

UFC 道路橋床版研究会

第 9 回技術委員会 議事次第

日時：2024 年 4 月 17 日 14:00～15:40

場所：WEB 形式 (Teams)

出席者：資料 9-1 参照

議事次第：

時間	内容・資料名	進行・説明者名
14:00～14:05	開会	事務局・運営部会：西川主査
14:05～14:10	委員長挨拶	内田委員長
14:10～14:15	出席者紹介（学識委員）	事務局・運営部会：西川主査
14:15～14:25	前回議事要旨（案）の確認（第 8 回）	事務局・運営部会：西川主査
14:25～14:55	UFC 床版（RPC 系）試験結果	事務局・運営部会：大島副査
14:55～15:35	PC 鋼線の技術動向	施工部会：細居委員 施工部会：松原委員、勝田様
15:35～15:40	閉会	事務局・運営部会：西川主査

進行
内田委員長

資料：

資料 9-1 技術委員名簿

資料 9-2 第 8 回技術委員会 議事要旨（案）

資料 9-3 輪荷重走行試験結果 平板型 UFC（RPC）床版

資料 9-4 PC 鋼線の技術動向（①神鋼鋼線工業 細居委員）

資料 9-5 PC 鋼線の技術動向（②住友電気工業 松原委員、勝田様）

巻末資料 広報部会予算資料

その他確認事項

- ・2024 年度予算案
- ・今後の予定

各部会 WG を 4 月中に開催頂き、第 10 回技術委員会へ向けて 2023 年度の成果まとめをお願いしたい。（6 月上旬頃、懇親会を予定）

以 上

UFC 道路橋床版研究会

第 10 回技術委員会 議事次第(案)

日時：2024 年 6 月上旬 13:30～17:10

場所：TKP 本町カンファレンスセンター(予定)

出席者：資料 10-1 参照

議事次第：

時間	内容・資料名	進行・説明者名
13:30～13:05	開会	事務局・運営部会：西川主査
13:05～13:10	委員長挨拶	内田委員長
13:10～13:15	出席者紹介（学識委員の紹介）	事務局・運営部会：西川主査
13:15～13:30	前回議事要旨（案）の確認(第 9 回)	前回書記：西川主査
13:30～14:15	設計部会 2023 年度活動報告	設計部会：舘主査
14:15～15:00	施工部会 2023 年度活動報告	施工部会：齋藤主査
15:00～15:15	休 憩	
15:15～15:45	広報部会 2023 年度活動報告	広報部会：松崎主査
15:45～16:30	話題提供	●●委員
16:30～17:00	連絡事項	事務局・運営部会：西川主査
17:00～17:10	閉会	事務局・運営部会：西川主査

進行
内田委員長

資料：

資料 10-1 技術委員名簿

資料 10-2 第 9 回技術委員会 議事要旨（案）

資料 10-3 設計部会 2023 年度活動活動報告（案）

資料 10-4 施工部会 2023 年度活動活動報告（案）

資料 10-5 広報部会 2023 年度活動活動報告（案）

資料 10-6 話題提供資料

（若手技術者も参加する会議といたく、議論しやすい話題提供を設ける）

資料 10-7 連絡事項

以 上

UFC道路橋床版研究会 技術委員会 名簿

資料番号	9-1
提出者	西川委員
年月日	2024年4月17日
第9回技術委員会	

役 職		所 属 先	氏 名 (敬称略)	所属部会 (主査◎、副主査○)	4/17 第9回 技術委員会 ○：対面参加 △：WEB参加
委員長		岐阜大学 名誉教授	内田 裕市	－	○
有識者		埼玉大学 教授	奥井 義昭	－	△
		神戸大学 准教授	三木 朋広	－	○
委 員	特別 会員	阪神高速道路㈱ 技術部 テクニカルエキスパート	小坂 崇	広報	○
		(一財)阪神高速先進技術研究所 調査役	大石 秀雄	広報	○
		NEXCO西日本コンサルタンツ株式会社 大阪支店 主席専門役	安里 俊則	施工	○
	一般 会員	㈱IHIインフラ建設 開発部	高木 祐介	施工	△
		㈱IHIインフラシステム 事業戦略本部 プロポーザル部 部長	富 地 崇	設計	△
		エム・エムブリッジ㈱ 技術部 設計グループ 主席	新地 洋明	設計	△
		㈱オリエンタルコンサルタンツ 関西支社構造部 副部長	西川 啓二	設計・運営◎	○
		オリエンタル白石㈱ 本社技術本部 技術研究所 主任研究員	俵 道和	施工	△
		鹿島建設㈱ 土木部 担当部長	齋藤 公生	施工	○
		鹿島建設㈱ 技術研究所 担当部長	一宮 利通	施工	△
		カジマ・リノベイト㈱ 西日本支店 支店長	金子 光宏	広報○	×
		㈱技建 設計室長	宮野 伸介	施工	△
		ケイコン㈱ 製品事業部 技術部 設計グループ担当次長	松崎 進	広報◎	○
		㈱建設技術研究所 大阪本社構造部 次長	光川 直宏	設計○	△
		清水建設㈱ 土木技術本部 橋梁統括部 主査	崎山 郁夫	施工	△
		昭和コンクリート工業㈱ 技術工事本部 PC技術部 PC技術三課 課長	柴田 和典	施工	△
		㈱総合技術コンサルタント 大阪支社構造Ⅱ部 次長	渡邊 裕規	設計	×
		大成建設㈱ 土木本部 土木技術部 橋梁技術室	大島 邦裕	施工・運営○	○
		大日本ダイヤコンサルタント㈱ 大阪支社技術部 構造保全計画室	富田 二郎	設計	△
		中央復建コンサルタンツ㈱ 構造系部門 技師長	丹羽 信弘	広報	○
		中央コンサルタンツ㈱ 大阪支店 設計1部3課 課長	井原 貴浩	設計	△
		㈱長大 構造事業本部 副技師長	舘 浩司	設計◎	△
		ドービー建設工業㈱ 技術部 課長	長谷川 剛	施工	○
		東洋建設㈱ 美浦研究所（材料研究室）主任研究員	森田 浩史	施工	△
		日本工営㈱ 大阪支店 交通都市部 次長	仲村 賢一	設計	△
		日本コンクリート工業㈱ 技術開発部 土木・建材グループ 課長	山岸 健治	施工	△
		㈱日本構造橋梁研究所 大阪支社 設計部 課長	池田 良介	設計	△
		パシフィックコンサルタンツ㈱ 交通基盤事業本部 構造技術部 技術課長	岩城 達思	設計	△
		阪神高速技研㈱ 技術部 設計課長	堀岡 良則	設計	×
		阪神高速技術(株) 技術部 技術研修課 課長	宇野津 哲哉	施工	○
		㈱富士ビー・エス 技術センター エンジニアリンググループ サプリダー	山口 光俊	施工	△
		三井住友建設㈱ 大阪支店 土木部技術グループ	鍋谷 佳克	施工	○
	賛助 会員	㈱北川鉄工所 サンテックカンパニー プラント統括部 技術課 係長	亀田 尚明	施工	△
		GCPケミカルズ㈱ 技術部 課長代理	澤田 誠一	施工	△
		神鋼鋼線工業(株) 鋼線部門生産本部 尼崎事業所 技術部 部長	細居 清剛	施工	○
		住友電気工業㈱ 特殊線事業部 PC技術部長	松原 喜之	施工	○
		デンカ㈱ エラストマー・インフラソリューション部門	前田 拓海	施工	○
		東京製綱インターナショナル㈱ 営業企画部 兼 技術本部	榎本 剛	広報	○

(敬称略)

資料番号	9-2
提出者	西川委員
年月日	2024年4月17日
第9回技術委員会	

UFC 道路橋床版研究会 第8回 (2023 年度 第2回) 技術委員会 議事要旨 (案)

日時：2023 年 12 月 11 日 (月) 14：00～17：00

場所：(一財)阪神高速先進技術研究所会議室＋WEB (teams) 併用

出席者：対面：内田委員長，三木委員 WEB：奥井委員

(以下，敬称略，名簿順)

対面：小坂，大石，西川，齋藤，金子，松崎，光川，渡邊，大島，丹羽，館，仲村，岩城，細居

WEB：安里，高木，宮地，新地，俵，一宮，宮野，崎山，柴田，井原，長谷川，森田，山岸，池田，堀岡
宇野津，山口，鍋谷，亀田，澤田，西野(松原代理)，榎本

欠席：富田，前田

資料：

- ・ No. 8-0 議事次第
- ・ No. 8-1 技術委員会名簿
- ・ No. 8-2 第7回技術委員会 議事要旨 (案)
- ・ No. 8-3 設計部会 2023 年度活動中間報告 (案)
- ・ No. 8-4 施工部会 2023 年度活動中間報告 (案)
- ・ No. 8-5 広報部会 2023 年度活動中間報告 (案)
- ・ No. 8-6 輪荷重走行試験の実施状況 平板型 UFC (RPC) 床版
- ・ No. 8-7 連絡事項

議事要旨：

1. 新規の技術委員紹介 (報告)

神鋼鋼線工業(株) [新規] 細居委員 (部会未定)

2. 前回議事要旨 (確認)

仲村委員より前回議事要旨の報告があり，承認された。

3. 設計部会の活動中間報告 (審議)

館主査より，設計部会の活動中間報告概要に関する報告と性能照査 WGL 渡邊委員，構造検討 WGL 仲村委員から各 WG 活動中間報告がなされた。審議の結果，中間報告は了承された。

主な議論は下記の通り。

- ・ (大島委員) 床版支間方向にハンチを設けることで，中間支点部の負の曲げモーメントが小さくなり鋼材配置本数を低減できるのではないか。
⇒ (仲村委員) UFC 床版はプレキャスト構造で平板型を前提としているため検討していないが，製作サイドからハンチ構造を設けて製作可能であれば検討したい。

- ・（大島委員）PC 鋼材が非常に多く、配置本数が製作工場の既存緊張ベンチの能力数を超えているため、施工部会にヒアリングしながら検討した方が良いのではと感じた。ベンチの能力は 500～800t/基程度と記憶している。構造上成立する PC 鋼材に合わせたコンクリートベンチを建設する前提で検討してもよいかもしれない。
⇒（仲村委員）WG 内でも製作できるのか質問が挙がっていたのでこの場で施工部会の方々に確認したい。
⇒（齋藤委員）
ケース a の PC 鋼材の中心間隔 32mm では鋼繊維が回り込めず機能を発揮できないと考える。
ケース c の PC 鋼材の中心間隔 35mm ではプレテンションを与えた際に水平ひびわれがつかうことが想定されるため、鋼材間隔はもう少し広げるのが望ましい。
⇒（渡邊委員）ケース a は一般的な配置から検討しており、ケース c は物理的に最大量配置した場合、どの程度床版厚を薄くできるかを検討したものである。
（仲村委員）今後の検討として製作ベンチより構造を決定するか、鋼繊維が床版全体に回り込めるサイズにするかどちらのプロセスで検討するのが良いかこの場で意見を伺いたい。
⇒（齋藤委員）鋼繊維が回り込むためには PC 鋼材の純間隔は基準の 30mm 以上を確保するのが望ましい。
ひびわれについてはジベル孔に対するかぶりを十分に確保する必要があるのではないかと考える。
⇒（仲村委員）上記意見を反映し検討していく。
- ・（奥井委員）プレストレス導入のためのジャッキアップダウンはコスト増となり、現在ではあまり実績が無いので、支点部を現場打ちにしても良いのではないかとと思う。
- ・（小坂委員）支点部を現場打ちにしなくても、接合部を少しずらし中間支点部は床版本体にすることで対応できないか。
⇒（仲村委員）片側 1m 程度のためあまり影響はないと考える。
- ・（小坂委員）昨年度検討した最適経済支間比に対して少し長い条件で検討しており、中間支点上の負の曲げモーメントが厳しい結果となっているのではないかと。厳しい条件で検討しているのであれば問題ないと思う。
- ・（小坂委員）WG として施工性を考慮し PC 鋼材が密間隔で配置されているため外ケーブルを検討しても良いのではないかと考える。
- ・（小坂委員）ひびわれ（引張）を許容する設計をした場合にどのような影響があるのかをしっかりと検討した上で引張を許容する方向性も考えられる。
- ・（三木委員）設計曲げモーメント連続性について FEM の結果に基づいて考えると、桁と床版が剛な接合と仮定すると床版に大きな曲げモーメントが発生する。この値が安全側の設定となるのであれば良いが、参考にした研究の FEM ではどのような接合条件をモデル化し、結果としてはどのような曲げモーメントの値となっているのか？
また、コンクリート橋編の設定に比べて鋼橋編が安全側になっている理由が欲しい。荷重分布については、荷重の大きさと分布は対象とする構造モデルとして UFC 床版のような薄い床版厚等の場合にどのように設定するのがよいかを考えるために、構造諸元と境界条件の影響を検討するのが良いのではないかと。
⇒（渡邊委員）コンクリート橋では主桁の剛性が高いので片側固定端で検討している例があったと思うが、単純指示でも中間支点を挟んで左右対称に載荷したら同様の断面力状態となる。この載荷状態の再現頻度は低いと考えられるが、これを疲労照査に評価できれば、より合理的な設計に出来るかもしれない。

- ・（奥井委員）鉄道橋の下路橋で SFC を用いて床組みと床版を一体化させた事例があり、コンクリート床版に引張りが入る設計を行っている。それに倣うと PC 鋼材の本数が減らせるのではないかと。JR 奈良線鴨川橋梁、JR 阪和線紀ノ川橋梁の例がある
⇒（仲村委員）事例を調べてみます。
- ・（奥井委員）ひびわれ（目開き）を許容し、有害となるひびわれは発生しない状況を想定した設計をした場合、ひびわれを入れた状態で輪荷重走行試験を行い耐久性について照査する必要がある。

4. 施工部会の活動中間報告（審議）

齋藤主査より、施工部会の活動中間報告概要に関する報告と材料 WGL 一宮委員、製作 WGL 山口委員、施工 WGL 齋藤委員から各 WG 活動中間報告がなされた。審議の結果、中間報告は了承された。
主な議論は下記の通り。

- ・（大島委員）製造サイクルの検討で RPC 系の 2 次養生は 48 時間としているため考慮をしていただきたい。養生槽を大きくする方が経済性で優位になると想定する。
⇒（山口委員）ストックヤードには制約があるため、既存施設を改良する方が良いと考える。
- ・（奥井委員）鋼橋補強が問題になることが多いため、床版取替の方針で検討するのが良いと思う。
- ・（内田委員長）新設橋での床版架設では、PCaPC 床版とあまり差異が無いことは記載しておけばよい。
⇒（齋藤委員）PCaPC 床版と比較するとクレーン規模が差として現れる。
⇒（齋藤委員）非合成であれば鋼桁補強が不要となるため PCaPC 床版と比較するとクレーン規格程度となる。
- ・（内田委員長）引張強度に着目しているが、ひび割れ発生強度は考えないでよいのか。
⇒（一宮委員）現時点では、鋼繊維を主に考えている。
- ・（齋藤委員）製作コストは若干安くなっているが、単位強度に対するコストでは若干高くなっている。各材料の選定では、トータルコストを考慮してほしい。
⇒（一宮委員）今年度は市販材料で検討し、来年度以降はコストを考慮した検討をしていく。
- ・（三木委員）実験検討では鋼繊維長の影響を数ミリ単位で変化させ検討しているが、鋼繊維長の製造精度はどの程度の長さで管理されているか。
⇒（一宮委員・山口委員）検査証明で公差長さは保証されている。1mm 単位の製造は可能である。

5. 広報部会の活動中間報告（審議）

松崎主査より、広報部会の活動中間報告に関する報告がなされた。
審議の結果、活動中間報告は了承された。
主な議論は下記の通り。

- ・（西川委員）技術セミナーには CPD は対応しているか、CPD があれば参加者増が見込まれるのではないかと。
⇒（小坂委員）今回 CPD 登録を建設コンサルタント協会や土木学会に申請し取得するようにする。また、技術セミナーパンフレットに CPD 対応していることを記載する。
- ・（齋藤委員）会員募集案内をすると思うが、特別会員は無料であることを強調してほしい。

6. 輪荷重走行試験の実施状況 平板型 UFC(RPC) 床版

大島委員より、平板型 UFC(RPC) 床版の輪荷重走行試験の実施状況について報告があった。

主な議論は下記の通り。

- ・ (渡邊委員) たわみ分布(床版支間方向)のグラフにおいて測定位置 0 で突状になっているが原因何か。
⇒ (大島委員) 現時点では、途中段階であり今後全体を加味して解析する。

7. 連絡事項

7-1 2022 年度技術委員会資料(UFC 床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル(案))の紹介

小坂委員より、2022 年度技術委員会資料(UFC 床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル(案))の紹介があった。

⇒ (小坂委員) UFC 床版の設計・製作・施工・維持管理マニュアル(案)P52(2)の3) プレテンションの場合において、「かつ $e \geq 30\text{mm}$ 」は誤りである。

7-2 今後の技術委員会スケジュール

西川委員より、今後の技術委員会スケジュールについて報告があった。

- ・ 輪荷重走行試験の結果報告の議論として、4 月に第 9 回技術委員会を開催したいとの提案があった。
⇒ 4 月 17 日(水)14:00～開催予定となった。
- ・ 第 10 回技術委員会は定例総会のある 6 月を予定している。

7-3 技術委員会の対面参加者について

西川委員より、技術委員会の対面参加者について、提案があった。

- ・ 技術委員会の対面参加者は、先進技術研究所会議室は利用人数が約 20 名程度と少ないため、対面参加者については事前に出欠確認を行い HIT 以外の会議室を取ることも視野に入れる。また、各社様の若手社員参加をお願いしたい。
⇒ 了承された。

7-4 来年度予算について

- ・ 西川委員より、来年度予算関連について各 WG で議論を始めて欲しい。

8. その他

- ・ 7-2 の通り、次回の第 9 回技術委員会は、4 月 17 日(水)14:00～開催を予定する。

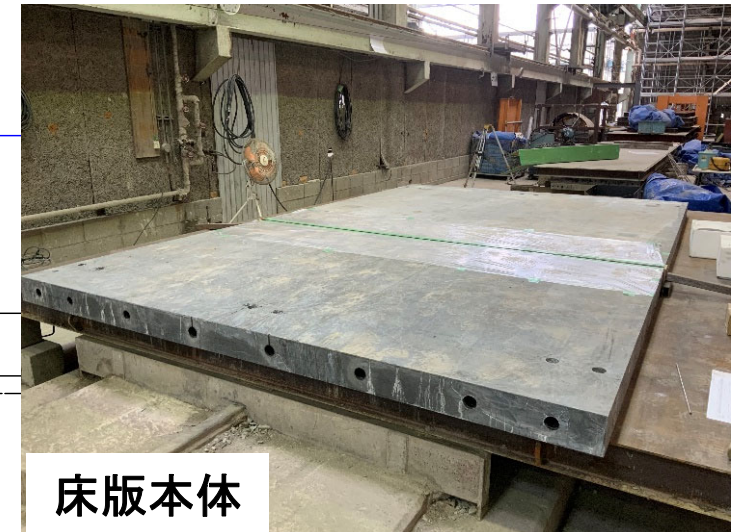
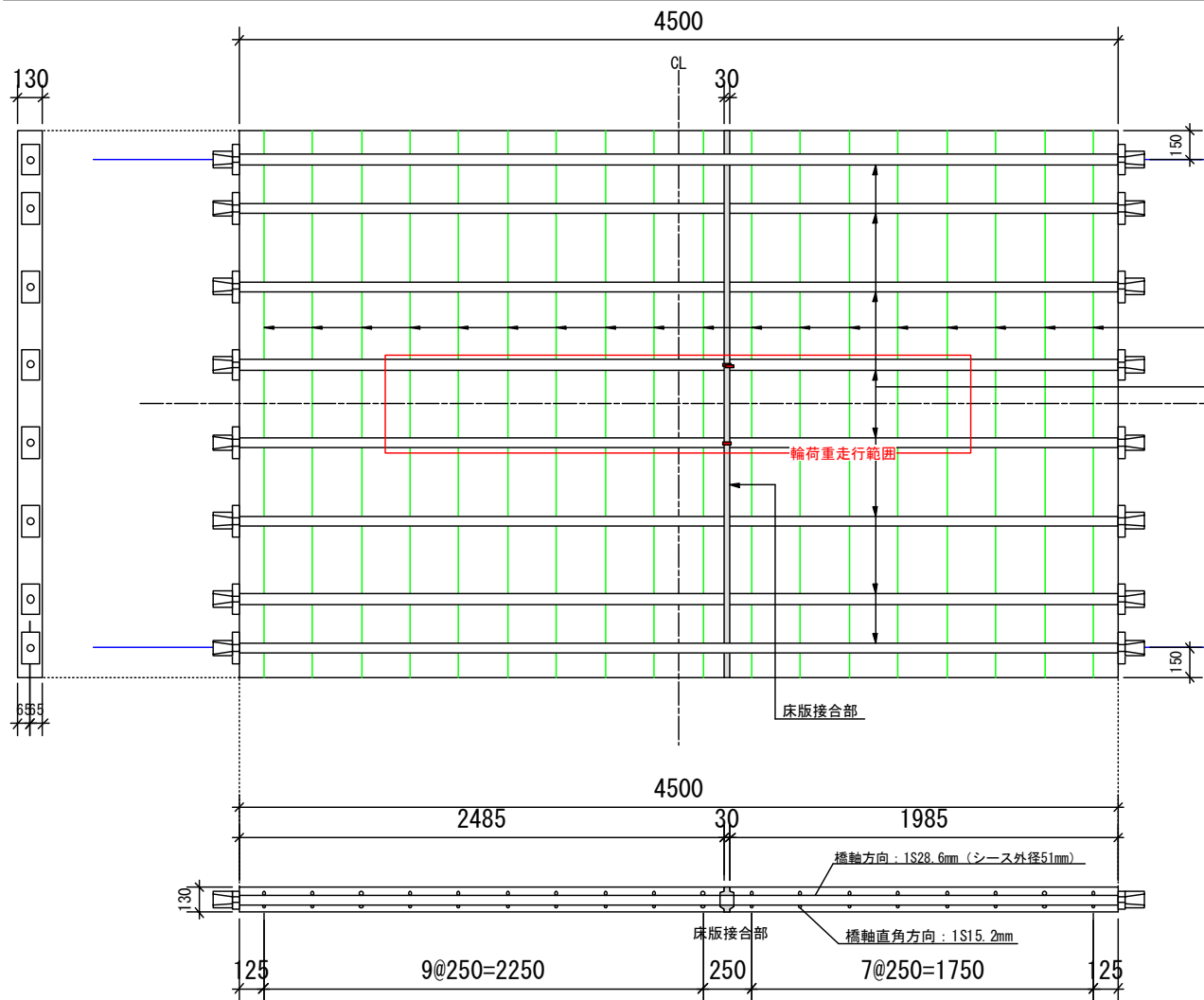
以上

資料番号	9-3
提出者	大島委員
年月日	2024年4月17日
第9回技術委員会	

輪荷重走行試験結果 平板型UFC(RPC)床版

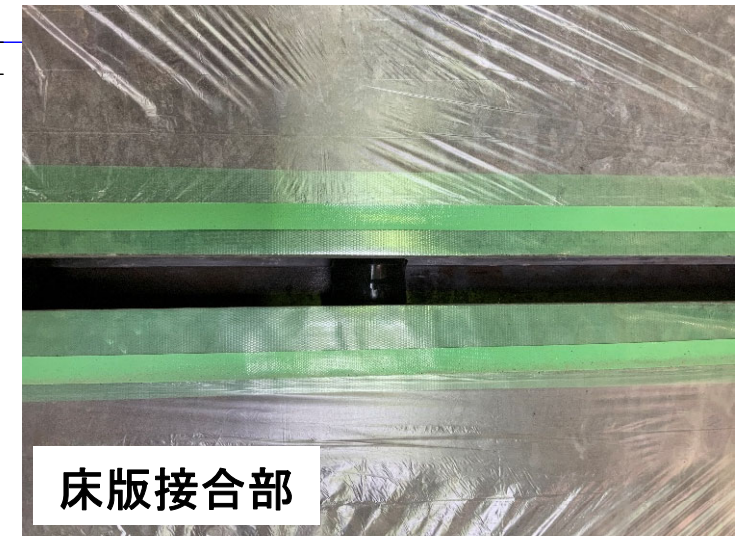
大成建設株式会社

試験体仕様



床版本体

床版厚 : 130mm



床版接合部

床版接合部の間詰め幅 : 30mm

床版支間方向 : 1S15.2@250mm
床版支間直角方向 : 1S28.6mm@400mm

試験状況



試験状況(水張り状態)

強度試験結果 (試験開始時)
(床版一般部)

圧縮強度 : 204N/mm^2

ひび割れ発生強度 : 8.9N/mm^2

(床版接合部)

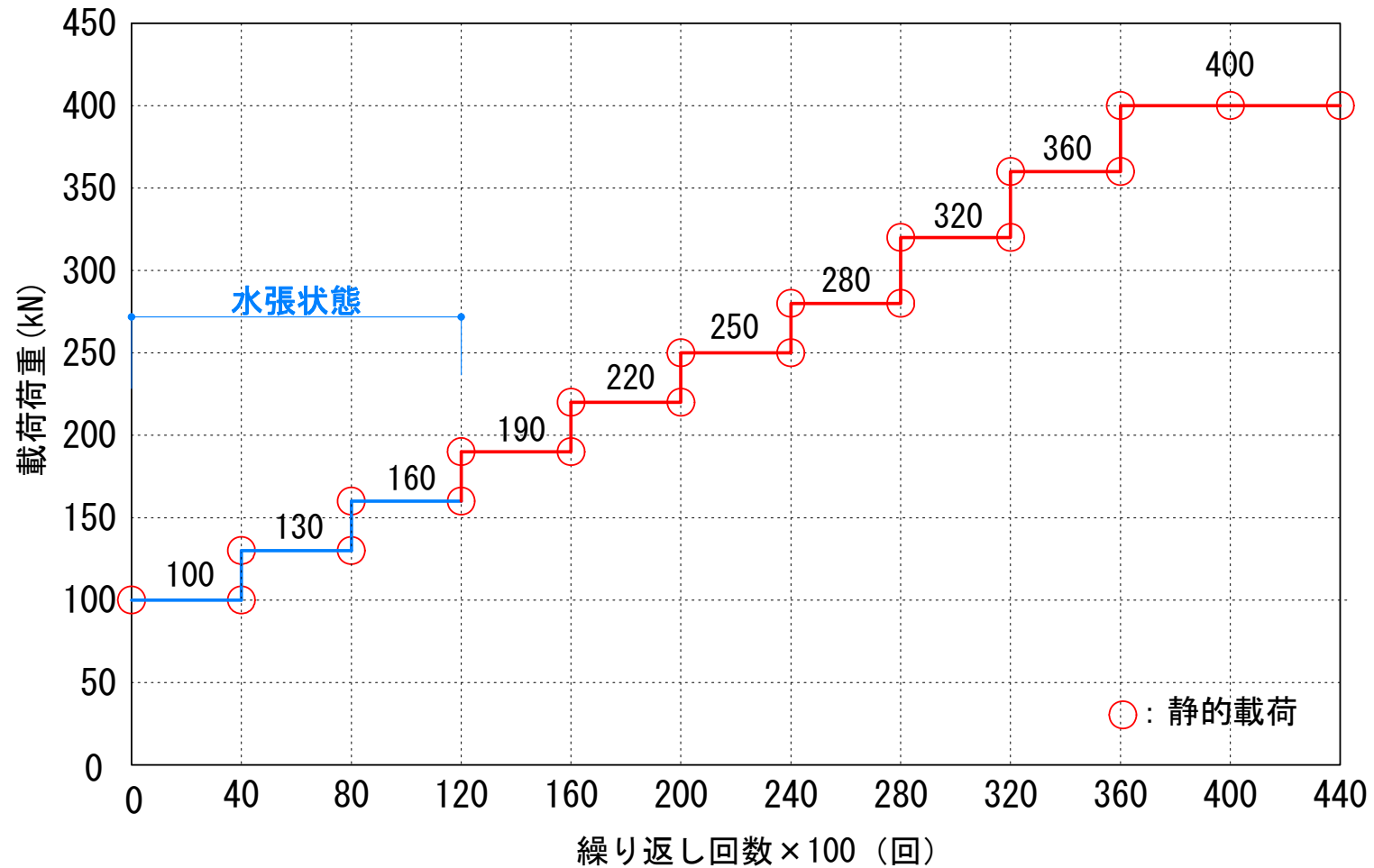
圧縮強度 : 161N/mm^2

ひび割れ発生強度 : 7.1N/mm^2



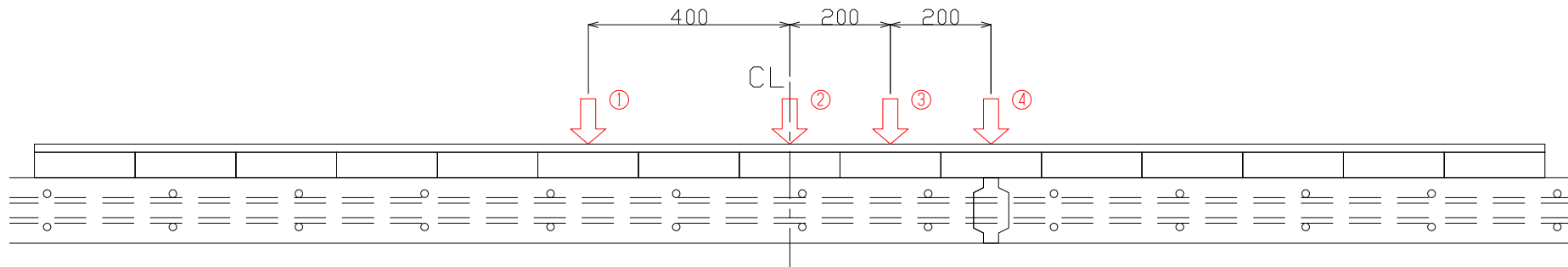
試験体下面

荷重ステップ



計画の繰り返し載荷回数+400kN×4万回→累計44万回の繰り返し載荷

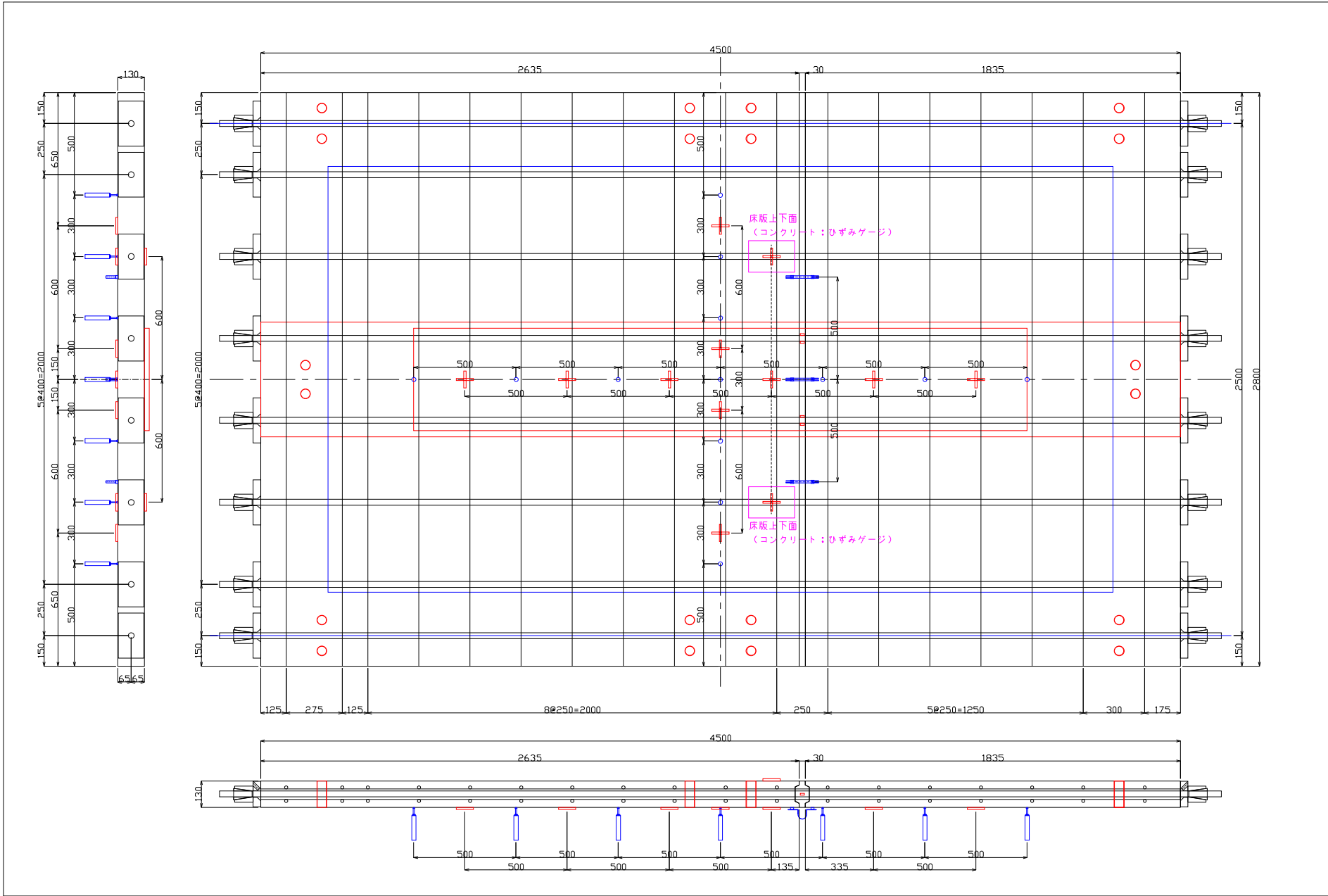
各荷重ステップの静的載荷位置



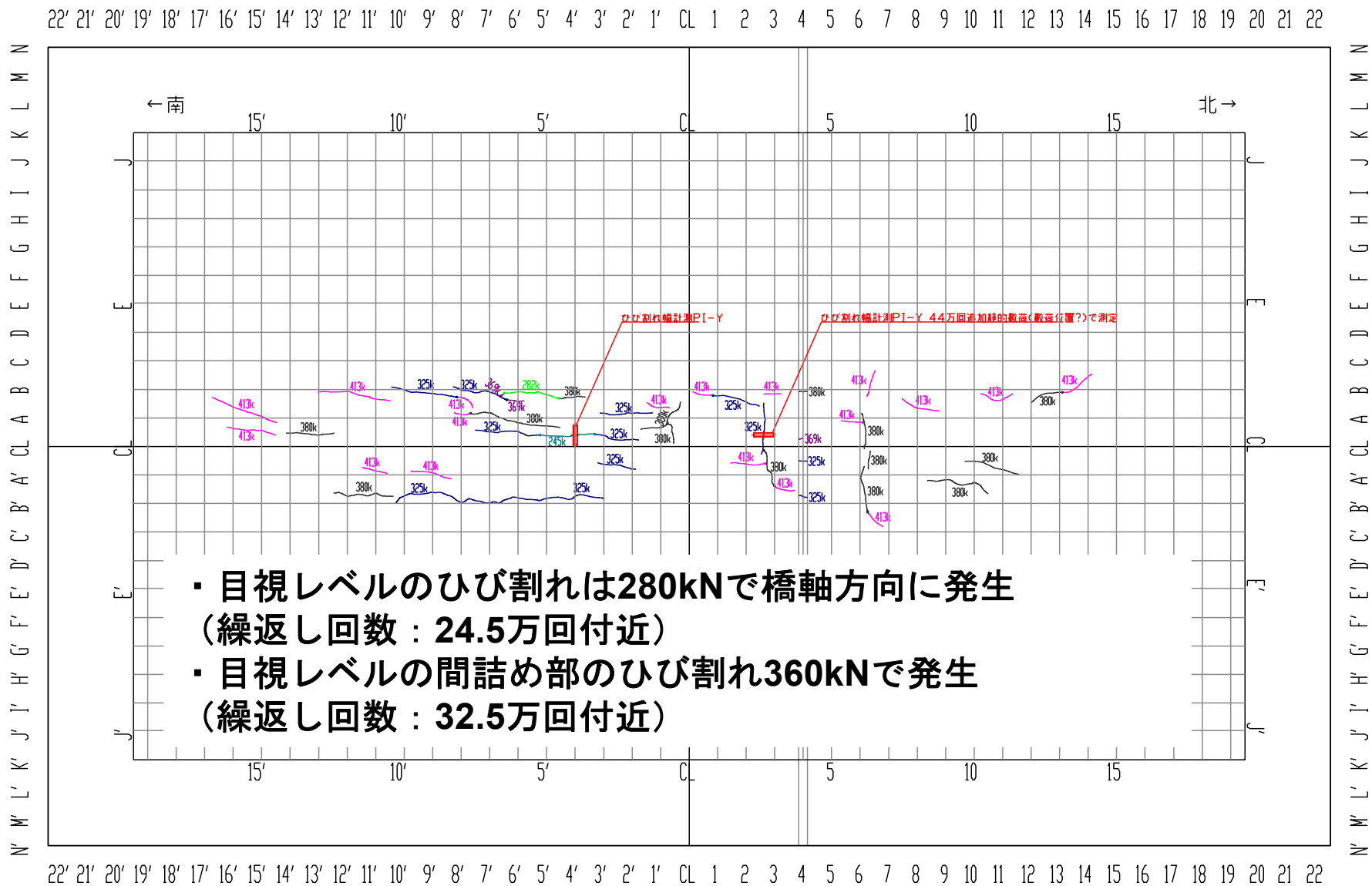
荷重ステップで静的載荷を実施

- ① : 試験体中央ラインから床版接合部までの距離との対称位置
- ② : 試験体中央
- ③ : 試験体中央と床版接合部の中間位置
- ④ : 床版接合部

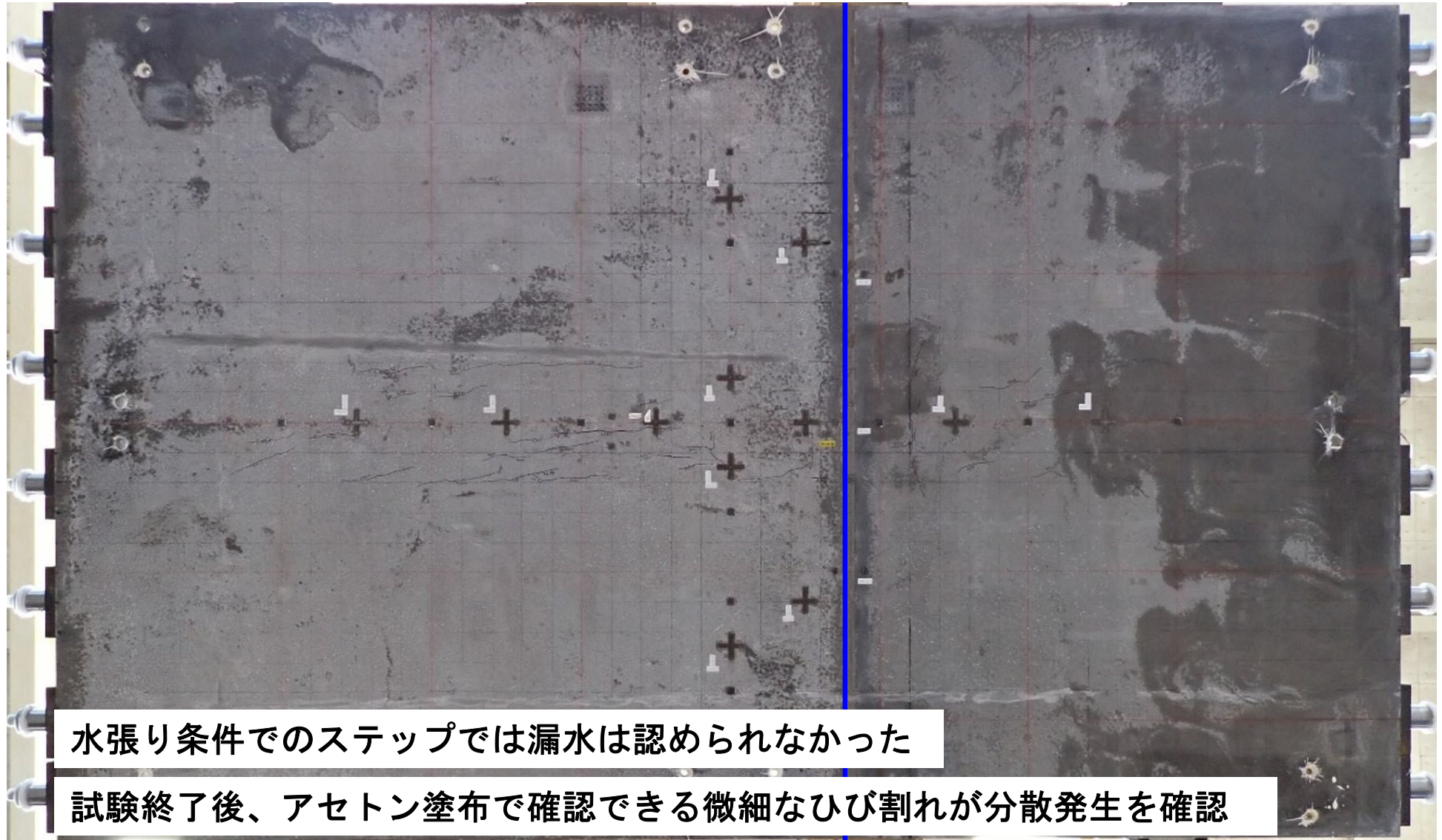
計測位置



試験終了後のひび割れ状況(床版下面)

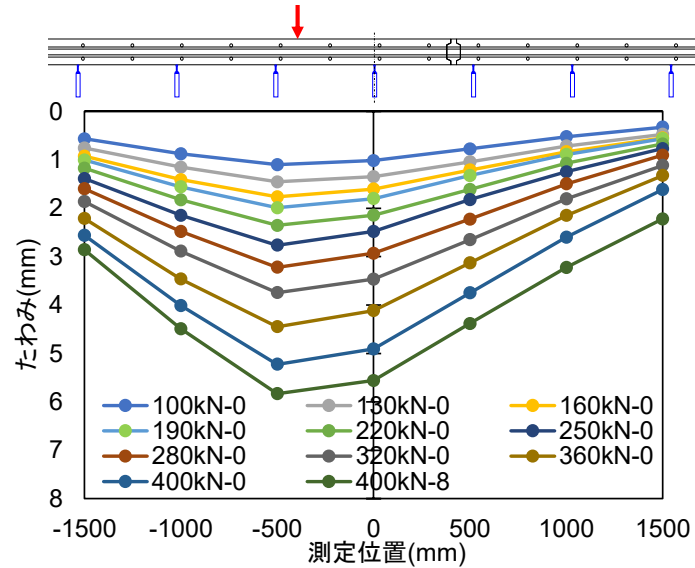


試験終了後のひび割れ状況(床版下面)

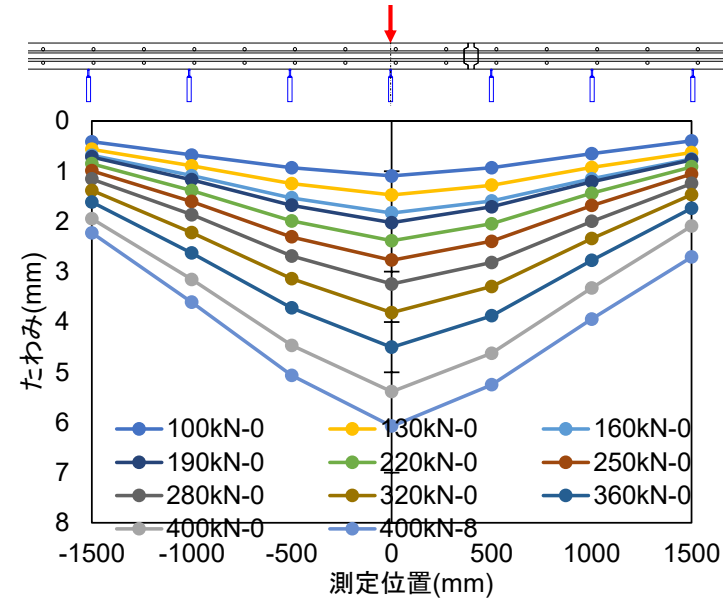


静的載荷時のたわみ

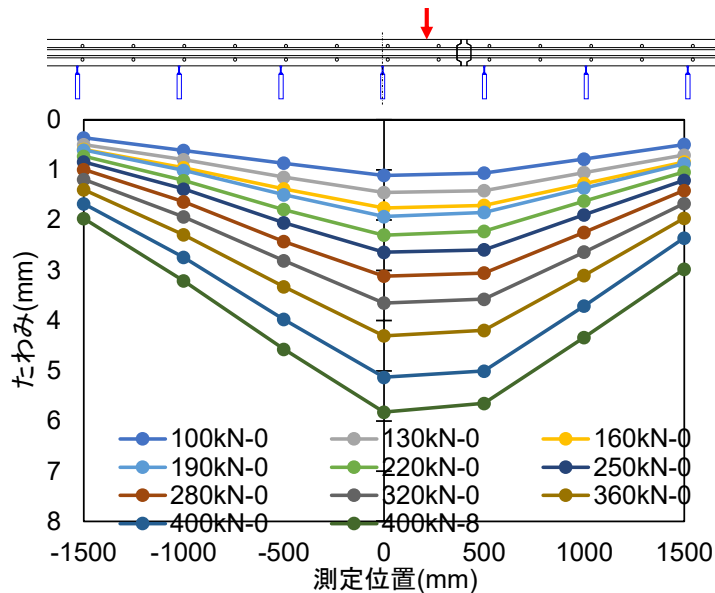
①：試験体中央ラインから床版接合部までの距離との対称位置



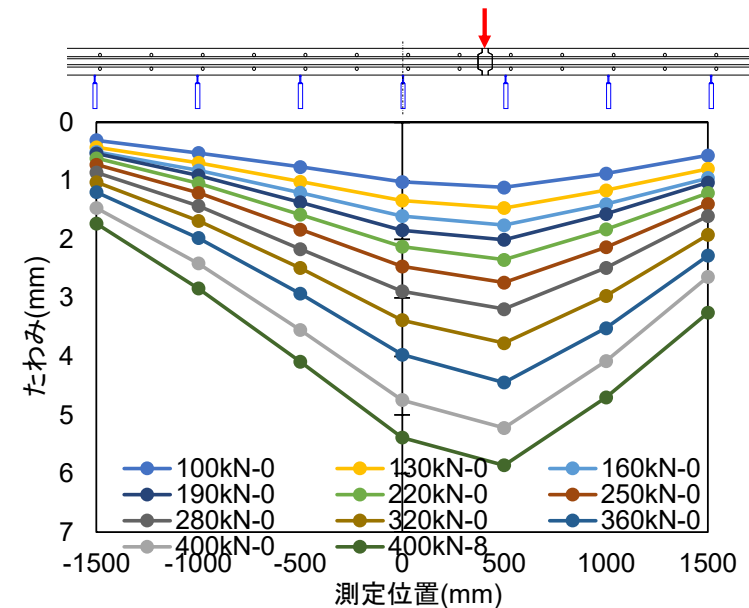
②：試験体中央



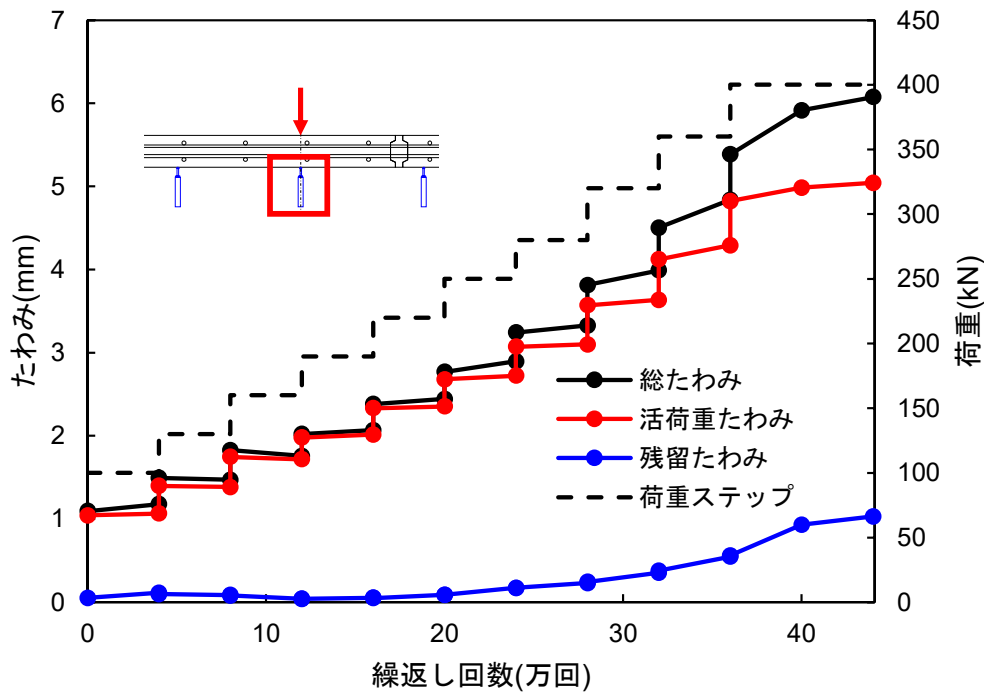
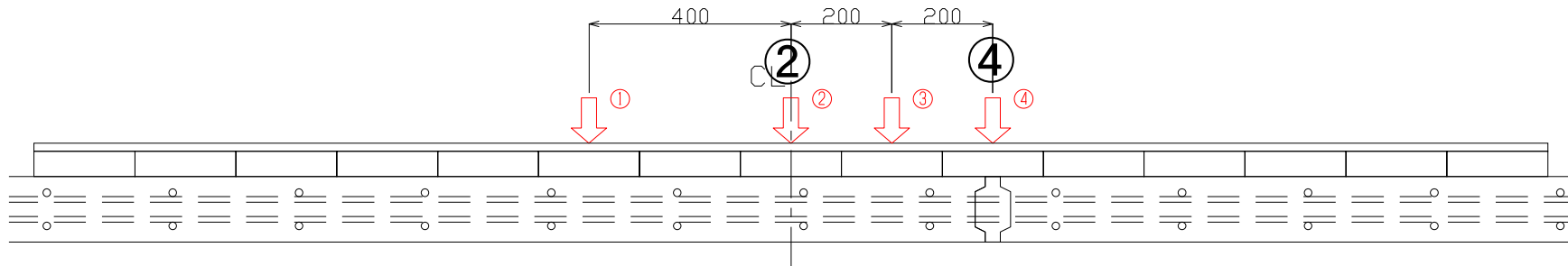
③：試験体中央と床版接合部の中間位置



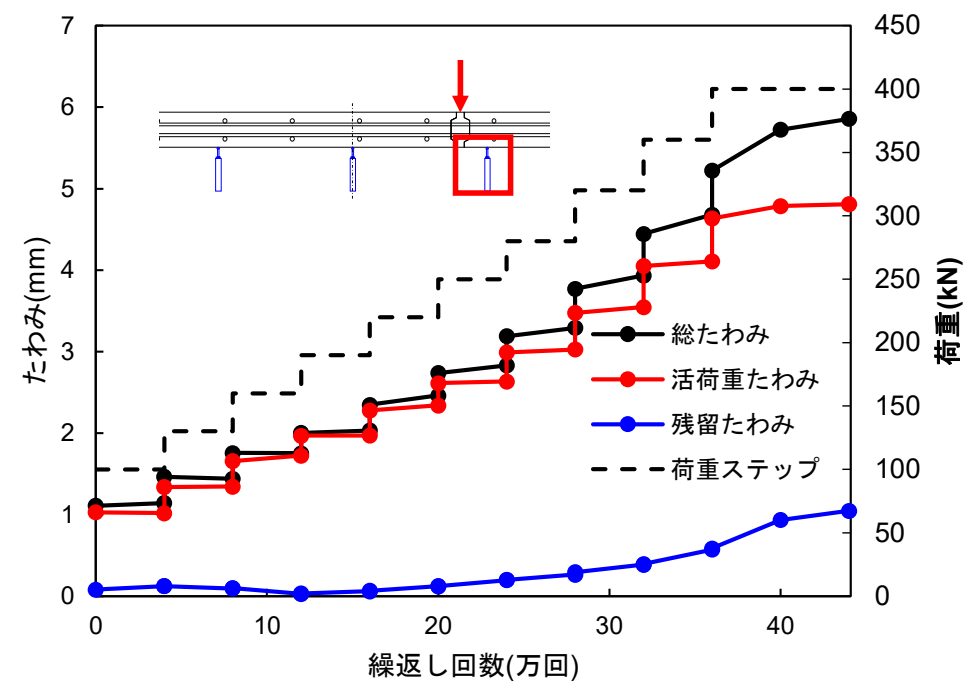
④：床版接合部



静的載荷時のたわみ



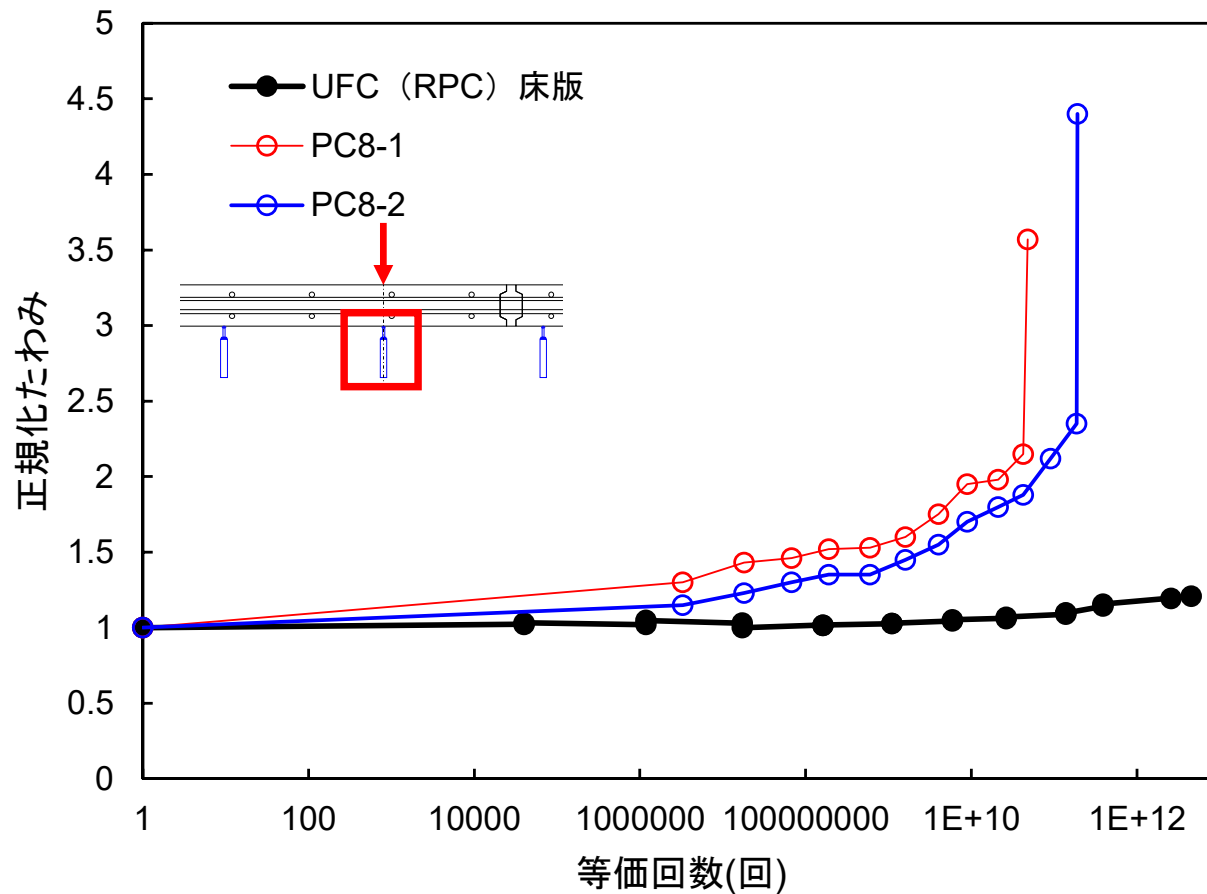
載荷位置：②



載荷位置：④

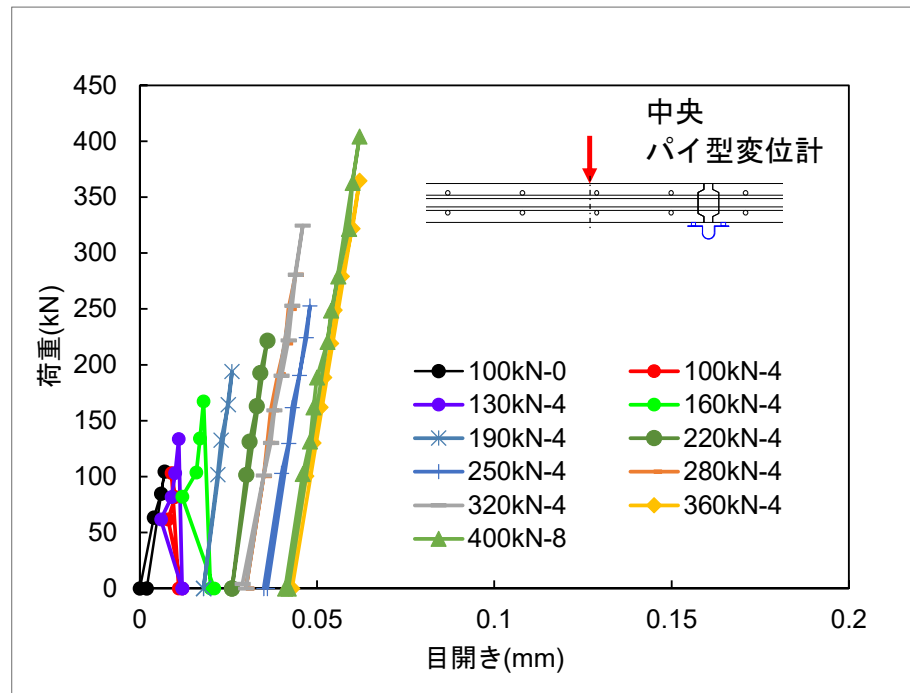
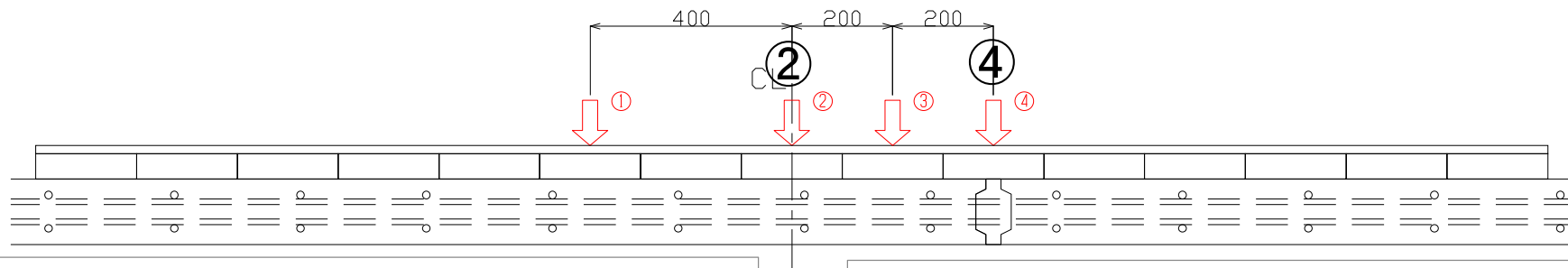
静的载荷時のたわみ

荷重100kN相当の繰り返し载荷回数に換算した等価回数と正規化たわみの関係

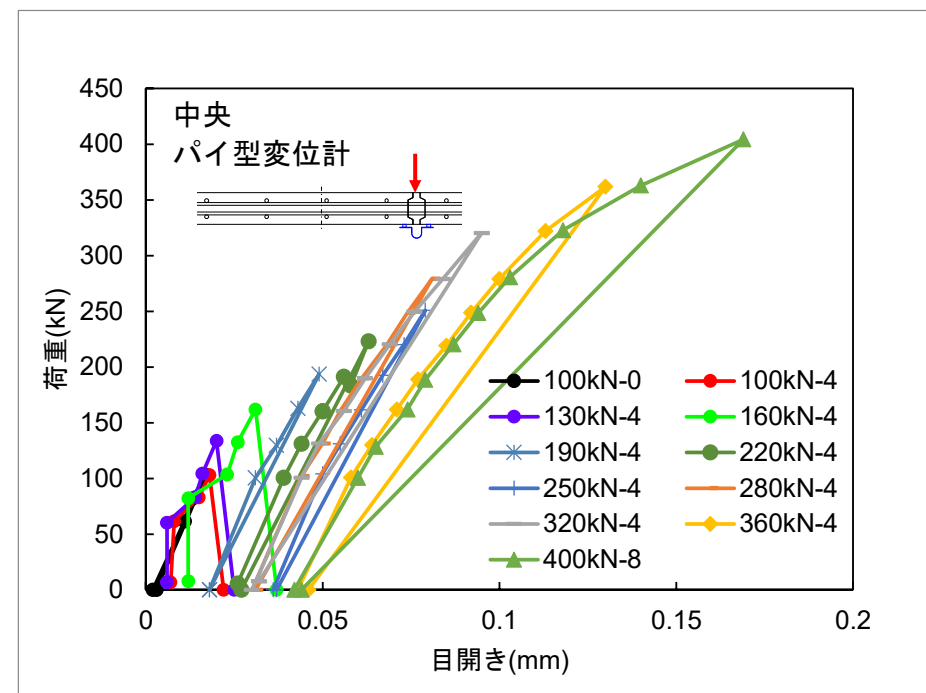


試験終了時まで正規化たわみが増加しない⇒非常に高い耐疲労性を有している。

静的載荷時の接合部の目開き



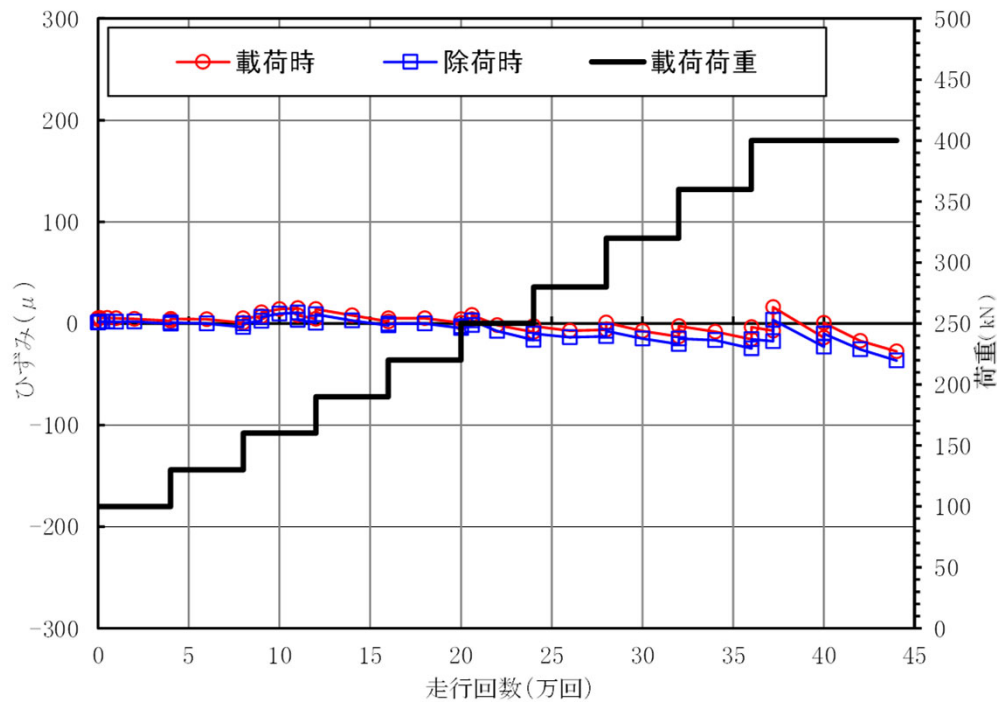
載荷位置：②



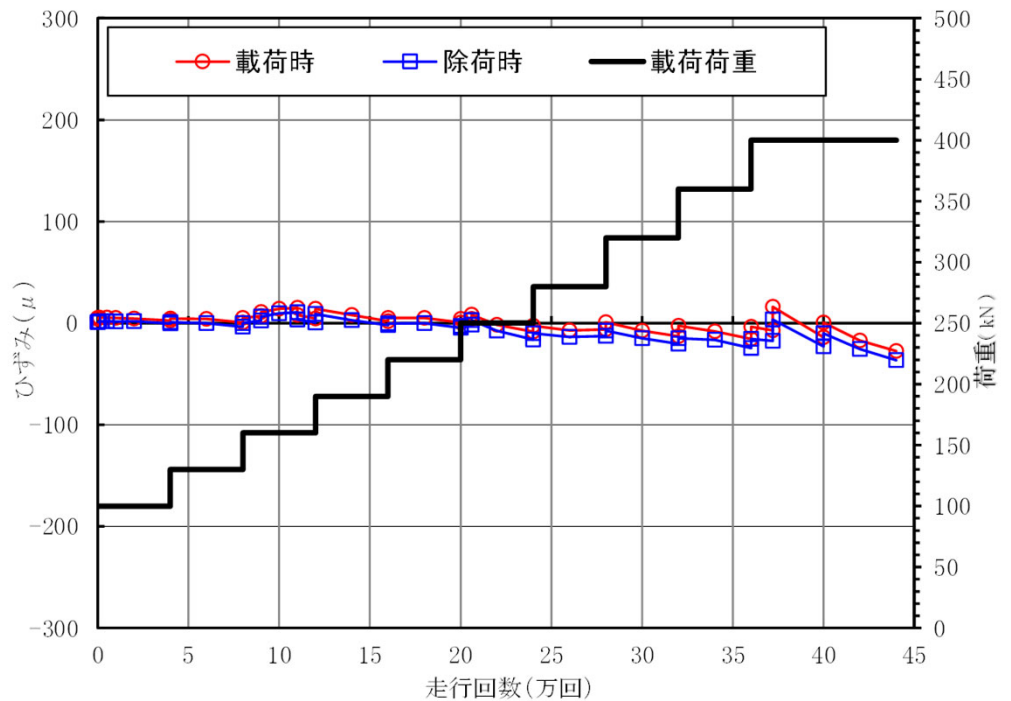
載荷位置：④

- ・試験体中央載荷では線形挙動
- ・床版接合部載荷では250kNを超えた付近（0.05mm以上）で非線形挙動

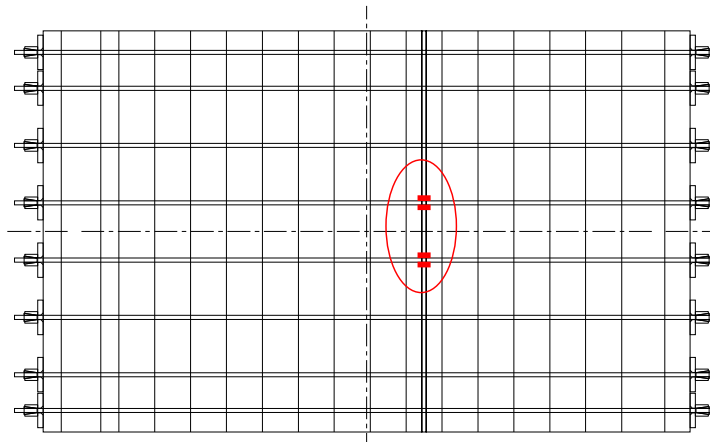
静的載荷時のポストテンションPC鋼材のひずみ



PC鋼材①のひずみ履歴



PC鋼材②のひずみ履歴

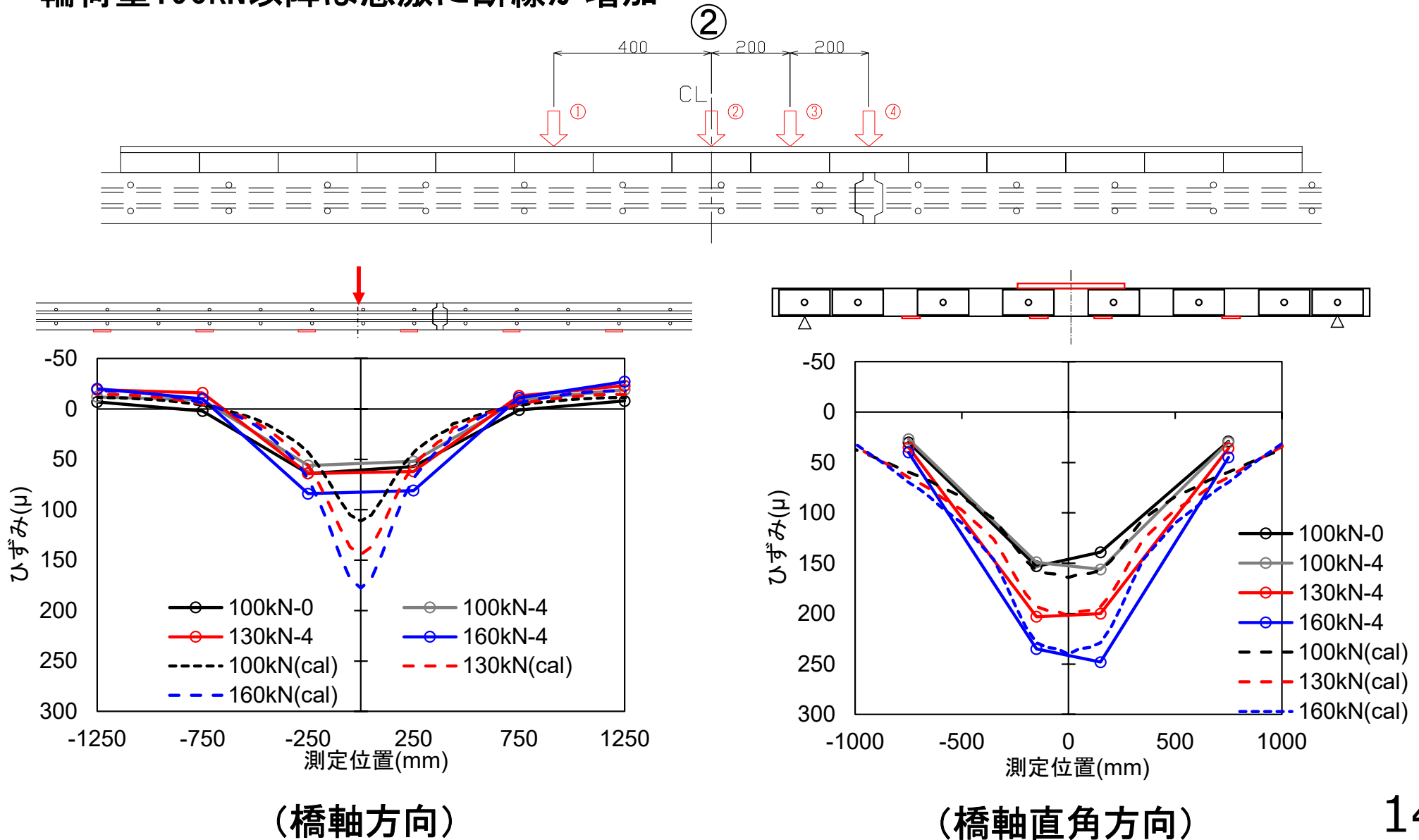


PC鋼材のひずみ変化はみられず接合部も高い耐疲労性を有してる

静的載荷時の床版のひずみ

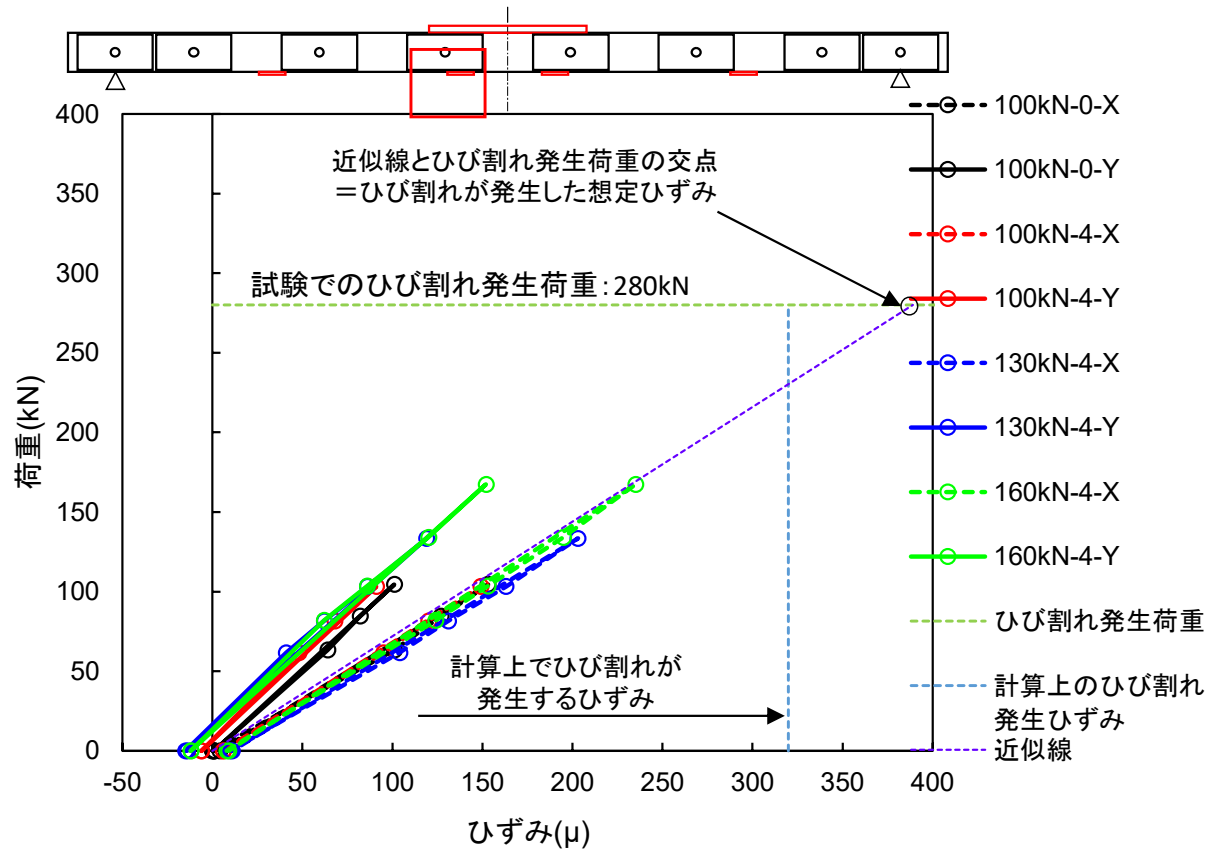
【ひずみ分布】

輪荷重190kN以降は急激に断線が増加



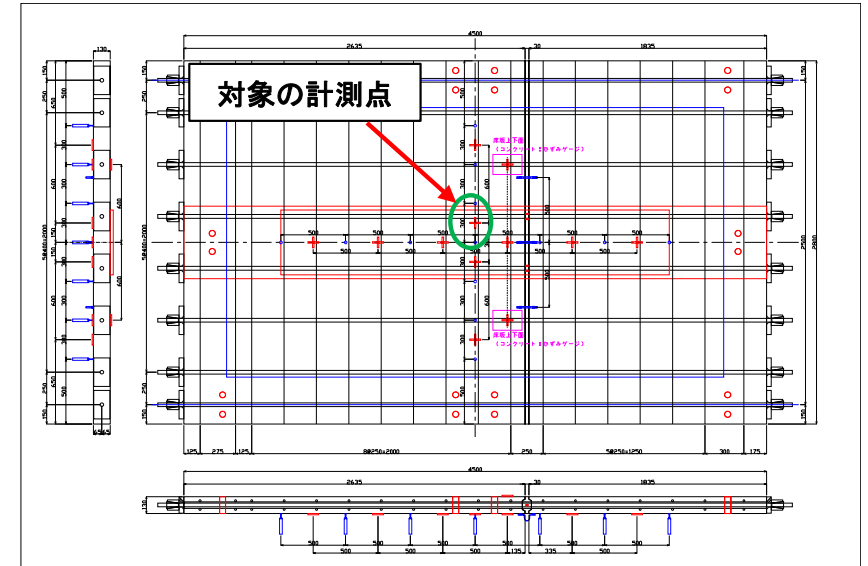
静的載荷時の床版のひずみ

【有効プレストレスの考察】



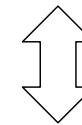
床版支間方向（橋軸直角方向）：X
床版支間直角方向（橋軸方向）：Y

試験体中央載荷時における
荷重とひずみの関係



設計上の有効プレストレスによるひずみ：140μ
UFCのひび割れ発生ひずみ(実強度)：180μ

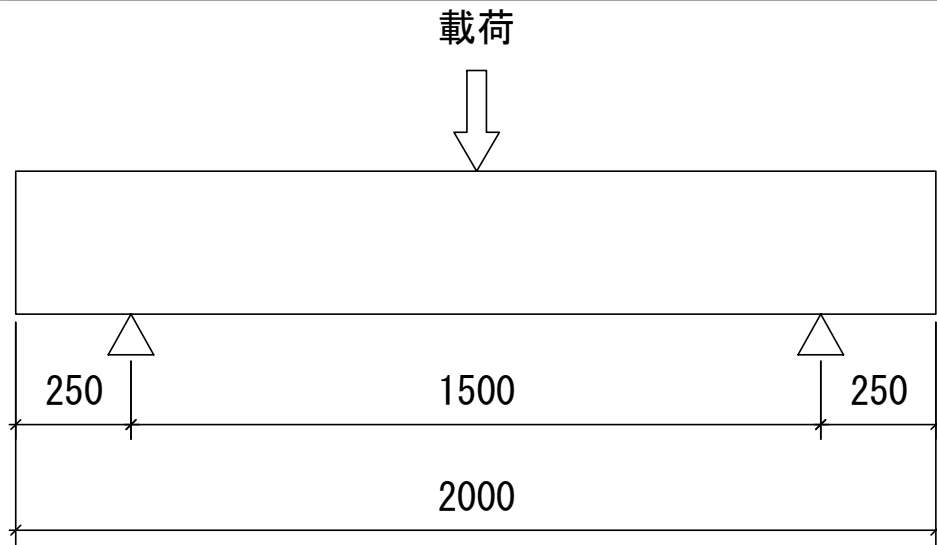
計算上でひび割れが発生するひずみ：320μ



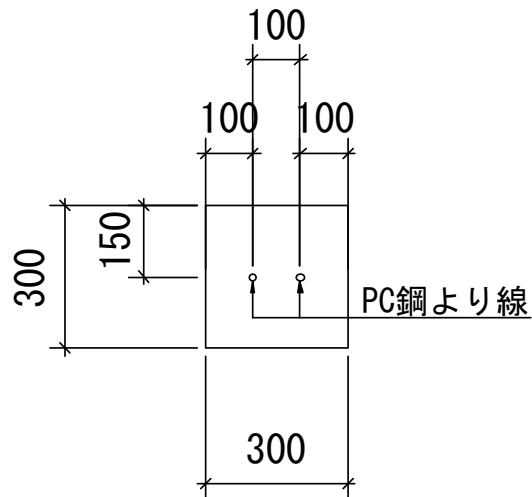
試験でひび割れが発生した想定ひずみ：380μ

設計時のプレストレスの有効係数：0.6
試験結果より想定される有効係数：約0.8

有効プレストレス試験(前回の委員会で報告済)



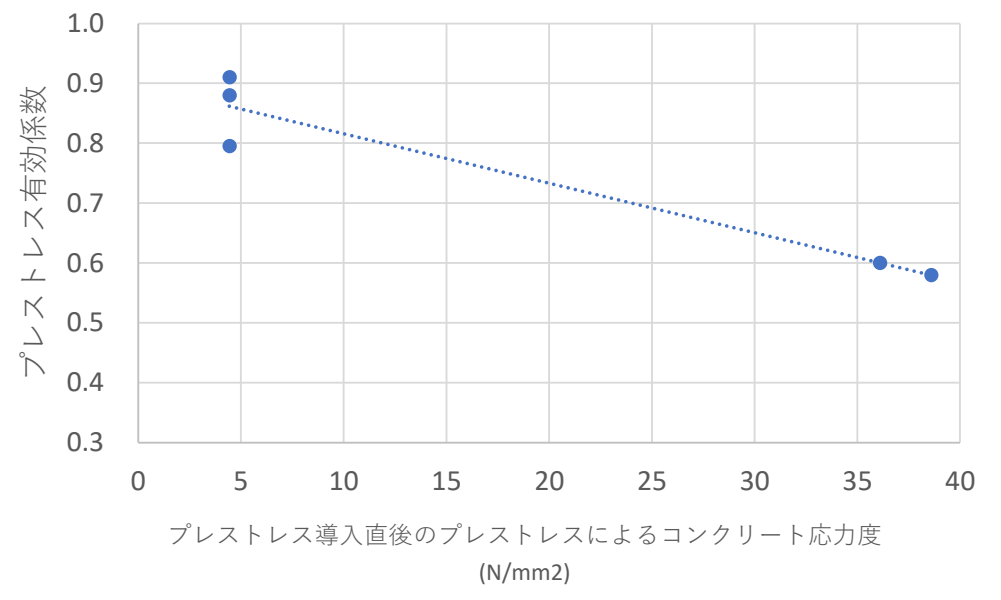
(側面図)



(断面図)



(試験状況)

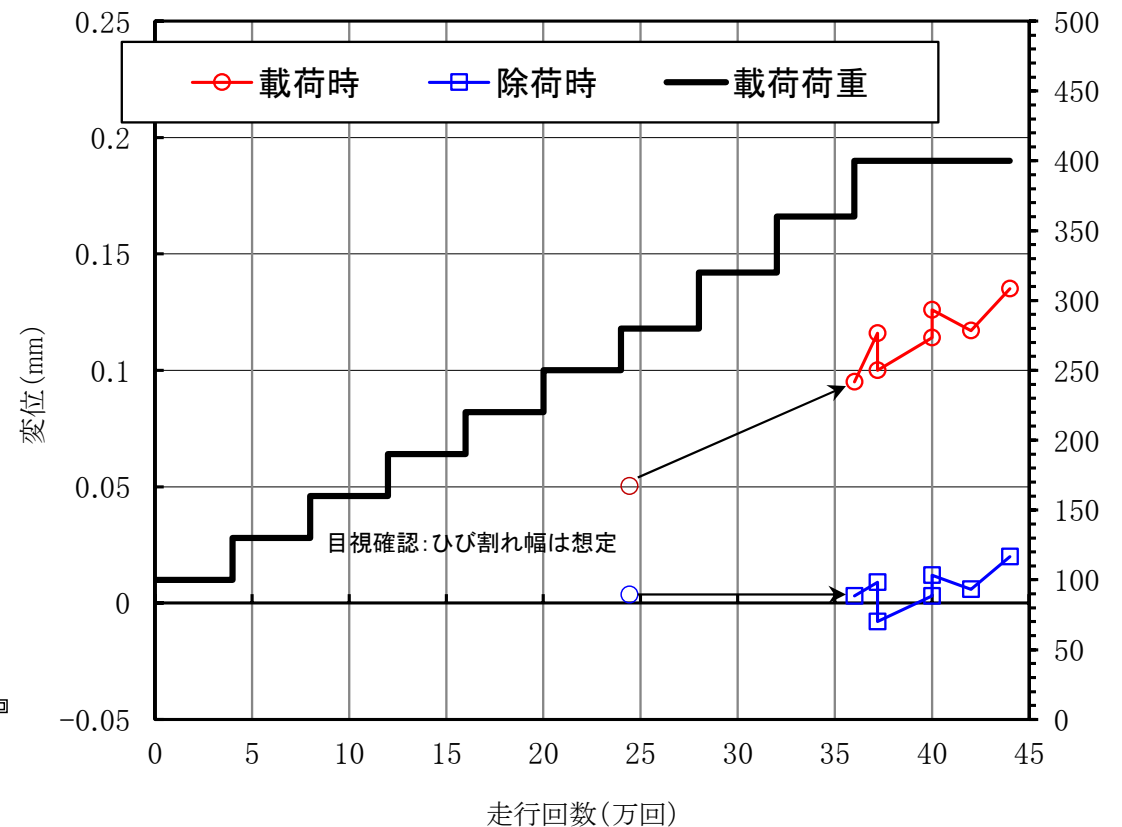
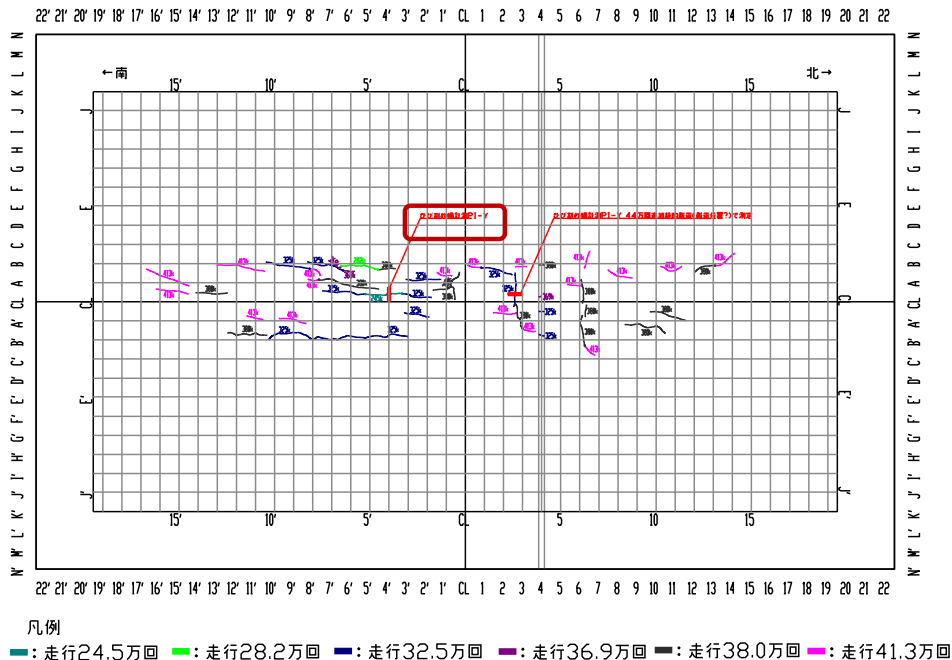


※付着定着長：600mm (40Φ) 実測値

(プレストレスの有効係数)

床版に発生したひび割れ幅の履歴

24.5万回(280kN)で発生したひび割れ幅を計測



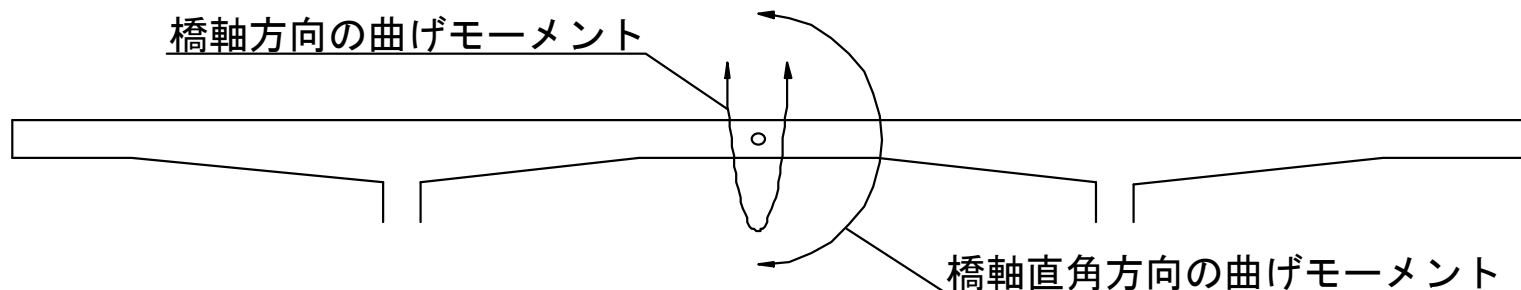
発生したひび割れは、繰返し载荷を受けてもひび割れ幅が急激に広がることはない

床版の設計曲げモーメント

床版曲げ剛性の比較

	PC床版	UFC床版
床版厚(mm)	160	130
	道示の最小床版厚	試験計画の床版厚
設計強度(N/mm ²)	50	180
ヤング係数(N/mm ²)	33,000	50,000
曲げ剛性比	1.00	0.81

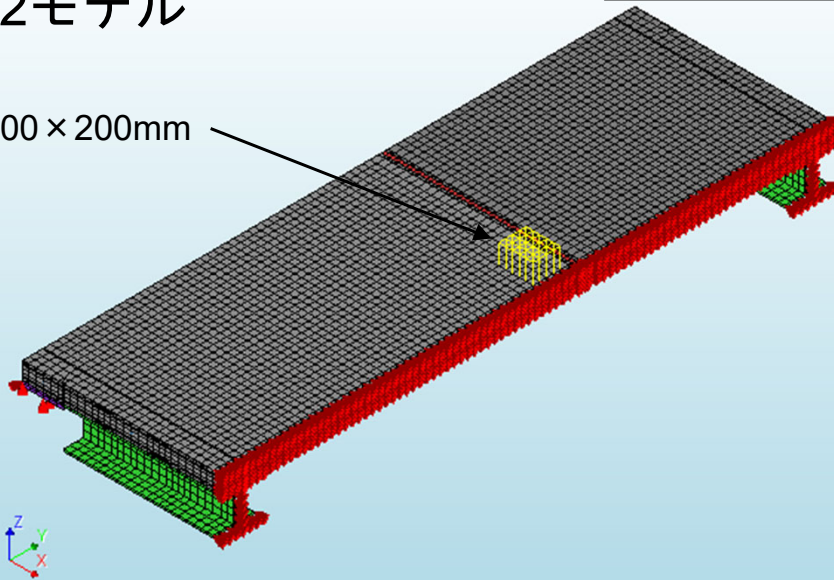
道路橋示方書Ⅱ 11.2.3の設計曲げモーメントに準じた設計法における
 床版支間2.5mの曲げモーメントの比率は、
 (橋軸方向曲げモーメント) / (橋軸直角方向モーメント) = 0.784



【解析モデル】

1/2モデル

輪荷重500×200mm



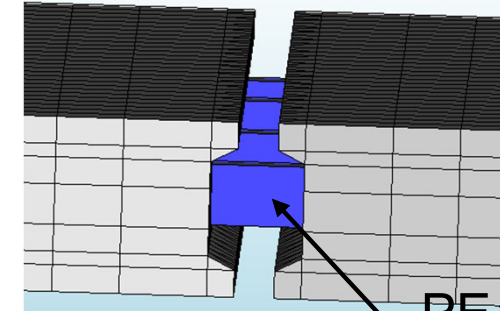
プレート, H鋼(弾性体)
ヤング係数200kN/mm²
ポアソン比0.3で設定

- ・床版一般部
圧縮強度204N/mm²
ヤング係数49kN/mm²
ひび割れ発生強度8.9N/mm²
ポアソン比0.2
- ・床版接合部
圧縮強度161N/mm²
ヤング係数45kN/mm²
ひび割れ発生強度7.1N/mm²
ポアソン比0.2
- ・横締めPC鋼材: 1s15.2
120kN相当
※埋め込み要素
- ・縦締めPC鋼材: 1s28.6
565kN相当
※埋め込み要素

PCa, 接合部(材料モデル)

- ・全ひずみひび割れモデル: 固定
- ・引張挙動: fibファイバー補強コン
- ・圧縮挙動: 圧縮強度後, 一定
- ・せん断伝達モデル: Al-Mahaidi
せん断伝達係数の下限値0.01

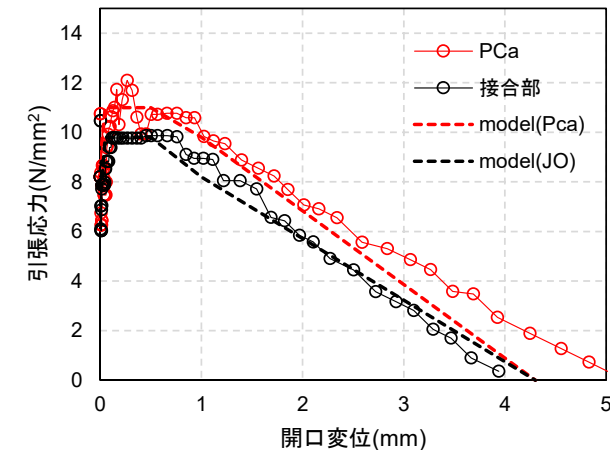
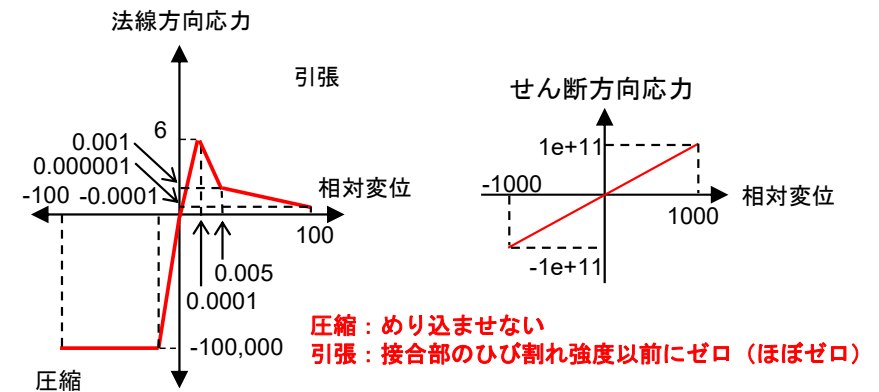
接合部詳細 (縦締め)



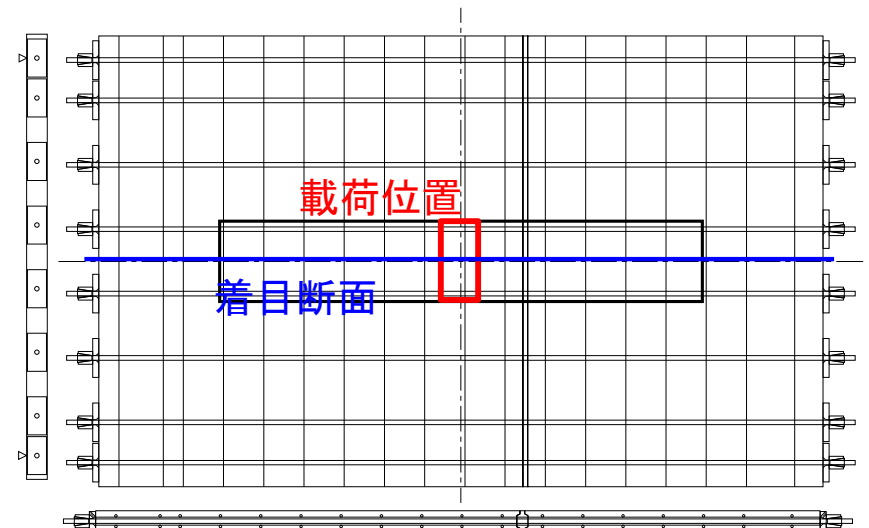
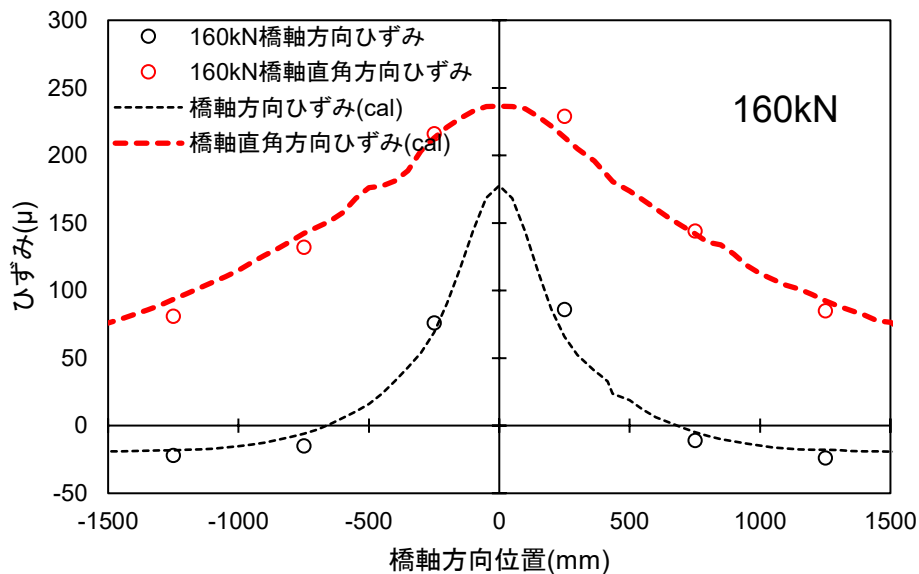
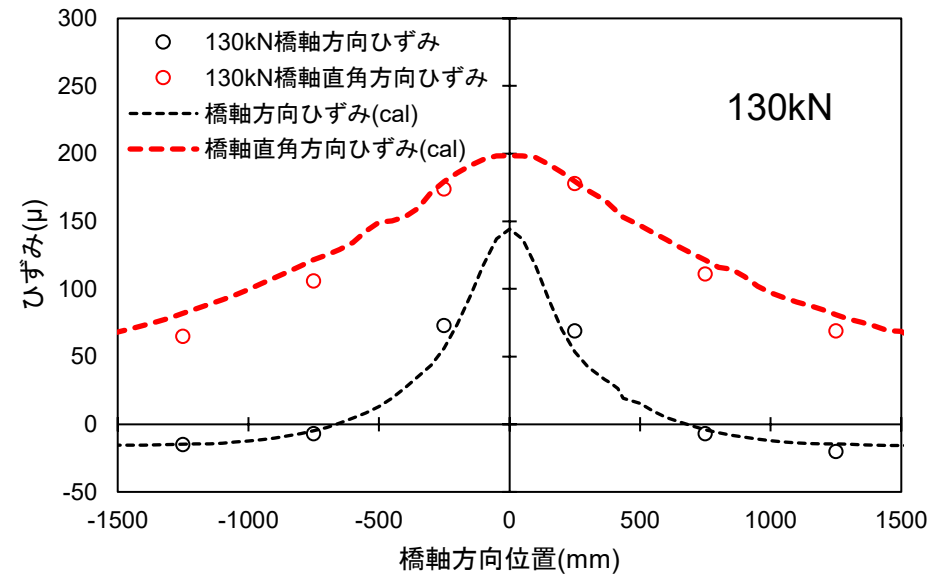
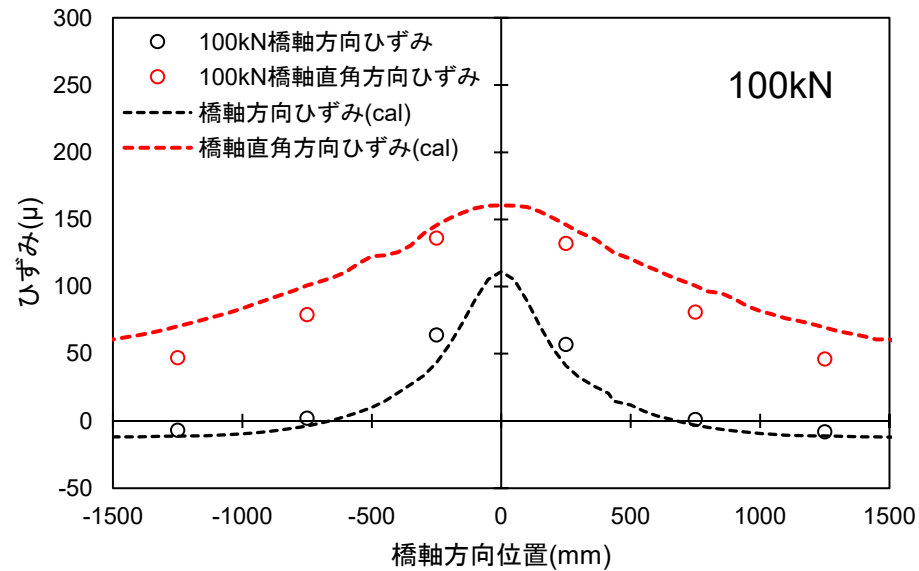
圧縮強度25N/mm²
ひび割れ発生強度0.10N/mm²

PEシース径
45mm

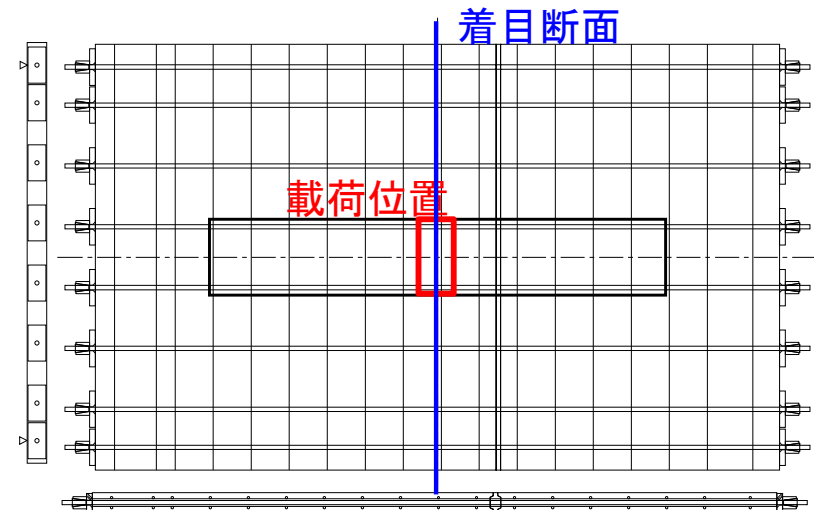
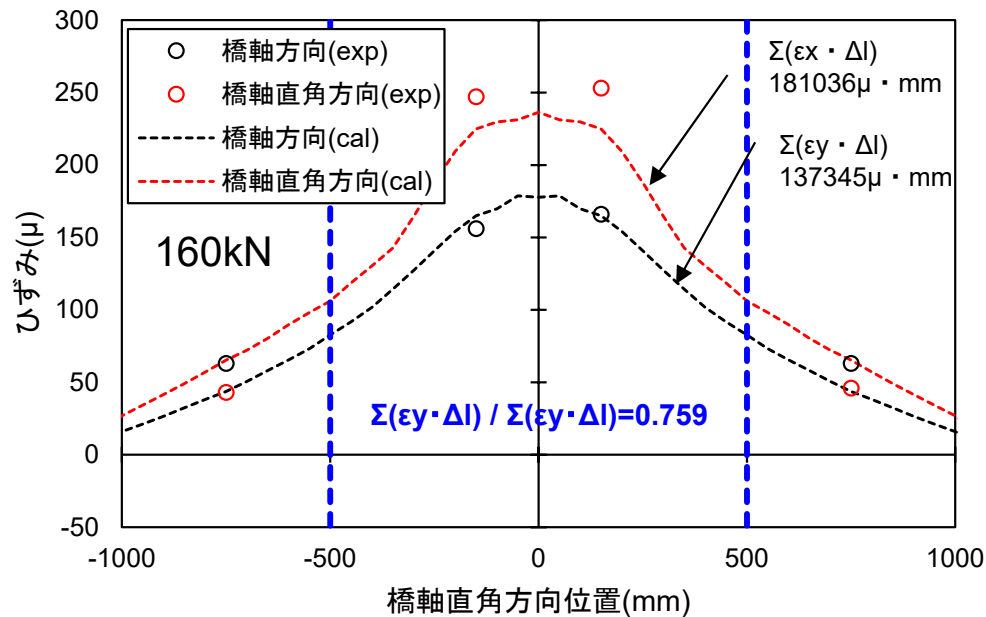
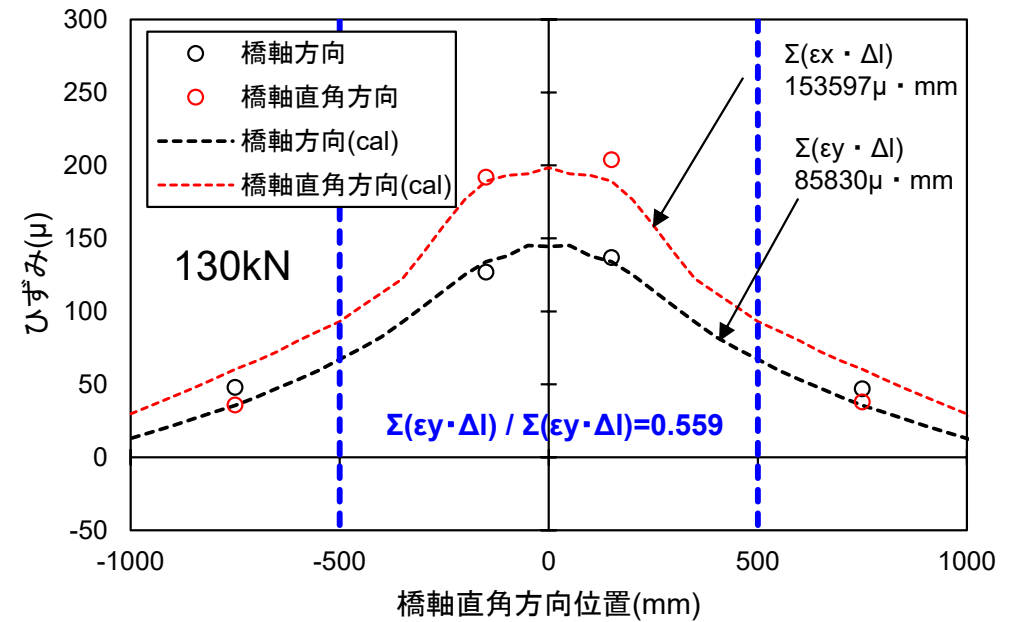
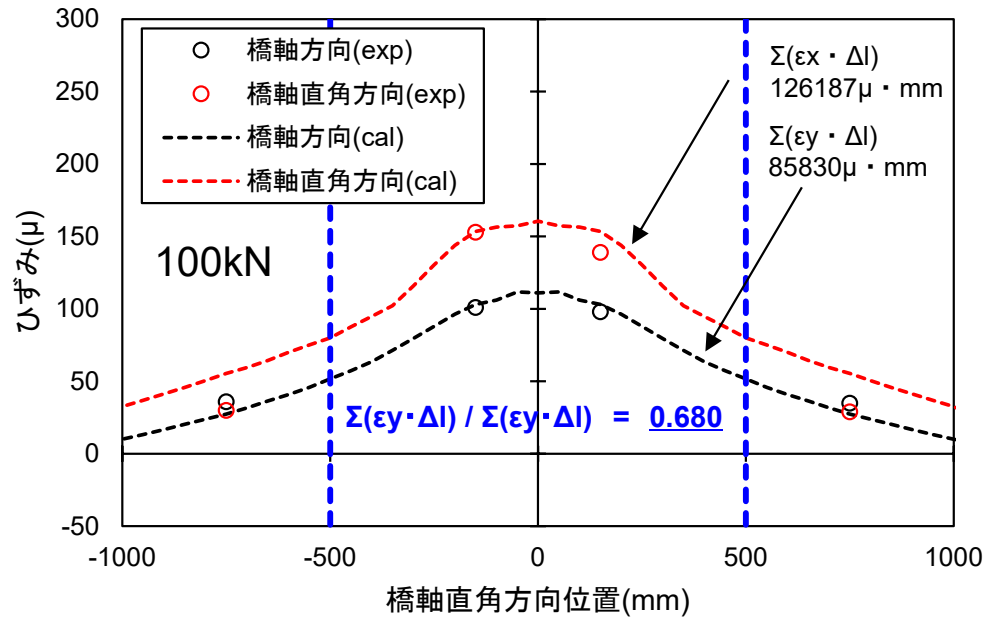
PCa-接合部間インターフェイス



床版の設計曲げモーメント



床版の設計曲げモーメント



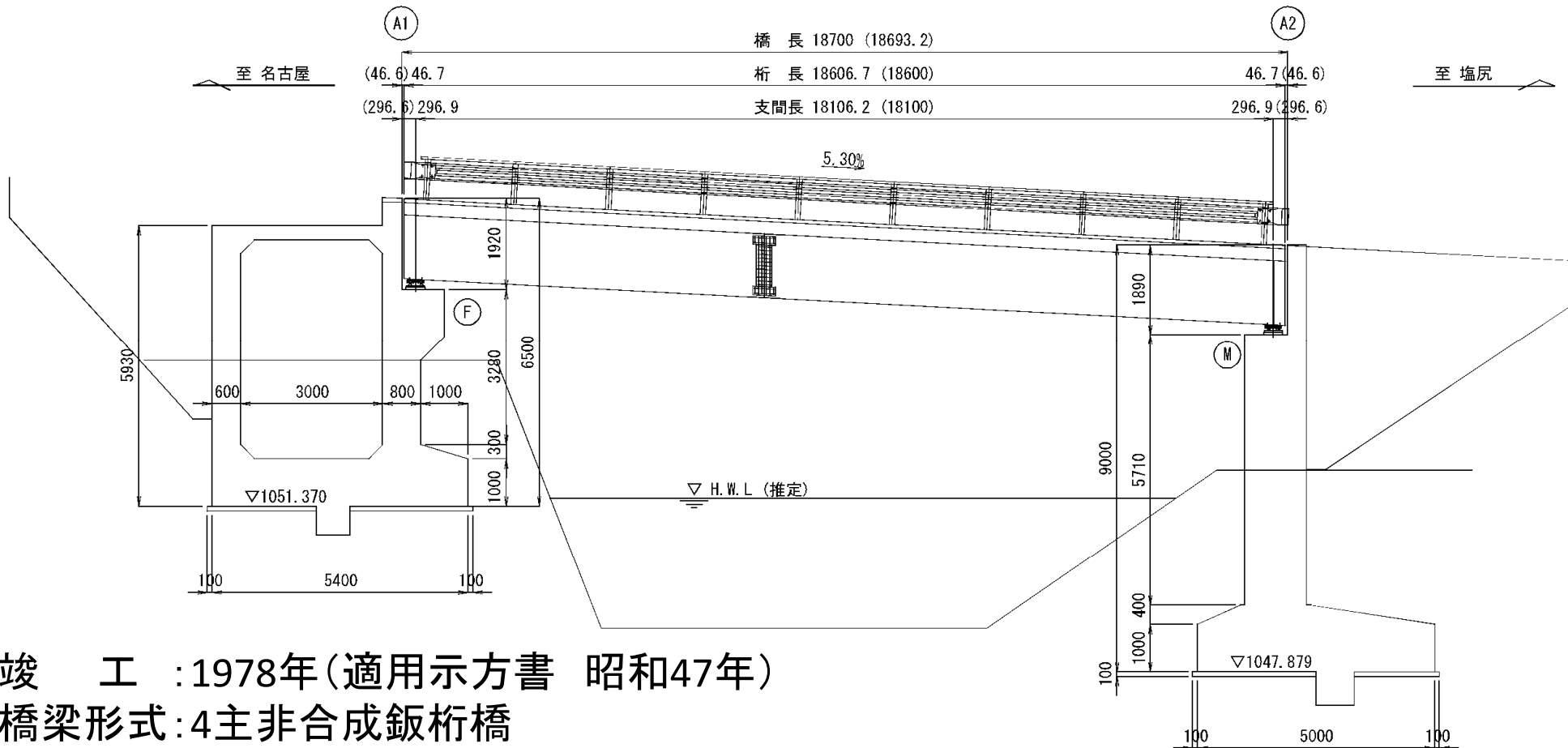
曲げモーメントの比率は
0.7程度と推定される

まとめ

- ① 輪荷重走行試験で44万回の繰り返し載荷をしても床版は破壊に至らず、十分な耐疲労性を有していることを確認した。
- ② 既往の研究で土木研究所が実施したPC床版の試験結果と比較すると、変位が極めて小さく、高い耐疲労性を有していることを確認した。
- ③ 水張り条件下の載荷では、床版接合部などからの漏水は認められなかった。
- ④ 試験より想定されるプレストレスの有効係数は約0.8と想定される。
(今年度に要素試験によりデータを蓄積する計画)
- ⑤ 発生したひび割れは、繰り返し載荷を受けてもひび割れ幅が急激に大きくなることはなかった。
- ⑥ 曲げモーメント比率(橋軸方向曲げモーメント)/(橋軸直角方向曲げモーメント)は、計測値および事後解析より、0.7程度と推定される。

萱の橋の概要

側面図 S=1:100



竣 工 : 1978年(適用示方書 昭和47年)

橋梁形式: 4主非合成鈑桁橋

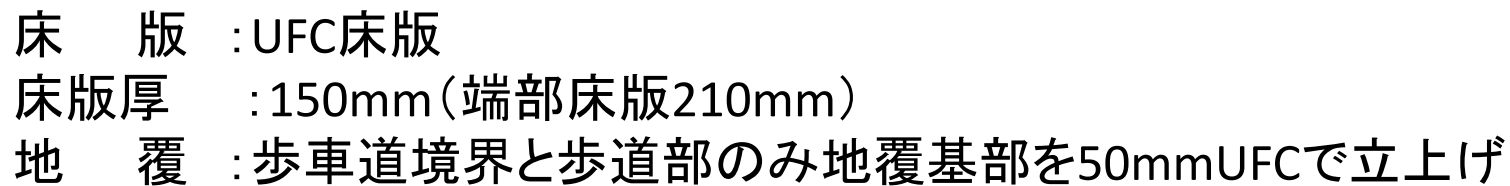
橋 長 : 18.7m

全幅員 : 10.75m

床 版 : RC床版

床版厚 : 200mm

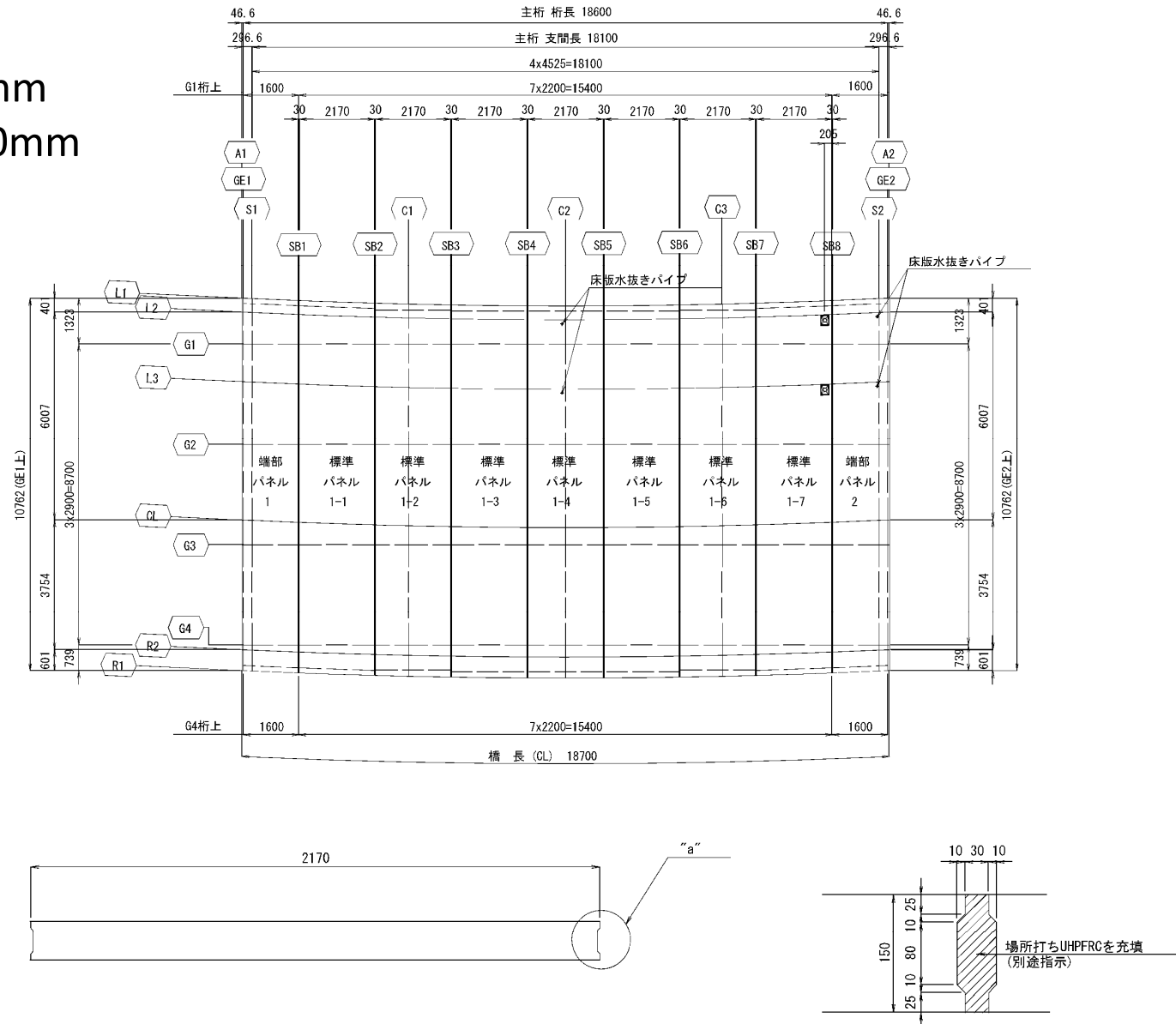
床 版 : UFC床版
床版厚 : 150mm(端部床版210mm)
地 覆 : 歩車道境界と歩道部のみ地覆基部を50mmUFCで立上げ



萱の橋の概要

平面图 S=1:100

- 9分割の床版
- 床版幅:2,170mm
- 床版目地幅:30mm



資料番号	9-4
提出者	総務委員
年月日	2024年4月17日
第9回技術委員会	

神鋼鋼線

PC鋼材の最新技術動向

死命が命に変わるために。
「なくてはならない価値」を提供し続ける。
神鋼鋼線工業株式会社

1

1

神鋼鋼線

1. プレグラウトマルチケーブル

2

2

1-1.プレグラウトとは

●グラウト注入を不要にした防食型PC鋼材

●樹脂は**熱硬化型**、**湿気硬化型**の2タイプ



熱硬化型

- ・硬化促進剤と熱の影響で硬化
- ・促進剤添加量により4種類あり
(←硬化早) 常温・暑中・高温・超高温 (硬化遅→)

湿気硬化型

- ・微量の水分と反応し硬化

⇒ 熱の影響を受けにくい、1種類のみ

3

3

1-2.プレグラウトPC鋼材の現状

- 横締め鋼材としては汎用性が高く幅広く普及している
- 主ケーブルとしては版桁橋などで限定的に適用されている
 - ・配置上の制約が大きい、プレストレスが足りない

高強度プレグラウト鋼材 19本より最大試験力1139kN採用増

→さらにグラウト工法並みの大容量化が望まれる





PC工学会 プレストレストコンクリート技術より

4

4

1-3.アフターボンドマルチケーブル



製品名アフターボンドマルチケーブル
NETIS登録番号：KK-210057-A

FKK 神鋼鋼線工業株式会社

グラウト不要

予めプレグラウト樹脂を塗布しているため施工時には所要の位置に配線し、緊張・定着するだけでよく、シースの緊張・PC鋼材の挿入・グラウト作業が必要ありません。また、プレグラウト面工により養生・継中グラウトに対する配慮が不要となります。

高耐食

合金にわたり耐食性に優れたエポキシ樹脂が塗布され、さらにその上からポリエチレンシープで被覆された構造になっているため、耐食性に優れています。

環境負荷低減

高強度PC鋼材とプレグラウト施工の特長である「鋼材使用量の削減」と「シープの硬化による配線自由度の向上」により、構造物全体のスリム化が図れ環境負荷の軽減につながります。

5

5

1-4.開発コンセプト



グラウト工法並みの大容量プレグラウト鋼材

●汎用的な構成12S12.7並みの緊張力

●構成はシープ形状を考慮し7Sタイプ

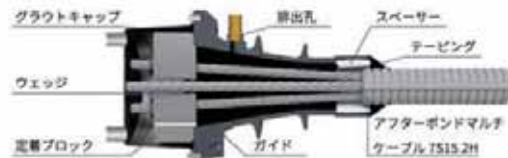
→ 高強度鋼材15.2を用いた7S15.2Hを開発



断面図	7S15.2H 仕様		従来工法	
	断面図	高強度PC鋼材15.2mm	断面図	PC鋼材12.7mm
構成	7S15.2H		12S12.7	
引張荷重 (kN)	2,198		2,196	
鋼材単位質量 (kg/m)	7.71		9.29	
被覆外径 凸部 (mm)	55		呼び径 65	
凹部 (mm)	53		外径 76.5	
リブ部 (mm)	65 以下		内径 65	
被覆厚さ (mm)	2.7 以上		*	

6

1-5.AFマルチケーブルの仕様



断面図	7S15.2H 仕様		従来工法	
	断面図	高強度PC鋼材15.2mm	断面図	PC鋼材12.7mm
構成	7S15.2H		12S12.7	
引張荷重 (kN)	2,198		2,196	
鋼材単位質量 (kg/m)	7.71		9.29	
被覆外径 凸部 (mm)	55		呼び径 65	
凹部 (mm)	53		外径 76.5	
リブ部 (mm)	65 以下		内径 65	
被覆厚さ (mm)	2.7 以上		*	

7

7

1-6.配置検討例



●プラン1

シングルストランド1S28.6

数量：24本

●プラン2

高強度シングルストランド1S30.4

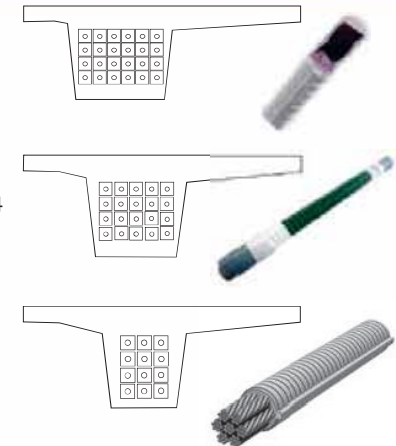
数量：20本

●プラン3

アフターボンドマルチ7S15.2H

数量：12本

→桁をスリムにすることが可能
ケーブル、定着具の数量も減



8

8

1-7.性能確認試験



ポリエチレンシースとしての性能

- PEシースを用いたPC橋の設計施工指針
- コンクリートとPC鋼材の一体化：付着試験JSCE-E710
- PC鋼材の移動によるすり減り：すり減り抵抗性試験JSCE-E709

防錆ケーブルとしての耐食性の確認 JSCE-E145

- 腐食因子の遮蔽性能：塩水噴霧試験JIS Z 2371
- コンクリート中での安定性：耐アルカリ性試験ASTM G 20

設計上必要な諸数値の確認

- 緊張力伝達性能の確認：摩擦係数測定試験

9

9

1-8. 付着試験



プレストレストコンクリート用プラスチック製シースの付着性能試験方法

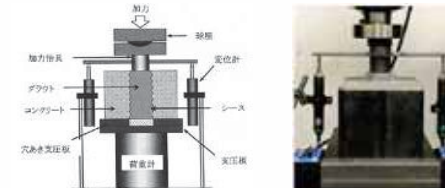
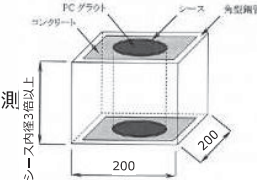
【試験方法】

- シースにプレグラウト樹脂を充填して硬化
- 熱硬化樹脂を温度養生して硬化を促進
- コンクリート供試体を作成して付着強度を計測

【試験結果】

規格値4N/mm²※を満足、指針に示される

- コンクリートとの一体性能を有することを確認

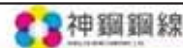


No	付着強度 (N/mm ²)
1	5.27
2	5.40
3	5.05
判定基準	4以上※

10

10

1-9. すり減り抵抗性試験



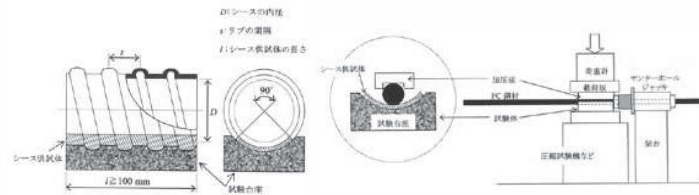
PC用プラスチック製シースのすり減り抵抗性試験方法

【試験方法】

- アフターボンドマルチのシースを採取し、試験台座を作成
- 試験温度：常温23±5℃、高温50±5℃
- 滑り量：100m主ケーブル片引きを想定 750mm
- 腹圧力：最小曲げ半径200Dにおける腹圧

【判定基準】

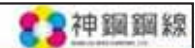
- すべての供試体の残留肉厚が1.5mm以上※であること
- ※PCシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)



11

11

1-9. すり減り抵抗性試験



シース厚平均値は以下の通り

23℃試験前3.80mm → 試験後3.26mm

50℃試験前3.74mm → 試験後3.01mm

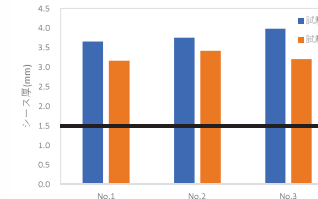
いずれも規格値1.5mm以上※であり合格

指針に示されるすり減り抵抗性を有する

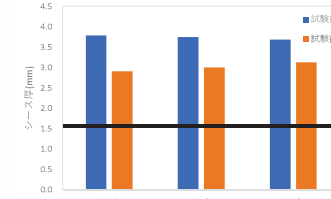
※PEシースを用いたPC橋の設計施工指針(案)



常温 23±5℃



高温 50±5℃



12

12

1-10. 摩擦係数測定試験

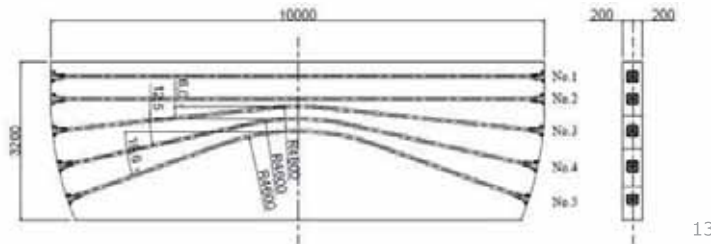


【試験体】

- ・ 10m×3.2m×0.4mのコンクリート供試体
- ・ 角度変化：0°・12.0°・25.0°・29.2°

【試験方法】

固定端・緊張端にそれぞれジャッキを配置し、片引き緊張を行い、**2台のジャッキの緊張力**から摩擦係数を算出した。



13

13

1-10. 摩擦係数測定試験



【試験結果】

- ・ 以下の摩擦係数を実測
 - ・ 長さ1m当たりの摩擦係数 λ
 - ・ 角変化1rad.当たりの摩擦係数 μ
 - ・ 摩擦係数は道路橋示方書に示される
 - ・ 設計値を下回る
- 設計で想定する荷重伝達性能を有する



緊張力 0.7Puでの摩擦係数



No	角度変化(°)	$\lambda(1/m)$	$\mu(1/rad.)$
1	0	0.0033	—
2	0	0.0036	—
3	12.0	—	0.149
4	25.0	—	0.111
5	39.2	—	0.134
設計値	—	0.004	0.30

14

14

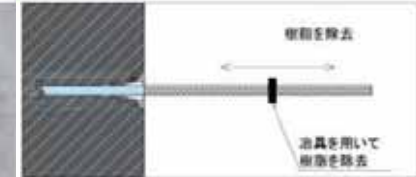
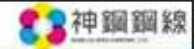
1-11. 施工



15

15

1-11. 施工



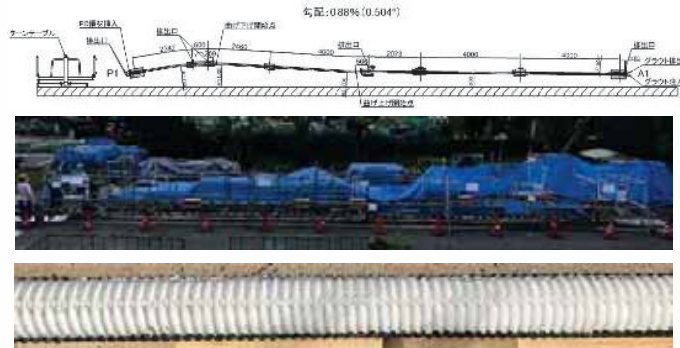
16

16

1-11. 施工



実物大20mグラウト注入試験（プレキャスト桁への適用）
→有害な空隙がないことを確認した（リブ残留独立気泡を除く）



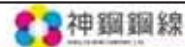
17

1-12. その他



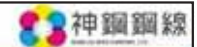
18

2. セットロスイージーク補正システム

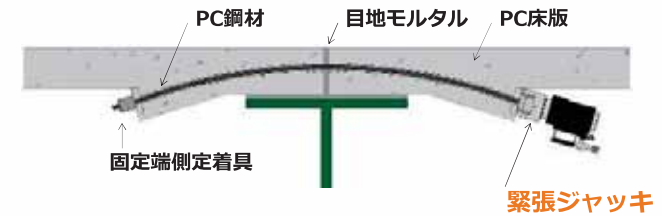


19

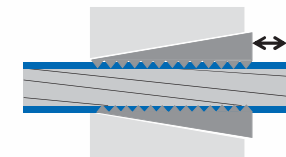
2-1.適用事例：セット量補正が必要



- ケーブル長が短い⇒セット量の影響が大きい



- セット量が大きい（被覆鋼材など）

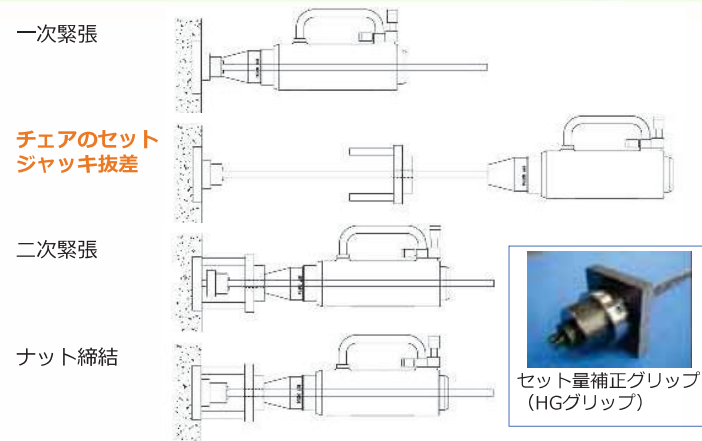


(例) φ21.8mm
裸セット量 4mm
ECFセット量 13mm

 [戻る](#)

20

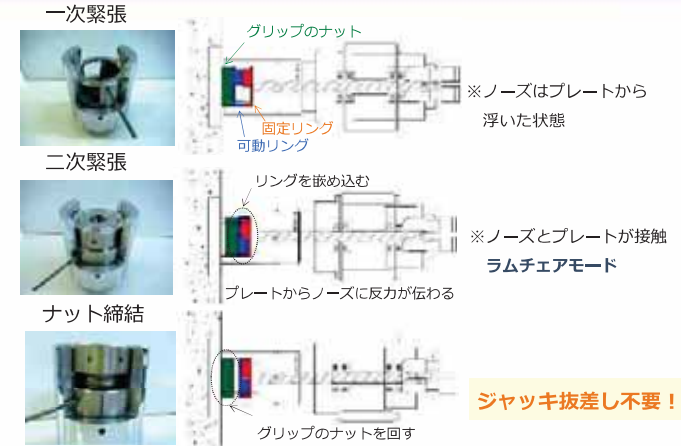
2-2.通常のセット量補正方法



21

21

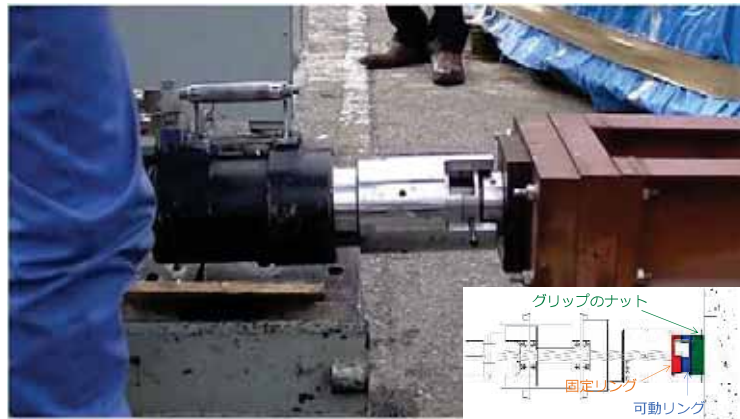
2-3.セット量イージー補正システム



22

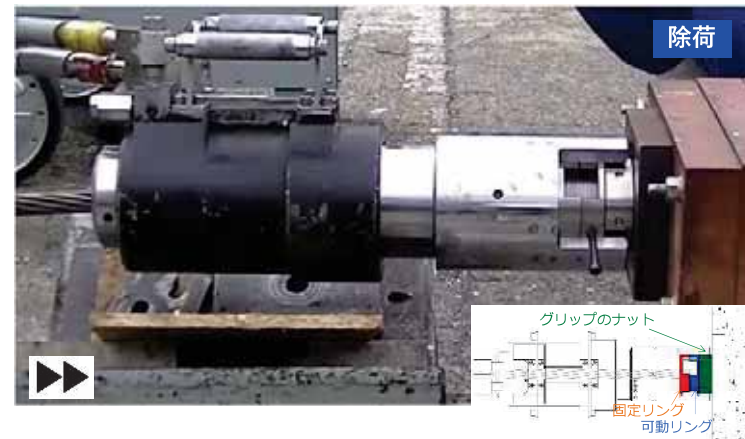
22

ジャッキセット



23

一次緊張



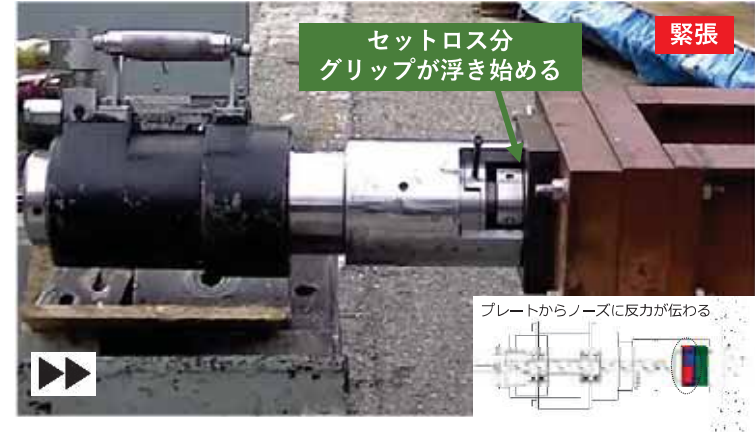
24

ノーズ可動リング補正



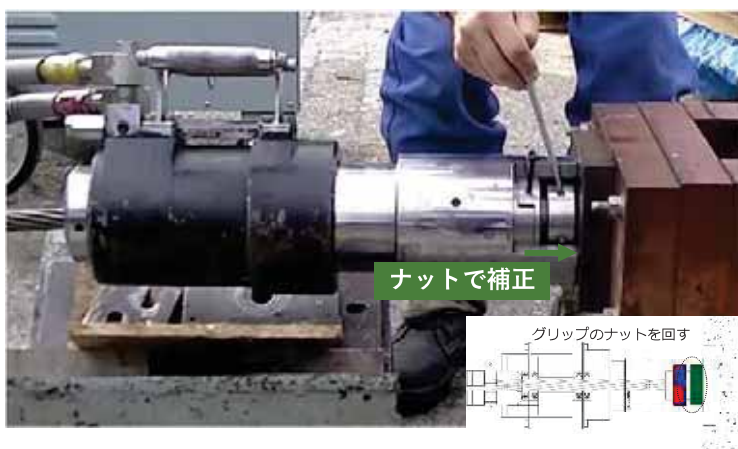
25

二次緊張



26

HGグリップナット補正（セットロス補正）



27

除荷、緊張完了



28

神鋼鋼線

3. 橋梁補強用ケーブル

29

29

神鋼鋼線

3-1. 橋梁補強用ケーブル

- 既設ポステン橋の劣化が顕在化する中、外ケーブルによる補強の必要性が増大してきた
- 性能照査方法や性能確認方法が明確となり、疲労特性などの高い性能が求められる
- 供用中のケーブル再緊張、交換を想定した製品が求められる

→各社が開発

30

30

神鋼鋼線

3-2. RE-SETケーブル

RE-SET ケーブルシステム定着部の仕様

垂鉛めっき PC鋼より線
ECF スtrand

31

31

神鋼鋼線

4. ケーブルのメンテナンス

32

32

4-1. 渦流探傷



当社の渦流探傷システムは、既存の被覆の上から調査することが可能で、腐食の進んでいる箇所を発見することができます。

また、非常に軽量且つコンパクトな装置を使用していますので、現地での作業が短時間で容易に行うことができます。

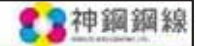
【特長】

- 被覆材の上から測定可能
被覆材が非導電性、非磁性であれば測定可能です。
金属でも被覆が薄ければ可能な場合があります。
- 機材が軽量
計測器 + 電源 + センサーで20kg以下
- 取付が容易
センサーが半割円筒形状なので、現場でのコイル巻き作業が不要です。

33

33

4-2. 渦流探傷の原理

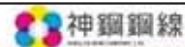


当社の渦流探傷システムは、亜鉛めっき鋼線の亜鉛(非磁性材料)がわずかでも減肉すると、内部の鋼(磁性材料)の影響を受けて信号が大きく変化することを利用して、亜鉛めっきの減肉量を感度良く検知することができます。

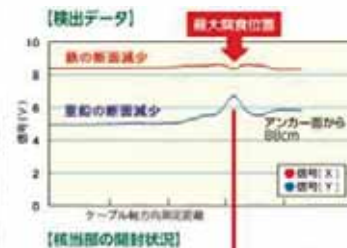
34

34

4-3. 渦流探傷の一例



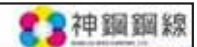
○ケーブルの腐食状況は、装置のモニターでリアルタイムに表示されますので、即座に腐食部の被覆を開封し、ケーブル素線の調査を実施することが可能です。



35

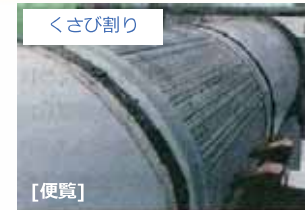
35

4-4. 開放調査



バンド取り外し

くさび割りにより
内層線の損傷状況を確認



くさび割り

【便覧】



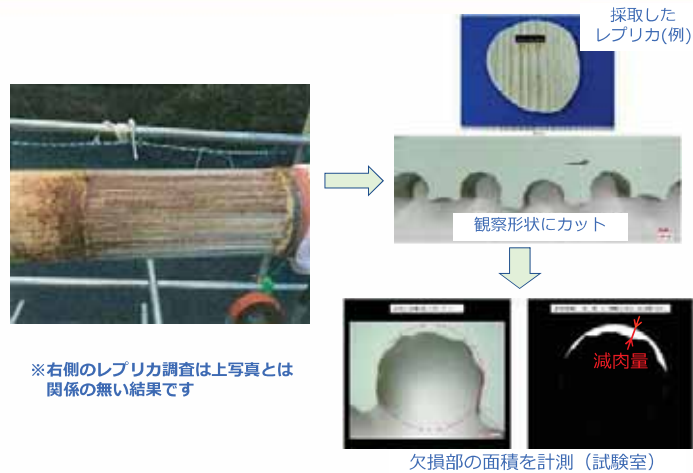
くさび割り

【便覧】

36

36

4-5. 開放調査（レプリカ採取）



37

4-6. 引張試験



ロープ引張試験（残留強度確認）
素線の引張試験、ねじり試験等

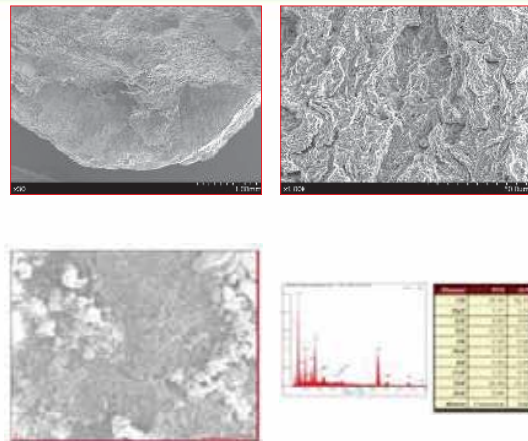
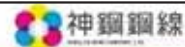


（写真引用先）

若戸大橋ケーブルの健全度調査および補修工事 - 建設後50年経過した長大吊橋のケーブル関係の保全 -

38

4-7. 破面観察、成分分析



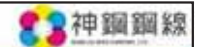
破面の様相を確認

付着物の成分分析

39

39

4-8. アンチメック工法



【アンチメック工法による延命対策のご提案】

- ・粘質で柔軟な防食テープ：ケーブルの振動や伸縮、素線間の動きにも追随
- ・下塗材には錆の進行をおさえる作用
- ・充填材の使用で吊橋のケーブルバンドなどの段差部を有する部材への適用も可能
- ・油系の防食テープに見られる施工後の油タレ、飛散の心配なし
- ・施工後も定期的な点検を推奨：防食テープは容易に開封し、復旧することが可能



防食テープ施工前

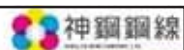
防食テープ施工後

防食テープ開封点検
施工後12年経過で異常なし

40

40

4-9. アンチメック工法施工事例



1 防食テープ巻



6 上塗材塗布



5 テープ撫で付け



- | | |
|---|------------|
| 1 | 下地の清掃 |
| 2 | 下塗材塗布 |
| 3 | 凹凸部を充填材で整形 |
| 4 | 防食テープ巻 |
| 5 | テープ撫で付け |
| 6 | 上塗材塗布 |

41

41

ご清聴ありがとうございました。

42

SUMITOMO ELECTRIC

資料番号	9-5
提出者	松原
年月日	2024年4月17日
第9回技術委員会	

UFC道路橋床版研究会

PC 鋼線の技術動向
-PC鋼材に関する最近のトピックス-

1. 阪神高速道路様での適用事例
2. PC橋の高耐久化に関するトピックス
3. 海外における斜ケーブルシステムの適用事例
4. ICT活用事例

2024年4月17日

住友電気工業株式会社
 特殊線事業部 PC技術部

SUMITOMO ELECTRIC GROUP



CONFIDENTIAL
2/55

1. 阪神高速道路様での適用事例
2. PC橋の高耐久化に関するトピックス
3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例
4. ICT活用事例

SUMITOMO ELECTRIC

UFC床版用鋼繊維

【適用実績】玉出入路橋、信濃橋入路橋、12号守口線、3号神戸線

12号守口線

玉出入路橋

HSPJ (High Smart Prestressed Joint)

【適用実績】中島排出路、3号神戸線




中島排出路

SUMITOMO ELECTRIC GROUP

補強用ケーブル (引張荷重4900kN級)

【適用実績】新末吉橋

竣工年：1965年(S40年)
 橋長：166m
 構造形式：有ヒンジ3径間連続PCラーメン箱桁橋

老朽化(ヒンジ部垂れ下がり)



補強PC鋼線5BPR93Q/1180p32 114/1BOX

外ケーブル5BPR70N 19S15.2 74m 4.8/1BOX
 内ケーブル5BPR70N 19S15.2 95m 2.8/1BOX

変位中央(ヒンジ部)
 外ケーブル19S15.2ECFストランド





ケーブル「ヒンジ」連続化に伴う外ケーブル補強：狭い既設桁内でのストランドのシグナル挿入

(出典:道路構造物ジャーナル<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/15925/>)

SUMITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL
6/55

1. 阪神高速道路様での適用事例 2. PC橋の高耐久化に関するトピックス 3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例 4. ICT活用事例

SUNITOH ELECTRIC GROUP


CONFIDENTIAL
7/55

海外の外ケーブルについて

- 海外において、外ケーブルには主に
被覆のない裸PCストランドにHDPEダクト+セメントグラウト充填
による防錆を施したPCケーブルが使用されている。
- しかしながら、過去の古いケーブルにおいては、**グラウト充填不足等により腐食が進行し破断した事例**が報告されている。
米国やフランス、香港などで上記問題の報告がなされている。
- 改善策として、
 - 密閉性向上(Encapsulation)
 - グラウトおよびグラウト施工法の改良：ノンブリージング、真空グラウトなど
 - 充填剤の変更：セメントグラウトの代替としてワックスを使用などが進められており、引き続き課題となっている。

Varina-Enon Bridge (ヴァージニア, USA) の事例

- 1990年 供用開始
- 2007年 鋼材破断を確認



引用元：Corrosion-Induced Durability Issues and Maintenance Strategies for Post-Tensioned Concrete Bridges, FHWA-HRT-22-090

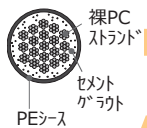
CONFIDENTIAL
8/55

日本の外ケーブルの改良

- 日本においては、グラウト材料や施工方法の改良とともに、**外ケーブルの構成自体も改良が進められた。**
- 1990年代より主に下記2種類の外ケーブルが多く採用された。
 - **透明シースを使用したグラウト外ケーブル**
 - ECFストランド(Epoxy Coated & Filled、内部充てん型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線)を使用した自由長部がPEシース無しのノングラウト外ケーブル※
- 2000年頃～、その防食性と信頼性の高さと施工や点検の容易さから、ECFストランドを使用した外ケーブルが幅広く適用されている。

※定着部は定着金具の防錆のため端部にのみグラウトを注入

1990年代




裸PCストランド
PEシース
セメントグラウト

1990年代後半



ECFストランド
(グラウト、シース無)

2000年頃～



透明シース
セメントグラウト



SUNITOH ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL
9/55

ECFストランドの耐久性について

- ECFストランドは、**土木学会の品質規格(JSCE-E-141)**において膜厚、被覆の連続性、耐食性、偏向部耐圧縮性、耐フレット疲労性などについて品質規格が定められている
- 首都高速道路BY433では**施工後11年後の調査で健全性の確認**が行われたほか、スペインのAlamillo橋では**27年経過後の調査でも良好な状態が確認**されるなど、**経年後の調査で良好な状態が維持されていることが把握されている。**
- 適用されて**約30年が経過するが、現在まで腐食・破断の事例は確認されていない。**



BY433:供用後11年後の調査



桁内外ケーブルの事例：
供用後23年後の調査



Alamillo橋(8°イン、斜ケーブル)：
施工後27年後の調査



地中暴露試験：
開始後25年後の調査

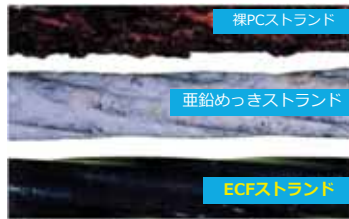
SUNITOH ELECTRIC GROUP

ECFストランドの耐久性比較

CONFIDENTIAL
10/55

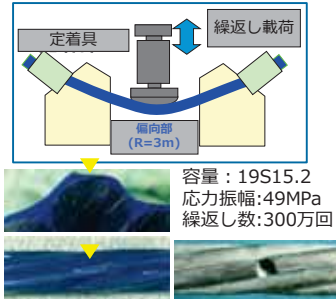
・ ECFストランドは、エポキシ樹脂被覆の伸び性能と高硬度の両立により、他の防食処理されたPCストランドと比較して優れた防食/耐疲労性能を有する。

比較試験実施例



塩水噴霧試験(1000時間) :
経過後の性状の比較

- ・ ECFストランド : 表面状態に変化なし
- ・ 亜鉛めっきストランド : 表面全体に白亜化を確認 (将来、赤錆に移行)



フレットング疲労試験 :

- ・ ECFストランド : 試験後も十分な膜厚を堅持
- ・ 裸PCストランド : 116万回～破断、計13か所

的場高架橋 (第二東名高速道路)

CONFIDENTIAL
11/55



形式 : PC9径間連続箱桁橋(上り線)、PC7径間連続箱桁橋(下り線)
橋長 : 403.5m(上り線)、364.0m(下り線)
場所 : 静岡県浜松市
ケーブル : 19S15.7ECF高強度ストランド (外ケーブル)

吉野川大橋 (四国横断自動車道)

CONFIDENTIAL
12/55



Lach Huyen Bridge (Vietnam)

CONFIDENTIAL
13/55



構造形式 : PC4径間連続ラーメン箱桁橋(主橋)、PC連続箱桁橋(取付橋)
橋 長 : 全長5,443.6m
ケーブル : MC19S15.2 (PE被覆型ECFストランド)

CONFIDENTIAL 14/55

1. 阪神高速道路様での適用事例
2. PC橋に高耐久化に関するトピックス
3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例
4. ICT活用事例

SUMITOMO ELECTRIC SUMITOMO ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL 15/55

3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例

- 米国の大型斜張橋
- JICA ODA関連プロジェクト

SUMITOMO ELECTRIC SUMITOMO ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL 16/55

Gordie Howe International Bridge (USA-Canada)



完成イメージ

Source: <https://www.gordiehoweinternationalbridge.com/>

工 期：2024年竣工予定（現在建設中）
 構造形式：3 径間鋼斜張橋
 橋 長：1,567m (=357m+853m+357m)
 ケーブル：216ケーブル（Dyna Grip 43S~127S15.7）
 概 要：最大支間長853mは北米最長

CONFIDENTIAL 17/55

Gordie Howe International Bridge (USA-Canada)



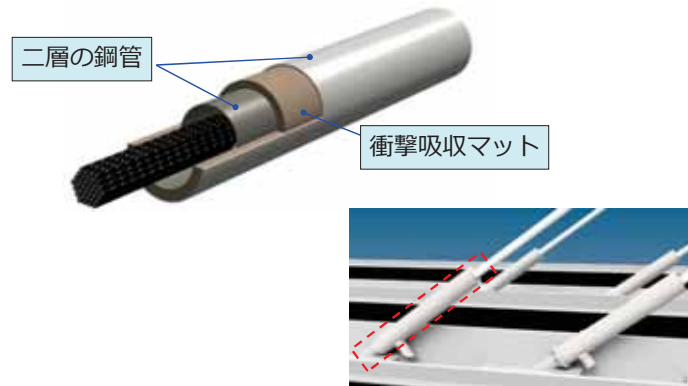
米国 通関港
(デトロイト市)

カナダ 通関港
(ウィンザー市)

Source: <https://twitter.com/GordieHoweBridge/status/1041749459493945345>

米国とカナダの通関港を結ぶ橋梁
 ・ SWPC社よりPCストランド約6500tの供給

耐爆発・強化リセス管

CONFIDENTIAL
18/55

テロや車の衝突からの防護：耐爆発構造のリセス管

耐爆発・強化リセス管

CONFIDENTIAL
19/55

トーチによる加熱試験



爆発試験

ASSHTO(米国全州道路交通運輸行政官協会)のガイドラインに沿って検証し合格

各種試験により耐爆発性能を確認

Gordie Howe International Bridge (USA-Canada)

CONFIDENTIAL
20/55

斜ケーブル施工：ほぼ完了

Corpus Christi Harbor Bridge (USA)

CONFIDENTIAL
21/55

ECFストランド

完成イメージ


Source : <https://www.101corpuschristi.com/news/new-designers-hired-for-corpus-christis-harbor-bridge>

構造形式：3径間連続PC斜張橋
 橋 長：838m (=166m+506m+166m、斜張橋部)
 ケーブル：152ケーブル (Dyna Grip 73~121S15.7)
 概 要：ECFストランド 約3000t



Houston Ship Channel Bridge (USA) CONFIDENTIAL 26/55

SAM HOUSTON TOLLWAY
SHIP CHANNEL BRIDGE PROGRAM



ECFストランド 完成イメージ

Source: <http://www.shipchannelbridge.org/>

構造形式：3 径間連続複合斜張橋（合成桁・コンクリート主塔）
橋 長：740m（=169m+402m+169m）
ケーブル：224ケーブル（Dyna Grip 31~73S15.7）
概 要：ECFストランド約1500t

Houston Ship Channel Bridge (USA) CONFIDENTIAL 27/55


SAM HOUSTON TOLLWAY
SHIP CHANNEL BRIDGE PROGRAM



完成イメージ

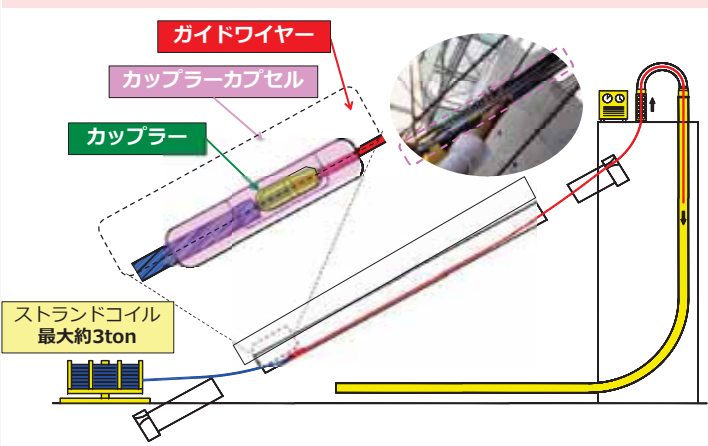
Source: <http://www.shipchannelbridge.org/>

2020年設計見直しによりPC桁→合成桁へ変更

PC斜ケーブルと平行線ケーブルの比較	
	(PE+WAX+ECFストランド)ケーブル
ケーブルの構造	
構成 & 信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 現場組立型 防食: 3重(PE+WAX+ECF) + PE保護管(fib準拠) 防食性と信頼性が高い
架設方法 & 施工性	<ul style="list-style-type: none"> ストランド毎の架設 架設作業も容易 緊張機器も軽量・小型 交換、代替品準備も容易
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 材料は比較的成本小 大型架設、輸送設備不要でコスト小
国際規格	<ul style="list-style-type: none"> fib: (PE+WAX+ECFストランド) + 斜材保護管 PTI: ECFストランド+斜材外套管
	平行線ケーブル
ケーブルの構造	
構成 & 信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 工場製作型（完全プレファブ） 1重(亜鉛) + PE保護管 または 2重(亜鉛+WAX) + PE保護管 製品の信頼性高いも 損傷時の腐食リスクが高い
架設方法 & 施工性	<ul style="list-style-type: none"> 一括架設 大型クレーンなどの架設設備が必要 緊張機器も大型
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 材料は比較的成本大 架設設備&輸送コスト大
国際規格	<ul style="list-style-type: none"> fib: (亜鉛+WAX) + 斜材外套管

PC斜ケーブルの架設事例：ストランドの挿通 CONFIDENTIAL 29/55

最大3tのストランドコイル、一本ずつの挿通：軽量かつ簡易な設備での作業が可能



ガイドワイヤー

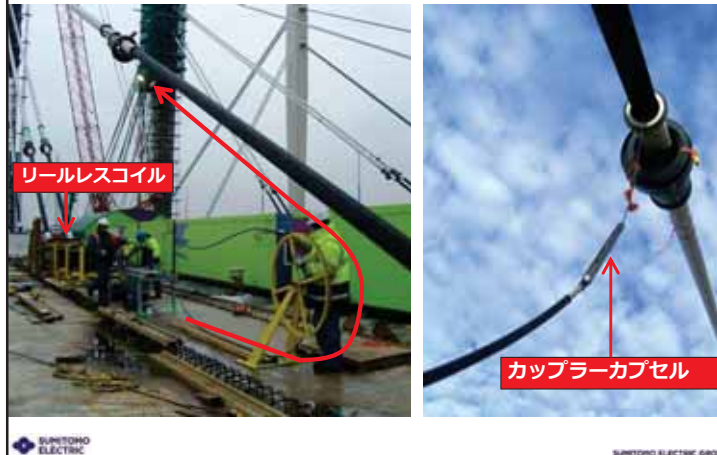
カップラーカプセル

カップラー

ストランドコイル 最大約3ton

PC斜ケーブルの施工事例：ストランドの挿通

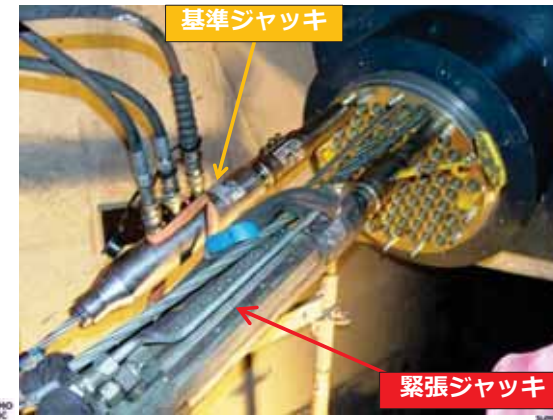
CONFIDENTIAL
30/55



PC斜ケーブルの施工事例： CON-TEN工法によるシングル緊張

CONFIDENTIAL
31/55

軽量・小型の緊張装置、基準ジャッキ+緊張ジャッキによる緊張力の均一化



3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例

- 米国の大型斜張橋
- **JICA ODA関連プロジェクト**

CONFIDENTIAL
32/55

Gyaing Kawkareik Bridge (Myanmar)

CONFIDENTIAL
33/55



構造形式：PC3径間エクストラードード橋（主橋）
橋 長：580m（主橋部：99m+180m+99m）
ケーブル：80ケーブル（Dyna Grip 37S15.7, 163t）

Bago Bridge (Myanmar) CONFIDENTIAL 34/55

完成イメージ



PE被覆型ECFストランド
(PC箱桁部に適用)

構造形式：3径間連続鋼斜張橋
橋 長：全長2,676m (斜張橋部、2@74m+280m+2@74m)
ケーブル：64ケーブル (Dyna Grip 55S、91S15.7)
備 考：PC箱桁橋部にPE被覆型ECF200tが採用

Tsubasa Bridge (Cambodia) CONFIDENTIAL 35/55



構造形式：3径間連続PC斜張橋(主橋部)
橋 長：640m(主橋部)、橋梁部計2,215m
最大支間：330m
斜ケーブル：22,31,37,55,61S15.7(亜鉛メッキ+wax+PE)

Nonthaburi Bridge (Thailand) CONFIDENTIAL 36/55



構造形式：PC3径間連続エクストラードード橋
橋 長：460.0m
最大支間：200m
斜ケーブル：30,40,50S15.7(亜鉛メッキ+wax+PE)

ケラニ河新橋(スリランカ) CONFIDENTIAL 37/55



斜ケーブル施工状況



構造形式：3径間連続エクストラードード橋 (メイン)
橋 長：メイン部380m(中央支間180m)
施工場所：スリランカ民主社会主義共和国コロンボ市

斜ケーブルにDYNA GRIP 31S&37Sシステム
+ PE被覆 + Wax + ECFストランド が採用



PE被覆 + Wax
+ ECFストランド

 SUMITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 38/55

1. 阪神高速道路様での適用事例
2. PC橋の高耐久化に関するトピックス
3. 海外におけるPC斜ケーブルの適用事例
4. ICT活用事例

SUPITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 39/55

(1) SmART Cell

応力磁気効果を用いたPC鋼より線用張力センサ

特長

- PC鋼材に**簡単設置**
- 小型・軽量**：省力/省人化
- 故障時に**交換可能**
- 高速・高精度**で計測可能
- 長期モニタリング**にも対応

PC鋼材への設置状況

電池駆動による長期モニタリング

SUPITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 40/55

新設外ケーブルの張力計測

緊張施工時の張力計測

張力確認の状況

取付け治具

SmART Cellにより常時張力モニタリング

SUPITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 41/55

既設外ケーブルの張力計測

ゲルバー橋の補強用既設外ケーブルにて計測実施

SmART Cell

定着具背面の鋼材間スペースに設置

SUPITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL

42/55

(2) 光ファイバ組込み式PC鋼より線

ひずみ計測が可能なPC鋼より線

光ファイバを用いたひずみ計測技術により、
全長にわたるひずみ(張力)の分布を計測可能



エポキシ被覆内に
光ファイバを内挿



ECFストランド
(内部充てん型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線
Epoxy Coated Filled strand)

光ファイバ

SUNITOH
ELECTRIC

SUNITOH ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL

43/55

光ファイバ組込み式PC鋼より線

'PC鋼より線（緊張材）'と'計測用センサー'の両方を兼ねる

■ JIS／土木学会指針に規定されるPC鋼より線と同等の機械的性能

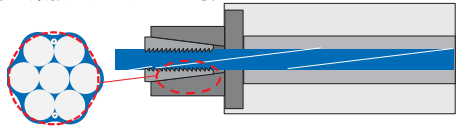
	呼び径	0.2%永久伸びに 対する試験力 (kN以上)	最大試験力 (kN以上)	伸び (%以上)
裸型	15.2mm	222	261	3.5
ECF型	15.2mm	222	261	3.5
	15.7mm ^(※)	285	335	3.5

※高強度ストランド(高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針)

■ 汎用のPC鋼材と同様の緊張・定着施工が可能

・くさび定着による
光ファイバーの断線無し

・構造体内にセンサ設置
スペースが不要



SUNITOH
ELECTRIC

SUNITOH ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL

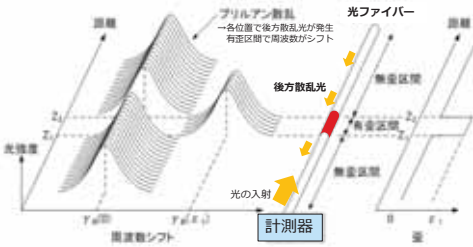
44/55

計測原理

光ファイバによるひずみ計測：光ファイバ内で生じる散乱光を利用

ひずみ分布計測には光の「到達時間」と「周波数」情報を抽出

例：BOTDR方式(Brillouin Optical Time Domain Reflectometer)
＝ブリルアン散乱光を用いたひずみ測定方式



ブリルアン散乱
→各位置で後方散乱光が発生
有定区間で周波数がシフト

光ファイバ

後方散乱光

光の入射

計測器

周波数シフト

距離

位置

後方散乱光の計測器への
・到達時間→計測器からの距離
(＝ひずみ発生箇所の位置)
・光の周波数→ひずみ量

SUNITOH
ELECTRIC

SUNITOH ELECTRIC GROUP

CONFIDENTIAL

45/55

適用例

橋梁

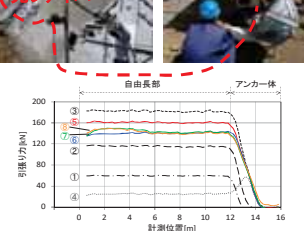



橋梁PCケーブル全長
の導入張力を把握

地震直後の張力把握
橋梁の健全性を確認

光ファイバ

グラウンドアンカー



グラウンドアンカー

大雨洪水時など
地すべり前兆の
地盤変状を把握
・計測張力の
変化で把握

自由長部

アンカー体

地中内部の張力分布が計測可能

SUNITOH
ELECTRIC

SUNITOH ELECTRIC GROUP

吉野川サンライズ大橋(徳島県)

CONFIDENTIAL 46/55


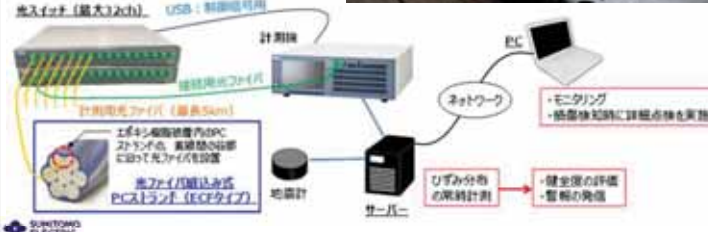


構造形式：PC15径間連続箱桁橋
橋 長：1696.50m (= 95.5+11@130.0+78.0+2@45.0)
施工場所：徳島県徳島市

PC連続箱桁橋外ケーブルの連続計測

CONFIDENTIAL 47/55

- ・全径間の外ケーブルへSmARTストランド適用
- ・供用中に外ケーブル張力を連続計測

光スキャナ(最大32ch) USB・制御専用
計測機
ネットワーク
PC
・モニタリング
・橋梁検査時に記録点検を実施
ひずみ分布の算出計測
・健全性の評価
・警報の発信
サーバー
地蔵計

PC連続箱桁橋外ケーブルの連続計測

CONFIDENTIAL 48/55

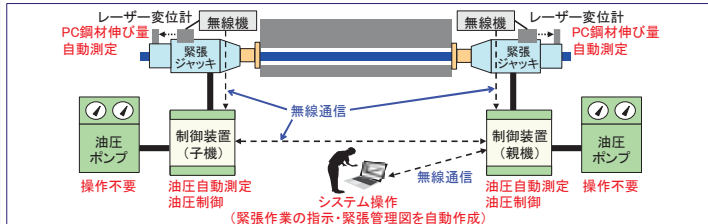
- ・外ケーブル張力の経時変化を計測し、上部工の健全性を評価
- ・地震前後の外ケーブルの張力の変化から、地震による損傷を評価



ケーブルごとのひずみ分布
やひずみ変化の分布を表示
⇒ 管理上の閾値との比較が見える化

(3) 自動緊張管理システム

CONFIDENTIAL 52/55



レーザー変位計 無線機 緊張ジャッキ 無線機 レーザー変位計
PC鋼材伸び量 自動測定
油圧ポンプ 制御装置(子機) 無線通信 制御装置(親機) 油圧ポンプ
操作不要 油圧自動測定 油圧制御 システム操作(緊張作業の指示・緊張管理図を自動作成) 油圧自動測定 油圧制御 操作不要

- 省力化・省人化** ポンプ操作・伸び量/圧力測定・管理図の作成・最終緊張力の算出を自動化
無線通信により、煩雑な通信ケーブルの配線作業が不要
- 安全性向上** PC鋼材の伸び量と緊張圧力を自動で測定・収集するため、
緊張中にジャッキへの接近が不要
- 信頼性向上** デジタル変位計・デジタル圧力計を用いた0.1単位の測定により高精度化
自動測定により、測定値の読み取りミス等のヒューマンエラーを排除
- 様々な緊張条件に対応** 外ケーブル・内ケーブル・横締めケーブル、伸び圧力管理・摩擦管理、
両引き・片引きなど、様々な条件に対応

CONFIDENTIAL 53/55

ソフトウェア

緊張作業

操作パネル

次の工程は黄色点滅

緊張管理全体の工程フローを表示

工程フローと次の工程の見える化によりヒューマンエラーを防止

盛替え画面

緊張管理グラフ(Excel)

SUMITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 54/55

変位計・無線機の仕様

無線機（変位データを制御装置へ送信）

レーザー変位計

送信データ	変位, 電池電圧
測定範囲	緊張側: 100~600mm 固定側: 35~85mm
電源	充電式バッテリー（ニッケル水素電池） 電圧12V、24時間連続動作可能 充電時間: 約4時間 (有線時は自動緊張装置より供給)
使用環境	-10~40℃（周辺温度） 防水仕様（雨天時でも使用可能）

緊張側

レーザー変位計

固定側

レーザー変位計

レーザー光

レーザーターゲット

SUMITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL 55/55

適用事例

SUMITOMO ELECTRIC

CONFIDENTIAL

SUMITOMO ELECTRIC

SUMITOMO ELECTRIC GROUP

R5年度予算執行状況(広報部会)

OR5年4月1日～R6年3月31日)

活動項目	当初予算 (総会議案書)	修正 (2023/9)	執行済み(確定) (2024/3/31)	差分	備考
①ホームページ	0	0	0	0	
②技術展示	800,000	797,357	797,280	▲ 2,720	建設技術展出展費用+パネル制作費
③広告掲載	200,000	200,000		▲ 200,000	
④現場見学	100,000	129,000	129,000	29,000	5月に実施済み, 下半期は未定
⑤技術セミナー	110,000	85,000	110,000	0	R6.1月に実施済み
⑥PR動画・パンフレット	900,000	1,067,000	1,067,000	167,000	PR動画作成のみ作成
⑦ノベルティ	100,000	0	0	▲ 100,000	
⑧技術ミーティング	60,000	20,000	20,000	▲ 40,000	8月に実施済み, 下半期は実施なし
合計(消費税込み)	2,270,000	2,298,357	2,123,280	▲ 146,720	

広報部会2024年度活動費用（案）

活動項目	予算(案)	備考	費用詳細
①ホームページ	200,000	簡易な修正費用＋新規作成費用＋サーバーレンタル費＋ドメイン管理費を含む	簡易な修正1万円/回、新規作成10万円/回、サーバーレンタル＋ドメイン費3千円/年
②技術展示	0	2024年度の出展は無し。2025年度に改めて予算計上する。	
③広告掲載	200,000		
④現場見学	200,000	工場見学1回＋現場見学1回程度を想定	
⑤技術セミナー	110,000	1回実施を想定	謝金 2 万/人＋交通費別途
⑥パンフレット	150,000		
⑦ノベルティ	100,000		
⑧技術ミーティング	50,000	2回実施を想定	謝金 2 万/人＋交通費別途
合計(消費税込み)	1,010,000		