

土木学会西部支部沖縄会

橋梁メンテナンスの合理化を目指した多機能防食デッキに関する技術講習会

2021年11月11日

首都高速道路の 恒久足場に関する設計施工要領

首都高速道路（株）
技術部構造技術室設計技術課
石原 陽介

1.首都高速道路のご紹介

2.首都高速道路に設置されている恒久足場

3.設計要領の制定と改訂の経緯

4.恒久足場設計施工要領のポイント

5.おわりに

1. 首都高速道路のご紹介

- ・首都高速道路は首都圏（東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県）という限られた範囲で約327kmの路線を管理・運営
- ・通行台数は約100万台/日で自動車交通の大動脈の役割



首都高

営業路線 約327km
通行台数 約100万台/日



本四高速



阪神高速



NEXCO
中日本



NEXCO
東日本

2. 首都高速道路の恒久足場

4

【南平台（渋谷）付近】



2. 首都高速道路の恒久足場

5

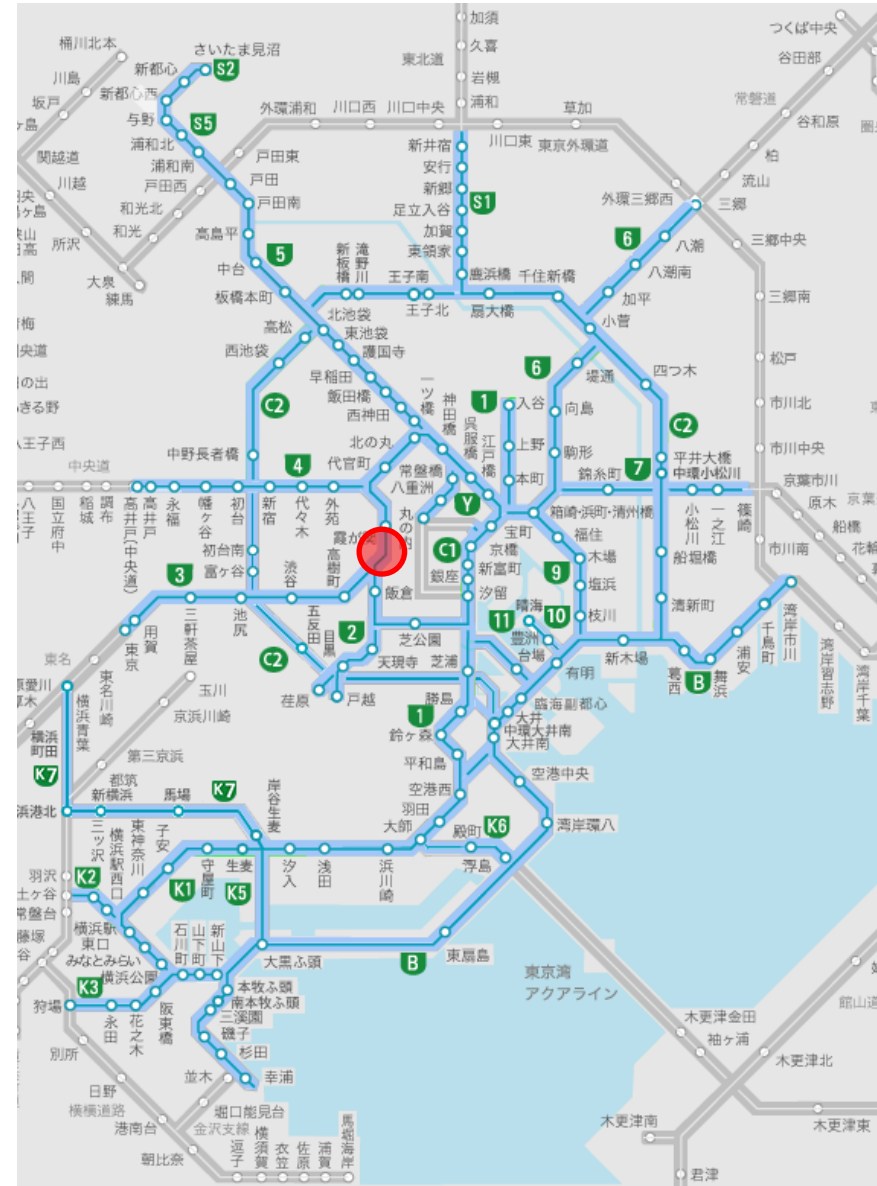
【南平台（渋谷）付近】



2. 首都高速道路の恒久足場

6

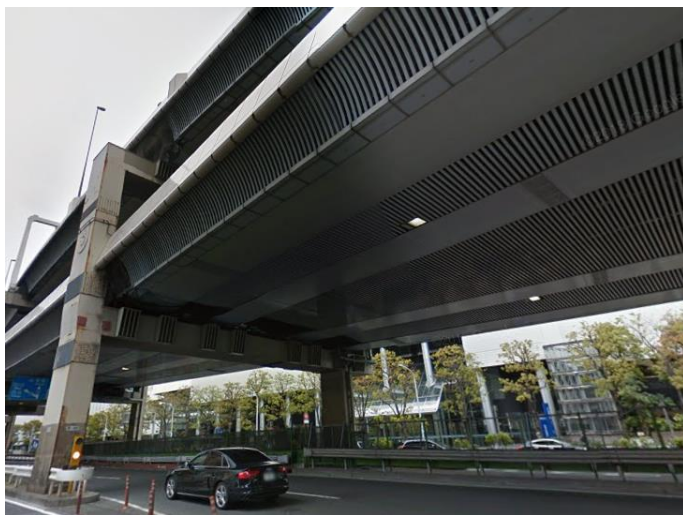
【溜池地区】



2. 首都高速道路の恒久足場

7

【谷町JCT付近】



2. 首都高速道路の恒久足場

8

【晴海線】



2. 首都高速道路の恒久足場

9

【東品川地区】



2. 首都高速道路の恒久足場

10

【鶴見つばさ橋】



2. 首都高速道路の恒久足場

11

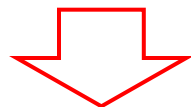
【鶴見つばさ橋】



3. 設計要領の制定と改訂の経緯

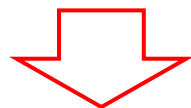
2015. 6 恒久足場設計施工技術資料（内部資料） 制定

- 維持管理性の向上が目的で技術資料を制定
- 「密閉タイプ」「足場タイプ」の2つの型式を規定



2019. 6 附属施設物設計施工要領第8編「恒久足場編」 制定 （販売図書）

- 密閉タイプを「恒久足場」と呼び、足場タイプを「維持管理用常設足場」と定義
- 設置環境により4種類の型式を規定
- 適用の範囲を明確化



2021. 7 一部改訂（現在販売中）

- 桁間に恒久足場を設置する構造を追加
- 維持管理用常設足場の採用に関する記載を追加

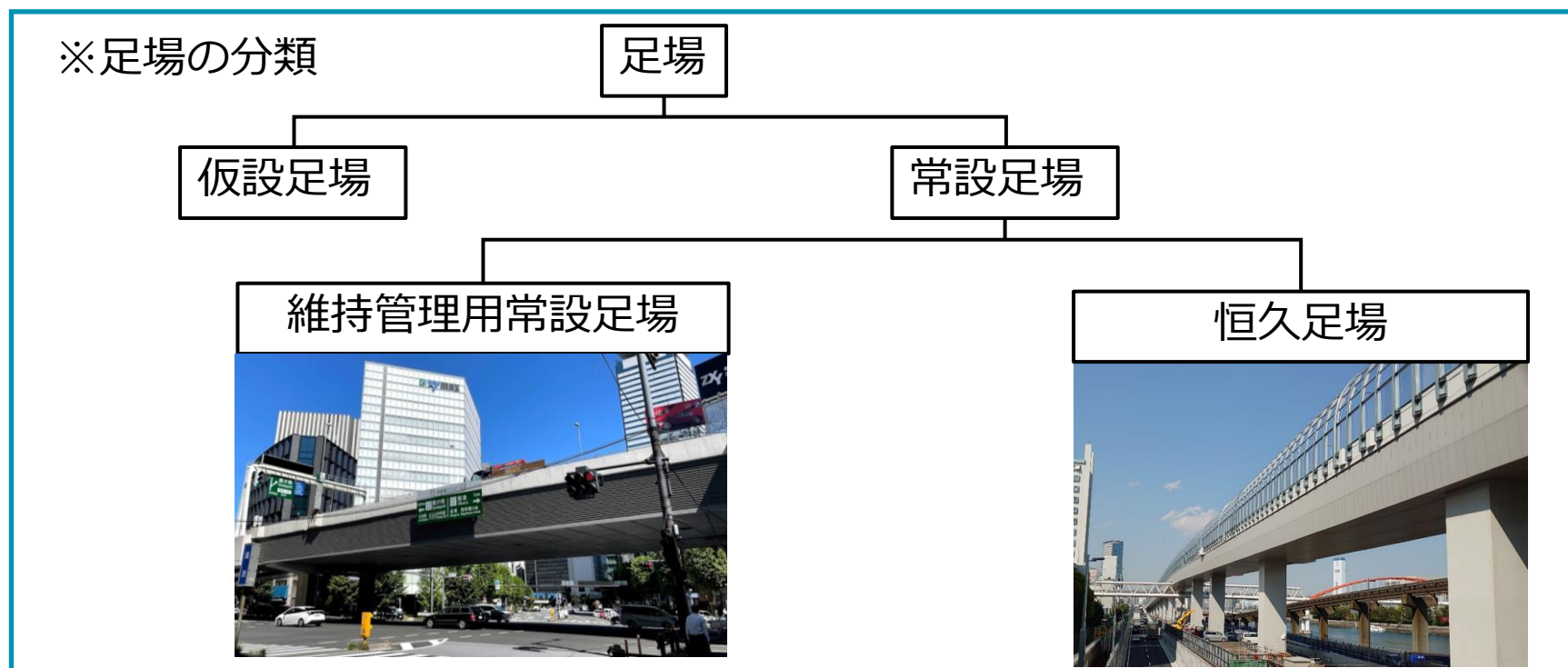
- ① 用語の定義
- ② 適用条件と設計方法
- ③ 荷重条件（作業荷重・風荷重・衝撃荷重）
- ④ タイプと要求性能
- ⑤ 吊支材の形式
- ⑥ 支持材の仕様
- ⑦ パネルの使用材料
- ⑧ パネルの配置
- ⑨ たわみ制限
- ⑩ 下部構造との取り合い
- ⑪ 構造細目（落下防止構造）
- ⑫ 構造細目（マンホール）
- ⑬ 構造細目（鋼桁の塗装使用）
- ⑭ その他

恒久足場

首都高速道路におかれている環境下では劣化しない部材で外面が構成され、劣化因子遮断機能をもつ常設足場

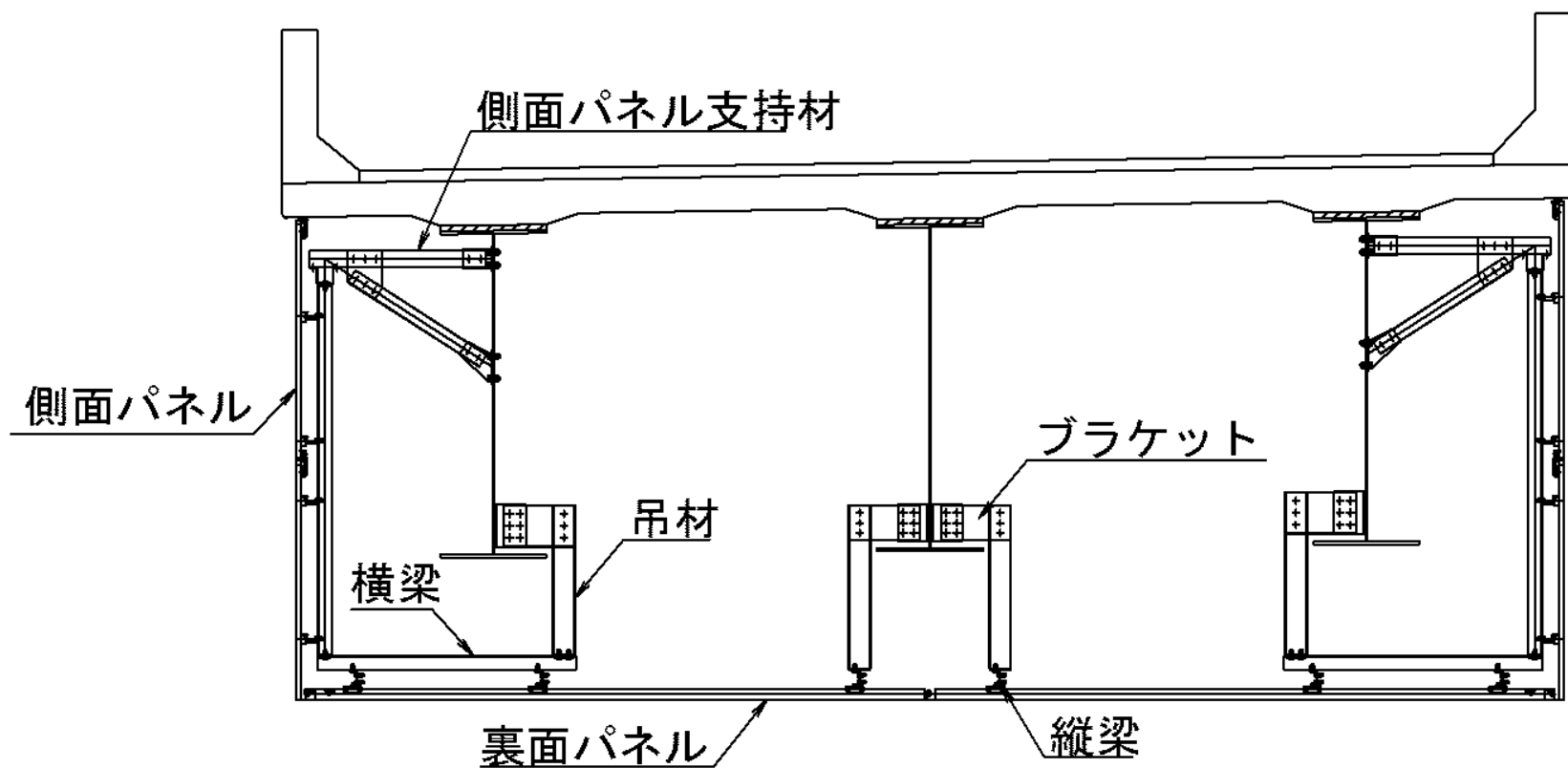
※劣化因子遮断機能

鋼材や鉄筋コンクリートの劣化因子である飛来塩分および塗装等の紫外線を遮断する機能



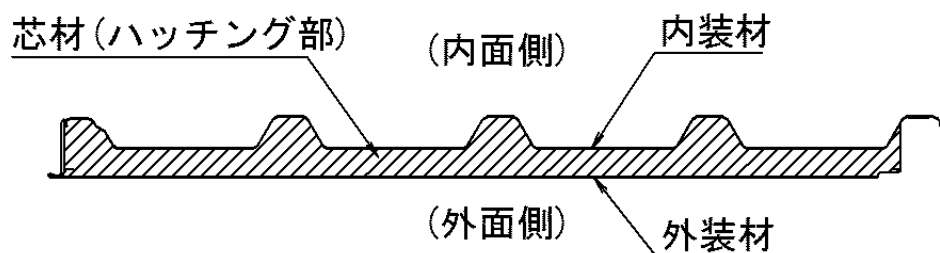
【恒久足場の各部材の名称（NSカバープレートの例）】

鋼 桁 橋

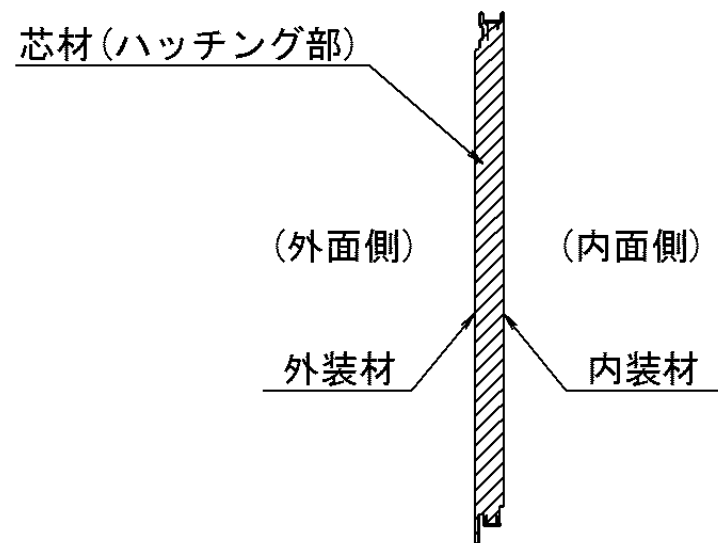


【恒久足場の各部材の名称（NSカバープレートの例）】

裏面パネル断面（金属サンドウィッチパネル）



側面パネル断面（金属サンドウィッチパネル）



恒久足場は原則として、以下のいずれかの条件にあてはまる高架橋に設置する。

【適用条件】

- ① 新設および既設鋼桁橋において、**跨線部（鉄道）、重交通交差道路上、河川上**など現場条件により円滑な維持管理が容易でない場合
- ② 腐食環境の厳しい湾岸部に位置するため、劣化対策を講じることによってライフサイクルコスト(LCC)の低減が期待される場合
- ③ 外装材等の設置により景観性の向上が求められる場合
- ④ 裏面吸音板の設置による騒音対策が求められる場合

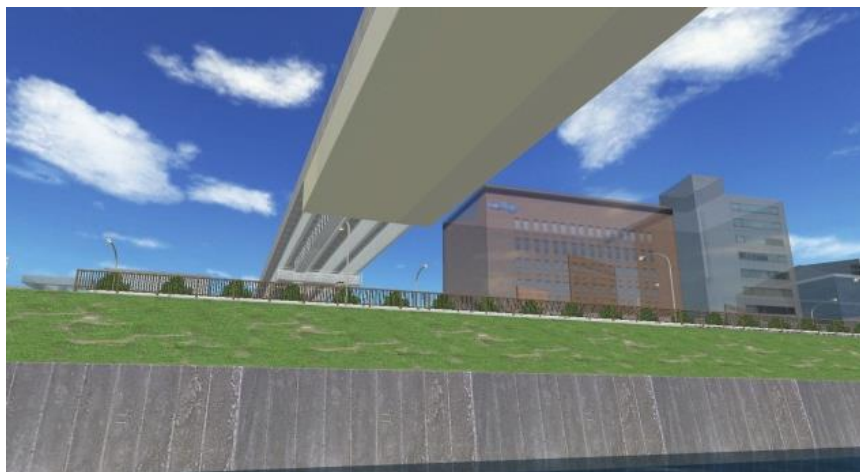
【設置のイメージ】



(a) 跨線部



(b) 重交通交差道路上



(c) 河川上

いずれの場合も、現場条件により
円滑な維持管理が容易でない箇所に
設置する

【荷重の種類と組み合わせ】

恒久足場の設計では、道路橋示方書で荷重係数および荷重の組合せ係数が定められていない作業荷重や風荷重を考慮しているため、従来通り許容応力度法によるものとし、許容応力度の割増係数を規定した。

荷重ケース	荷重の組合せ	割増係数
常 時	死荷重(D) + 作業荷重(P) + 風荷重(W_{10})	1.00
風 時	死荷重(D) + 風荷重(W_{40})	1.25
地震時	死荷重(D) + 地震の影響(EQ)	1.50
架設時	死荷重(D) + 作業荷重(P) + 風荷重(W_{10}) + 架設荷重(CP)	1.25

地震の影響EQ：レベル2地震動に対する耐震性能を震度法により照査するものとし、設計水平震度 k_h は2.0とする。

風荷重 W_{10} ：恒久足場設計における平常時の風荷重。設計基準風速は10m/sとする。

風荷重 W_{40} ：台風等の強風時の風荷重。設計基準風速は40m/sとする。

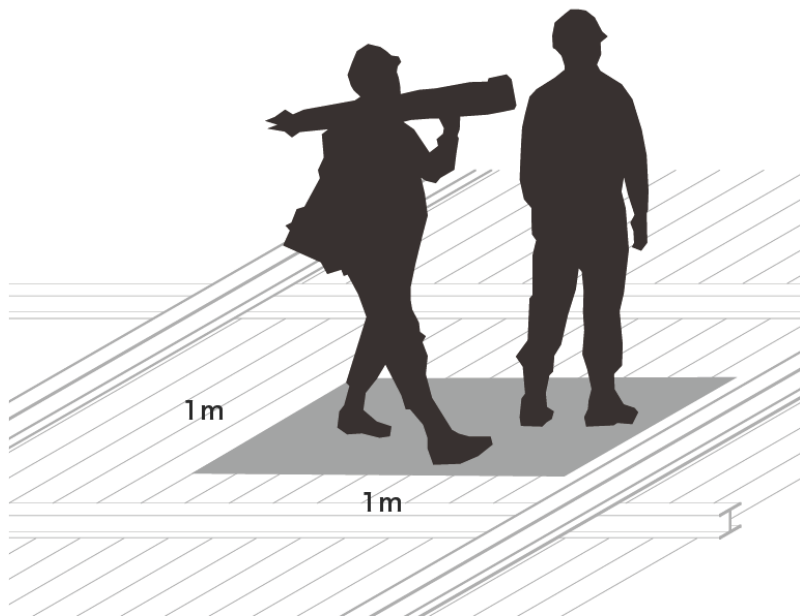
③荷重条件[作業荷重(P)]

20

作業荷重 (P) は、作業員および工具の荷重を考慮し、裏面パネルに対し**2.10[kN/m²]**を考慮する。

(「足場工・防護工の施工計画の手引き (社) 日本橋梁建設協会」の強度計算例より引用)

実作業においてはパネル1m²あたり
2人の作業員が乗ることを想定



作業員 (1 名)	0.700 kN/m ²
工具等	0.175 kN/m ²
衝撃 (0.2)	0.175 kN/m ²
合計	1.050 kN/m ²

作業員 2 名
 $1.05 \text{ kN/m}^2 \times 2 = \mathbf{2.10 \text{ kN/m}^2}$

③荷重条件[風荷重(W)]

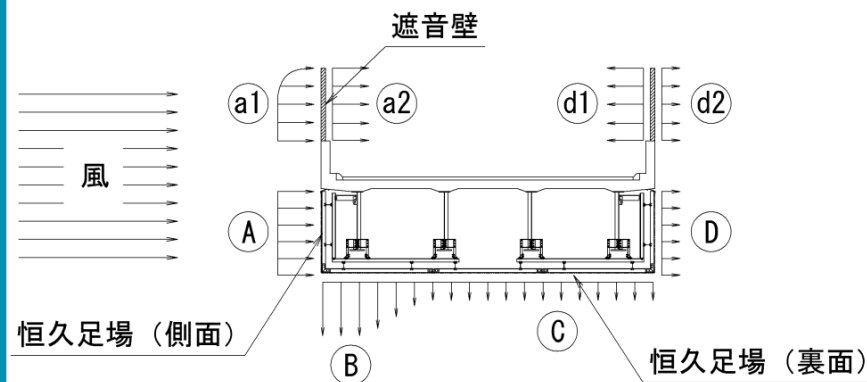
21

風荷重は、今回新たに恒久足場用として設定
遮音壁等に用いる風荷重は以下の点から恒久足場に用いるものと
使い分けている

- ① 遮音壁は風上・風下の両面に風圧が作用し、その総和が風荷重となるが、恒久足場（特に多機能タイプ）は外気と遮断する構造であることから、パネルの片面にしか風圧が作用しない。

- ① 恒久足場は裏面パネル端部に大きな負圧が作用することが風洞実験により明らかとなっている。

遮音壁と恒久足場に作用する風荷重の概念図



※参考文献

- ・ 高い防音壁を有する場合の風荷重の検討 H3.2月 (首都高速道路公団 日本鋼管株式会社)
- ・ 耐風構造 S52 (岡内功、伊藤学、宮田利雄)
- ・ 建築物荷重指針・同解説 2015 (日本建築学会)

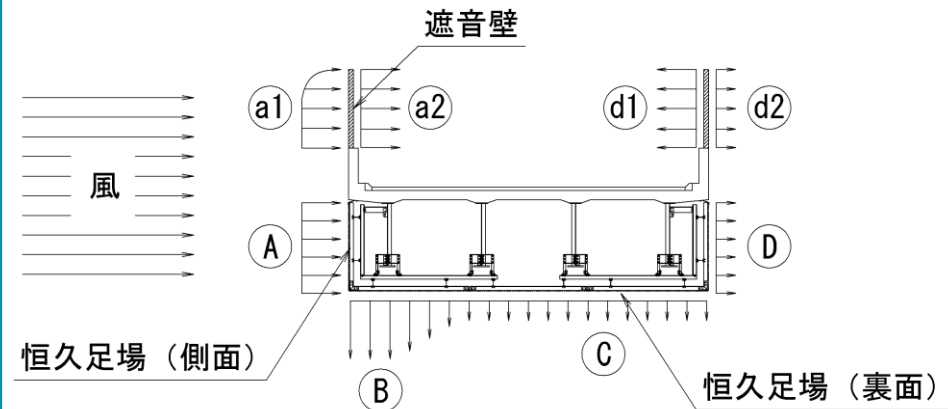
③荷重条件[風荷重(W)]

架設地点の地域特性や地表面からの高さに応じて、各部材の設計に用いる風荷重の値を設定

風荷重(W_{10} の場合) [kN/m²]

部 材	地域区分	地 上 高 h		
		10m 未満	10m 以上 20m 未満	20m 以上
側面正圧 (風上)	湾岸部	0.1	0.2	0.1
	郊外部	0.1	0.1	0.1
	都市部	0.1	0.1	0.1
側面負圧 (風下)	湾岸部	0.1	0.2	0.2
	郊外部	0.1	0.1	0.1
	都市部	0.1	0.1	0.1
裏面負圧 (中央部)	湾岸部	0.1	0.2	0.2
	郊外部	0.1	0.1	0.1
	都市部	0.1	0.1	0.1
裏面負圧 (端部)	湾岸部	0.2	0.3	0.3
	郊外部	0.2	0.2	0.2
	都市部	0.2	0.2	0.2

遮音壁と恒久足場に作用する
風荷重の概念図



③荷重条件[衝撃荷重]

23

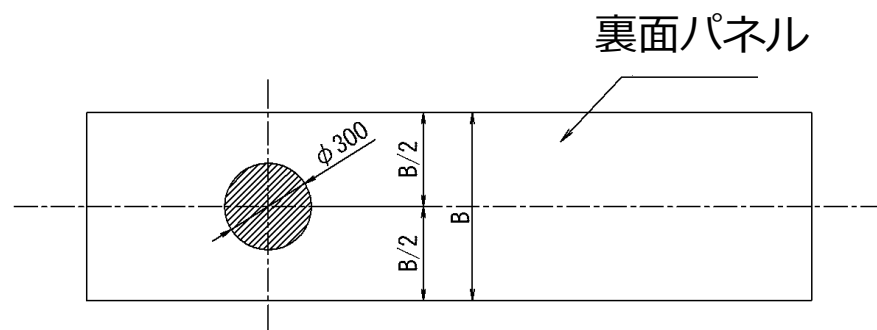
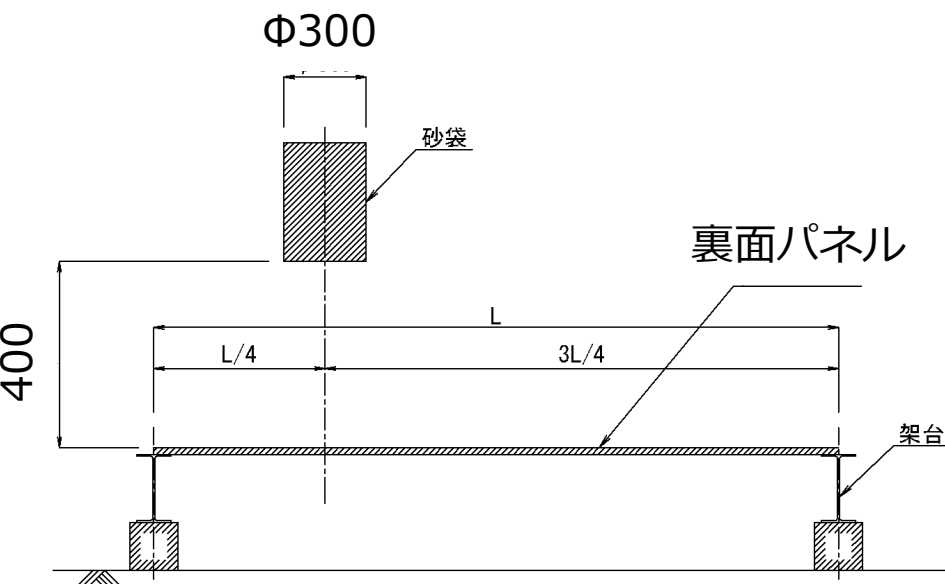
- 作業中に作業員が1.0mの高さから足場上に飛び降りた場合を想定

【試験方法】

- ・ $W=90[\text{kg}]$, $\Phi=300[\text{mm}]$ の砂袋を高さ0.4[m]から裏面パネル $L/4$ の位置に自由落下
- ・ 落下回数は1試験体につき、40回

【評価判定基準】

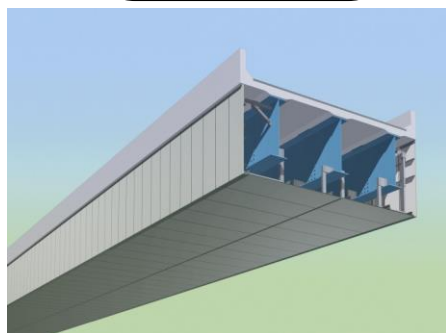
3体すべての試験体で「部材の脱落がないこと」を満たすと合格



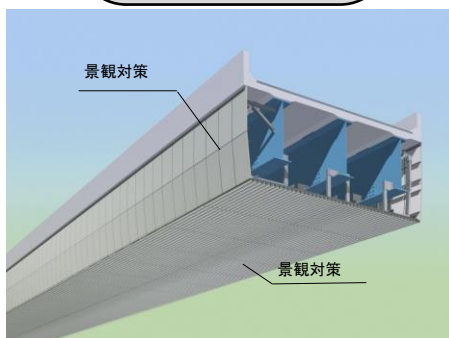
【恒久足場の型式と要求性能】

型式	要 求 性 能			
	足場機能	劣化因子 遮断機能	景観向上機能	裏面吸音機能
基本型	○	○	—	—
景観対策型	○	○	○	—
騒音対策型	○	○	—	○
景観・騒音対策型	○	○	○	○

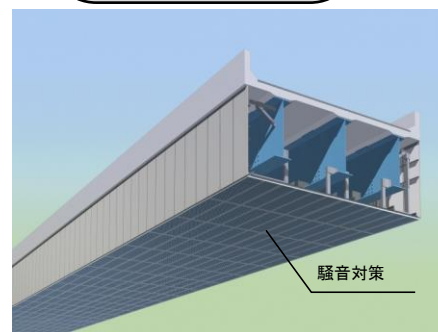
基本型



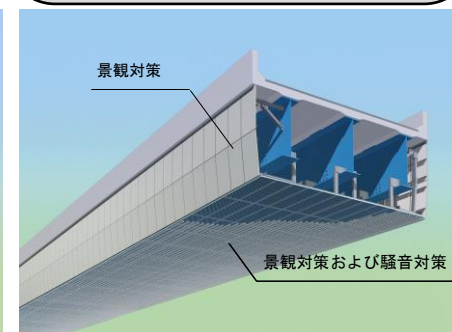
景観対策型



騒音対策型



景観・騒音対策型

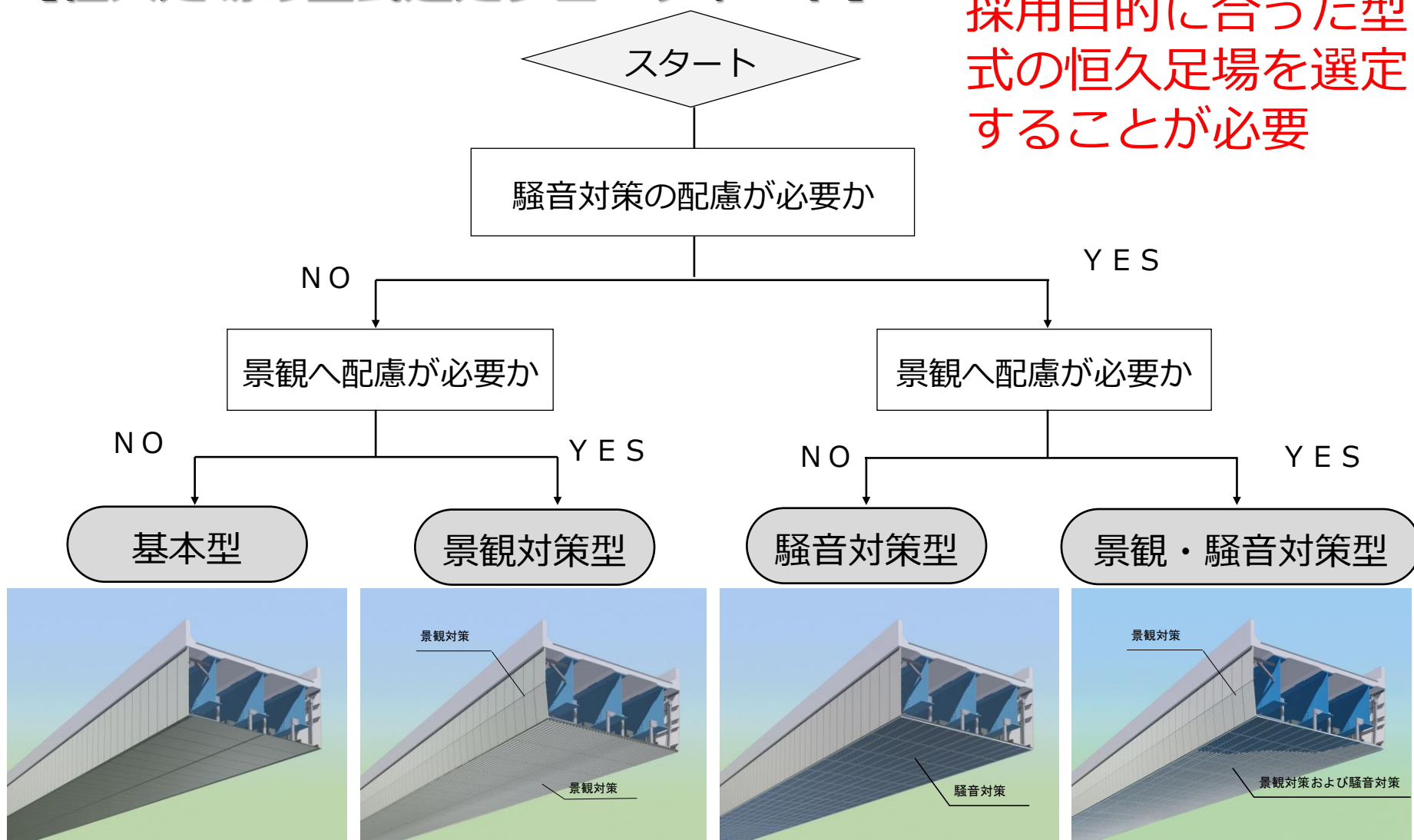


④型式と要求性能

25

【恒久足場の型式選定フローチャート】

採用目的に合った型式の恒久足場を選定することが必要



⑤吊支材の形式

26

■ ボルト形式

- ・ 既設橋の場合、吊材取付けは垂直補剛材を用いる

or

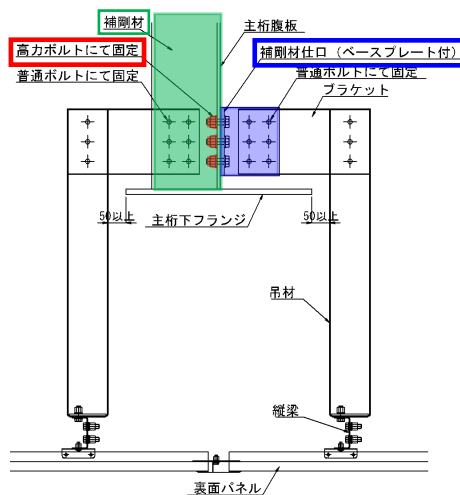
専用の仕口を高力ボルトで接合

- ・ 新設橋の場合、吊材取付けは垂直補剛材を用いる

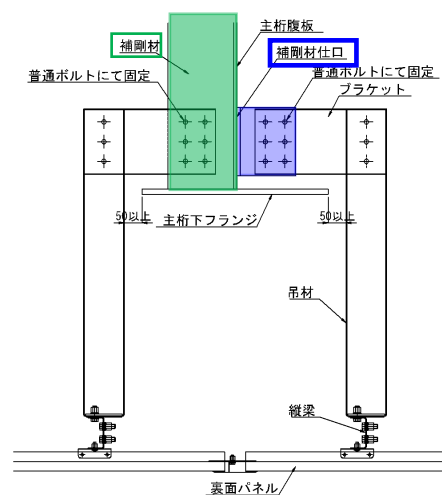
or

専用の仕口を原則工場溶接で接合
それ以外の支持材は普通ボルトで接合

既設の場合



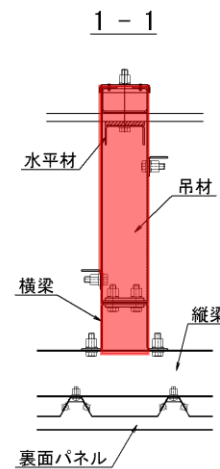
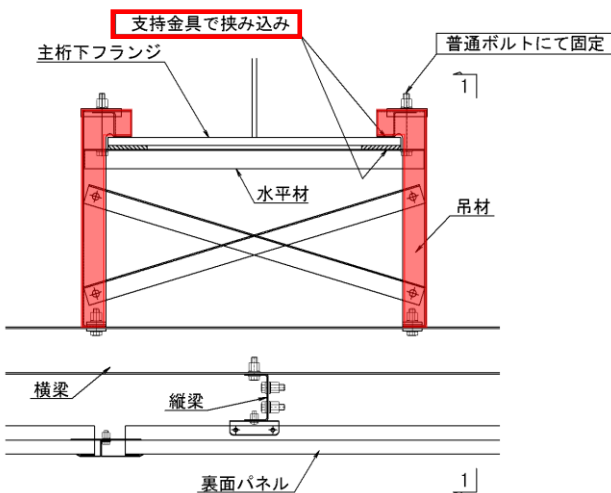
新設の場合



■ 挟み込み形式

- ・ フランジ等の材端を支持金具で挟み込み、普通ボルトにて固定する構造

- ・ L形加工部材を筋かい形式に設置
⇒橋軸直角方向の横振れを拘束する構造



⑥ 支持材の仕様

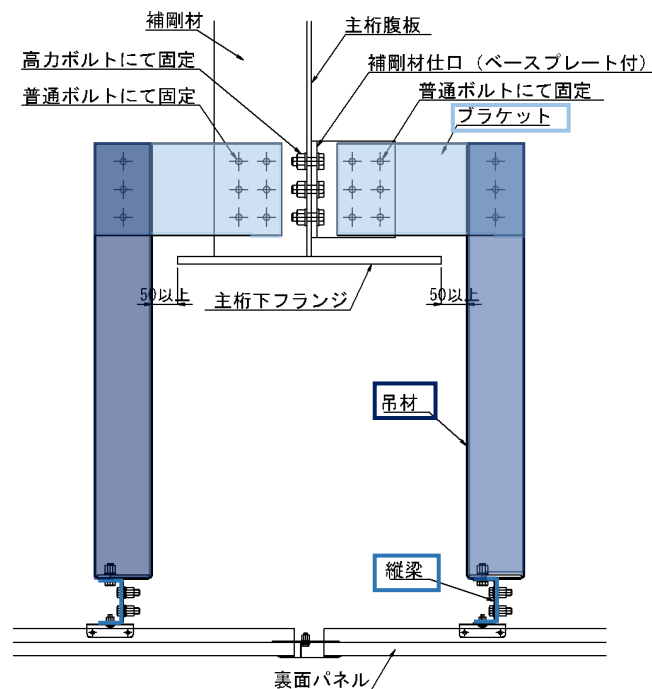
支持材（ブラケット、吊支材、横梁、縦梁）

⇒パネルと主桁間を支持する部材



【仕様】

- 足場内は劣化因子から保護されている
⇒防錆処理は溶融亜鉛めっき仕様以上とする。
- 支持材の連結は疲労耐久性に優れる六角ボルト・ナットを使用。
交通振動等の外力による連結部ゆるみ防止の観点
⇒ナットはゆるみ止めナットを標準とする

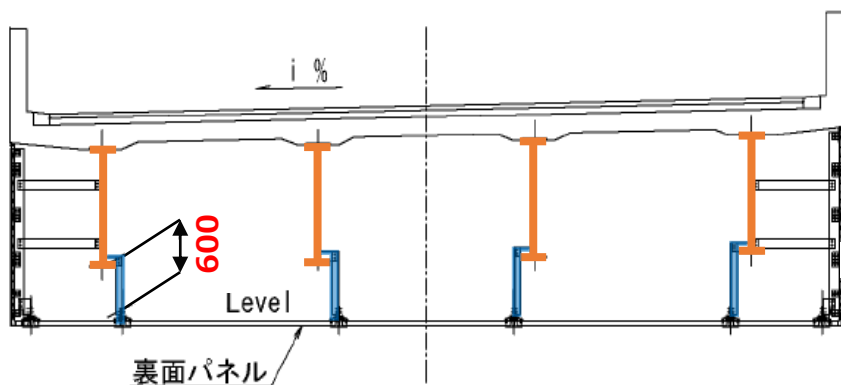


- 恒久足場に指定可燃物の材料は原則使用しない。
- パネルの外装材には高耐久性の金属を使用する。
高耐久性金属⇒チタン・ステンレス・アルミニウム
- 使用金属別の表面処理方法を以下の通り
チタン→防眩処理(ロールダル仕上げ)、焼付塗装
ステンレス→焼付塗装
アルミニウム→陽極酸化塗装複合被膜、焼付塗装
⇒耐食性、耐候性、景観性の向上を図るため
- 中空断面を有するパネルや断熱機能を有するパネルを使用
⇒パネル内面に結露を生じにくくするため

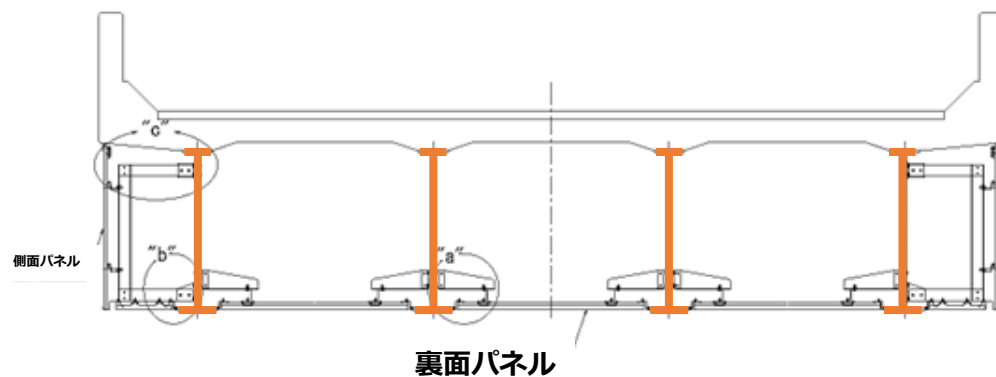
⑧ パネルの配置（裏面パネル）

29

- 裏面パネルは可能な限り、**矩形パネル**を使用
⇒作業性・経済性を考慮
- 裏面パネルと主桁下フランジの離隔は**鈑桁部で600mm以上、箱桁部で800mm以上**を確保する。なお、高架下条件により十分な離隔が取れない場合は、**桁間**に恒久足場を設置してもよい。
⇒維持管理性を配慮。



恒久足場 [標準タイプ]



恒久足場 [桁間タイプ]

⑧ パネルの配置（裏面パネル）

30

【構造細目】

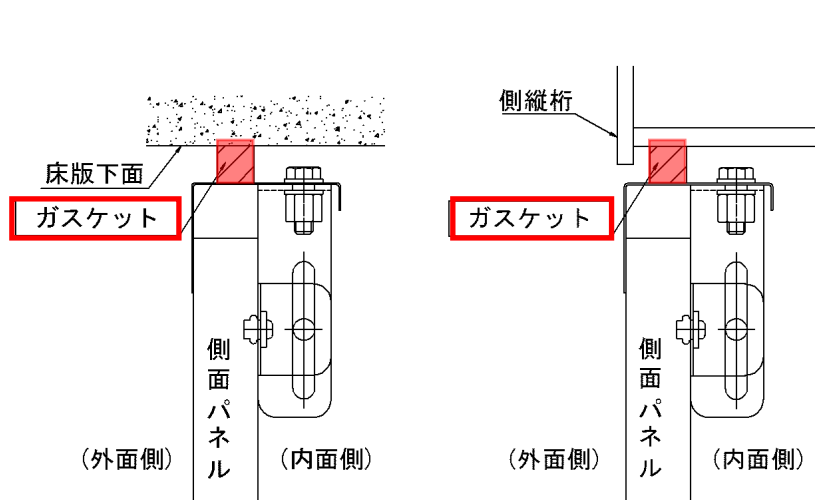
- パネルは恒久足場内にて取替可能な構造・大きさ・重量とする
- 足場内の排水性を考慮し、 $\Phi 10$ の水抜き孔を設ける



⑧ パネルの配置（側面パネル）

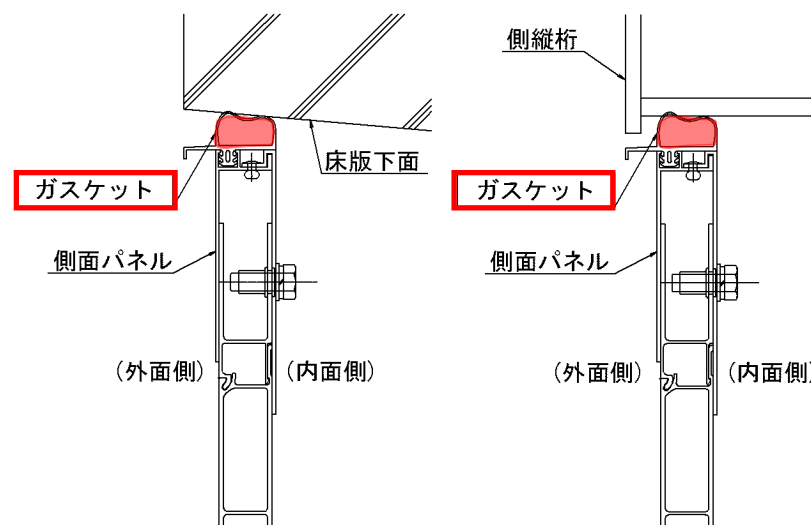
31

- 裏面パネルと同様、可能な限り**矩形パネル**を使用
 - 床版・側面パネル・裏面パネルそれぞれの接合部は隙間を設けない
- ⇒**劣化因子遮断機能を確保**



RC床版

鋼床版



RC床版

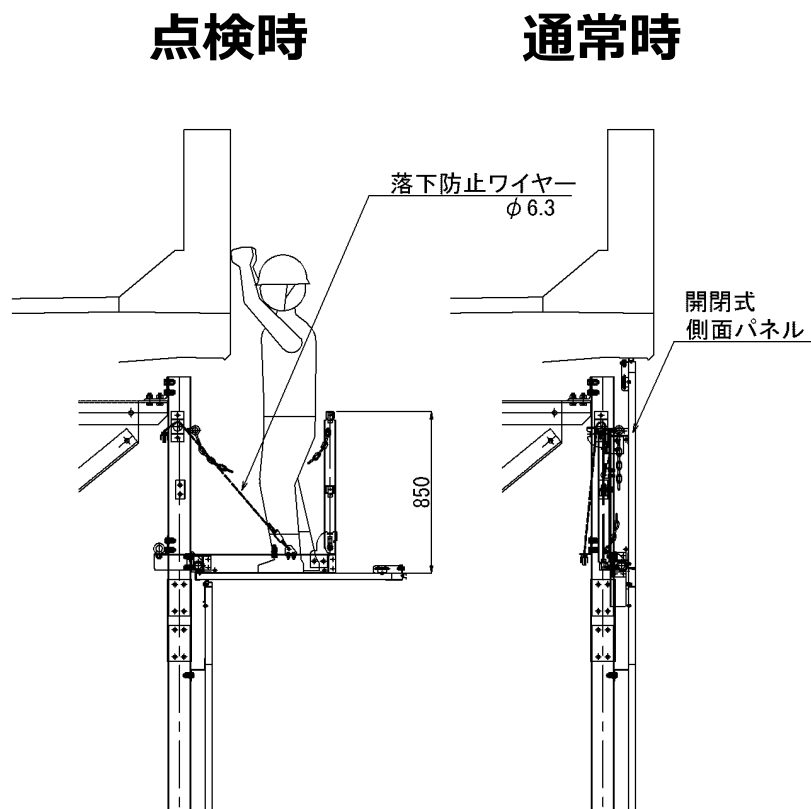
鋼床版

- 裏面パネルと同様、パネルは恒久足場内にて取替可能な構造・大きさ・重量とする

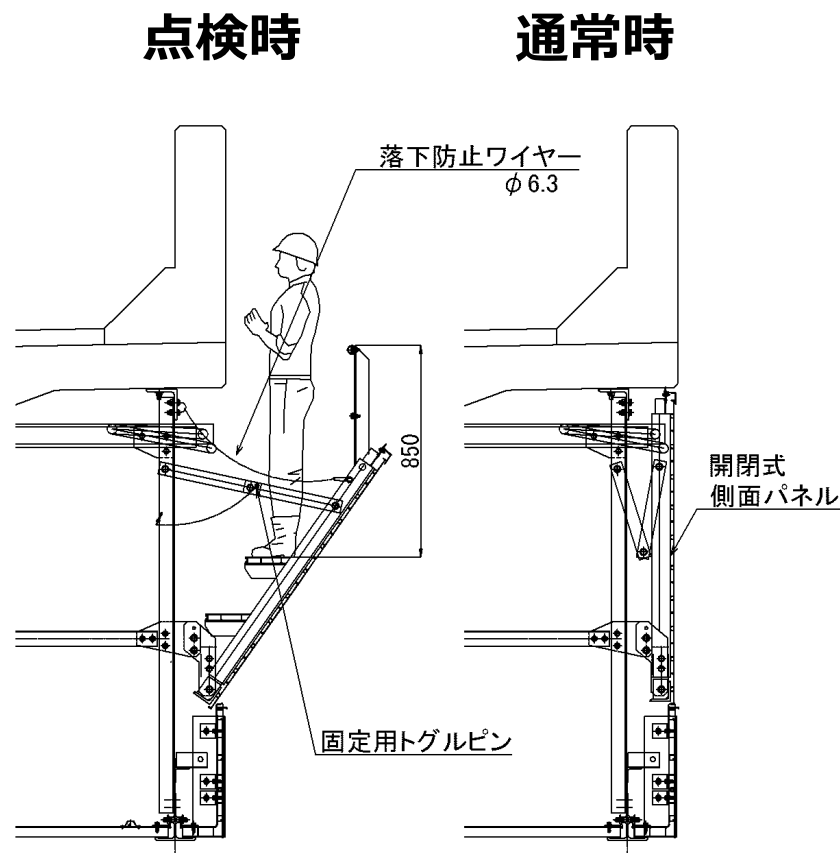
⑧ パネルの配置（側面パネル）

32

- 側面パネルは必要に応じて開閉機能を備える



＜参考例 1＞



＜参考例2＞

骨組み構造の過大な変形による二次応力の影響、恒久足場構造の安全性等を考慮して、部材のたわみ制限を設定（H24道示Ⅱ鋼橋編を引用）

【裏面パネルのたわみ制限値】 ⇒ **$L/200$** **（L：支持間隔）**

※次の場合は $L/100$ としてもよい。

- ・歩行時に共振しないこと
- ・支持材（パネル材と支持材との接合部を含む）が疲労耐久性を有すること

【支持材のたわみ制限値】

単純梁構造・連続梁構造 ⇒ **$L/600$**

片持ち梁構造 ⇒ **$L/400$**

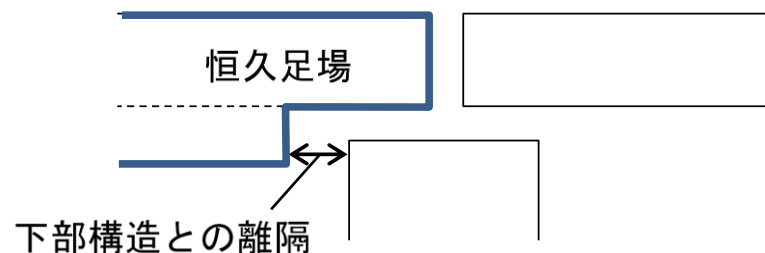
■ 端部は襖壁で塞ぐ

⇒劣化因子の進入を遮断、
支承部周辺の点検や維持管理に
利用できる

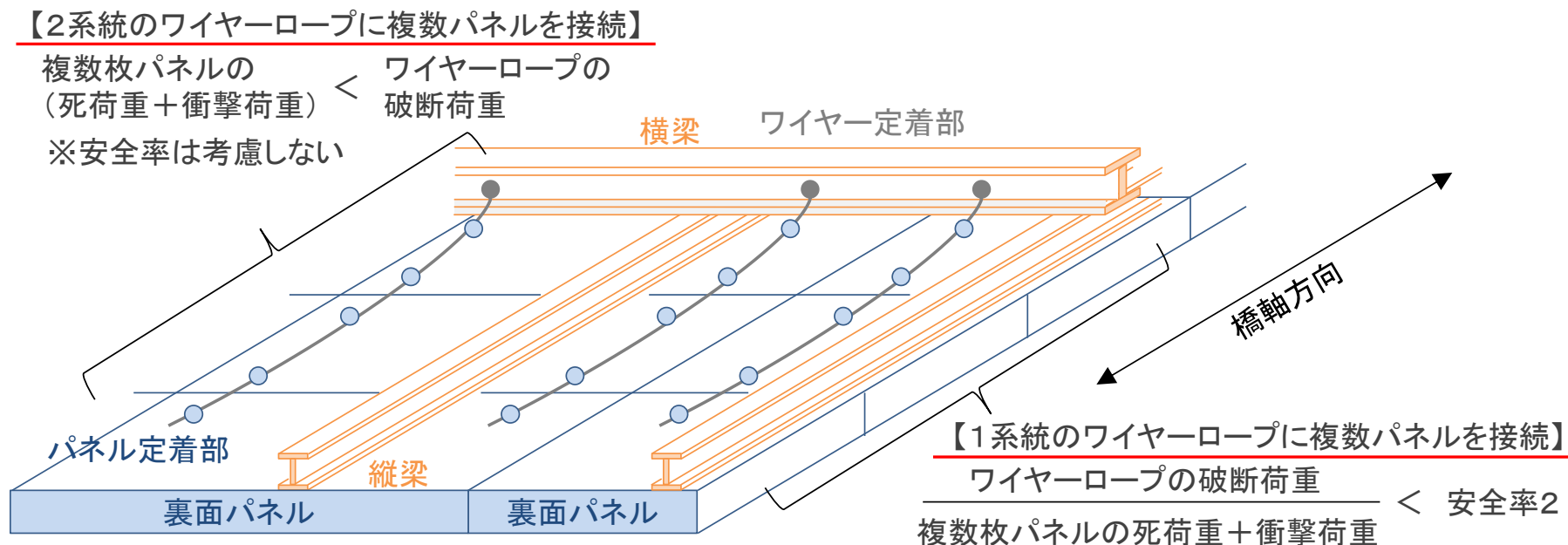


■ 恒久足場と下部構造との離隔は 極力小さく

⇒点検・維持管理し易いように
※L2地震動時の移動量、ダンパー等の
遊間量を侵さない範囲で

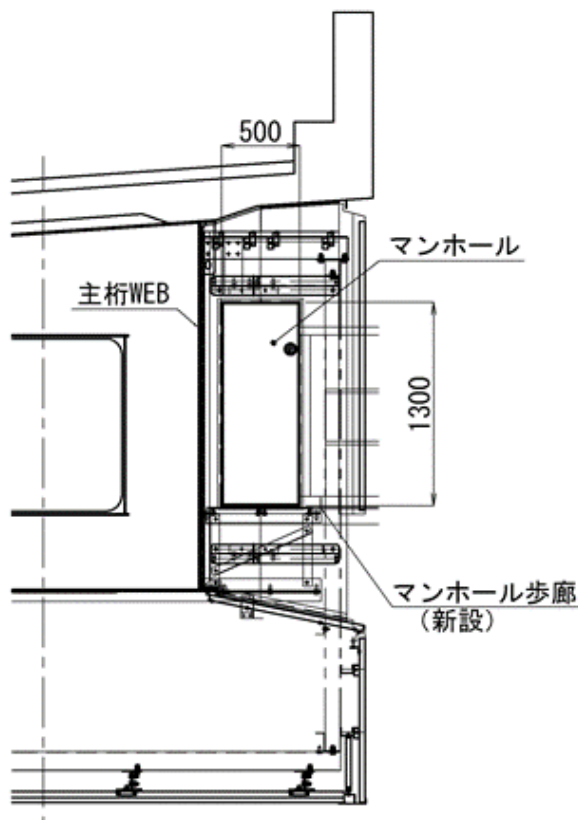


- 裏面パネルおよび側面パネルには、**ワイヤーロープ**を用いた落下防止構造を採用する。
- ワイヤーロープは支持材または桁本体に定着させる



ワイヤーロープの配置イメージ

- 恒久足場にアクセスするマンホールは**襖部**に設ける。
⇒景観に配慮.
- マンホールのサイズは原則0.60m×0.80m以上とする。



- 桁外面の塗装仕様は**内面仕様**とする
劣化因子が遮断されているため、塗装劣化が抑制される
- 桁間タイプや足場内に開口部がある場合は、塗装劣化が考えられる範囲を**外面仕様**とする

一般部の外面塗装（1種ケレン）

工程	塗料名	塗料規格	使用量 (g/㎡以上)	塗装方法	目標膜厚 μm
防食下地	水性有機ジンクリッチペイント	SDK W-512	600* (250×2)	吹付 (ローラー)	75
下塗1	水性エポキシ樹脂塗料(N8.5)	SDK W-513	240 (200)		60
下塗2	水性エポキシ樹脂塗料(N7.0)	SDK W-513	240 (200)		60
中塗	水性エポキシ樹脂塗料中塗	SDK W-522	170 (140)		30
上塗	NU-WP-1・1IH・1W・1D、NU-WP-2：表-1.3.2 NU-WF-1・1IH・1W・1D、NU-WF-2：表-1.3.3				25

一般部の内面塗装（1種ケレン）

工程	塗料名	塗料規格	使用量 (g/㎡以上)	塗装方法	目標膜厚 μm
1	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料(N7.0)	SDK P-416	300	ローラーはけ	120
2	無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料(N8.5)	SDK P-416	300		120

【防災対策】

- 恒久足場内には避難経路を明示する。
- 避難経路は**2系統以上確保**する。
⇒火災発生時、近傍の避難経路が
使用できないを想定し、2系統設けた。

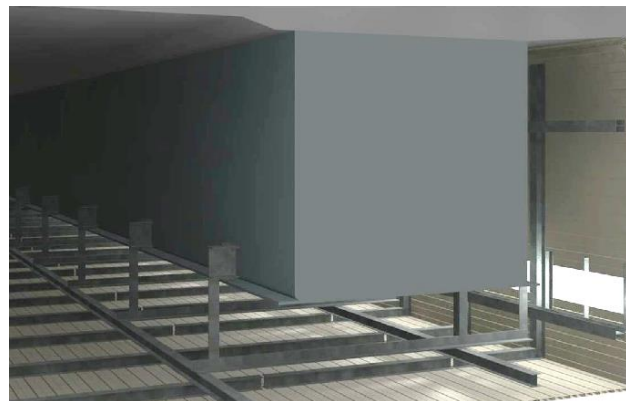


【恒久足場内の構造】

- 資機材の運搬や人員の移動性の確保（採光および換気構造）



照明装置設置例



採光窓のイメージ



採光構造を兼ねた換気構造例



底面パネルの採光窓の例

- 2015年の技術資料の制定から、恒久足場の設置実績が増える中、設計要領の内容について、現場のニーズや、現場での使い分けについて改訂を重ねてきました。
- 都市内の高速道路では、多くの人の視点場になる箇所が多く、景観性に配慮した構造が望まれる傾向にあります。
- しかしながら、まだ採用実績が浅い附属物であるため、耐久性や使用性について引き続き経過観察を行い評価する必要がある。
- 技術要領として今後改善点を取り入れ、より良い要領を目指し改訂する予定です。

今回ご紹介した 附属施設物設計施工要領（恒久足場編）は首都高技術（株）のホームページにて販売しております。

CD-R： 価格 ￥1,000（税込）

<https://www.shutokoeng-books.jp/SHOP/044-08.html>

より詳細についてご希望の方は、上記URLよりご購入いただきますようお願いいたします。

ご清聴誠にありがとうございました。