

猿樂橋架替え事業

- I. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について
- II. 半断面施工の実現可能性について

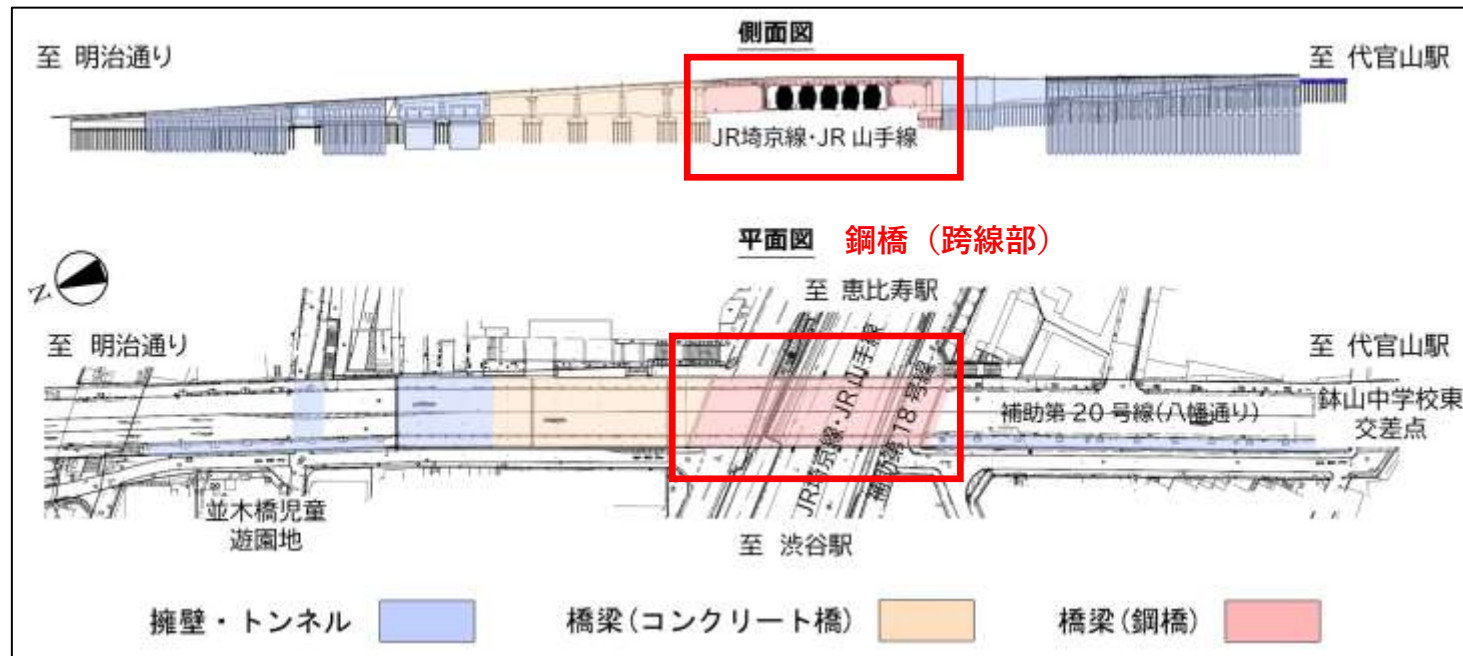
I. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について

1. 前提条件（施工条件）について
2. 補強した場合の検討について
3. 補強した場合の検討結果について

（1）概要

現行基準とは大きく異なる大正時代の旧基準で作られた猿楽橋について、長期供用を前提とした供用性・安全性を把握するため、現行基準に基づき必要な補強内容を調査し、不適合となる部材を把握するとともに、補強の実施可否の検討を行った。

検討対象は、橋梁区間の中でも鉄道上で制約が多く工事の難易度が高い「**鋼橋（跨線部）**」とした。

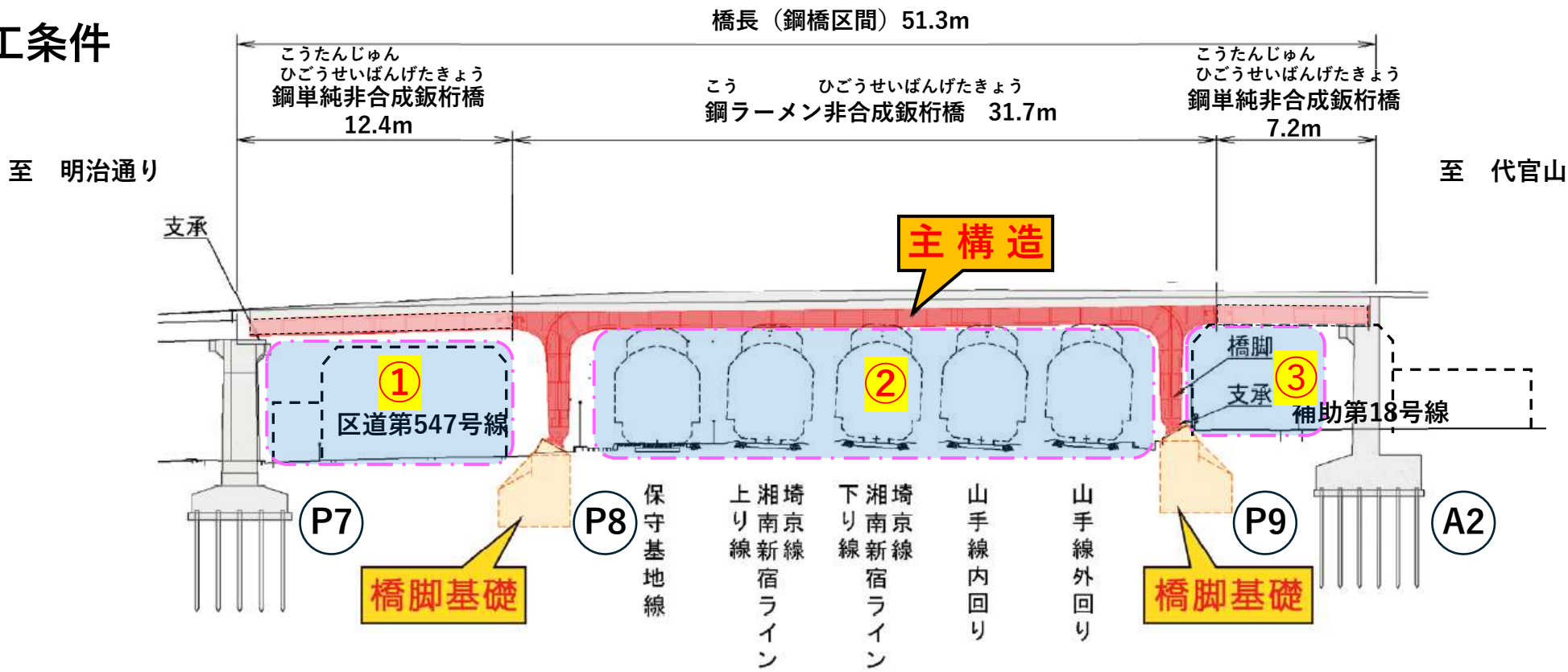


(2) 架設当時との設計基準の比較

	架設当時（1934年）の設計基準 道路構造に関する細則案（1926年制定）	本事業で適用した設計基準 道路橋示方書・同解説（2017年制定※）
基準の位置づけ	●1919年道路構造令の細則 （橋梁は、道路全般の基準の一部で付属的扱い）	●道路法・道路構造令に基づく橋梁設計・施工・維持 管理の技術的な国家基準
耐荷性 （自動車荷重）	●小規模 （一等橋 12トン、 <u>二等橋 8トン、三等橋 6トン</u> ） ※ 猿楽橋は、二等橋または三等橋相当と推定	●大型車対応（B活荷重 <u>25トン</u> ）
耐震性	●体系的な規定なし	● <u>発生確率高・中規模地震 レベル1地震動に対応</u> ● <u>発生確率低・大規模地震のレベル2地震動に対応</u> 例：関東大震災、阪神・淡路大震災、東日本大震災
耐久性	●規定なし	●設計供用期間 <u>100年</u>

※ 国土交通省は、令和8年（2026年）4月1日以降、新たに着手する設計から2025年（令和7年）改定の道路橋示方書を適用すると定めている。

(3) 施工条件



No.	施工条件
① 区道第 5 4 7 号線	橋脚基礎を補強する場合、区道第547号線の交通規制（終日）が必要になる。
② 鉄道敷地（JR東日本）	鉄道敷内のため、工事は、 <u>深夜2時間/日、月に5日程度</u> ※の作業時間となる。 主構造の周辺スペースが僅少のため、施工可能な補修工法が限定される。
③ 補助第 1 8 号線	橋脚基礎を補強する場合、補助第18号線の通行止めが必要になる。

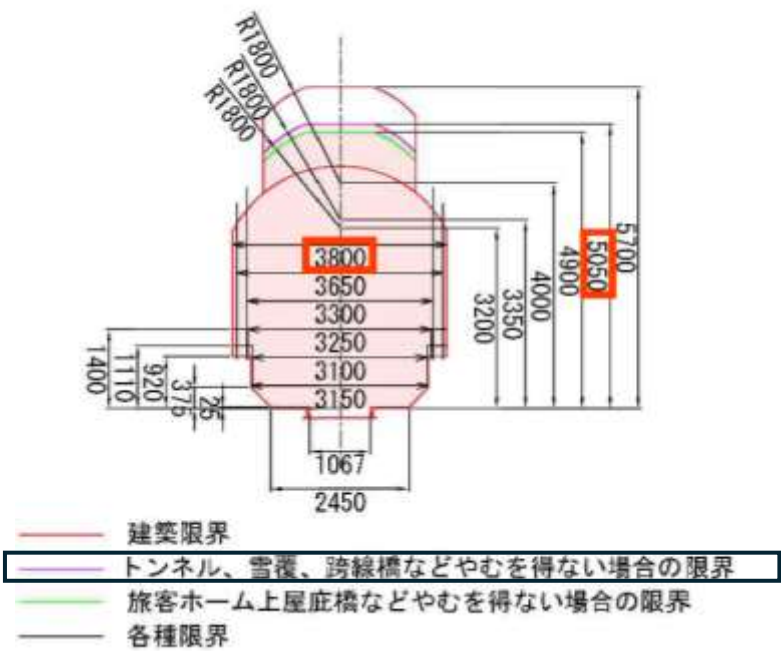
※ 鉄道事業者との協議結果により設定した施工条件

鉄道建築限界と桁下スペース

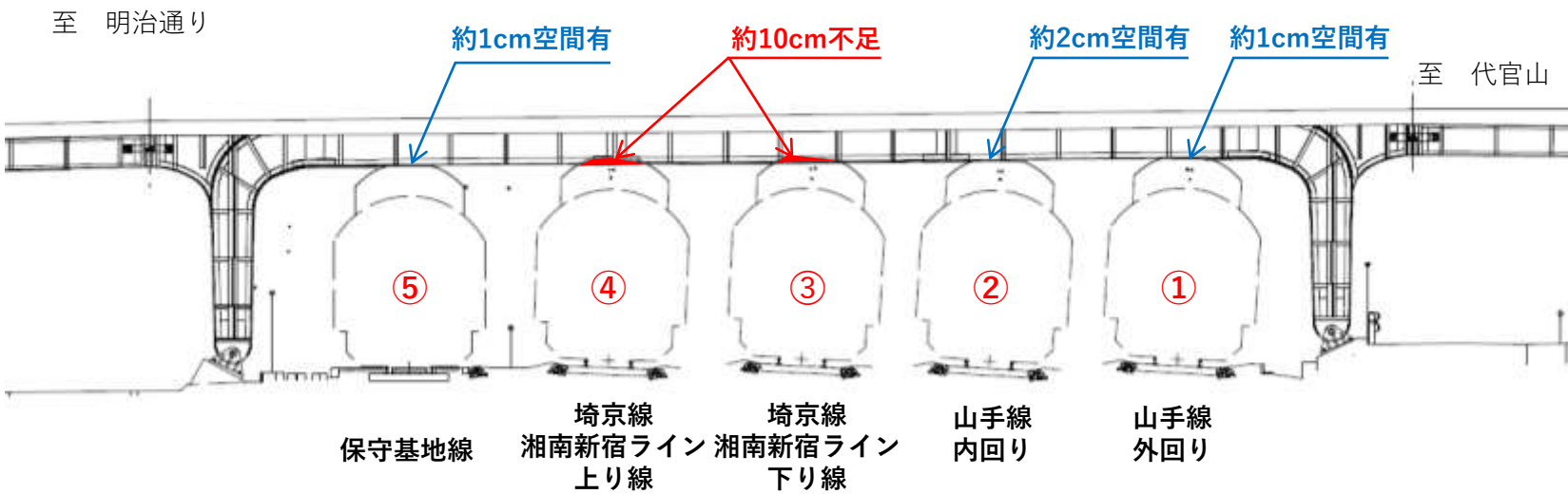
- 現状の桁下空間は、現行基準の建築限界の高さ（架線あり、H=5.05m）に対し、山手線[内・外回り]と保守基地線（①、②、⑤）は約1～2cmしか余裕が無く、埼京線[上下線]（③、④）では約10cm不足※している。

※ 猿楽橋の架設当時、現在の埼京線は、山手貨物線として非電化（架線なし）で営業しており、十分な桁下スペースが確保されていた。

JR線鉄道建築限界図



鉄道建築限界高と桁下スペース（現況）



橋脚基礎の形状調査（明治通り側） H29.11実施

橋脚基礎（底版・杭）について、設計時の資料が現存しないことから、可能な範囲で試掘調査を実施

- 線路側 …… 軌道敷内（鉄道用地）のため、立入り不可
- 道路側 …… 現道の交通に支障がなく、隣接する軌道敷の地盤に影響がない範囲で掘削

⇒ **調査後も基礎工全体の形式・形状は不明** ※無筋コンクリートであることを確認

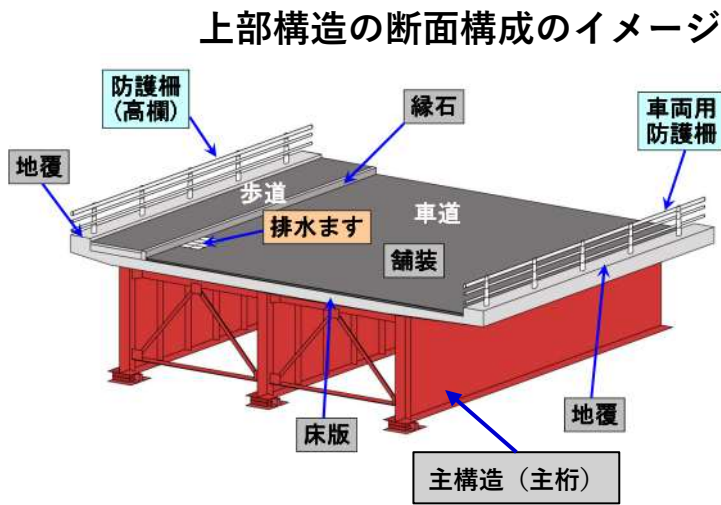
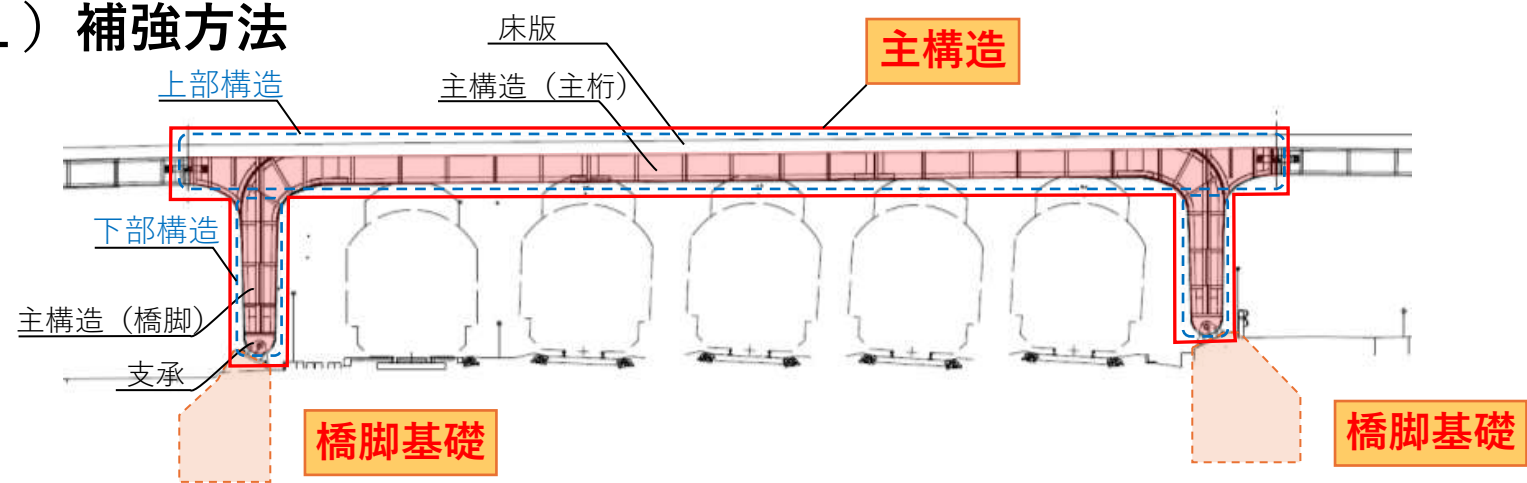
可能な範囲で試掘を行い調査を実施



2. 補強した場合の検討について

1. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について

(1) 補強方法



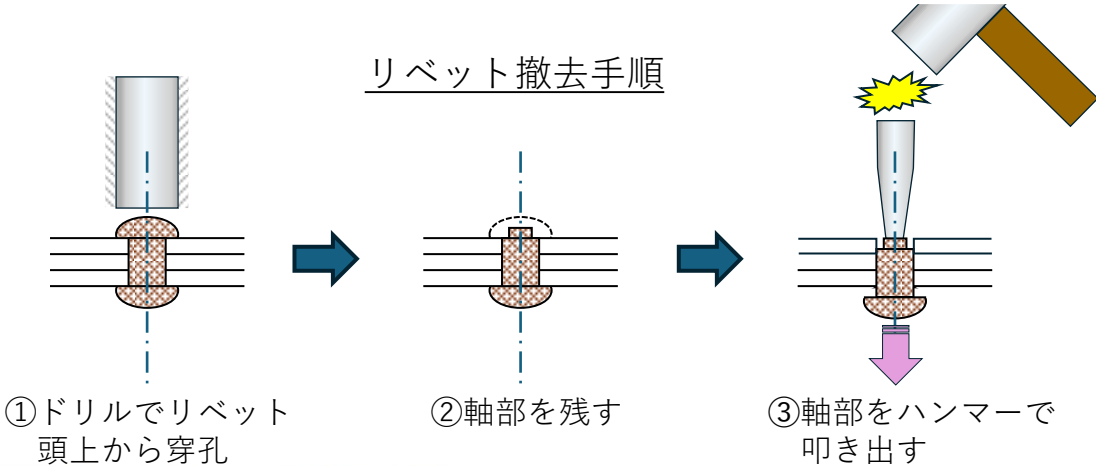
	車両荷重に対する性能（耐荷性能）	耐震性能
主要な部材	上部構造（主桁、床版）	上部構造（主桁）、下部構造（橋脚）、支承、橋脚基礎
現 状	- 現行基準の車両荷重（25トン）で計算すると、上部構造の耐荷力が不足 - 鉄道敷地内の主構造（主桁）の桁下スペースが僅少 - 現状は、12トンを超える車両は通行禁止	- 現行基準の地震動で計算すると、主構造（主桁、橋脚）の耐震性能が不足 - 橋脚基礎の構造が不明（設計時の資料が現存しない）
対策案（補強案）	- 主構造（主桁）の補強（当て板） - 床版上面にコンクリートを嵩上げ	- 主構造（主桁、橋脚）の補強（当て板） - 橋脚基礎の補強（増し杭）※想定
対策案の課題（補強案の課題）	- 桁下スペースの制約から、主構造（主桁）の補強材は、可能な限り薄い部材を使用する必要がある。 - 床版上面の嵩上げによる重量増加（橋全体重量が約15%増加）により、橋全体の耐震性能に影響する。 - 床版上面の嵩上げに伴い路面高さが変化するため、隣接建物の出入口との高低差が生じる可能性がある。	- 橋脚が鉄道敷地に隣接しているため、補強材は主桁と同様、可能な限り薄い部材を使用する必要がある。 - 橋脚基礎全体の形式・形状が不明のため、対策工が確定できない。

(2) 主構造の補強（当て板）

➤ 既設のリベットを外して鋼板（当て板）を設置し、ボルトで接合して板厚を増やすことで耐力の回復・向上を図る。



施工イメージ



作業工程



リベット撤去+孔明け 約 2,000本
連結（ボルト本締工） 約 2,000本
補強完了まで 約12年

問題点

- 主構造を当て板補強すると、補強鋼材およびボルト頭（約5cm）の厚みにより、桁下空間がさらに減少する。
⇒ 全ての軌道上で桁下スペースを確保できず、**鉄道建築限界を阻害することから、一部補強できない箇所が発生する。**

2. 補強した場合の検討について

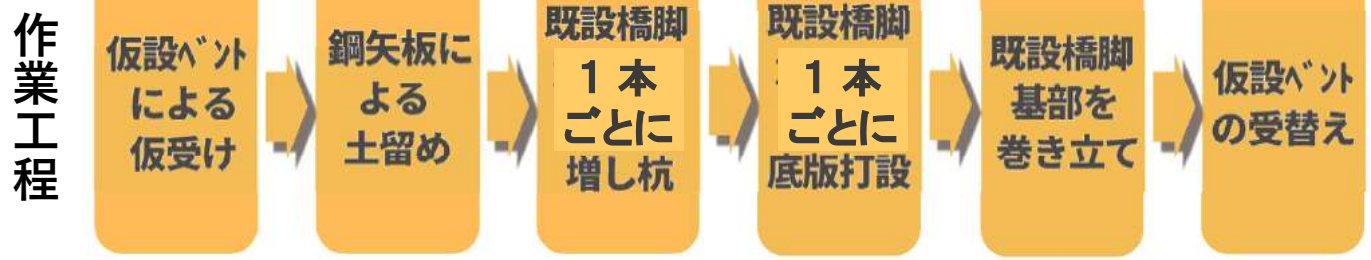
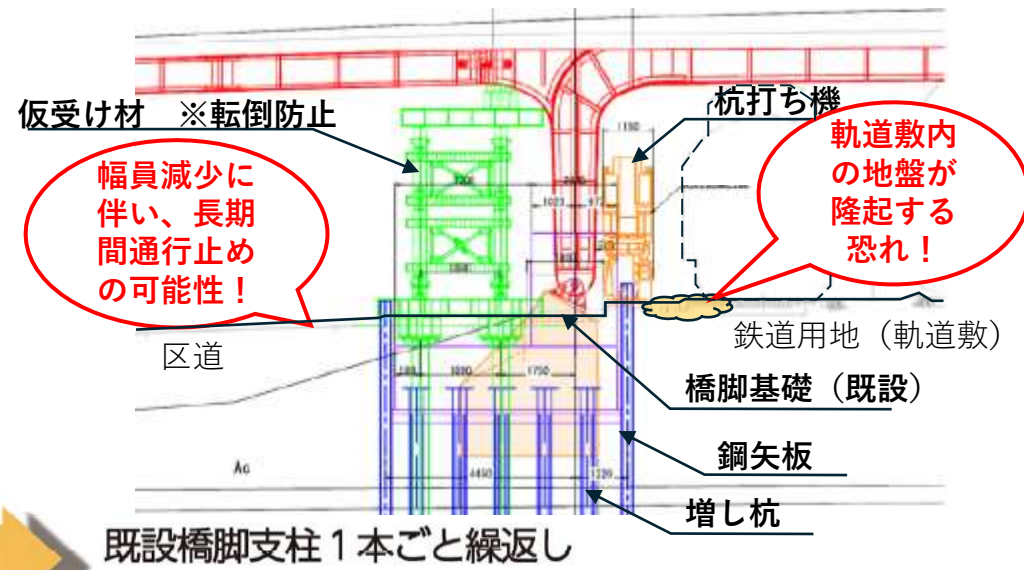
1. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について

(3) 橋脚基礎の補強（増し杭）

- 既設の橋脚基礎の形状が不明のため、周囲に杭を増設（増し杭）を想定
- 周辺への影響を少なくするため、杭打ち機で地面を押し込みながら鋼矢板と杭を打設
- 工事期間中は、橋脚が不安定な状態になるため、区道に仮受け材を常設



橋脚基礎補強のイメージ



既設橋脚支柱 18本（9本×2箇所）
補強完了まで 約5年

問題点

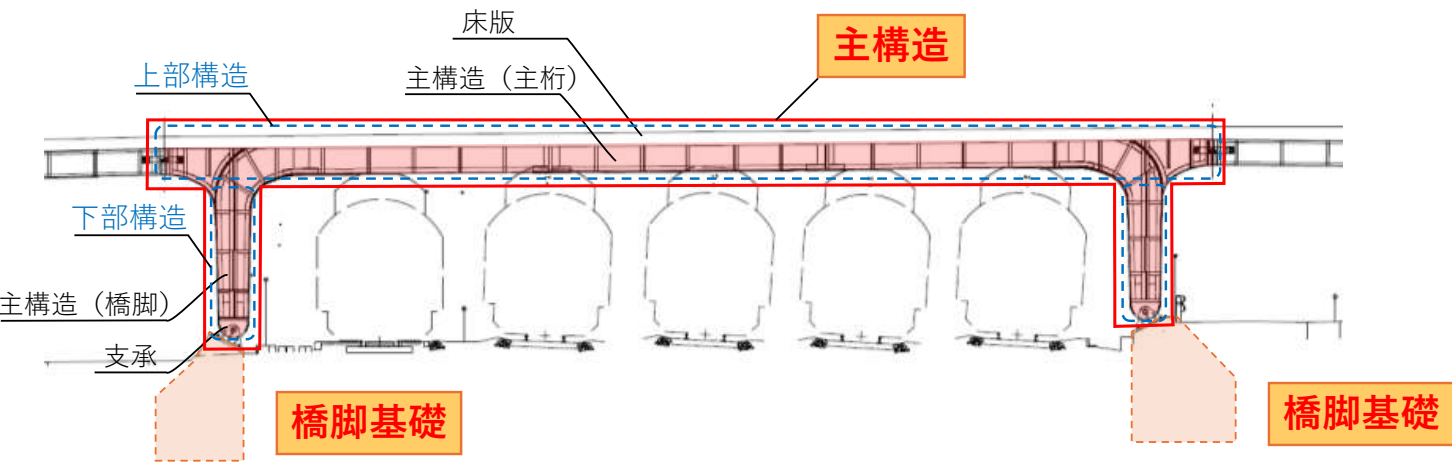
- 鉄道への影響が大きく、施工可否の判断は関係者の協議結果により決定される。
- ⇒ 軌道敷内における杭打ち機の打設により周辺地盤が隆起し、鉄道運行に支障が出る恐れがある。
- 橋脚基礎の形状が不明なため、**現行基準に適合する対策工を立案できない。**
- 区道上に仮受け材を常設することにより、**車両通行に長期的な影響が生じる。**

3. 補強した場合の検討結果について

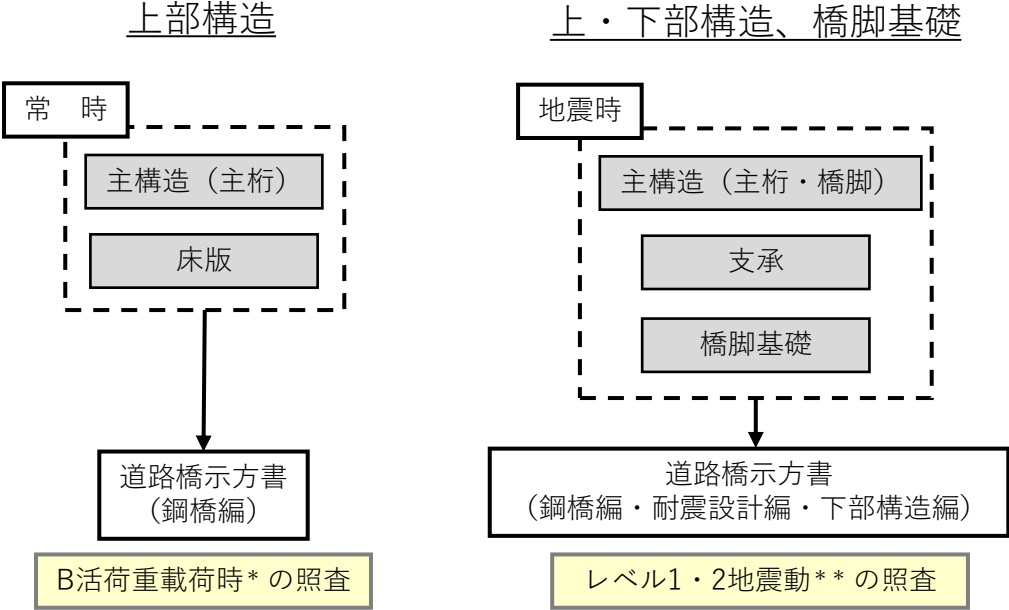
1. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について

（1）検討方法

施工条件の制約がなく、全ての補強を行うと仮定して、現行基準に照らし合わせたシミュレーションを行った。



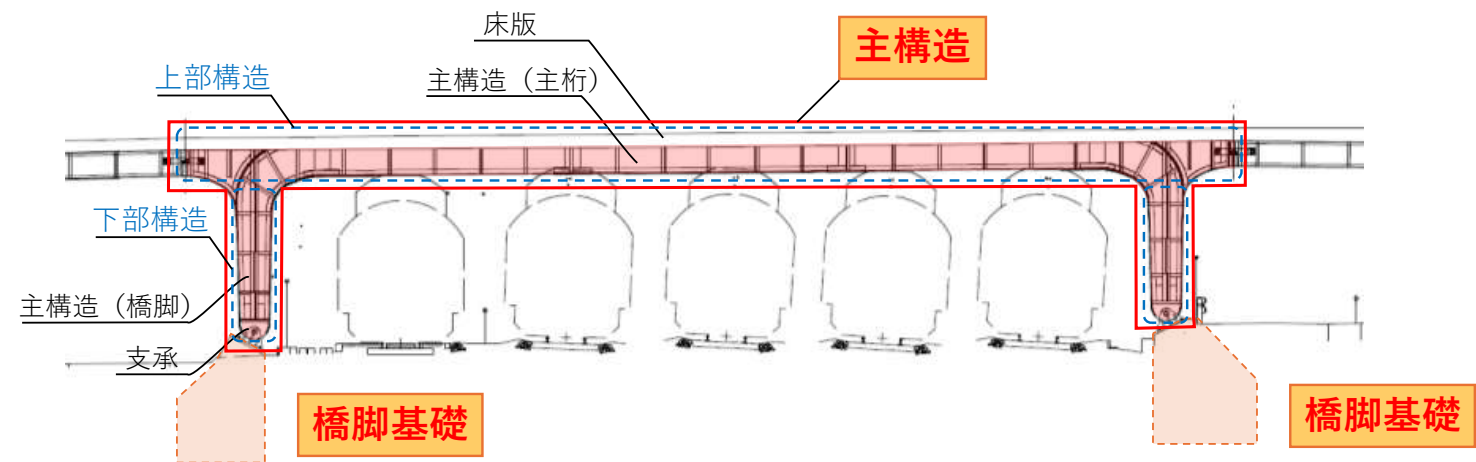
※ 完成時の図面がなく詳細が不明な箇所は、その他の箇所の計算結果から類推した。



* B活荷重：現行基準の車両重量（25 t）

** レベル1地震動（L1地震動）：中規模地震
レベル2地震動（L2地震動）：大規模地震

(3) 検討結果



凡例

- ：補強可
- ▲：施工上の制約が大きく実現可能性が低い
- ✕：補強不可／実現可能性なし
- * 補強後の重量増加に伴い全体構造への影響が懸念される
- ** 軌道内の作業のため、施工可否の最終判断は鉄道事業者の判断による

		耐荷性能の照査 (常時)	耐震性能の照査（地震時）	
			レベル1 地震動	レベル2 地震動
上部構造	主構造（主桁）	✕	●	✕
	床 版	▲*	—	—
下部構造	主構造（橋脚）	—	●	▲**
	支 承	—	●	▲**
	橋脚基礎	—	✕	✕

（４）結果

① 供用性・安全性

- 鉄道敷地内における主構造の補強は当て板補強による施工となるが、作業工程が多いうえに作業効率も著しく低下する。
- 主構造を当て板補強すると部材の厚みが増加し、**鉄道建築限界を阻害することから、一部補強出来ない箇所が発生する。**
- 一般的に橋梁基礎の設計・施工技術は、1950年代以降に実用化・体系化されたものであり、それ以前に建設された本橋の橋脚基礎は、現行基準との間に大きな隔たりがあると考えられるが、軌道敷地内の橋脚基礎は、設計時の資料が現存せず、**形状や構造が不明のため、確実な補強計画が立案出来ない。**

② 補強案の実現可能性

- 補強案は、計画の前提条件である**鉄道建築限界が確保できない。**
- 確実な補強計画が立案出来ない状況で進めた場合、**必要な補強レベルに達するか不確実**である。
- 仮に老朽化した部材を使用し続けた場合、**予期し得ない不具合が生じ、人命に関わる重大な事故などが発生する懸念**がある。

補強案は、施工条件に著しい制約があり、周辺環境への影響も大きいため、**実現は困難**と判断された。

3. 補強した場合の検討結果について

1. 鋼橋（跨線部）補強案の検討結果について

第3回猿楽橋検討会資料より（H29.3.9）

猿楽橋検討会



学識経験者及び有識者（敬称略）

会長：藤野陽三
城西大学学長
※横浜国立大学 上席特別教授

委員：千々和伸浩
東京科学大学教授
※東京工業大学 准教授

委員：宮下剛
名古屋工業大学教授
※長岡技術科学大学 准教授

委員：神田昌幸
大和ハウス工業株式会社 執行役員
※国土交通省都市局街路交通施設課長

※検討会発足時の所属・役職

【鋼橋の機能上の整理（案）】

- 鋼橋の長期的な利用を前提に、耐震性能照査を行った結果、中規模地震（レベル1地震動）に対しては耐震性能が確保されていたものの、大規模地震（レベル2地震動）に対しては一部耐震性能が確保されていない状況と判明した。
- そこで、長期的に利用し続ける対策として耐震補強対策を検討した結果、主桁及び橋脚の当板補強、基礎の補強（地盤改良）、支承部の対策が必要であった。
- 耐震補強の対策案について、制約条件から施工が可能かどうかについて検討した結果、以下により、施工が困難であると考えられる。
 - ①主桁の当板補強
 - ・時間の制約：既設主桁の状況（リベット）に合わせた複数の細かな作業を複数箇所に渡り施工する必要があり、JR上での厳しい施工時間の制約（約2時間）を考慮すると補強作業に要する期間が莫大になるため、JRへの施工委託協議が難航することが想定される。
 - ・交通規制：施工中は耐荷力が低下するため車両の交通規制が必要である。施工期間と同等に莫大な交通規制の期間となることが想定されることから、地域・道路利用者への影響も懸念される。
 - ・物理的制約：主桁とJR架線とのクリアランスが小さく、著しく狭隘な箇所での施工となり作業が難航することが想定される。
 - ②基礎の補強（地盤改良）
 - ・鉄道協議：施工位置が線路に近接しており、地中へ地盤改良材を注入する等により線路への影響（隆起、沈下）が懸念される。この点について鉄道の安全な運行に支障をきたすことが無いようにするための工法協議に関し、JRとの協議が難航することが想定される。
- 以上より、鋼橋を長期的に利用し続けるためには大規模地震に対して耐震性能が確保させる対策が必要であるが、耐震補強対策を実施する上で施工面に多くの困難な課題が伴うことから、補強を行い利用し続けていくことは選択しがたい。

II. 半断面の実現可能性について

1. 前提条件について
2. コンクリート橋の半断面切断の検討について
3. 鋼橋の半断面切断の検討について
4. 新設橋の半断面施工の検討について
5. 検討結果について

(1) 概要

- 猿楽橋架替え工事は、全面通行止めによる既設橋の撤去・新設を予定している。
- 架替え工事中も現在の猿楽橋を供用できるよう半断面ずつの施工について、構造的、安全性の面から実現可能性の検討を行った。



コンクリート橋



鋼橋

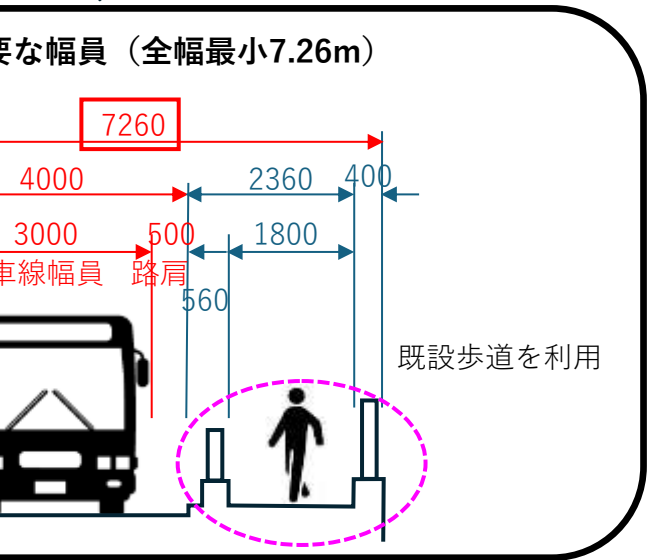
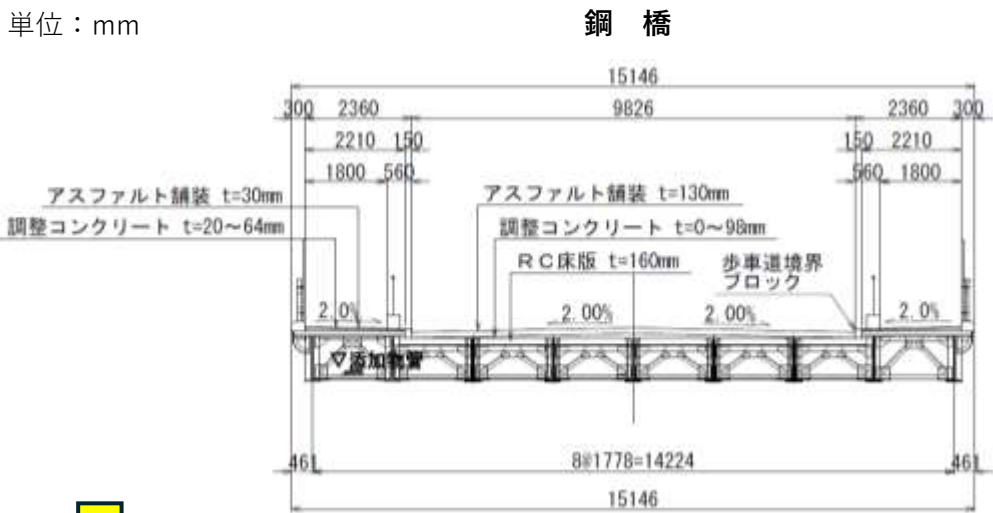
1. 前提条件について

II. 半断面の実現可能性について

(2) 幅員構成 (現況・半断面)

現況断面

単位：mm

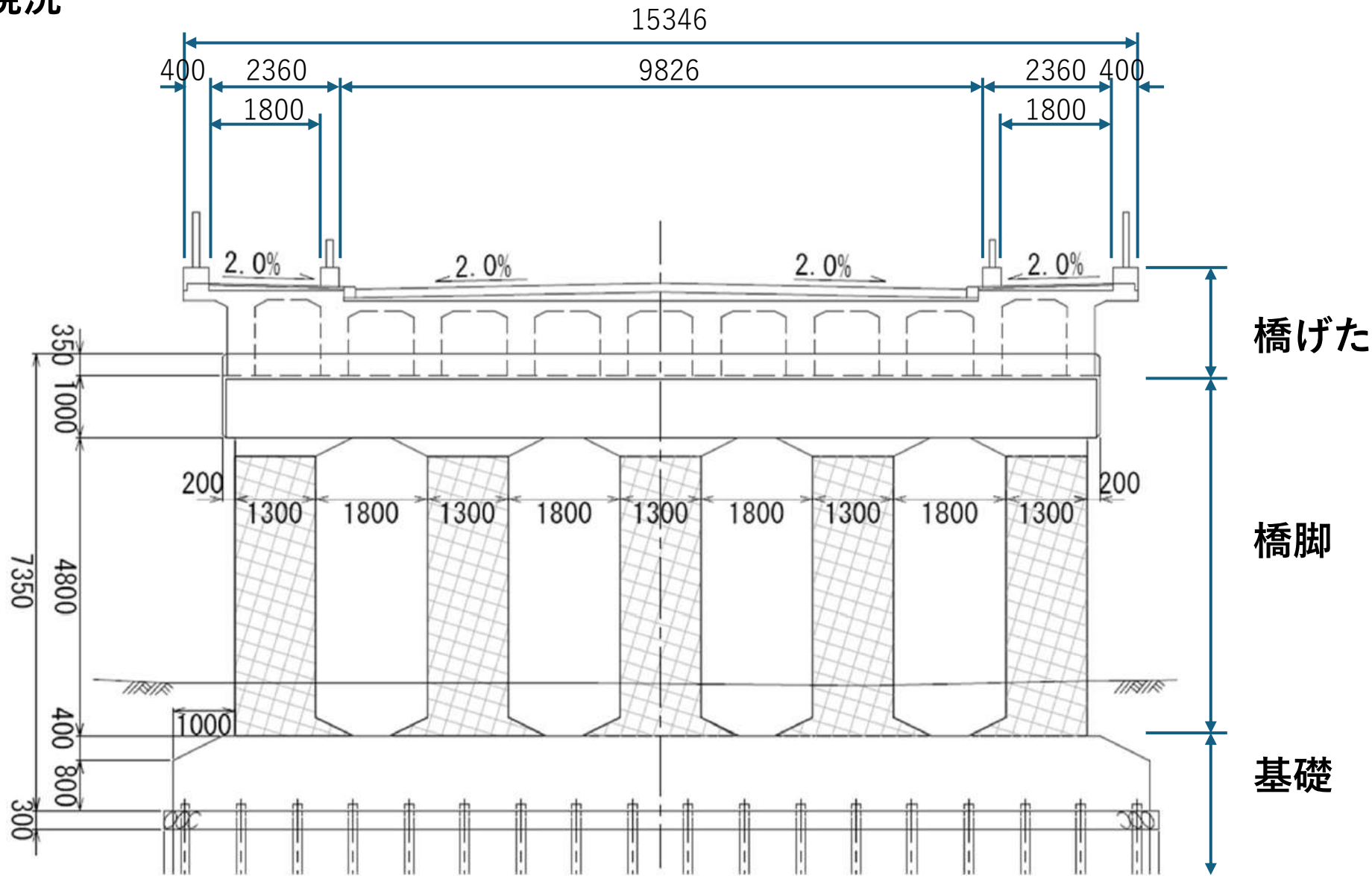


道路規格：第4種第2級
設計速度：V=40km

区分			標準値 (m)	特例値 (m)
第4種	第1級	普通道路	3.25	3.50
		小型道路	2.75	
	第2級及び第3級	普通道路	3	
		小型道路	2.75	

(1) 現況

単位：mm



(2) 半断面切断

ケース1 構造中心位置で切断

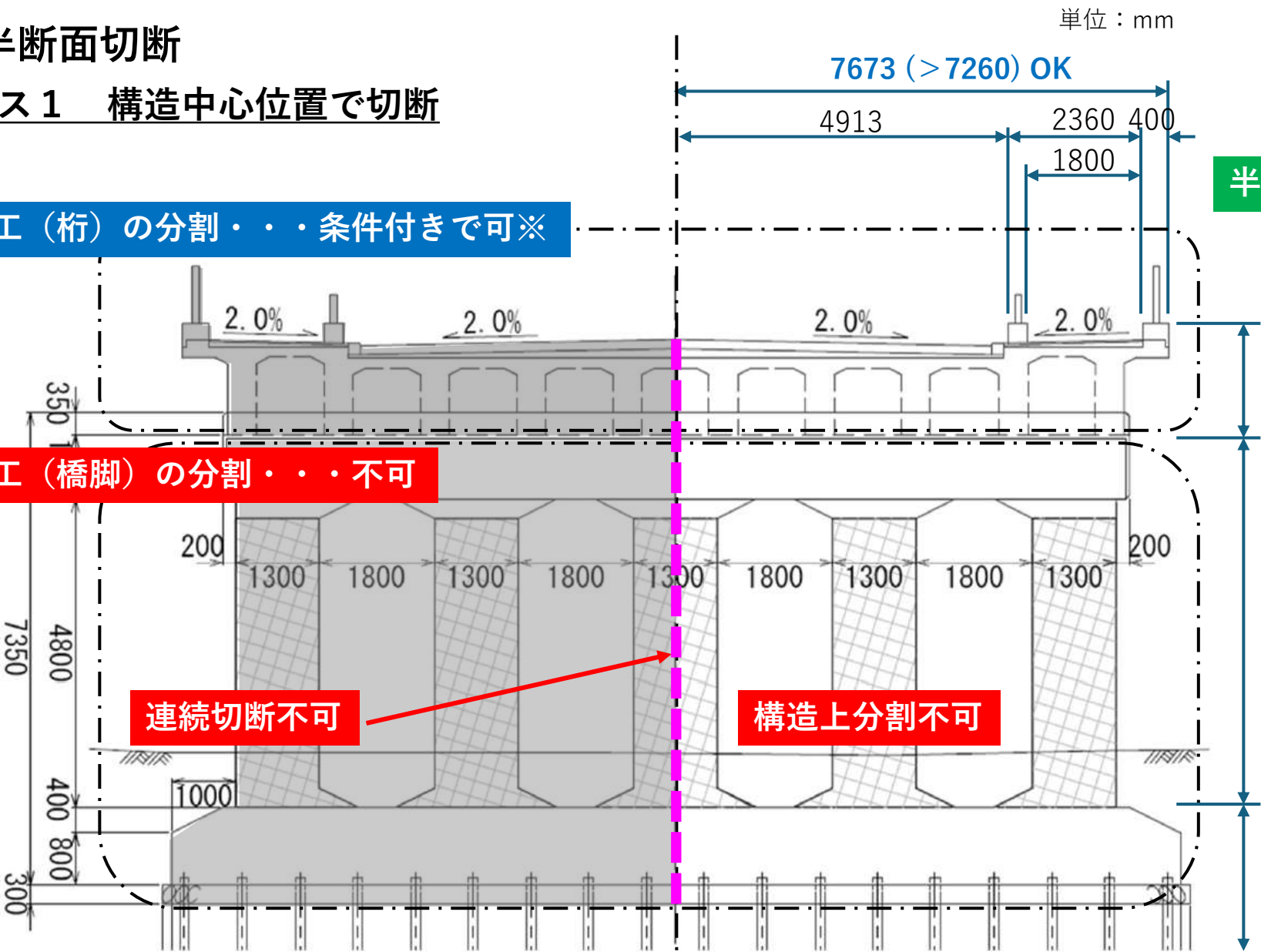
上部工（桁）の分割・・・条件付きで可※

下部工（橋脚）の分割・・・不可

連続切断不可

構造上分割不可

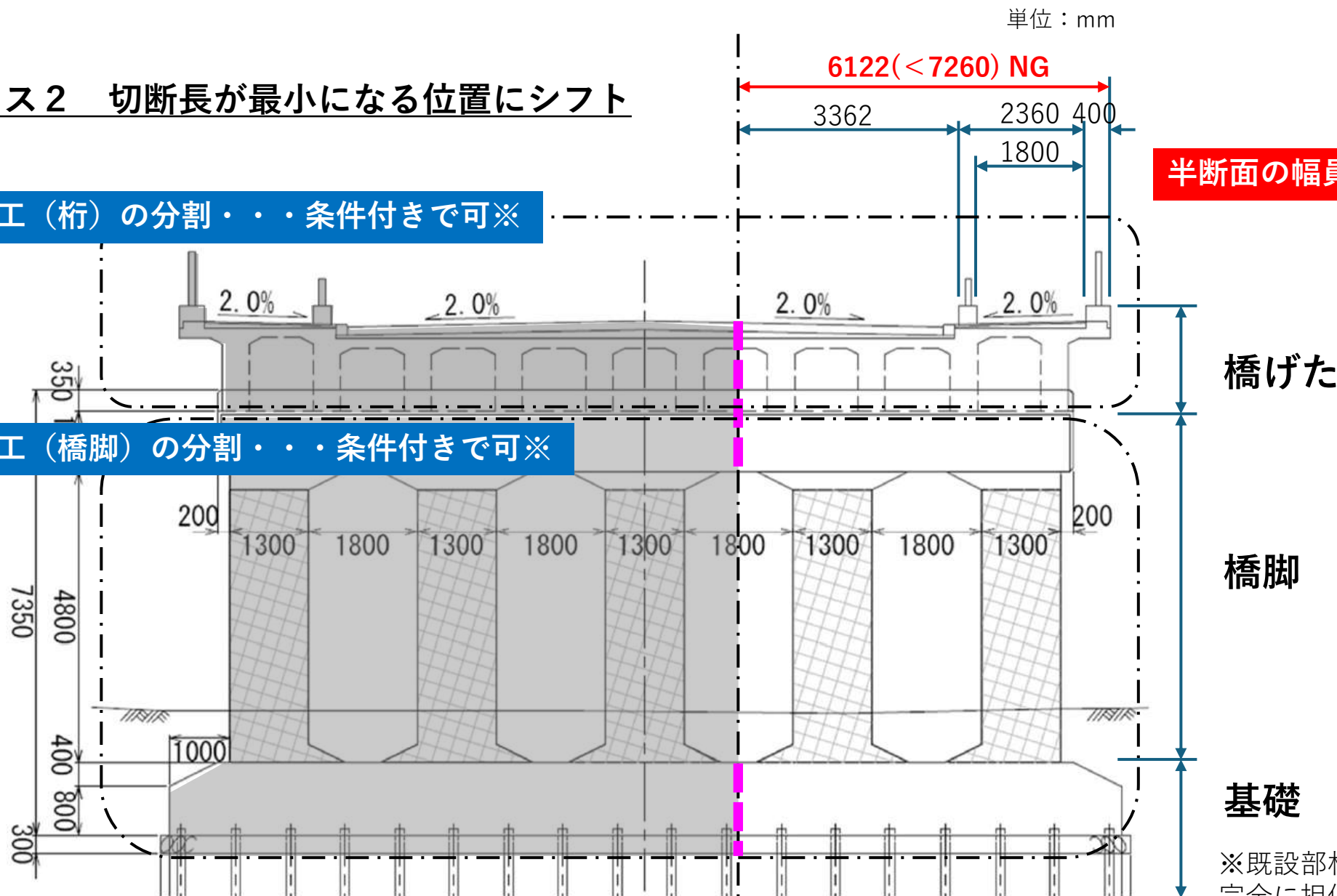
半断面の幅員確保・・・可



※既設部材の状況によっては安全性が完全に担保されるものではなく、別途調査に基づく技術的な判断が必要。

II. 半断面の実現可能性について

下部工（橋脚）の分割・・・条件付きで可※



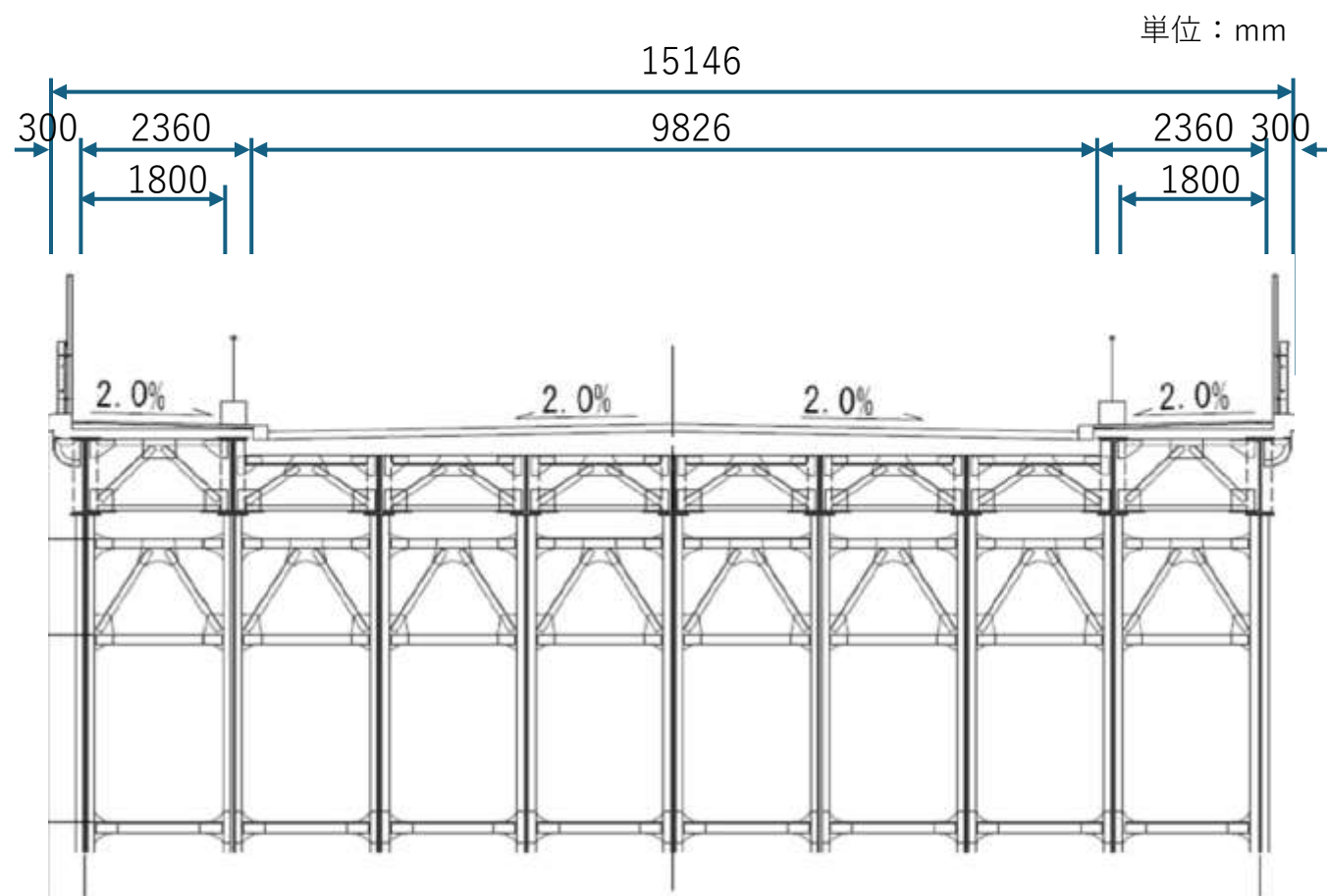
※既設部材の状況によっては安全性が完全に担保されるものではなく、別途調査に基づく技術的な判断が必要。

3. 鋼橋の半断面切断の検討について

II. 半断面の実現可能性について

全体が骨組み構造であり、構造上分割困難

しなやかな部材を組み立てる鋼橋と、全体を強固な一体の塊とするコンクリート橋では、設計の基礎となる考え方が根本的に異なる。



鋼橋で半断面を適用するリスク

① 長期安定した構造の改変

- 鋼材の切断順序により部材の挙動が変化し、応力の再配分に伴い座屈（変形）が生じるおそれ
- ガス溶断による熱膨張と外気の温度差で鋼材（桁）に残留歪みが発生

⇒ 設計上の不確定要素が多く安全性の確保が困難

② 軌道内の火気使用作業

- ガス溶断は、高熱の火花や裸火（約3,000℃）を扱うため、山手線等の架線上で火気を使用した切断は、甚大な火災や爆発事故のリスクが伴う
- き電停止後の極めて限られた作業時間で防護・養生等の安全管理体制が確立できるか不確実

⇒ 施工の可否判断は、関係者の協議結果による

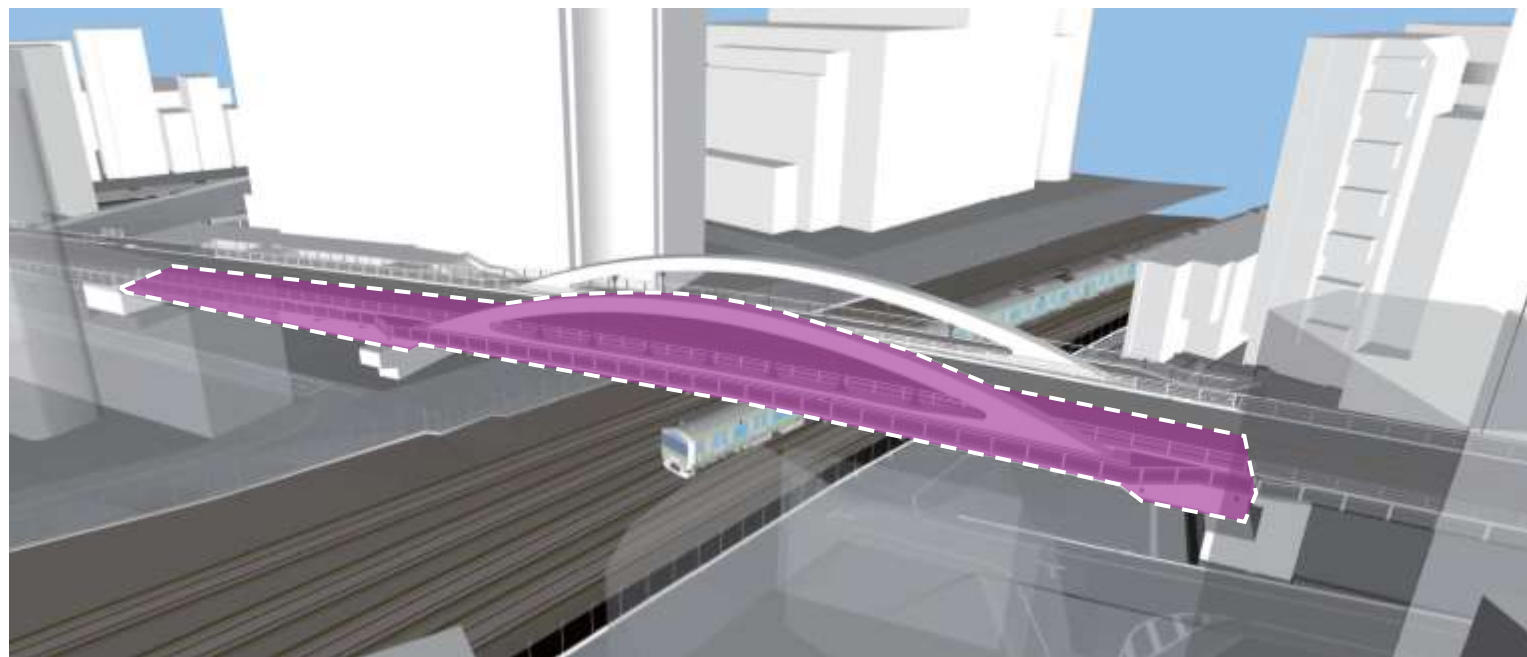
③ 半断面の供用性（10年超の補修工事/架け替え）

- 車両通過による繰返し荷重や地震等の偶発的な荷重に対する部材応答の不確実性
- ガス溶断した部材について疲労・腐食等の劣化進行

⇒ 長期供用に課題が多く、維持管理上のリスク大

4. 新設橋の半断面施工の検討について

II. 半断面の実現可能性について



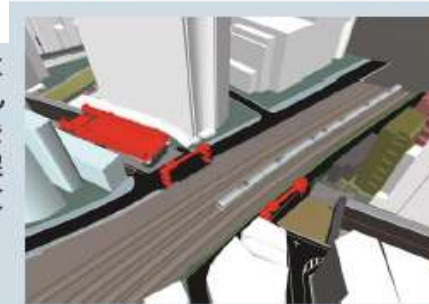
アーチ構造の新設橋を半断面で送り出し架設した時の問題点

- 重心位置が偏心することにより、**構造的なバランスが確保できない。**
- 供用状態における半断面の架設は、隣接する橋げたとの離隔や送り出し設備および架台を設置に**必要な幅の確保が物理的に不可能。**
- 半断面の橋げた同士を連結する際、線路上での追加作業が発生する。

架設方法（送り出し架設）

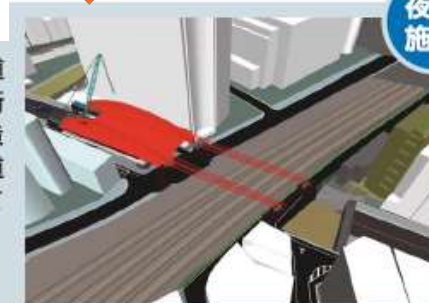
STEP - 1

鉄道と交差する箇所に橋を架ける準備として、送出し構台（橋桁を組み立てる仮設の足場）とペント（仮設の支柱）を設置します。



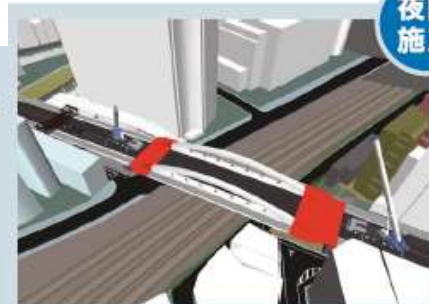
STEP - 2

送出し構台の上で鉄道と交差する箇所の橋桁（橋の床を支える構造材）を組み立てて、鉄道の上にスライドさせて設置します。



STEP - 3

道路と交差する箇所の橋桁をクレーンで設置します。橋桁が設置できたら、送出し構台とペントは撤去します。



(1) 既設橋撤去（コンクリート橋・鋼橋）について

- 切断位置が制限されるため、**通行に必要な幅員が確保できない。**
- 設計上の不確定要素が多くあるため、現状の構造を改変して長期供用する場合、**安全性で課題が残る。**
 - ※ 特に鋼橋は、車両通過による繰返し荷重、地震等の偶発的な荷重に対する部材応答の不確実性に加え、半断面化による横方向の剛性低下が懸念される。
- 鋼材の切断は、**軌道内の火気使用作業**となるため、最終的な実施の可否は、詳細な施工計画をもとに関係者との協議結果により決定される。
- 線路上での既設橋の半断面撤去は、残存する橋桁との間に十分な作業空間を確保できず、**施工が困難である。**

(2) 新設（鋼アーチ箱桁橋）について

- アーチ箱桁橋を半断面の状態で供用することは、**構造的に成立しない。**
- 半断面での架設は、狭隘な作業空間であり、送り出し設備の設置に**必要なスペースを物理的に確保できない。**
- 線路上で桁断面を一体化させるための連結作業が追加発生することで**工事がさらに長期化する。**

半断面施工については、不確定要素が多く施工が複雑となることに加え、構造的・安全性に懸念があり、必要な作業空間の確保も困難であることから、**実現は困難**と判断された。