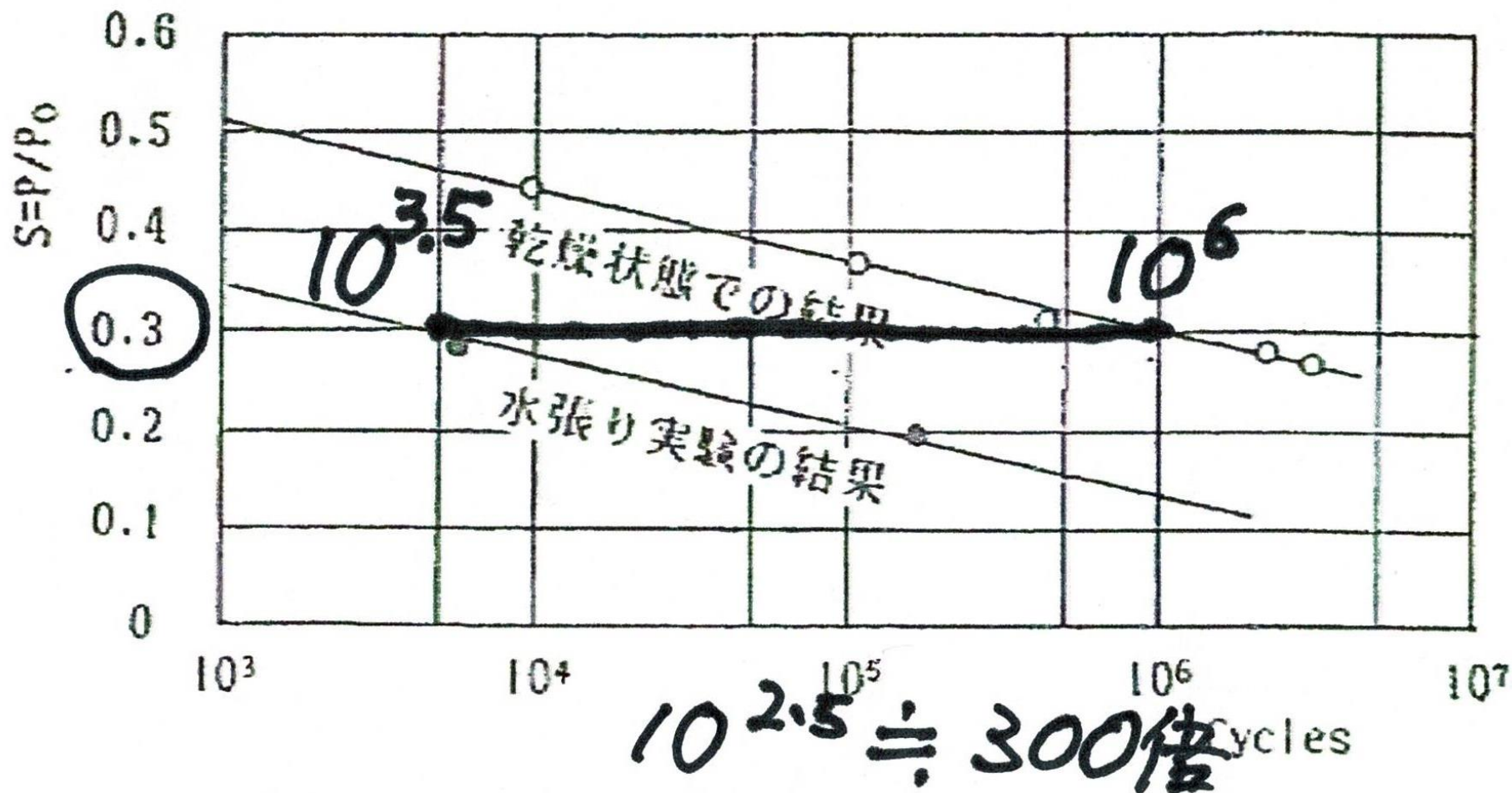
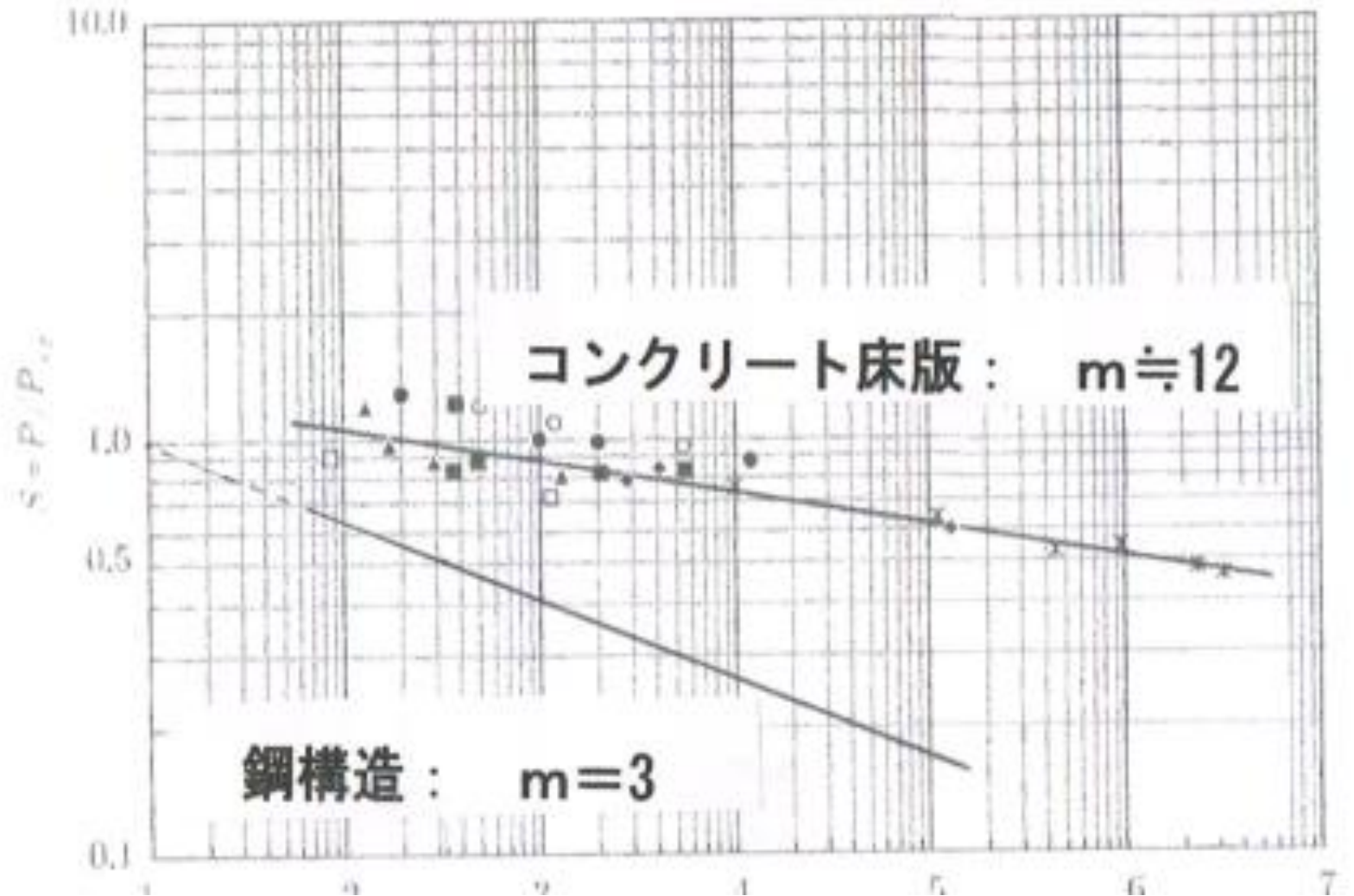


図-6 水張り実験のS-N結果.

疲労曲線 (コンクリートと鋼構造)

軽荷重ではコンクリートは疲労しにくい



厚く設計した床版にも さらなる損傷

6. 材料劣化損傷（アメリカと同じ損傷原因）

①塩害 ②ASR ③凍害

① 塩害 （床版上面から塩分）
（ 水平ひびわれ）



1980年頃の米国と同じ床版損傷に (アメリカは舗装コン(3in.)と同時施工)

<http://www.milt.go.jp/road/ir/kihon/22/2.pdf>



鉄筋コンクリート床版の塩害対処法

は凍結防止
られているが、
もあって、
り上げられ
gineering-
国 Federal

以下各々の方法について述べてみる。
1) 鉄筋のエポキシコーティング²⁾³⁾
鉄筋をサンドブラストした後加熱し、その状態でエポキシを噴霧させて塗着させる。膜厚は0.2mm程度である。この鉄筋は、
90° の折曲が加てられ、地盤にはノックアウト

出しても、その状態がどの程度持続するかなどの詳細は、目下調査検討中である。

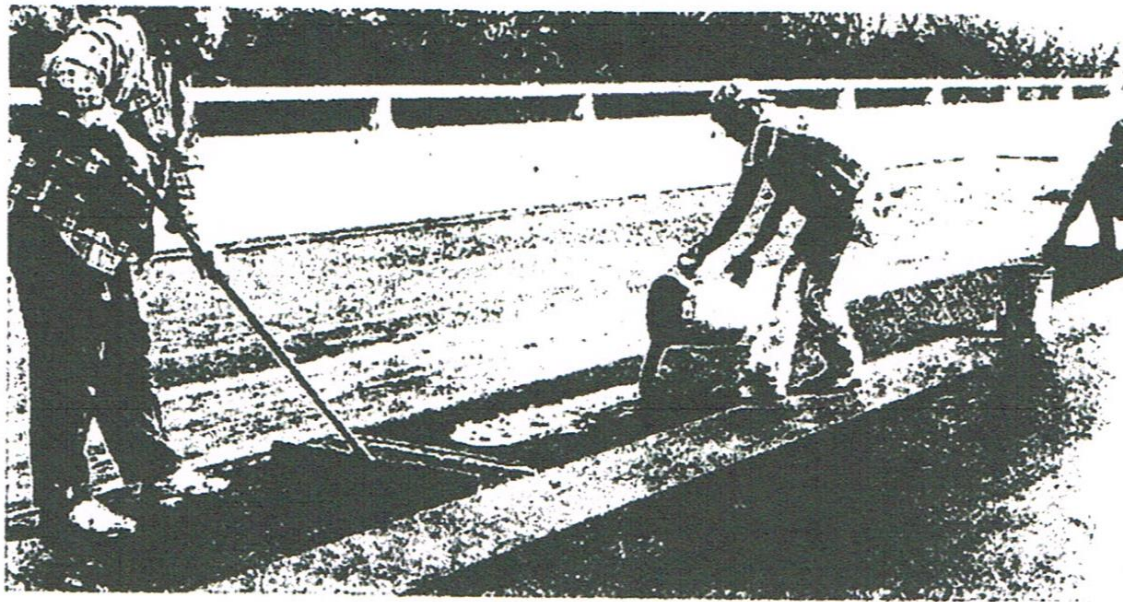
5) ポリマー浸透式のコンクリート (PIC)⁴⁾⁵⁾

コンクリート表面にある微細な孔を合成樹脂でふさぐ方法であり、以下の処理工程

橋梁と基礎、1978-12

海外文献紹介

橋梁と基礎 海外文献研究グループ*



ようになり、昭和53年4月に“道路橋鉄筋コンクリート床版の設計と施工について”と題する通達が建設省から出されたのも記憶に新しいが、日米両国とも床版の損傷に頭を悩ましているといえるであろう。

床版という、鉄筋コンクリートが使用される範疇の中で、おそらく最も苛酷な荷重条件下にある部材の設計が、今後どういった方向に向かうのか、諸外国の進路を見守りたい。

(ASCE, June 1978)

(大田孝二)

米国の塩害対処法 (1978.12 橋梁と基礎)

1. 鉄筋の防錆

- エポキシコート鉄筋
- 亜鉛メッキ、ニッケルメッキ、銅メッキ
- 電気防食他

2. 床版コンクリートの防水

- ポリマー含浸コンクリート
- ラテックスモディファイド コンクリート(LMC)

3. 床版表面の防水

- コールタール含浸防水層
- アスファルトにゴムなどの不透水物質

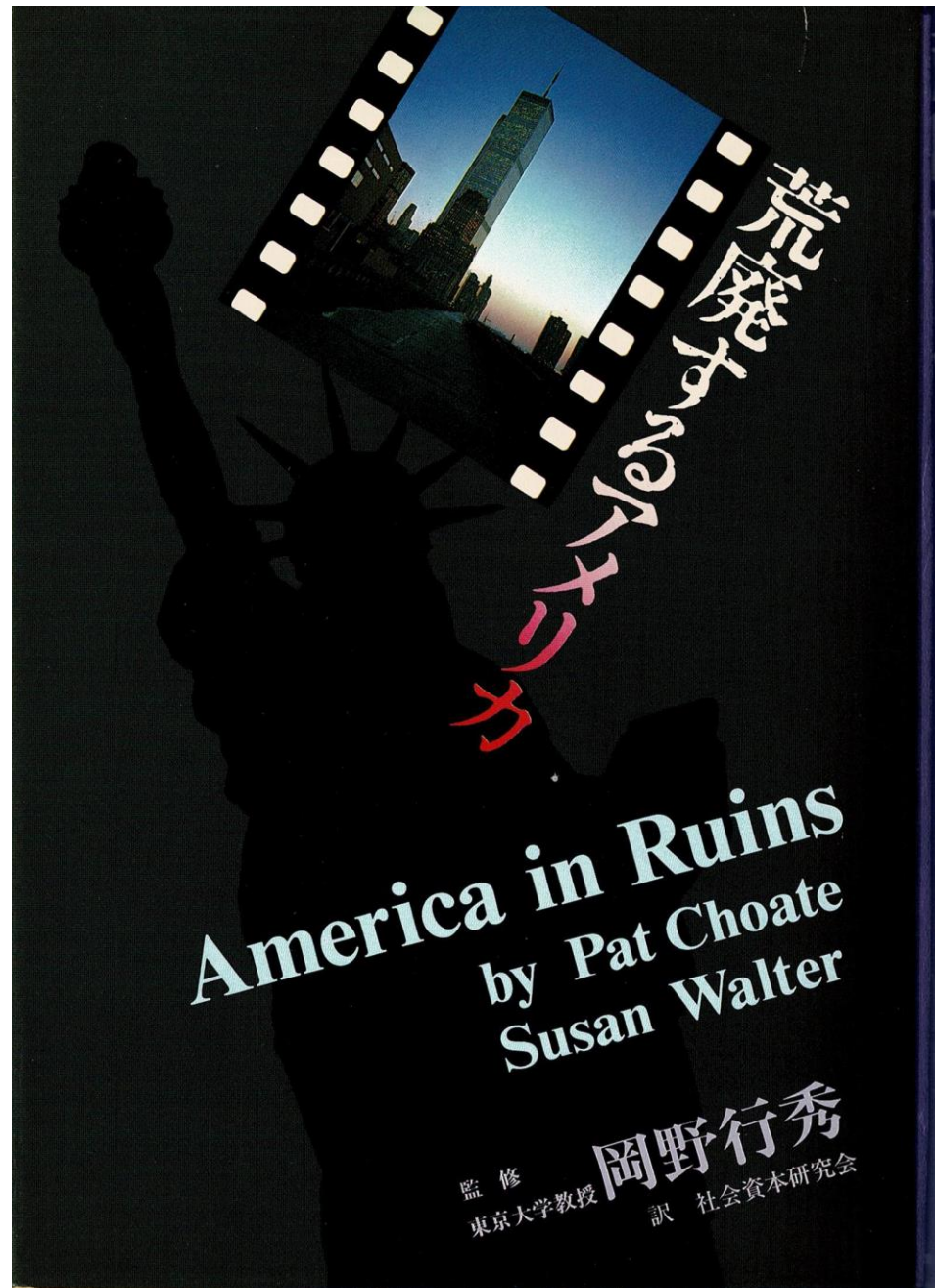
「荒廃するアメリカ」

P.Choate 1981

(橋梁の落橋事故多発)

日本語訳 1982. 9月

(建設省職員中心の訳)



水平ひび割れと同じ原因 上側鉄筋の被り剥落(中国道)



② ASRの床版(アルカリ:Na) ASRも塩分によって損傷が進展





表面に石垣模様

石川県の
某resort施設



ASR は表面にひびわれ状の模様

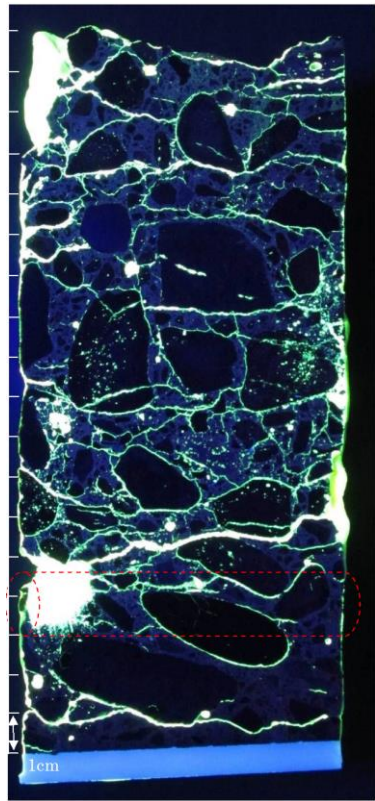


ASRの反応リム

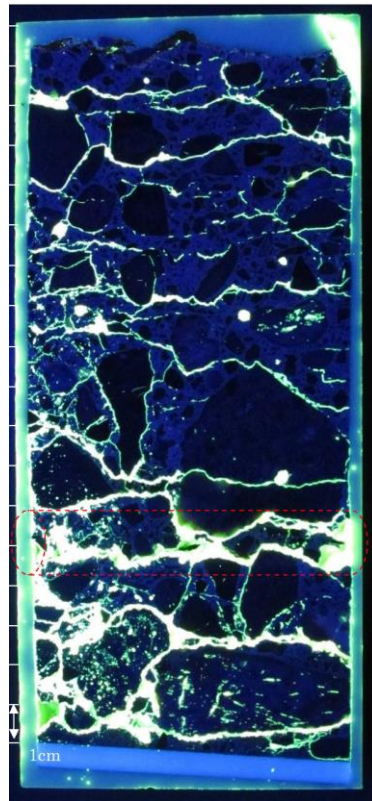


ASR床版のひび割れ例

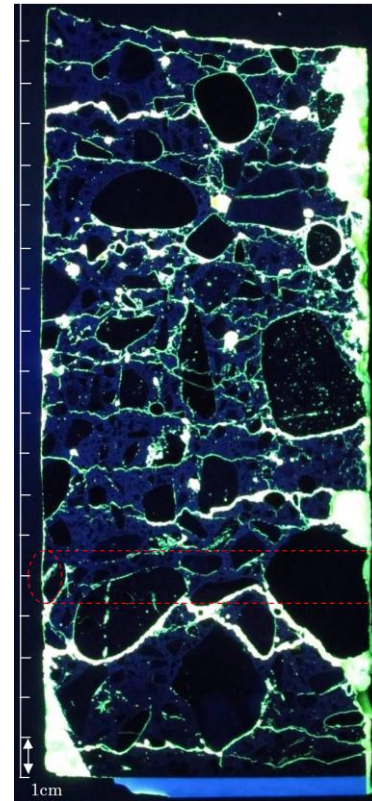
コア-2



コア-3



コア-5



劣化部から採取

劣化部から採取

健全部から採取

床版厚: 180mm

鋼板接着工法
(下面に
エポキシ)

水平方向の
ひび割れ



土砂化(砂利化、骨材化)

材料劣化の床版の特徴(学会マニュアル)

①舗装上面に損傷の兆候



舗装(のみ)の損傷(?)





写真提供：ニチレキ(株)

水浸み (ASR?)



以前の損傷形態：支間中央部にエフロ
クラック部にエフロ（インターネットより）
床版支間中央にひび割れに沿ったエフロ。



水浸み → 面的なエフロ (ASR?)

ハンチ部もエフロ、ひび割れがない！

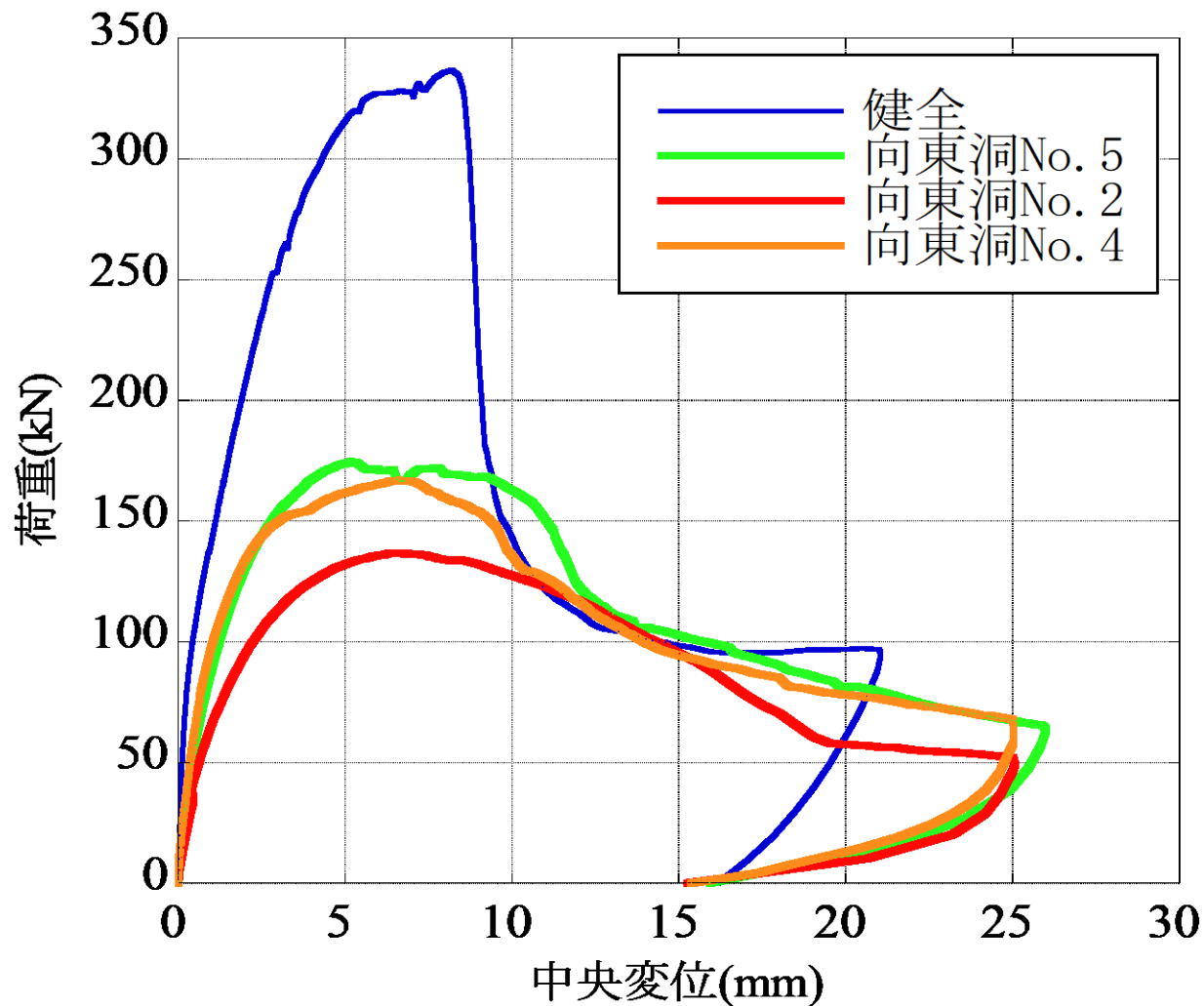


PC床版橋にも水浸みが見られる



ASR床版の載荷試験





- ①健全試験体の半分以下の強度
- ②(輪+衝撃)荷重程度

ある事例： 床版の抜け落ち前（水染みは常態）

建設後46年(31年示方書)



調査時点の状況

昼間12h交通量：18154台

大型車混入率：18.0%



抜け落ち後

2015年、事故発生

(2015 橋梁調査会資料による)

③凍害

(凍害も塩によって損傷が進展)

(凍結融解温度の低下で融解回数増加)

(資料提供;北海道開発局)



下面にひび割れが生じない床版損傷

(材料劣化による床版損傷)

①. 床版が厚くなってからの塩害

上側鉄筋の腐食によって剥がれ、上側鉄筋位置に水平ひび割れが生じ、輪荷重によって土砂化

②. ASR コンクリート材料が劣化し、ある種の骨材の表面にゲルが析出。水と反応、膨張してコンクリートにひび割れ、あるいは軟化。

③. 凍害 舗装のひび割れから浸入した水分が床版に浸入。凍結融解を繰り返し、土砂化

いずれも床版上面に損傷が現れる

アメリカの床版損傷

- アメリカも1920～1930頃に自動車の爆発的普及に合わせた道路建設で建設した橋梁の損傷(落橋)が、課題(50年後)となった。

いわゆる荒廃するアメリカ

アメリカは今も床版の損傷に苦慮

アメリカの鋼橋床版

(コンクリート舗装, 床版との一体化打設) ⇒ 厚い床版厚





Condition 4 - 100% SIP section loss with underlying concrete exhibiting extensive deterioration and moderate to severe corrosion of exposed reinforcement exhibiting measurable section loss.



何故、床版にお金？

(米国調査2014当日の資料による)

①全米60万橋の供用平均は45年以上

②コンクリート床版が 直接シビアな環境に晒され、また、交通荷重によって、他の橋梁部材以上の劣化を招いている

③橋梁維持費の50～85%が2.8b(10億) sq.feetの床版に使われている。床版は金食い虫！

④これまでの試算では、毎年、5b.ドル(100円/ドル換算として5.000億円)が床版補修や床版取り替えに使われている。

Selection of Deterioration Types

Performance evaluation was carried out with respect to the ability to detect and characterize the following four deterioration types:

- Delamination,
- Corrosion,
- Vertical cracking, and
- Concrete degradation.

アメリカの
4つの劣化タイプ

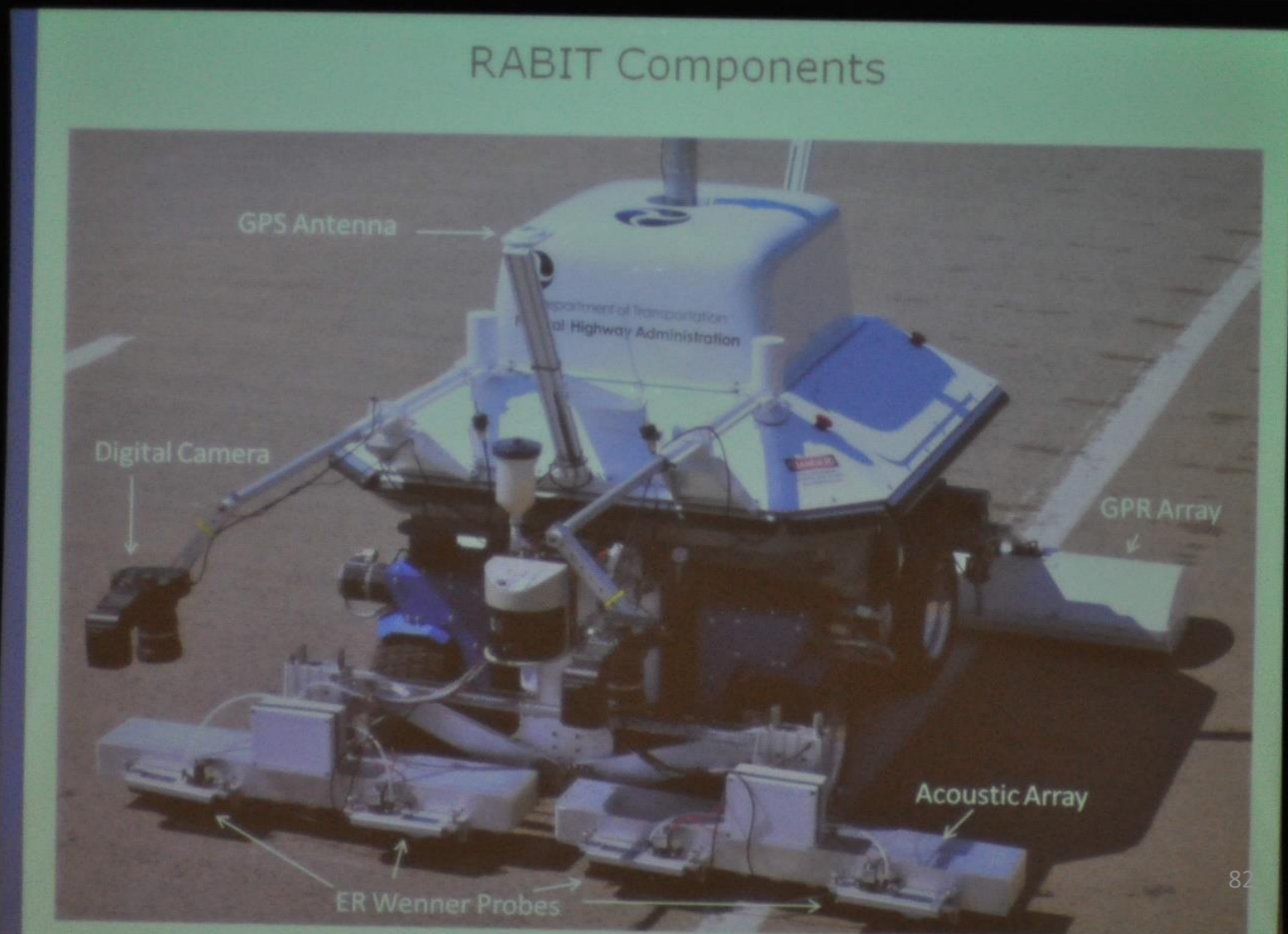
- はがれ
- 腐食
- 貫通クラック
- コンクリートの
材料劣化

Rutgers大学(1914) 検査車の試作



Rabit : All in One

電気抵抗値、電磁波レーダー、インパクトエコー、超音波探傷

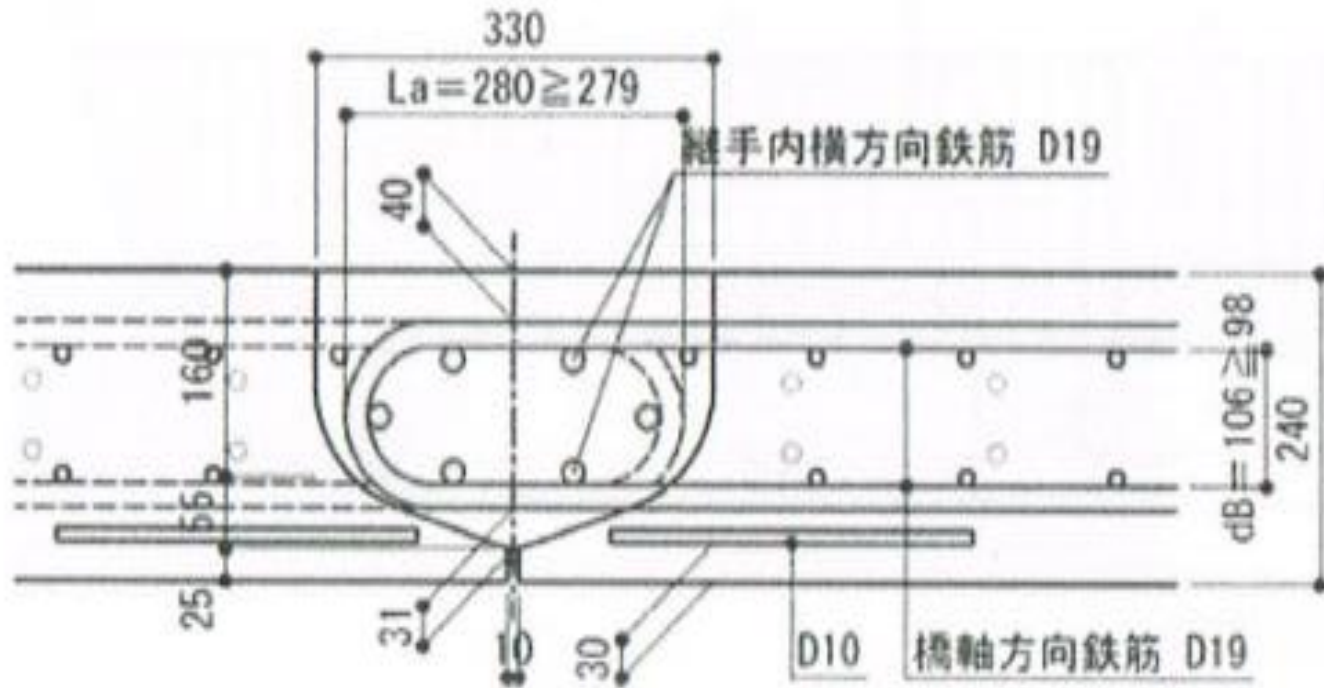


7. 日本はRC床版⇒PC(PCa)床版へ



少主桁橋 床版のループ継手

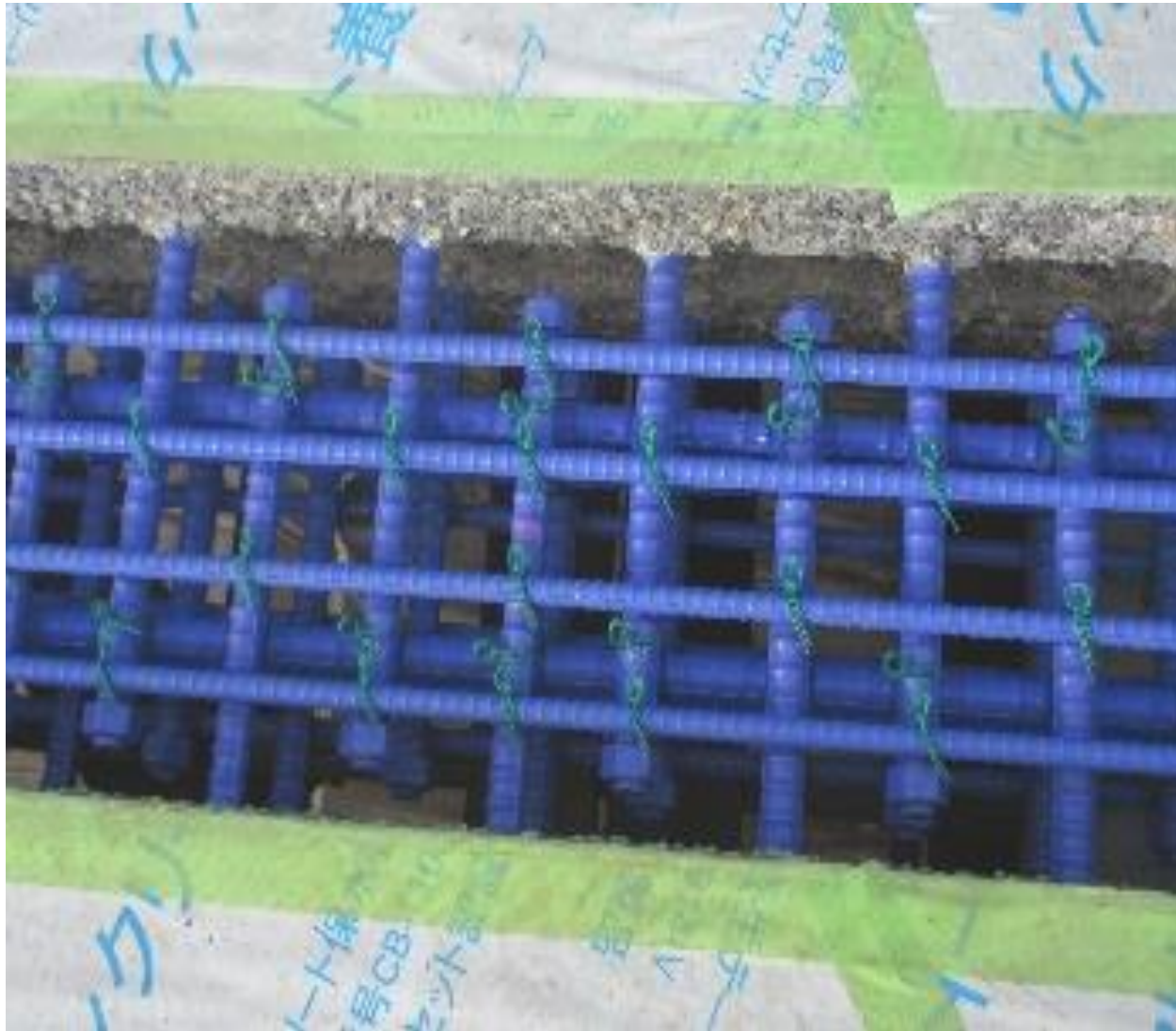
(先端部の欠け落ちなどの課題も)



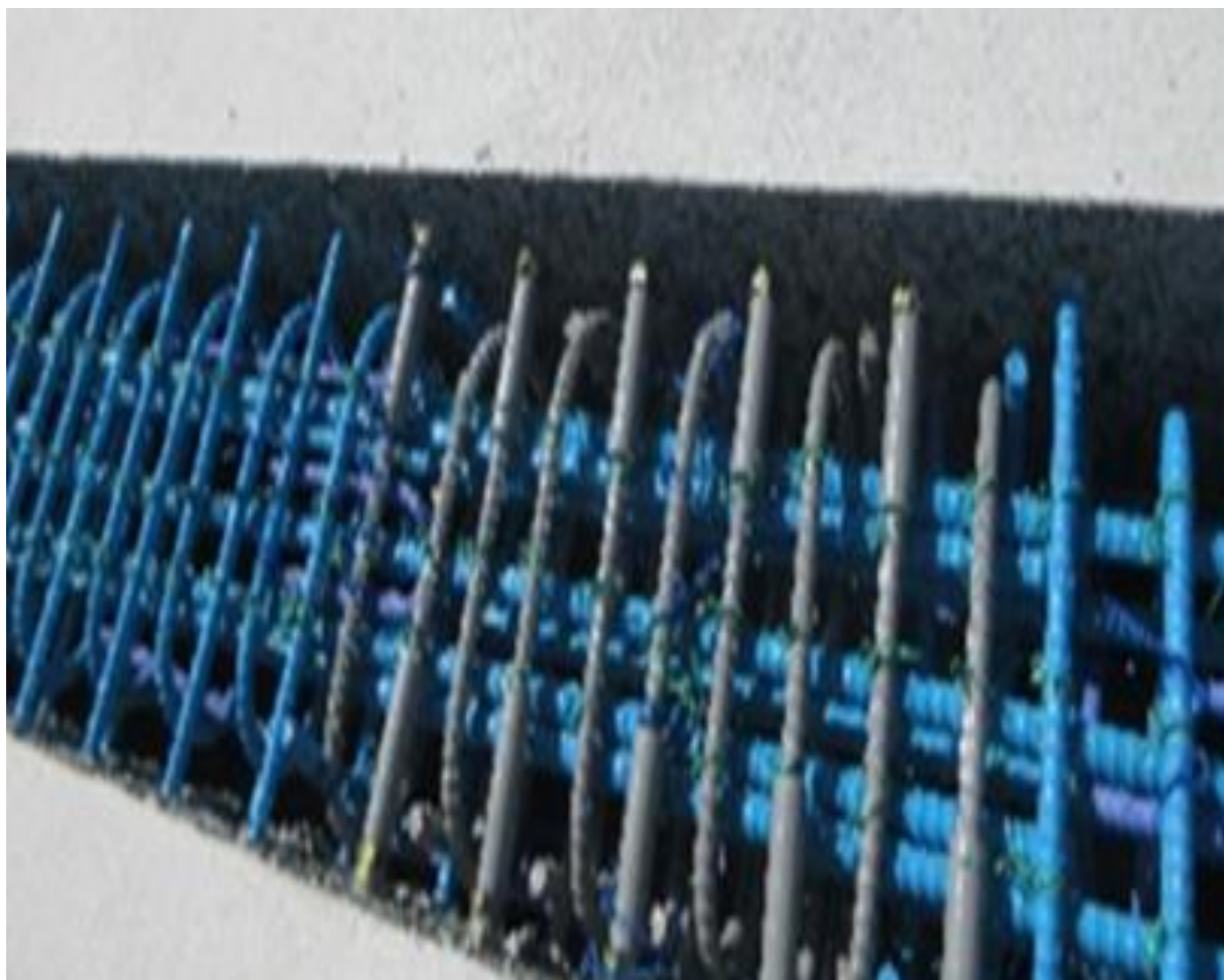


桁付近のループ鉄筋の工夫

ループ筋からナット定着へ



主桁付近のループ筋をカプラー継手に



7. 最近の取替床版、PCa床版



少主桁(厚肉少補剛)構造の推進



少主桁構造には分配桁も横構もない
(桁製作コストの削減。写真は上下線2橋)



Nexco, PCの縦締めパネル（2方向PC 壁高欄一化）



8. 新たな床版開発

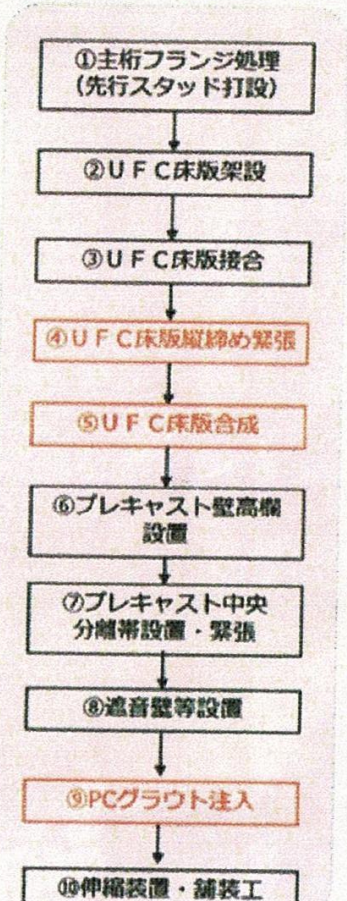
中央部で交差定着パネルを使用(K社)

床版厚 15cm(既設18cm)、交差部で24cm)

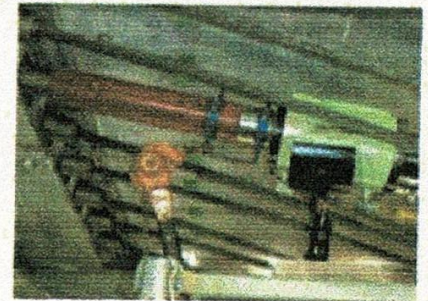
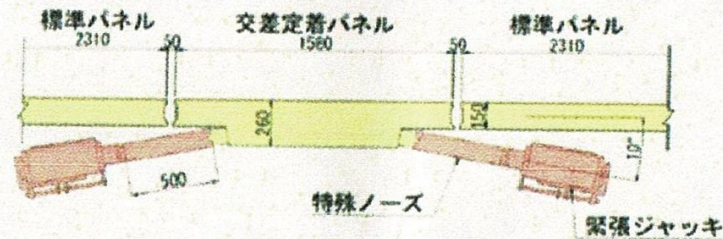
施工手順：平板型UFC床版架設



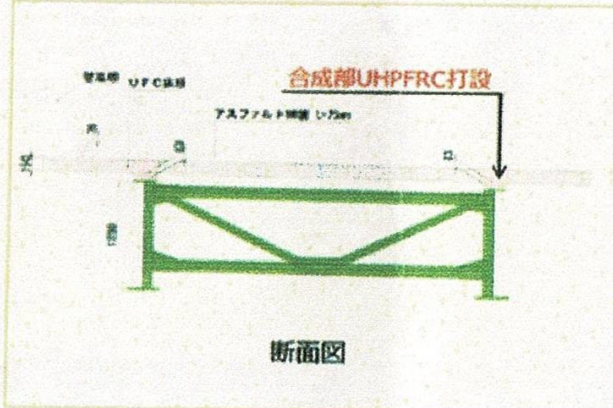
通行止め作業



④UFC床版縦締め緊張



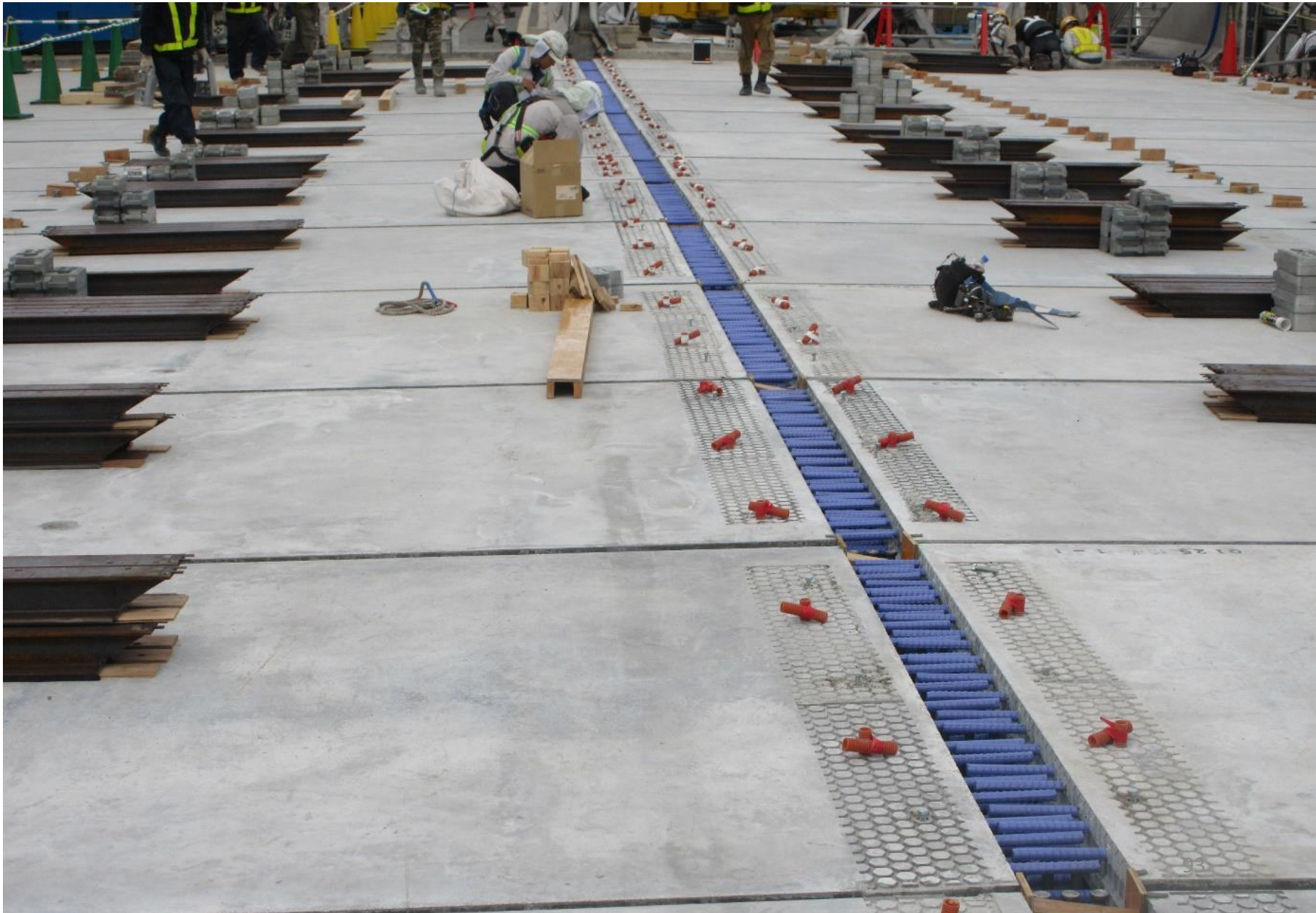
⑤UFC床版合成



⑨PCグラウト注入



阪神高速の試み（K社）（幅員一体化）



パネルの接手金具(K社)



床版取替工事 (神下S391)

○本工事の取り組み

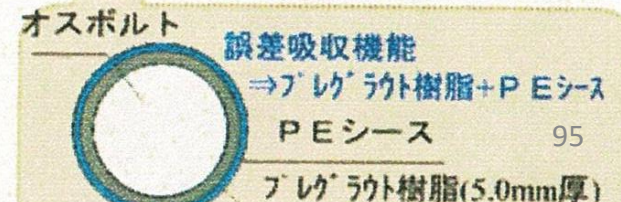
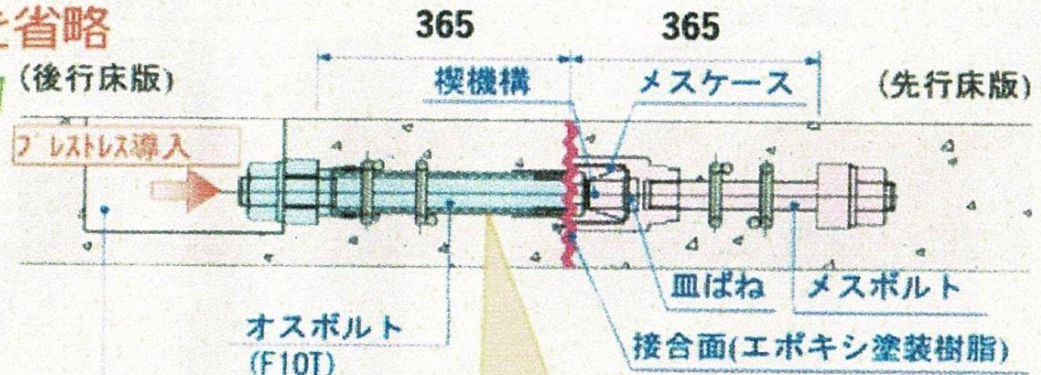
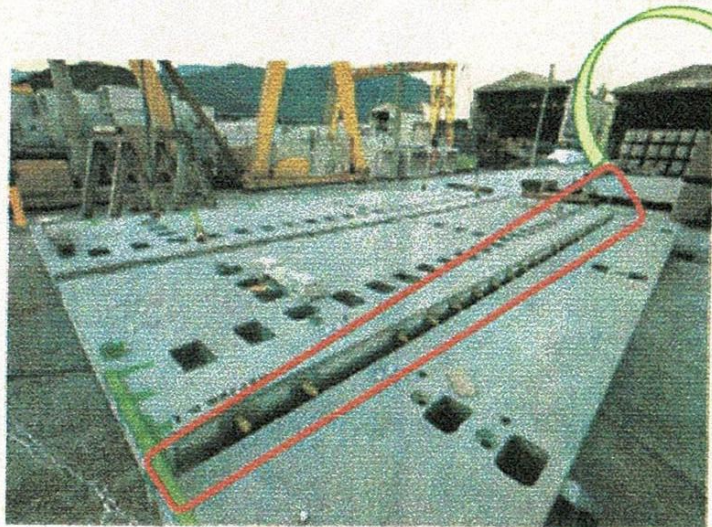
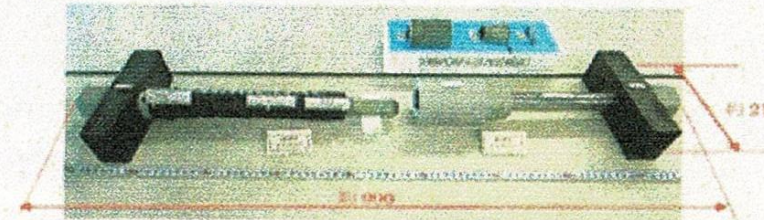
「HSプレストレスジョイント (HSPJ)」を採用

プレキャスト床版の急速施工・軽量化・耐久性向上

- ①プレキャスト床版をオスボルトと楔形式のメスボルトで急速施工
- ②高力ボルト(F10T)にプレストレスを導入し、接合部の止水性確保、及び疲労耐久性を向上
- ③床版厚の薄肉化 (最小180mm)
- ④オスボルトをプレグラウト樹脂で被覆(t=5mm)し、施工誤差を吸収、グラウト作業を省略

パネル接手(S社)

メスボルトは埋設、床版厚18cm、
施工21mパネル10枚、幅9.5m



縦、横にPC鋼棒？



箱抜き箇所が多さ(隣接パネルと機械接続)



9. これからの鋼橋床版

- 1) 日本の床版損傷は 抜け落ち損傷から
アメリカ型(塩による)材料劣化損傷へ
- 2) アメリカもこの損傷に 長く 対応中
アメリカの対応は参考になる
- 3) 開発の新床版など、挑戦は歓迎
ただ、床版損傷はすぐには出現しない

挑戦とその後の、見守りの継続を！

(まとめ) 鋼橋床版の変遷

関東大震災にて多くの死傷者(1923年9月)



復興に 金属(バックルPL)床版の採用



たまたま、RC設計解析の論文が発表(1930年)



米国AASHOにRCの設計法が採用



日本の鋼道路橋仕方書案にRCの設計を採用(1939年)



抜け落ち損傷、その後の材料劣化損傷



新たな床版構造の開発へ

床版開発の挑戦と、そのFollowの継続を！

床版のことがよく分かる!

Bridge Slabs

—技術の歴史と材料・構造—

大田 孝二



最後に！
床版の本の紹介

“ Bridge Slabs ”

第4版 2025年12月11日発行
(A5版130ページ)

発行：道路の安全性向上協議会

<http://www.erst-npo.jp>

ohtaki5138@gmail.com



ご清聴、ありがとうございました