Technical Information

ニューマチックケーソン工法

Reinforcements Renewal Repairs

Straight to the Future

オリエンタル白石株式会社

Contents

ニューマチックケーソン工法の歴史 1

• Chapter 1
ニューマチックケーソン工法とは 2

• Chapter 2
オリエンタル白石のニューマチックケーソン工法 2

• Chapter 3
ニューマチックケーソン工法の基本 3

3-1 ニューマチック工法の原理 3
3-2 ニューマチック工法の標準施工順序 3
3-3 ニューマチック工法の主要設備 4

• Chapter 4
ニューマチックケーソン工法の特徴 5

4-1 ニューマチックケーソン工法の優位性 5
4-2 地質への対応 6
4-3 水上施工への対応 6
4-4 近接・狭隘地への対応 6

• Chapter 5
オリエンタル白石の特化技術 7

オリエンタル白石のニューマ 7

5-1 設計技術 8
ケーソン設計支援システム / 地盤解析・実験技術 / 性能設計に対応した設計技術（琉球石灰岩）
5-2 施工技術 9
ケーソン遠隔操作技術 / 沈設管理技術 / ヘリウム混合ガスシステム
5-3 環境技術 11
騒音・振動対策 / エアブロー対策
5-4 特化工法 12
スリムケーソン工法 / Eco-ケーソン工法 / ジオリフレケーソン工法

• Chapter 6
ニューマチックケーソン工法の適用と比較 15

• Chapter 7
多様化したニーズにこたえる技術 17

ニューマチックケーソン工法の歴史

数々の歴史的建造物を支える基礎工法として誕生

ニューヨークとブルックリンを結ぶブルックリン橋の基礎工事が開始された．この橋のニューヨーク側主塔基礎は 19 世紀では世界最大のニューマチックケーソンであり，平面形状52.4m×31.1m（底面積1630m^2）のケーソンが，平均満潮面下22.8m の深さまで沈設された．中央径間 485m で吊り橋としても当時世界最大．

ブルックリン橋

1869

20 世紀に入ると多くの基礎がニューマチックケーソン工法によって施工されるようになった．特にニューヨーク・マンハッタンの摩天楼を形成する超高層ビルの多くにこの工法が採用されている．

1901

震災からの復興を目的に日本に導入

さまざまな用途，規模に応じ，インフラ整備に活躍

1841
フランスのM.トリジェールが圧気工法を用いて地下水面下約20mまで鉄筒を沈設

1851
圧気工法による最初の基礎工事となるイギリスのローチェスター橋基礎のニューマチックパイルが施工される．沈設深さは 18.6mだった．当時は鉄筋コンクリートが普及していなかったため，石積み，レンガ積みによるメーソンリーケーソン工法が主流であり，この工法では他に類を見ない規模の地下構造物だった．

1870
アメリカのミシシッピ川を横断するセントルイス橋工事において，ニューマチックケーソン工法により水面下 33.4mまで基礎を沈設．

1885
パリのエッフェル塔の基礎がニューマチックケーソン工法で施工される．塔の 4 脚のうちセーヌ河に面する 2 脚はそれぞれ 4 基のニューマチックケーソンに支えられている．

1923
日本で最初にニューマチックケーソン工法が施工されたのは関東大震災により倒壊した隅田川の永代橋，清洲橋，蔵前橋，言問橋の基礎工事のときである．白石多士良（（株）白石 創立者）により導入される．

1 ニューマチックケーソン工法とは

大型化･複雑化する各種地下構造物のニーズに対応できる「ニューマチックケーソン工法」

ニューマチックケーソンは，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．

また，平成7年1月の兵庫県南部地震の際には，ニューマチックケーソン工法により施工された橋梁基礎や岸壁がほとんど被害を受けなかったことから，本工法の優れた耐震性が証明されたといえます．

2 オリエンタル白石のニューマチックケーソン工法

オリエンタル白石はニューマチックケーソン工法のパイオニアとして施工技術の発展に努めています

今日，都市再生や交通網の拡大にともない，ウォーターフロントなどの軟弱地盤や狭隘な市街地，山岳部での施工など，複雑で高度な技術力を要求される工事が増加しております．また，建設構造物は高層化・大型化・大深度化の傾向にあり，地下空間を有効に活用するための環境に優しい技術が求められております．ニューマチックケーソンの高い信頼性を確実なものとするとともに，新たな可能性の開拓を目指し，当社は以下のような独自の技術開発を積極的に進めて実用化しております．

- 設計支援システムおよびロボット技術を最大限に活用し，合理的な構造決定，施工の完全無人化，環境・安全への配慮を目指した「SIニューマ工法（スーパーインテリジェントニューマチックケーソン工法）」
- 小断面積のニューマチックケーソンに無人化・安全性向上を実現した「スリムケーソン工法」
- 地下水の流動保全に配慮した「Eco-ケーソン工法」
- 原位置で汚染土壌処理をおこなう「ジオリフレケーソン工法」

当社は，これからも社会のニーズに応えるために，ソフトとハードの両面からの技術サービス提供を目指し，日々努力を続けてまいります．皆様には一層のご指導，ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます．

1971
阪神高速道路公団湊大橋ケーソン工事において天井走行式ケーソンショベルが初めて使用される．本格的な機械化施工の始まりである．

1981
大気圧カプセルによる無人ケーソン工法が日本道路公団の名港西大橋（Ⅰ期）ケーソン工事で採用される．

1988
自動化ケーソン工法が東京電力ガス導管４工区工事で採用される．

永代橋

1990
東京港のシンボル，レインボーブリッジのアンカレイジおよび主塔基礎４基すべてがニューマチックケーソン工法により沈設される．アンカレイジ基礎は平面寸法70.1m×45.1m，底面積3157m^{2}で当時世界最大である．

レインボーブリッジ

1995
日本道路公団名港西大橋（Ⅱ期）ケーソン工事でヘリウム混合ガス呼吸システムによる大深度ニューマチックケーソン工法が採用され，TP-40mまで沈設される．

2000
柴島立坑で沈設深度 GL-63.5m，最大作業気圧 0.54MPa（水深 55m 相当）の大深度ニューマチックケーソンが施工される．掘削長および作業気圧は当時世界一の規模であった．

2002
重要構造物に近接する道路トンネル部においてケーソン6基を同時に沈設する埼京線北与野・大宮間高速埼玉東西連絡道を施工．高度な静弱化施工の導入により重要構造物との近接施工を可能とした．

2012年　東尾久ポンプ所（現在世界最大）

2004～
・SI ニューマ
・スリムケーソン工法
・Eco-ケーソン工法
・ジオリフレケーソン
などを開発

2014年　南本牧ふ頭Ⅳ工区（ＳＩニューマ）

ニューマチックケーソン工法の原理

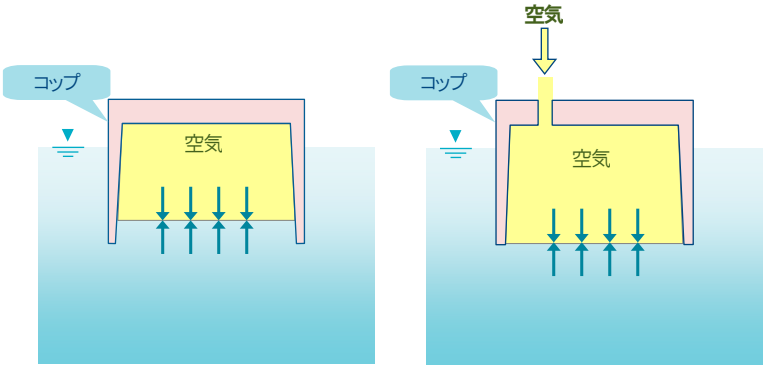
ニューマチックケーソン工法は，内部の空気が逃げないようにコップを逆さまにして水中に押し込んだ状態のように，水の浸入を空気の圧力によって防ぐ原理を応用したものです（右図参照）．
オープンケーソン工法がふたのない筒であるのに対して，ニューマチックケーソン工法は，ケーソンの下部に気密作業室を設け，そこに圧縮空気を送り込んで地下水の浸入を防ぎ，地上と同じ状態で掘削ができるようにしています．
右図で，コップの中がケーソン作業室，コップの先端がケーソンの刃先にあたります．

◆ ケーソン沈下理論

ケーソン沈下力　　W = Wc + Ww
ケーソン沈下抵抗力　　Wr= U + F + Q

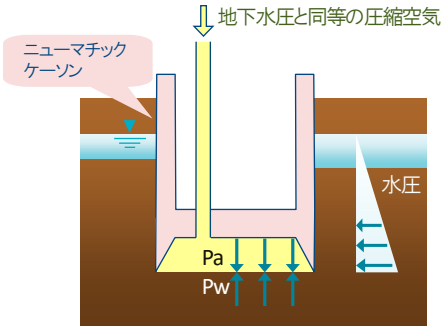
W ＞ Wr のとき沈下

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



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．

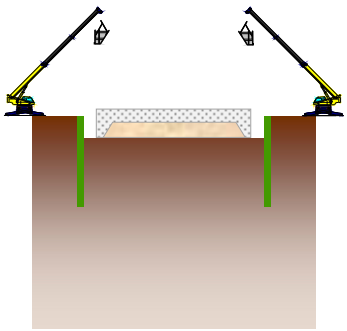


Pw＝Pa ならば…
作業室内に水は浸入しない．
Pw：ケーソン底面位置での水圧
Pa：作業室内の空気圧

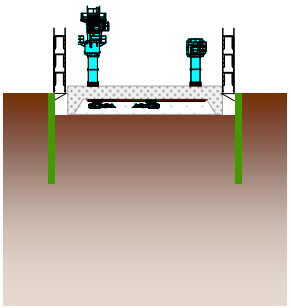
ニューマチックケーソン工法の標準施工順序

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．

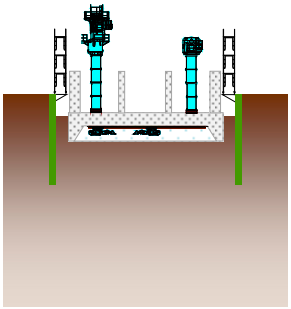
Step1・2
据付地盤拵え工・作業室構築工
ケーソンを据え付ける地盤の不陸を修正し，適度な支持力が確保できるよう据付地盤拵えを行います．
ケーソンの下部に，作業室としての空間を設けます．



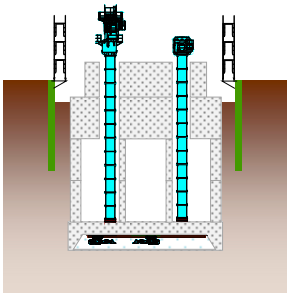
Step3
艤装工
空気圧が作用している作業室への出入りや作業室からの土砂搬出のため，鋼製の円型シャフトとロックを設けます．このシャフトをケーソンの沈下とともに継ぎ足します．



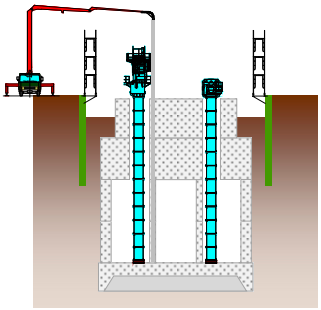
Step4
沈下掘削工→構築工
構築は通常 4m 程度の高さのリフトごとに行い，構築→掘削沈下→構築を順次行い，所定の深さまでケーソンを沈めていきます．



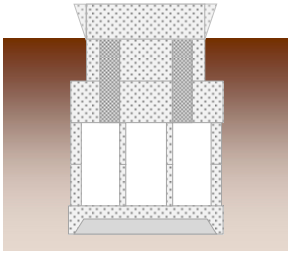
Step5
最終沈下・地耐力試験工
所定の深さまでケーソンが沈下した後，作業室内で地耐力試験を行い，所要の地耐力が得られていることを確認します．



Step6
中埋コンクリート工・艤装撤去工
作業室の設備を撤去し．中埋コンクリートを充填した後に，艤装撤去を行います．



Step7
後構築・完成
ケーソン完成後，各構造物に合わせた構築を行います．



ニューマチックケーソン工法の主要設備

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，掘削設備，排土設備，送気設備，予備・救急・安全設備に大別されます．

空気圧縮機

送気圧力調整装置

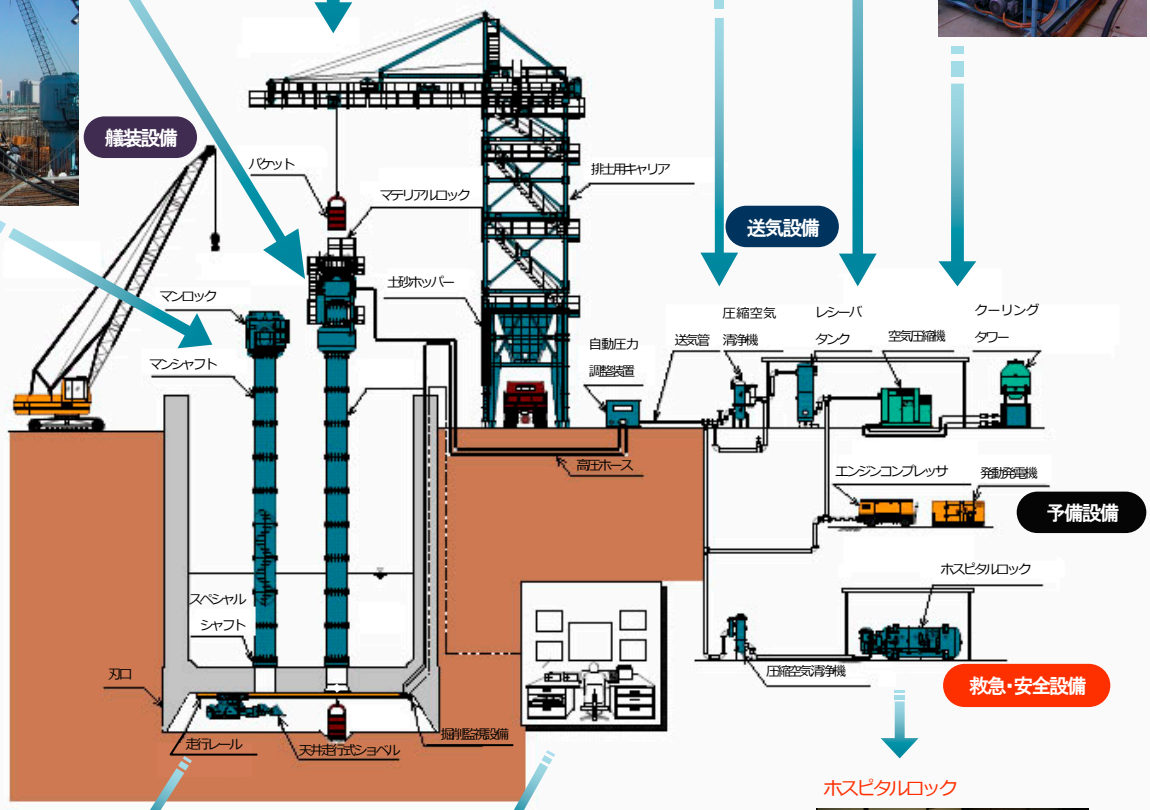
マテリアルロック

ABキャリア

空気清浄機

クーリングタワー

マンロック



ケーソンショベル

地上遠隔操作室

ホスピタルロック

4 ニューマチックケーソン工法の特徴

ニューマチックケーソン工法の優位性

耐震性に優れる
躯体剛性が高く，鉛直方向・水平方向の荷重に対し高い支持機構を有する．

狭隘地施工が可能
他工法と比較し，一般的に基礎平面積を小さくできるため，占有面積を小さくできる．

地下空間を最大限に利用
仮設土留壁を必要とせず，沈下させたケーソンの躯体がそのまま地下の構造（内空容器）となる．

工程短縮が可能
複雑な内部構造もケーソン沈設作業と同時に構築可能である．

高品質・高精度
躯体構築を常に地上で行うため高品質を確保できる．
地盤を直接確認しながら正確な沈設ができる．

井戸涸れがない，周辺地盤を乱さない
地下水を低下させないため周辺地盤への影響が少ない．

地下水脈を遮断しない
仮設土留壁などの不要な根入れを必要としない．

掘削土のリサイクル利用が可能
あらゆる土質（軟弱～硬質）に対応でき，地中の障害物にも容易に対応できる．

特別な補助工法が不要
水上施工（海上，河川，湖）に確実に対応できる．

省力化・工程短縮・コスト縮減・安全性の確保
無人掘削システム・ヘリウム混合ガス呼吸システムにより，大深度掘削を確実に施工することができる．

工程の確実性
施工プロセスが一定（構築→掘削→構築）しているとともに，掘削と構築の併行作業が可能である．

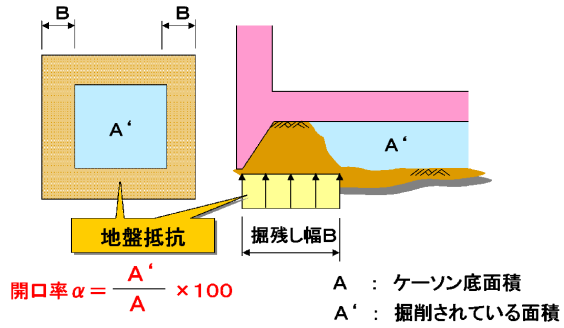
地盤別掘削方法の選択

ニューマチックケーソン工法は，作業室内に間隙水圧に等しい圧縮空気を送気し，ドライな状態で地盤を直視しながら掘削を行います．そのため，あらゆる地盤（粘土，シルト，砂，砂礫，玉石，大玉石混じり砂礫，軟岩，硬岩）への対応が可能です．また，地中障害物も容易に撤去できます．

地質への対応

軟弱地盤への対応
支持力が不足する大型ケーソン初期沈下時や軟弱地盤では，刃口部の土砂を掘り残すことにより沈下抵抗力を確保することができます．また，ケーソンの傾斜に対しても，この掘残し幅を調整することにより，容易に傾斜を修正することができます．

掘り残し状態



大玉石(転石)・岩盤掘削の例

削岩用ドリフター

転石層掘削

削岩用ブレーカ

段発発破

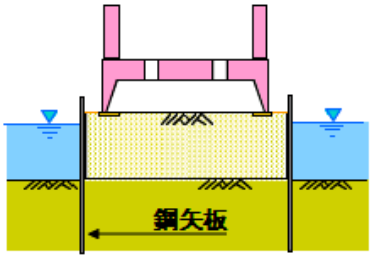
大玉石・軟岩・硬岩への対応
ケーソンショベルのアタッチメントを交換することによって，大玉石，軟岩，硬岩の強度に合わせた掘削方法が選択できます．また，大玉石や軟岩に対する発破作業は函内で行うため，外部への飛石がありません．さらに，段発発破の採用により，振動・騒音等を低減し，周囲への影響を極力小さくすることができます．

障害物への対応
ニューマチックケーソン工法は，旧構造物の基礎等の障害物を作業室内で処理・撤去しながら新設構造物（基礎、地下室等）の築造ができます．

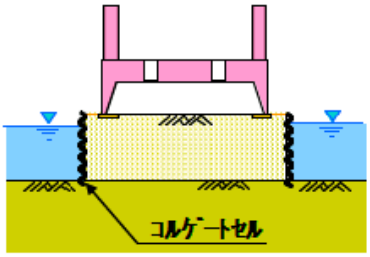
障害物撤去の例

水上施工への対応

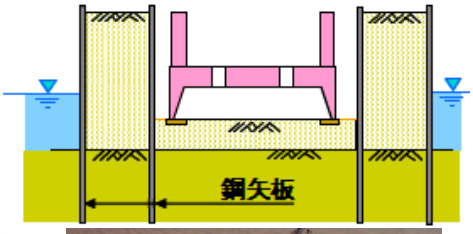
水深が浅い場合　～築島方式～



鋼矢板による一重締切工

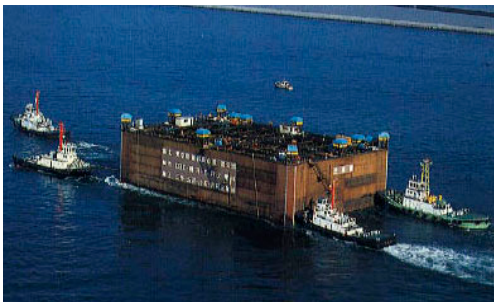


コルゲートセルによる一重締切工



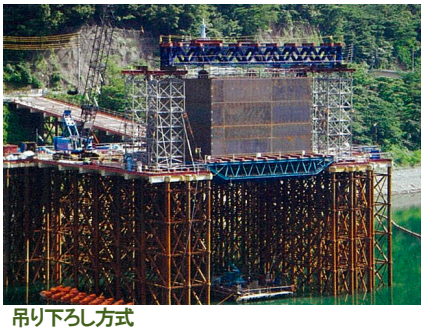
鋼矢板による二重締切工

水深が深い場合　～フローティング方式～



曳航引き込み方式

起重機船による吊り込み方式



吊り下ろし方式

近接･狭隘地への対応

ニューマチックケーソン工法は，地盤を直接確認しながら掘削ができます．また，地下水位の低下がなく，周囲への影響を与えることなく施工できます．さらに，他工法と比べると施工時の必要面積を小さくすることができるため，近接施工，狭隘地施工，市街地施工等あらゆる現場条件に対応できます．

近接･市街地･狭隘地での施工例

鉄道と近接した施工例

高速道路と近接した狭隘地での施工例

鉄道･道路と近接した市街地での施工例

究極のニューマチックケーソン工法
オリエンタル白石のニューマ

オリエンタル白石は，設計支援システム，ロボット技術および環境対応技術を最大限に活用して，ニューマチックケーソンの合理的な構造決定と，安全と環境に配慮した究極の省力化，すなわち施工の無人化技術を確立しました．これを，Super Intelligent Pneumatic caisson　＝　SI ニューマ　と名付けました．

設計技術

正確な設計と豊富な実績をもとにした
性能設計・解析技術を確立

メリット

・合理的な基礎構造の設計を実現
・大深度になるほど大幅なコスト縮減を実現

●●●● 合理的な設計支援システム P.8

「ケーソン設計支援システム」をはじめとして，豊富な実績をもとに開発した設計システムにより，合理的なニューマチックケーソンの構造を提案します．

●●●● 性能設計時代の設計解析技術 P.8

「性能設計」とは，自由度が高い反面，高度な技術力と豊富な経験を必要とします．オリエンタル白石は，「構造解析技術」や「地盤解析・実験技術」など，多様な保有技術を活かして，性能設計時代のニーズにお応えします．

施工技術

ＩＴを駆使したロボット技術を進展させた
完全無人化技術

メリット

・超大深度でも，効率的で安全な施工が可能
・遠隔操作により高気圧下における特殊な作業が不要

●●●● ケーソン遠隔操作技術 P.9

今まで有人で行ってきたケーソンショベルの組立・解体やメンテナンス作業を，地上からロボットを遠隔操作して行うことにより，作業の完全無人化を目指します．

●●●● 沈設管理技術 P.9

ケーソン遠隔操作技術の一つで，ケーソン沈設に関するすべての情報を計測室で集中管理する技術です．

●●●● 大深度有人作業技術 P.10

「ヘリウム混合ガス呼吸システム」は，水面下 70m（理論作業気圧 0.7Mpa）までの高気圧作業を安全に施工できるシステムです．これは無人化施工のバックアップシステムです．

環境技術

騒音対策や漏気対策など，
周辺環境に配慮した環境対応技術を確立

メリット

・騒音低減や急激な沈下防止による振動の抑制により，都市部や規制の厳しい地域での適用性が向上
・漏気による地下水や井戸水の水質汚濁を防止

●●●● 環境（騒音）対応技術 P.11

ワイヤーボックスの漏気音やマテリアルロックの排気音など発生音源に対して効果の高い充実した設備で対応し，騒音レベルの低減を実現しました．また，実施工における騒音レベルを数値的に把握・提案することが可能です．

●●●● 振動防止技術 P.11

ケーソン施工による振動の主な原因となる急激な沈下を抑制し，沈下量をコントロールすることにより振動を防止する技術です．

●●● 函内水位制御技術 P.11

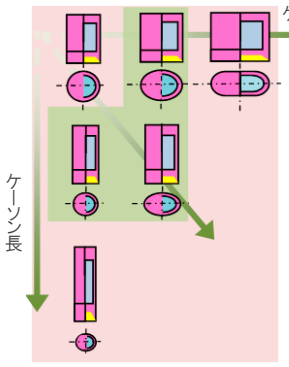
刃口からの漏気が生じないよう，函内の水位をコントロールするためのシステムです．超音波距離計で測定した函内水位や躯体の傾斜などの情報を処理し，自動圧力調整装置が送気圧を制御することで，函内水位を適正位置に調整します．

合理的な構造決定ツール
ケーソン設計支援システム

*ケーソン構造物の自動設計装置　　特許第 4996975 号

ケーソン設計支援システム

ケーソンの最適形状を算出することができ，合理性の高いケーソン形状を算出できます．



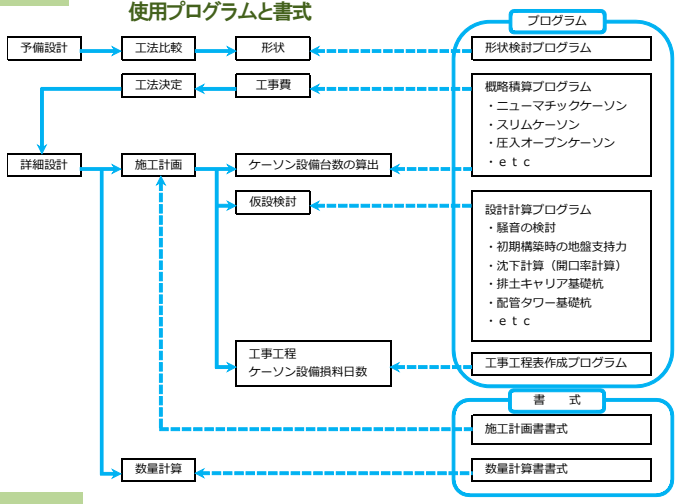
① 設計基準を満足する基礎の大きさを，いくつかのケースで計算

② 環境条件にも配慮し，コストパフォーマンスのよい基礎形状を抽出

③ 抽出した基礎の中から安全性を考慮し最適形状を決定

最適構造決定プロセス

使用プログラムと書式

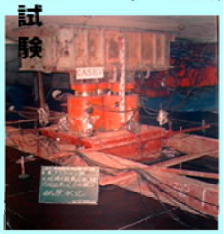


地盤解析･実験技術

ニューマチックケーソンは作業室天井スラブにより大きな反力が得られるため，大規模な地盤の載荷実験が可能です．
写真は，載荷重２０MN，１辺が 1.3mの正方形の世界最大級の大型平板載荷試験状況です．載荷板寸法を種々変化させた載荷実験から設計式の支持力係数について寸法効果を解析的に検討しました．この成果は，道路橋示方書・下部構造編や日本道路公団設計要領の改訂に採用されています．

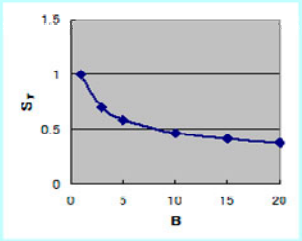
載荷試験

日本道路公団　東名足柄橋
載荷重20MNクラスの
ケーソン内大型平板載荷試験



65MN：油圧ジャッキ3台

地盤	CASE	載荷板 平面寸法 B(m)×L(m)	実施最大 載荷重 (tf)
A	Ⅵs	0.3×0.3	83
	Ⅳ	0.7×0.7	729
B	Ⅵs	0.3×0.3	115
	Ⅰ	0.4×0.4	560
	Ⅱ	0.4×1.2	300
	Ⅲ	0.4×2.0	840
C	Ⅵs	0.3×0.3	150
	Ⅴ	－	1950



支持力係数の寸法効果に関する補正係数（SγとＢの関係）

$$S_\gamma = (B^*)^{-\frac{1}{3}}$$
$$S_c = (c^*)^{-\frac{1}{3}}$$
$$S_q = (q^*)^{-\frac{1}{3}}$$

地盤調査 → 解析 ＜設計式の提案＞

成果
- 道路橋示方書Ⅳ下部構造編
- 日本道路公団設計要領 第二集

直接基礎の支持力係数の寸法効果

$$Q_u = A_e\{\alpha kcN_cS_c + k_qN_qS_q + \frac{1}{2}\gamma_1\beta B_eN_\gamma S_\gamma\}$$

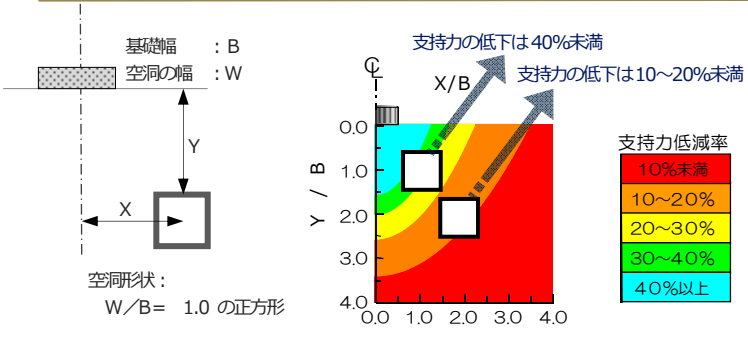
寸法効果

性能設計に対応した設計技術

琉球石灰岩などの空洞を有する地盤の支持力を迅速かつ合理的に算出できます．空洞位置による支持力への影響を多くの FEM 解析により求め，設計の便宜化を図るため空洞位置による支持力低減率をチャート化しました．

石灰質地盤の空隙と空洞

FEMによる石灰質地盤の支持特性の解析

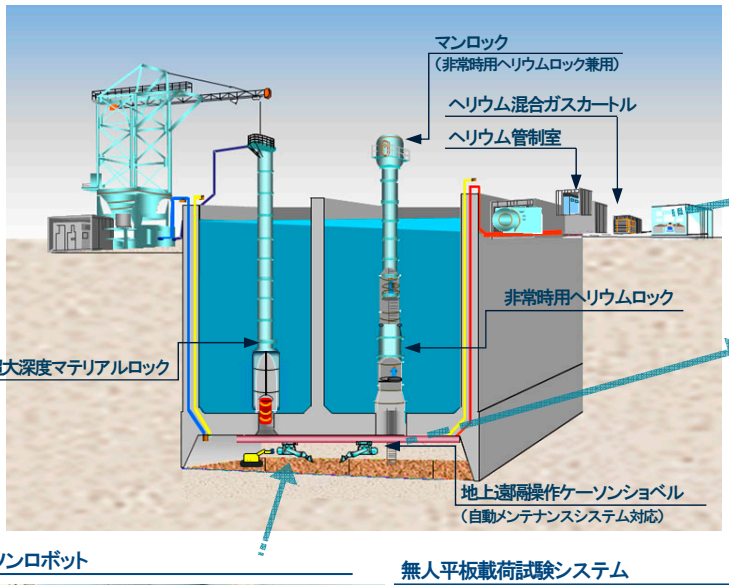


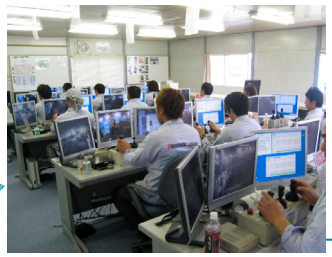
ニューマチックケーソンの完全無人化技術

ケーソン遠隔操作技術

*白石式無人ケーソン工法　NETIS 登録 No.KT-990443-V
*ニューマチックケーソン作業室内機器の自動点検方法及び点検装置　特許第 4198526
*載荷計測装置及び遠隔操作による平板載荷装置　特許第 3712293

ケーソン遠隔操作技術は，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す．さらに，ケーソンショベル自動メンテナンスシステム，ケーソンロボットによる函内作業，無人平板載荷試験システムなど，完全無人化に向けた技術開発を進めています．



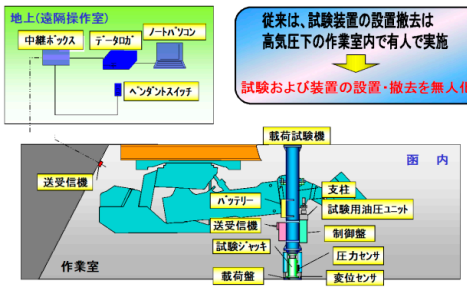

地上遠隔操作室・計測室

作業室内掘削状況

ケーソンロボット

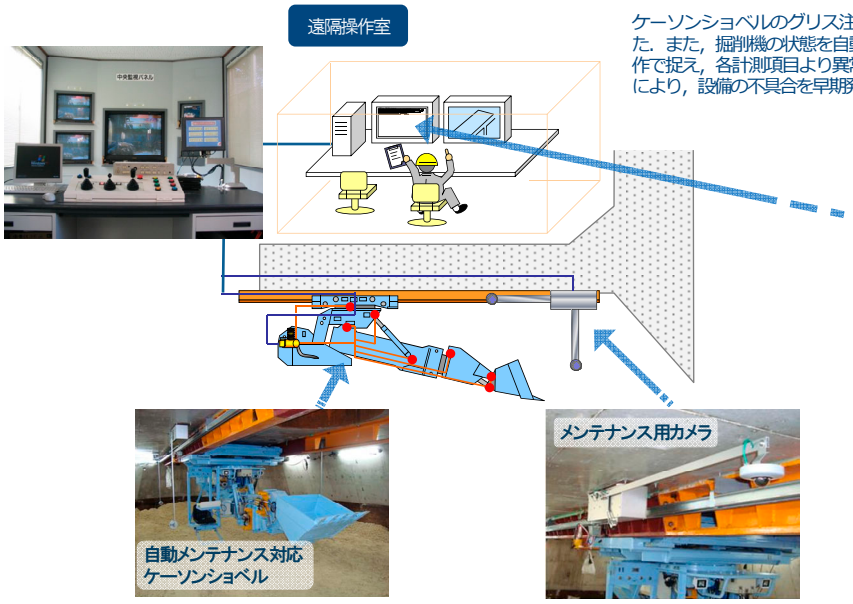
ケーソンショベル解体状況

無人平板載荷試験システム



無人載荷試験状況

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．

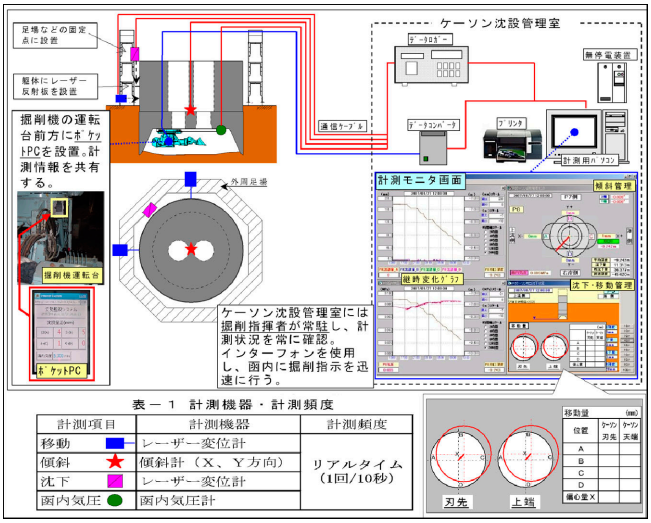
自動メンテナンスモニター

計測項目
- 作動油油温
- 作動油レベル
- 台車油圧
- ブーム油圧
- 電流値
- 自動給脂状況
- 稼働時間

メンテナンス用カメラ映像
- ショベル故障個所の特定
- 作業室内設備の状況確認

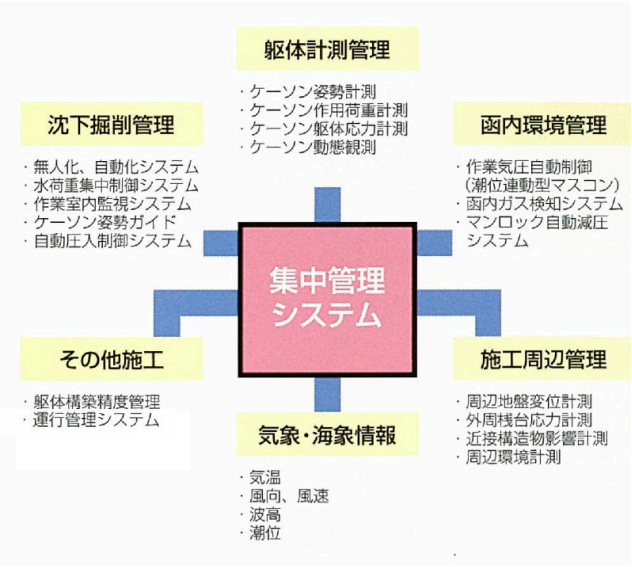
沈設管理技術

「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します．この情報を総合的に評価・判断することにより，ケーソンの状況に応じた迅速・適切な対応が可能です．本システムの導入により，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．



集中管理概要図

*ニューマチックケーソン沈下掘削方法　特許第 3056157



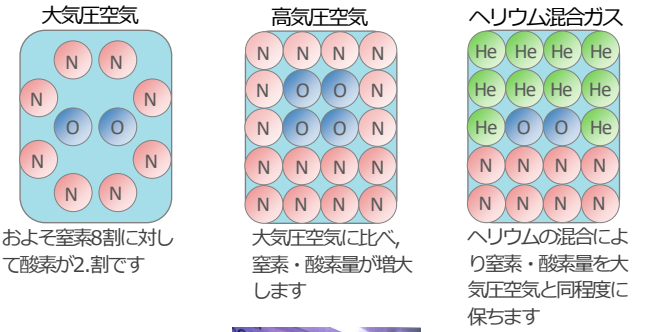
沈設管理（集中管理状況）

高気圧下での安全な有人作業技術
ヘリウム混合ガス呼吸システム

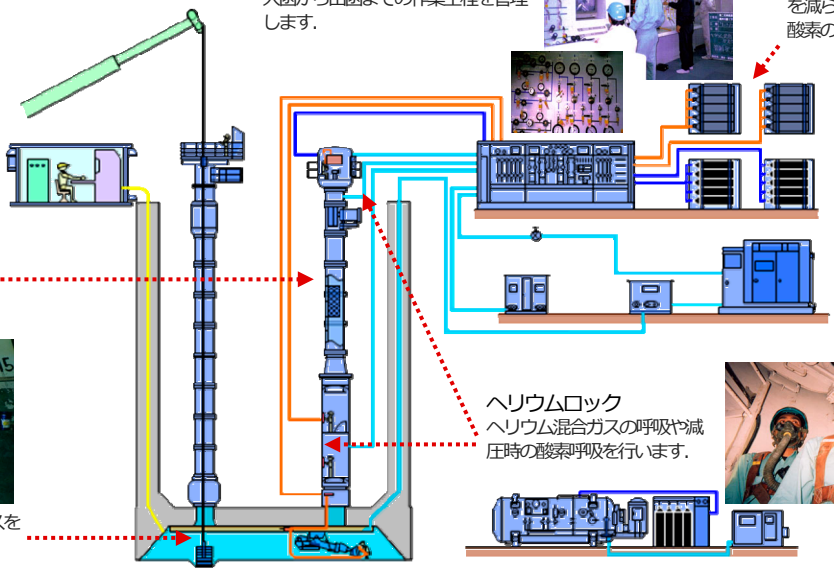
「ヘリウム混合ガス呼吸システム」は，深海潜水技術を応用したもので，呼吸ガスとしてヘリウム・酸素・窒素の三種混合ガスを用います．さらに，減圧時に酸素呼吸を併用し，体内に溶け込んだ窒素の体外排出を促進させて減圧症の発症を防止します．
この技術は，ケーソン無人化技術のバックアップシステムとして．函内設備の故障等に対応するためのものです．

*大深度圧気潜函における呼吸システム　特許第 3617641

ニューマチックケーソンの作業気圧



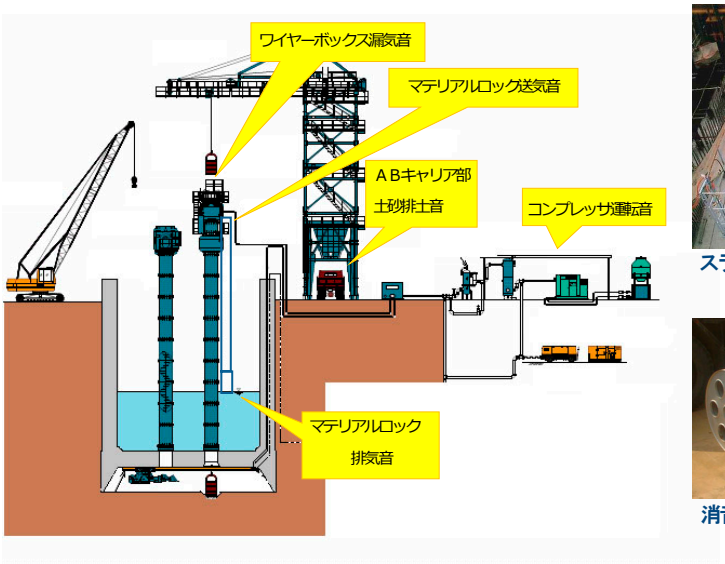
設備図

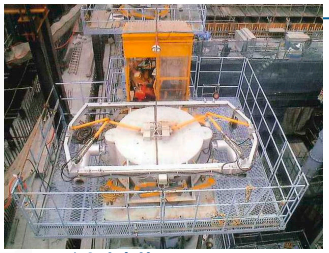


騒音・振動対策

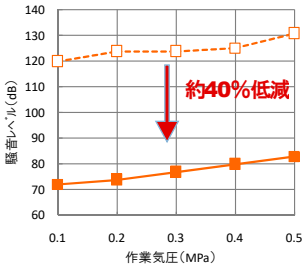
*ニューマチックケーソンにおけるマテリアルロックの
消音方法及び防音装置　特許第3816069

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．さらなる騒音対策を必要とする住宅地における立坑工事などでは，立坑全体を防音ハウスで囲い施工することもできます．



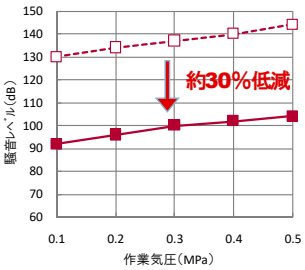

スライド式消音装置

ワイヤーボックス漏気音の対策と効果



消音マフラー

マテリアルロック排気音の対策と効果

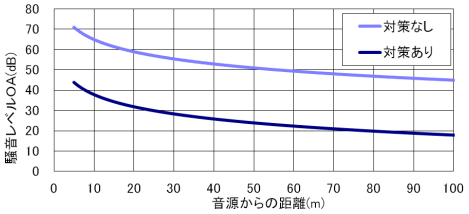


防音ハウスによる騒音防止対策

防音ハウス内施工

コンプレッサ防音ハウス

■防音ハウスにより騒音を抑制することが可能です．
立坑全体を囲む場合とコンプレッサだけを囲む場合があります．



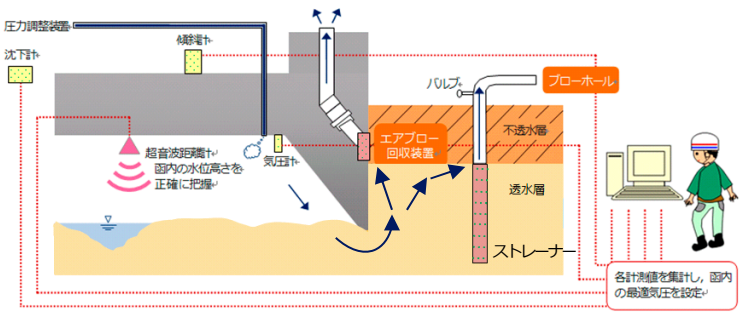
ケーソン沈下時の振動防止対策

オーガ削孔状況

■ケーソンの沈設過程において，地質によってはケーソンが急速に沈下し，同時に振動を伴う場合があります．この現象を防止するため，辺部の刃口下をオーガにて所定の間隔で削孔し，ケーソンが急速に沈下する際の沈下量を制御し，地盤に伝わる振動を抑制します．

エアブロー防止対策

ニューマチックケーソン工法において，ケーソン刃口からのエアブロー発生の原因は，作業室内の過剰な圧縮空気によるものです．これは，作業室内部の適切な作業気圧管理で防止しています．万が一エアブローが生じた場合，沈設地盤が酸欠層やメタンガスといった有害ガスを含む地層では，エアブローの影響が周囲におよぶことが考えられます．この影響を防ぐため，ケーソン直近でブローしたエアを回収する対策を実施しています．



狭隘箇所での施工・重要構造物の近接施工

スリムケーソン工法

*スリムケーソン工法　　特許第 3908747 号

ニューマチックケーソン工法の狭隘地での施工を可能とする新たなバリエーションとして，小断面ケーソン（φ5.0m～φ7.0m）に無人掘削システムを採用し，さらに専用のロック，シャフトを用いて，大幅な工期短縮，コストダウン，施工の確実性・安全性を確保したスリムケーソン工法を開発しました.

スリムケーソン工法の特徴

・狭隘地や既設構造物に近接した工事に最適です.

・φ7.0m以下の小断面ケーソンに対応した小型無人掘削機により，地上遠隔操作による無人掘削が可能です.

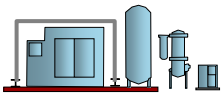
・専用のロック・シャフト（ペアロック・ペアシャフト）により，効率的な土砂搬出と安全な作業員の入出函が可能です.

・通常シャフトの上部に設置するマンロック・マテリアルロックを下部に設置することで，低重心化となり安定性を確保します.

・建設現場で発生する騒音を低減する消音設備により，周辺への騒音対策も万全です.

・小断面に対応するヘリウム混合ガス呼吸システムにより大深度（W.L.-40m 以深）の施工も可能です.

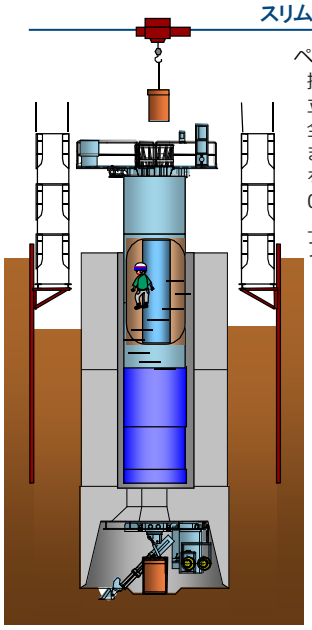
地上遠隔操作室



送気設備
(空気圧縮機)

スリムケーソンショベル

スリムケーソン工法 概念図



ペアロック・ペアシャフト
排土通路と人員の入出函部が独立した構造となり，作業性と安全性が飛躍的に向上しました.
また，ケーソン形状や作業効率を勘案してアースバケット容量 0.5m³と1.0m³(躯体φ5.5m以上)に対応したペアロック・シャフトを選択できます.

スリムケーソンの適用例

スリムケーソン工法は，杭基礎や鋼管矢板基礎と比べ，同一荷重条件で基礎の断面積を最も小さくでき，狭隘地での施工や近接施工が可能です.

海上での橋梁基礎

高架橋桁下での施工

線路に挟まれた狭隘地での施工

首都高速道路の橋梁基礎

地下水流動保全を考慮した地下構造物の構築技術
Eco-ケーソン工法

*Eco-ケーソン工法　　特許第 3866757 号

都市再生のための貴重な空間である地下空間の利用にあたっては，利便性の確保とともに環境に対する適切な配慮が必要です．特に地下水流動を遮断すると，地下水位低下や上昇により既設構造物に影響を与えるため，地下水流動保全の技術が要求されます．当社は，ニューマチックケーソン工法を用いることで，地下水流動を遮断することなく地下構造物を構築できる「Ｅｃｏ－ケーソン工法」を提案します．

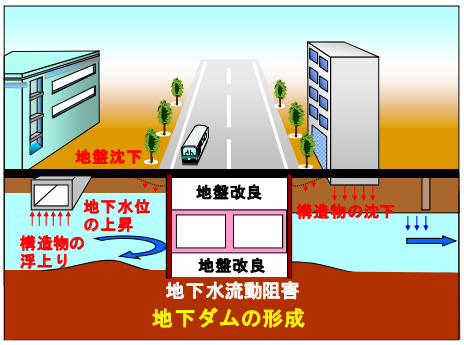
Eco-ケーソン工法の優位性

開削工法の問題点

・施工時において地下水対策（排水工法，地盤改良など）を併用するため，井戸枯れ・地盤沈下・水質汚濁等の環境問題を引き起こす恐れがあります．

・土留壁のほとんどが工事完了後，地中に残置されるため，鉄道や道路のように長大線状構造物が建設されると，従前の地下水流の循環を遮り，広範囲に影響を及ぼす恐れがあります．

・開削工法の問題点を解消するため，通水盤や通水管を用いた通水連壁が提案されていますが，これらにもまだ課題は残されています．



開削工法案

Ｅｃｏ-ケーソン工法が解決！

本体構造物以外に遮断するものが無い(残存土留壁が無い)

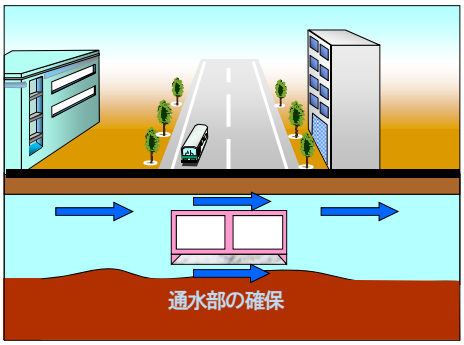
開削工法のような残存土留壁が無いため，地下水流の遮断範囲が最小限で済みます．

施工時に地下水位の変動が無い

本体構造物下部に設けた作業室に，地下水圧と同等の圧力の空気を送り込み，地下水の浸入を防ぎながら掘削する工法であるため，施工時に地下水位の変動がありません．

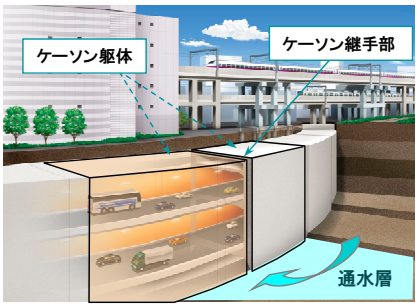
水質汚濁が無い

遮水壁が不要で薬液注入も行なわないため掘削や薬液注入・溝壁安定液の逸泥による水質汚濁がありません．



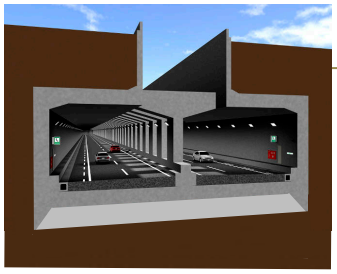
Eco-ケーソン工法案

Eco-ケーソン工法の適用例



埼京線北与野･大宮間
高速埼玉東西連絡道

首都高速大宮線の JR 東北・上越新幹線および埼京線と交差する部分において，6 基のケーソン（延長 222m）を連続して同時に沈設することで，道路トンネルを築造した工事です．ケーソン沈設後，ケーソン間を連結，一体化しています．高度な情報化施工の導入により，重要構造物との近接施工を可能にしました．



外郭環状自動車道
国分地区試験工事

トンネル（半地下構造物）を築造する工事で，地下水流動保全対策として，同 60m 区間をニューマチックケーソン工法で施工しました．本工事で収集した施工時の計測データを，次計画に反映する目的もありました．

汚染土壌を原位置で封じ込める
ジオリフレケーソン工法

工場や病院等の建替えや廃止に伴い，土壌汚染の問題が顕在化しています．土壌調査の結果，基準値を上回る汚染が認められれば，汚染土の処理浄化など必要な措置を講じなければなりません．当社では，この汚染土壌対策として，ニューマチックケーソン工法の特性を生かした原位置処理方法「ジオリフレケーソン工法」を提案します．

ジオリフレケーソン工法の特徴

①建設現場から汚染土壌を搬出しません．

②施工に伴う汚染物質の拡散を確実に防止できます．

③地下施設あるいは基礎の施工と汚染土の封じ込めを同時に行うため，工事費と工期が大幅に短縮できます．

④一般に行われている高価な土壌浄化工法を必要としません．

⑤ケーソン躯体内に封じ込めた汚染土は，安価な浄化方法（フラッシング工法やバイオレメディエーション工法）により一定期間内に浄化することも可能です．

ジオリフレケーソン工法の施工手順

Step1
作業室構築
据付地盤を整地し作業室を構築する

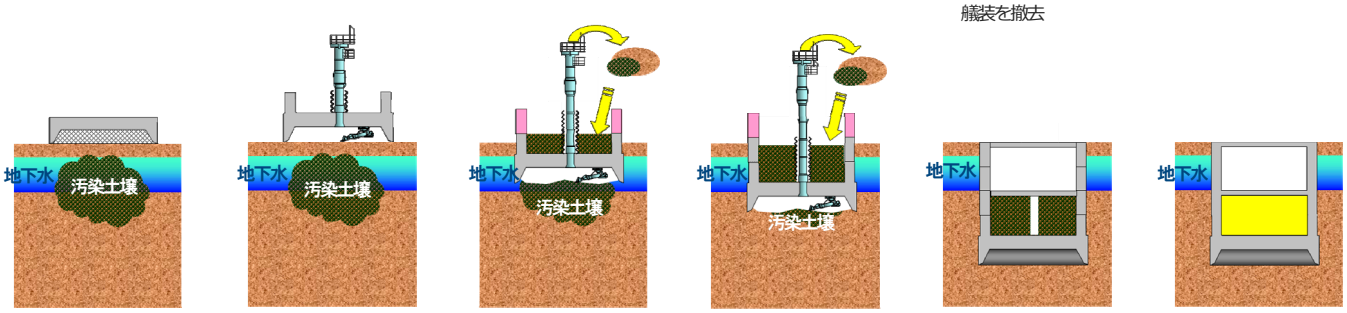
Step2
艤装
艤装（ロック・シャフト類）及びケーソンショベルを設置する

Step3
掘削工
掘削した汚染土壌を封じ込める

Step4
掘削構築
掘削沈下・構築を繰り返す

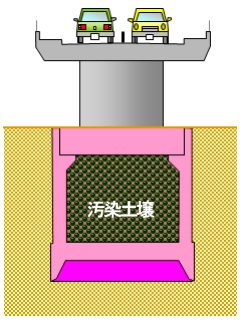
Step5
沈下完了
函内掘削機を撤去した上で，中埋めコンクリートを打設し，艤装を撤去

Step6
汚染土壌浄化
汚染土壌の封じ込め終了後，土壌浄化も可能

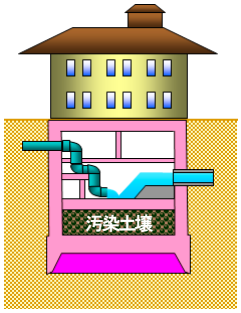


ジオリフレケーソン工法の適用例

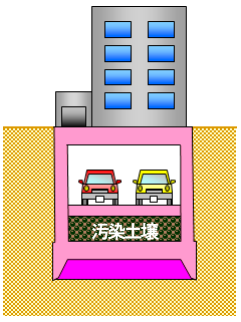
橋梁基礎



下水処理場・工場等



地下室・地下駐車場等

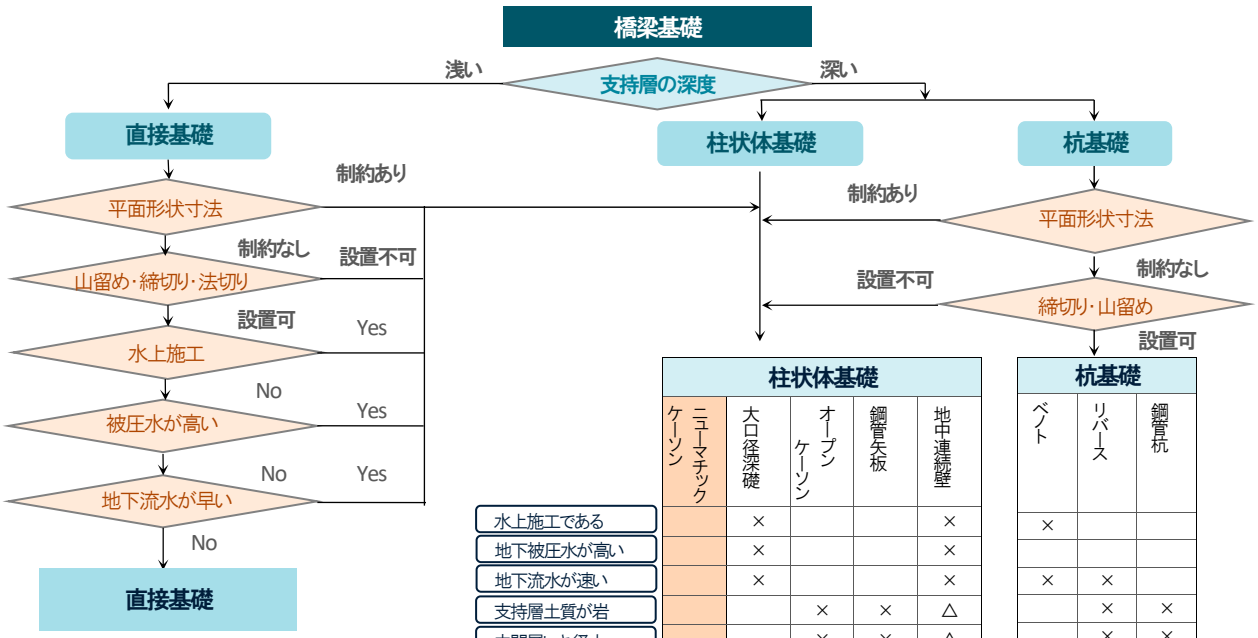


6 ニューマチックケーソン工法と他工法の比較

構造物築造における工法選定に当たっては，構造物としての機能を満足するだけでなく，施工の確実性・安全性，周辺環境への配慮，工程・工費などを総合的に判断して決定する必要があります．深い地盤における地下構造物では，多くの場合でニューマチックケーソン工法が他の工法と比較して有利になります．

基礎工法の選定

橋梁基礎工法の選定にあたっては，形状や現場条件などから最適な工法が決定されます．
平面形状の制約条件から柱状体基礎の適用範囲は広く，また，現場の地盤および施工条件の適合性において，ニューマチックケーソン工法が有利になる事例は多くあります．



	柱状体基礎					杭基礎		
	ニューマチックケーソン	大口径深礎	オープンケーソン	鋼管矢板	地中連続壁	ベノト	リバース	鋼管杭
水上施工である		×			×	×		
地下被圧水が高い		×			×			
地下流水が速い		×			×	×	×	
支持層土質が岩			×	×	△		×	×
中間層レキ径大			×	×	△		×	×
硬質粘土層			△			△		△
作業空頭が低い				×	×			×
支持層60m以上	△	×	△	△	△	×		△

基礎の選定で優位となる諸条件

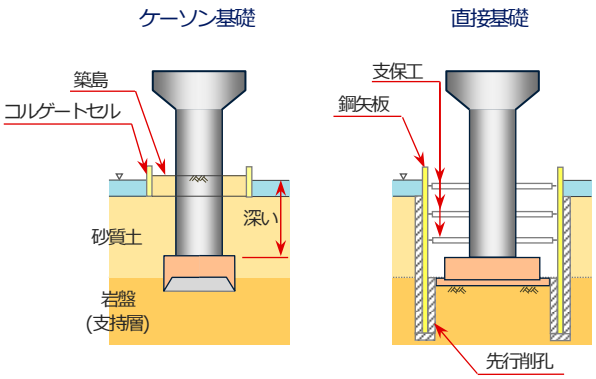
以下に示す条件の場合は，ニューマチックケーソン工法が他の基礎工法や構造と比べて優位となる場合が多くあります．

■：ニューマチックケーソンが優位となる条件
■：ニューマチックケーソンが優位となる理由

vs 直接基礎

- ■ 施工時完成時における平面的な制約がある場合
- ■ 土留め工の施工が大規模となる場合．（掘削床付け深さが深くなる，根入れ長が長くなる等）

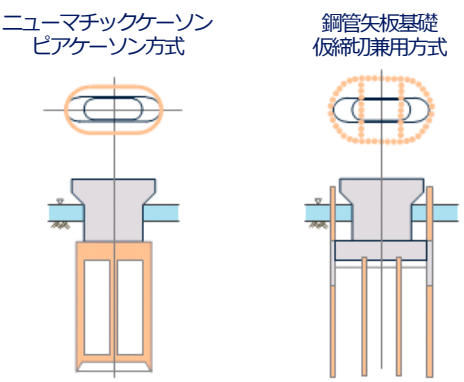
- ■ 土留め工が不要である
- ■ 基礎形状を小さくできる
- ■ 近接施工による影響（土留めの変形に伴う）の心配がない
- ■ 地下水によって引き起こされるヒービング，ボイリング，盤ぶくれ等の対策が不要となる



vs 鋼矢板基礎

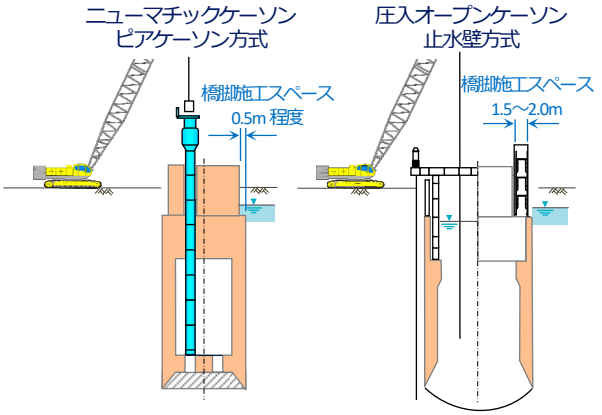
- ■ 平面形状を小さくしたい場合（安定計算で底面支持が形状の決定要因，基礎寸法が制約を受ける等）
- ■ 硬質地盤や 100mm 以上のレキ・玉石が存在する土質条件
- ■ 側面地盤，床付け地盤が軟弱な土質条件
- ■ 水深が深い

- ■ 基礎形状を小さくできる（0.7～0.5 倍程度）
- ■ 近接施工による影響（土留めの変形に伴う）の心配がない
- ■ 矢板の変形や残留応力の増大に伴う補助工法が不要となる
- ■ あらゆる土質に適応できる



vs オープンケーソン

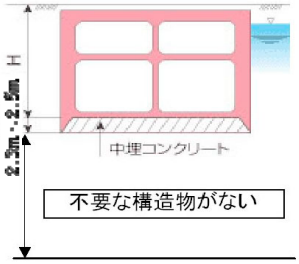
- 基礎と橋脚の寸法に余裕がない場合
- 渇水期施工による工程制約がある場合
- N 値が大きな粘性土，締まった砂，砂礫，玉石，転石，岩盤が存在する場合 ⇒ 刃先抵抗力が大きいため，先行削孔砂置換杭などの補助工法が必要
- 基礎形状を小さくできる
- 沈設時に頂版・橋脚を同時に施工するピアケーソン方式の採用が可能
- 掘削と構築の併行作業が可能
- 掘削はドライな空間で行うため，刃口下の確実な掘削が可能 ⇒ 補助工法が不要



開削工法との比較で優位となる諸条件

- 地中の構造物深度は，常に「必要深度(H)＋刃口高(標準 2.3～2.5m)」で良い
- 仮設土留壁などの不要な根入れを必要としない ⇒ 地下水脈を遮断しない(地下水流動保全)
- 仮土留壁を必要とせず，沈下させたケーソン躯体が地下構造躯体となる ⇒ 地下空間を最大限に利用
- 躯体構築は常に地上で行うため良好な躯体品質を確保できる
- 複雑な内部構造もケーソン沈設作業と同時に構築可能である
- 地下水位を低下させないため井戸枯れや周辺地盤を乱さない ⇒ 近接施工に対応
- 地盤を直接確認しながら正確な沈設ができる
- あらゆる土質（軟弱～硬質）に対応でき，地中の障害物にも対応できる
- 施工時の占有面積を小さくできるため，狭隘地施工が可能である
- 施工プロセスが一定（構築⇒掘削⇒構築）しているため，工程が確実である
- 掘削と構築の併行作業を導入することができるため，工程短縮を図ることができる
- 無人ケーソン工法，ヘリウム混合ガス利用無人ケーソン工法により，大深度施工にも確実に対応でき，かつ掘削深度増加に伴う掘削単価増加が少ない
  （開削工法では掘削深度 H が深くなるにつれて，土留壁は高い剛性と強固な土留支保工が必要，特に掘削深度が 30m を超えるとその傾向は顕著となり，工費工期が急激に増加する）

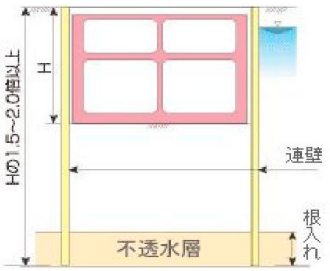
ニューマチックケーソン工



vs 開削工法

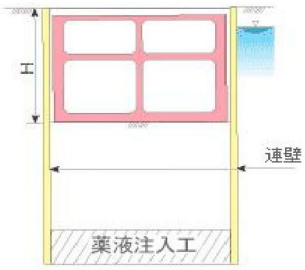
土留壁工（不透水層へ根入れ）

- 土留壁を不透水層に根入れするが，不透水層の深度が深く，土留壁長が掘削深度Hに対し 1.5～2.0 倍程度以上になる場合
- 地盤安定（盤ぶくれ・ヒービング・ボイリング）対策のため上記同様に土留壁長が長くなる場合
- 掘削深度 H＝20～25m 程度以上から比較対象となる
- 土留壁により構造物下層の地下水脈を遮断してしまうため地下水流動保全に問題が生じる場合



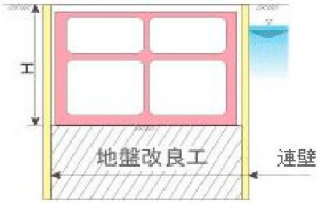
土留壁工＋薬液注入工

- 掘削底面下に不透水層が存在しないため，地盤安定に対し，薬液注入工により人工的に不透水層の築造が必要となる場合
- 薬液注入工の必要性がある場合は，掘削深度 H=10m 程度からでも比較対象となる



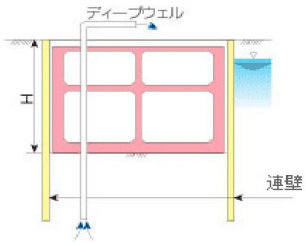
土留壁工＋地盤改良工

- 掘削底面下に不透水層が存在しないため，地盤安定に対し，掘削床付け直下の地盤改良工を必要とする場合
- 近接施工対策等で土留壁の変位を抑制するため，掘削底面や先行地中梁等の地盤改良工を必要とする場合
- 地盤改良工の必要がある場合は掘削深度 H=10m 程度からでも比較対象となる



土留壁工＋ディープウエル工

- 掘削底面下に不透水層が存在しないため，補助工法としてディープウェルによる地下水低下を併用すると土留壁長は短くなるが，ディープウエルにより周辺地盤の圧密沈下や井戸枯れ等の影響が懸念される場合（採用不可）
- ディープウエルの採用が可の場合は，排水処理費や影響対策工を含めた比較となり，その工費工期が増大する場合



多様化したニーズに高度な技術で応える 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は，その特徴である地下構造物としての信頼性や工費・工程の確実性に加えて，大深度への適用性や環境保全の面でも高く評価され，橋梁基礎構造物だけでなく，多様化する地下構造物の築造工法として用いられています．橋梁基礎をはじめとする各種地下構造物のニーズは，大深度化・大規模化・複雑化してきていますが，これらの設計から施工に至るまでの様々な課題をニューマチックケーソン工法が解決します。

橋梁基礎の例

長大橋基礎

レインボーブリッジ

女神大橋

名港トリトン

橋梁基礎

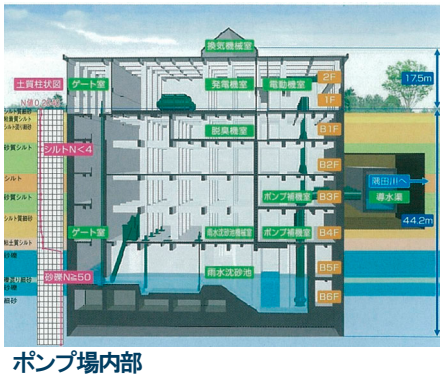
阿賀野川橋

南本牧ふ頭連絡臨港道路（Ⅵ工区）

牧港高架橋

地下容器の例

地下ポンプ場

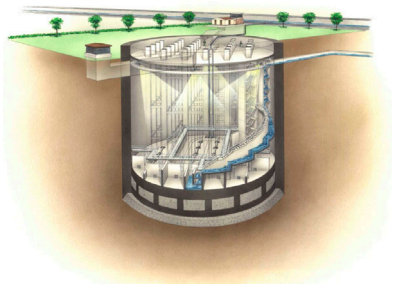


ポンプ場内部

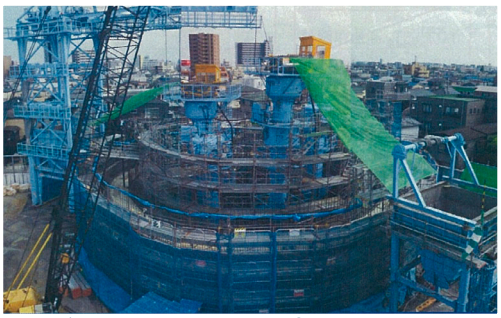
東尾久ポンプ所

千住関屋ポンプ所

地下調整池



調整池内部



わらび公園北町一丁目地下調整池

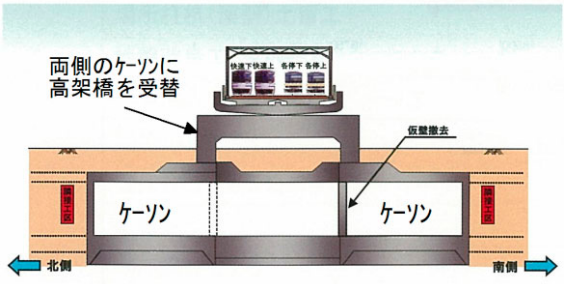
川越調整池

立坑

逢坂会所発進立坑

第二溜池幹線発進立坑

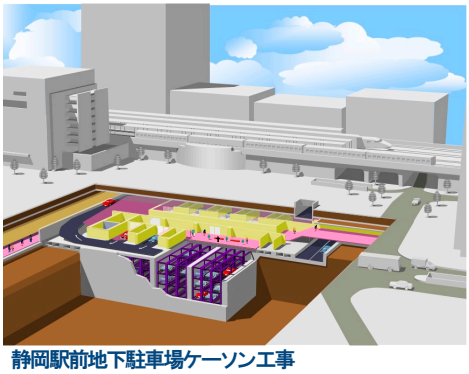
地下トンネル



JR総武線市川・本八幡間外環ニ道橋

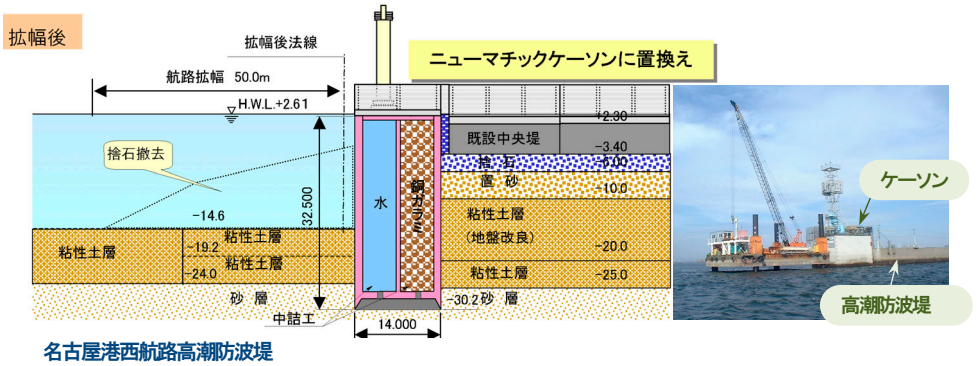
新若戸道路トンネル

地下駐車場・建築地下室



静岡駅前地下駐車場ケーソン工事

港湾・エネルギー施設の例



名古屋港西航路高潮防波堤

川崎火力発電所取水口ケーソン工事

オリエンタル白石株式会社

https://www.orsc.co.jp/

本社	〒135-0061	東京都江東区豊洲五丁目6-52	TEL 03-6220-0630	FAX 03-6220-0634
北海道営業支店	〒060-0031	北海道札幌市中央区北一条東1-2-5	TEL 011-241-5625	FAX 011-251-7449
東北支店	〒980-0014	宮城県仙台市青葉区本町2-16-10	TEL 022-222-4691	FAX 022-266-4583
北陸営業支店	〒950-0088	新潟県新潟市中央区万代1-3-7	TEL 025-243-4737	FAX 025-241-2901
東京支店	〒135-0061	東京都江東区豊洲五丁目6-52	TEL 03-6220-0650	FAX 03-6220-0651
名古屋営業支店	〒460-0008	愛知県名古屋市中区栄2-3-6	TEL 052-202-3002	FAX 052-202-3009
大阪支店	〒550-0002	大阪府大阪市西区江戸堀1-9-1	TEL 06-6446-0243	FAX 06-6446-2047
広島営業支店	〒730-0013	広島県広島市中区八丁堀4-4	TEL 082-502-2050	FAX 082-502-2160
四国営業支店	〒770-0942	徳島県徳島市昭和町1-11	TEL 088-654-9671	FAX 088-623-4053
九州支店	〒810-0001	福岡県福岡市中央区天神4-2-31	TEL 092-761-6931	FAX 092-741-3651
沖縄営業支店	〒901-0146	沖縄県那覇市具志1-1-11	TEL 098-851-3701	FAX 098-851-3705
技術研究所	〒321-4367	栃木県真岡市鬼怒ケ丘５	TEL 0285-83-7921	FAX 0285-83-0021

2024.03.01