

どん りゅう 呑龍ポンプ場の建設

桂川右岸流域下水道 洛西浄化センター建設工事
(呑龍ポンプ場土木)



呑龍
トンネル

調整池

桂川

1995年(平成7年)にスタートした
いは呑龍トンネルは
23年の歳月をかけて完成し、
いよいよ貯めた水を
桂川に放流するための
呑龍ポンプ場の建設が始まりました。



呑龍太郎

発注者：✿ 京都府

施工者：オリエンタル白石・金下建設・ケイコン
特定建設工事共同企業体



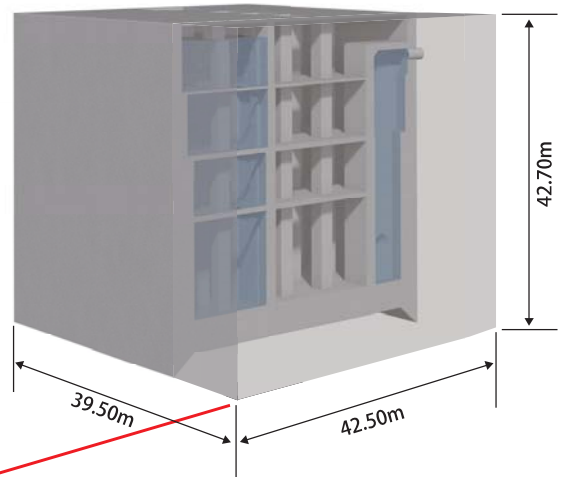
京都タワー

展望室 3 階

京都タワービル

写真提供：
京阪ホテルズ&リゾート株式会社

《呑龍ポンプ場土木》



呑龍ポンプ場土木の構造物は、京都タワービルと同程度の大きさで京都タワー展望室 3 階程度の高さです。

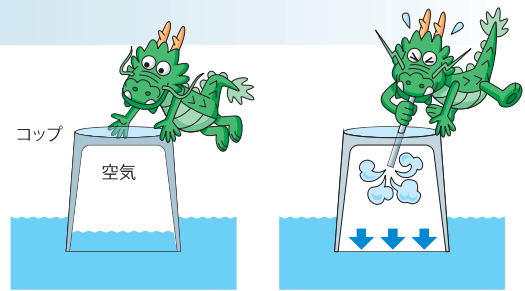
ニューマチックケーソン工法

ニューマチックケーソン工法とは

ニューマチックケーソン工法は、関東大震災の復興工事のために米国より導入された技術です。この工法は、長い歴史と多くの実績を有しております。ニューマチックケーソン工法 (Pneumatic Caisson Method) の「pneumatic」は「空気の」を「caisson」は「函(はこ)」を意味します。日本では「潜函工法」とも呼ばれています。鉄筋コンクリート製の函(躯体)を地上で構築し、躯体下部に気密な作業室を設け、ここに地下水圧に見合った圧縮空気を送り込むことにより、地下水の浸入を防ぎ、掘削・排土を行いながらその躯体を地中に沈めます。現在、本工法は橋梁や建物の基礎、あるいはシールドトンネルなどの発進立坑、地下鉄や地下道路のトンネル本体として広く活用されています。

ニューマチックケーソン工法の原理

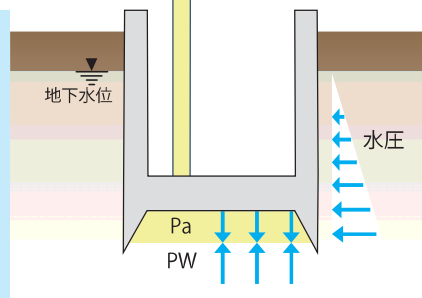
ニューマチックケーソン工法は、内部の空気が逃げないようにコップを逆さまにして水中に押し込んだ状態のように、水の浸入を空気の圧力によって防ぐ原理を応用したものです(右図参照)。オープンケーソン工法がふたのない筒であるのに対して、ニューマチックケーソン工法は、ケーソンの下部に気密作業室を設け、そこに圧縮空気を送り込んで地下水の浸入を防ぎ、地上と同じ状態で掘削ができるようにしています。右図では、コップの中がケーソン作業室、コップの先端がケーソンの刃先にあたります。



コップ内の空気圧と水圧がバランスした状態ではコップ内に水は浸入しない。

コップ内に空気を送り込むと、内部の空気圧が上昇して水が押し下げられる。

地下水圧と同等の圧縮空気
ニューマチックケーソン



◆ ケーソン沈下理論

$$\text{ケーソン沈下力 } W = Wc + Ww$$

$$\text{ケーソン沈下抵抗力 } Wr = U + F + Q$$

$$W > Wr \text{ のとき沈下}$$

Wc : ケーソン躯体重量

Ww : ケーソンに載荷する沈下荷重

U : 作業気圧による揚圧力(作業気圧×ケーソン底面積)

F : 周辺摩擦力(摩擦力度×ケーソン周長×沈下長)

Q : 刃口下および掘残し部の地盤反力

$Pw = Pa$ ならば...

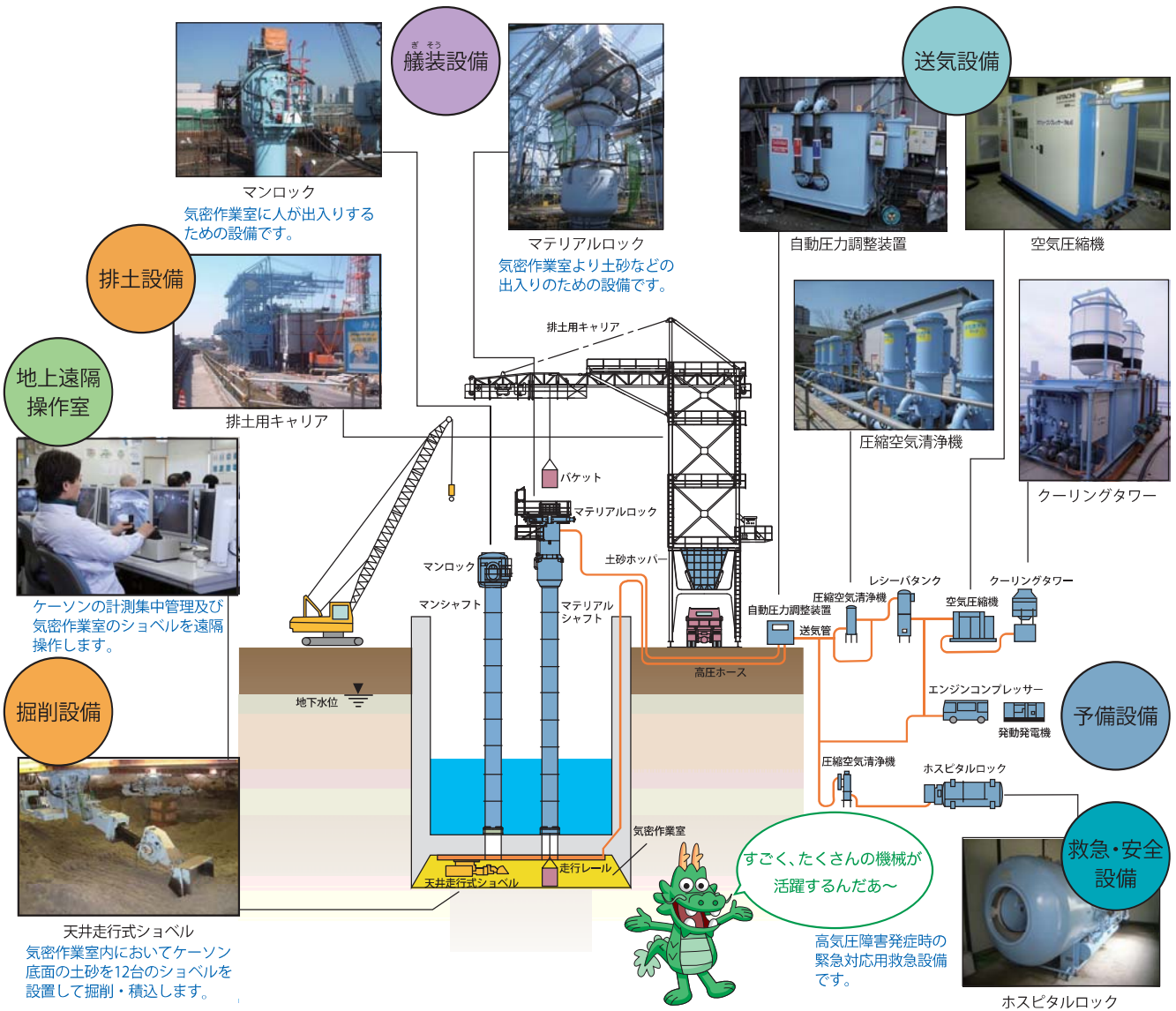
作業室内に水は浸入しない

Pw : ケーソン底面位置での水圧

Pa : 作業室内の空気圧

主要設備

ニューマチックケーソン工法の工事で使用する施工設備は、気密作業室内で土砂を掘削する掘削設備、気密作業室内の圧力を保持するための臙装設備、土砂を排土する排土設備、気密作業室に送る圧縮空気を作る送気設備、停電時等非常時対策の予備設備、高気圧障害発症時対応の救急・安全設備と全体をコントロールする地上遠隔操作室に大別されます。



施工手順

ニューマチックケーソン工法は、一定した施工プロセスにより確実な工程把握と工期短縮に対応します。

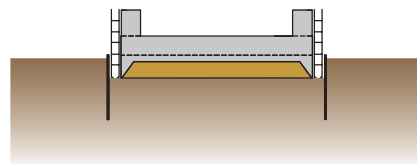
Step1 土砂セントル工

掘付地盤上にケーソン作業室にあたる部分を良質土で盛土します。この盛土は作業室構築後土砂を除去し、ケーソン作業室となります。



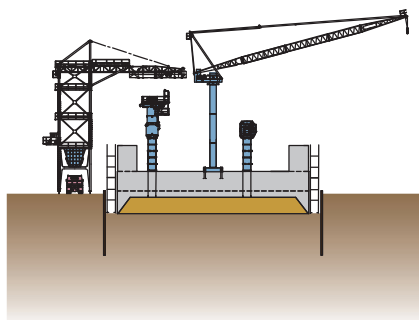
Step2 初期構築工

ケーソン下部先端に刃口金物を据付け、作業室・天井・壁全面に鋼板を設置します。鋼板溶接完了後、①～③リフトの初期構築を施工し、ポンプ場本体となる躯体を作ります。



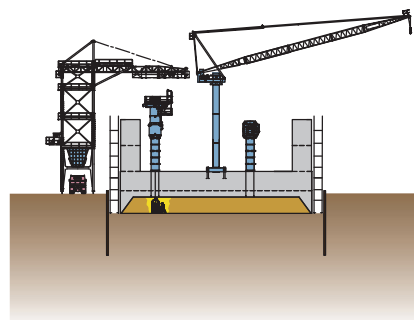
Step3 ケーソン設備設置工

③リフトまでの構築完了後、空気圧が作用する作業室への出入りや土砂搬出のための艀装設備を設置します。艀装設備はケーソンの沈下とともにシャフトを継ぎ足します。



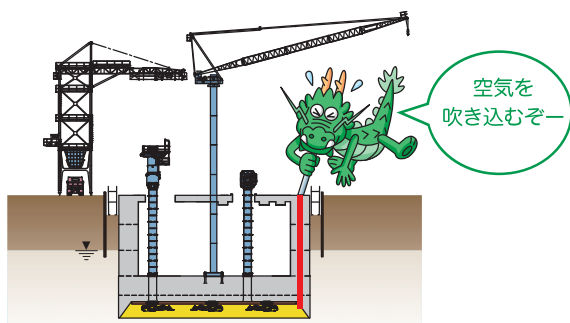
Step4 初期掘削工

ケーソンの初期掘削はマテリアルシャフト下部の土砂セントルを人力により掘削します。人力掘削によりショベルの組立空間を確保しショベルを組立てます。



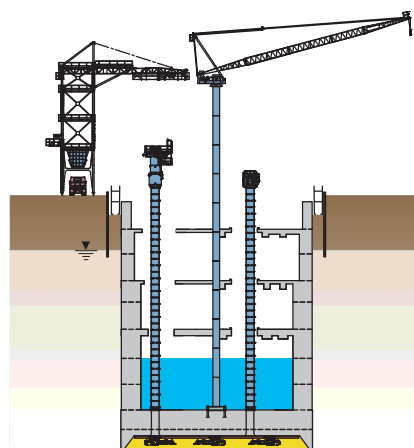
Step5 沈下掘削工 (有人掘削)・構築工

④リフト以降は約4m程度の高さで躯体構築を行い、構築・沈下掘削を順次施工します。沈下掘削は0.18MPa(水深18m相当)の函内圧力までは、ショベルに運転者が搭乗して有人掘削を行います。



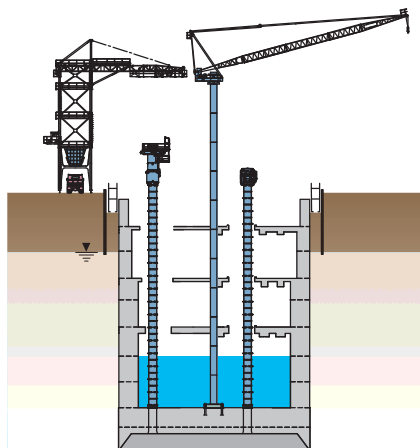
Step6 沈下掘削工 (無人掘削)・構築工

函内圧力0.18MPa到達前に遠隔操作設備を設置し、地上の遠隔操作室よりショベルを操作し作業室内無人掘削でケーソンの沈下掘削を行います。沈下に必要な水荷重を注水して構築・沈下掘削を繰り返しケーソンを所定の深度まで沈設します。



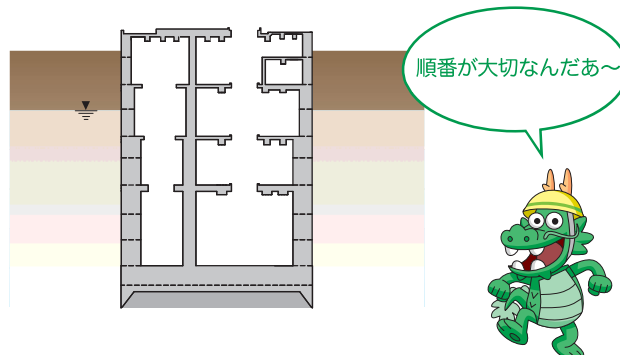
Step7 中詰コンクリート工

ケーソンが所定の深度に到達後、平板載荷試験により地盤反力を確認し、作業室内の設備を撤去して作業室内をコンクリートで充填します。



Step8 ケーソン設備撤去・完成

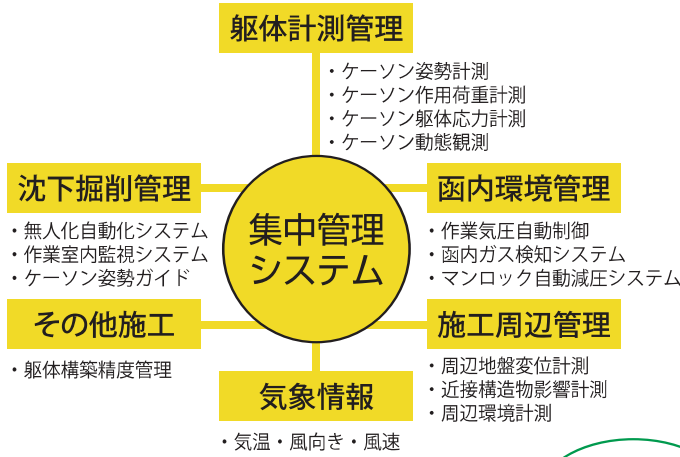
中埋めコンクリート打設養生後、断気しケーソン設備の撤去を行います。ケーソン設備撤去後、①リフトおよび内部構築を行い呑龍ポンプ場の地下部分が完成します。



情報化施工

集中管理システム

「情報化施工による集中管理システム」は、沈下掘削管理、躯体計測管理、函内環境管理、施工周辺管理など、ソフト・ハード両面に関するすべての情報を計測室でリアルタイムに集中管理することで、沈設精度がさらに向上するとともに安全・確実な施工管理を実現します。



沈設管理（集中管理状況）



集中管理モニター



コンピューター
がいっぱいだ。

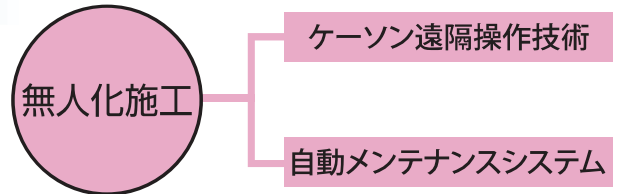
無人化施工

ケーソン遠隔操作技術

掘削・排土作業の能率向上と高気圧下の労働環境の改善を目的として開発されたシステムで、地上遠隔操作室から作業室内の掘削設備をTVモニターとコンピューターグラフィック、および情報化施工によるリアルタイムな計測監視により遠隔操作するもので、作業気圧0.18MPaより行います。さらに、ケーソンショベル自動メンテナンスシステムなどを取り入れ、高気圧障害防止に努めています。

自動メンテナンスシステム

ケーソンショベルのグリス注入等のメンテナンスを自動化しました。また、掘削機の状態を自動メンテナンスモニターにより遠隔操作で捉え、各計測項目より異常値を検出することができます。これにより、設備の不具合を早期発見することができます。



地上遠隔操作室・計測室



自動メンテナンス対応ケーソンショベル



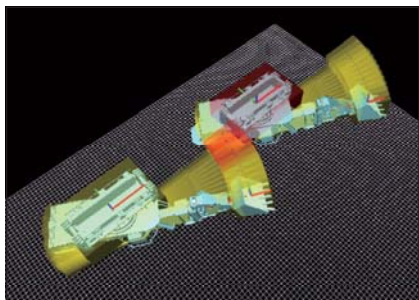
すごく機械化が
進んでいるんだー

ケーソンショベル自動運転システム

本工事では、「ケーソンショベル自動運転システム」工事試行を計画しています。同システムはJV構成企業であるオリエンタル白石(株)と千葉工業大学で共同研究を進めており、国土交通省が公募する平成30年度建設技術開発助成制度で採択されました。発注者(京都府)のご理解・ご協力のもと、工法の安全性・生産性向上に寄与する新たな技術確立、早期実現に向けて取り組みます。

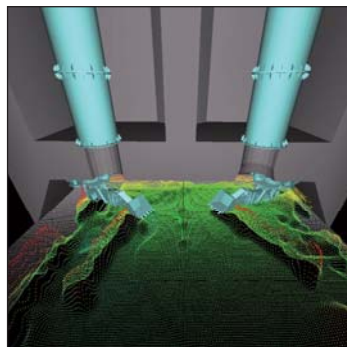
新技術の 試行導入

ケーソンショベル 自動運転システム



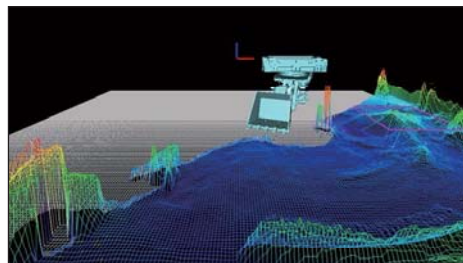
衝突回避システム

搭載されたセンサがショベルの動きを正確に把握しショベル同士の衝突を防ぎます。



3D地盤マッピング

センサにより気密作業室内の地盤を測定し地盤状況を直感的に把握します。



自動土砂運搬機能

地盤状況の測定結果を分析し、土山を認識して土砂を自動で運搬します。

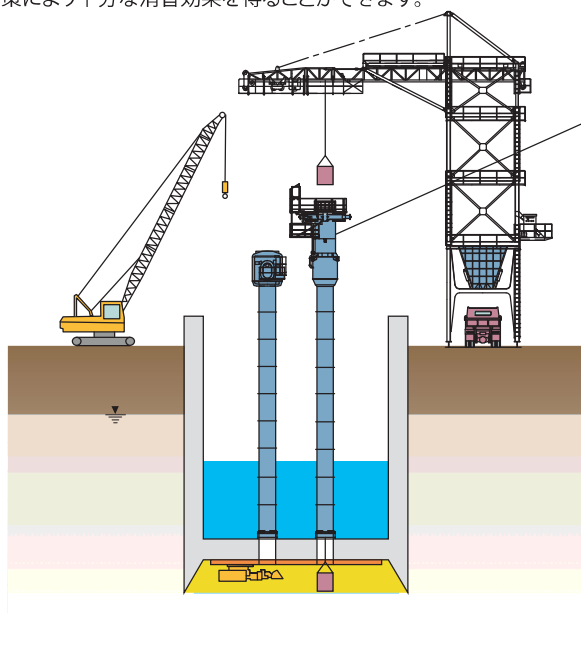
新しい技術に
チャレンジしてるんだ!



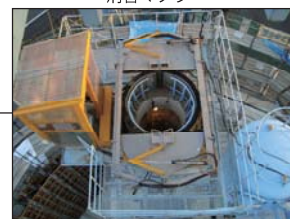
騒音・振動対策

ニューマチックケーソン工法における騒音・振動の発生源は、コンプレッサの運転音、マテリアルロックからの排気音・漏気音等がありますが、対策により十分な消音効果を得ることができます。

騒音・振動 対策



消音マフラー



スライド式消音装置



コンプレッサ防音ハウス

できるだけ
静かにね・・・

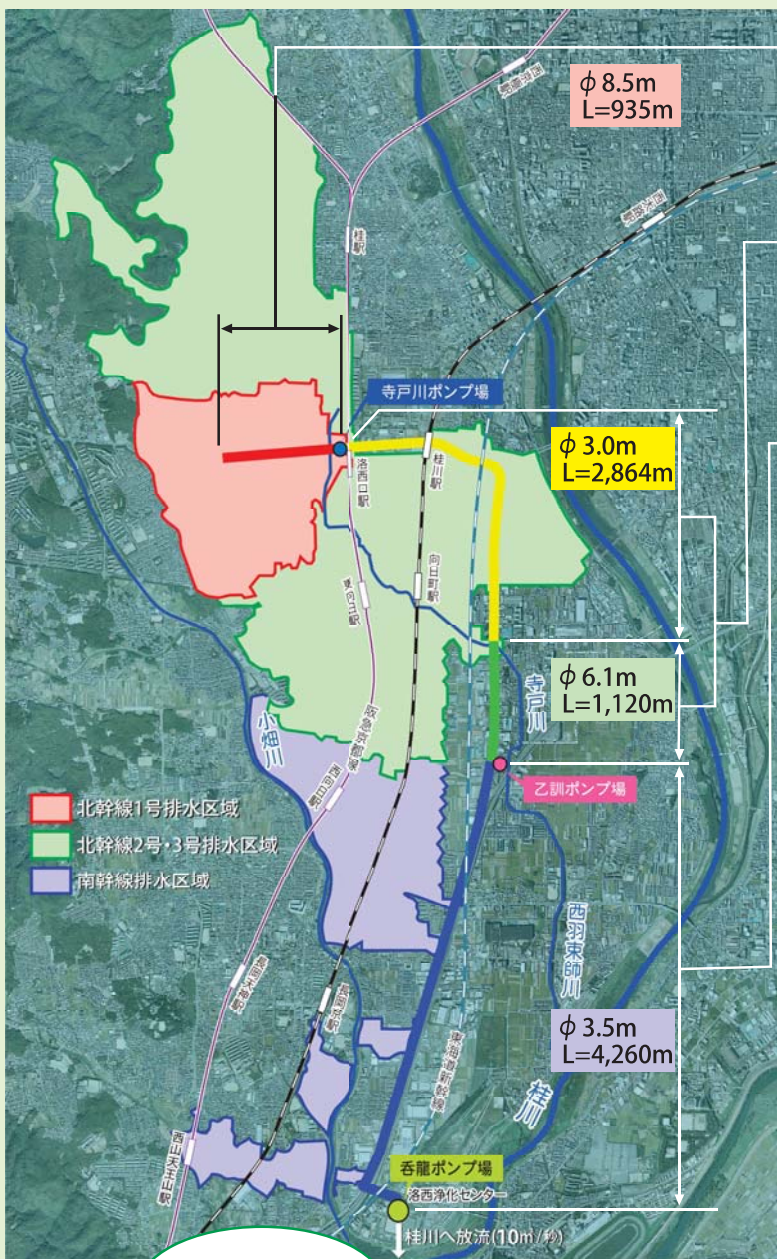


いろは呑龍トンネルの整備と効果



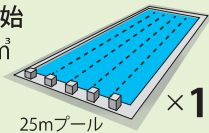
平成7年12月
いろは呑龍プロジェクト誕生

平成13年6月に北幹線第1号管渠、平成23年10月に北幹線第2号・第3号管渠が完成し、現在北幹線に最大で10万7千㎡の雨水を貯留できます。これにより、大雨時の浸水戸数は激減しました。現在工事中の南幹線管渠、呑龍ポンプ場を平成32年度に暫定供用開始し、平成35年度に調整池を完成させることで対象区域を拡大するとともに、最大で23万8千㎡の雨水対策が可能となります。



北幹線第1号

平成13年6月供用開始
対策量：**54,000**㎡

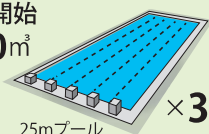


×180杯

北幹線第2号

北幹線第3号

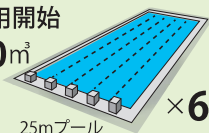
平成23年10月供用開始
対策量：**107,000**㎡



×350杯

南幹線・呑龍ポンプ場

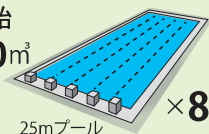
平成32年度暫定供用開始
対策量：**196,450**㎡



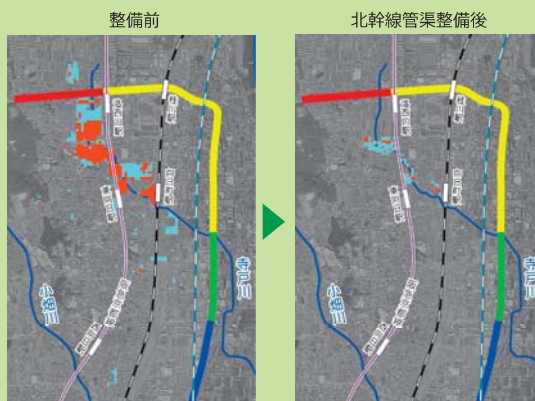
×650杯

全体完成

平成35年度供用開始
対策量：**238,200**㎡



×800杯



平成25年9月台風18号の浸水被害軽減効果

全国で初めて京都府に大雨特別警報が発令され、各地で浸水被害が発生しました。いろは呑龍トンネルでは供用開始後、初めて北幹線管渠の貯留率100%を記録しましたが、浸水被害の戸数はいろは呑龍トンネルが未整備の場合、約900戸発生するところ、106戸に留めることができました。いろは呑龍トンネル全体が完成すれば、浸水被害を解消できます。

降雨量：275mm 時間最大雨量：41mm
北幹線管渠貯留量：100% 被害軽減額：約100億円

平成25年の台風が来ても
浸水被害はなくなるよ！



呑龍トンネルが
なかったら900戸も
浸水していたんだ！



オリエンタル白石株式会社



金下建設株式会社



環境を創造する
Potential of Concrete
ケイコン株式会社

〒617-0836 京都府長岡京市勝竜寺樋ノ口地内（洛西浄化センター）

TEL (075)874-4709 FAX (075)874-4809