

国道9号若宮橋の防災や土地利用に適合した プレビーム工法 [鋼とコンクリートの複合 構造] での架け替え

高田 信夫¹

¹近畿地方整備局 京都国道事務所 (〒600-8234京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808)

今回採用のプレビーム工法 [鋼とコンクリートの複合構造] は、鋼桁のまわりをコンクリートで覆う構造で、あらかじめ鋼桁にテンションをかけ、コンクリートを圧縮した状態で設置するため剛性が高くなり、桁高を低く抑えスリムな形状にできる。

十分な河川断面を確保しながら、桁高が低く路面高さのすりつけが容易で、隣接の土地区画整理事業での沿道土地利用と整合し、上部工一体化のシームレスな形状から、長期のメンテナンス性が高く、周囲の景観となじみやすい。工法の特徴を生かす計画・設計、プレビーム桁の工場製作から現地での添接部プレストレス導入まで、計画から施工に至る特徴や留意点を紹介。

鋼とコンクリートの複合構造、プレビーム工法、防災、沿道土地利用、メンテナンス、景観

1. 国道9号若宮橋架け替え事業の目的

国道9号若宮橋は、京都府亀岡市において、桂川の支川である犬飼川を渡河する橋梁であり、橋梁周辺の川幅が狭いことから、河川改修事業による河川の氾濫や洪水の防止と併せて、大規模地震等の災害発生時に救命救急活動や物資輸送を行う重要路線としての耐震性や信頼性向上、自歩道整備による交通安全の確保を目的とした架け替え事業を進めているところである。

2. 架け替え事業の概要

本架け替え事業は橋長32.7mの3径間単純RCT桁橋から、橋長55.5mの2径間連続プレビーム合成桁橋に架け替え、橋長を長くし川幅を広げ、橋脚を1基減らし河積阻害を低減し水害リスクを抑え、併せて自歩道整備を行うもの。

(1) 架け替え事業実施前の状況

犬飼川の河川改修が進められるなか、旧若宮橋の架橋箇所のみ川幅が狭くなり、2013 (H25), 2014 (H26) と連続して台風による大雨で被災し、亀岡市洪水ハザードマップでは河岸浸食での氾濫想定区域となっている。(図-1)

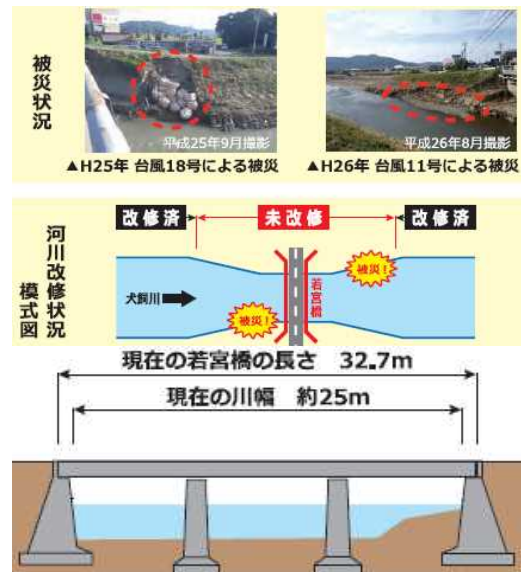


図-1 大雨での被災状況・亀岡市洪水ハザードマップ

また、旧若宮橋の耐震性については、1955(S30)架設の橋梁であり、落橋防止装置の設置はあったが、橋脚については、10mm丸鋼の配筋で配力筋が無く、フーチングは小規模で基礎杭は木杭であり、十分な耐震性が確保されていなかったと言える。(写真-1)

さらに、歩道が無いことで、歩行者や自転車の通行が危険であった。(写真-2)



写真-2 歩行者・自転車の通行状況

大井町南部土地地区画整備事業に隣接し、沿道土地利用との整合を確保するため、橋面高さを旧若宮橋と同等の高さで架け替えを行う必要があった。

(2) 架け替え事業実施後 (予定)

a) 大雨に対する防災

橋長を32.7mから55.5mに広げ、川の中の橋脚2基を1基減らし、大雨が降っても大丈夫な様に、必要な河川流下断面を確保するものである。(図-2)

2013(H25), 2014(H26)の台風による大雨での被災実績から、架橋地点のみ川幅が狭いことが水害リスクとなっていたが、川幅を広げることで、少し残る河川改修とあわせて水害リスクが取り除かれることで、亀岡市洪水ハザードマップでの河岸浸食による氾濫想定区域から今後除外され、防災上の安全・安心の確保が期待される。

河川拉幅に伴う費用は、協定により京都府の河川事業において適切に負担いただいている。



図-2 架け替え後の若宮橋の長さ55.5mと改修後の川幅

b) 歩行者と自転車の交通安全の確保

隣接する土地地区画整理事業の沿道では、商業的な土地利用に対応して自転車歩行者道の整備が進められ概成し、今後の歩行者や自転車の通行の増大が予想されることから、隣接する橋梁上においても、自転車歩行者道の整備により、人と自転車の通行の安全・安心を確保するもの。

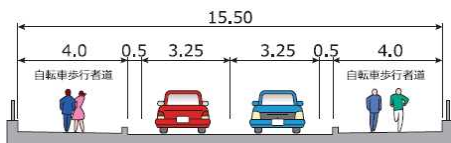


図-3 架け替え後の若宮橋の幅員構成(自転車歩行者道)

c) 地震時等の災害時への対応

国道9号は、災害時の「第一次緊急輸送道路」であり、災害復旧活動での活躍が期待され、これに対応すべく、L2タイプI及びタイプII地震動に対応した超高減衰ゴム支承を採用した「免震橋」とし、地震時の安全・安心を確保するとともに、大規模地震等の災害発生時において、救命救急活動や物資輸送を行う重要路線として、信頼性確保による活躍が期待される。

3. 2径間プレビューム合成桁橋の橋梁形式選定

架け替え後に必要となる河川断面を確保しながら、沿道土地利用に影響が少ない低い桁高で、河川との斜角約56°の斜橋の条件で、橋梁形式の比較検討が行われた結果、最終選定で、橋梁形式として「2径間連続プレビューム合成桁橋」が選定された。

プレビューム合成桁橋は、あらかじめ鋼桁にテンションをかけ、コンクリートを圧縮した状態で設置するため剛性が高くなり、低い桁高だけでなく比較的広い主桁間隔が可能で主桁本数が低減されている。

(桁間隔約3.4m、6主桁)

(1) 低い桁高と広い主桁間隔による桁本数の低減

鋼桁の場合は、斜橋の影響から、さらにたわみを防止する必要があり、どうしても桁高が高くなり、路面高さの沿道とのすりつけが困難となる。(図-4)

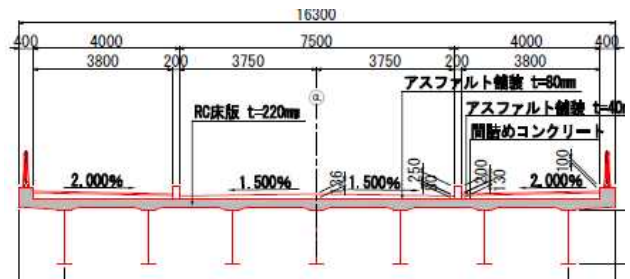


図-4 比較案 非合成鋼桁7主桁[桁高1.9m(路面まで)]

これを改善すべく鋼桁をベースとした桁高の低い合成床版橋を考えると、主桁本数がプレビューム合成桁の3倍の本数となり、支承数増加とあわせ不経済。(図-5)

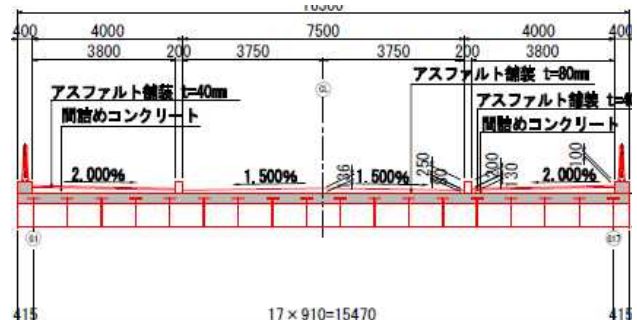


図-5 比較案 合成床版橋18主桁[桁高0.9m(路面まで)]

プレビーム合成桁橋の場合は前述の様に剛性が高く、比較的低い桁高で主桁本数が低減できる。(図-6)

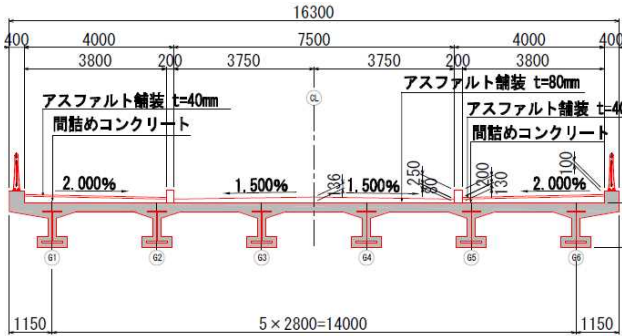


図-6 選定案 プレビーム合成桁橋6主桁[桁高1.2m(路面まで)]

(2) メンテナンス性の高さ

また、メンテナンス性においては、プレビーム合成桁は、鋼桁を全てコンクリートで巻立てた構造となっているため、塗装が不要であり、支承の数も少なくライフサイクルコストの低減が図れ、上部工一体化で表面がシームレスな構造となっていることから、点検も容易でメンテナンス性に優れる。

(3) 景観面などについて

さらに、桁本数が少ないことにより、桁間に添加物件を容易に収めることができるため、桁高の低いスリムな形状とあいまって、周囲の景観になじみやすい。

(4) 橋梁形式の選定について

以上の理由と、架橋地点の条件における経済性に加えてのライフサイクルコスト低減から、「2径間連続プレビーム合成桁橋」が選定されたものである。

また、一次選定では1径間案は経済性から除外され、PCコンクリート橋やこれを改良したコンポ橋などは、斜角約56°に対応できないことから除外されている。

4. 国道9号若宮橋架け替えの施工手順について

(1) 迂回路の設置と仮橋の設置

国道9号若宮橋架け替えは、旧若宮橋があったところと同じ場所に新しい橋を架け替えるため、迂回路と仮橋を設置して、2019年4月に国道9号の交通を迂回路に切り換えた。

(2) 旧橋の取り壊しと橋梁下部工の施工

その後、旧若宮橋を取り壊し、川幅を広げ、兩岸の橋台を設置して、2021年4月にP1橋脚が完成して橋梁下部工が完成した。P1橋脚は、約2m×20mの薄く細長い形状のため、コンクリート打設時に温度ひび割れが入り易いことが想定されたため、施工時に温度解析を行い、ひび割れ防止の補強鉄筋を追加することで、温度ひび割れ無く完成した。(写真-3)



写真-3 下部工及び護岸の完成(手前)(奥が迂回路仮橋)

(3) 護岸の施工について

犬飼川などの桂川支川に生息する、亀岡市の市の魚である「アユモドキ」などの生態系に配慮し、低水護岸には、生息環境となる隙間が多くても強度を確保できる、アンカー式空石積み工法を採用している。

若宮橋架け替え場所の護岸については、高水護岸を含め2021年6月に完成した。(写真-3)(写真-4)



写真-4 市の魚「アユモドキ」と生態系に配慮した低水護岸

(4) 若宮橋のプレビーム桁の工場での製作

a) 鋼橋製作

- 一般の鋼桁の鋼橋と同様にI断面の鋼桁を工場で作成する。(2021年10月に鋼桁完成)(写真-5)



- 放射線透過試験
溶接のきずが無い確認



写真-5 鋼桁の製作(工場検査時)

- ・下フランジに、工場でのコンクリート打設のための鉄筋が一部設置されている。(写真-5)
- ・ウェブに一部設置された鉄筋は現地でのウェブコンクリート打設で使用するもの。(写真-5)

b) 応力導入 (プレフレクション)

- ・7ブロックに分割した桁のうち、両サイドの3ブロックずつを繋いで組み立てる。(図-7)

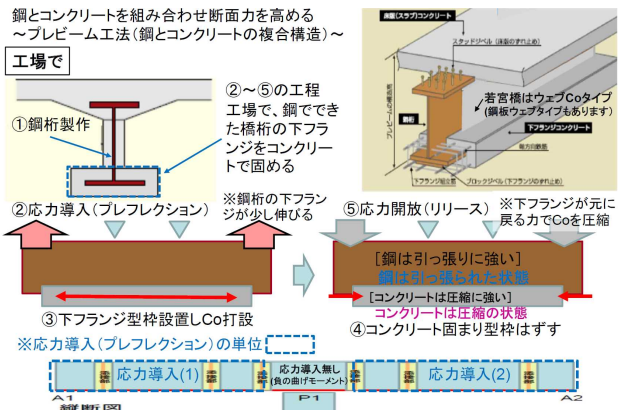


図-7 プレビーム桁の製作手順[鋼とコンクリートの複合構造]

- ・組み立てた各両サイドの各3ブロック分の支点部を固定して両端を油圧ジャッキで持ち上げ、鋼桁の下フランジを少し伸ばす。(写真-6)



写真-6 応力導入 (プレフレクション)

- ・P1橋脚上に設置される予定の中央の1ブロックは、負の曲げモーメントとなるため、応力導入は行わない。

c) 下フランジコンクリート打設

- ・応力導入した状態で下フランジの鉄筋と型枠を組み立て、コンクリート打設する。(図-7)
(Co圧縮強度50kN)
- ・中央の1ブロックは応力導入せずコンクリート打設。

d) 応力開放 (リリース)

- ・テストピースによりCo圧縮強度50kNの出現を確認後応力開放 (リリース) を行う。(図-7)
- ・この結果、下フランジコンクリートに圧縮方向の応力導入がされる。(図-7)

e) 分解して運搬

- ・再度7ブロック分割に分解して、現地まで運搬する。
(各桁7ブロック×桁本数6本 計42ブロック)

(5) 若宮橋のプレビーム桁の現地での施工

a) ワイヤークーブル足場の設置

- ・橋脚上でない分割位置の添接部を接続する際の足場が必要であり、上部工架設に先立ち、ワイヤークーブル足場を設置した。(写真-7)



写真-7 ワイヤークーブル足場

- ・ワイヤークーブル足場は、プレビーム桁の架設時に特有の足場であり、架設時は少したわんだ形で使用し、架設後の施工の際には、水平まで引き上げて、通常の吊り足場と同様に使用するものである。

b) 現地での地組み

- ・架設に先立ち、工場から現地へ各桁7ブロックに分割して計42ブロックで運ばれてきたプレビーム桁を、架設単位の4ブロック1つの組、3ブロック1つの組で、各桁2分割で計12組を組み立てる。
- ・後に現地で局部プレストレスをかけるため、添接部の組み立て精度は重要で、正確さを期するため、先の少し細いドリフトピンをボルト穴に入れて正確な位置出しを行い仮締めしながら順次ハイテンションボルトで締めしていく様な丁寧な組み立てを行う。(写真-8)



写真-8 地組作業

c) プレビーム桁の架設

- ・上部工架設回数は、各桁2分割、桁6本で12回架設。一日2回、実働6日間で架設を行った。(写真-9)
添接部接続は、地組時と同様の組み立てが必要。



写真-9 プレビーム桁の架設 (2022年1月)

d) ウェブコンクリート打設等

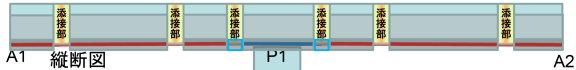
- ・プレストレスをかけない添設部 (P1の両側) の下フランジの鉄筋・型枠・コンクリート打設をまず行う。
(Co圧縮強度50kN+膨張剤)
- ・桁のウェブコンクリートの鉄筋・型枠・コンクリート打設 (Co圧縮強度30kN+膨張剤) を行う。(図-8)

e) 床版横桁工 (型枠・鉄筋・コンクリート打設)

- ・床版と横桁を一体としてコンクリート打設し、さらに合成桁であることから、プレビーム桁の上フランジにスタッドジベルが設置されていることから、上部工全体が一つの一体構造になるもの。(図-8) (写真-11)
(Co圧縮強度30kN+膨張剤)
(添設部下フランジは、この段階では未施工)
- ・現地での施工を低減し工期短縮を図るため、楕形状型枠を工場製作。現地に運搬して設置した。(写真-10)

現地で

⑨ウェブコンクリート打設



プレストレスをかけない添設部(P1の両側)の下フランジ桁の側面部分[ウェブ]の順に鉄筋・型枠を組んでコンクリートを打設します。

⑩床版・横桁工



床版・横桁の鉄筋・型枠を組んでコンクリート打設します。

図-8 ウェブコンクリート打設 床版横桁工



写真-10 床版の楕形状型枠 (工場製作) の設置



写真-11 床版横桁の配筋状況 (奥はコンクリート打設)

f) 橋梁附属物 (地覆・橋梁用高欄) の設置

- ・局部プレストレス工での現地プレフレクション載荷の設計荷重と整合させるため、舗装以外の上部工の重量物を全て設置しておく必要があり、地覆や高欄等の附属物工を局部プレストレス工の前に設置した。

g) 局部プレストレス工 (応力導入⇒添設部の鉄筋・型枠・コンクリート打設⇒応力開放)

- ・応力導入 (プレフレクション載荷) はクレーンで鉄板のカウンターウェイトを、各箇所、設計に必要な重量 (舗装前の場合舗装の重量を追加) を載荷。添設部の鋼桁の下フランジを僅かに伸ばした。(写真-12)
- ・応力導入 (プレフレクション載荷) した状態で添設部下フランジの鉄筋と型枠を組み立て、コンクリート打設を行った。(Co圧縮強度50kN+膨張剤)
- ・Co圧縮強度50kN確認し応力開放 (リリース) 行い下フランジコンクリートに圧縮応力導入。(写真-13)
- ・これで、プレビーム工法の上部工のプレストレスでの圧縮応力が必要な箇所の全てに力がかかり、添設部を含む上部工全てが一体構造となった。(図-9) (2022年5月に完了)

⑪局部プレストレス工～応力導入⇒添設部の鉄筋・型枠設置・Co打設⇒応力開放

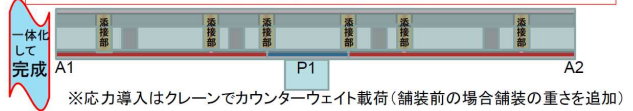


図-9 局部プレストレス工～応力導入⇒添設部Co⇒応力開放～

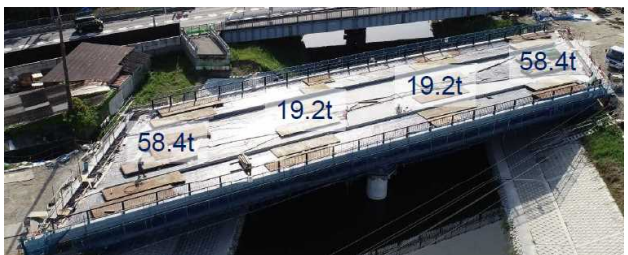


写真-12 応力導入 (プレフレクション載荷) 鉄板で載荷完了



写真-13 応力開放 (リリース) 鉄板をクレーンで除荷

(6) 超高減衰ゴム支承 (免震支承) の繰り返し載荷試験

支承の製作工場で、地震時と同様の揺れの水平力を繰り返しかける試験を行い、十分な減衰力を確認している。

別現場で ～地震に対する安全安心～

- ・若宮橋は、L2タイプ I 及びタイプ II 地震動に対応する免震支承を採用した「免震橋」。
- ・国道9号は、災害時「第一次緊急輸送道路」であり、災害復旧活動での活躍が期待されます。
- ・地震時と同様の水平力の揺れを繰り返しかける試験を行い、十分な減衰力があることを確認しています。

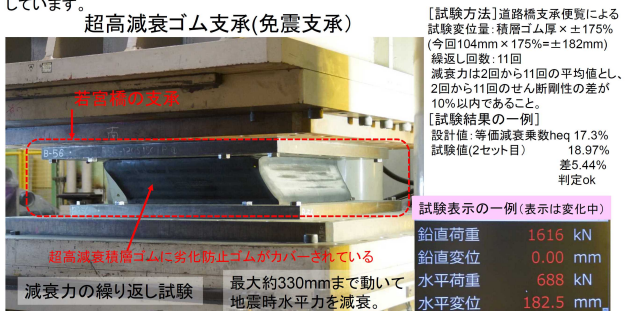


写真-14 超高減衰ゴム支承 (免震支承) の繰り返し載荷試験



写真-15 国道9号若宮橋（桁高低くスリムな形状）ほぼ完成

5. 見学会の開催と広報について

(1) 上部工架設見学会等の開催

小学校や住宅地に近くて地元の関心が高く、架設クレーンが周囲からよく見え、特徴あるプレビーム桁の架設は貴重な機会であることから、それぞれのニーズにあわせた事業説明と工法説明及び上部工架設見学会を行った。

2022年1月17日（月）吉川小学校 3～6年生 26名

1月21日（金）京都府南丹土木・所内 25名

1月24日（月）地元関係者・亀岡市 33名

吉川小学校からもクレーンが見えて、大変喜ばれ「橋をつくるのが楽しそう。私もつくってみたい。」という子供が複数名あられ、今後の成長に期待される。

京都府南丹土木は、若宮橋と類似の現地条件での橋梁かけ替えを検討されており、熱心に質問をされていた。

地元関係者及び亀岡市は、地元の期待が大きく、市議会、自治会、区画整理組合などから多数参加いただいた。

(2) 広報について

上記現地見学会の記者発表の結果、地元紙取材があり、小学校を対象とした見学会が掲載され、そのHPに動画が掲載された。京都国道事務所twitter、youtube、HPにも掲載し、小学校の学校便りもHPにも掲載された。また、業界紙2社から取材があり掲載された。

「プレビーム工法 [鋼とコンクリートの複合構造] での架け替え」がきっかけで、様々なことに配慮して橋を架け替えしていることに多方面から理解が得られたと思う。

6. 今後の予定について

(1) 供用予定と現地イベントなどの検討

年内に供用を予定しており、今後も供用までに現地でのイベントなどを通じた広報を検討しているところ。

7. プレビーム工法での架け替えについての感想

(1) 防災や土地利用との整合について

a) 剛性が高く桁高を低くできることの効果

プレビーム工法の特徴として、通常の鋼桁と比較して剛性が高く桁高を低くできることがあげられる。

鋼桁の場合、たわみで設計が決まっているケースも多く、プレビーム工法の桁高を低くできる効果は大きい。

設計条件によっては、桁間隔が広いままで、桁高を2分の1程度まで低減できると考えられる。

今回の様な現道架け替え工事で、河川断面を確保しながら沿道土地利用への影響を低減できる場合には有効。

b) 形状に比較的自由度がある

プレビーム工法では、河川条件などで、橋脚上より橋台上の桁高を低くする必要があった場合などでも、変断面での対応が可能で、過去に経験した同様のケースでは、鋼桁の変断面で対応したが、プレビーム工法であれば、剛性が高く桁高を低くできる特性から、さらにスマートな橋梁にすることが可能であったと思われる。

(2) メンテナンス性について

a) 上部工一体化による表面にほとんど継ぎ目のないシームレスな形状

上部工を全て一体化させる構造となり、添接部の下フランジコンクリート打ち継ぎ以外は、継ぎ目として認識できる様なものはなく、概ねシームレスな形状で、出っ張る部材が将来に老朽化損傷原因になる様なところは全くみあたらない。

b) 桁下空間について

概成した上部工の橋台付近桁下に入ると、通常の橋梁の橋台付近と異なり、桁高が低いにもかかわらず空間が広がり、桁間に設置される添架物件のスペースにも余裕があり、点検が大変容易と思われ、橋梁点検で入った経験のある多くの橋梁の桁下との大きな違いを感じた。

(3) 景観について

a) 景観面のポテンシャルについて

形状に比較的自由度があるなかで、上部工全体を一体化させることができる。

景観は周囲との関係性から議論されるが、景観面での周辺景観になじみ易い橋梁にできるポテンシャルは高い。

(4) 工程について

工程については、通常の鋼桁橋等と比較して、異なる点があり、プレビーム工法を採用して事業計画を策定する際には、この点を計画に織り込み進める必要がある。

a) 工場製作期間について

工場製作期間については、通常の鋼桁の製作期間に加え、下フランジの応力導入（プレフレクション）～下フランジの鉄筋・型枠・コンクリート打設～応力開放（リリース）の工程が必要なことから、2～3ヶ月追加で必要になるとと思われる。

b) 上部工架設後の現地での施工期間について

上部工架設後から局部プレストレス工が完了するまでの施工期間については、今回は、工場製作の楕円型枠で約1ヶ月程度短縮し、約3～4ヶ月となっている。

8. おわりに

計画から施工に至る特徴や留意点の紹介で、今後の橋梁架け替え事業などでの検討の参考になればありがたい。