

汚染地盤の加温式原位置高速バイオ浄化技術

CO₂排出量の少ない非掘削浄化技術「温促バイオ®」

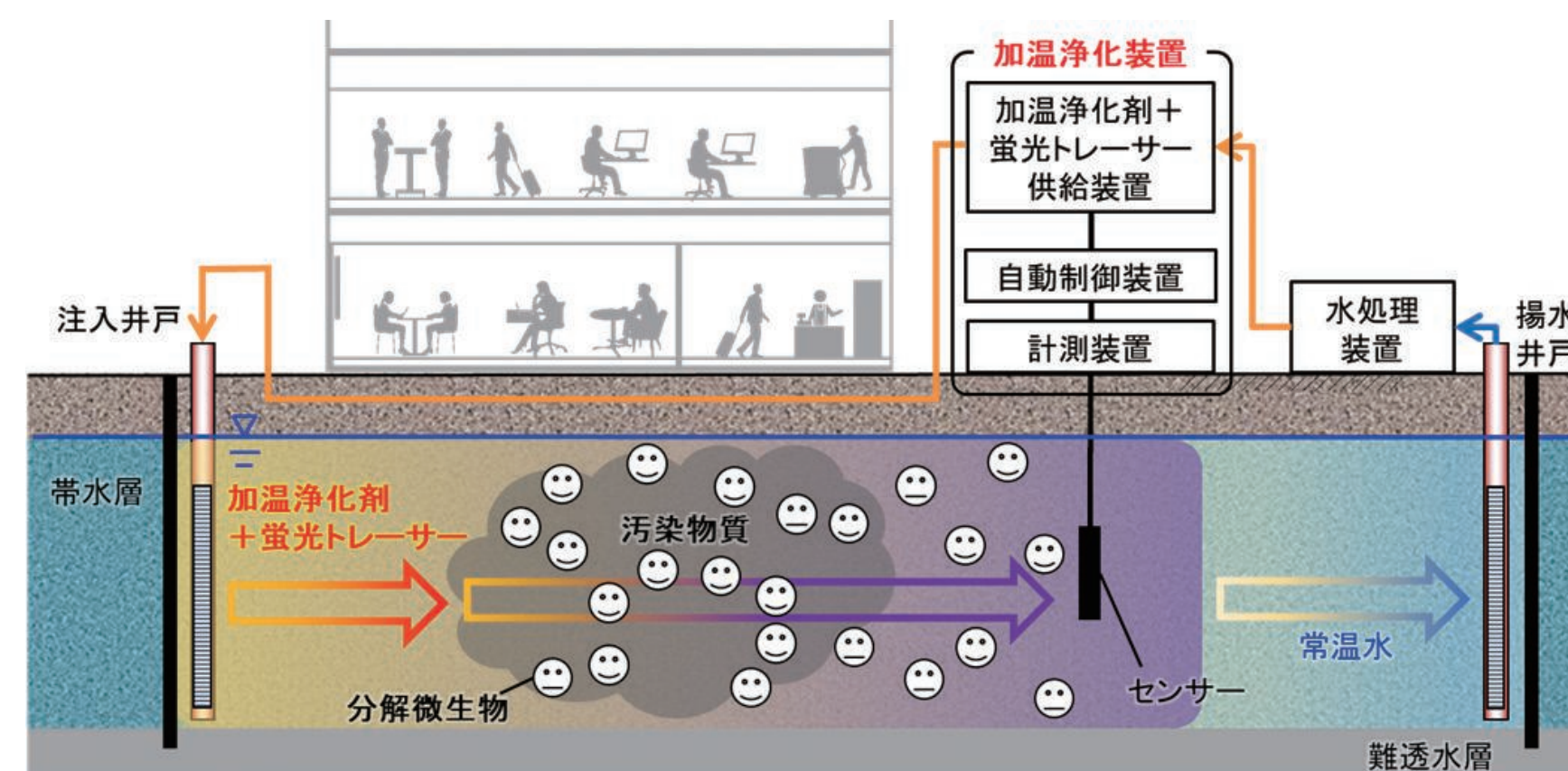
応募者名：竹中工務店／竹中土木

技術開発者：〔株式会社竹中工務店〕 舟川 将史・清水 孝昭／〔竹中土木〕 菅沼 優巳

共同開発者：横浜国立大学大学院 准教授 小林 剛・講師 鈴木 市郎／岡山大学名誉教授 西垣 誠

技術の概要

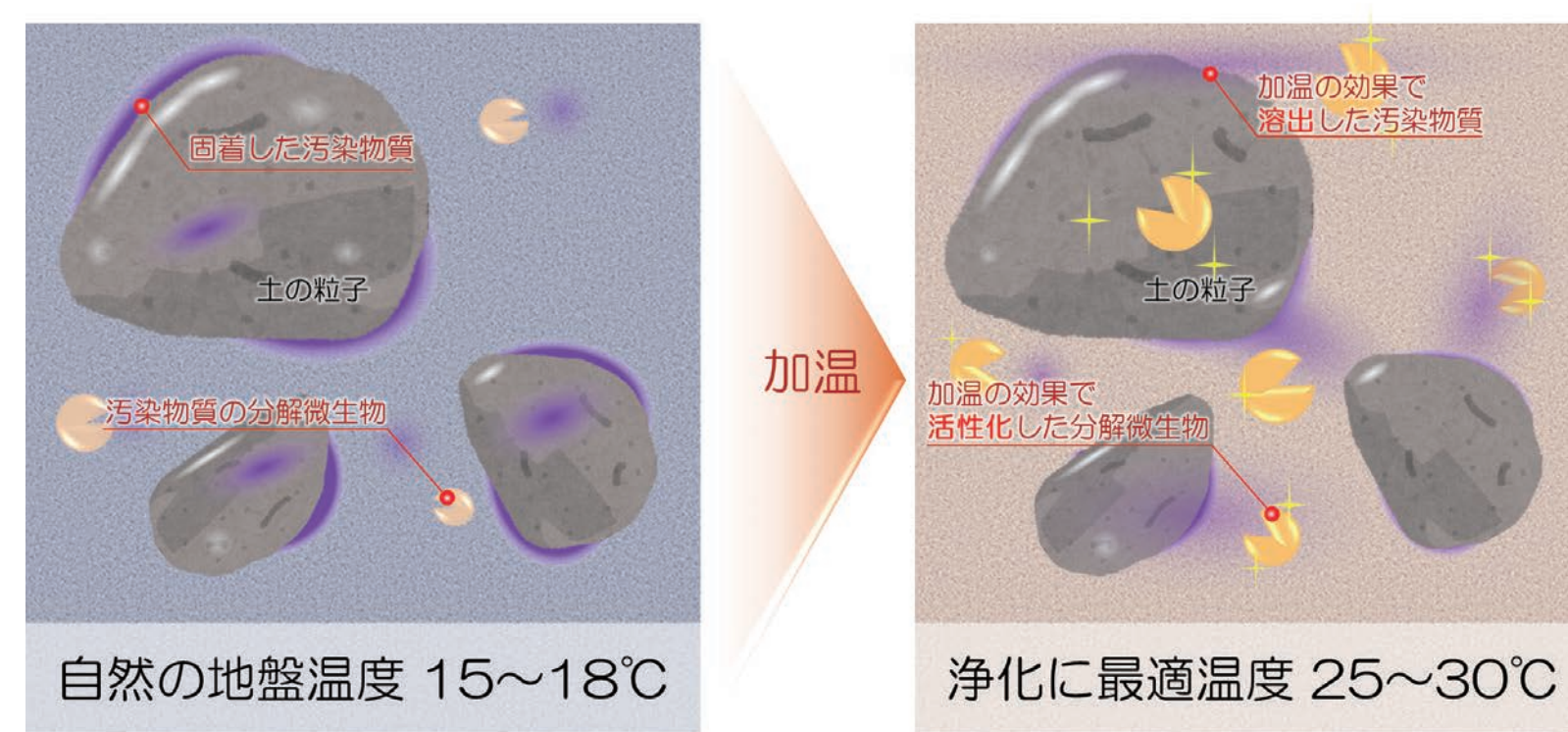
- 土壌汚染に対して大規模な掘削を伴わず、地盤中の微生物の力を活用した地球にやさしい原位置浄化技術
- 温水を注入することで地盤を 30℃程度に加温し、微生物を活性化させて揮発性有機化合物（VOC）の分解を加速
- 蛍光トレーサーを用いて浄化剤の注入状況を可視化し、不均質な地盤でも浄化剤を均一に注入制御



加温式原位置高速バイオ浄化システムの概要

技術の特徴

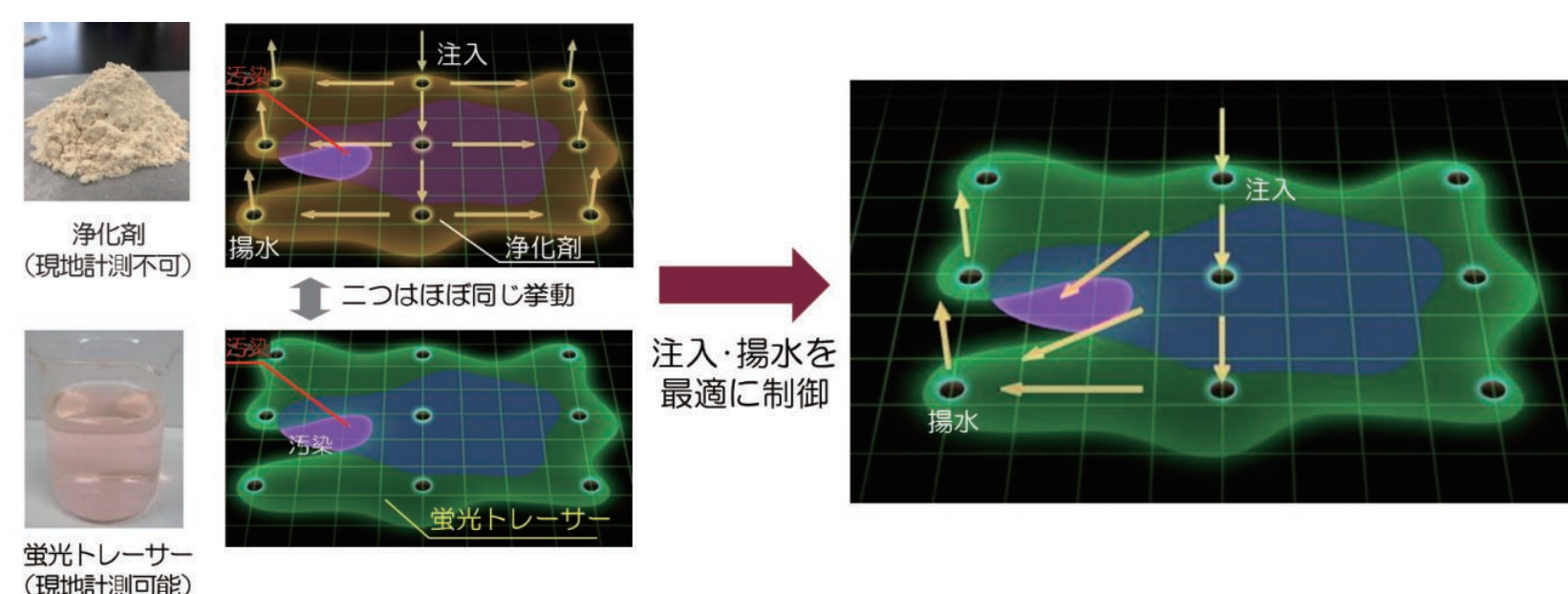
- 加温により非加温（15℃程度）と比較して微生物活性が 3～8 倍向上、VOC 土壌吸着量が 5～20% 低減して土壌から地下水中へ溶出促進することを見出し、浄化期間の半減を達成
- 浄化剤と同様に動く蛍光トレーサーを温水に溶解して地盤に注入、リアルタイム計測して浄化剤が行き渡りにくい箇所に重点注入することで均一な注入制御を実現
- 汚染土地における適用事例では、汚染濃度は 12 か月間で目標値以下まで低下し、濃度の再上昇がないことを確認して工事を完了



加温による浄化促進メカニズム

従来技術との比較

- 従来の原位置バイオ浄化と比較して浄化期間が半減、コスト及び CO₂排出量が約 20% 減
- 現在主流の掘削除去と比較するとコスト及び CO₂排出量を半減



蛍光トレーサーを用いた加温浄化剤の注入制御システム

従来技術との比較及び開発技術の優位性

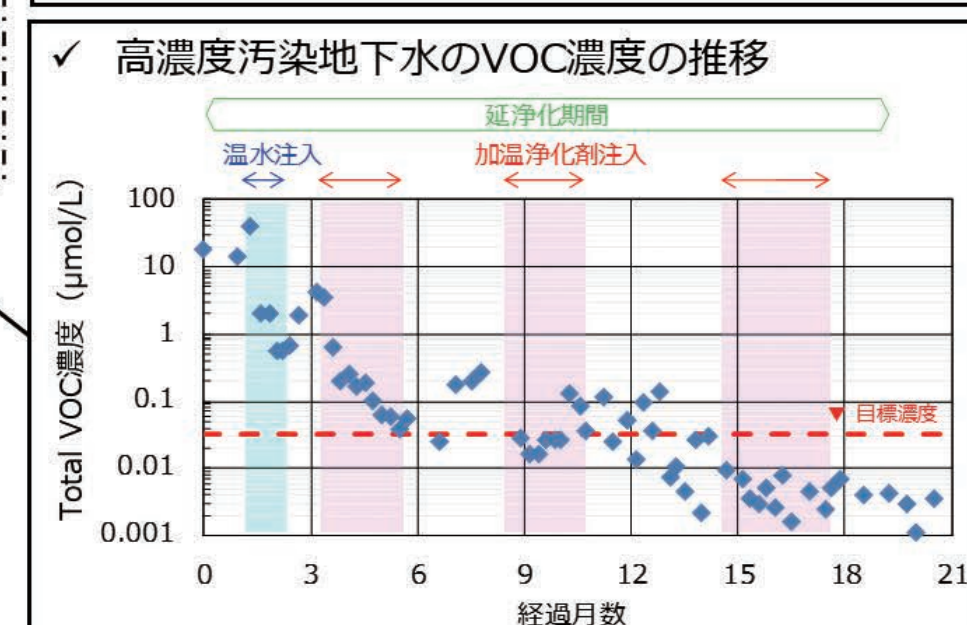
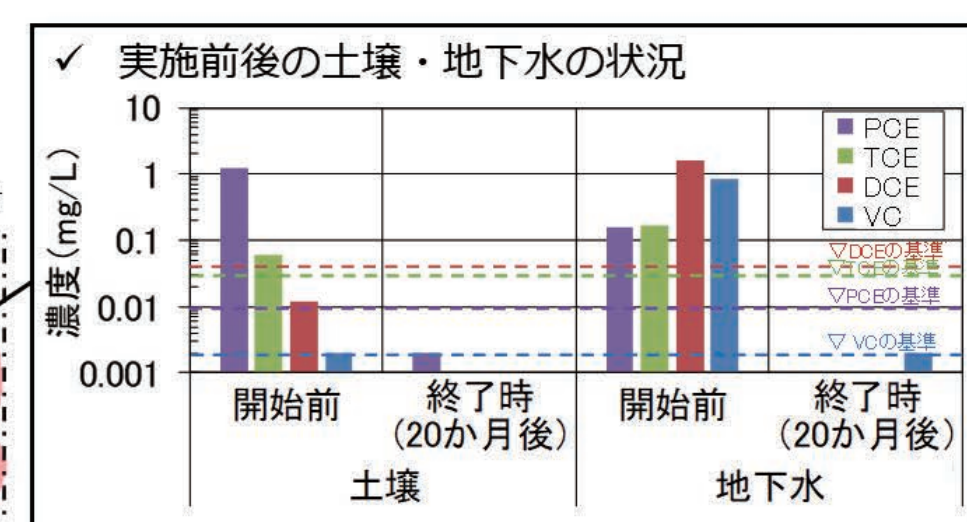
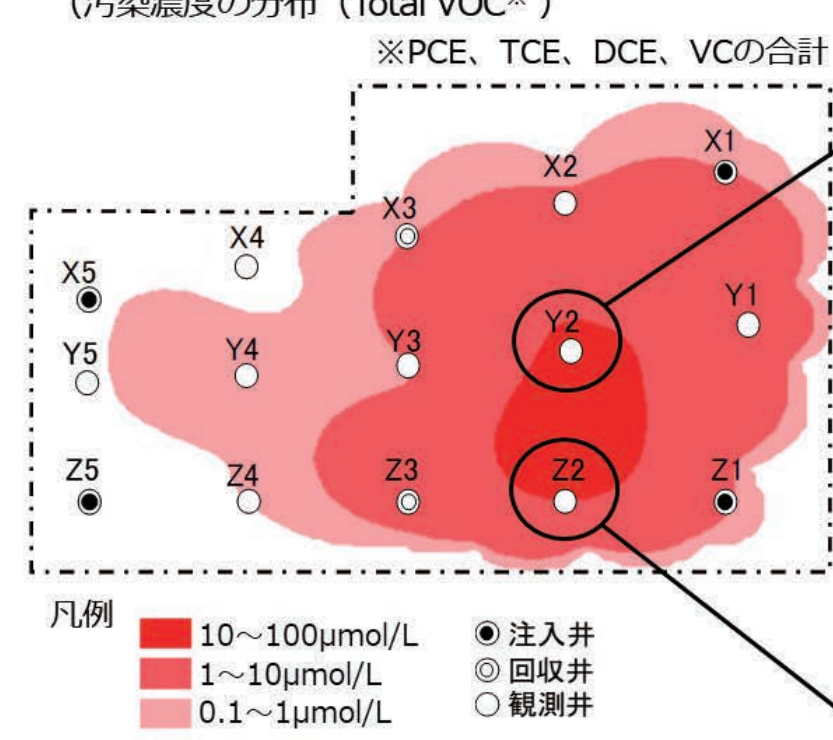
・モデルサイト（対策土量：12,000m³ [40m×30m×10m（深さ 5m-10m）] による試算結果）

技 術	掘削除去（埋立処分）	従来の原位置バイオ浄化技術	加温式原位置高速バイオ浄化技術
概 要	汚染土壌を掘削し、場外の処理場に搬出する現在主流の対策 	浄化剤を注入して原位置で浄化 	加温浄化剤を注入して原位置で浄化
浄化期間	0.5年	4～10年	2～2.5年
コスト比※	100	46	37
CO ₂ 排出量比※	100	51	42
省人化	—	運用時の作業員：5～10人/週	運用時の作業員：0.5～1人/週 さらに工期短縮
対象土質	全土質対応	砂質土（透水係数 1×10 ⁻⁶ m/s以上）	砂質土（透水係数 1×10 ⁻⁶ m/s以上）

※ 汚染土壌 1m³ 当たりの処理単価・CO₂排出量で表示

【浄化結果】

➤ 実施前の地下水汚染の状況（汚染濃度の分布（Total VOC※））



汚染土地への本技術の適用事例

技術開発の効果

- 汚染浄化のコストと期間の問題を解消し、土壌汚染が原因で活用が停滞している土地（ブラウンフィールド）を活気あるまちに再生
- これまでに取組みが少なかった汚染土地の浄化分野での大きな CO₂削減効果

既製杭を用いた地中熱利用技術

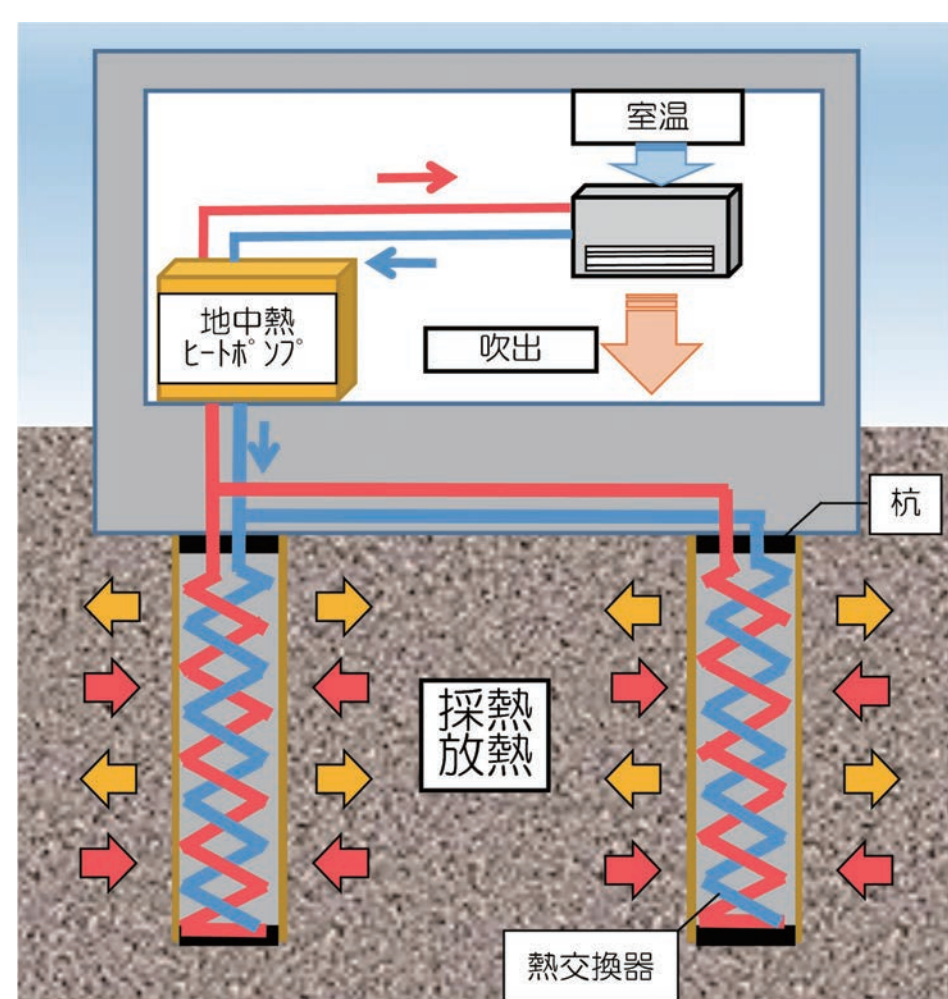
地熱トルネード工法

応募者名：ジャパンパイル株式会社／新日本空調株式会社

技術開発者：〔ジャパンパイル株式会社〕 今 広人・小梅 慎平／〔新日本空調株式会社〕 永坂 茂之

技術の概要

- ・杭を利用することで地中熱利用のための専用孔の掘削費用をゼロとし、杭と二重らせん状の採熱チューブを一体化して施工することで、これまでの採熱チューブ設置作業や専任作業員を不要とする。
- ・杭中空部に採熱チューブを設置することから、従来工法の課題である所定の深さや位置への設置が出来ないリスクや、隣接する採熱チューブとの熱干渉による採熱性能の低下、杭体性能の低下という課題を解決した。



（1）伸長前

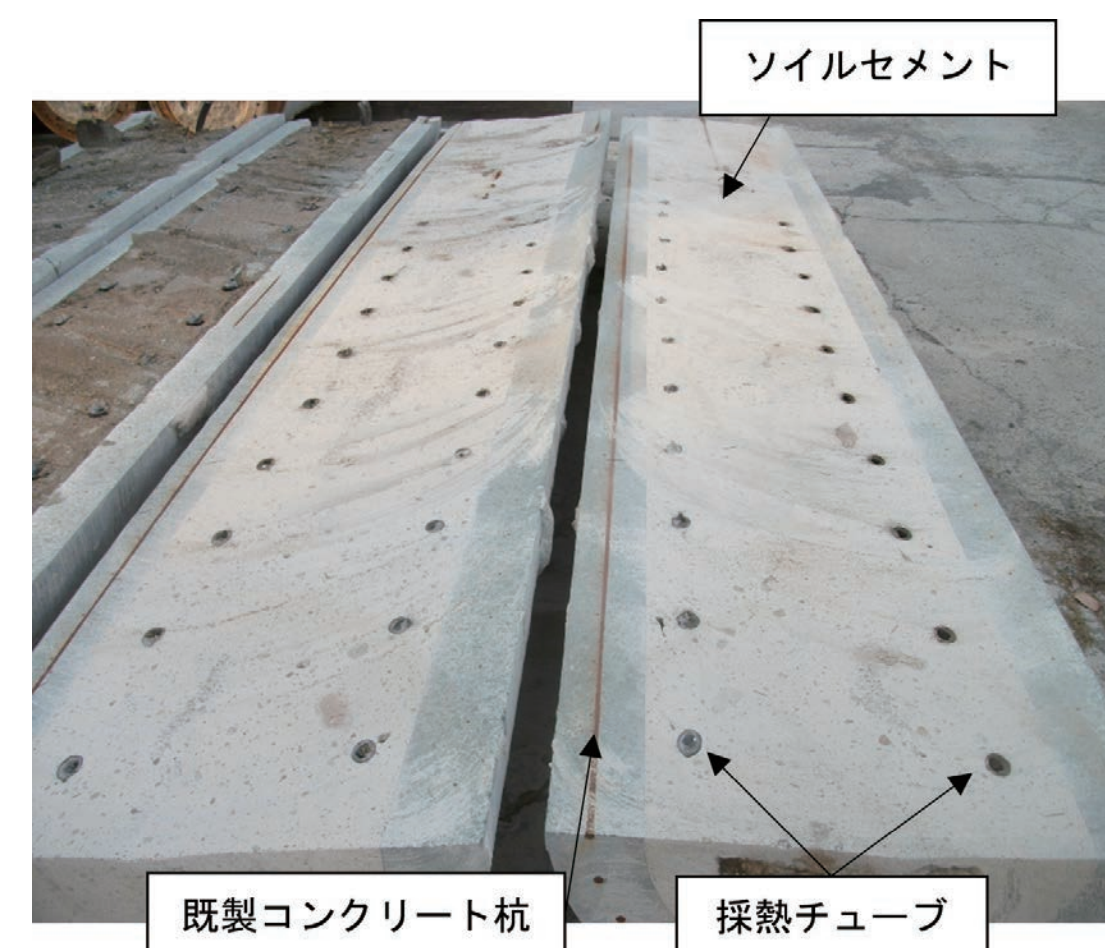


（2）杭中空部の配置



（3）伸長後

二重らせん状の採熱チューブ



施工後の杭を掘り起こし、縦半分に切断して開いた断面状況

技術の特徴

・二重らせん状の採熱チューブ

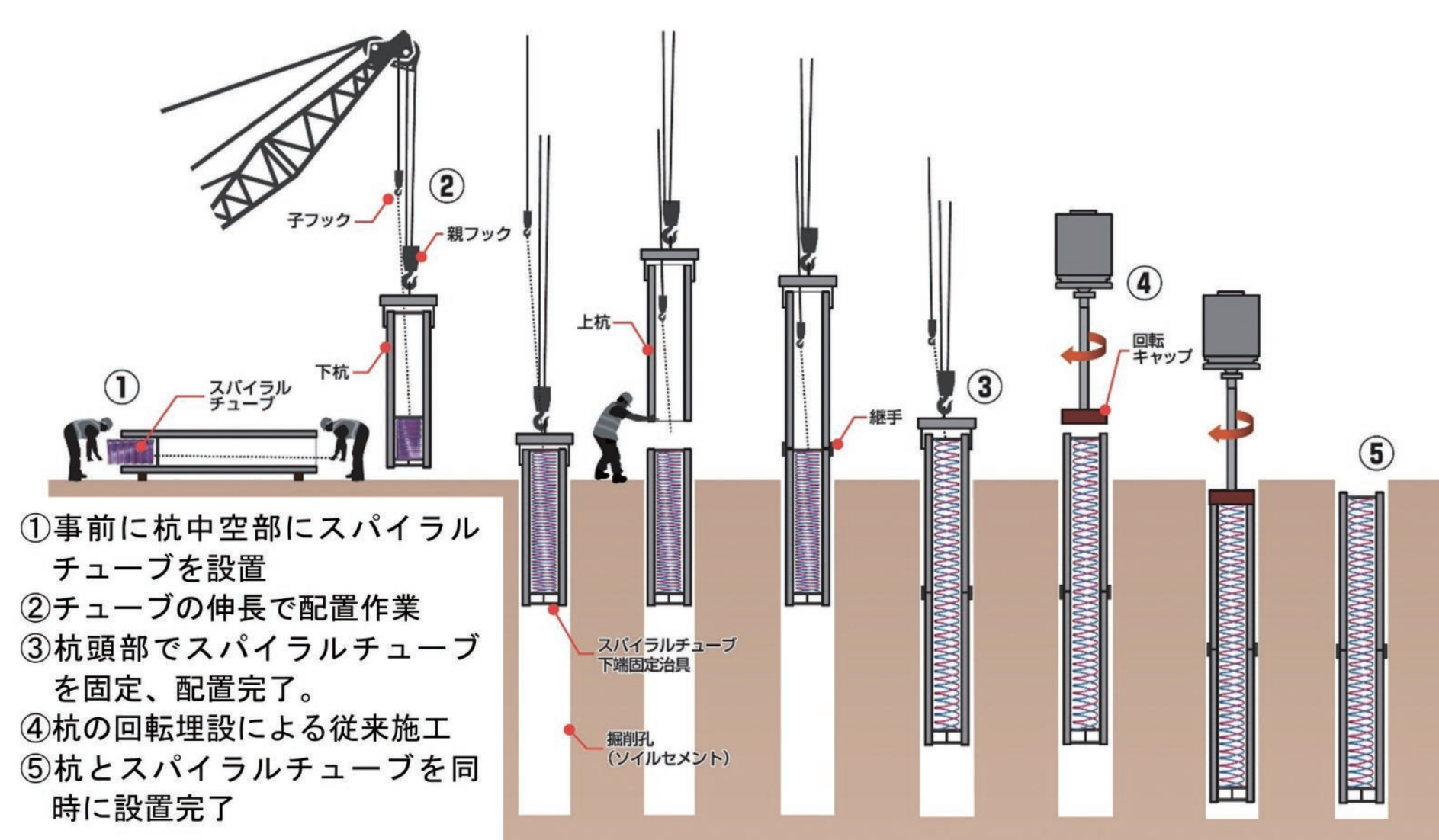
- ⇒採熱チューブの伸縮が可能となり、予め縮めた状態で杭の中空部に設置し、杭の施工時には採熱チューブをバネの様に伸長させて、所定の深さや位置に採熱チューブを精度よく設置することを可能とした。
- ⇒ベルトによって採熱チューブ同士の間隔が均等に保たれることや、採熱チューブが杭内壁付近に配置されることによって、採熱チューブ同士の熱干渉が少なく、従来の技術よりも採熱効率の向上を実現した。

・杭と採熱チューブとの一体化施工

- ⇒杭孔を利用するため、ボアホール方式のように採熱チューブの設置孔を掘削する工事や専任の作業員も不要となり、省力化、省人化が可能となった。

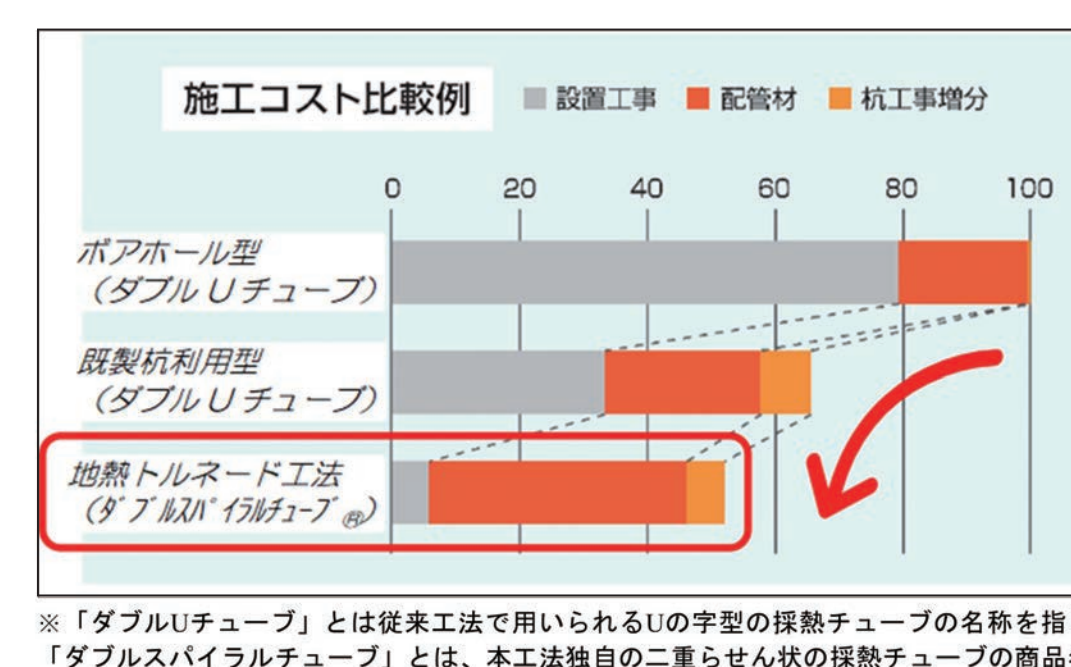
・杭の性能はそのまま

- ⇒採熱チューブは全て杭の中空部に設置するため、従来技術の課題であった根切り作業時における採熱チューブの損傷がない。また、杭周囲の周面摩擦力の低下もなく、支持力に影響する杭体の断面欠損もない。



※「スパイラルチューブ」とは、本工法独自の二重らせん状の採熱チューブの名称を指す。

施工手順

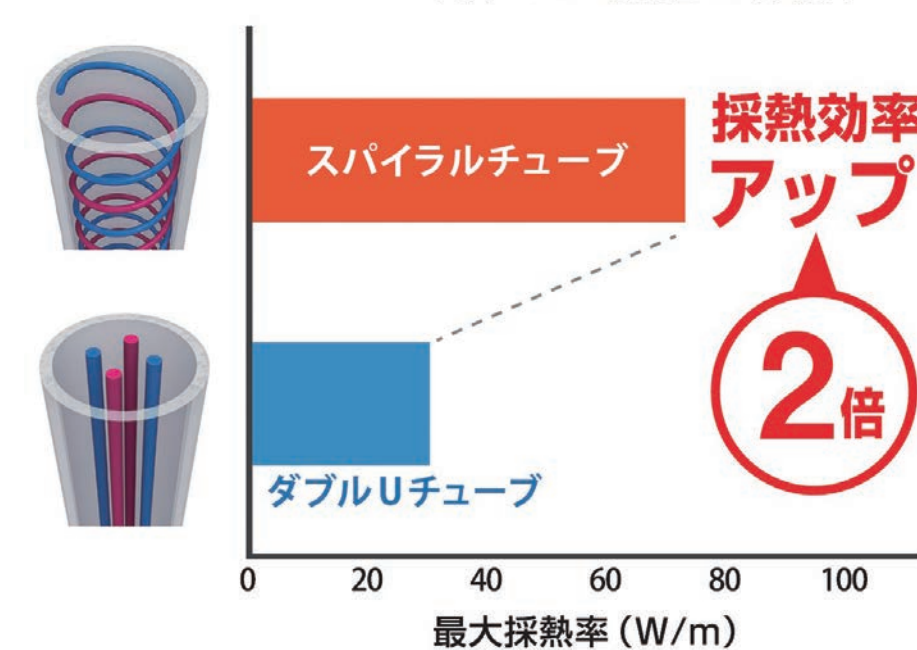


※「ダブルUチューブ」とは従来工法で用いられるU字の採熱チューブの名称を指し、「ダブルスパイラルチューブ」とは、本工法独自の二重らせん状の採熱チューブの商品名

施工コスト比較例

各チューブの採熱効率予測値

試算モデル：杭内径 400φ、杭長 16m



【使用ツール：Ground Club（理論解析）】

採熱効率の比較

技術開発の効果

- ・現場での採熱チューブの加工や採熱チューブ設置の後施工、採熱チューブ同士の継手作業を必要としないため、本来の杭施工の歩掛に影響しない。
- ・採熱チューブの設置に伴う費用（掘削孔、設置費）を抑えるとともに、工期短縮も期待される。
- ・採熱チューブを二重らせん状にすることで、採熱量が最大で2倍アップする。

地下水対応型継手を用いた外殻先行型トンネル構築工法

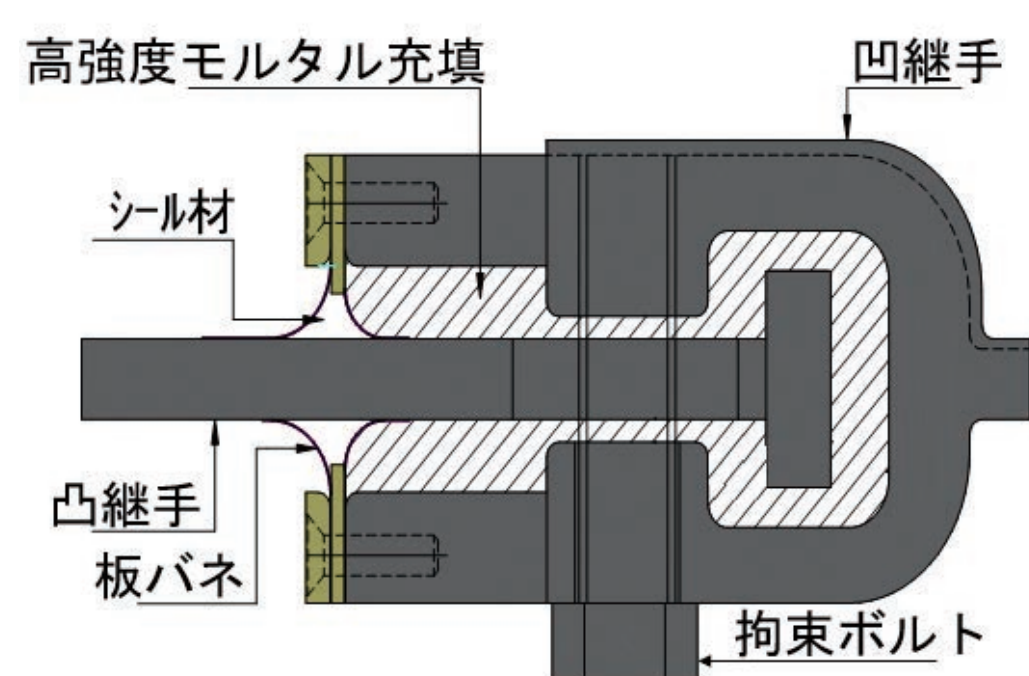
さくさくJAWS工法

応募者名：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構／戸田建設株式会社

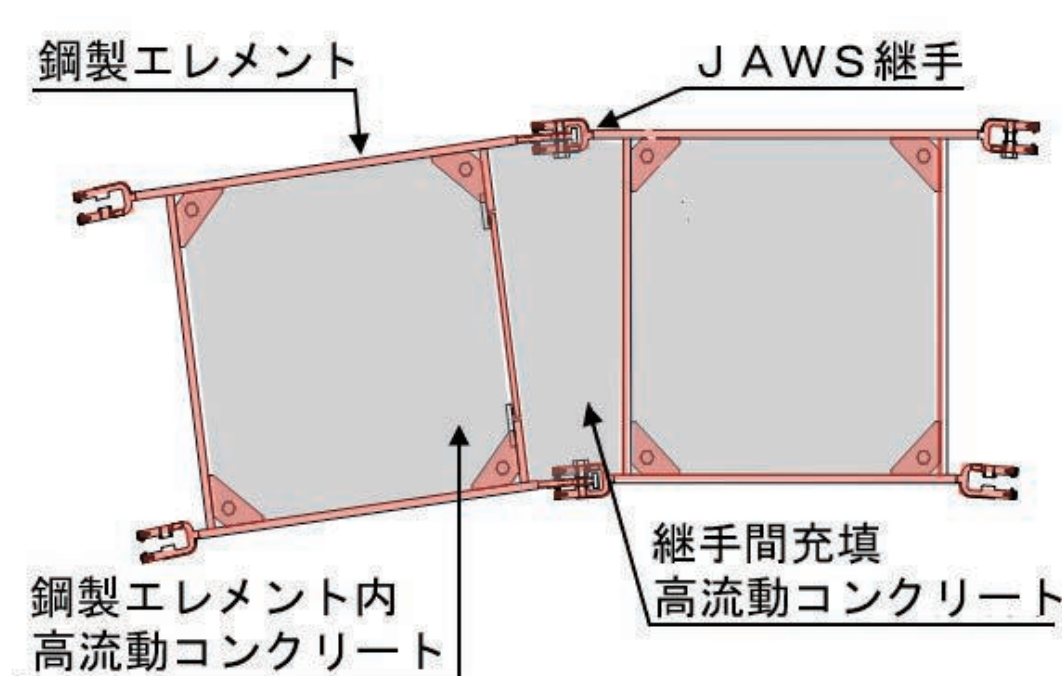
技術開発者：〔独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構〕 立石 和秀／〔戸田建設株式会社〕 田中 孝・請川 誠

技術の概要

- 先行して外殻構造体を形成する高水圧対応型の外殻先行型トンネル構築工法。
- 大断面や自由な断面形状の地下空間の構築を可能とした技術。
- 推進工法により継手付き鋼製エレメントを順次連結しながら設置し、継手内へのモルタル充填、鋼製エレメント内へのコンクリート打設によって外殻構造体を形成した後、内部土砂を掘削除去して、トンネル構造物を構築。



JAWS継手構造図（嵌合状態）



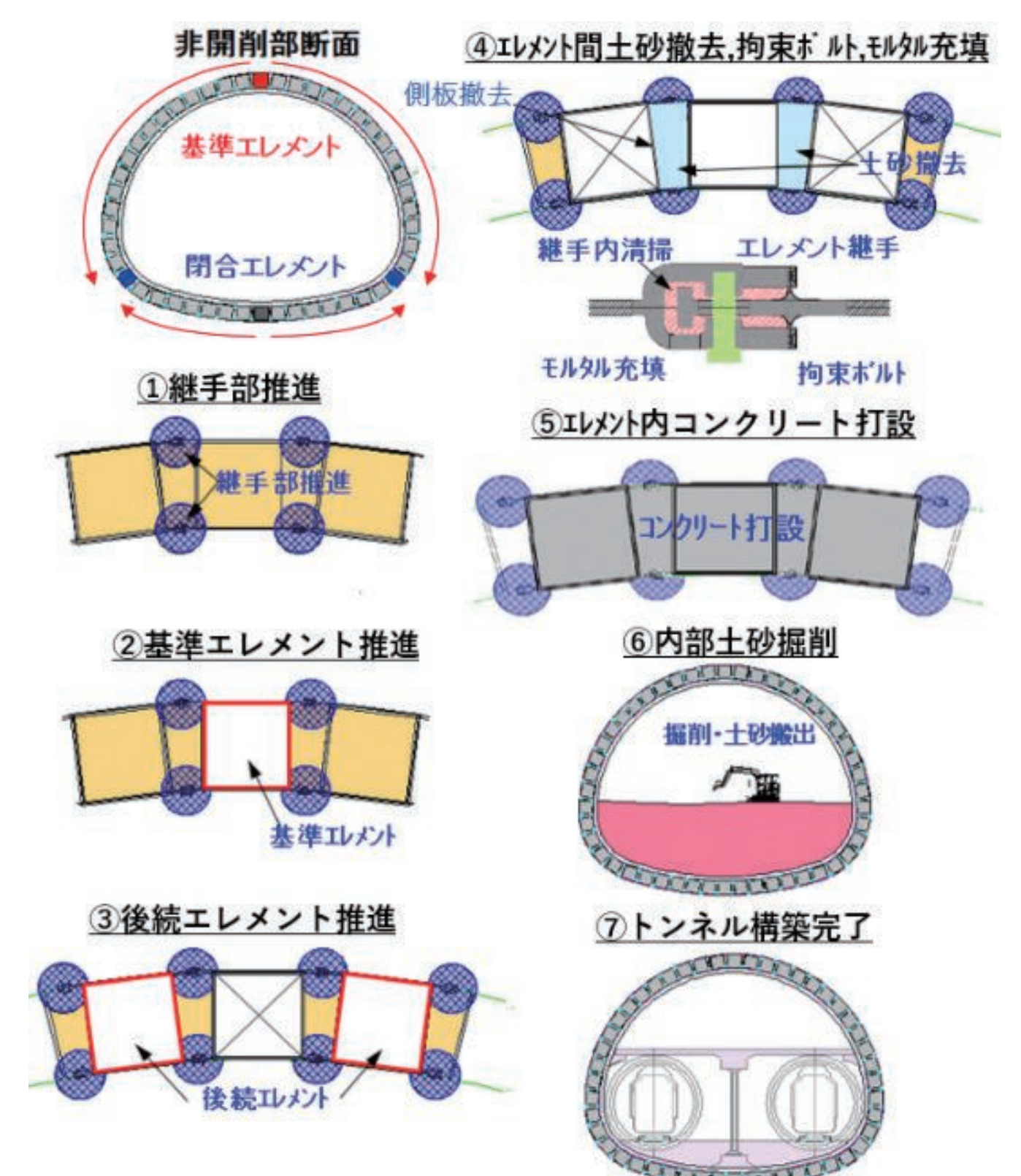
外殻構造体構造図



大断面トンネル構築状況

技術の特徴

- 大断面トンネルでも、個々の鋼製エレメントの施工断面が小さい。
 - ➔周辺地盤への影響を抑制でき、都心部でも安全に施工が可能。
- 継手部の長さが調整可能。
 - ➔矩形や円形に限らず自由な断面形状に対応が可能。
- 止水機能を高めた地下水対応型継手の採用。
 - ➔高水圧が作用する大断面トンネルへの適用が可能。
 - ➔地下水位下においても薬液注入などの補助工法の省略が可能。
- 継手への拘束ボルトの配置、継手内へのモルタル充填、有効高さの確保による鋼製エレメント間継手部の剛性を強化。
 - ➔外殻構造体を本体構造物として利用でき、内部構築の省略が可能。
- ローリング制御や方向制御機能を付加した掘進機の採用と、継手内のクリアランスの拡大による推進時の摩擦の低減。
 - ➔従来工法と比べて施工延長の長距離化が図れる。
- 施工精度の向上と、継手部の改良等による確実な嵌合。
 - ➔最終鋼製エレメント連結部で精度の高い閉合が可能。



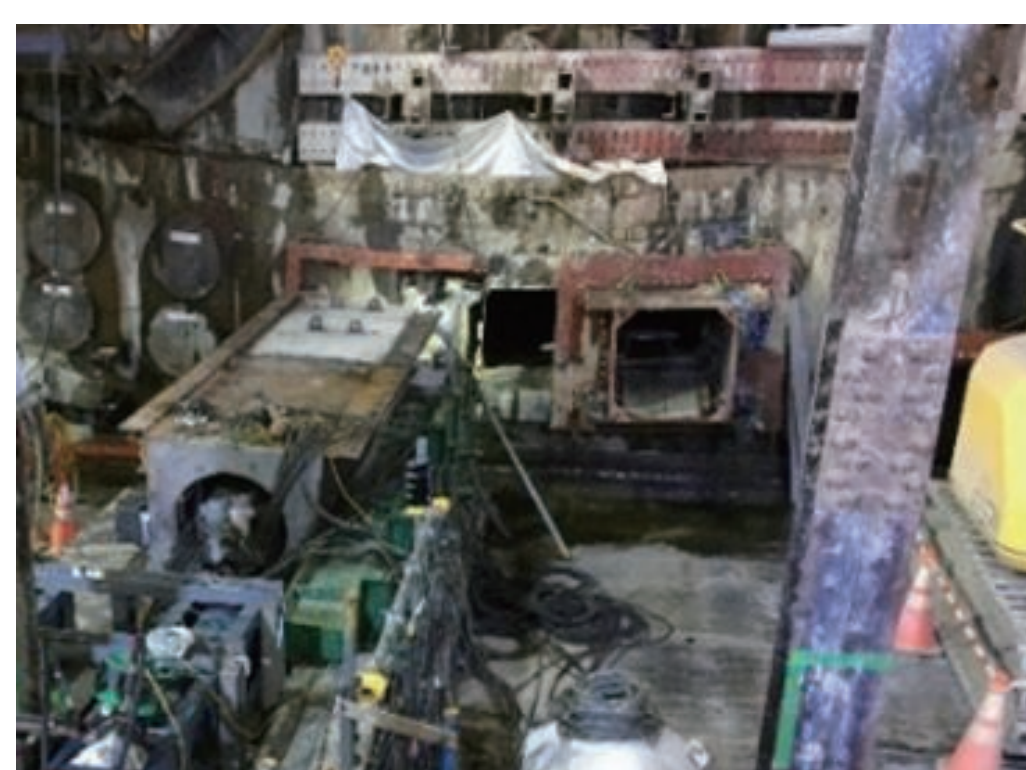
トンネル構築の施工手順

技術開発の効果

- 従来工法と比較して大幅な工期短縮を実現する。
- 地表面への影響を抑制し、地域住民の安全を守る。
- 大規模ライフライン施設など、様々な目的の施設および事業に対する地下空間の利活用拡大に貢献する。



継手付き鋼製エレメント



推進施工状況



外殻構造体の形成状況

簡便な杭式栈橋の補強工法

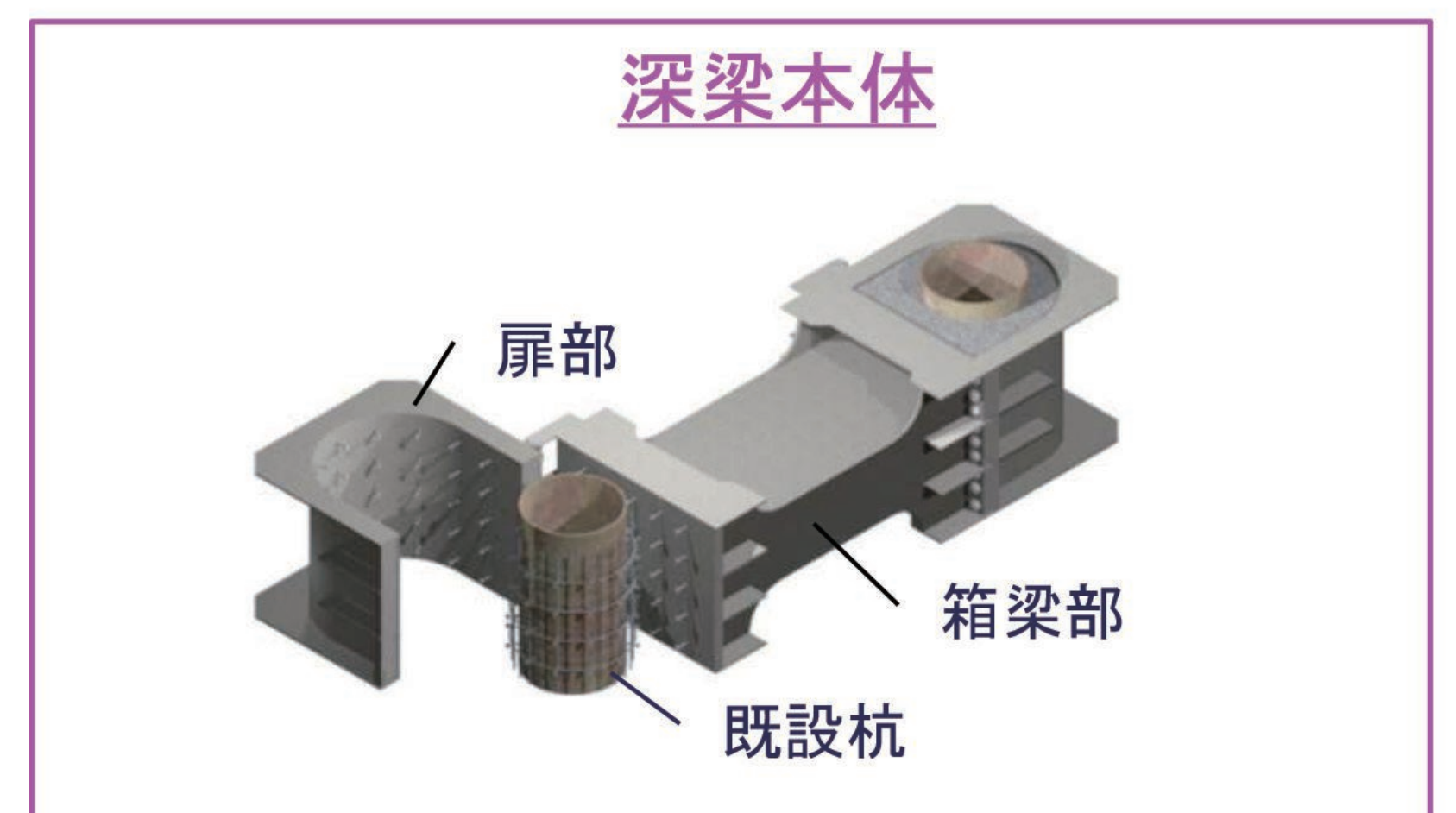
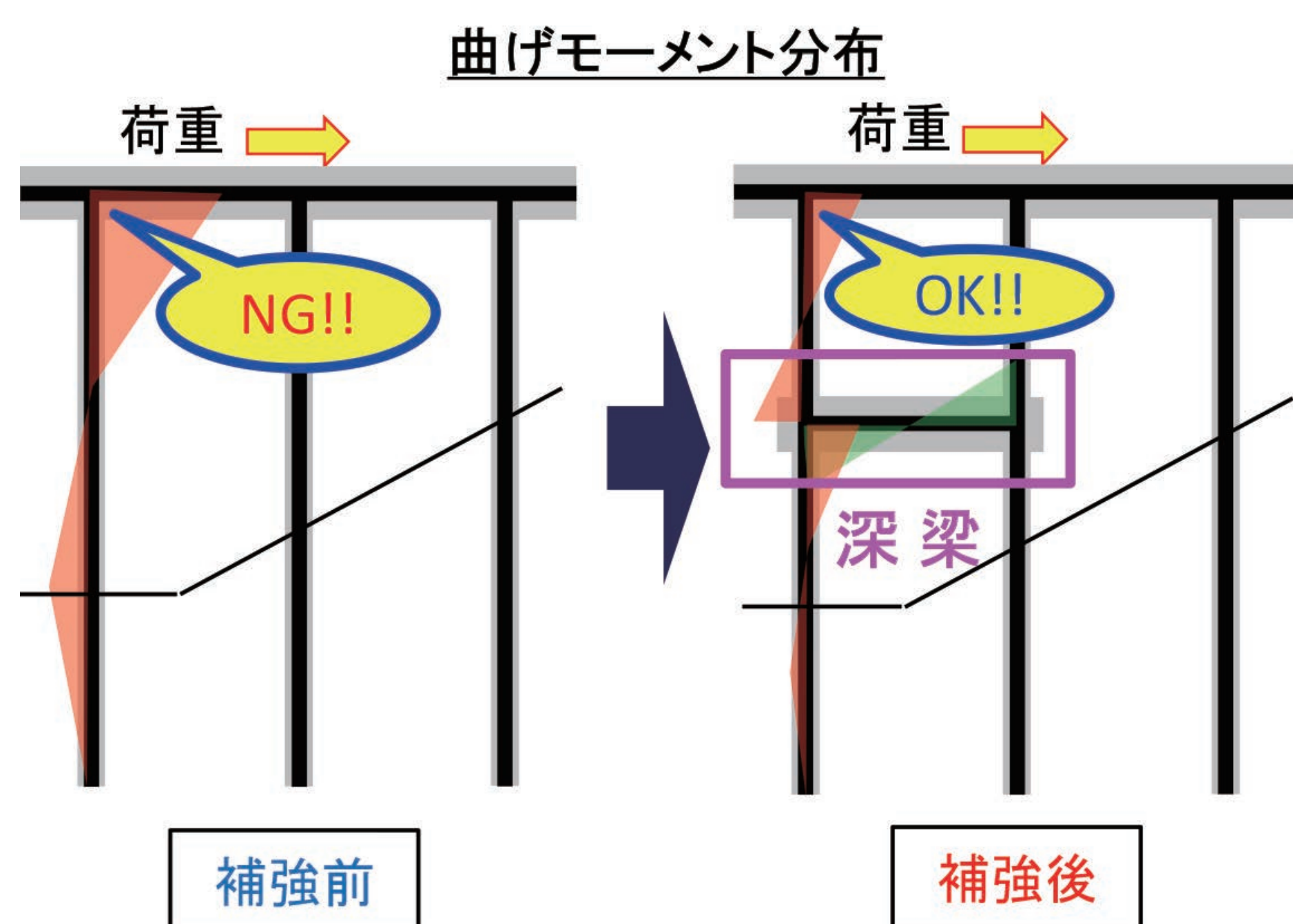
ふか ぼり こう ほう 深梁工法

応募者名：JFE エンジニアリング株式会社

技術開発者：〔JFE エンジニアリング株式会社〕 奈良 正

技術の概要

- 杭式栈橋の「船舶大型化」「耐震強化」「増深」により、杭耐力が不足する場合の補強工法。
- 杭間へ梁部材（深梁）を設置し多層ラーメン化することで杭頭曲げモーメントを抑制する。

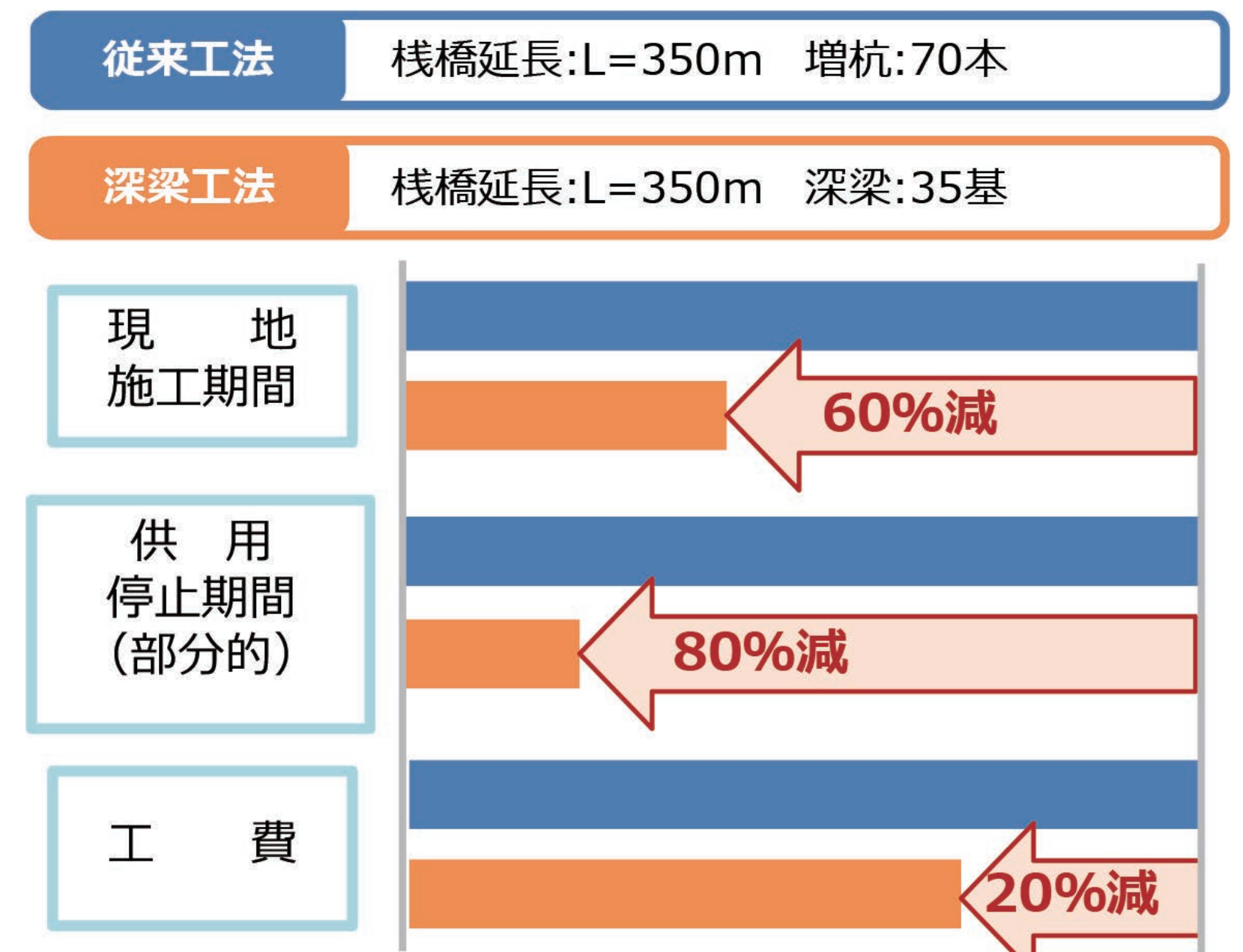


技術の特徴

- ①上部工撤去を不要とするため、現地施工期間の大幅短縮、供用しながら補強可能。
- ②杭式栈橋の鋼製杭へ適用可能。直杭、斜杭どちらへも対応可能（実績有）。
- ③軽量部材（3t～8t）のため大型重機不要。振動騒音が少なく周辺環境に優しい。

技術開発の効果（従来工法との比較）

- 同程度の栈橋において、従来工法（増杭）と比較した場合、現地施工期間：60%減、供用停止期間 80%減、工費 20%減が可能。



高機能床版排水パイプ クワトロ・ドレーン

応募者名：中大実業株式会社

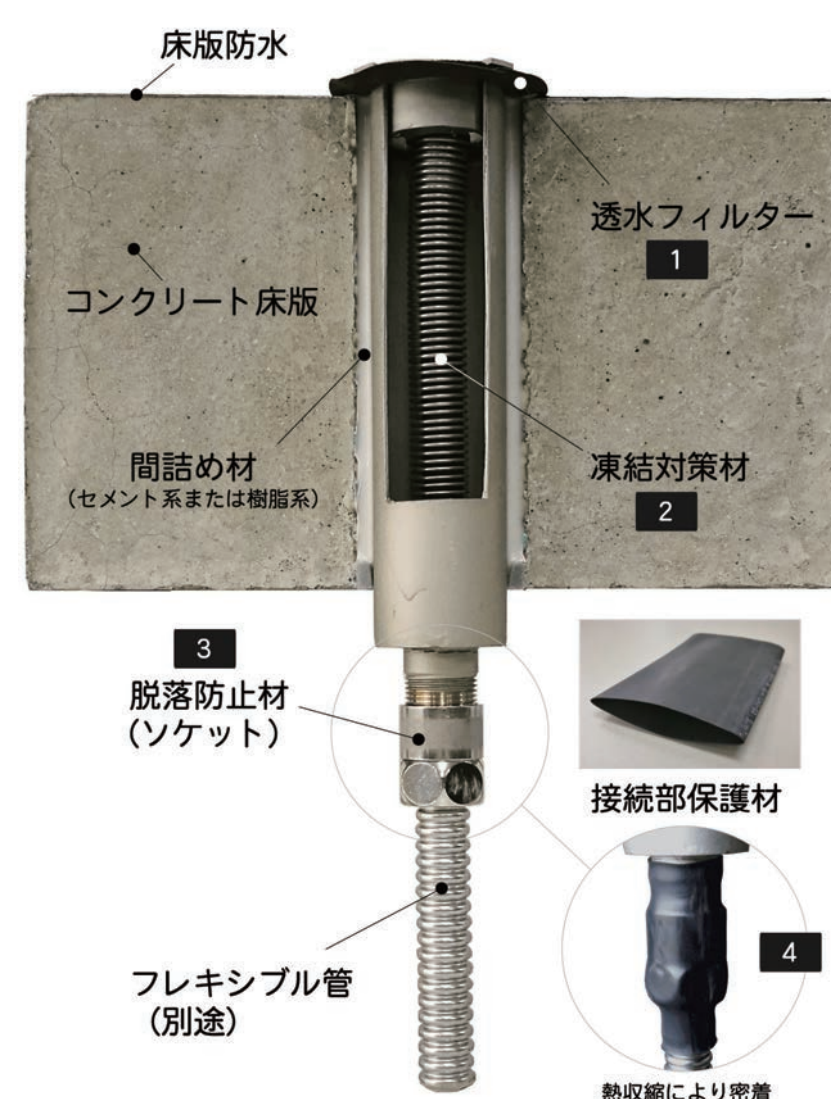
技術開発者：〔中大実業株式会社〕 桑原 直樹／〔株式会社シオン〕 山形 雄也

共同開発者：株式会社シオン

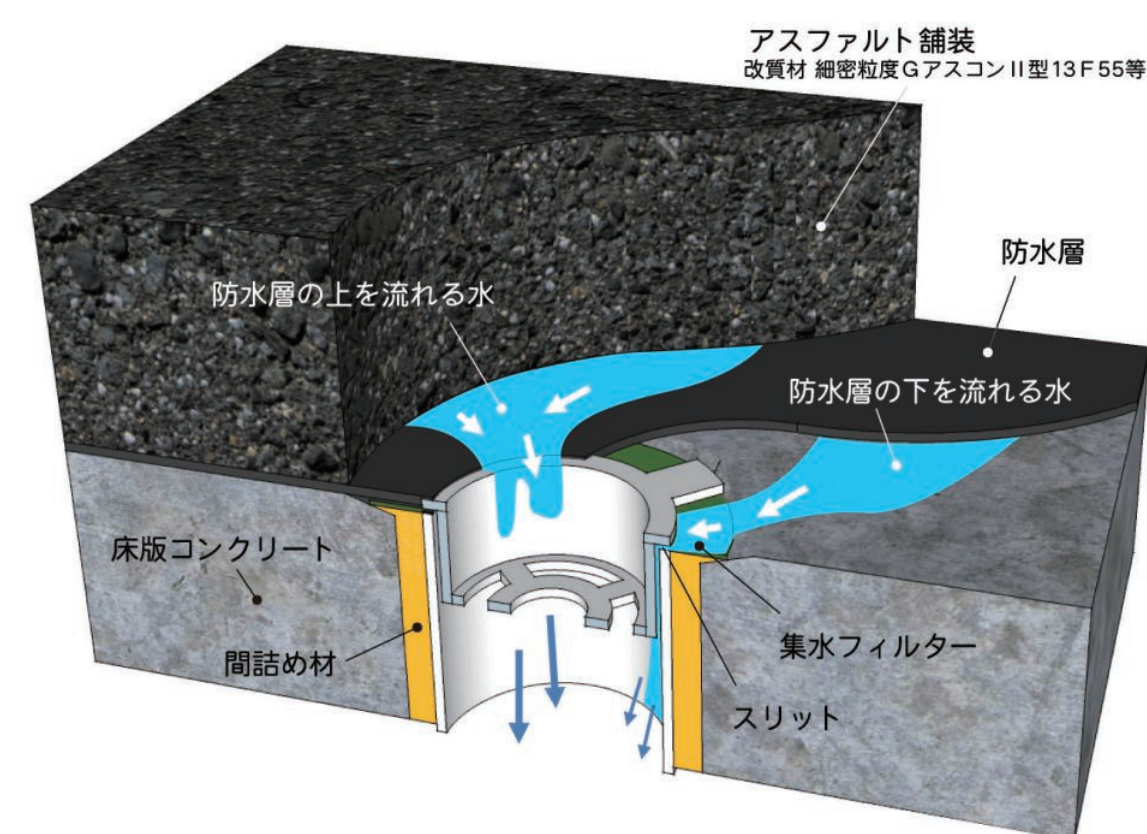
技術の概要

橋梁の床版の劣化の要因は、大型車の輪荷重による疲労や水の侵入など多岐にわたる。床版内部への水の侵入を防ぐために橋梁全面への床版防水層の設置が基準化されている。

しかしながら防水層が設置されている比較的新しい橋梁でも床版下面に漏水等が確認されており、防水層の機能低下が昨今の調査研究によって報告されている。RC床版の劣化損傷を防ぐためには、床版面まで侵入した水を速やかに排水するための排水設備までを含めた高耐久の床版防水システムの構築が必要とされている。以上の背景により高機能な床版排水パイプが求められたため技術開発を行った。



技術概要図



排水構造イメージ図

技術の特徴

当技術は従来技術になかった新しい4つの技術が搭載されている。

（1）床版防水層下面からの水も排水

防水層の機能低下を考慮し、防水層の上面に加え下面に入り込んだ滞留水についても排水することができる構造を採用。

（2）凍結膨張圧の吸収

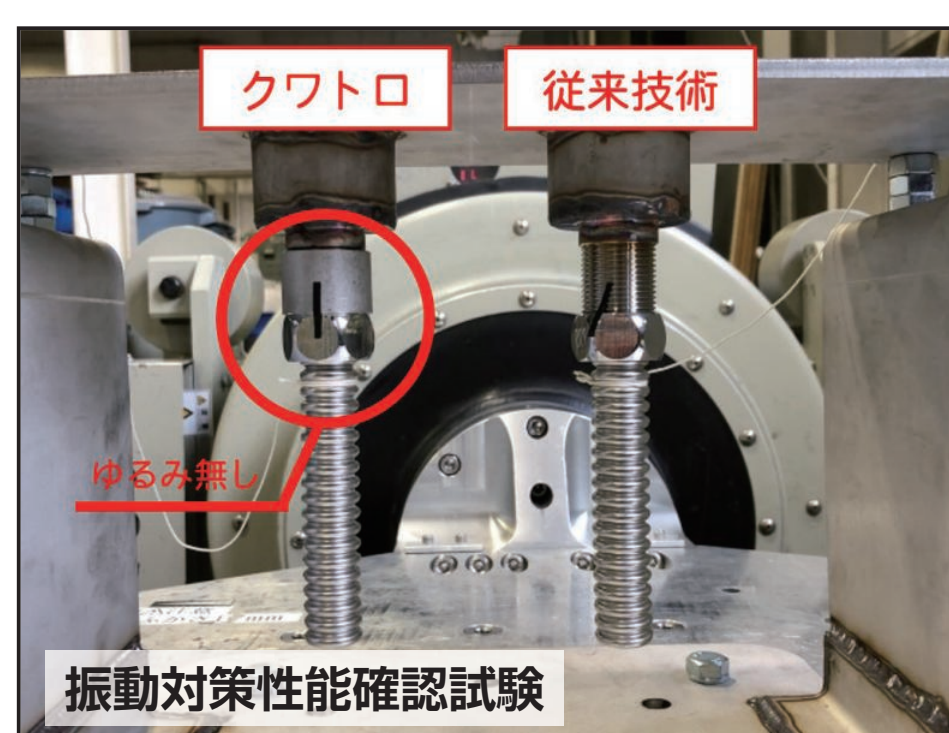
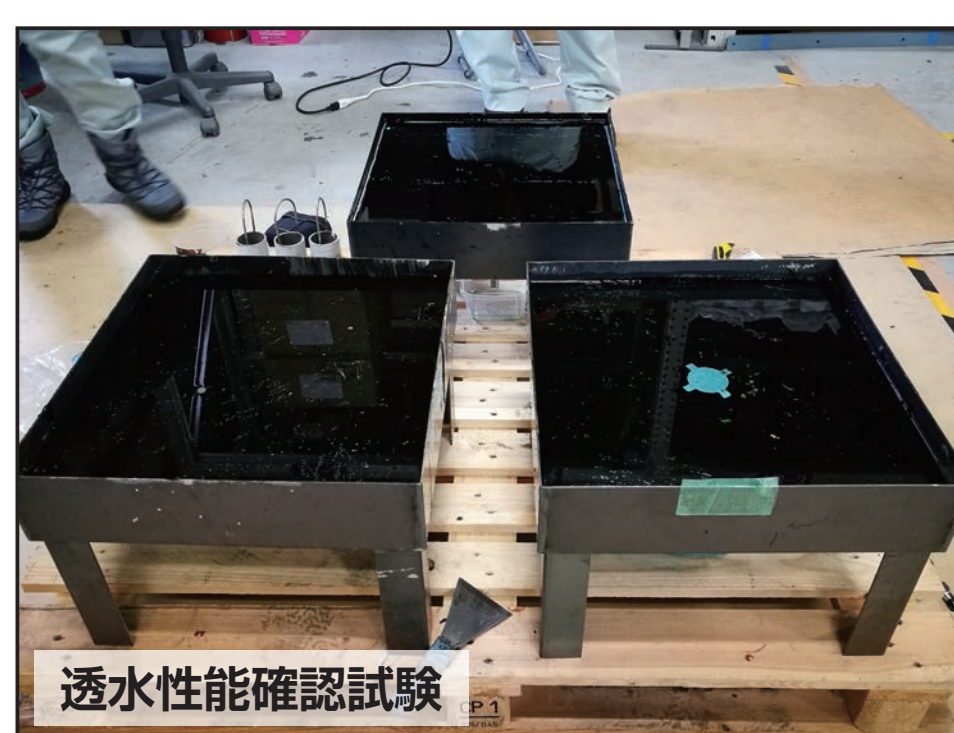
冬季間に排水管内部が凍結した場合、凍結時の膨張は鋼材を破壊する場合もある。この膨張圧を緩和するため凍結膨張吸収材を内部に装填。

（3）下部排水管の脱落防止ダブルナット構造

橋梁の振動や風により接続部のナットが緩み、桁下の排水管が脱落してしまう問題点があったが、ダブルナット構造を採用することで緩和した。

（4）熱収縮系保護材による接続部の保護

本体管と桁下の排水管の接続部は常に過酷な環境に晒されている。熱収縮系の保護材により接続部を錆の原因となる水や塩害から守る。



性能確認試験状況

技術開発の効果

- （1）当技術を採用することによって、今まで排水不可能だった床版防水層の下面にも入り込んだ水も排水可能になり、床版防水層の上面下面両方の水を排水できるようになった。効率的な排水は道路橋床版の延命化に貢献。
- （2）寒冷地でも使用できるように凍結対策を行っており、万が一パイプ内が凍結しても凍結膨張圧を吸収できる構造により破損のリスクを軽減。
- （3）桁下で接続しているフレキシブル管が風や振動によって緩みが発生しにくい構造を採用しているため、落下などによる第三者への危険性も低減されている。
- （4）接続部分に熱収縮系の保護材を被せる構造を採用しており、沿岸部においても飛来塩分等からの受ける腐食のリスクを低減。
- （5）新しい機能を搭載しつつオールステンレスでありながら、構造をシンプルな単管構造にするなどの工夫により材料費のコストを抑えているため経済性も向上。



現場設置例

油圧ハンマの騒音防止装置

鋼管杭の低騒音打撃工法の開発

応募者名：丸泰土木株式会社

技術開発者：〔丸泰土木株式会社〕 梅田 巖・谷本 静夫

技術の概要

鋼管杭の打撃工法は、基礎杭の施工方法としては最もシンプルな工法であり、工程・品質・経済性において最も優れた工法であるが、打撃時の騒音の大きさから中掘り杭工法等の静的な圧入力による低騒音工法に取って代われてきた。しかし、鋼管杭や鋼管矢板の仕様が大き径長尺な場合は、静的な圧入力による施工では極めて困難であり大規模な補助工法が必要であった。そこで、打撃工法の唯一の弱点である騒音問題を克服し、打撃工法の復活を期して本装置の開発に着手した。

技術の特徴

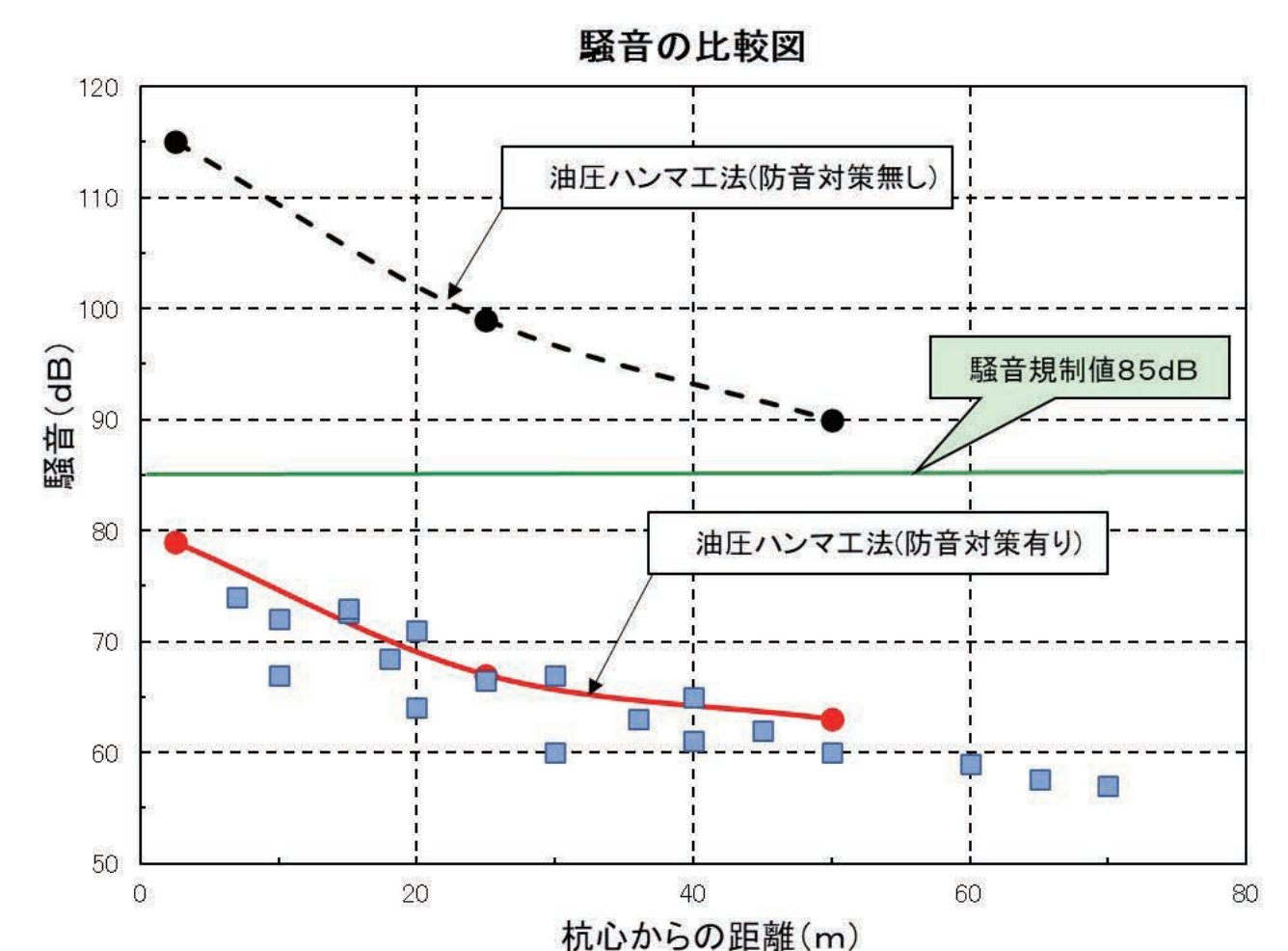
本装置は、従来の騒音防止装置と比べて騒音性能と施工性に重点を置いて開発したものである。騒音の低減効果は 30dB と非常に高く、この効果は騒音防止のメカニズムによるものである。打撃面で発生した騒音はハンマキャップの構造からその多くが下方に向かって伝播するが、本装置の上部防音室は騒音を下方の下部防音室へと導くことを主役割とし、下部防音室は断面積が急拡大するその入り口で拡散減衰した騒音を広い壁床面積で吸音・遮音する役割とさせた。なお、本装置の総重量は 16t と軽いのでクレーンで一括施工が出来き、作業時間は 10 分程度と施工性が非常に高い。また、本装置の内部を外部から目視でき、打止め作業等の計測作業も問題なく行なうことができる。安定度は、基準風速 30/s に対して転倒安全率 1.5 を有す。



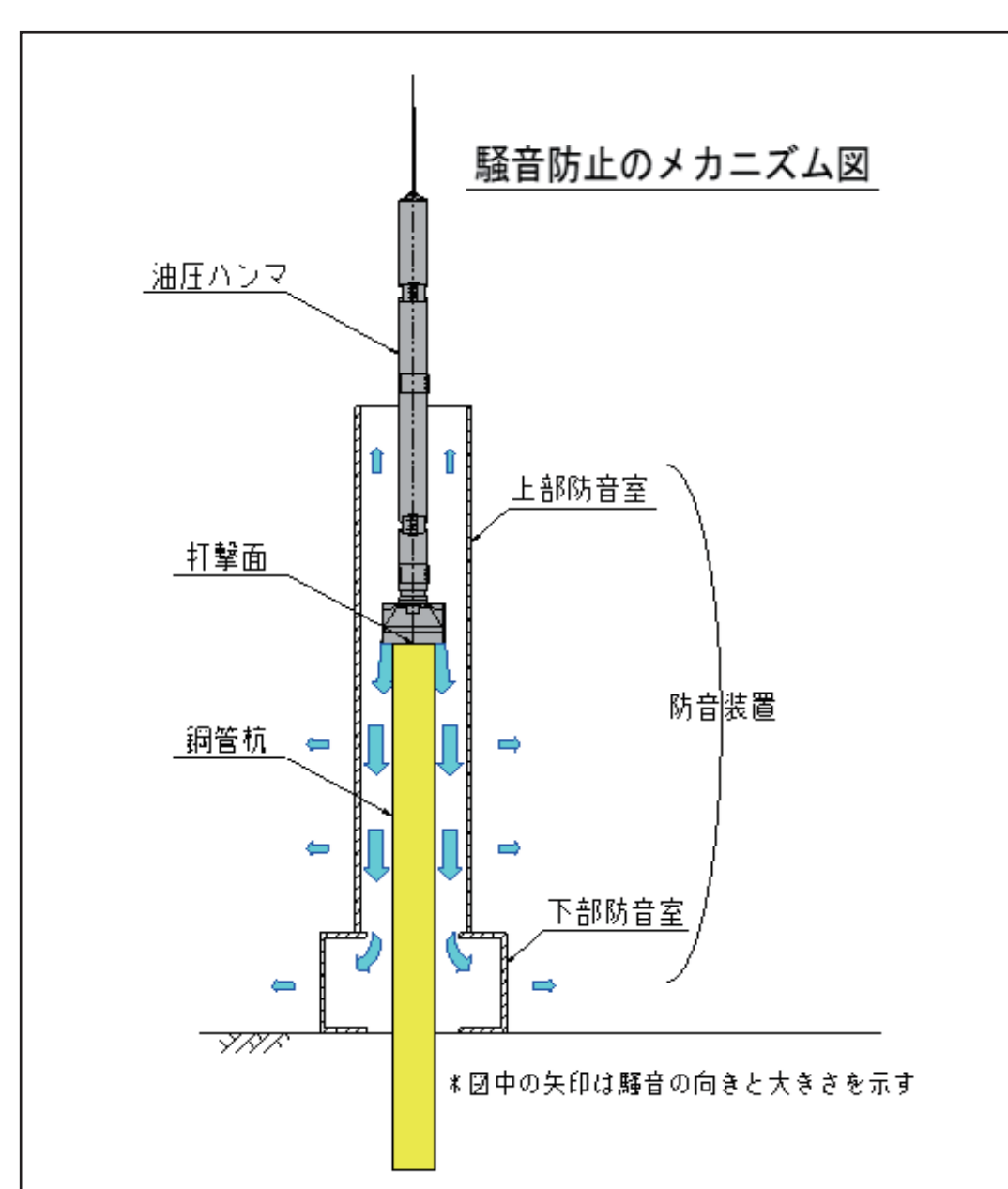
騒音防止装置の正面側



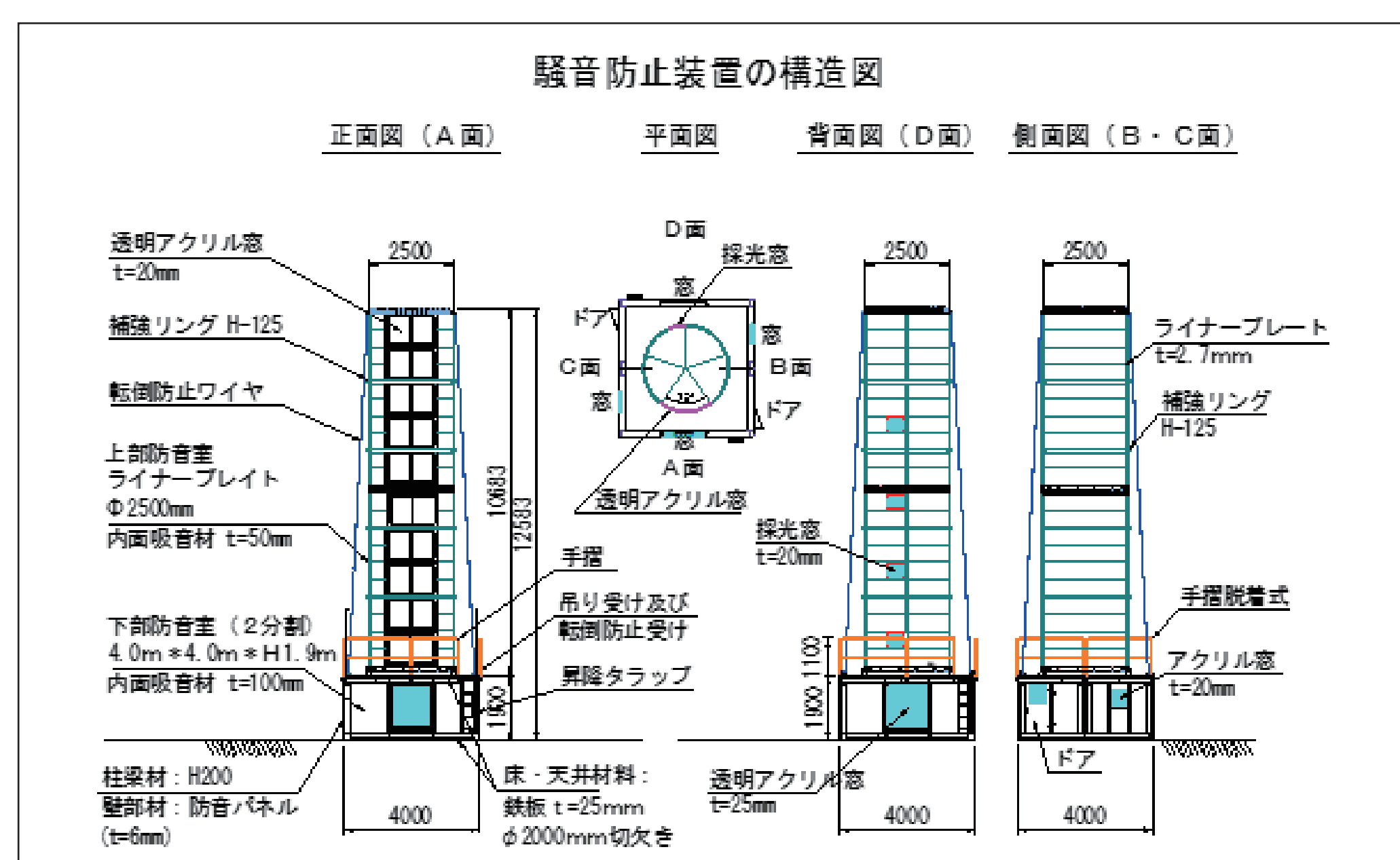
騒音防止装置の背面側



低騒音工法との騒音比較グラフ



騒音防止のメカニズム



騒音防止装置の構造

技術開発の効果

- ① 中掘り杭工法等の圧入工法では能力的に施工できない大径・長尺杭工事でも、本装置を使用すれば、油圧バイブロハンマ併用最終打撃工法等の打設工法で施工が可能となった。
- ② 実績証明書工事（鋼管矢板：Φ1200mm・L=37.5m、砂礫層への根入れ12m以上、最大礫径Φ120mm）のような施工条件が厳しい現場において本技術を採用すると、一般的な在来工法と比較して、経済性で 86,670 千円（10.3%）、工期で 159.1 日（52.8%）と両方とも向上した。
- ③ 上記工事において騒音防止装置工事の全体工事に占める割合は、経済性で 32,928 千円（4.4%）、工期で 5.4 日（3.8%）であった。