

永代橋100歳

美しさと長寿の秘密

(公財)東京都道路整備保全公社
多摩橋梁担当課長 紅林章央


国指定重文
The best bridge in Japan
日本初の
支間長100m超
永代橋


100歳
永代橋　1926（大正15）年12月22日開通

永代橋の長寿の秘密は？

❶ しっかりした維持・管理

東京都管理橋梁　約1,200橋



長寿命化橋梁

可能な限り
現行基準を満足
するように、
補強・補修を実施

架け替え予定なし

橋長15m以上

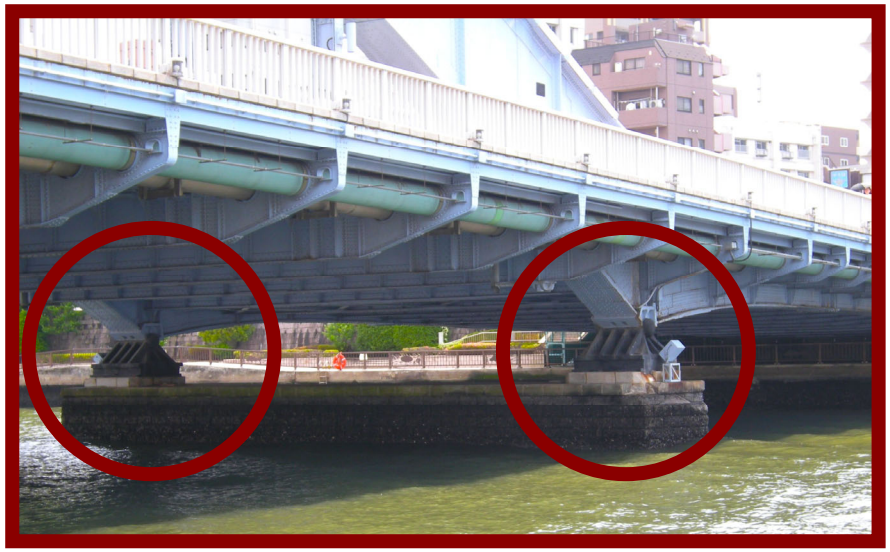
1985年より前の建設

著名橋･幹線道路など

グループA
約 200橋

点検結果に基づき
その都度補修

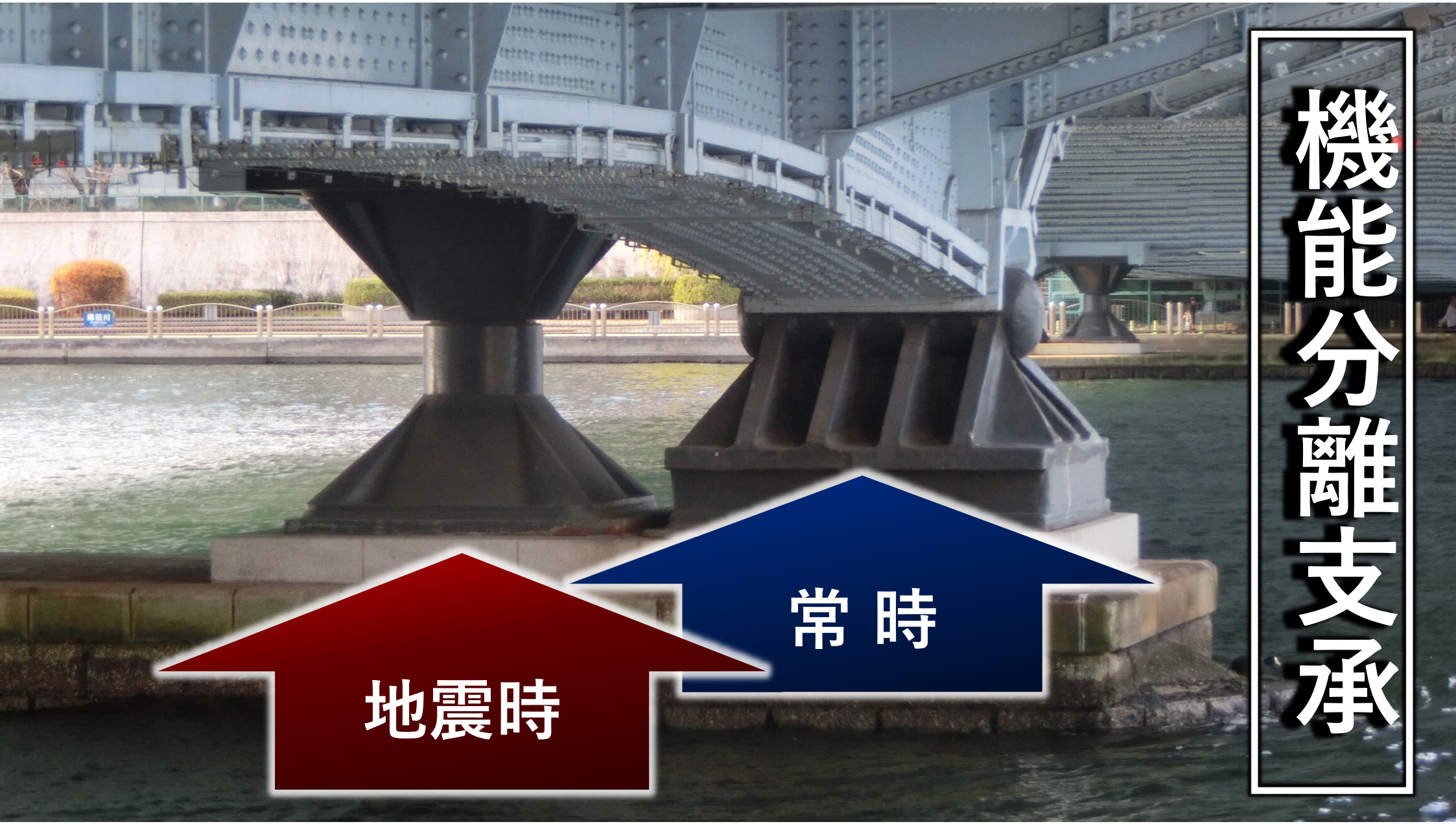
グループB
約 1,000橋

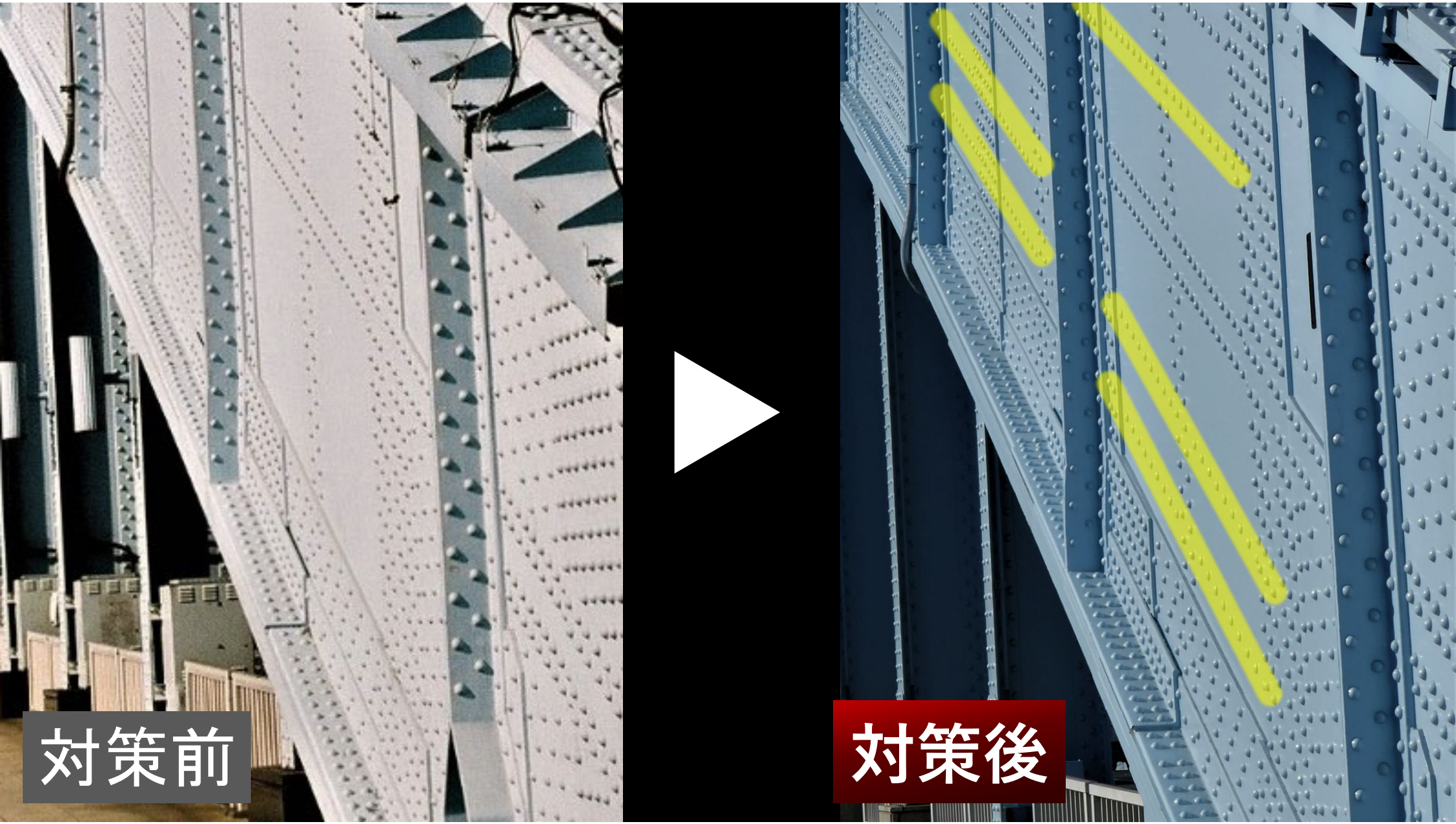


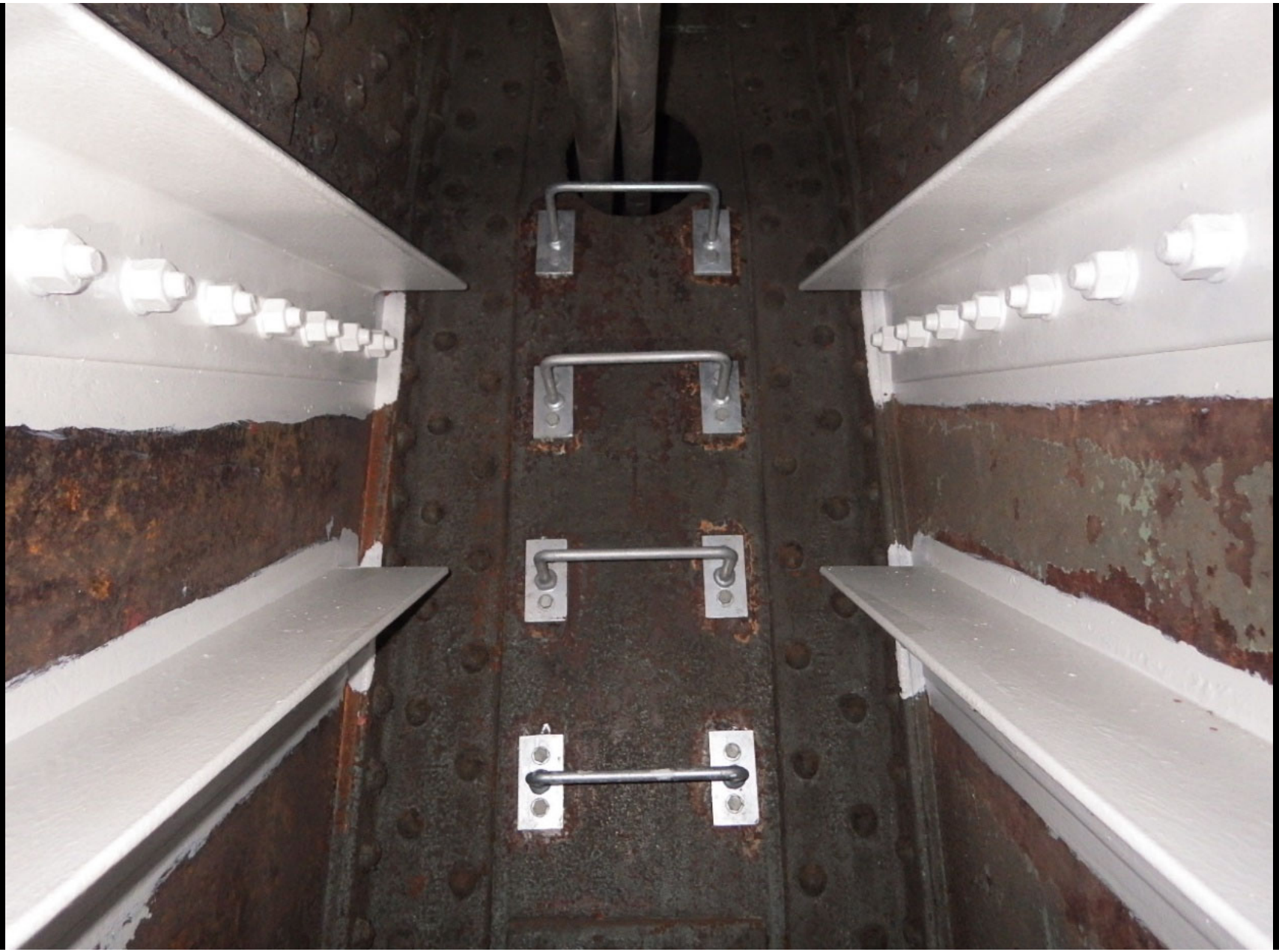
L2地震動
で損傷




国指定重文
オリジナル部材の撤去はダメ！
付加することは、OK
永代橋


機能分離支承
常 時
地震時


対策前
対策後



100年前の設計なのに、それ以外に大きな補強箇所なし

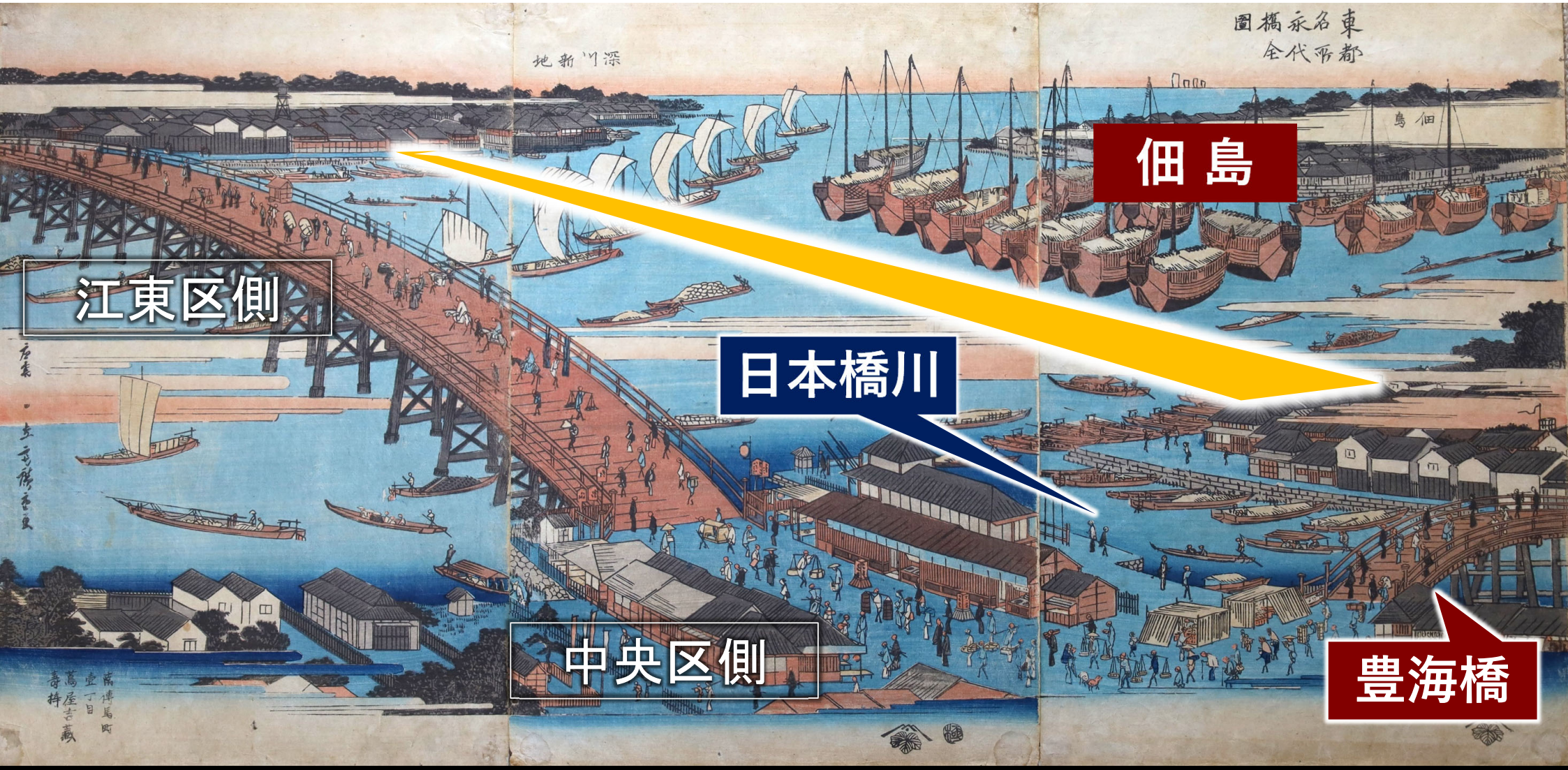
OK
耐 震

OK
塩害・
中性化

OK
耐 荷

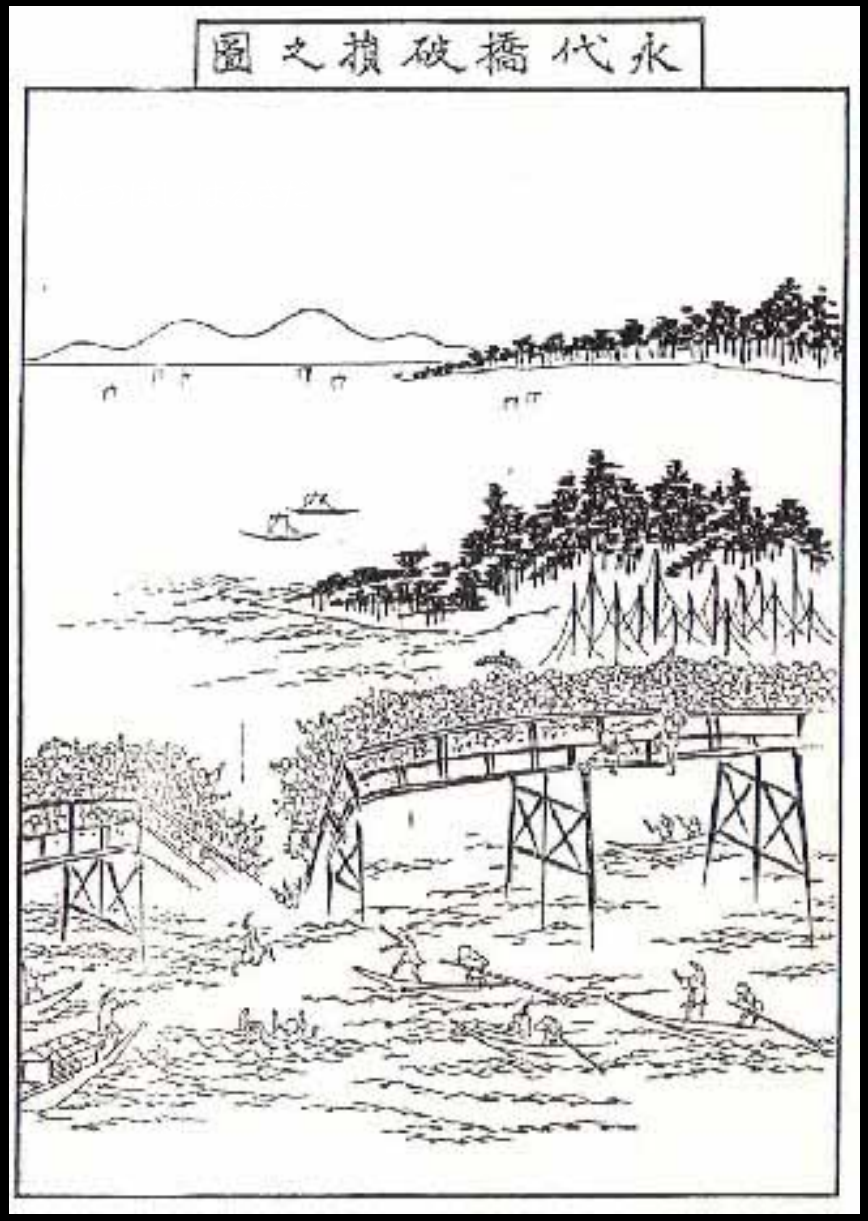
長寿の秘密は「しっかりした維持・管理」
以外にもあるのでは？

江戸時代の永代橋



永代橋（1698年 橋長114間（200m））

東都名所永代橋全図（初代 歌川広重 筆）



文化４年（1807年）
永代橋崩落事故

34年ぶりの富岡八幡宮の大祭で、
押し寄せた観衆の重みで橋が崩壊

一橋治済(12代将軍 徳川家斎の実父)の
船が**橋の下を通過**したため、
橋の通行を一時中止
再開後、通行人が殺到

雨で4日順延 ＝ 川が増水

江東区側の4、5番目の橋脚崩壊

約2mめり込む

死者709人

施工者3人　橋番人7人入牢

「事変吉凶」

時變吉凶聞書巻

○深川八幡祭禮之節永代橋溺死人員數書

文化四卯年八月十五日深川八幡祭禮雨天ニ付相延同十九日ニ相成

見物大勢出候處晝九ツ時頃永代橋深川之方ゟ寄候四之間五之間橋

杭行桁共折れ橋落水死人多在之候ニ付町奉行根岸肥前守掛ゟ而

一死人引渡

一佃島ニ在

一新地在之

一訴出行衛不知分　三百七十一人

一町同心　二人

一寺社同心　二人

惣〆水死人七百九人　落候惣員數不相知但不知腰物百腰餘

掛り與力　中田忠左衛門　安藤小左衛門　仁杉八右衛門

掛り同心　和田惣左衛門　森本庄九郎　高田藤右衛門　筧彦七

入牢橋請負人三人橋番人七人　渡船ゟ船渡い十二人　欠落致候橋番人

相成候橋　掛り役人　たし候船頭　拾壹人　御預ケニ

右之通御座候以上

卯八月十九日

江戸の橋の管理

- 江戸の大方の橋は**幕府が建設・管理**（天下普請）

▼

- 江戸中期、幕府は財政難で橋の**管理費が重荷**

▼

- 新大橋or永代橋の**撤去を検討**➡永代橋廃止決定

▼

- 住民は**廃止反対**、最終的に**町方へ払い下げ**管理

江戸の橋の管理

■ **永代橋**：享保４年（1719年）に深川町へ**払い下げ**
（**新大橋**：延享元年（1744年）に深川町へ**払い下げ**）

▼

■ **民間の管理**となったことで、無料→**有料橋**
（享保21年（1736年）に幕府許可　１～２文/人）

▼

■ しかし、**料金収入**が予想を**下回り**、債務増大
（幕府が管理する両国橋は無料→**交通増**）

事故直前の永代橋の収支

- 天明６年（1786年）　７月の出水で半分が流失→仮橋
- 寛政２年（1790年）　修復完成（仮橋解消）
- 寛政４年（1792年）　補修工事　1,000両支出
- 寛政８年（1796年）　補修工事　1,000両支出
- 寛政11年（1799年）　補修工事　1,000両支出
- 享和２年（1802年）　出水で橋の一部流失

財政難から補修でお茶を濁し、架け替えを先送り

永代橋崩落

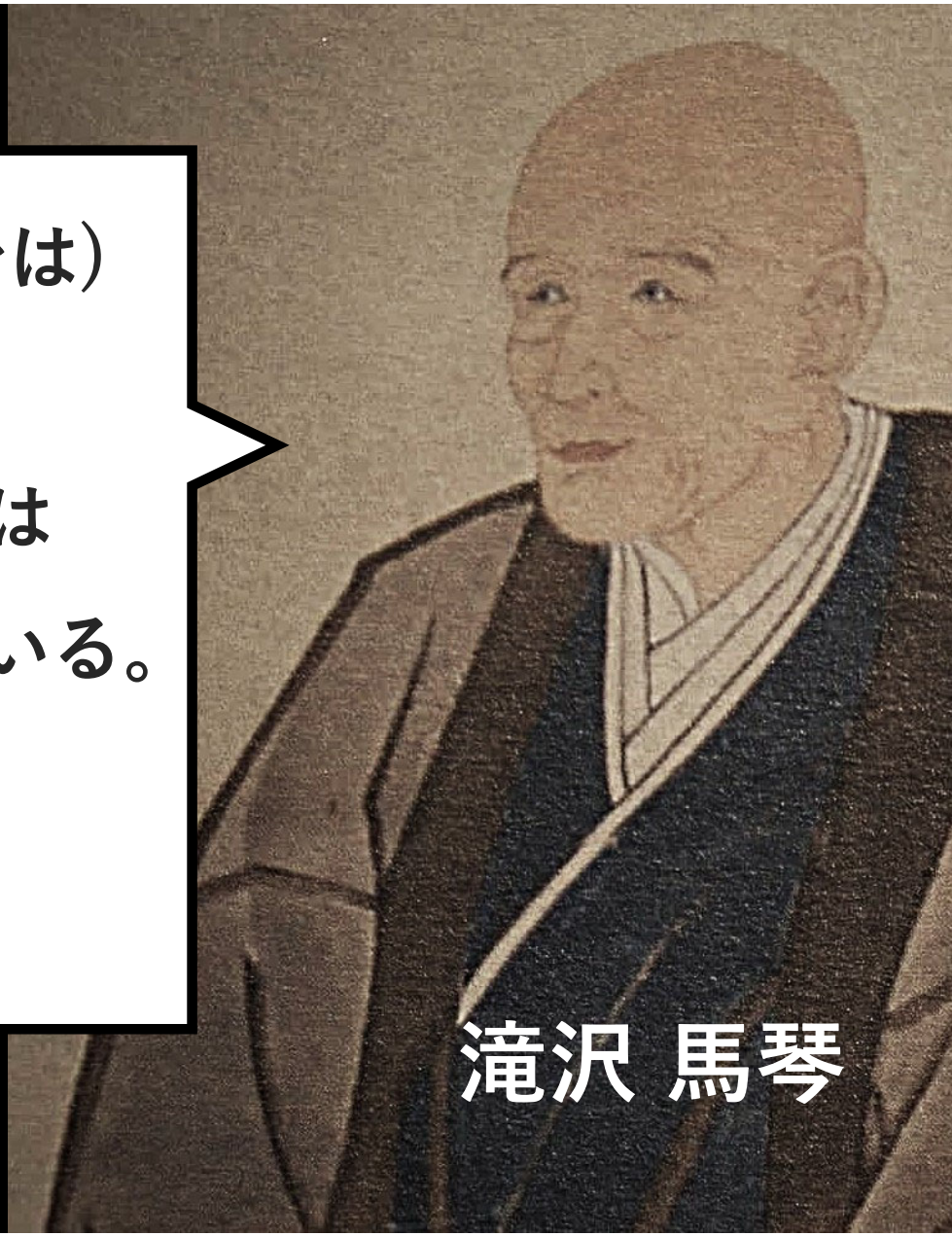
崩落後の幕府の対応

■ 幕府直轄管理に戻し、翌年に
永代橋、新大橋、吾妻橋を**一斉架け替え**

4,300両　**3,700両**

多額の支出
財政をますます圧迫

（橋の管理を民間が行うシステムでは）
橋が朽ちても**速やかに架け替える**
ことは出来ず、やむを得ない時には
仮橋を造って**本普請を先延ばし**している。
これではこの度のような**事故が**、
たびたび**起こる可能性**が大きい。



隅田川以外の橋の管理

- 1734年　日本橋など幕府管理橋126橋
  民間へ一括管理委託（1,200 両/年間）
- 1771年　財政難で委託費500両に**減額**
- 1777年　**管理水準著しく低下**、委託費950両に増額
- 1790年　低下止まらず、**一括委託制度廃止**
- 1824年　**11橋**架け替え
- 1825年　**28橋**架け替え



明治の永代橋

永代橋

・明治８年架設
・橋長：190m



歩道と車道が分離

X型の高欄

桁・橋脚・高欄に塗装

方杖型

石の親柱

明治18年7月4日 隅田川の洪水





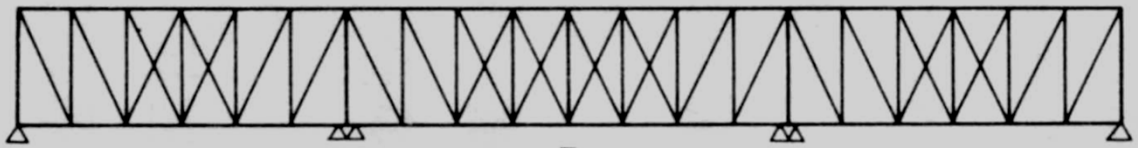
吾妻橋

明治２０年

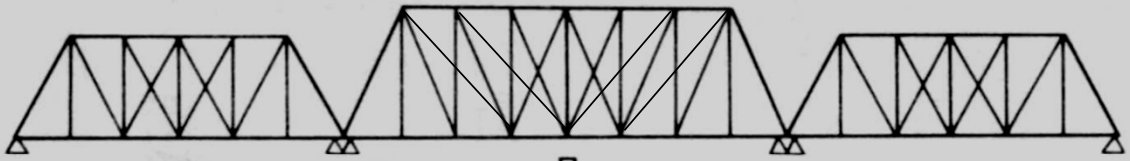
・けた製作：石川島造船
（鋼材は英国より輸入）


日本初の鋼橋
永代橋
明治３０年
・けた製作：石川島造船
（鋼材は英国より輸入）
・下部工：清水組
（東京名所）　永代橋
EITAI BRIDGE, TOKYO

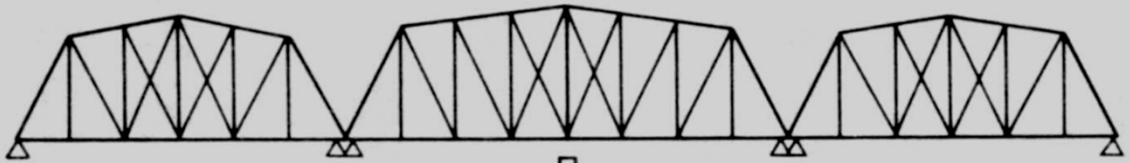
吾妻橋



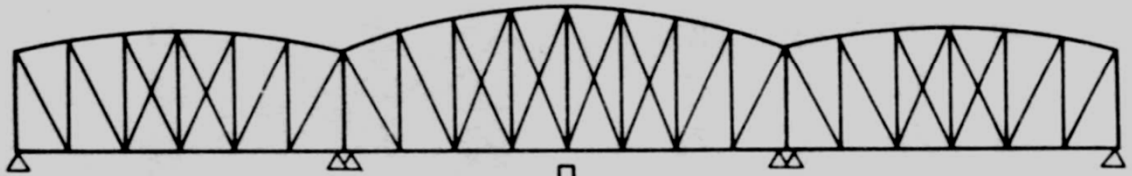
厩 橋



永代橋



両国橋



新大橋



関東大震災

■死者・行方不明
　約10万５千人

■経済被害
　約55億円（国家予算の４年分）

「帝都復興事業に於いて」

復興局土木部長 太田圓三（大正13年7月土木学会講演会）

「昨年９月１日の地震により**東京市の橋梁が受けました震害は、極めて僅少**でありました。

これは東京に於ける**地震の震度が、比較的小さかった**ことと、**橋梁の工事が比較的入念に出来ていた**ことに依るものと考えられます。

唯地震に伴う火災のために、幾多の**橋梁が焼失**したことは、遺憾に堪えない次第であります。」



復興局土木部長
太田 圓三


358／668
震災復興
425
700
幹線道路
復興局：115
東京市：310
生活道路

計算できない橋を
架けろ！

**既成概念に
囚われるな**



太田 圓三

永代橋

大正15年　復興局

The best bridge in Japan

国内２例目のタイドアーチ橋
国内初のスパン100m超橋梁



Greater Tokyo, Eitai Bridge.

橋　代　永（京東大）



清洲橋

昭和３年　復興局

The best bridge in Japan

国内初の
自碇式チェーン吊り橋


The best bridge in Japan
国内初の
３径間鋼アーチ橋
全長 173.2m 幅員 22m
工費 1,751,000円
橋 前 藏
KURAMAE BASHI
（東京の十六大橋）
The 16 Great Bridges of Tokyo

蔵前橋

昭和2年

復興局



駒形橋

昭和2年
復興局

全長 149.1m 幅員 22m
工費 1,900,000円

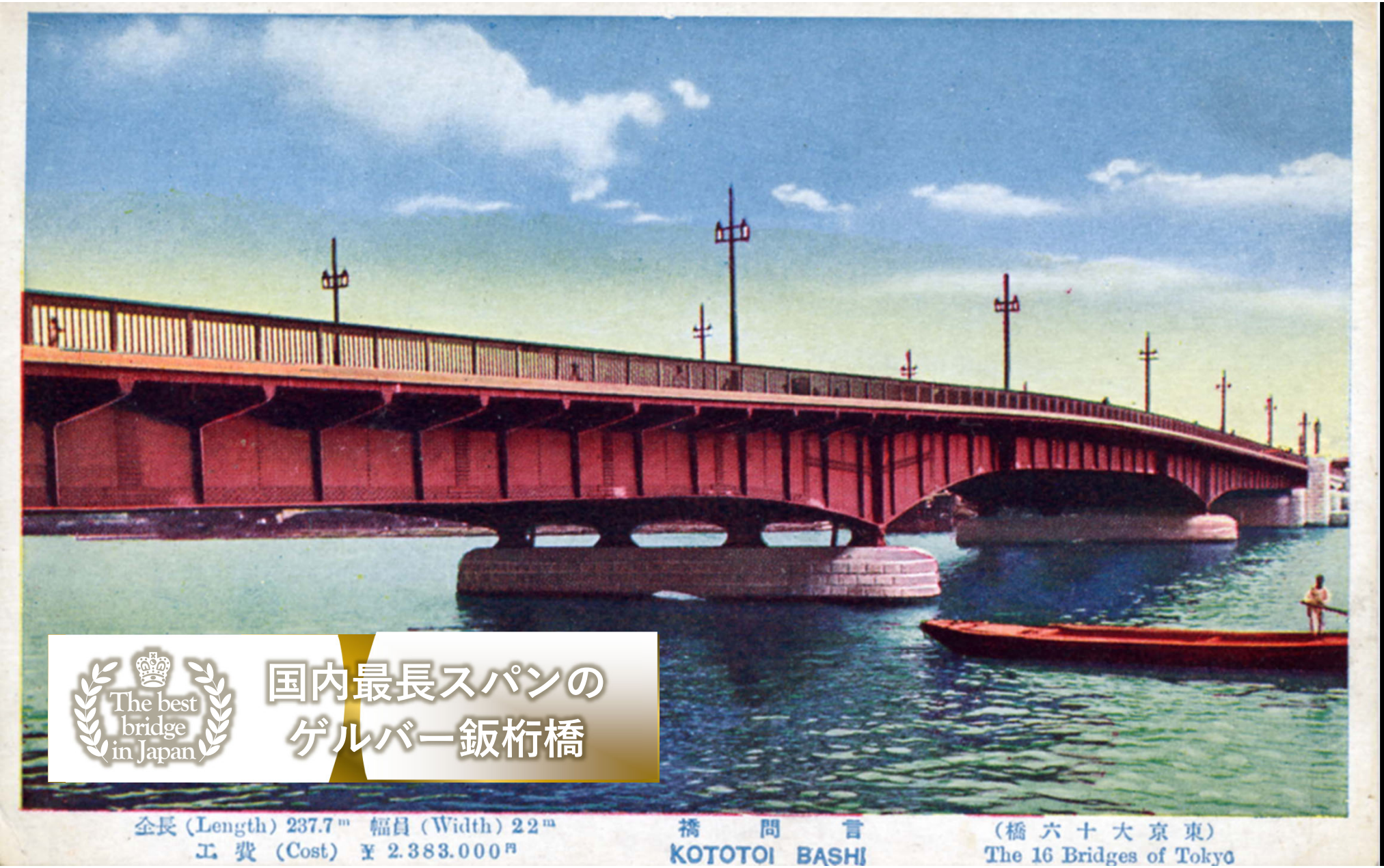
橋形駒
KOMAGATA BASHI

（東京の十六大橋）
The 16 Great Bridges of Tokyo

言問橋

昭和3年

復興局



全長（Length）237.7m　幅員（Width）22m
工費（Cost）¥ 2.383.000円

橋　問　言
KOTOTOI BASHI

（東京大十六橋）
The 16 Bridges of Tokyo

両国橋

昭和7年

東京市



全長(Length) 164.5m　幅員(Width) 24m
工費(Cost) ¥ 968.500

兩　國　橋
RYOGOKU BASHI

（東京十六大橋）
The 16 Bridges of Tokyo

厩橋

昭和４年

東京市



全長（Length）152m　幅員（Width）22m
工　費（Cost）　¥　1.138.000円

橋　　厩
UMAYA　BASHI

（東京大十六橋）
The 16 Bridges of Tokyo



吾妻橋

昭和５年　東京市

The best bridge in Japan

国内初の
３径間鋼アーチ橋






橋の博物館、橋の展覧会

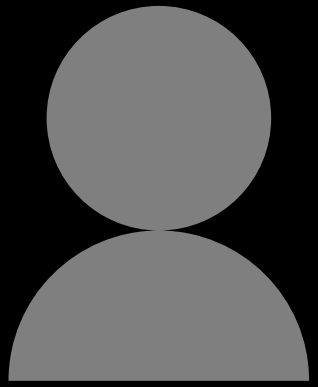
ー 橋世界最先端の多彩な橋梁形式 ー






しかし、**全て同じ橋梁形式**で架けた方が設計も工事も容易で、ひいては**工事期間も短縮**できたはず！

隅田川の橋を
全てトラス橋で
架けるべき



内務省都市計画局
第二技術課長
野田俊彦

工事費も
縮減

Q

なぜ、**違う形の橋**を
架けたのだろうか？

「土木雑誌：エンジニア」1930年３月号

復興局橋梁課長 田中豊

「例えば、同じタイプの橋を架けたらどうか。・・・・この問題は新聞にも出ましたし、また伏見宮がお出になった時にも御下問がありましたが、・・・それが今の様になったのは、それはバラエティーが欲しい、同じ橋を２つも３つも架けるということは面白くない。

土地の状況や路面の状況によりて橋面の高さにも違いがある。例えば言問橋ではアプローチを高くすることが出来るが、永代橋ではそれがほとんど出来ない。それから地質の関係等もありますし、もっとも最後に**技術家にとってそういうチャンスは千載一遇です。少壮の技術家が安く骨惜しみしないで大に働く、大に技量を振るうということは技術の進歩から見ても非常に良いことだと言う理です。**



復興局橋梁課長

田中 豊

「土木雑誌：エンジニア」1930年３月号

復興局橋梁課長 田中豊

それになお付け加えれば、同じ橋を架けておくと同じ時期に壊れる。あるいは同じ時期に廃物になる。例えば大きな地震でもあった時、壊れるとすれば皆一緒に壊れる。だからそんな点からも色々のものを架けた方が良いということになる。

ただし、それは付け足しの理屈だが、そういう訳で**違ったものを架けるというのが、我々技術家として適当ではないか**ということだったのですが、それは中々大きな問題です。」



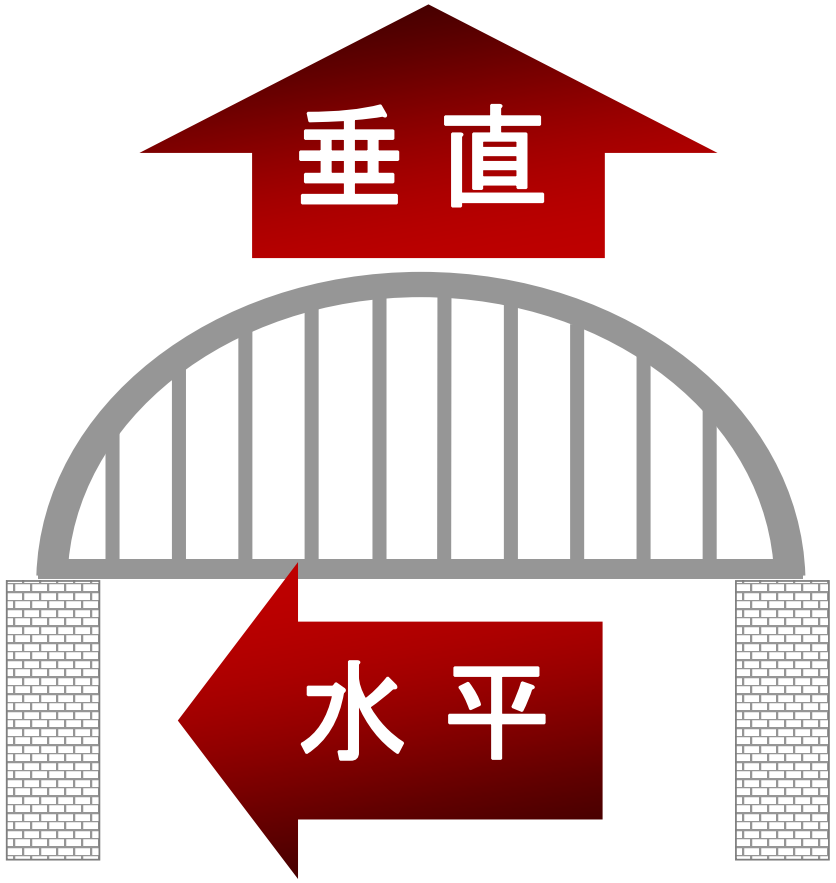
田中 豊

永代橋の設計コンセプト

1. 耐　震

1. 耐震

・世界で初めて、耐震設計（震度法）を採用



0.165×橋の重さ×G

0.33×橋の重さ×G

水平

関東大震災復興	0.33×橋の重さ×G
戦後	0.2×橋の重さ×G
九州	0.18×橋の重さ×G

垂直

現在も 0

「万有科学体系　橋梁」

復興局橋梁課 技師　成瀬 勝武

道路橋示方書の耐震性能Ⅱ

て、

そ

を免れない。

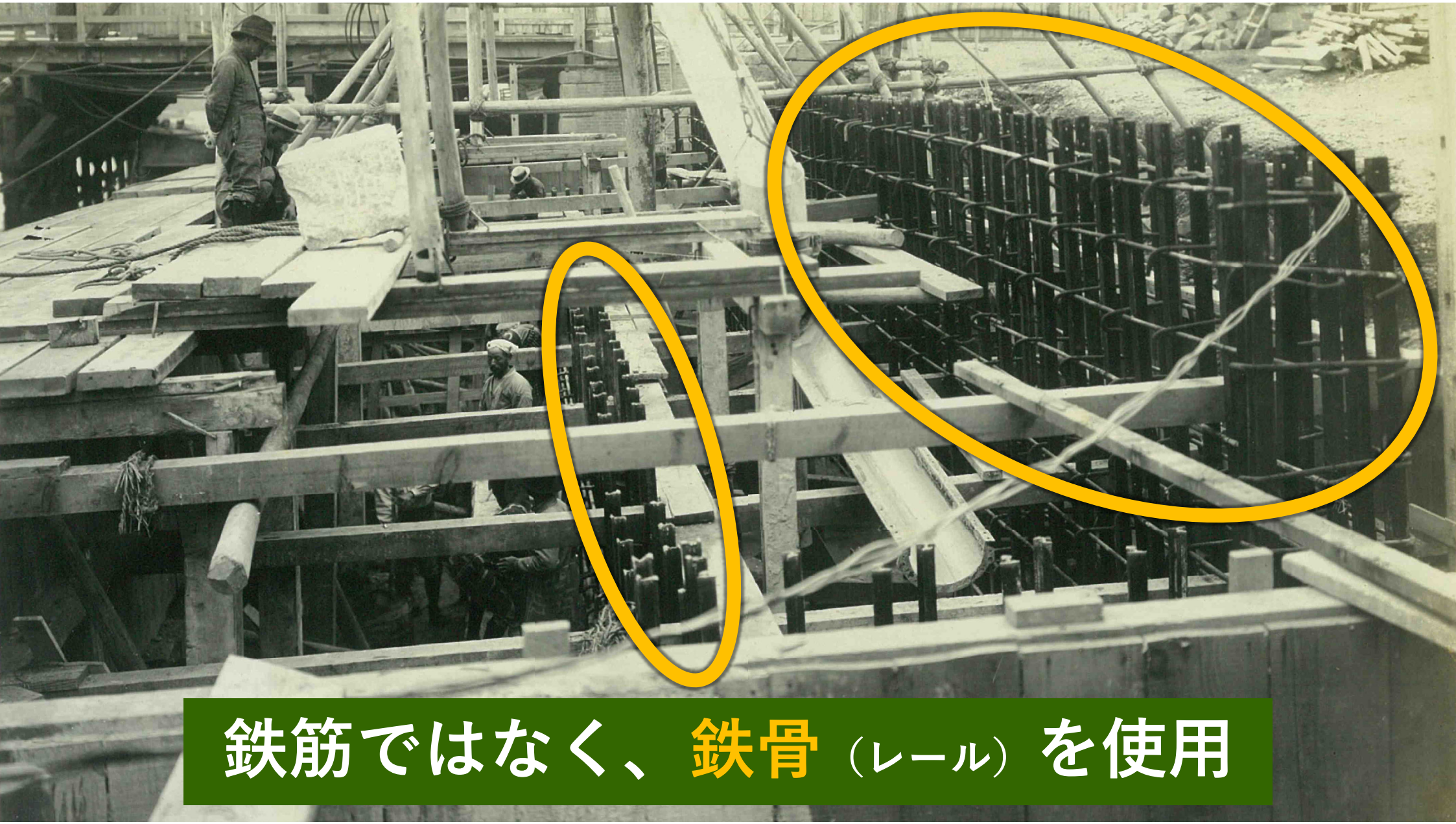
　橋梁の強度には、予め安全率が包含されているし、また未曾有の激震によって**橋梁に小被害があっても**、このために**交通が途絶しなければ差し支えない**という見地から、設計に際して仮定する地震加速度は、幾分内輪にとって差しつかえないのである。

　関東大震災における東京下町の水平地震加速度は、毎秒4,000ミリと推定されているが、復興局橋梁の設計には、3,000ミリとして、重力加速度の１/3をとり、即ち**自重の1/3だけの力を水平地震荷重**と仮定している。

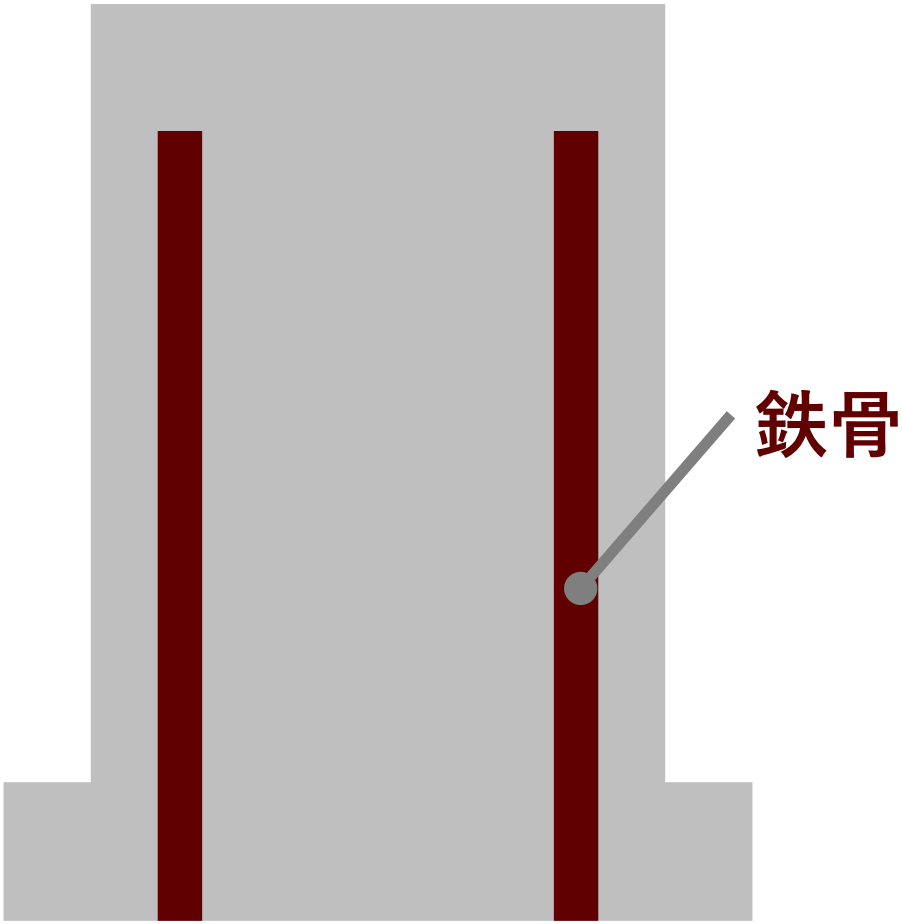
　垂直加速度は、震源地を遠ざかるに従って減少し、一般に水平加速度より小さくとっているが、復興局では重力の1/6、即ち**自重の1/6だけの力を、垂直地震荷重**と仮定している。



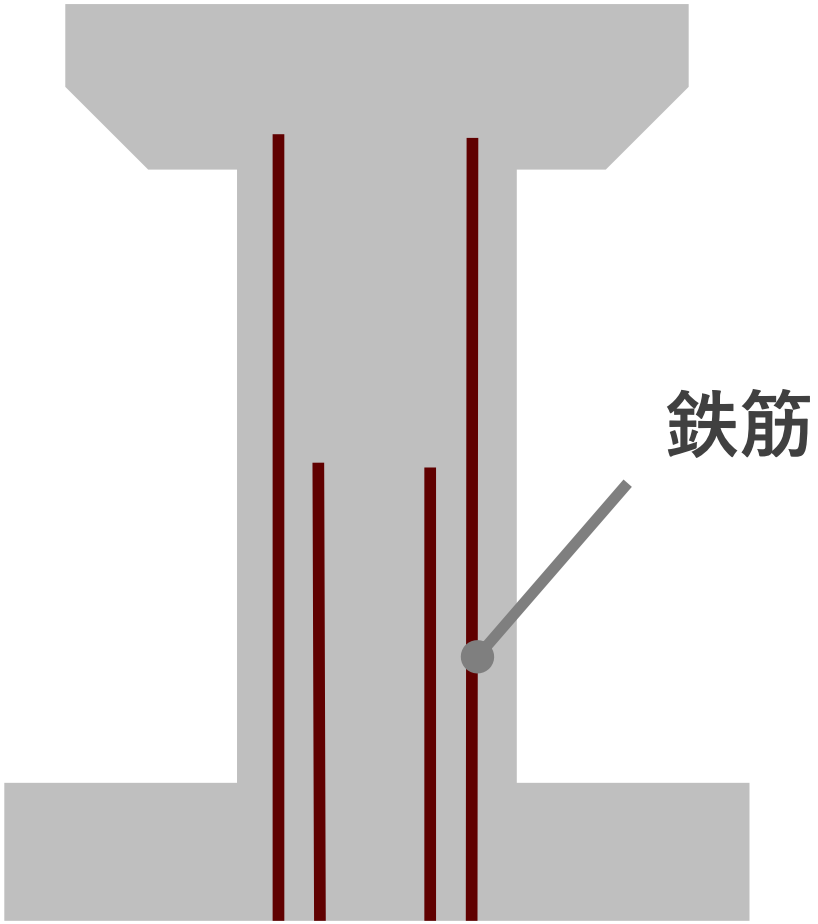
成瀬 勝武

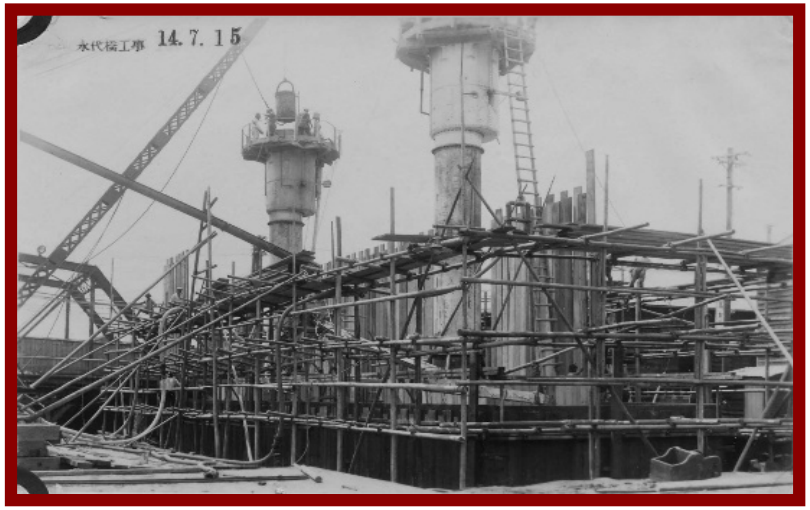

鉄筋ではなく、鉄骨（レール）を使用

震災復興

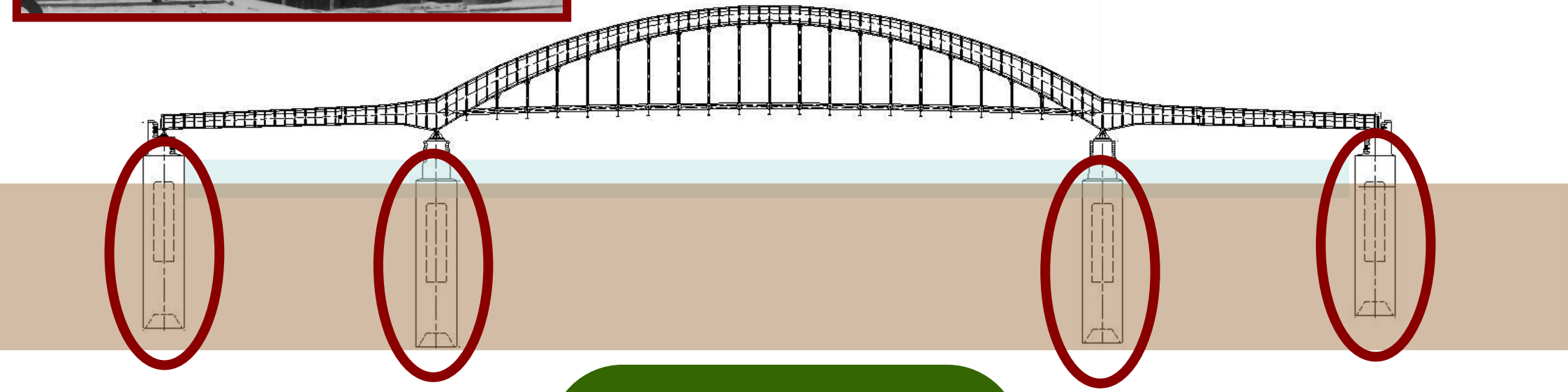


戦　後





国内初のニューマチックケーソン基礎を永代橋に導入



基礎はOK

中古機械を米国から購入
米国人（３人）を招聘し技術指導

▼

指導を仰いでも日本人の手で行う
ことで、**新しい技術を取得**できる

▼

２例目の清洲橋は**日本人の手だけで**施工
ケーソン専業メーカー（白石基礎）起業

国内の技術で
行うべき

外国の企業に請け
負わせればいい



太田 圓三

永代橋の設計コンセプト

2. 耐　荷

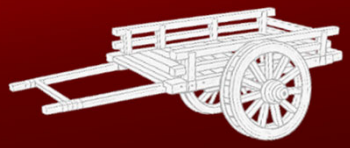
Q

100年前の設計なのに、
こんなに多くの重いトラックが
通行しても大丈夫なの？

活荷重の設定

「自動車は目下の状態では５、６tの全重あるものが重い方であるけれど、道路橋梁の発達と共に、**著しく増大する傾向**があって、**10ｔ以上15ｔ位を予想するのが適当**である。」

成瀬勝武『万有科学体系 橋梁』より



大正12年 関東大震災
人力車 登録数最多



復興局橋梁課 技師
成瀬勝武

活荷重の設定

- 群衆荷重：500kg/㎡、
- 電車荷重：27.2t、
- 自動車荷重：13.6t、
- ローラー荷重：13.6tなど、

当時としては**破格の荷重**を見込んだ。

成瀬勝武『万有科学体系 橋梁』より



復興局橋梁課 技師
成瀬勝武

永代橋の設計コンセプト

３．耐久性

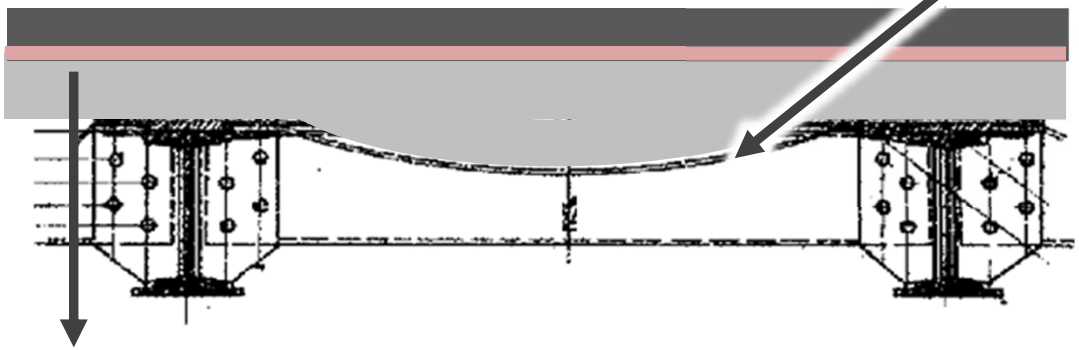
バックルプレート床版



水抜き穴

鋼鈑：厚さ８ｍｍ

（裏側にも塗装）



舗装

防水層（ﾀｰﾙ）

床版コンクリート

骨材：伊豆の軽石

軽量コンクリート

高耐久性（コンクリート）



表面の花崗岩の
厚さ約50cm

流木などから防護

塩水・CO_2から防護

高耐久性（コンクリート）



コンクリート
は現場練り

水セメント比が小さい

中性化（塩害）は進行し難い

永代橋の設計コンセプト

４．その他

多くの橋の主桁に

トラスではなく、鈑構造を採用

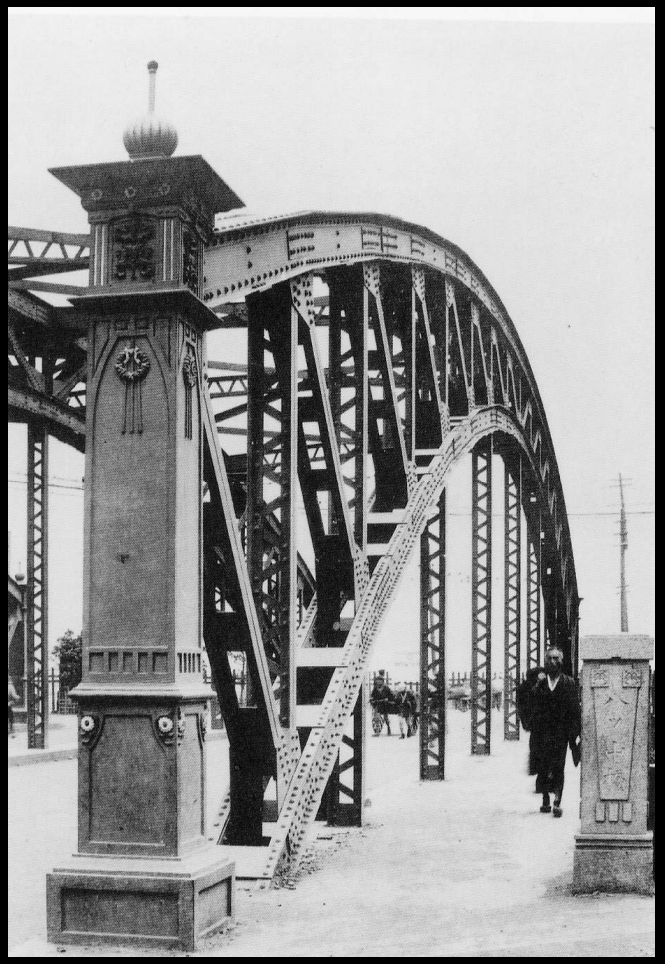


美しさの秘密は？

震災復興以前の橋門構デザイン

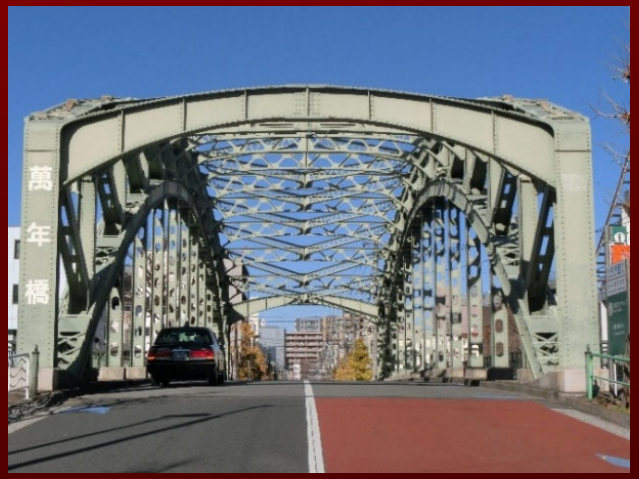






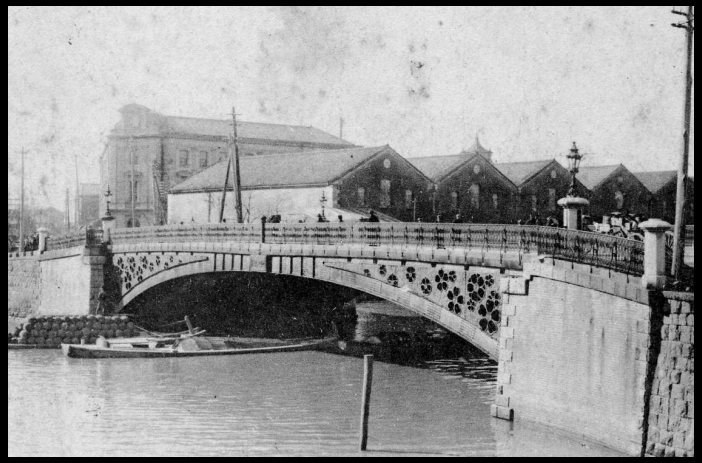
震災復興の橋門構デザイン



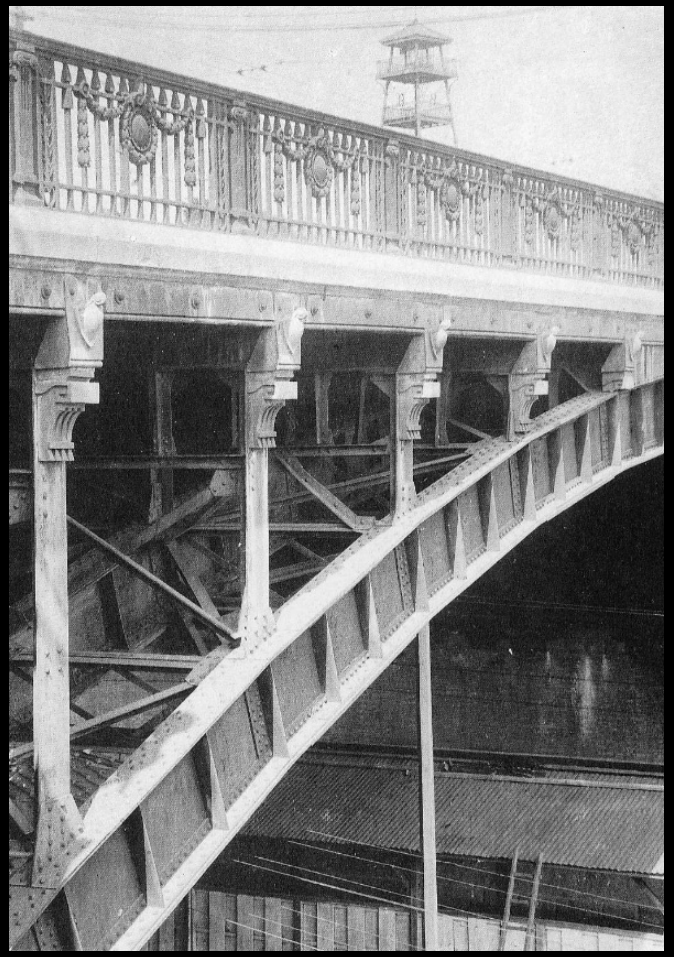




震災復興以前のアーチスパンドレルのデザイン







震災復興のアーチスパンドレルのデザイン







震災復興以前の親柱デザイン







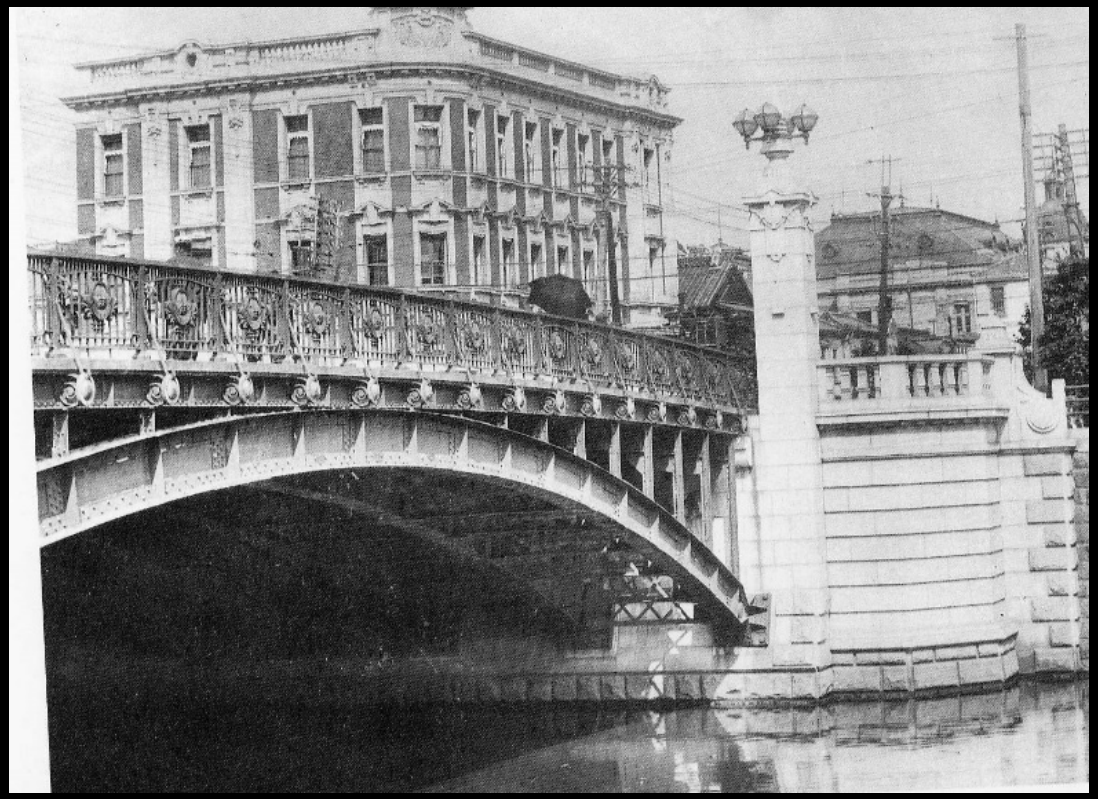
震災復興の親柱デザイン







震災復興以前の高欄のデザイン







震災復興の高欄のデザイン





豊な装飾 ➡ シンプル

「復興橋梁の設計について」

太田圓三（土木雑誌「道路」1925年7月）

■橋の美しさは**構造美**にある

■(橋上の)軽薄な装飾は、捨てるべき

■橋のデザインは、**建築家に頼まなければ**仕方ない



太田 圓三

「復興橋梁の設計について」

太田圓三（土木雑誌「道路」1925年7月）

■橋構造は土木、意匠は建築家と
分業では、竹に木を継いだようで、
構造物の統一性にかける。



太田 圓三

「復興橋梁の設計について」

太田圓三（土木雑誌「道路」1925年7月）

■そこで、**土木技術者と建築家**が、**設計当初から協同**してデザイン・設計を行うべき

■**土木技術者は、デザインも考慮**して構造設計を行うべき

■**建築家も橋梁の力学特性を勉強**し、理解すべき



太田 圓三

田中豊は、逓信省から山田守や
山口文象らの**若手建築家をスカウト**

アールデコを飛び越え、建築に先駆けて、
現代につながるモダニズムデザインを橋で実現



山田 守
（28歳）



山口文象
（22歳）

山口 文象

復興局 建築家



「デザインばかりでなくて構造も知らなければならないというので、橋の勉強をいたしました。

いま東大土木の名誉教授で福田武雄という先生がおりますが、一緒に勉強させてもらいました。いろんな橋をやりました。（中略）

土木の連中が『今日は横浜の港の方をやっちゃおうか』『よし』ってわけでグーッと車で見てきてバタッバタッとスケッチをやる。そうする土木の方からクレームがあって、こんなのできやせん、それじゃこうしようとかああしようとか、**両方でディスカッション**をして決めていくのです。そんなわけで随分やりました。」

復興局橋梁課

田中豊35歳





成瀬勝武
27歳



福田武雄
22歳



鈴木清一
23歳



山口文象
22歳



山田守
28歳

東京市橋梁課

橋梁課長
谷井陽之助
31歳





設計係長 小池啓吉
28歳



滝尾達也
26歳



徳善義光
25歳

永代橋100歳

美しさと長寿の秘密

(公財)東京都道路整備保全公社
多摩橋梁担当課長
紅林章央