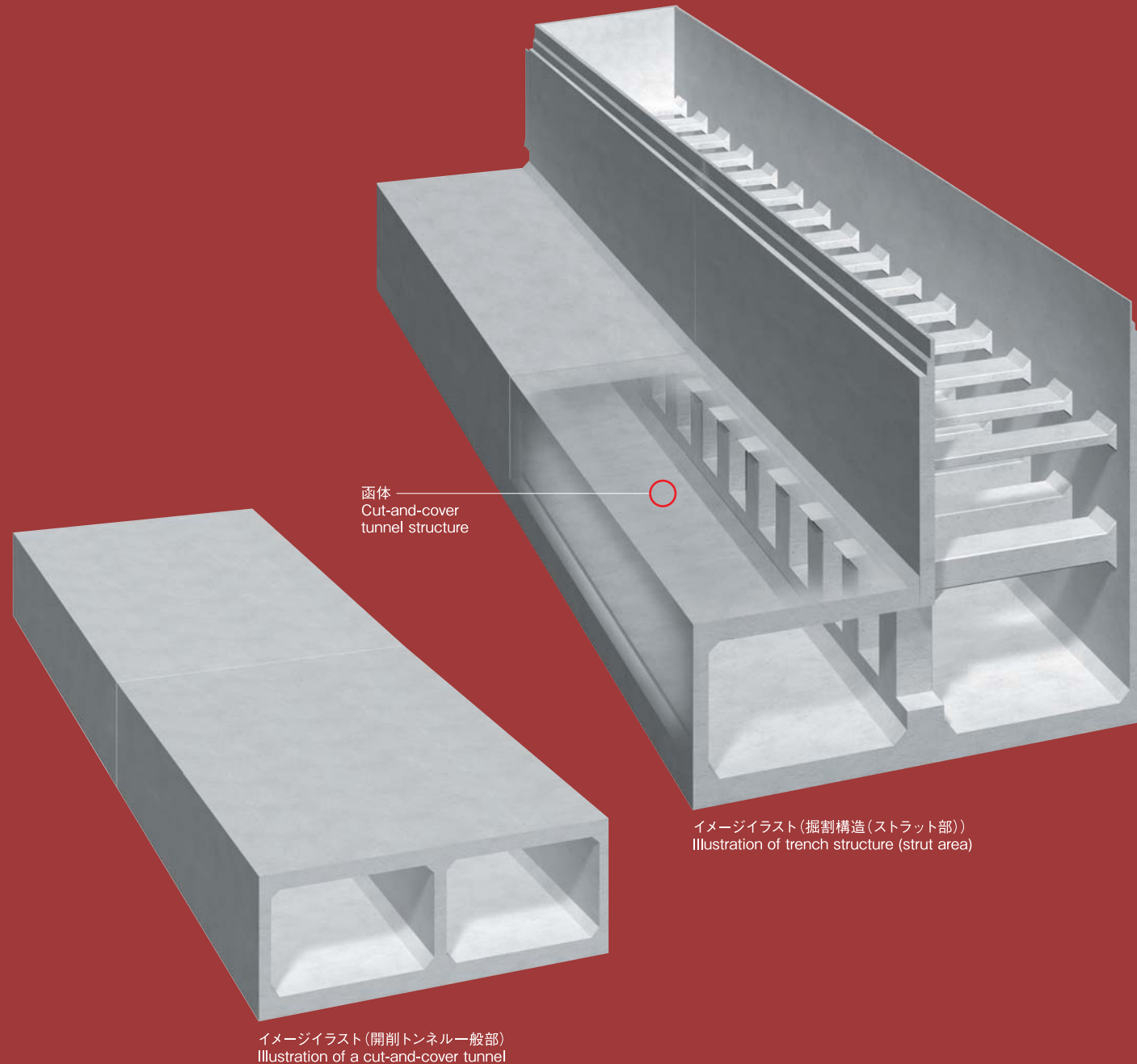


# 開削工法

Cut-and-Cover Tunneling Method



# 騒音・振動の低減など、市街地の生活環境に配慮しています。

Accommodating the environmental concerns of residents of adjacent urban areas:  
Adopting low-noise/low-vibration construction methods



函体の完成状況例 Completion of cut-and-cover tunnel structure



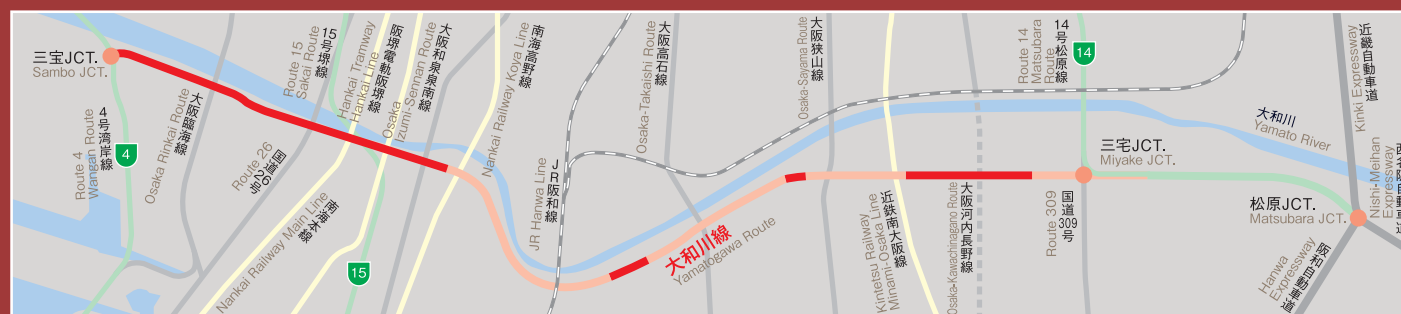
土砂掘削の状況 Excavation site



配筋状況 Arrangement of reinforcing bar



スーパー堤防の整備(イメージ) Illustration of completed super levee



凡例 Legend 開削工法区間 Location of cut-and-cover tunnel

大和川線では、三宝地区から南海高野線に至るスーパー堤防一体整備区間、および常磐西・常磐東・天美各ランプの本線分合流部付近について、開削工法で施工します。開削工法は、開削部に箱型のトンネル構造物(ボックスカルバート)を築造して、完成後に元の地表面まで土砂を埋め戻します。また、大和川線東西端、鉄砲ランプ付近、府道大阪和泉泉南線～南海高野線間、天美ランプ付近については、掘削構造としています。

スーパー堤防一体整備区間では、元の地表面のさらに上のスーパー堤防計画画面まで盛り土されることを前提に、荷重や掘削構造の擁壁の高さを設定しています。

The cut-and-cover tunneling method was used for construction of the Super Levee Sections for General Improvement (from Sambo Junction to the Nankai Railway Koya Line) and the Tokiwa-Nishi, Tokiwa-Higashi, and Amami Ramp areas of the Yamatogawa Route. Following the open-cut excavation, a box culvert (tunnel structure) is being constructed and buried with earth and sand. The trenching method is being used for construction of the eastern and western ends of the Yamatogawa Route, near the Teppou Ramp, the section between the Osaka Izumi-sennan Route and the Nankai Railway Koya Line, and near the Amami Ramp.

For the Super Levee Sections, a higher load limit has been adopted for the trench structure, and the height of the retaining wall has been set so that earth and sand can be built up to the same height as that of the planned super levee.

ソイルセメント地中連続壁 Soil Cement Diaphragm Wall

均一で止水性の高い地中連続壁を造成

Construction of the diaphragm wall ensures uniformity and water barrier performance.

ソイルセメント地中連続壁は、固化材(セメントミルク)を原位置土と混合攪拌したところに、芯材を建て込むことにより築造されます。大和川線の開削トンネルでは、土留壁や遮水壁を比較的深くまで施工する必要があることから、ほとんどの箇所ですoilセメント地中連続壁が用いられています。

その施工法には、大きく柱列式と壁式の2種類の施工法があり、それぞれに下表のような特徴があります。

To construct the soil cement diaphragm wall, a solidification material (cement milk) is mixed into the soil at the site and cores are driven into the soil. For the cut-and-cover tunnel areas of the Yamatogawa Route, it is necessary to bury the retaining walls and shielding membranes (water barriers) deep into the ground. For this reason, the soil cement diaphragm wall has been adopted for most areas of the Yamatogawa Route.

The soil cement diaphragm walls are constructed with one of two methods: the column-type diaphragm wall method and the wall-type diaphragm wall method. The features of these two methods are described in the following table.

施工法の種別 Construction Method	ソイルセメント地中連続壁 Soil cement diaphragm wall	
	柱列式(多軸アースオーガー式) Column-type diaphragm wall method (multi-axis earth auger method)	壁式(チェーンカッター式) Wall-type diaphragm wall method (chain cutting method)
連続壁の平面形状 Plane View of Diaphragm Wall		
施工機械(例) Typical Construction Equipment		
特徴 Features	比較的深い土留壁の施工に適している。 Suitable for construction of relatively deeply embedded retaining walls.	
	均一で止水性の高い地中連続壁造成が可能。 Allows for construction of diaphragm walls that exhibit uniformity and high water barrier performance.	
	複雑な線形に対応可能。 Applicable to complex linear shapes.	等厚壁の造成ができ、芯材間隔を任意に設定可能。 Enables construction of walls of uniform thickness and enables setting of the desired core intervals.
	壁式工法に比べ実績が多い。 The column-type diaphragm wall method is adopted more frequently than is the wall-type diaphragm wall method.	機械高さが低いため、空頭制限がある場合でも施工可能。 Because the equipment does not rise as high, construction is possible even at sites with limited clearance.
近年、硬化材料の改良や注入手法の効率化等により、建設廃棄物の減量化を可能とする工法が開発されてきている。大和川線建設においては、これらの工法を積極的に採用し、セメント使用量や排出土量を低減し環境に優しい施工を目指している。 With recent improvements in curing materials and the development of more efficient injection methods, new construction methods have been developed that can reduce the amount of construction waste generated. These construction methods have been adopted for construction of the Yamatogawa Route to reduce the amount of waste mud and the amount of cement used in construction. This enables us to implement eco-friendly construction methods.		

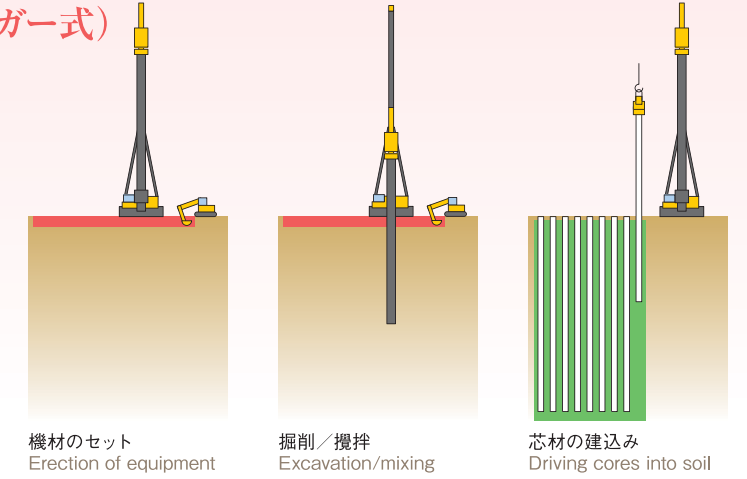
ソイルセメント地中連続壁の施工法 Construction methods for Soil cement diaphragm walls

柱列式地中連続壁工法(多軸アースオーガー式)

Column-type diaphragm wall method (multi-axis earth auger method)

多軸アースオーガーにより、計画深度まで削孔しながら固化材と原位置土とを混合攪拌したところに芯材を建て込む工法です。多点杭打機を使用するため、コーナー部が多いなど線形が複雑な場合や施工ヤードの移動が生じる場合に優れた施工性を発揮します。

For this method, multi-axis earth augers are used to excavate the ground to the specified depth. A solidification material is mixed into the soil at the site and cores are then driven into the soil. Since multi-point pile drivers are used for this method, this method is effective if the route to be constructed has a complex linear shape or it is necessary to change the construction yard.

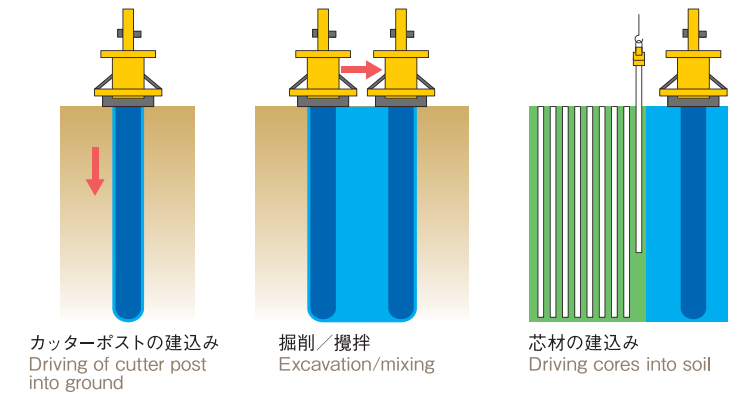


壁式地中連続壁工法(チェーンカッター式)

Wall-type diaphragm wall method (chain cutting method)

チェーンカッター機により、水平方向に連続して掘削しながら固化材と原位置土とを混合攪拌したところに芯材を建て込む工法です。等厚壁が形成されるため、任意のピッチで芯材の建込みが可能となります。また、機械の高さが比較的低いため周辺への圧迫感を低減でき、空頭制限がある場合にも施工が可能です。

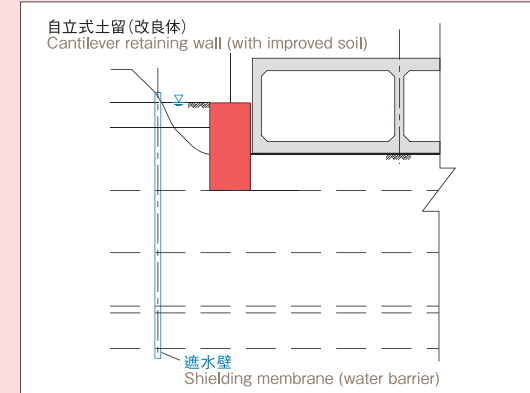
For this method, chain-cutting machines are used for continuous horizontal excavation of the ground and the solidification material is mixed into the soil at the site, after which cores are driven into the soil. Since walls can be constructed of uniform thickness, cores can be driven into the soil at the desired intervals. In addition, since the machines are not tall, neighboring residents feel less intimidated by their presence, and construction is possible even if the site has limited clearance.



自立式土留 Cantilever Retaining Wall

掘削深度が浅い箇所は、掘削範囲の背面を地盤改良し、その改良体を自立式の土留とする、施工能率と経済性に優れた自立式土留壁を施工します。なお改良体の造成には、改良位置や深度などをオペレーター席でリアルタイムにモニタリングできるWILL工法を採用することで、信頼性の高い品質管理が行えます。

For areas of shallower excavation, the soil at the sides is improved to form cantilever retaining walls, which are economical and contribute to efficient construction. Since the WILL method is adopted for soil improvement, the machine operator can monitor the improvement position, depth, and other factors in real time. In this way, we can control the quality of construction to ensure structural reliability.



自立式土留(改良体)による土留工概念図  
Depiction of construction work for cantilever retaining wall (with improved soil)



WILL工法施工機械  
Construction machinery equipped for the WILL method



リアルタイム管理モニター  
Real-time monitoring

土留壁の施工管理 Controlling Construction of Retaining Walls

土留壁の変位計測 Measuring retaining wall displacement

周辺地盤や既設構造物に配慮した計測管理

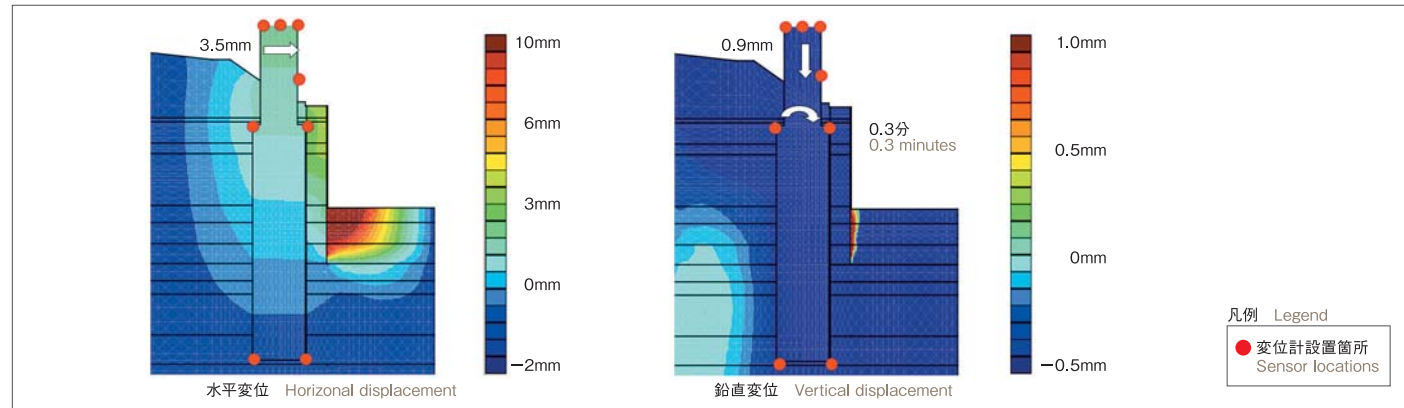
Measurement control to limit impacts on adjacent ground and existing structures

土留壁の変形や周辺地盤を計測しながら施工することにより、万一の危険を未然に防ぎ、周辺地盤や既設構造物等への影響を極力抑えるように施工しています。

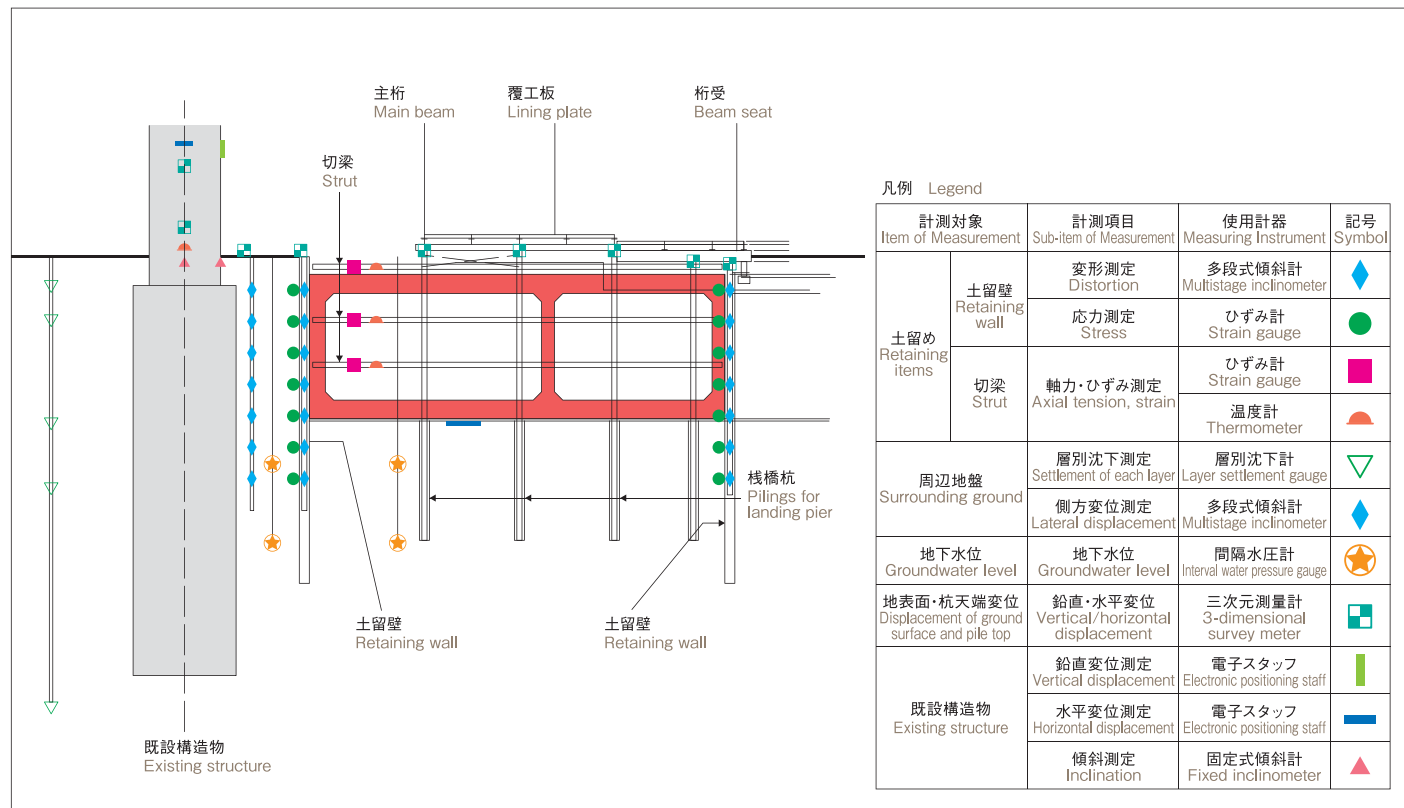
特に鉄道、道路、送電施設等の重要構造物に近接して施工する際には、当該施設の管理者と事前に協議したうえで、必要に応じて対策工・計測工の実施や、FEM解析による影響予測値と計測値を比較しつつ施工を行い、有害な変位等が発生しないよう十分に配慮しています。

During tunnel construction, distortion of the retaining walls and the surrounding ground is measured to prevent accidents and unexpected impacts on the surrounding ground and existing structures to the greatest extent possible.

When the tunnel is constructed near an important facility, such as a railroad, highway, or electric power transmission facility, we will engage in preliminary discussions with the facility managers to implement countermeasures against potential negative impacts and carry out measurements. By comparing the measured values with potential impact values calculated by means of FEM analysis, we will construct the tunnel with great care to eliminate any harmful displacement that could have resulted from the construction.



FEM解析イメージ(近接施工部の例) Image from FEM analysis (example of construction alongside a highway)



測定器配置断面図(近接施工部の例) Cross-sectional view of arrangement of measuring instruments

コンクリート品質向上 Improving Concrete Quality

品質確保へ向けたきめ細かな対策

Adopting thorough protective measures to ensure quality

道路トンネルのコンクリートには、所定の強度はもちろんのこと「ひび割れが少なく、密実なもの」であることが要求されます。

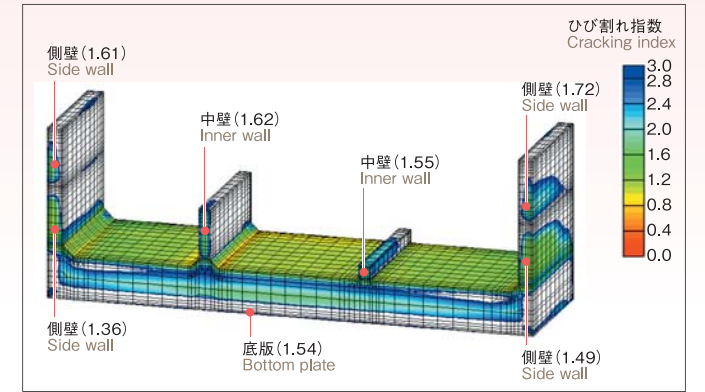
大和川線の開削トンネルは、部材厚が大きくマスコンクリートとしての取り扱いが必要となることから、事前に温度応力解析を行っています。その結果を踏まえ、有害な温度応力ひび割れが発生しないよう、必要に応じて低熱ポルトランドセメントを用いる等の対策を行っています。

一部工区では、密実なコンクリートを構築するために、エアメーター法、電子レンジ法、静電容量法等による単位水量の管理を行っています。また鉄筋探査による配筋精度の確保、および強衝撃弾性波試験や非破壊・微破壊試験等による強度確認を行っています。

The concrete used for any road tunnel must meet the specified strength requirements and must have the required density and be free of cracks.

For the cut-and-cover tunnels of the Yamatogawa Route, the concrete must be thick and considered as "mass concrete." Therefore, we initially analyzed the thermal stress and, after considering the results of the analysis, adopted measures to prevent cracking. For example, we will employ low-heat Portland cement to protect the concrete from thermal stress cracking.

To ensure proper concrete density in some construction sections, we control the water content by employing the air meter method, microwave oven method, or capacitance method. We also ensure accuracy in the arrangement of the reinforcing bars (rebars) by conducting surveys; and we verify concrete strength by testing for strong impact elastic waves or by conducting non-destructive and low-destructive tests.



マスコンクリートの温度応力解析結果(例) Result of sample thermal stress analysis of mass concrete

周辺対策 Measures to Protect the Neighborhood

周辺住宅への騒音・振動などを低減

Reducing noise/vibration for residents in the vicinity of the construction site

施工現場では、低騒音・低振動の機械を使用するほか、騒音・振動計を設置しています。さらに、防音パネルや振動遮断壁を設置するなどして、地域の生活環境への影響を少なくするための対策を講じています。

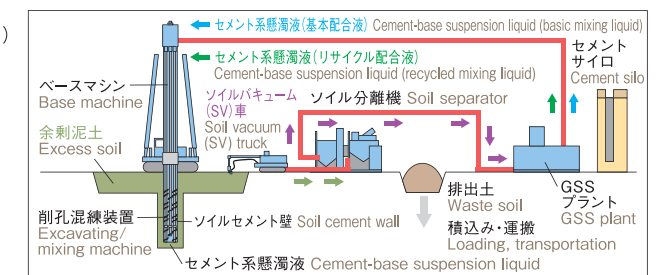
また、ソイルセメント地中連続壁工事においては、現場で発生する余剰泥土の処分について、現地プラントで余剰泥土を吸引・圧送して機械的に分級する、GSS(ジェコソイルシステム)工法\*を一部で採用しています。分級・回収した液状分をセメント系懸濁液材料の一部として利用します。これにより、処分量が30~40%削減されるため、現場から余剰泥土を搬出するダンプ台数を減らすことができます。(\*泥土低減工法研究会)

At the construction site, we are using equipment designed for low noise and vibration and are installing noise and vibration meters. In addition, we are implementing some measures to minimize any impact on the environment of the adjacent community. For example, acoustic insulation panels and vibration cut-off walls is being installed.

When constructing the TRD wall, we use the GECO Soil System (GSS) method for disposal of the excess soil. This method absorbs and compresses the excess soil before mechanically sorting it. After the soil is sorted and recovered, liquid is reused in the cement-base suspension liquid. This method reduces the amount of soil for disposal by 30% to 40%. Consequently, it also reduces the number of dump trucks required for disposal of excess soil.



住居近接地区における騒音・振動対策 Noise/vibration reduction measures adopted for the benefit of residents of the adjacent community



GSS工法事業スキーム 現場で発生した余剰泥土を再利用する。 Construction scheme with GSS method Excess soil is reused in the construction.

鉄道との立体交差工事 Construction of Multilevel Expressways under Railroads

鉄道の営業を妨げることなく施工

Constructing a highway without interfering with railroad operation

大和川線では、営業中の鉄軌道下をボックスカルバート構造で通過する箇所が、南海本線と阪堺電気軌道阪堺線の2カ所あり、当該箇所では大和川線の建設工事を鉄軌道管理者へそれぞれ委託しています。

南海本線との立体交差部においては、線路3.8m直下の延長41.5m区間に、箱型のRC構造2径間ボックスカルバート（幅37.1m×高12.7m）をR&C工法（牽引式）で施工します。また阪堺電気軌道阪堺線の立体交差部においては、軌道5.5m直下の延長38.0m区間に、箱型のRC構造3径間ボックスカルバート（幅27m×高8.5m）をR&C工法（推進式）で施工します。

The Yamatogawa Route passes under two railway lines by box culvert structures: the Nankai Railway Main Line and the Hankai Tramway Hankai Line. For these two multilevel crossing points, we have adopted the box culvert structure and entrusted the Expressway construction work to the respective railway companies.

At the Nankai Railway Main Line multilevel crossing point, a 2-span reinforced concrete box culvert [37.1 m (W) × 12.7 m (H)] is being constructed using the R&C method (traction method) just 3.8 m below the railroad along a length of 41.5 m. At the Hankai Line multilevel crossing point, a 3-span reinforced concrete box culvert [27 m (W) × 8.5 m (L)] is being constructed with the R&C method (driving method) only 5.5 m below the railroad along a length of 38.0 m.



施工事例 (JR鹿児島本線・久留米)  
Example of similar construction (Kurume, JR Kagoshima Main Line)



施工事例 (西武鉄道池袋線・狭山ヶ丘)  
Example of similar construction (Sayamagaoka, Seibu Railway Ikebukuro Line)



完成事例 (JR鹿児島本線・海老津)  
View of completed construction (Ebitsu, JR Kagoshima Main Line)

R&C工法 R&C method

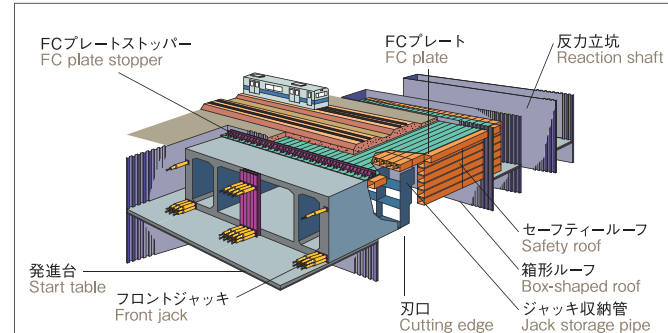
箱型ルーフを使用しボックスカルバートを設置  
Installation of box culvert with box-shaped roof

R&C工法は鉄道の横に立坑を設け、その中でコンクリートボックスを製作し、それを線路の下部に推進または牽引して設置する非開削工法です。

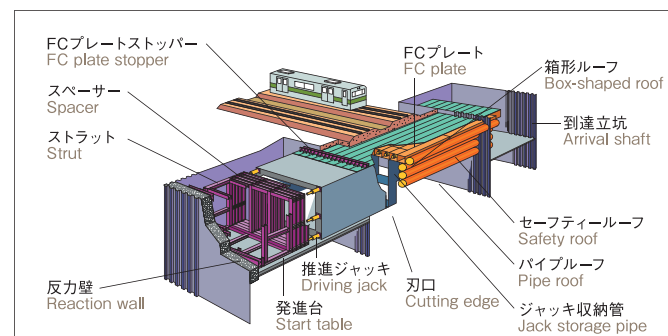
R&C工法では、軌道や道路の防護工として矩形断面の鋼製ルーフ（標準断面0.8m×0.8m）を用います。これを、設置するボックスカルバートの外縁に合致するように、あらかじめ横断区間の全長に貫通し、その端部に刃口（鋼製の切刃掘削作業床）を設備したボックスカルバートを据え付けて、ボックスカルバート内で掘削しながら箱型ルーフを押し出すとともに、ボックスカルバートを押し入れて箱型ルーフと置換設置します。

The R&C method is being adopted for construction of the tunnels. With this method, a shaft is installed beside the railroad for fabrication of a concrete box in the shaft. The concrete box is then moved to just below the railroad with the driving or traction method.

The R&C method uses rectangular steel roof bars (standard cross section: 0.8 m × 0.8 m) to protect the railroad and road during construction of the tunnel. These roof bars are preliminarily placed so that they can cover the entire box culvert. At the end of the roof, the box culvert equipped with a cutting edge (steel cutter excavation work floor) is put in place. While excavation work is carried out in the box culvert, the box culvert is gradually pushed forward and the box-shaped roof is pushed off. As the box culvert is pushed forward, the box-shaped roof is replaced.



牽引形式概念図 (南海本線)  
Illustration of traction method (Nankai Railway Main Line)



推進形式概念図 (阪堺電軌阪堺線)  
Illustration of driving method (Hankai Tramway Hankai Line)

圧密沈下対策 Protecting against Consolidation Settlement

軟弱地盤を改良し圧密沈下を抑制

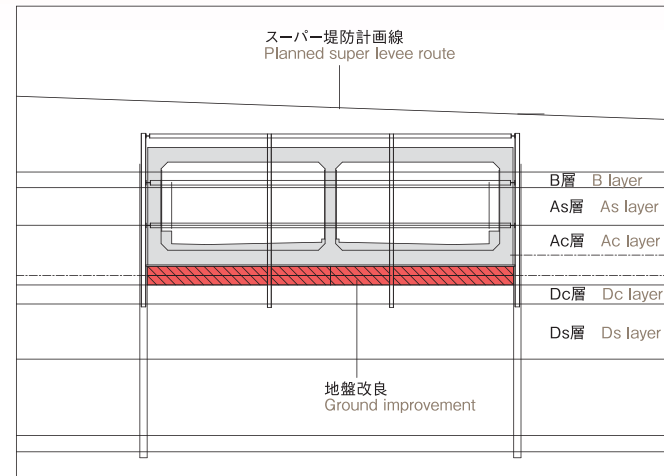
Improving soft ground to prevent consolidation settlement

軟弱な沖積粘性土層が分布する地盤上に構造物を構築すると、計画スーパー堤防盛土等により上載荷重が増加することに伴って圧密沈下の発生が懸念されるため、地盤改良により対策を行っています。

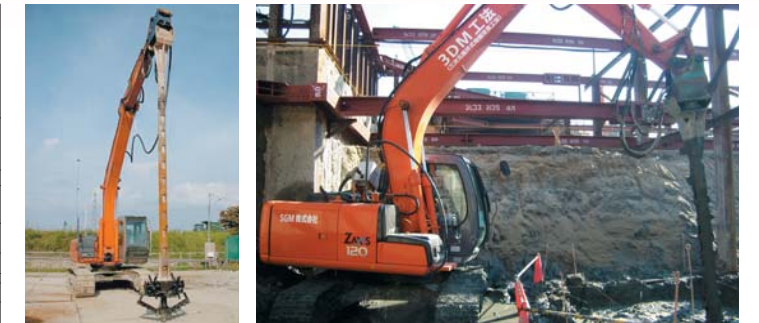
改良の仕様は、設計基準強度600kN/m<sup>2</sup>、改良率30%および50%としました。なお、地盤改良には、バックホウベースの中層混合処理工法（3DM工法：三次元攪拌式地盤改良工法）を採用しました。

If a structure is constructed on viscous soft alluvial ground, the application of heavy loads such as the planned super levee embankment can contribute to consolidation settlement. To prevent this phenomenon, we typically improve the ground.

When undertaking such improvement, we specify the design reference strength as 600 kN/m<sup>2</sup> with improvement rates of 30% and 50%. In addition, we adopted the backhoe-base intermediate layer mixing method, or three-dimensional mixing type ground improvement method (3DM method), in order to improve the ground.



施工箇所断面 Cross-sectional view of planned tunnel



3DM工法施工機械  
Machinery used for the 3DM method

施工状況 Conditions of construction

攪拌装置は水平回転と垂直回転により攪拌効率を高め、均一かつ良質な改良体の造成が可能。また搭載型の計測管理システムにより施工状況をリアルタイムで把握することができる。The mixer features both horizontal and vertical rotation functions that are intended to improve the mixing efficiency while ensuring the uniformity and quality of the improved ground. In addition, the integrated measurement control system enables real-time monitoring of the conditions of construction.

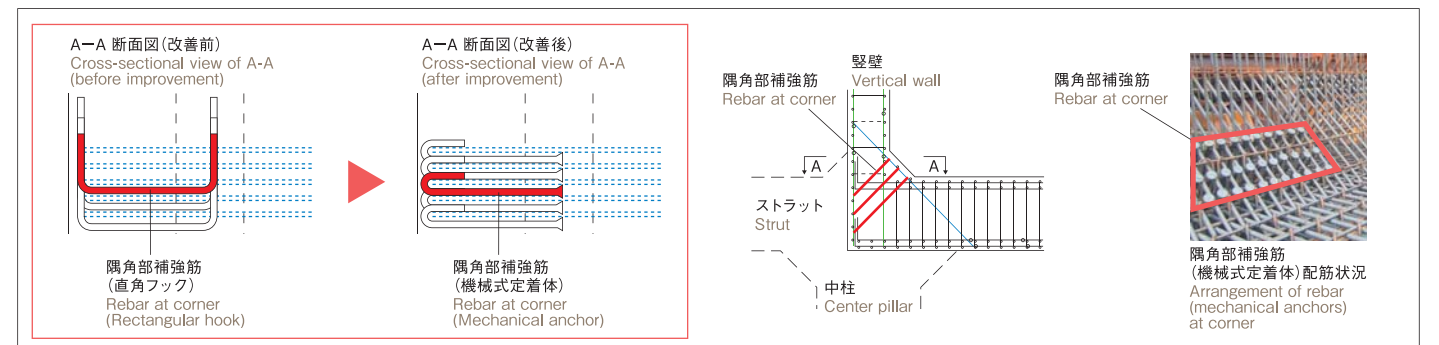
過密配筋対策 Preventing Overconcentration of Rebar

隅角部補強鉄筋に機械式定着工法を採用

Adoption of a mechanical anchoring method for rebar at corners

隅角部が過密配筋となる箇所については、端部を直角フック状にすると鉄筋のあきを十分に確保できないことや、配筋が困難となることが課題となっており、隅角部補強筋に機械式定着工法を採用することで過密配筋を軽減し、コンクリートの充填性を確保しました。

If an excessive number of rebars are placed in a corner and the end is shaped similarly to a rectangular hook, insufficient space remains between the rebars to allow for easy arrangement of the rebars. Therefore, we adopted a mechanical method of anchoring rebars at the corners. This method reduces excessive concentration of rebars and allows for the injection of a sufficient amount of concrete.



機械式定着工法

異形鉄筋の先端に定着板等を溶接するなどし、従来の標準フックと同等の定着性能を確保する。

Mechanical anchoring method

An anchor plate or the like is welded to the end of the deformed rebar to ensure the same anchoring performance as is achieved with the conventional standard hook.