

平成28年度 橋梁技術発表会

自動化が進んだ鋼橋製作の今！！

～鋼橋製作の移り変わり～

技術委員会 製作小委員会

恩田 直樹

板橋 健一

蓬萊 寛一

萩原 篤



1

発表内容

1. 鋼橋の歴史
2. 工場製作の流れ
3. 原寸
4. けがき
5. 切断
6. 孔あけ
7. その他加工
8. 組立・溶接
9. 仮組立
10. 防錆・防食
11. 今後の展望
12. 終わりに

2

1. 鋼橋の歴史

世界初の鉄製橋梁

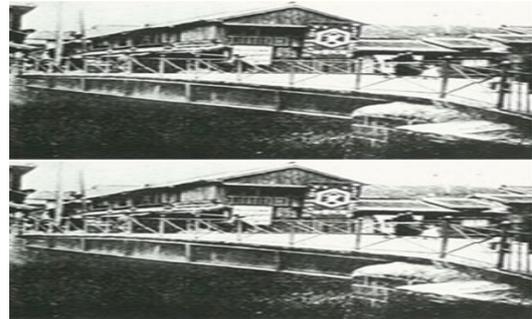
「アイアンブリッジ」 (1779年)



橋年齢237歳

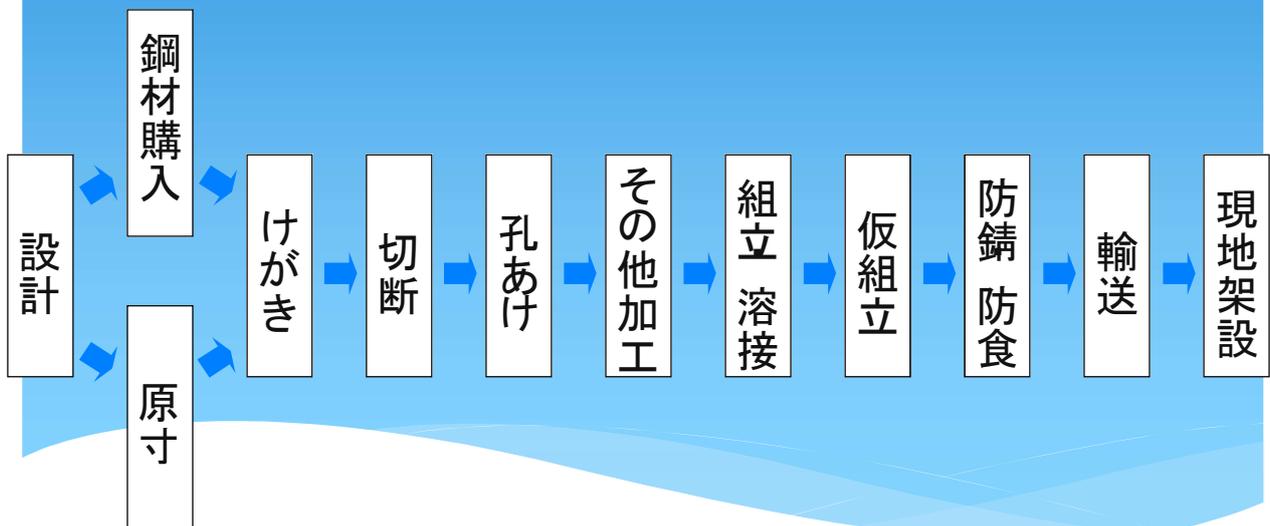
日本最初の鉄製橋梁

「くろがね橋」 (1868年明治元年)



3

2. 工場製作の流れ



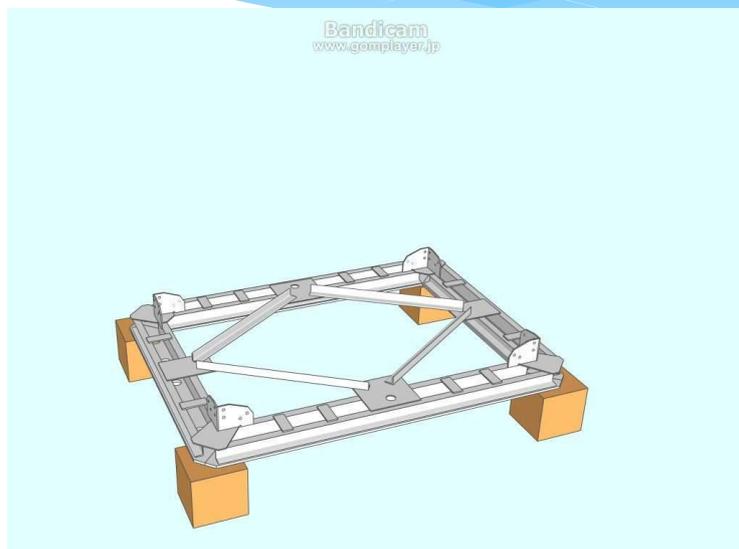
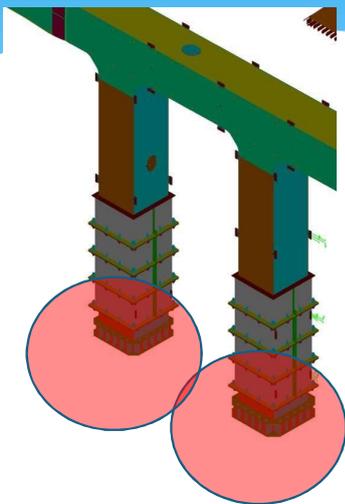
4

工場製作（I桁）



5

工場製作（アンカーフレーム）



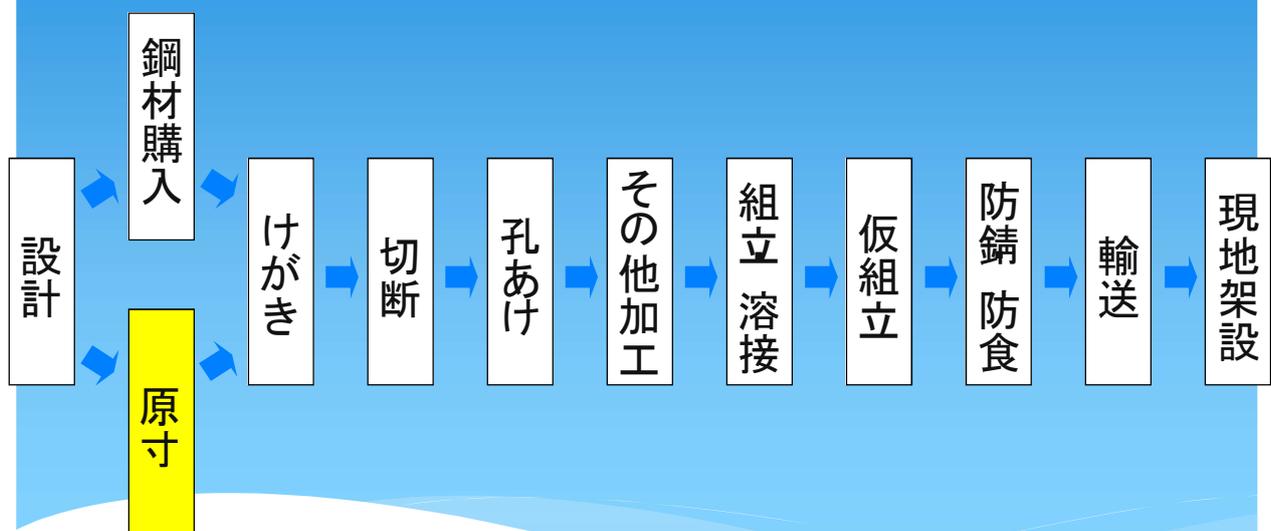
6

製作技術 主な変遷

- ①原寸: 床書き原寸法⇒NC原寸法
- ②けがき～孔あけ: 工作機械による自動化
- ③その他加工: 切削技術の発達
- ④組立・溶接: 手溶接⇒自動溶接、ライン化
- ⑤仮組立: 実仮組立⇒仮組省略、シミュレーション
- ⑥防錆・防食: 耐候性橋梁、溶射、新しい塗料

7

3. 原寸

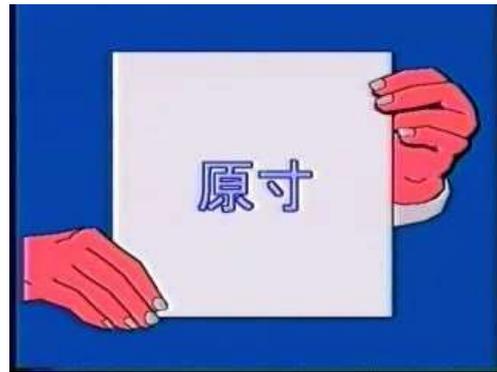


8

原寸の目的

- ①部材・部品の正確な寸法の決定
- ②NCデータ、加工・仮組立等の指示伝票の作成
- ③各部品、各部材の取り合い、施工性の検討

模型による作業性確認例

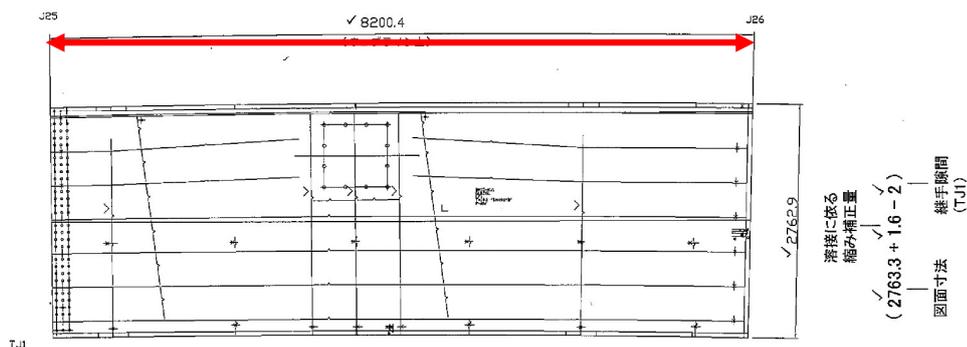


9

原寸のOUTPUT

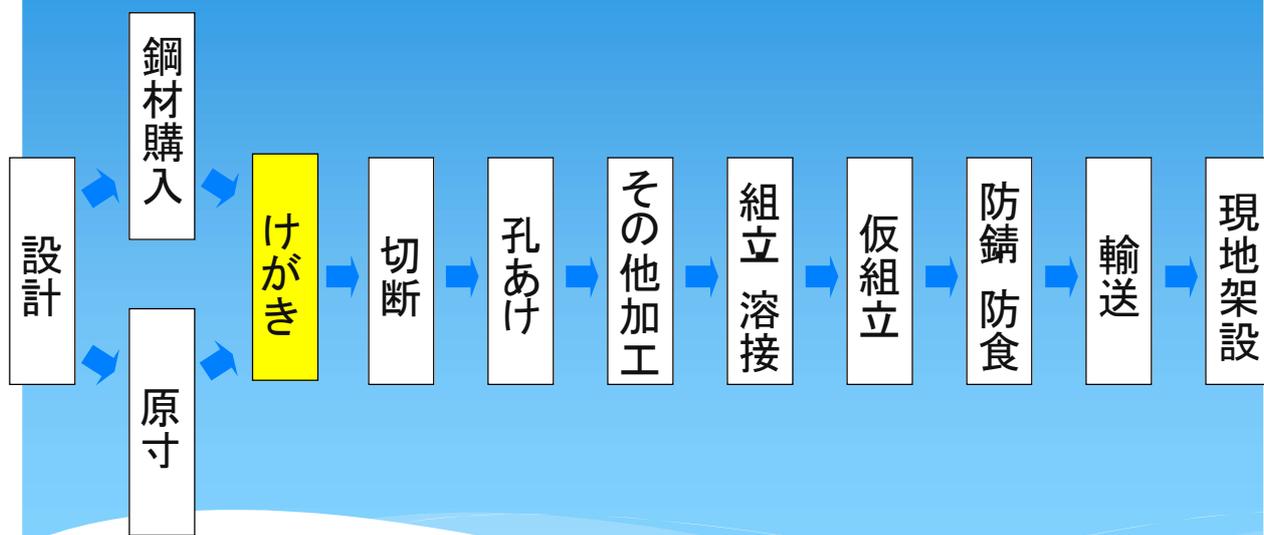
加工データ例

設計寸法8200.1+横断勾配・製作そり0.6+
溶接收縮1.9+継手隙間-3+球面補正0.8=8200.4



10

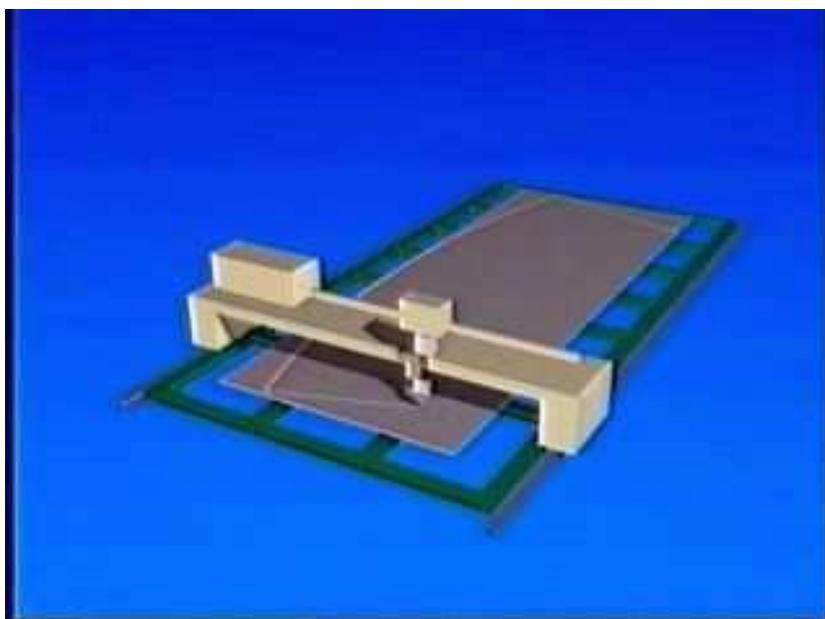
4. けがき



11

NCけがき装置

けがき線、マークなどを制御装置に数値入力し、その指令に従って自動的にけがく



12

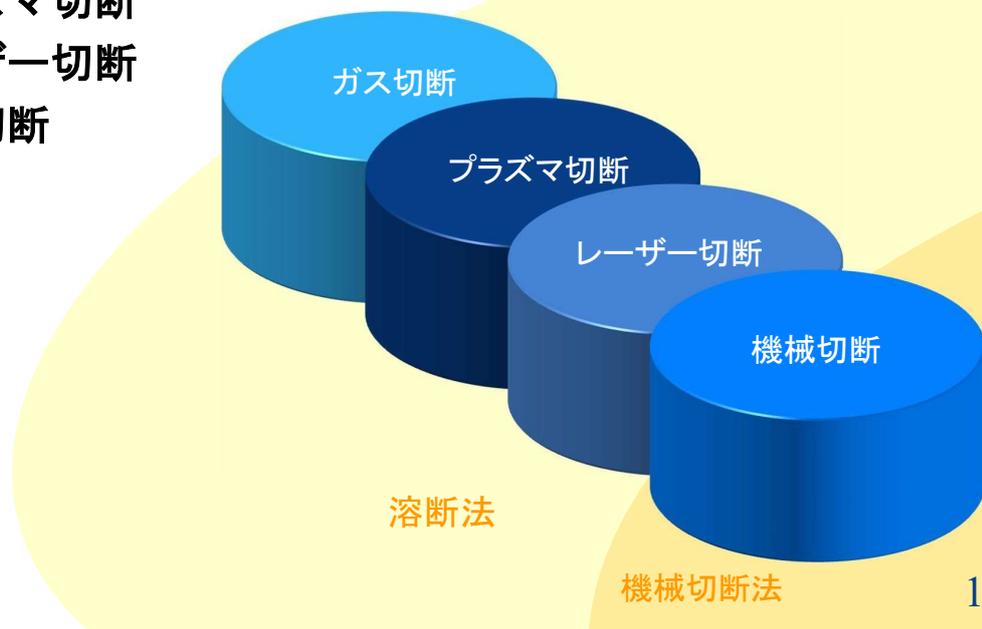
5. 切断



13

切断の種類

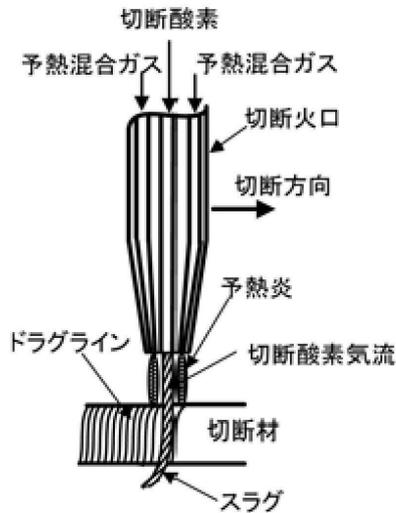
- * ガス切断
- * プラズマ切断
- * レーザー切断
- * 機械切断



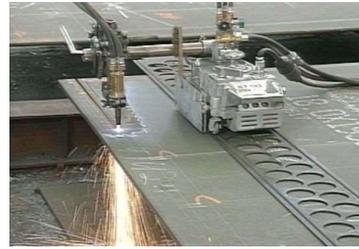
14

ガス切断

ガス切断の原理



ポータブルガス切断機



フレームプレーナー

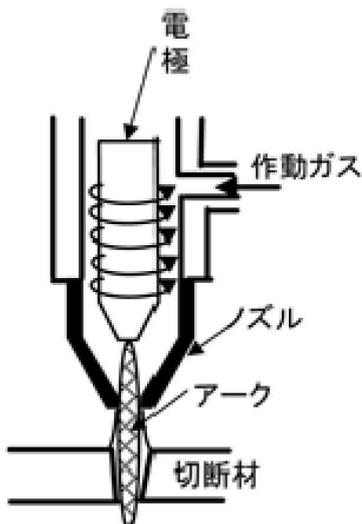


参考:要説 熱切断加工のQ&A 日本溶接協会

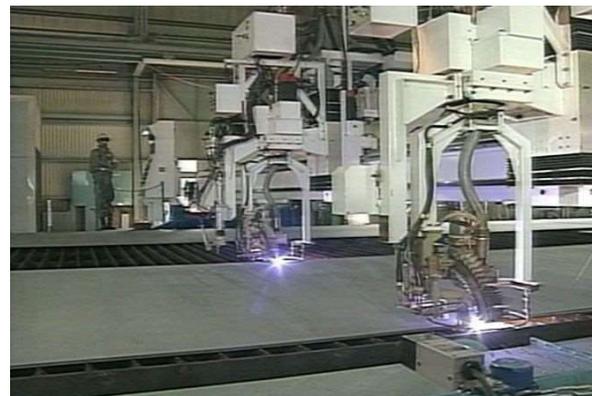
プラズマ切断

- ・ ウェブプレートや曲線のフランジプレート等を高速で切断可能
切断速度は、ガス切断の約3倍
- ・ 板厚32mm程度まで切断可能

プラズマ切断の原理



NCプラズマ切断機

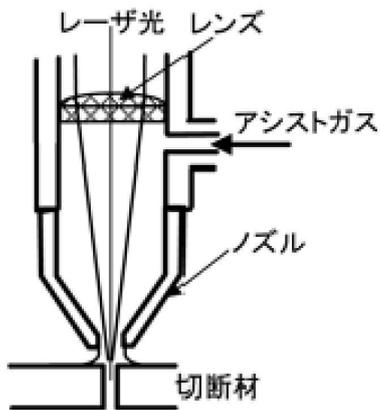


参考:要説 熱切断加工のQ&A 日本溶接協会

レーザー切断

- ・ 切断精度が高く、複雑な形状の切断が可能
- ・ 板厚24mm程度まで切断可能

レーザー切断の原理



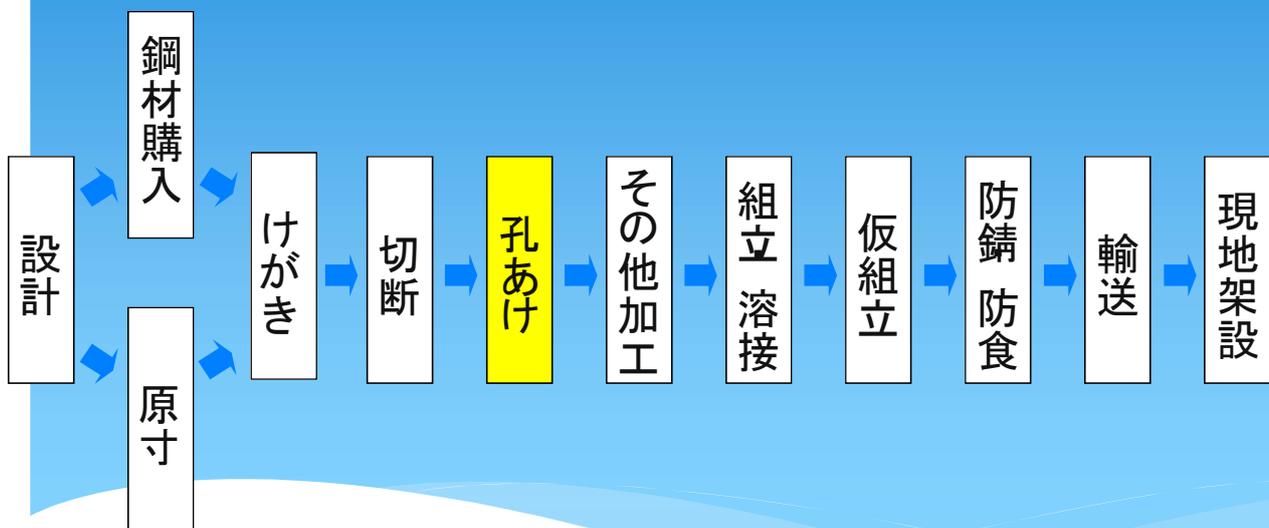
NCLレーザー切断機



参考: 要説 熱切断加工のQ&A 日本溶接協会

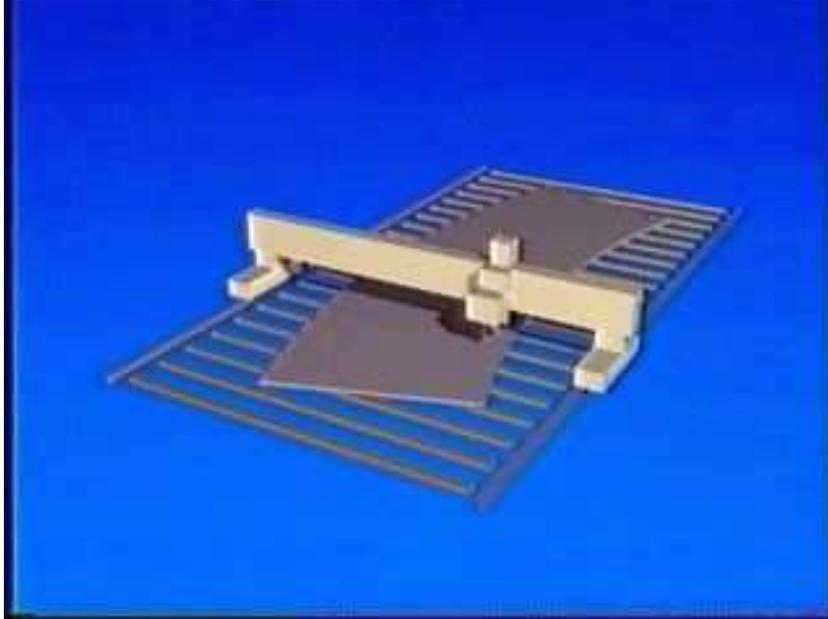
17

6. 孔あけ



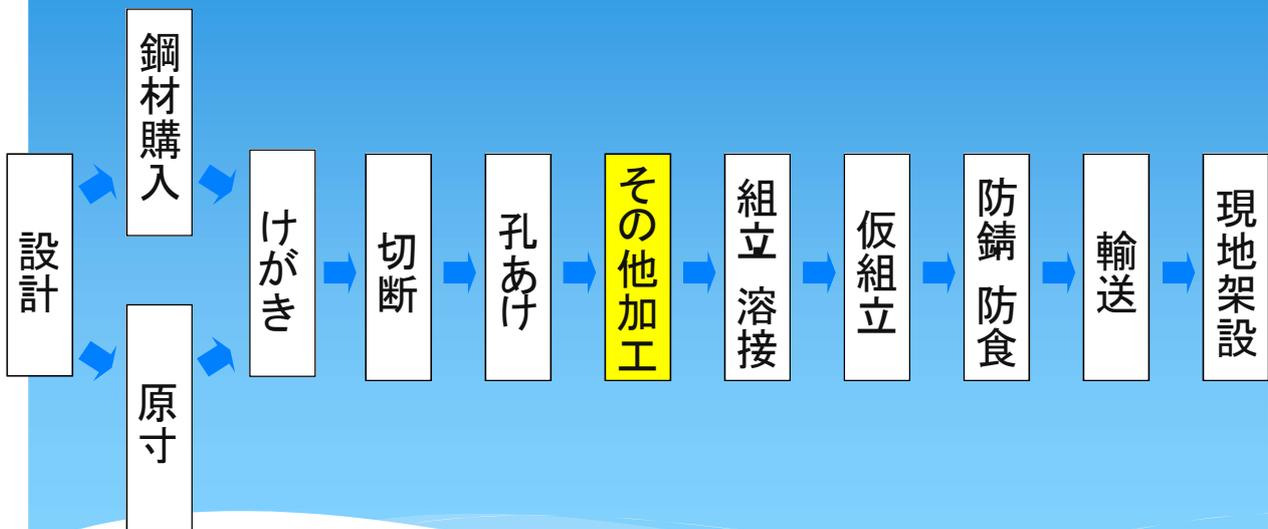
18

N C 孔明け装置



19

7. その他加工

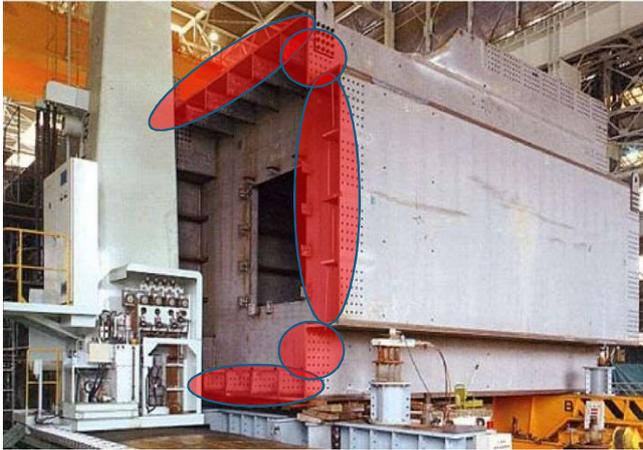


20

切削

* 組立溶接完了後の端面削り例

フェーシングマシン



 切削する部分

密着度確認用ゲージ



21

曲げ加工

* 冷間曲げ

* 熱間曲げ

現在は、プレス、ローラーによる冷間曲げが主流

油圧プレス

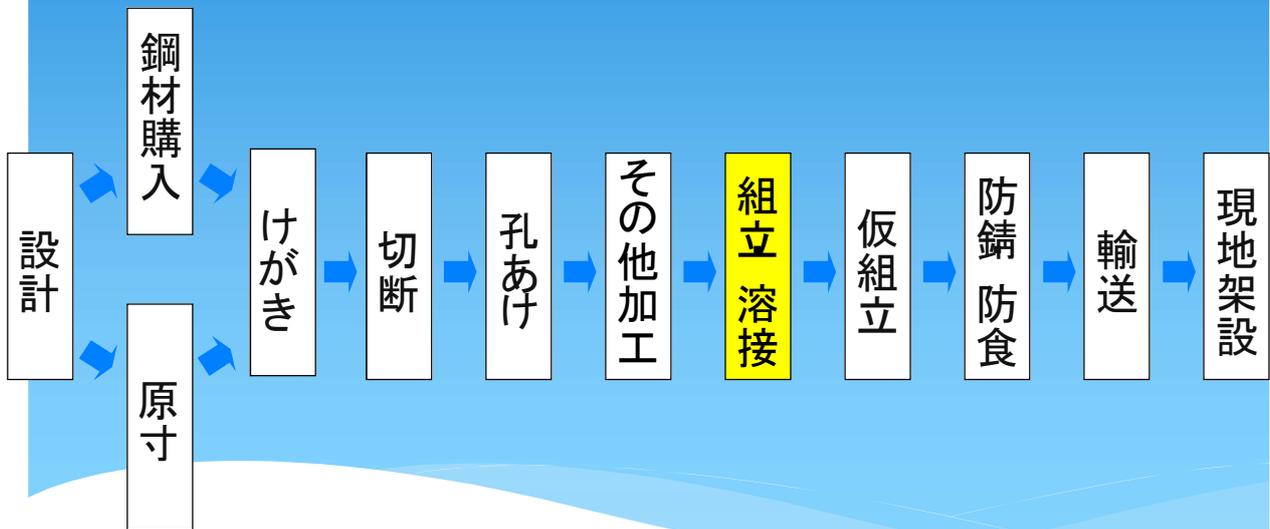


ベンディングローラー



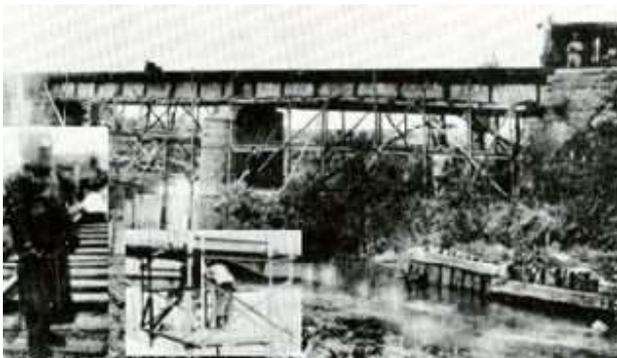
22

8. 組立・溶接



23

溶接の歴史（リベットから溶接へ）



初の溶接補強が実施された檜山川橋梁
(1931年)



初の完全溶込み溶接継手を取り入れた
恵川橋（1949年）

24

溶接法及び材料の変遷

- 1904年 被覆アーク溶接法の開発・輸入
- 1950年 サブマージアーク溶接法の開発・輸入
- 1953～55年頃 ガスメタルアーク溶接法の開発
- 1970年頃 半自動溶接の普及
- 1990年頃 自動溶接、ロボット溶接の普及



昭和初期の工場溶接風景

25

I 桁 ①組立・溶接

I形組立装置



I桁溶接装置(2電極サブマージアーク溶接機)



I桁矯正装置



26

I 桁 ②組立・溶接

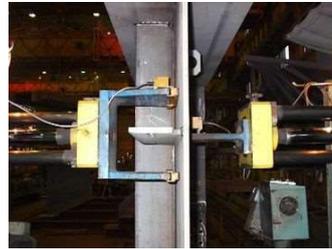
補剛材組立溶接



補剛材本溶接(多関節CO2溶接ロボット)

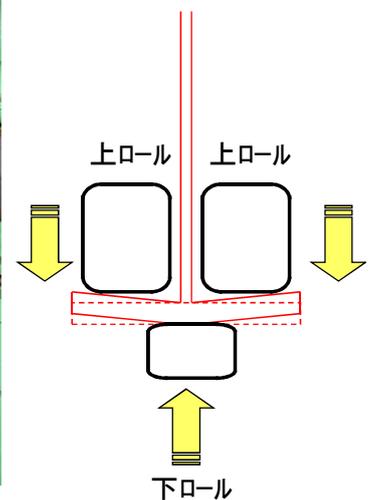


I桁矯正装置



27

I 桁矯正装置



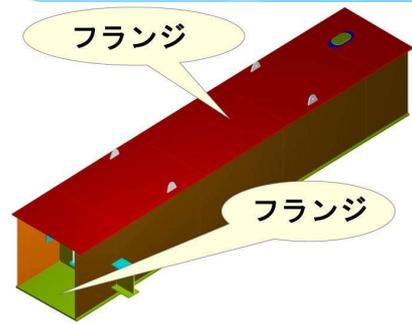
28

箱桁 ①組立・溶接（フランジ）

縦リブ組立装置



多電極自動溶接装置



ローラー式パネル矯正装置



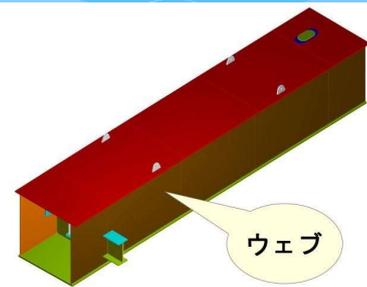
29

箱桁 ②組立・溶接（ウェブ）

補剛材組立



補剛材溶接(多関節CO2溶接ロボット)



金型式パネル矯正装置



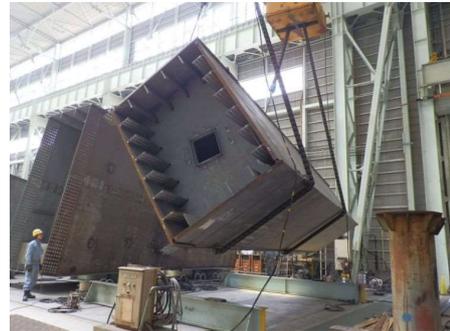
30

箱桁 ③組立・溶接

組立・溶接(CO2自動溶接機)



反転



1960年台の組立・溶接の様子



ブロック反転ができなかったため、回転枠により反転させている

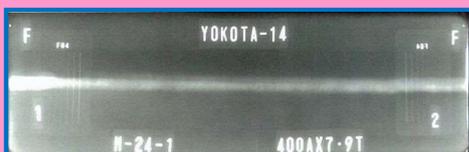
内部きず検査 (非破壊検査)

放射線透過試験

X線装置

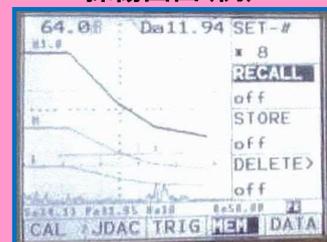


X線フィルム(撮影フィルム)



超音波探傷試験

探傷画面(例)



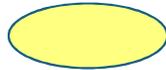
探触子



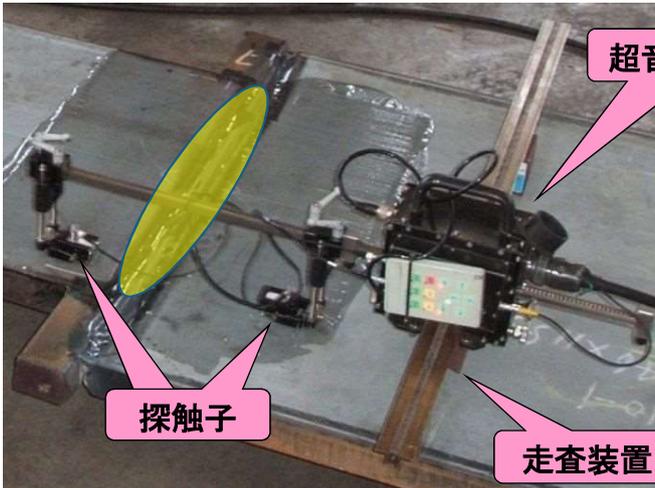
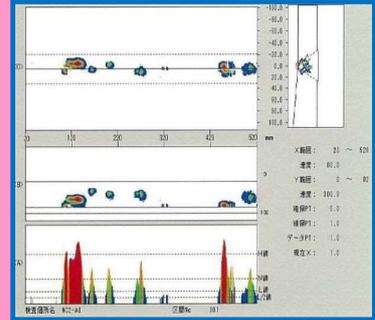
超音波探傷器

自動超音波探傷試験装置

探傷結果を記録し画像化、判定する
自動超音波探傷試験装置(AUT)

 探傷位置を示す

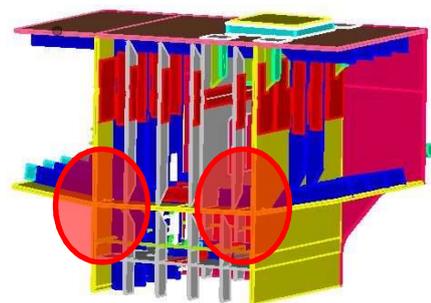
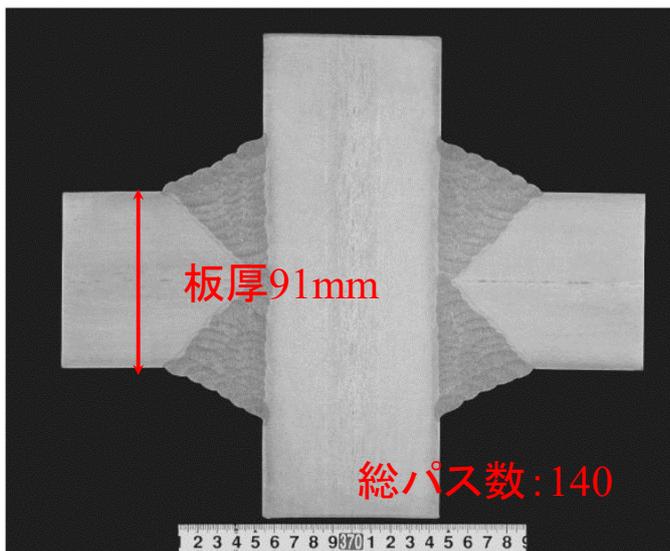
画像表示装置(記録見本)



33

溶接 最近の傾向

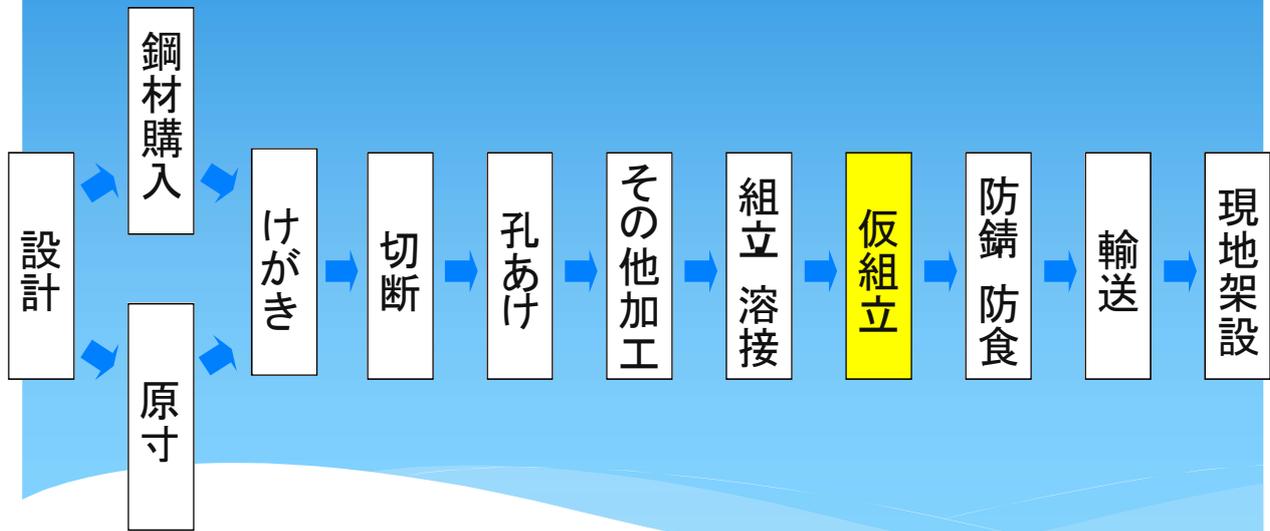
厚板の溶接(橋脚十字継手)



- ・高度な技能が必要
- ・溶接完了までに数週間要する場合もある

34

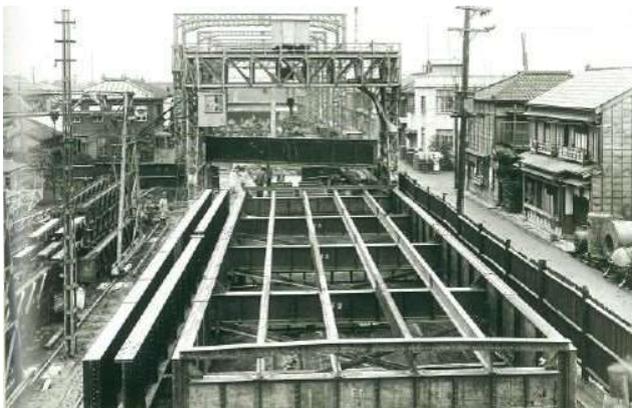
9. 仮組立



35

仮組立の目的

- ①部材精度や組立精度を確認
- ②架設現場での工場仮組立の再現性を保証する作業



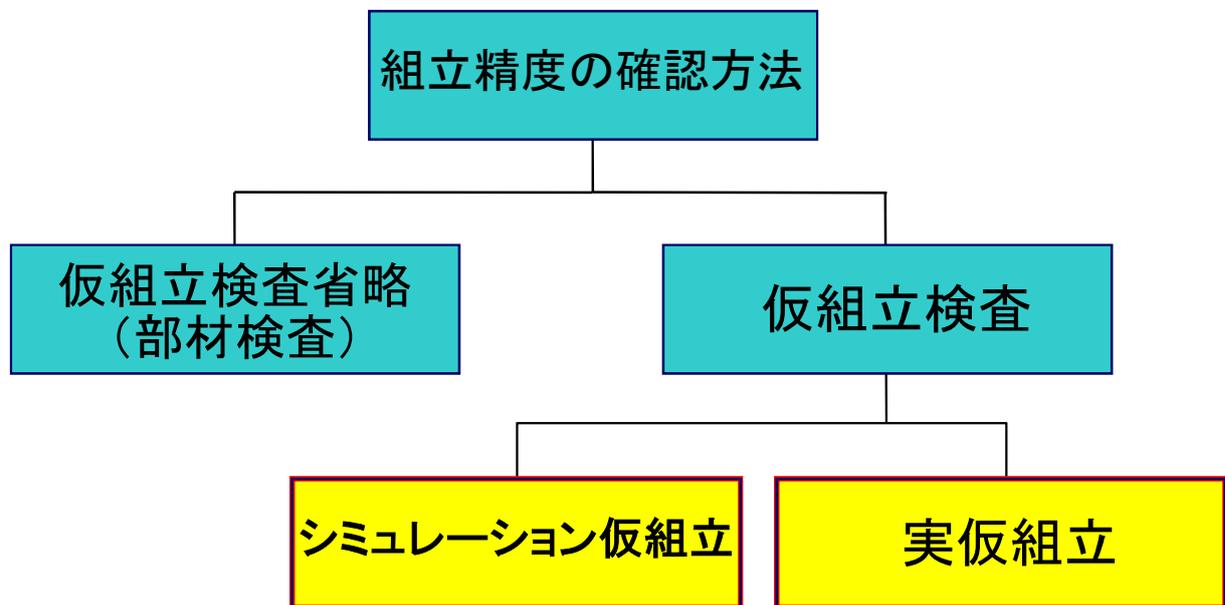
昭和初期の仮組立



現在の仮組立

36

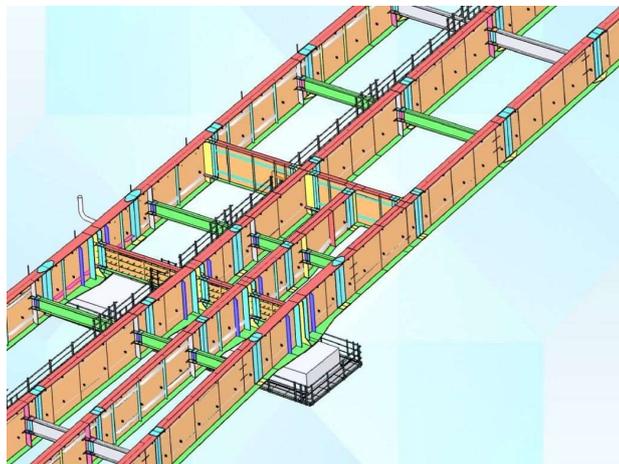
組立精度の確認方法



37

シミュレーション仮組立

- シミュレーション仮組立
 - 単品部材の計測データをもとに机上で数値仮組立を行う方法で実仮組立と同等の確認が可能



シミュレーションによる仮組立配置画面

38

部材計測方法

① CCDカメラによる計測



② トータルステーションによる計測



③ 3次元視覚センサーによる計測

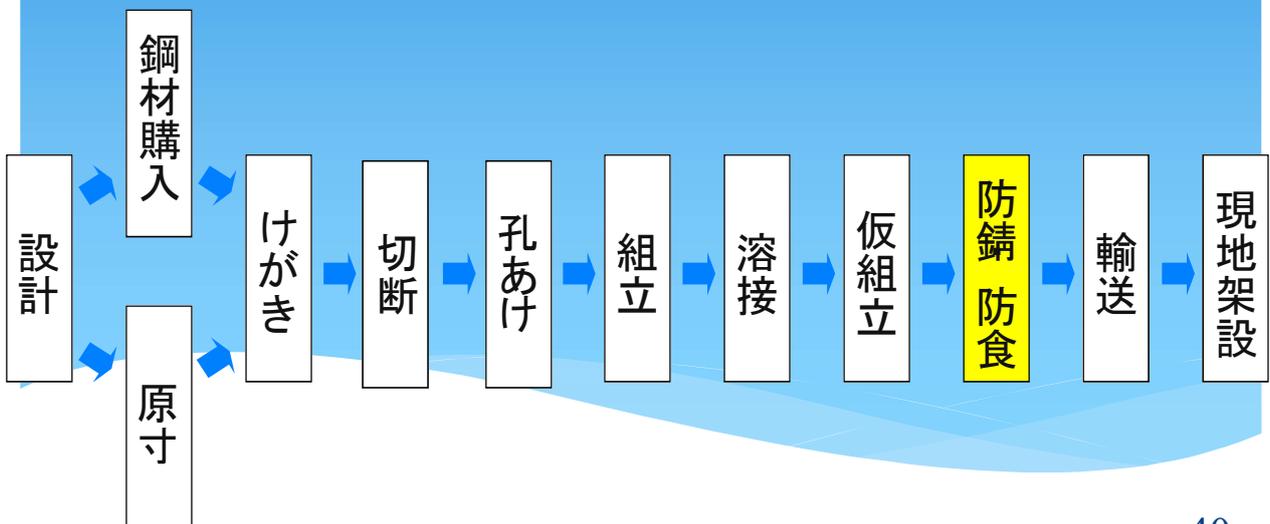


④ デジタルカメラによる計測



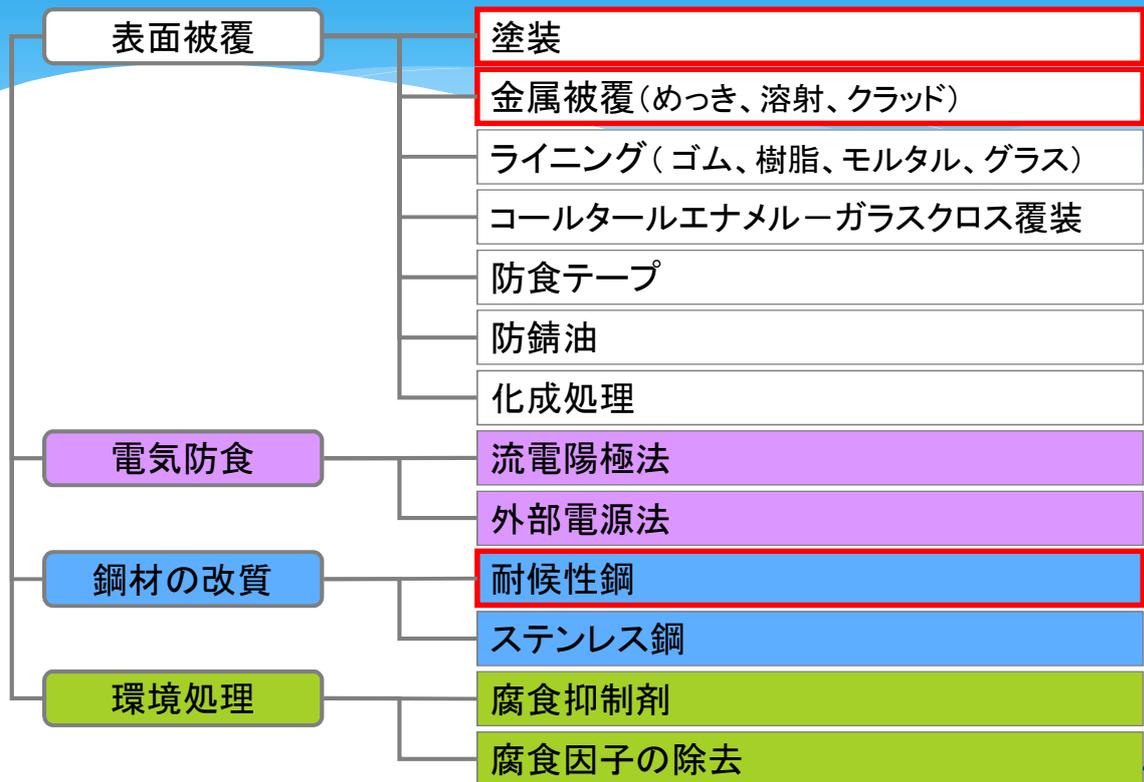
39

10. 防錆・防食



40

防錆・防食方法



41

塗料・塗装の変遷

1885年 国産塗料製造開始

1950年代

- ・エポキシ樹脂塗料, ポリウレタン樹脂塗料などの開発

1960年代

- ・ブラスト処理の普及
- ・エアレススプレー法の採用開始

1984年

- ・常温乾燥型ふっ素樹脂塗料の開発

42

新しい塗装技術

環境にやさしい塗装系

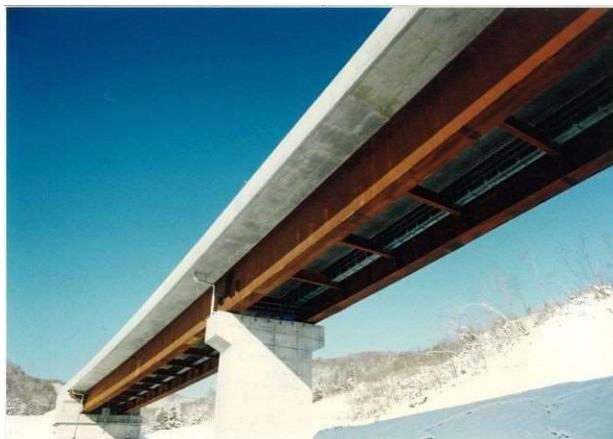
		環境にやさしい塗装仕様の例 1 (溶剤削減率約1/3)	
		素地調整	プライマー
製鋼工場	1	素地調整	ブラスト処理
	2	プライマー	無機ジンクリッチプライマー
製作工場	3	二次素地調整	ブラスト処理
	4	防食下地	無機ジンクリッチペイント
	5	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗
	6	下塗	低溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗
	7	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗
	8	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗

低溶剤形塗料を使用⇒溶剤の使用量1/3⇒VOC削減

43

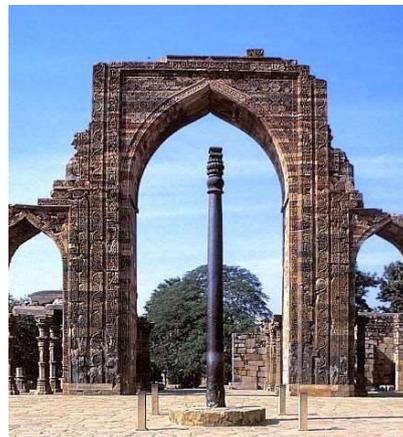
耐候性鋼の橋梁

表面に生成される緻密なさび層により腐食の進行を抑制し、無塗装で優れた耐食性を発揮



ホロナイ川橋(北海道1996年)

(参考)デリーの鉄柱(A.C400年頃)



耐候性鋼と同じ考えの鋼材を使用している

44

金属溶射①



皇居二重橋(新橋初の採用1963年)



関門橋(長大橋への適用1972年)

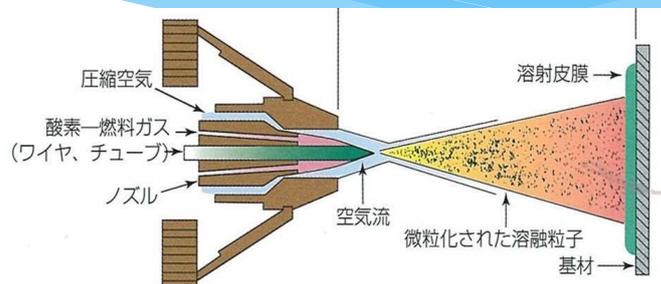
- ・ 耐用年数（一般環境）はC5塗装系で**35年**に対し、金属溶射は、**100年**

45

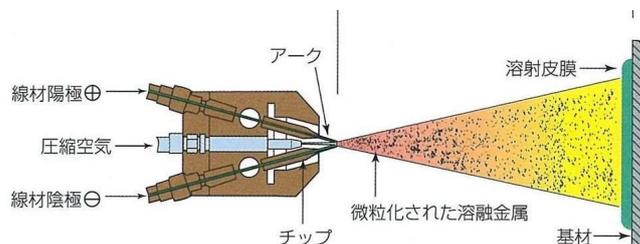
金属溶射②

エネルギー源の違いによる溶射法の種類

ガス式溶射
フレイム溶射法



電気式溶射
アーク溶射法



46

金属溶射③

金属溶射の施工状況



溶射技能士による施工状況



自動機による施工状況

47

11. 今後の展望

加工～塗装

自動化、ライン化の
推進

- ・労働人口の減少対策
- ・工期短縮により社会影響を最小に

48

11. 今後の展望

加工～塗装

自動化、ライン化の
推進

- ・労働人口の減少対策
- ・工期短縮により社会影響を最小に

原寸

CIMの活用

- ・計画～維持管理までの効率化

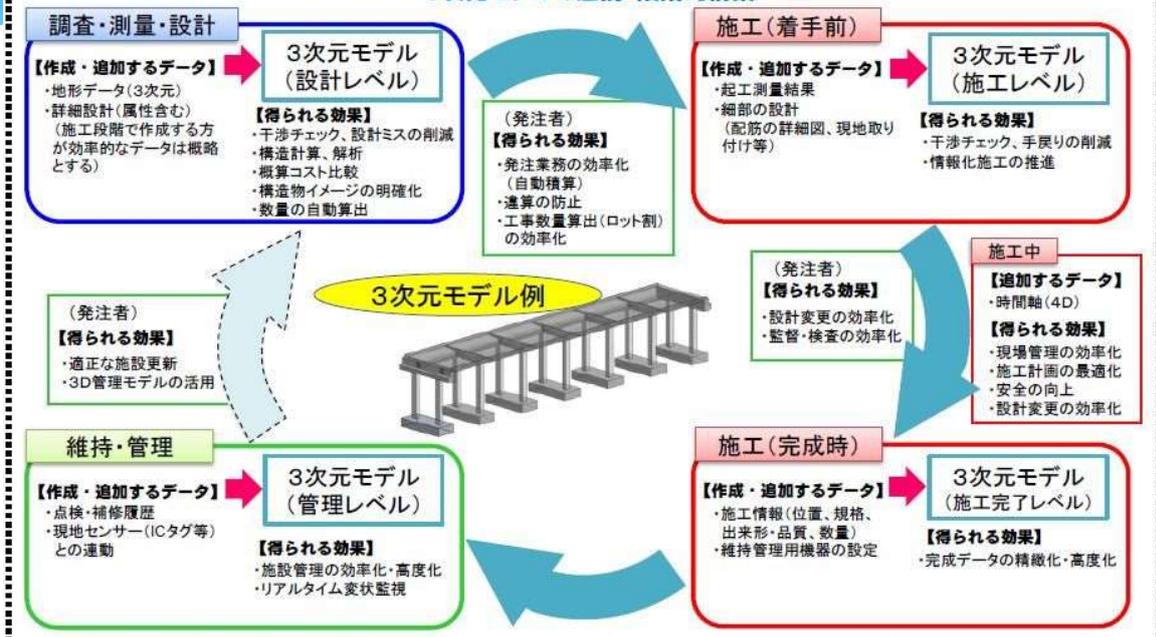
49

注目されるCIM

CIMの概念

国土交通省

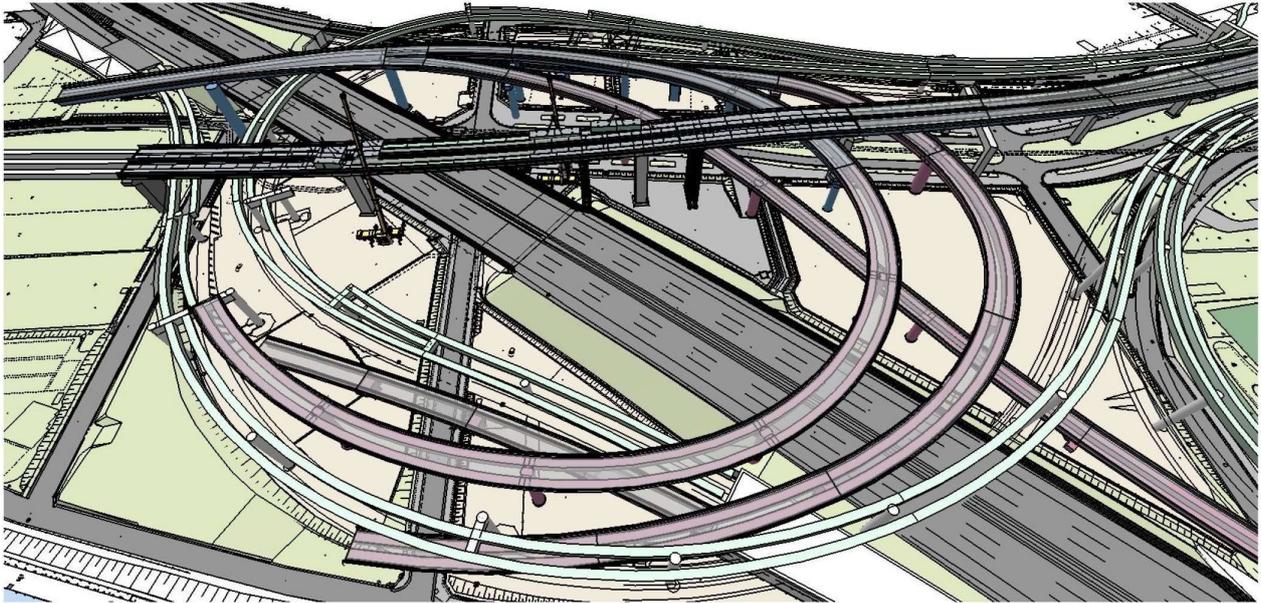
3次元モデルの連携・段階的構築



6

50

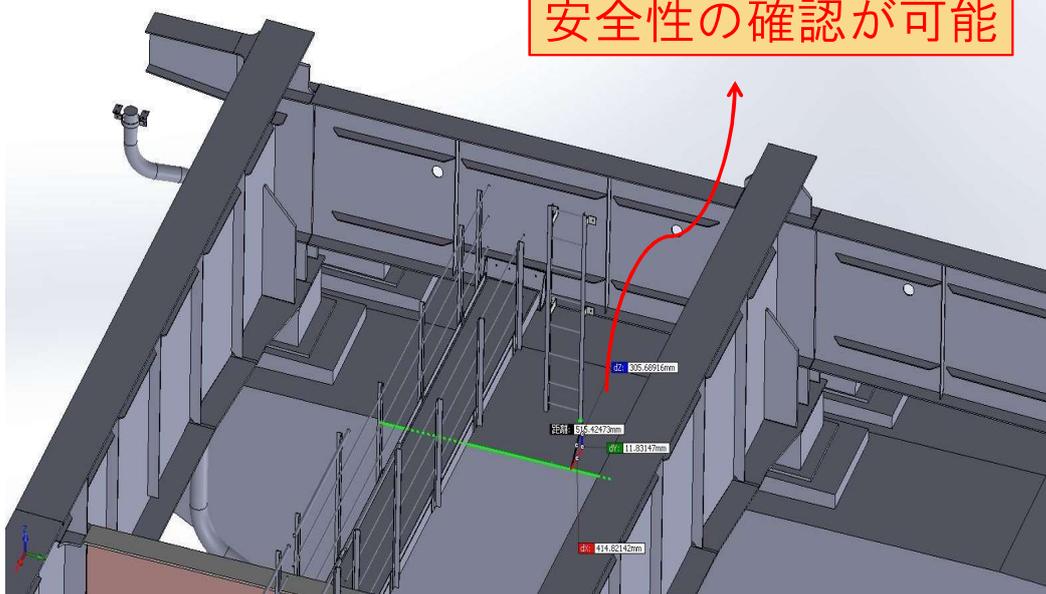
3次元モデル化されたジャンクション



51

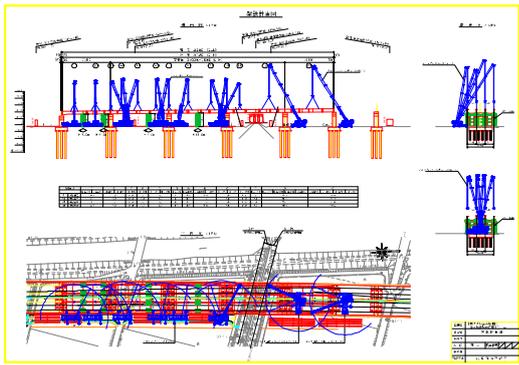
CIMにおける計画段階での効果①

点検ルート
の計画・
安全性の
確認が可能

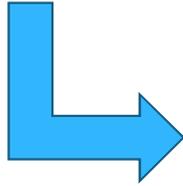


52

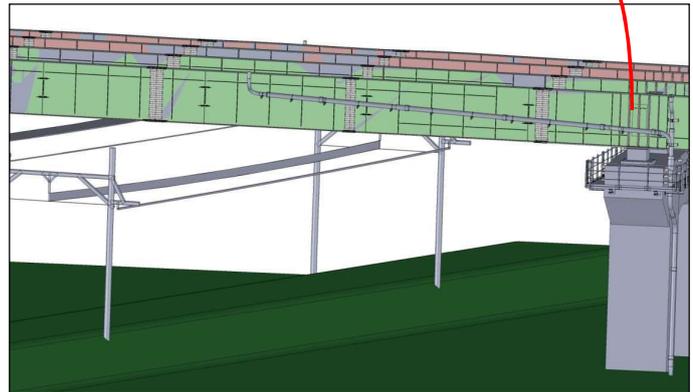
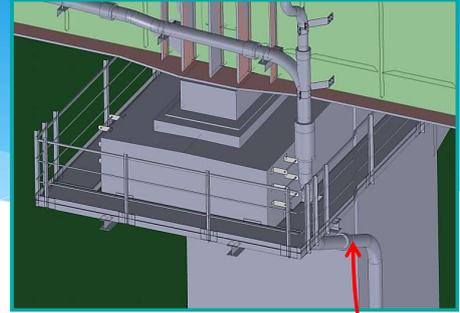
CIMにおける計画段階での効果②



今までの架設計画図



3次元化することにより、
細かい検討が可能



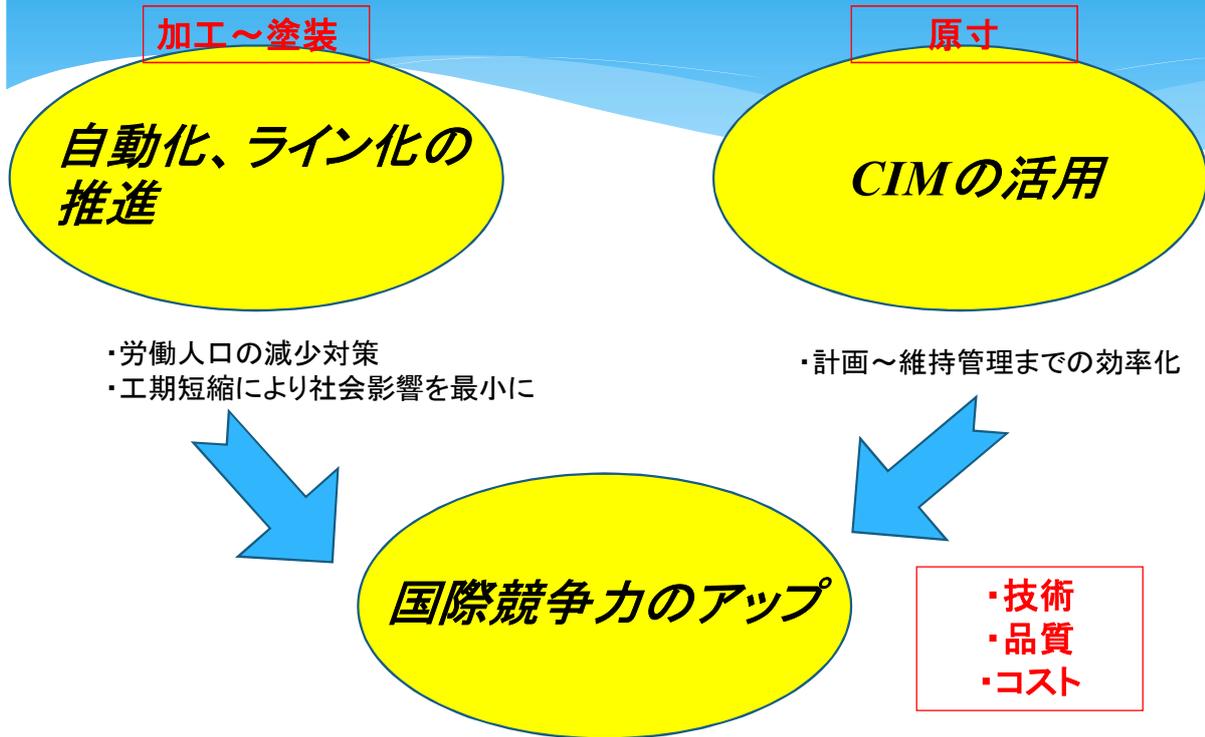
53

CIMにおける計画段階での効果③



54

11. 今後の展望



55

12. 終わりに

日本の鋼橋技術を世界に・・・



56

ご清聴ありがとうございました