

月刊推進技術



<http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/>

月刊推進技術

公益社団法人 日本推進技術協会

<http://www.suisinkyo.or.jp>

e-mail:info@suisinkyo.or.jp

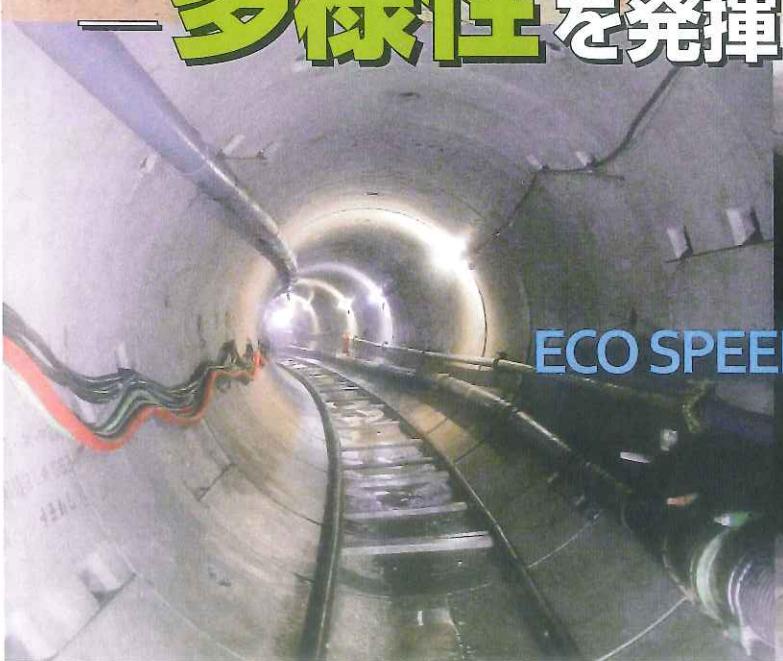


特集 推進技術

—多様性を發揮して大活躍— その2

9

Vol.26 No.9
2012(平成24年)



ECO SPEED SHIELD



推進とシールドの特長を活かしたエコスピードシールド工法

京都市 大手筋北幹線(その1)公共下水道工事施工報告

櫻皮 安弘

エコスピードシールド工法協会
事務局 技術・積算

1 はじめに

本誌において、今年3月号の自在型推進工法特集で、京都市の事例について、設計から施工準備のプロセスを設計者（発注者・コンサルタント）、材料メーカー（推進管・セグメント）、施工者（元請・施工業者）に協力をいただき報告を行ったが、先般、無事に到達できたので、施工のプロセスについて、報告を行う。

推進工法とシールド工法の融合によって、様々なメリットが得られることや様々な用途が存在することを、多くの方に認知していただき、今後の切り札として、活用していただけるように今回も、施工者の視点から意見をいただき本稿の作成を行った。さらに、当協会の視点から、本工事の施工における留意点について、私見を交えて、報告するものである。

2 推進・シールド併用タイプ

2.1 工法の概要

エコスピードシールド工法（以下、本工法）は、呼び径1000～2400を対象とした非開削による管きょ構築工法である。推進工法によって、管耐荷力の限界もしくは急曲線手前の任意の地点まで施工を行って、立坑を築造することなくシールド工法に切替え可能な「推進・シールド併用タイプ（特殊推進工法）」と全区間をシールド工法によって施工する「シールドタイプ（小口径シールド工法）」の2種類から、施工条件に応じて選択することが可能である。

推進・シールド併用タイプは、推進工法とシールド工法の両方の利点と欠点を補い合うことで、全区間を推進工法で施工することが困難な場合に、推進工法からシールド工法に切替える方式である。切替え位置では、ESS特殊先頭管（推進管）とセグメントを直接接続する方式の採用によって、耐震性にも優れている。現在、特許出願中である。写真-1に推進管とセグメント接続部分を示す。図-1に概要図を示す。



写真-1 推進管とセグメント接続状況

2.2 工法の説明

本工法は、泥濃式を採用しており、推進区間では、通常の推進工法に比べてテールボイドが大きいため、特殊な固結型滑材を注入することで、ゲル体がテールボイド内で任意に変形し、劣化を抑制することで、テールボイドの保持を行う。

さらに、推進区間の施工完了直後に、裏込注入を行うことで、地盤沈下を抑制する。一方、シールド区間では、裏込注入を掘進即時注入とすることで、地盤沈下を抑制する。

本工法用セグメントは、ヒューム管と同様の遠心力製法を採用した合成セグメントと、一般的な振動製法によるRCセグメントの2種類がある。遠心力製法は、振動製法に比べて、強度、水密性、耐久性が高い。

掘進完了後は、二次覆工が不要なため、坑内設備を搬出撤去し、推進管目地・セグメント目地および注入孔等を、無収縮モルタルにて仕上げを行う。

2.3 工法の特長

推進・シールド併用タイプの特長を下記に示す。

- ①仕上り内径1,000mmから、1スパン1,000m以上、超急曲線R=10mが可能である。

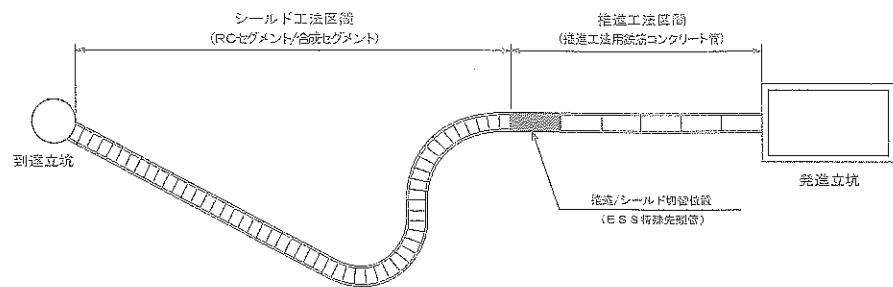


図-1 工法概要図

- ②推進工法からシールド工法への切替えが容易である。
- ③掘進機内からビッド交換および障害物の撤去が可能である。
- ④シールド区間ににおいて、二次覆工を省略することで、大幅な工期短縮が可能である。
- ⑤全区間シールド工法に比べて、経済性に優れている。
- ⑥軌道横断、河川横断、既設シールド到達、重要構造物の近接施工においては、シールド工法に切替えることで、安全性が向上する。

工事場所：京都市伏見区聚楽町地内
発注者：京都市上下水道局
呼び径：1800
掘削延長：L = 348.092m
推進区間 339.092m
シールド区間 9.000m
線形：R = 140 + 80m
土質条件：砂礫土 N = 22 ~ 78
礫率 34 ~ 41%
最大礫径 200mm
土被り：14.51 ~ 15.06m
地下水位：GL - 4.22m
特記事項：既設シールド到達
(FFUセグメント切削)

3 施工報告

3.1 設計概要

工事名：大手筋北幹線（その1）
公共下水道工事

既設シールドである大手筋幹線（φ3,000mm）の施工時に、到達部分のセグメントをFFU（硬質ウレタン樹脂をガラス長繊維で強化したもの）で製作し、掘進機にて直接切削できる構造としていた。

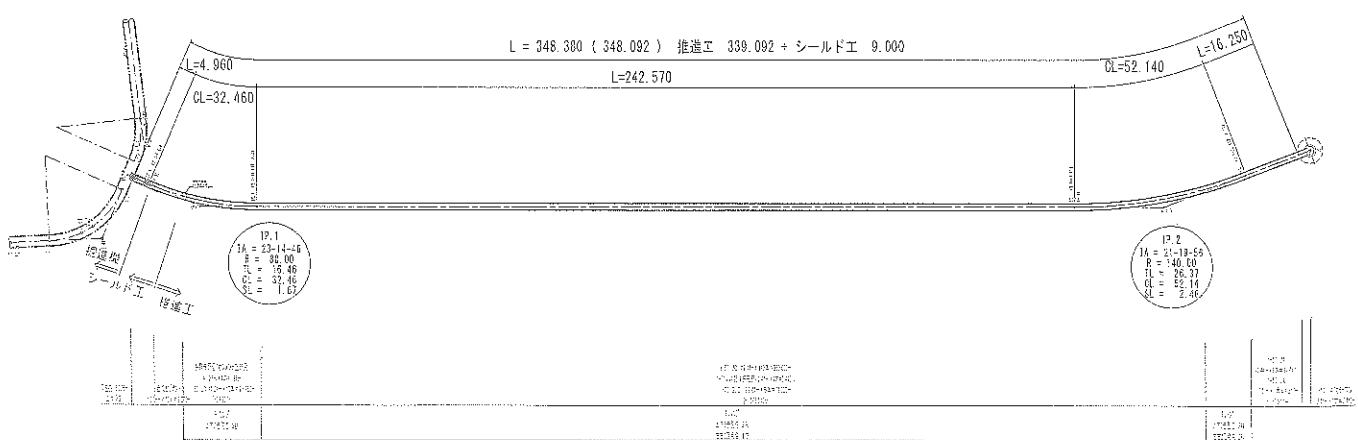


図-2 施工概略図



写真-2 到達部の状況



写真-3 機内注入状況



写真-4 沈下測量状況

3.2 本工事の課題

本工事の課題を以下に示す。

- ①硬質土
- ②高水圧
- ③テールボイドの保持
- ④曲線施工
- ⑤到達部の地盤改良
- ⑥既設シールド管きよの損傷防止
- ⑦FFUセグメント切削

3.3 施工者の視点^{※1}

当社では、到達部の地盤改良、既設シールド管きよの損傷防止、FFUセグメント切削の課題に取り組んだ。また、通常の推進工法に比べてテールボイド

が大きいことから、テールボイドの管理を行った。

(1) 課題に対する対応策

課題に対する対応策を以下に示す。

①到達部の地盤改良

写真-2のように、到達部（シールド接合箇所）では、竹田街道と大手筋が交差するため、交通量が多く、道路上からの地盤改良は、困難であった。そのため、掘進機製作時に機内注入が可能な仕様に変更した。写真-3に注入状況を示す。

②既設シールド管きよの損傷防止

既設シールド坑内到達部に、予め歪

センサを取付けておき、掘進圧力等によるFFUセグメントの変形や歪を常時監視する体制および連絡体制を整えた。既設シールド坑内到達部から既設シールド坑内入口までは有線通話、既設シールド坑内入口から発進立坑までは簡易無線通話、発進立坑から掘進機オペレータまでは坑内用電話を使用し、綿密に連絡を取り合った。

既設シールド管きよ手前の掘進方法として、掘進機をミリ単位で微速度制御ができるシールドジャッキを用いて、常時監視しながら速度調整の管理を行った。

既設シールド管きよに損傷を与えないために、掘進機の位置を正確に測量する必要があり、トラバース測量とジャイロコンパスを併用した。

③FFUセグメント切削

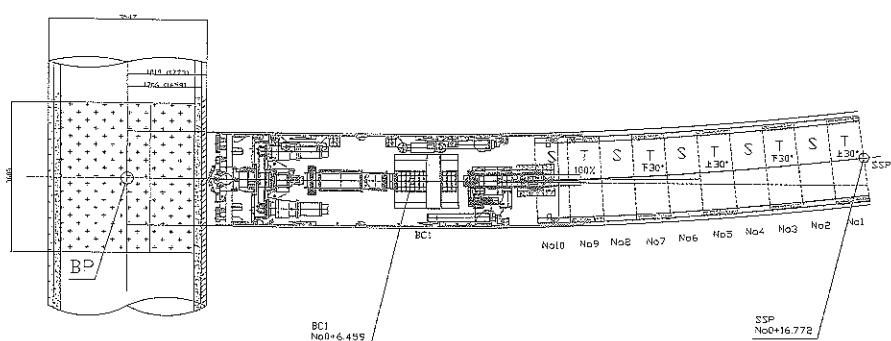
既設シールド到達時、FFUセグメントを掘進機ビッドで切削する際に、破損を起したりまたは、変位を起さないように、予め既設シールド内に鋼製型枠で仕切を入れ、裏込材を充填し、隔壁を設け、セグメントの保護を行った。

到達後は、FFUセグメントと掘進機外殻との隙間から流入水および土砂流出を防止するために、事前に掘進機の全周に設けたグラウト孔から注入を行った。

④テールボイドの管理

推進区間では、テールボイドの保持

平面図



断面図

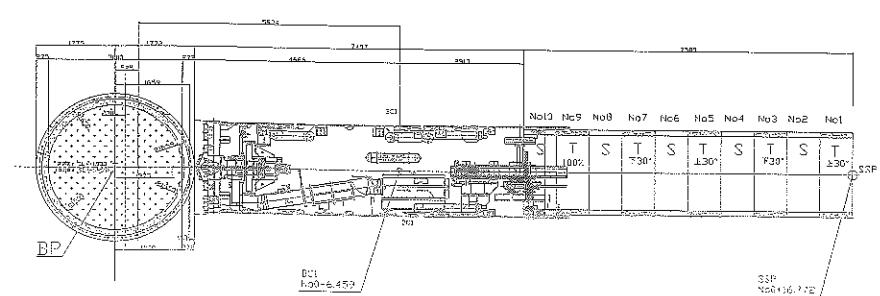


図-3 既設シールド到達図

が重要な課題である。当社では、地盤沈下を防止するため、日々、路線の沈下測量を行った。また、排泥の取り込み過多を防止するため、排泥量の管理も、行った。

(2) まとめ

本工事では、着工前の打合せで、掘進機の仕様変更を行い、多くの課題を克服することができた。また、本工事の最大の課題であるFFUセグメントの切削についても、満足する結果が得られた。

今回の施工を通じて、改めて推進・シールド併用工法の優位性を知るとともに、施工の安全性を実感した。

最後に、無事に到達できることに対し、協力をいただいた方々に、感謝する。

3.4 施工者の視点^{**2}

本工事は、推進・シールド切り替えによる本工法での初めての施工であり、到達部では最大の課題が残されていることから、綿密な計画が要求された。事前にFFU切削実験を行っていたが、対象土質が硬質砂礫層のため、到達時のビッドの磨耗状態が懸念された。写真-5に切削実験状況を示す。

また、到達部は、掘進機内から注入を行うため、切削作業時の掘進機の姿勢制御が懸念された。

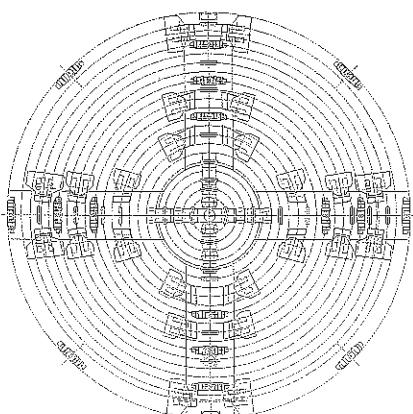


図-4 ビッド軌跡

(1) 課題に対する対応策

課題に対する対応策を以下に示す。

①硬質土

硬質地盤に有効な切削能力の高いビッドを選定し、さらにFFUセグメントを確実に切削できるビッドを選定して、適正な配置を行った。図-4にビッド軌跡を示す。

②高水圧

高水圧対策として、ピンチバルブと油圧ゲートを併用した。作業終了時に油圧ゲートを閉めることにより、機内への流入水を防止した。写真-6に示す。

また、発進直後のバッキング対策を行った。写真-7に示す。

③テールボイドの保持

推進力低減(ES)システムにより、テールボイドに加圧注入を行って、テールボイドの保持を行った。

④曲線施工

設計推進力を基に、推進力伝達材の貼り方、使用枚数、発泡倍率を決定し、施工を行った。

⑤FFUセグメント切削

切削実験を基に、切削速度を決定した。切削速度は、1～2mm/minの範囲で調整し、カッタトルクを一定に保ち、土圧および取り込み(FFUセグメントの切削屑等)状況を常時監視しながら切削を行い、隔壁内の所定位置まで掘進した。写真-8に掘進機内に取り込まれたFFUセグメントを示す。

(2) まとめ

推進区間では、テールボイドの保持が最大の課題であった。良好なテールボイドの形成により、推進力の上昇および地盤沈下を抑制し、施工精度もましまずであった。

シールド区間では、曲線内でセグメントの組み立てを開始したため、セグメントが競ってしまい、組み立てに苦労した。最大の課題であるFFUセグメントの切削は、全く問題なく施工が行えた。

最後に、本工事では課題が多く存在し、克服することができ、今後の工事に活用していきたい。本工事で、協力をいただいた皆様に、お礼を申しあげる。

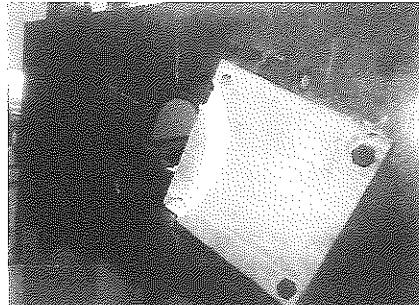


写真-5 FFU切削実験状況

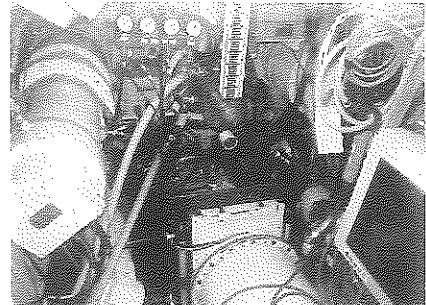


写真-6 油圧ゲート

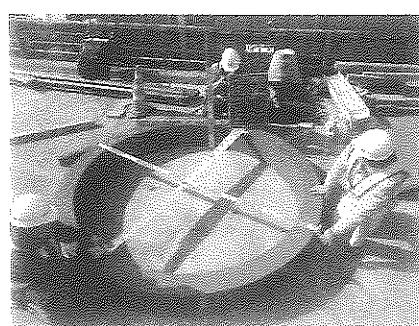


写真-7 バッキング対策

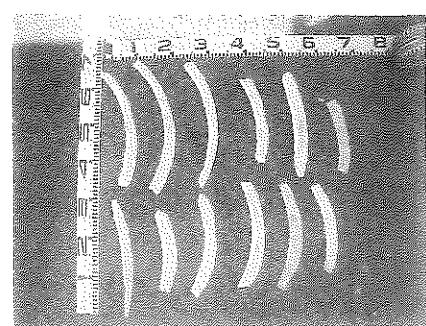


写真-8 切削したFFU

3.5 施工経過と結果

想定以上に地盤が固く、日進量は低下したが、ビッドの選定については、適正であったと考えられる。テールボイドの保持については、図-5の推進力変移グラフの通り、ESシステムが効果を発揮したと考えられる。設計推進力に対して、実施推進力は約90%程度となり、推進力伝達材の潰れが良好であつたため、曲線施工の課題も克服できた。

施工精度は、推進区間において、レベル-15～+15mm、センタ右28～左27mmであり、シールド区間（既設シールド接合到達時）において、レベル4mm、センタ左4mmを記録した。

既設シールド管きよへの到達時に、元押ジャッキからの推進力では、掘進機までの推進力伝達のタイムラグや微動掘進が困難なために、本工法が設計採用された。シールド工法に切り替えることで、FFUセグメントへの押付け力の管理とミリ単位での切削速度の調整が可能となり、破損することなく、無事に到達できた。

写真-9に掘進機搬入状況を示す。

写真-10に既設シールドへの到達状況を示す。

3.6 反省点

本工事では、曲線途中で推進工法からシールド工法に切り替えたため、最

初のセグメントの組立てに、非常に苦労した。本工事のシールド切り替えの目的が、FFUセグメントの切削であり、シールド区間を極力少なくするために、曲線区間での切り替えとなった。今後は、これらの対応と対策について、考える必要がある。

本工事で、様々な問題点が把握できただけ、今後の設計および施工に生かしていきたい。

4 今後の課題

推進工法は、現在では一般的な工法として、認知されている。その反面、社会のニーズに応えるために、適用地盤の拡大、安全性の確保と向上、長距離・急曲線施工技術、省力化、耐久性・耐震性の向上、コスト縮減などに取り組み、大きな進化を遂げてきたことは、周知の通りである。

今後、推進・シールド併用工法についても同様に、より複雑となった施工条件に対応し、発注者ならびに設計者の方々に認知していただくことで、工法選定の選択肢の一つとなることが、急務である。さらに、当工法を含めて、推進・シールド併用の技術を有する工法が、新しいカテゴリーとして、その存在価値を見出され、普及および発展していくことを期待する。

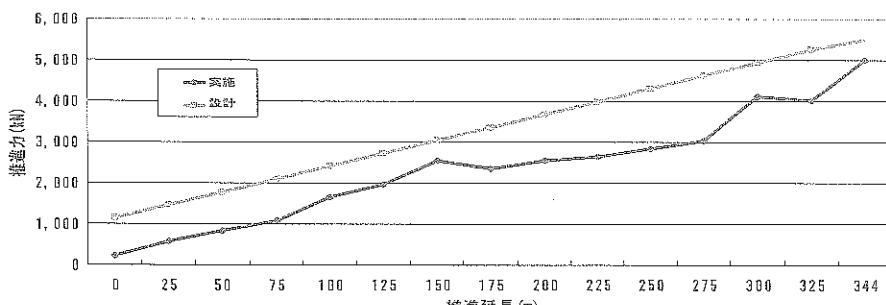


図-5 推進力変移グラフ

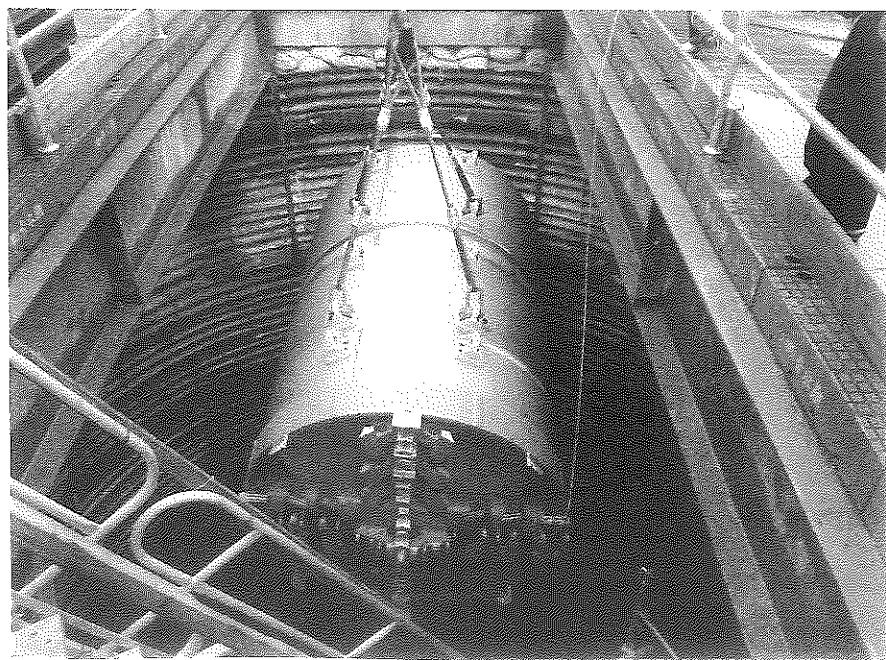


写真-9 搬入状況



写真-10 到達状況

3. おわりに

今回と前回を通じて、設計から施工までのプロセスにおいて、それぞれの立場での役割の重要性を、多くの方々に知っていただくとともに、設計および施工に従事している方々には、それぞれの視点となって、改めて取り組んでいただきたいと考える。

推進・シールド併用工法の採用については、新工法である点、施工実績が少ない点、積算体系が複雑である点など、工法採用には課題が残っていると

考えられるが、本稿を通じて、推進・シールド併用技術の必要性を知つていただくとともに、工法採用に役立てていただければ、幸いである。

最後に、今回の執筆に協力を頂きました方々には、深く感謝し、敬意を表す所存である。

【参考文献】

「推進工法とシールド工法の融合 京都
市における推進・シールド併用工事 設
計から施工準備について」月刊推進技術3
月号、Vol.26 No.3 2012

執筆者紹介

※1 太田 永周

太田建設㈱

※2 阪口 勝澄

宮川 裕司

中川企画建設㈱

○お問い合わせ先

ESS工法協会

〒581-0038

大阪府八尾市若林町1-76-3

朝日生命ビル1階

Tel: 072-920-2533

Fax: 072-920-1588

<http://www.eco-speed-shield.com>

E-mail: info@eco-speed-shield.com

Topics

平成24年度通常総会を開催

ボックス推進工法協会

ボックス推進工法協会（特別会員、
会長：酒井栄治㈱アルファシビルエンジニアリング代表取締役兼開発部長）は7月20日ホテルセントラーザ博多（福岡市博多区）において、平成24年度通常総会を開催した。

開会のあいさつで酒井会長は「今年2件の施工実績は、いずれも□3,000×3,000 mmで歩道を目的としたボックス推進で、本協会が目指してきた交通渋滞や開かずの踏切の解消、少子高齢化社会に向けてのパリアフリー化に向け大きく踏み出すことができた」と語り「本工法の設計支援の問い合わせ件数が増えている。事務局としてはそれに迅速に対応し本採用に結びつける努力をするので、会員各社のさらなる協力をお願いしたい」と締めくくった。

議事では、設計・積算資料の見直し、カタログやホームページなど図書資料等の更新、下水道展への出展、下水道事業や推進工法等の講演会への積極的な参加、コンサルタントや発注者への積極的なPR活動と迅速な設計支援の対応を柱とした今年度の事業計画が可決承認された。



▲ 総会で議事を進める酒井会長

これまでの施工実績

No.	発注者	用途	断面 (mm)	延長 L = m	最小 土被り	その他
1	千葉県	下水道	2,400×2,400 (PC)	36	1.92 m 0.75D	
2	(独)都市再生機構埼玉地域支社	雨水幹線	2,800×1,800 (RC)	221	0.97 m R = 100~100 m	
3	㈱天文館	地下連絡通路	3,000×3,000 (分離PC)	14	2.63 m 0.72D	
4	東日本高速道路㈱ 東支社	歩道強張	3,000×3,000 (PC)	55	2.68 m 0.74D	