

第3章 鋼橋の調査・補修に関する事例

平成 19 年度に実施した調査・補修事例の概要版を添付する。

これは、国道 23 号の木曽川大橋におけるトラス斜材の破断事故に伴い、岐阜県内のトラス橋について臨時点検を実施し、岐阜県鋼橋梁補修検討委員会で問題があると判断された橋梁について、詳細な調査と補修設計を実施した事例である。

ここでは報告書の一部を抜粋する。

鋼橋補修の検討フロー（1）

部材に腐食・断面欠損が発生した場合の検討手順を図 2.1 に示す。

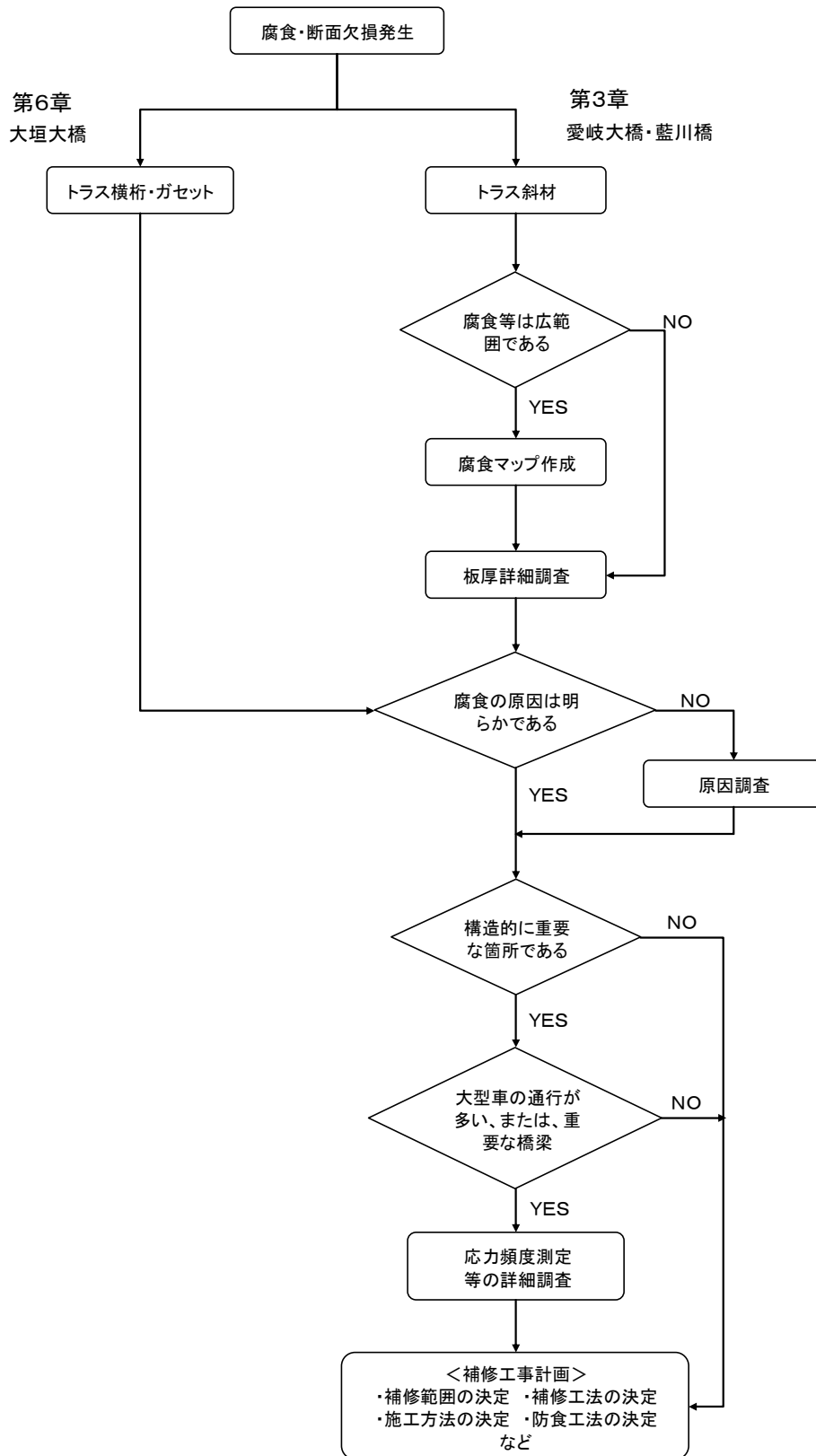


図 2.1 検討手順（1）

鋼橋補修の検討フロー（2）

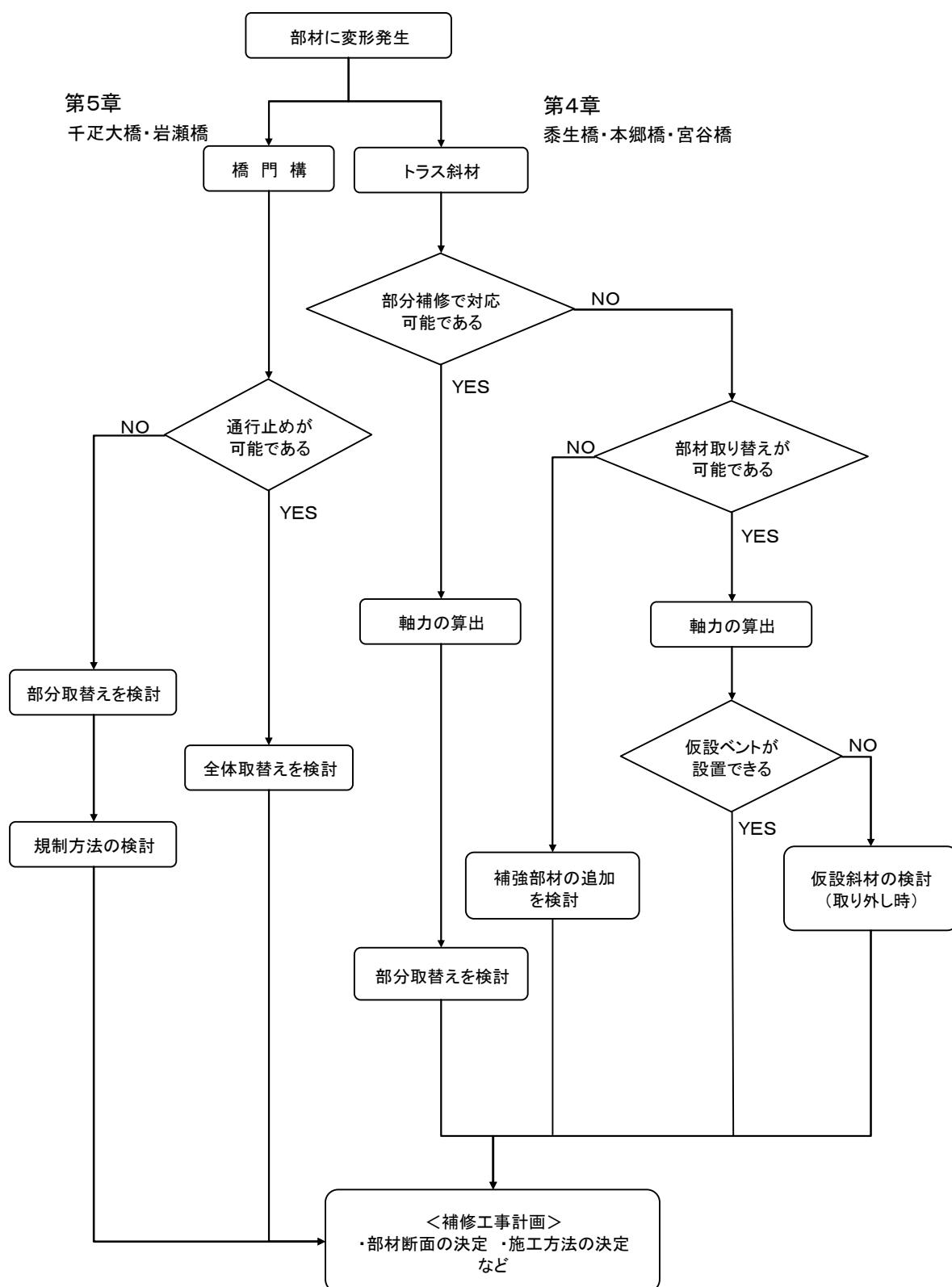


図 2.2 検討手順（2）

第3章 下路トラス斜材の補修例（その1） ～愛岐大橋・藍川橋～

3-1 概 要

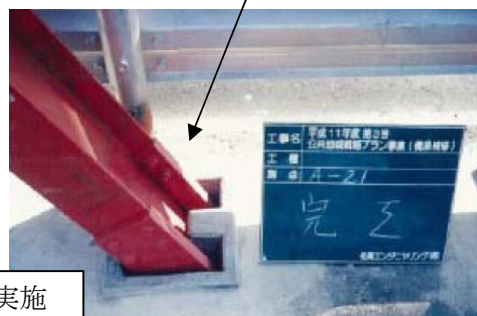
愛岐大橋と藍川橋は、建設時はトラス斜材が床版に埋め込まれた形式であった。
平成11年度に、愛岐大橋の斜材の破断が発生したため、補修工事が実施された。
写真は、藍川橋の工事の状況写真である。



腐食がある



腐食箇所では、あて板による補強が実施された。



補修工事実施

平成19年11月の藍川橋の状況が下の写真である。
工事後、8年経過した状態であるが、塗装は劣化し鋼材の腐食が発生している。



愛岐大橋の塗装の状況を示したのが下の写真である。

塗装が割れて、塗膜と鋼材の間（すき間）に土砂が溜まっている。

この土砂は、路面排水によるものと考えられるが、鋼材表面がこの土の影響で、絶えず湿潤な状態となることで、鋼材の腐食が加速したものと推測される。



このような状況になった原因の1つは、平成11年当時の塗装に課題があったものと考えられる。藍川橋の施工時の写真を示す。



これは、本工事のケレン状況（3種ケレン程度）の写真である。

再塗装の劣化が早い原因に、下地処理が不十分であることが指摘されているが、緊急工事という限られた時間のなかでは、十分な下地処理が出来なかった可能性がある。

今回は、これら斜材の再補修工事になる。

同じ過ちを繰り返さない慎重な検討が必要である。

3-2 腐食マップの作成

愛岐大橋は、橋長 610m（昭和 44 年竣工）で 6 径間のトラスで橋ある。（3 径間連続×2 連）

藍川橋は、橋長 259m（昭和 43 年竣工）で 4 径間のトラス橋である。（単純橋）

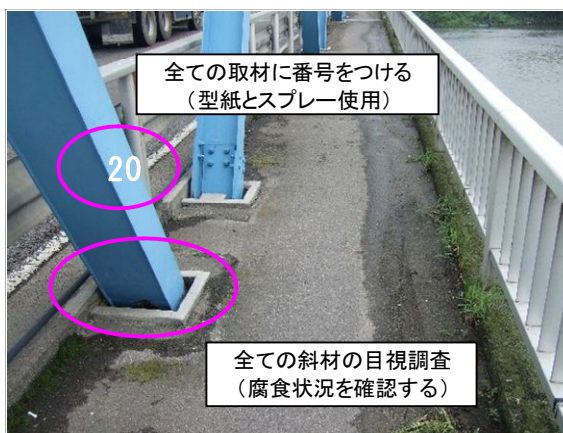
どちらの橋梁も、平成 11 年に補強した箇所の腐食が進行しているため、先ず、全体の状況を定量的に把握する必要があった。しかし、愛岐大橋は斜材の本数が $N=252$ 本、藍川橋は斜材の本数が $N=104$ 本と多く、斜材によって腐食の状況も異なっていた。

調査は、時間とコストをかければ詳細調査も可能であるが、ここでの目的は、腐食が大きな斜材を特定するためのスクリーニングであったため、簡易な方法で実施することを基本とした。

- 1) 歩道を利用した目視調査（簡易計測含む） ※交通規制は実施しない。
- 2) 全ての斜材の腐食状況を把握する。
- 3) 全ての斜材に番号をつける。

文字サイズ：30mm × 45mm
（3文字で90mm程度）

色：白



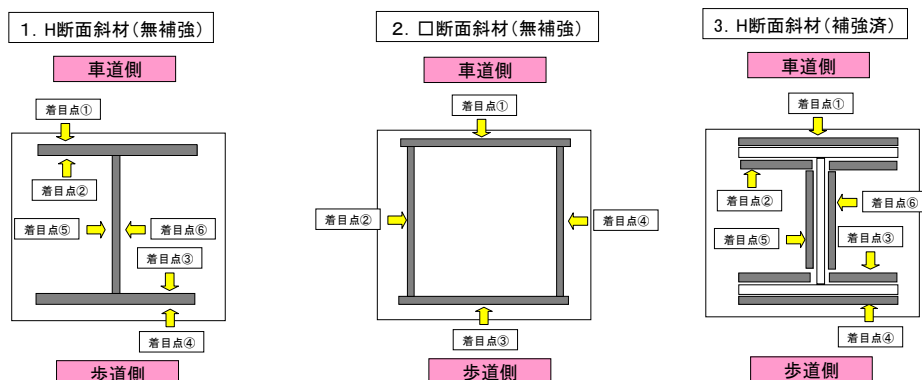
- 4) 5 段階（A～E）のランクで判定する。

ランク	目 安	表面凹凸量の目安
A	塗膜のはがれ程度	1mm未満
B	腐食(小)	1mm以上2mm未満
C	腐食(中)	2mm以上3mm未満
D	腐食(大)	3mm以上4mm未満
E	大きな断面欠損(孔等)	4mm以上

ランクD以上で板厚が計測可能（ノギス等）な場合は実測する。

- 5) 部材に応じて下記の部分を調査する。

- ・ H 断面は①～⑥の着目点で、各箇所の最大の凹凸量を A～E で判定する。
- ・ □断面は①～④の着目点で、各箇所の最大の凹凸量を A～E で判定する。



3-3 板厚の詳細調査

腐食マップのなかで、E判定が付いた箇所のうち、特に腐食が大きな箇所で超音波計測器による板厚の測定を実施した。

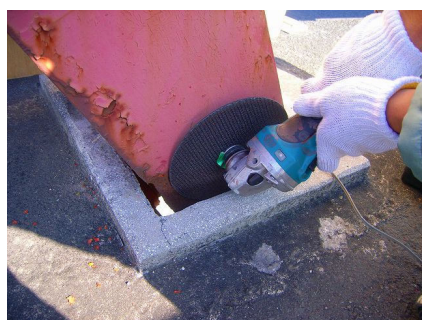
H断面の斜材については、今回の補強工事で全て補強を実施する。

これは、藍川橋で補強されていない斜材が4本、愛岐大橋で45本と残りが僅かであることと、全ての部材で腐食が発生しているため、今回の工事で確実に補強する。

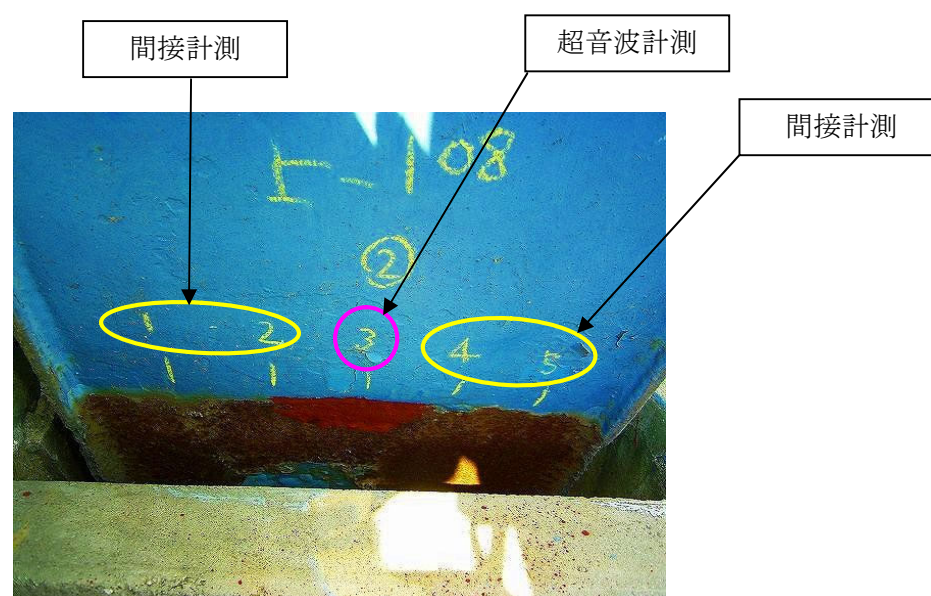
従って、□断面の斜材が検討の対象となる。

平成11年度の補強工事では、□断面の斜材については補強を実施していない。ただし、損傷マップをみると、腐食の程度が著しい結果となっており、今回は、□断面の斜材について補強が必要となる可能性が高い。

そこで、腐食マップのEランクがついた□断面の斜材について、特に腐食が大きなものを選び板厚の詳細調査を実施した。



孔食があると、超音波計測器による測定ができないため、ディスクサンダーで鋼材の表面を平坦にしてから作業を行う。ただし、この作業はかなり大変な作業であるため、効率を向上させるために、ノギス等の定規を使用した間接的な計測も併用した。



計測箇所は、その面の平均的な板厚を評価するために、1面あたり5点とした。

3-4 応力頻度測定

3-4-1 目的

- 1) □断面の斜材に発生している実際の応力度を把握する。
- 2) 健全部と腐食が発生している箇所の発生応力度の違いを確認する。
- 3) これらの情報をもとに、□断面斜材（圧縮部材）の補強の必要性を評価する。

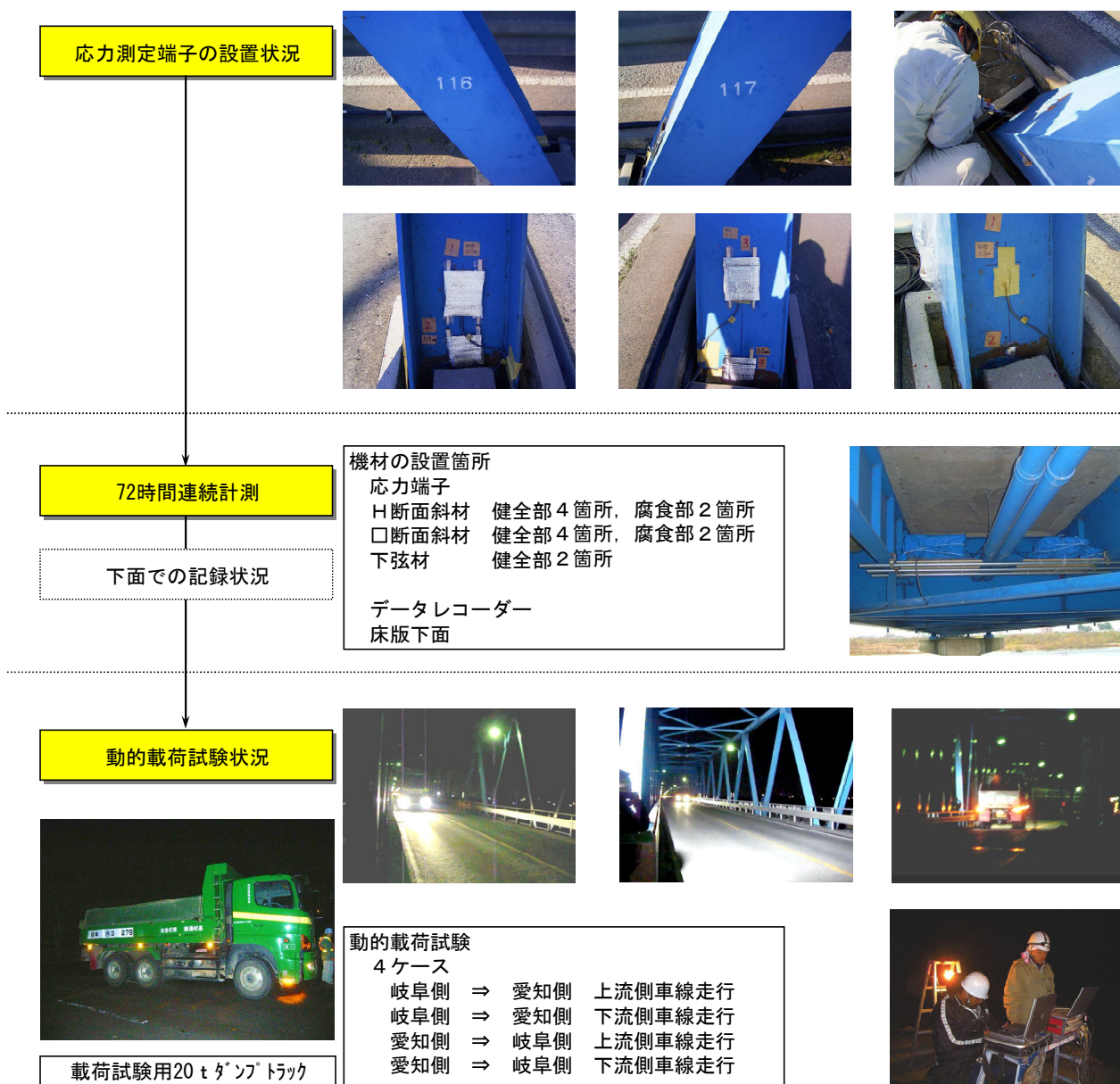
3-4-2 実施状況

平成 19 年 12 月 10 日 6:00 ～ 平成 19 年 12 月 13 日

[連続 72 時間 + α 時間] の応力度を計測

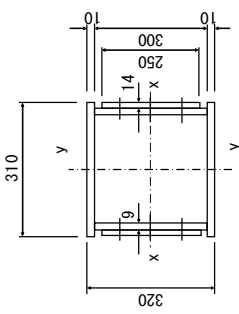
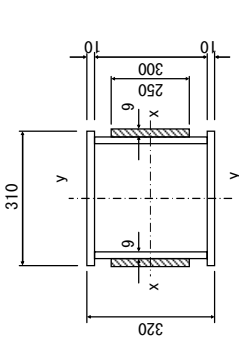
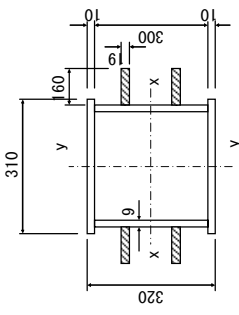
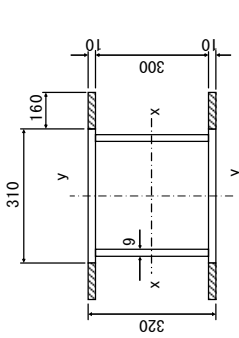
平成 19 年 12 月 14 日 0:00 ～ 5:00 ダンプトラック走行による動的載荷試験を実施

愛岐大橋の状況



補修工法の検討

比較一覧表

	A 案 あて板補強案（ボルト接合）	B 案 あて板補強案（溶接接合）	C 案 リブ補強案①（溶接接合）	D 案 リブ補強案②（溶接接合）
補強形状 ※概略図はウェブ面のみ補強したケースである。				
工法概要	- 腐食による断面欠損をあて板にて補う。 - あて板を高力ボルトにより母材に固定する。	- 腐食による断面欠損をあて板にて補う。 - あて板を現場溶接により母材に固定する。 - 振動下の溶接に配慮が必要。	- 腐食による断面欠損をリブ（補剛板）溶接にて補う。 - 補強部材を現場溶接により腹板（母材）に固定する。 - 振動下の溶接に配慮が必要。	- 腐食による断面欠損をリブ（補剛板）溶接にて補う。 - 補強部材を現場溶接により耳部（母材）に固定する。 - 振動下の溶接に配慮が必要。
施工性	- ウェブ側の施工は孔明け、締め付け共に問題ない。 - フランジ側はボルト締結機のスぺース確保が困難。 - ボルト締結機のスぺースは400mm必要。	- 車両通過に伴う橋梁の振動が大きく、供用下での現場溶接は可能ではあるが、品質の補償ができない。 - 交通量が多く、通行止めは困難 - 局部座屈に対する補強効果は期待できる。	- フランジ側の施工も可能である。 - 振動下の現場溶接は施工管理がやや煩雑。 - 車道側の「ワジ」は施工困難	
補強効果	局部座屈に対する補強効果は期待できる。	- 局部座屈に対する補強効果は期待できる。 - 腹板の中央で補強リブの溶接を行うため、母材がひずむ可能性がある。 - 腐食部は露出し防錆上の問題が残る。	局部座屈に対する補強効果はない。	×
維持管理	- 密閉箇所がボルトの孔明けにより密閉ではなくなり、防錆に対する配慮が必要。 ⇒対策を考える。（充填する）			
経済性	部材加工は少なく経済的である。	部材加工は少なく経済的である。	部材加工は少なく経済的である。	
総合判定	○	×	△	×
		現場溶接は施工は可能であるが、品質の保証ができない。	溶接により母材がひずむことで、補強効果が他案に比して劣る。	局部座屈に対する補強効果がないことで採用できない。

試験施工



供試体全景



供試体正面



供試体側面



供試体背面



ハンドホール形状
(奥から NO. 1, NO. 2, NO. 3, NO. 4)

第4章 下路トラス斜材の補修例（その2）

4-1 斜材の取替え ～本郷橋～

(1) 基 本

損傷は斜材の局所的な損傷のみならず、斜材の全体座屈へと進展が予想される変形が生じている。そのため、部分的な補修では機能回復が十分とは考えにくいため斜材を取り替えるものとする。

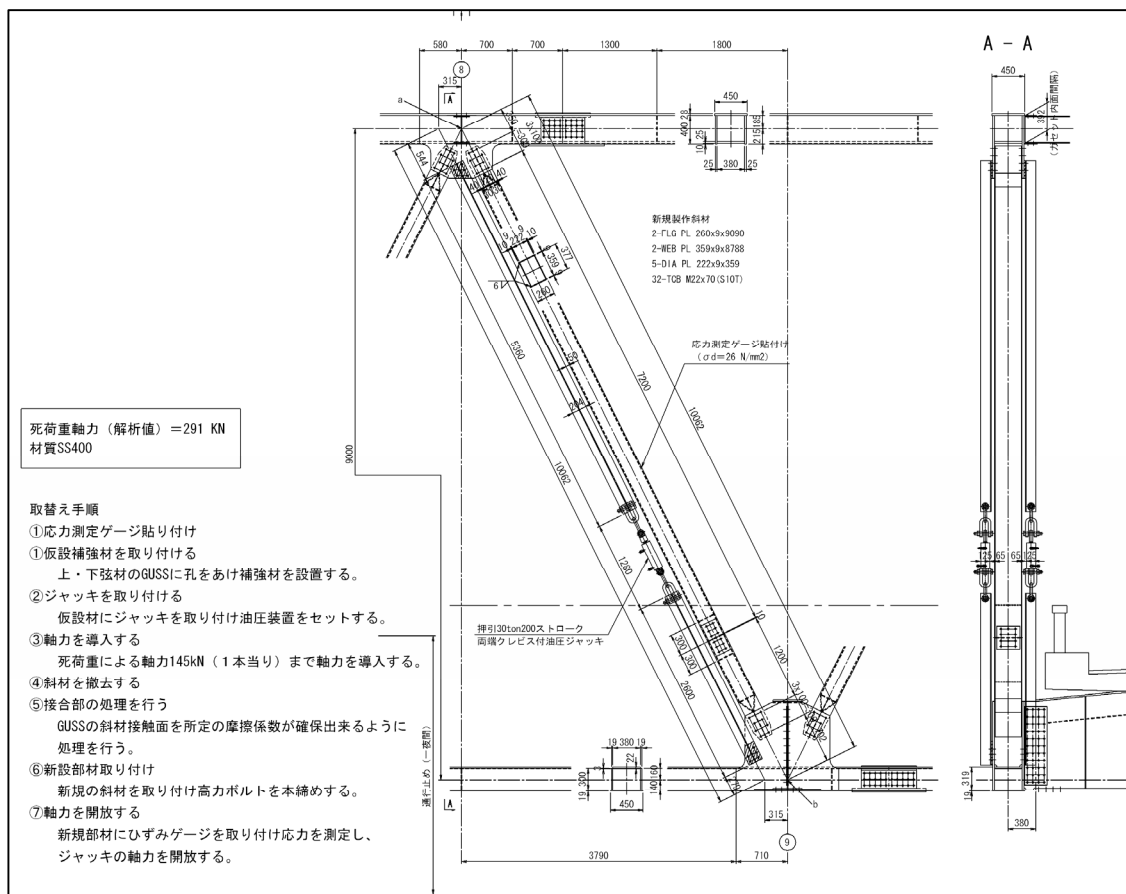
取り替える斜材の断面については、現状の断面と同じ部材を用いて取替えを行う。材質については現状の断面は SS41 材となっているが、溶接性を考慮した SM400 材を使用する。



本郷橋は、斜材の変形のみならず、格点部の斜材に亀裂があった。

(2) 仮設部材の設置

斜材の取替に当たり、ベントの設置が出来ないことから架設時に斜材の代替えとなる部材を設けて、斜材に生じている軸力を負担させる。そのうえで、斜材の応力が無応力状態となるようにして安全性に配慮し取替を行うものとする。



損傷を受けた斜材に生じている軸力を負担させるが、安全性に配慮し取替中は交通規制を行い活荷重のない状態で行うものとする。

部材の設計軸力は、死荷重により設計を行うこととするが、部材の取替に当たりクレーン等の架設車両が載荷されるため、その車両の影響を考慮して行う。

4-2 斜材の補強 ～黍生橋・宮谷橋～

黍生橋

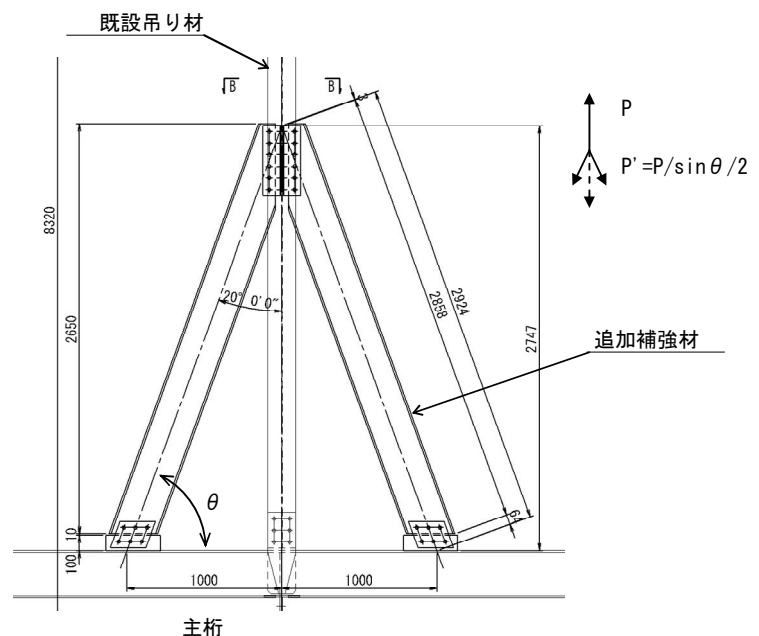
(1) 基 本

損傷は吊り材の変形量が大きく、大きな亀裂や破断が生じており緊急的な補修がされている。しかしその応急対策に対する根拠に乏しく断面性能の回復が出来ているとは考えにくい。そのため、取替等の恒久的な対策が必要であると考えられる。しかし、変形は大きいものの当該橋梁の供用年数があとわずかであることから損傷した斜材を取り替えることは工事規模が大きくなり、費用対効果に劣る。

そのため、部分的に追加部材を配置するにより補強を行うものとし、供用年数に応じた機能回復を計る。

(2) 吊材の補強

追加する吊り材の断面については、現状の断面と同じ部材を用いて取替えを行う。材質については現状の断面は SS41 材となっているが、溶接性を考慮した SM400 材を使用する。



宮谷橋

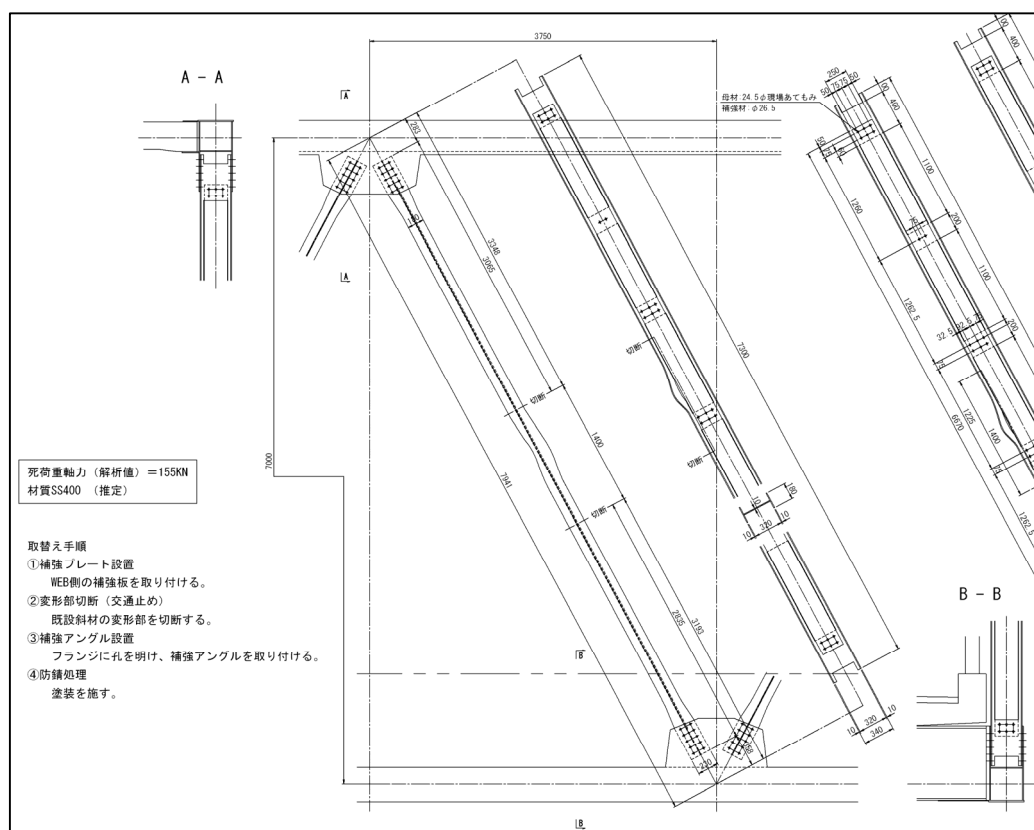
(1) 基 本

損傷は斜材の変形量が大きく、斜材の亀裂へと進展の恐れが予想される変形が生じている。そのため、部分的な補修では機能回復が十分とは考えにくいので斜材を一部切断し部分的に取り替えるものとする。

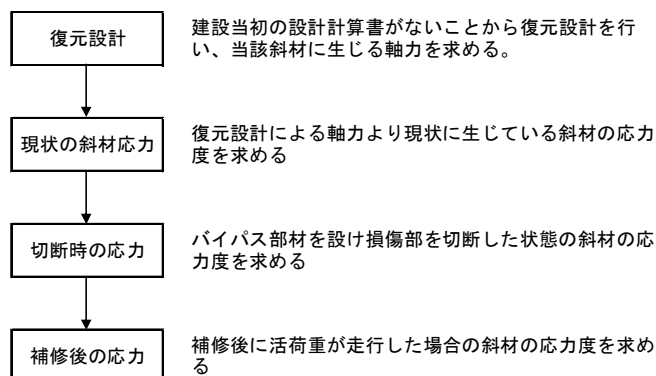
取り替える斜材の断面については、現状の断面と同じ部材を用いて取替えを行う。材質については現状の断面は SS41 材となっているが、溶接性を考慮した SM400 材を使用する。

(2) 既設部材を利用した補強

斜材の取替に当たり、ベントの設置が出来ないことから架設時に斜材のバイパスとなる部材を設けて、斜材に生じている軸力を負担させる。そのうえで、斜材の損傷部を切断し、応力が建設当時の応力状態以下となるようにして安全性に配慮し取替を行うものとする。



・補強設計フロー



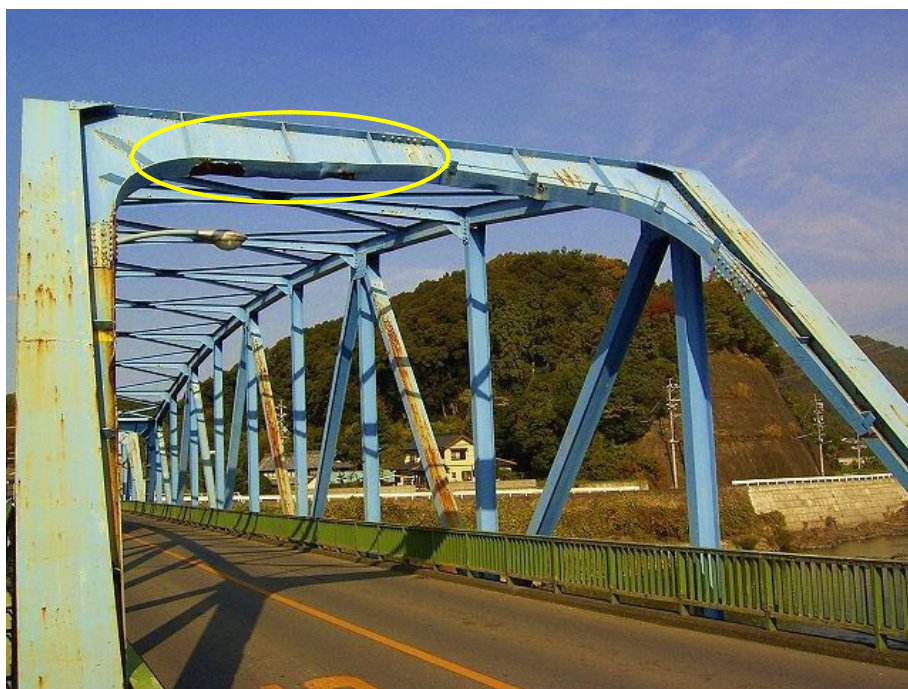
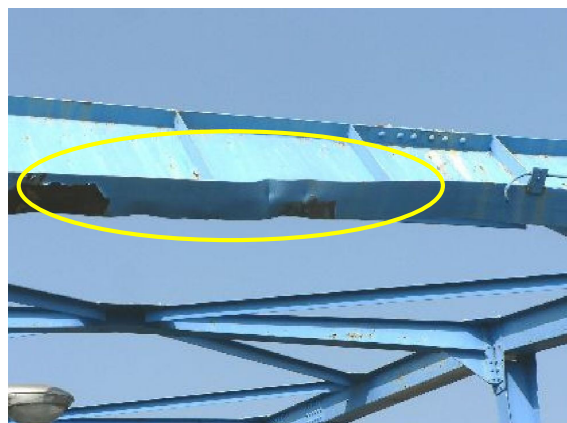
第5章 下路トラス橋門構の補修例

5-1 橋門構（天端）の補修 ～千疋橋～

(1) 基本

損傷を受けている橋門構については、複数の衝突痕があり変形を生じている。これは、建築限界からの余裕がないことが理由と考えられる。変形した部材の補修を行ったとしても抜本的な解決策とはならず、同様な衝突により再度損傷を受けることが予想される。

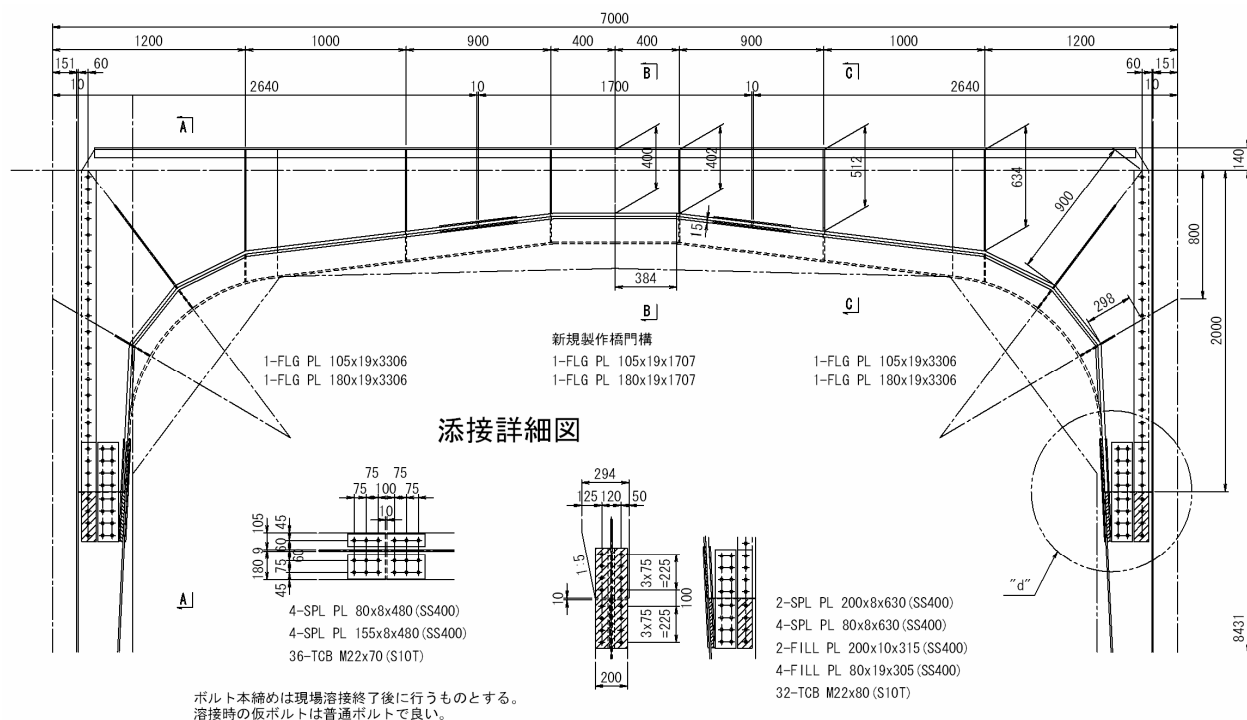
そこで橋門構を、部材高の小さい橋門構に取替えることにより今後の衝突を回避し橋梁の機能を維持するよう補修を行う。



(2) 既設部材を利用した補強

取替える橋門構の断面については、現状の断面と同じ剛性を確保する断面を用いて取替えを行う。

材質については現状の断面は SS41 材となっているが、溶接性を考慮した SM400 材を使用する。

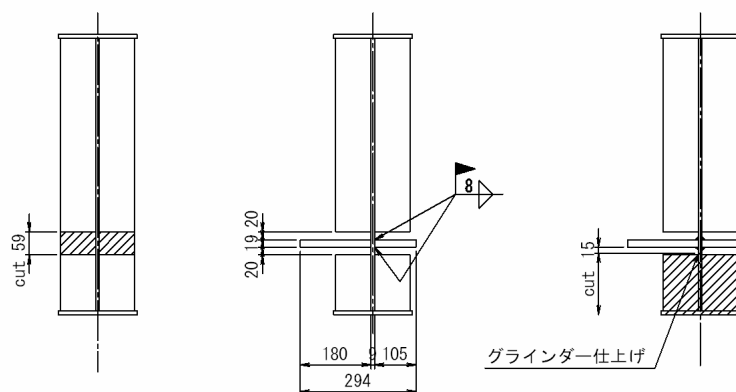


C - C S=1:10

①補剛材切断

②フランジ溶接

③切断, グラインダー仕上げ



本橋梁は、交通量が多いため、通行止め等の交通規制を極力抑制する必要がある。

橋門構の天端部分について、新しい部材に取り替えることは、通行止めの期間が長くなり施工困難と判断し、既設の部材を切断して桁下余裕高を大きくすることで、車両の衝突を回避し、切断した部分の補強として新たに大きな下フランジを設置することにした。

5-2 橋門構（側面）の補修 ～岩瀬橋～

(1) 基本

損傷を受けている橋門構については、複数の衝突痕があり変形を生じている。これは、建築限界に部材が干渉していることが理由と考えられる。変形した部材の補修を行ったとしても抜本的な解決策とはならず、同様な衝突により再度損傷を受けることが予想される。

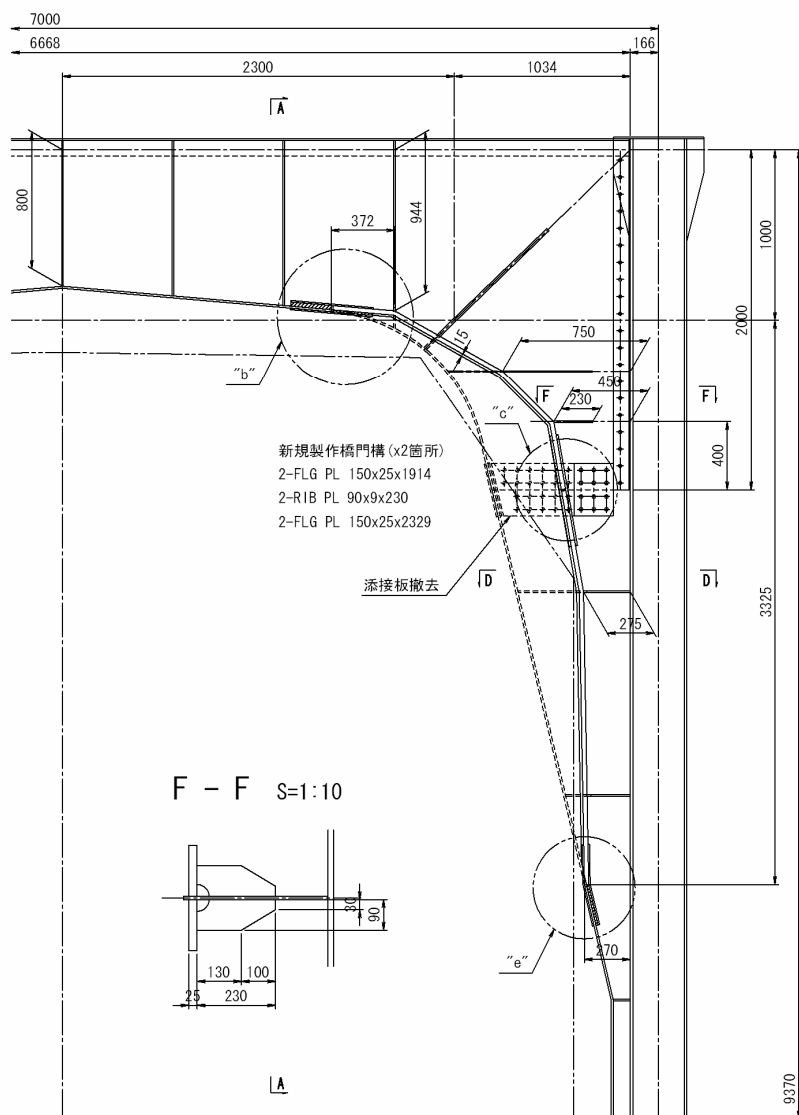
そこで橋門構のニーブレス部を幅の小さい部材に取替えることにより今後の衝突を回避し橋梁の機能を維持するよう補修を行う。

部材中央部は損傷を受けていないことから建築限界に干渉しているのは、側方部分のみと考えられる。そこでニーブレス部分の形状変更を目的として部材の一部を切断し部分的に取替えるものとする。



(2) 既設部材を利用した補強

取替える橋門構の断面は、形状変更の必要性がニーブレス部分のみのため、部材中央部の断面は既設断面のままとする。
材質については現状の断面は SS41 材と想定されるが、溶接性を考慮した SM400 材を使用する。



第6章 下路トラス ガセット・横桁の補修例

6-1. ガセット・横桁の補修 ～大垣大橋～

(1) 基本

大垣大橋では、横桁・横構のガセット部に腐食による断面欠損が生じている。(写真-1) 竣工図を確認したところ、既設床版は一定のロット毎に分離した構造で、横桁上で目地材を挟み打継がれていることが解り、腐食の原因は、既設床版打継ぎ目からの漏水が原因と推察された。(図-1, 写真-2) このため、全てのガセット部について調査を行った結果、全ての床版打継ぎ目部でガセットの腐食が確認された。

腐食による断面欠損が生じてる部位は、下横構および横桁を接続するガセットおよびその近傍の横桁・下横構で、板厚減少が著しい箇所は、部分的な取替を行う。

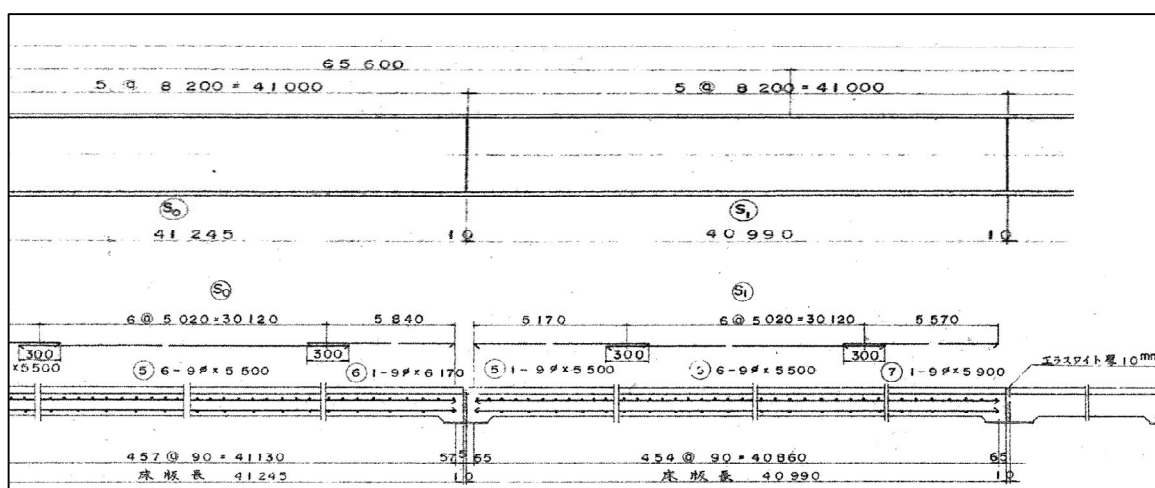
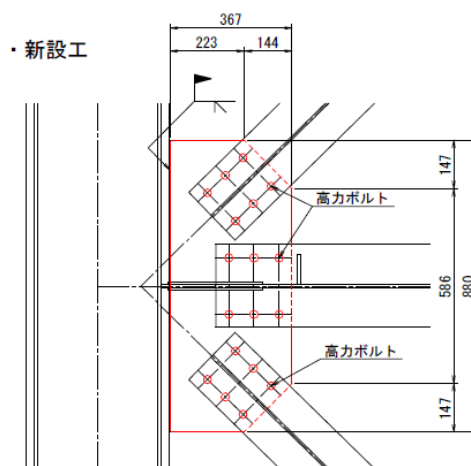


図-1 床版竣工図

取替えを行うガセットは、基本的には高力ボルト接合できる接続代を残し切断し、取替部材をボルト接合する。ただし、板厚減少がガセット付け根に至り、ボルト接合できない箇所については、付け根から切断し、取替部材を突合せ溶接で接続する。この際、溶接の入熱が主構（下弦材）に悪影響を及ぼす可能性があるため、ジャッキアップにより下弦材の応力を除荷し、補修作業を行う。

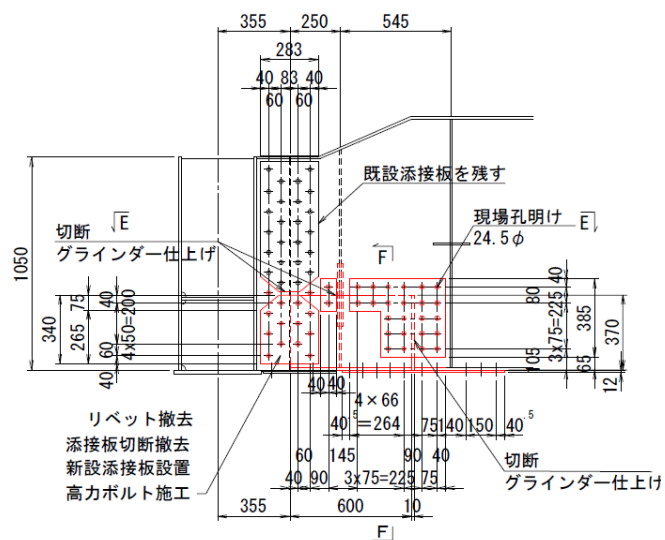
ガセットを全取替えするケース（溶接）



(3) 横桁の補修

横桁の腐食は、局所的な下フランジの板厚減少およびウェブの欠食があり、損傷部を切断除去し部分的な取替えを行う。

横桁の部分取替え



(4) 原因の除去

ガセット部の損傷の主要因である床版打継ぎ目部からの漏水に対する対策は、橋面からの防水工の他、床版下面の打継ぎ目部に樋を設置し、浸入した水を確実に集水し排水する構造とした。

床版止水工（樋設置）

