

都市部における長距離大深度高圧ガス輸送幹線の建設 CONSTRUCTION OF NATURAL GAS TRANSMISSION LINE BY LONG DISTANT AND DEEP TUNNEL SHAFTS THAT RUNS THROUGH TOKYO METROPOLITAN AREA

木原晃司¹・矢口岳彦²・木田博光³・上原啓史⁴
Koji KIHARA・Takehiko YAGUCHI・Hiromitsu KIDA・Hiroshi UEHARA

We planned the construction of a natural gas transmission pipeline that named "Chuo Kansen" transmission pipeline in order to the increase of gas demand at Greater Tokyo (metropolitan) area and the stable supply. In respect to the formation of circular pipeline network, the Chuo Kansen is positioned as a line to introduce gas that is produced in Sodegaura works directly. As for the construction of the Chuo Kansen, employment of non-open-cut tunnel shafts(23km, depth:ave.40m) solved the environmental impact to the local society and the already busy traffic. In this paper, we introduce subjects and solution of not only construction but also maintenance for infrastructure because we have not experienced the pipeline maintenance in the long and deep tunnel.

Key words : Chuo kansen transmission pipeline, long distant and deep tunnel shafts in the Tokyo metropolitan area, maintenance for transmission pipeline

1. はじめに

近年, 首都圏においては京都議定書に盛り込まれた環境対策によるエネルギーの転換を始めとした都市ガス需要の増加のため, 東京ガス(株)では2010年には既存の製造・供給施設では対応しきれないことが予測された。ここに, 都市ガス需要の増加, 安定供給の確保のために新たな都市ガス輸送幹線「中央幹線」の建設が必要となった。

中央幹線は, 既存の環状幹線の中央を貫く新たな高圧ガス輸送幹線であり, 東京都江戸川区の葛西ガバナステーションから埼玉県草加市の草加ガバナステーションに至るものである。本路線建設工事は, 全路線非開削のシールド工法により23.1kmにわたる地下トンネルを築造し, その中に口径600mmの鋼製ガスを配管するものである。(図-1 参照)

純粋な土木工事に関する報告¹⁾は他に譲ることとし, インフラ整備工事, とりわけ高圧ガス幹線の維持管理を考慮したシールド設計・施工に関して報告する。

2. 計画

(1) プロジェクト概要

a) 施工場所

始点: 江戸川区臨海町(葛西ガバナステーション)

終点: 草加市瀬崎町(草加ガバナステーション)

全線泥水加圧式シールド工法によるトンネル内配管,
完成後の断面を図-2に示す。

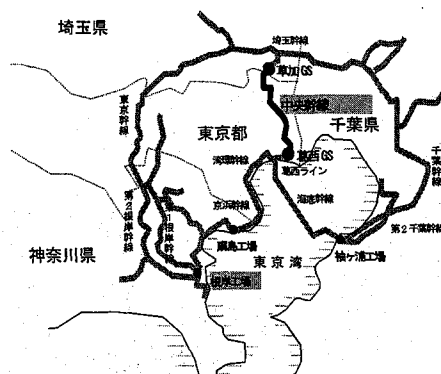


図-1 中央幹線路線図

キーワード: 中央幹線、都心部における大深度長距離シールド、高圧ガス幹線の維持管理

¹正会員 工修 東京ガス(株)東部導管ネットワークセンター課長 ²非会員 東京ガス(株)導管部副課長

³正会員 鹿島・清水・大林・大成建設共同企業体所長 ⁴正会員 工修 鹿島・清水・大林・大成建設共同企業体課長

b) ガス管仕様

設計圧力：7.0MPa

口径：600mm

材質：鋼管，全線溶接接合

c) 配管延長

23.1km

d) 工期

土木工事：2003年10月～2007年3月

(立坑、シールド)

配管工事：2007年7月～2009年9月

ガス開通：2009年9月

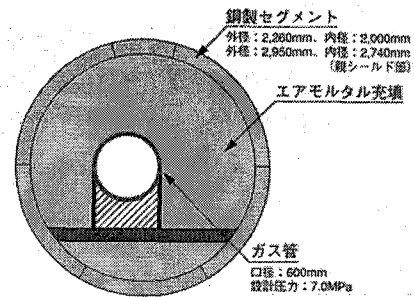


図-2 トンネル断面図

(2) トンネル計画

本工事の路線は東京下町の密集した商工業地域であり、立坑用地の確保が難しいこと、既設地下構造物への影響を低減すること、地域住民・交通への影響をできるだけ少なくすることが、課題であった。

これらを解決する施策として「大深度」、「親子シールド」、「長距離施工」、「高速施工」、「地中接合」、「立体化立坑」を採用した。特に周辺地域への環境負荷を配慮し、立坑の数を低減し、かつ、短工期での施工を可能にするため、狭い立坑用地で2本の長距離シールドを同時高速施工するための設備を計画することが最大の課題であった。立坑およびシールドトンネルの概要を図-3に、写真-1および図-4に立体化立坑の有効利用状況を示す。

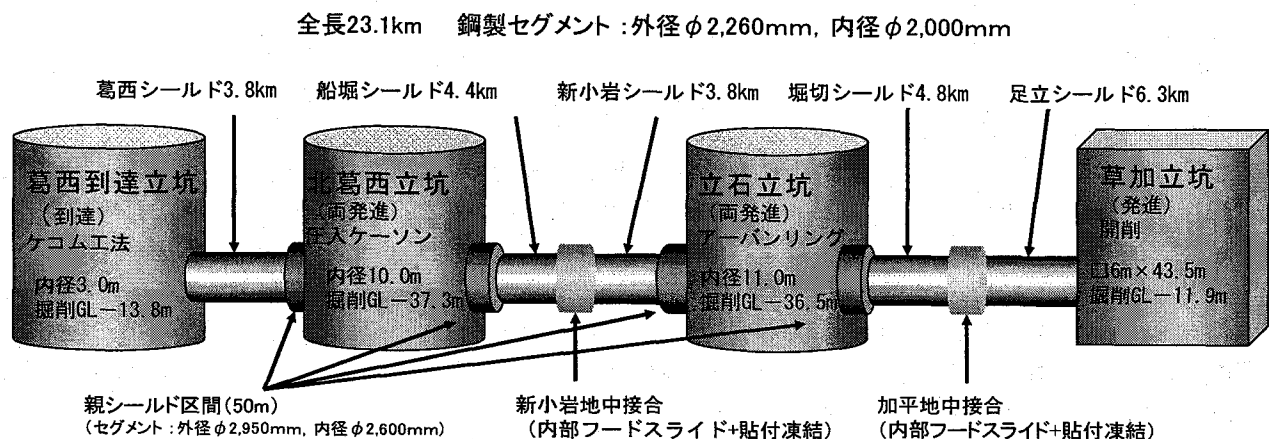


図-3 工事概要



写真-1 処理プラント（立石立坑）

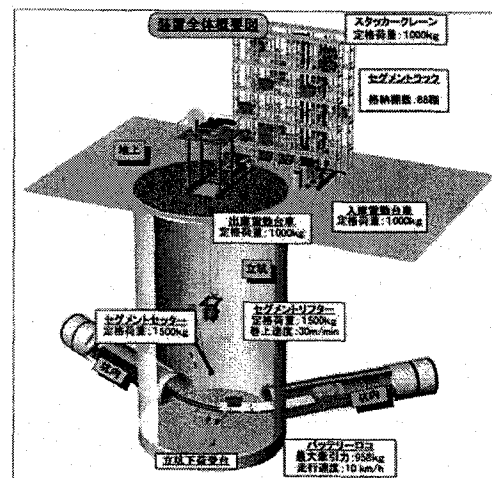


図-4 セグメントストックシステム図

中央幹線シールドは4箇所の立坑、5本のシールドにより建設した。そのうち2箇所の立坑においては、2本のシールドを同時掘進した。

写真-1に示すようにプラント類を立体化し、処理能力の向上や、親子シールドの採用、図-4に示すセグメントストックシステムの採用による搬送の向上を図った結果、合計月進800mを達成した。ここで培った工夫は配管ヤードとして再利用される立坑の効率的な利用にも活用している。

また、セグメントは鋼製セグメントを採用したが、このセグメントは仮設構造物としてではなく、本設構造物として使用している。すなわち、土圧はもちろん耐震性能を十分に有したものとして設計している。そのため、シールドトンネル内に設置するガス管は、大深度の土圧や地震時の大変形を直接受けけないものとするため、管の強度・肉厚といった点で効果的かつ効率的な設計を行うことが可能となった。

3. 維持管理に関する方針と対策

本プロジェクトにおいては、前代稀に見る長距離・大深度トンネル内に高圧ガス幹線を建設することであったが、企画・設計段階における課題は建設時のもののみならず、維持管理手法をいかに考慮するかという課題についても視野に入れなければならなかった。一般的な維持管理においては、ガス事業法を基本に日本ガス協会の定める技術指針²⁾等により、以下の表-1に示す観点において路線の健全性を確保している。

表-1 高圧ガス幹線の維持管理項目と手法

漏洩	流量・圧力監視	常時
	路線臭気検査	通常は1回/年
他工事損傷	標識シート・防護鉄板	建設時に設置
	路線パトロール等	都心部等重要路線は2回/日
不当沈下	レベル測量による応力監視	通常は1回/年
外面腐食	電気防食用外部電源装置の移動状況監視	遠隔常時

従来、トンネル内配管とした場合、維持管理の専門要員により点検・調査を行なうため、トンネルは二次覆工により防水措置を施した上で、換気・照明、可燃性ガス・酸素濃度検知器を設置する必要があった。これら施設は防爆構造としなければならないため、設備投資はもちろんのこと、維持管理にも手間がかかった。また、トンネル内のガス管は気温の変化により伸縮するため、伸縮による応力吸収措置を施す必要があった。応力吸収措置としては、可とう性配管の性質を利用したループ配管、伸縮継手の利用等が考えられるが、ループ配管についてはトンネル径の大径化、伸縮継手については材料費のアップを伴わなければならない。

これらの課題を解決するため、昨今のトンネル内配管については、トンネル内の充填により有人による維持管理を廃し、かつまた、温度変化も地中温と一体化するため、応力吸収措置を考慮するまでもないレベルとすることとしている。中央幹線においてもこれらの課題は対策が図れたが、1工区最長6.3kmにおよぶ都心部に位置する路線であるため、以下の項目に対してさらに検討を行う必要があった。

(1) 漏洩ガス検知

トンネル内はエアモルタルにより充填するが、ガス事業法に定められた臭気検査を行う際、臭気は立坑部まで通じなければ検知することは不可能である。また、エアモルタル内の通気速度・量が一定でなければ、発生場所の特定が行えない。本トンネル内上部にガス管と並行した臭気管を配置し、臭気の通路を確保した。中央幹線のシールドトンネル建設は、最長6.3km、5本のシールドトンネルを掘進したが、約2kmに1箇所の割合で行ったチェックボーリング孔を臭気管の立上げ箇所として利用した。このため、チェックボーリングは単に測量の必要ポイントであるだけでなく、地上道路部における施工性はもちろん、建設完了後は立坑間で最長11.1kmにおよぶ管路に対して縦断勾配上も、ガス溜まりが生じないように深度の深いポイントではなく浅いポイントを選定しなければならなかった。図-5はシールド縦断面図である。

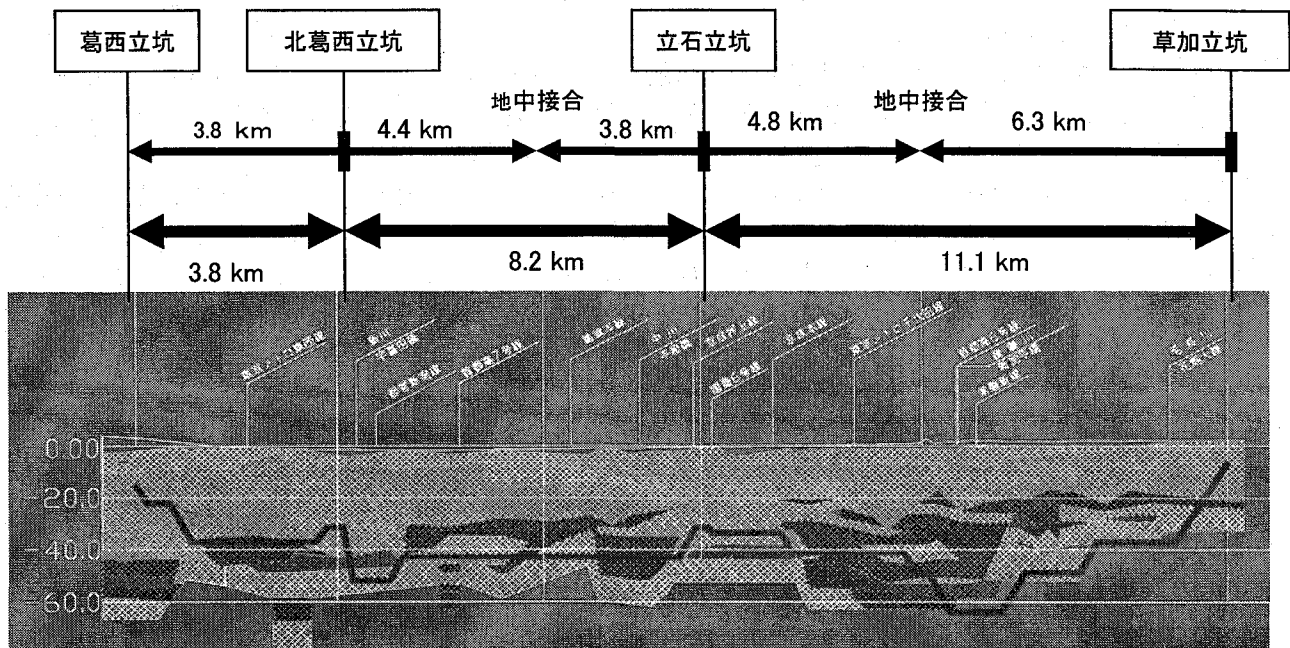


図-5 中央幹線縦断面図

(2) 他工事損傷防止

本シールドの土被りは平均40m、最大68mである。地質的には有楽町層の下部に位置する七号地層あるいは東京層群高砂層の粘性土・砂質土といった安定基盤をほとんどが通過している。本路線のほとんどが主要都道下を占有しているが、他インフラの構造・位置等を十分に掌握し、協議した上で、構造物・橋梁等の支持杭を下回る位置、影響を最小限とする位置とした。さらには、新規に計画される場合においても、それら工事による影響を回避することが可能と考えられる。また、安定基盤を通過することにより、シールド掘進・セグメント設計においてもゆるみ土圧を採用³⁾することができ、荷重の軽減とセグメント厚を薄くすることも可能となった。

(3) 防食

一般的に埋設ガス管(鋼管)の腐食対策としては、まずは塗覆装により、鋼管と周辺土壌あるいは近接する基礎杭等の低接地物との接触を回避することである。中央幹線の建設においては、立坑部より配管位置までの運搬が長距離に及ぶため、また狭いシールドトンネル内での配管作業により、塗覆装に損傷を与えるリスクは大きく、塗覆装に損傷を与えない空間すなわちシールド径の選定・施工計画の立案・施工管理することに注意を要した。中央幹線における塗覆装のうち、工場塗覆装(鋼管の管端部以外をカバーする塗覆装)は通常の2倍の厚さのものを採用し、施工時に損傷を受けても大事に至らないものとした。施工性・施工品質の信頼性に劣る現地塗覆装(鋼管の管端部、現地溶接接合部をカバーする塗覆装)については、新開発の遠赤外線加熱方式の採用と品質検査方法の確立により、シールドトンネル内での施工性・品質の向上を図った。

(4) 充填材

前記の通り、充填材に求める性能は多岐に渡る。まず、透気性については、一定以上の透気係数(0.1以上)を有し、長距離圧送をしても品質が一定であるエアモルタルとした。次いで、トンネル内に充填後、必要に応じて掘削する際、エアモルタルの硬度が高すぎると掘削は容易ではないため、人力掘削が可能である強度(5kg/cm²)とした。最後に、本路線は、都心部故に交差する電鉄も多く電気防食の重要度は高い。そのような状況において、採用した充填材は導電性を有するエアモルタルであり、電気防食用の外部電源装置からの防食電流を支障なく通電できることとした。以上の性能を確認した上で、仕様決定した。

4. 都市型土木技術と一体となった配管設計

立坑用地の低減という観点から長距離掘進、地中接合を採用したことは2章にて触れたが、シールド工法そのものの技術の進歩は言うにおよばず、小口径化、測量精度の向上といった点も、本プロジェクトの成功要因となっている。

小口径化は口径600mmのガスを効率的に設置するのに必要十分な内径2000mmの空間を構築したこと、測量精度の向上は、占用位置のほとんどが主要道路下であり、鉄道・道路はもちろん電気・電話・下水道等インフラに対して影響を最低限にする位置を高い精度を持って構築したことである。

親子シールドの親部分の内径・延長についても、シールド掘進時の効率化だけではなく、配管工事において狭い立坑を1本12mの長さのガスを効率的に投入するための空間＝内径を確保し、ロコの搬送の効率化を考慮した空間＝延長を確保したものである。親子シールドマシン概要を写真-2に、立坑内径11m内を斜め吊りして投入する12m管を親シールド部の内径2600mmを最大限有効利用し、シールド内へ水平に吊降ろす状況を図-6に示す。搬送効率向上のための複線軌道の概要を図-7に示す。子シールドの急曲線においてもシールド内容接作業を低減し、かつ運搬の効率化を図ることの可能な延長である12m管の通過可能な30mRの採用とし、占用位置の決定を行った。

今後、郊外地域の都市化は加速する中で、本プロジェクトのような長距離非開削工法によるガス管建設工事は必須となることであろう。本プロジェクトにおいて行なった、土木のみならず配管を考慮した企画・設計施工という手法が、このようなプロジェクトにおける対策の一助となることは明確である。



写真-2 親子シールドマシン

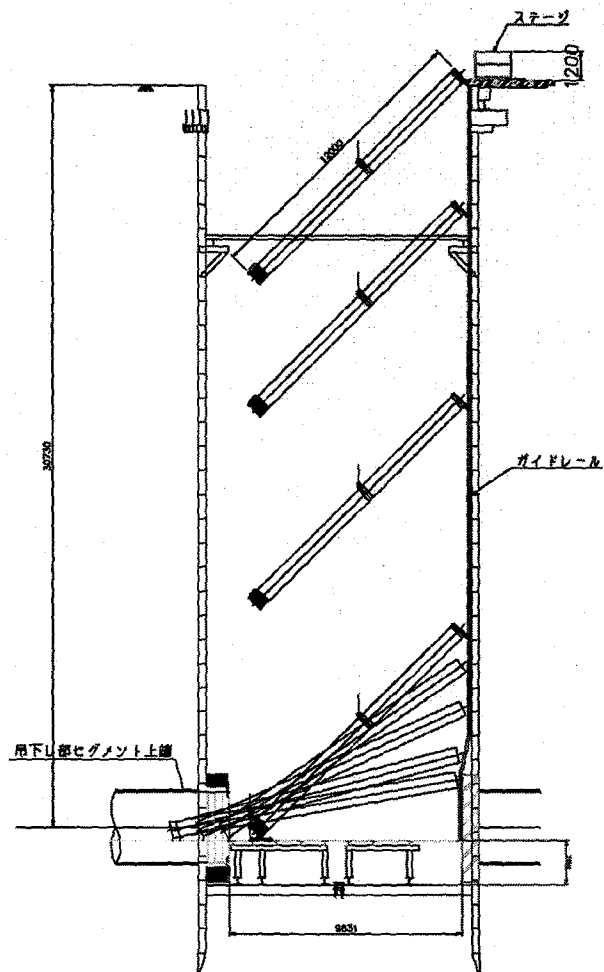


図-6 ガス管吊降ろし状況

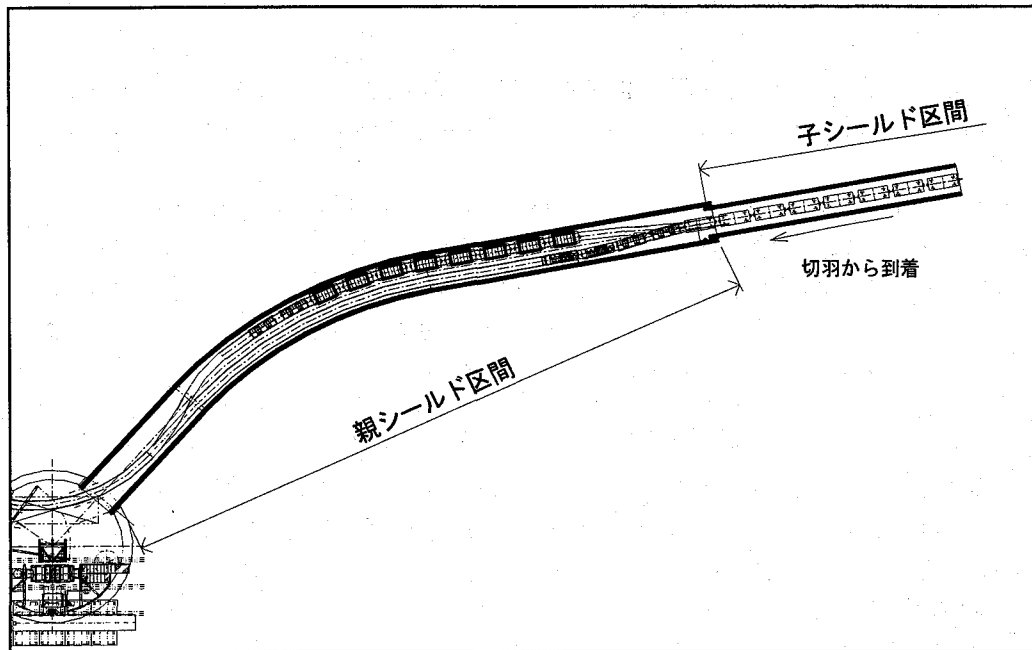


図-7 搬送効率化に寄与した親シールド部複線軌道

5. 終わりに

配管工事は2007年7月より着工し、およそ2年後の完成を目指して現在施工を開始したばかりである。

今後は、本プロジェクトの企画段階から土木と組み合わせて検討してきた配管施工について、特に狭隘な作業環境下で計画通り施工できるか精査していく。また、維持管理を考慮した設計施工を行なっているが、真に維持管理しやすい結果が得られるか検証していくことによって、健全性を将来に渡り容易に確認できるパイプラインとなるよう工事を推進していく所存である。

謝辞：環境・工期共々課題は多い建設工事ではあるが、ほぼ計画通りにシールドトンネル工事は完成することができた。この場を借りてご指導ご協力いただいた関係者諸氏に御礼申しあげる。

参考文献

- 1) 木原晃司, 矢口岳彦, 木田博光, 上原啓史：小口径親子シールドで大深度・長距離の高圧ガス管路を建設，トンネルと地下，Vol. 38, No. 2, pp. 35-42, 2007. 2
- 2) 日本ガス協会 ガス工作物等技術基準調査委員会：高圧導管指針，pp. 299-302，日本ガス協会，2006
- 3) トンネル工学会：トンネル標準示方書，pp. 46，土木学会，2006