

東京外環自動車道 京成菅野アンダーパス工事

Tokyo Outer Ring Road Keisei Sugano Underpass Construction

所在地／千葉県市川市菅野 2 丁目～平田 2 丁目

施設管理者／国土交通省関東地方整備局首都国道事務所

東日本高速道路株式会社関東支社千葉工事事務所

京成電鉄株式会社

設計者／京成電鉄株式会社

施工者／清水・京成・東急建設共同企業体

関係者／植村技研工業株式会社

フロント工事株式会社 日本基礎技術株式会社

着工日／ 2010 年 6 月 9 日

竣工日／ 2018 年 3 月 31 日

Location / Ichikawa City, Chiba Prefecture

Owner / Ministry of Land, Infrastructure, Transport

and Tourism, Kanto Regional Development Bureau,

Shuto National Highway Office

East Nippon Expressway Co., Ltd. ,Kanto Regional

Head Office, Chiba Construction Office

Keisei Electric Railway Co., Ltd.

Designer / Keisei Electric Railway Co., Ltd.

Contractor / Joint Vennture of Shimizu Corporation,Keisei

Construction, Inc. and Tokyu Construction Co.,Ltd.

Partners / Uemura Engineering Co., Ltd.

Front Construction Co.,Ltd.,Tokyo

Japan Foundation Engineering Co.,Ltd.

Construction Start Date / June 9, 2010

Completion Date / March 31, 2018

プロジェクト概要

東京外環自動車道は、都心から半径約15kmのエリアを結ぶ延長約85kmの幹線道路で、3環状9放射ネットワークの一部。放射道路を相互に連絡して、都心方向に集中する交通を分散することで、渋滞緩和に大きな役割を果たすことが期待されている。

2018年には埼玉県三郷市から千葉県市川市高谷に至る千葉区間(延長約15.5km)が開通。本プロジェクトは千葉区間のうち京成電鉄本線との交差部である。鉄道や周辺環境への影響を最小限に抑えることを踏まえて、非開削工法の一つであるR&C工法で施工した。



事業区間 Business section

Project Overview

The Tokyo Outer Ring Road is a main road connecting areas within a radius of about 15 km from central Tokyo, and is about 85 km long. It is part of a network consisting of three ring roads and nine radial roads, and is expected to play an important role in easing traffic congestion by interconnecting radial roads and reducing the traffic flowing into central Tokyo.

The extended Chiba section of about 15.5 km running from Misato City in Saitama Prefecture to Koya, Ichikawa City in Chiba Prefecture opened in 2018. This project will construct an intersection with the Keisei Main Line in the Chiba section, using the R&C method, which is a non-open cutting method, to minimize the impacts on the railway line and surrounding environment.



プロジェクト鳥瞰 Bird's eye view of project



京成本線交差部竣工全景 Panoramic view of completed work at intersection with Keisei Main Line

企画・設計・施工のポイント

世界最大断面となる函体けん引の施工計画

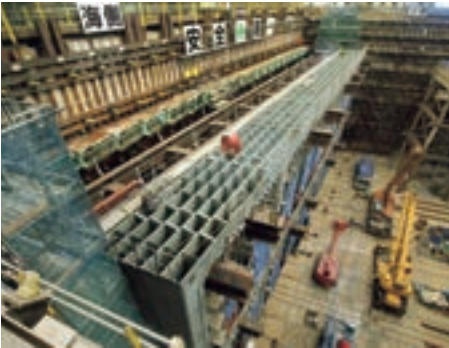
函体外寸(高さ18.4m、幅43.8m、延長37.4m)は、非開削工法の中でも大断面の実績が多いR&C工法における過去最大断面の1.7倍に相当。一体の函体としてけん引するには重量超過のため、延長方向に4分割(L=9.35m×4)。施工時に函体内に生じる複雑な応力状態について、推進ジャッキの偏荷重を考慮した3次元FEM解析にもとづく管理値を設定した。これをもとに推進ジャッキを制御するシステムを確立し構造安全性を確保した。

矩形大断面の鋼製セグメント函体

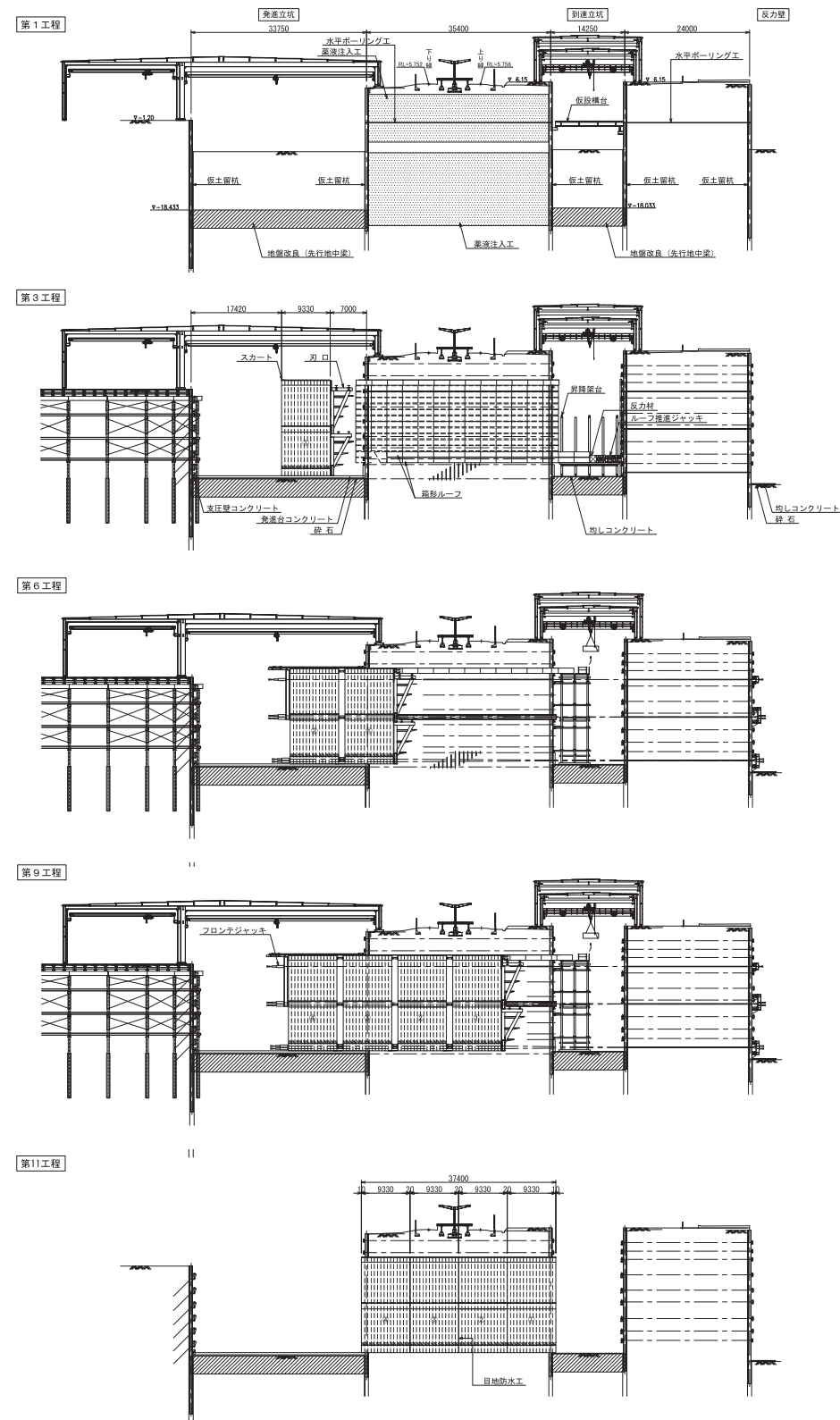
構造形式は当初の現場打ち鉄筋コンクリート構造から、鋼製セグメント構造へ変更。矩形大断面の鋼製セグメント函体の設計事例や設計基準は存在しなかったため、シールドトンネルの設計に用いる梁-ばねモデルを準用した構造解析と、鉄道構造物および道路構造物としての要求性能を確保する照査法を組合せた設計法を検討し、設計法の妥当性について鉄道総合技術研究所に確認し設定した。

2段刃口構造の採用

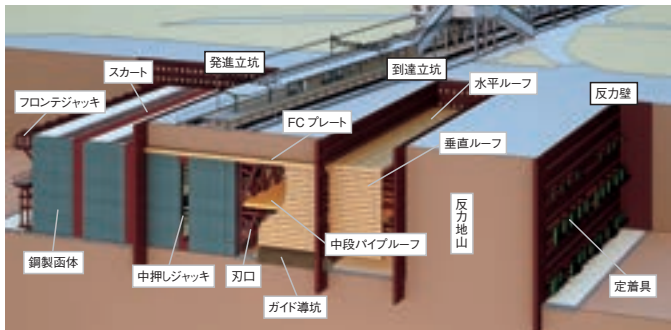
本工事では常時露出する切羽高さは17.4mと非常に高いため、切羽の斜面安定や作業安全の確保が重要な課題であった。そこで、通常行う1段の刃口構造に対して、切羽高さの中間部分にパイプルーフを配置して切羽を上下に分割する2段刃口構造を採用することで対策とした。



立坑掘削(上)、鋼製セグメント函体組立(下2点) Shaft drilling (top), steel segment box assembly (bottoms)



アール・アンド・シー工法 施工順序 Work sequence of R&C method



全体縦断イメージ Entire longitudinal section view

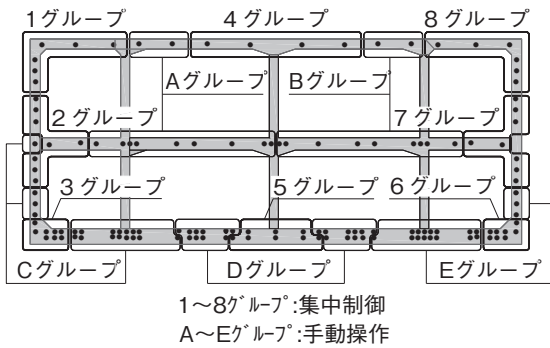
1. 仮設準備工
2. 薬液注入工
3. 仮土留打設工
4. 立坑一次掘削工
・仮設構台設置工
5. 立坑二次掘削工（水平ボーリング削孔工、
水平部箱形ルーフ推進と同時）

- | 発進立坑側作業 | 到達立坑側作業 |
|--------------------------|--------------------------------|
| 10. 支圧壁築造工 | 10. 垂直部箱形ルーフ、中段パイプルーフ
推進準備工 |
| 11. 発進台築造工 | 11. 垂直部箱形ルーフ手廻り推進工 |
| 12. 第1鋼製面体
刃口・スカート組立工 | |

17. 第1・2鋼製面体空引き、刃口貫入工
18. 第1・2鋼製面体けん引掘削、箱形ルーフ押し出し撤去工

23. 第1～4鋼製面体けん引掘削、箱形ルーフ押し出し撤去工

27. 第1鋼製面体所定位置到達工
28. 中押し設備順次撤去、鋼製面体接合工
29. けん引設備撤去工
30. 刃口撤去工
31. 鋼製面体外周裏込注入工
32. 鋼製面体間最終緊張工
33. シース孔内中詰注入工
34. 鋼製面体間目地防水工
35. セーフティールーフ内中詰注入工



函体断面、中押しジャッキグループ分け
Box sectional view, center pushing jack grouping

施工プロセスの特徴

135のジャッキ推力を高度に制御した情報化施工の実現

函体前面の9か所をレーザー距離計で常に計測し、函体の姿勢や変形量を把握。第1函体推進用の135台の中押しジャッキは13の油圧系グループに分割し(うち8グループはPCによる集中制御を実施)、推進中に函体の姿勢悪化や函体応力増大時にはジャッキ推力をコントロール。この結果、推進作業における油圧操作技能工は半数以下に、函体内の応力度は最大でも許容値の35%以内に抑えており、姿勢安定と函体の応力コントロールを可能とした。

受賞理由

京成菅野アンダーパス工事は、東京外環自動車道千葉区間のうち、京成電鉄本線との交差部である菅野駅の地下に2層4径間の道路函体を築造するものである。東京外環自動車道は、都心部から伸びる放射道路を相互に連絡して都心方向に集中する交通を分散させるとともに、都市部の通過交通をバイパスさせるなど、首都圏の渋滞緩和に大きな役割を果たすことを期待された道路である。

本工事では、東京都と千葉県を結ぶ通勤・通学の大動脈であるとともに、空港アクセスを担う首都圏の重要路線である京成本線の鉄道営業線の正常運行を確保し、鉄道施設物などへの影響を最小限に抑えることが求められた。そこで、非開削線路下横断工法で大断面躯体構築の実績があるR&C工法を採用し、6階建てビル規模の高さ18.4m、幅43.8m、土かぶり約4.6mの世界最大断面となる函体を構築した。

函体けん引工事における掘削では、初となる2段刃口構造において施工サイクルを確立するとともに、慎重な人力作業によって営業線軌道への影響を最小限に抑えた。また、けん引する函体にはジャッキ推力と地盤反力の相互作用により非常に複雑な応力状態が生じることが予想された。そこで、事前にジャッキ力のばらつきを考慮した三次元FEM解析により、函体に生じる応力度と函体内部での相対変位量の関係を検討し、作業ステージごとの許容値を設定して管理した。函体には265箇所に歪計を設置し、函体応力度と相対変位量にもついた情報化施工を行った。また、135台のジャッキは、13の油圧系グループに分割し、PCによる集中制御をすることで姿勢安定と函体の応力コントロールを可能とし、函体を高品質に構築した。

本工事は、都市部において増えている困難な近接施工を高度な施工力で実施した事例であることから、日建連表彰土木賞に値するものと認められた。



箱形ルーフ施工時の安全性確保

箱形ルーフ推進は切羽を開放して人力掘削するため、地盤の緩みは軌道変状に直結する。対策として、切羽周囲への事前の地盤改良に加え、複数パーティーの掘進時には切羽の位置が上り線、下り線、ホームのそれぞれの直下に同時に2か所以上が入らないように推進長に差をつけた。これにより、切羽の緩み範囲が他のパーティーと重複しないよう管理した。

箱形ルーフ推進および函体けん引時の切羽安定確保

切羽の安定を確保するための地盤改良では結

束細管多点注入工法を用いた。前例のない14,000klの注入量を低圧・多点で注入することで、鉄道施設物への影響を低減し、計測管理下での列車運行中の施工を可能とした。



切羽掘削状況 Drilling status of cutting face

The Keisei-Sugano underpass construction project involved building a two-level, four-span underground road structure in the Chiba section of the Tokyo Outer Ring Road underneath Sugano Station on the Keisei Main Line, where the expressway and the railway intersect. The Tokyo Outer Ring Road was built to play a major role in reducing traffic congestion in the capital region by connecting between the main radial roads that spread out from central Tokyo to reduce traffic volumes in the city center and also to let the bypassing traffic flow around the city.

In executing this project, the contractors were required to not only ensure that the normal operations of the Keisei Main Line – a crucial high-capacity railway that is used by vast numbers of workers and students traveling back and forth between Tokyo Metropolis and Chiba Prefecture and also provides airport access to travelers in the Greater Tokyo Area – would not be disrupted but also to minimize the impact of the project on existing railway facilities. To meet these objectives, the contractors adopted the R&C method, which is a non-open-cut railroad-underpass construction technique used successfully in previous projects to construct large-cross-section structures, to build a box structure with a height of 18.4 m (equivalent to a six-story building), width of 43.8 m, and earth covering of approx. 4.6 m and having the world's largest cross-section for this type of structure.

In the excavation for box structure towing, the equipment operators established a work cycle using the first double-bladed box roof, while conducting careful manual works, thereby minimizing the effect of the project on railway operations. Since highly complex vectors of stress were expected to act on the box structure due to the thrust of the jacks and the subgrade reaction, moreover, the contractors set and managed allowances for each work stage by preliminarily performing 3-D FEM analysis of the distribution of the forces of the jacks to examine the relationship between the intensity of the stress on the box structure and the amount of internal relative subgrade displacement. For this purpose, they installed strain gauges at 265 points on the box structure to manage and execute the work based on real-time data such as the stress intensity and the relative subgrade displacement. Meanwhile, the contractors used a total of 135 jacks which were divided into 13 different hydraulic groups and centrally controlled from a PC, which enhanced positional stabilization and stress control on the box structure and helped improve the quality of the constructed box structure.

As this project was an exemplary case in which advanced construction techniques were skillfully executed in a highly challenging environment with multiple adjacent structures, the need for which has been increasing in urban areas, it is deemed as a well-deserved recipient of the Construction Excellence Prize of the Japan Federation of Construction Contractors (JFCC) Award.