

ライナープレートによる拡幅立坑

土木本部	土木部	中村憲司
土木本部	土木部	高橋弘樹

概要：小規模な立坑構築において、既設埋設物を避けて地下空間のスペースを確保するため、開口部分が省スペースで下部が広がった立坑を構築するため「拡幅ライナー立坑」を開発した。ライナープレートは通常の場合、水平荷重（土圧・水圧）に対して波形加工した薄肉鋼板で大きな強度と剛性を有するが、拡幅部に使用する場合には、水平荷重以外に鉛直の荷重（死荷重、活荷重）がかかることが想定される。本報では工法の概要、材料の確認結果および施工事例を報告する。

Key Words：地下構造物、山留め、拡幅、ライナープレート

1. はじめに

近年、小口径（呼び径φ800mm未満）の推進工事において、道路条件や近隣住民への環境問題から発進・到達立坑の構築位置が制限されるため、長距離や曲線に対応した推進工法の採用が増加している。一方、地下埋設物の有無、周辺の環境条件等から、円形ケーシングを使用した小型立坑が多く用いられている。しかし、旧来のヒューム管を使用する高耐荷力推進には小型立坑への推進機器設置が困難な工法も多く存在する。そこで、開口部が省スペースであっても立坑本来の要求性能である推進工事の作業スペースをライナープレートで確保できる「拡幅ライナー立坑」を開発したので、その概要および施工事例について報告する。



図-1 拡幅ライナー立坑適用イメージ

2. 本工法の概要

本工法は、ライナープレートによる立坑の上部を省スペースの開口部で築造し、支障がなくなった時点で拡幅ライナーを使用することにより、推進施工に必要な作業空間を立坑下部に確保する。これにより、既設埋設管を避けた掘削や、歩道や路側帯のみの開口で車道下に新たな管路を構築することを可能とする立坑の築造方法である。図-1に適用イメージを示す。



中村憲司



高橋弘樹

(1) 適用工事と開発目標

適用対象工事は、推進工事の発進立坑・到達立坑、人孔築造工事等の立坑構築工事であり、主に狭い道路や埋設管がある場所への適用が考えられる。開発目標は、表-1に示すように小口径の推進工事で通常ライナープレートにより立坑が施工される深度10.0m程度、寸法は立坑開口部が2.0m×6.0m、下部の推進作業部が3.0m×6.0m、拡幅が1.0m程度の立坑を設定した。

表-1 開発目標

対象工事	推進工事の発進立坑・到達立坑
対象深度	10m程度
対象寸法	立坑開口部 2.0m×6.0m 推進作業部 3.0m×6.0m(標準)
拡幅部	1.0m程度

(2) 拡幅ライナー立坑で使用する特殊材料

拡幅ライナー立坑では一般のライナープレート材料に加えて特殊材料として図-2に示す天井ライナー、スライドライナー、スライドレール等の材料を使用する。

(3) 施工手順

拡幅部の施工手順は、図-3に示すように省スペース部を掘削した後、仮屋根を設置、横桁設置部つぼ掘、横桁設置をして仮屋根を固定する。仮屋根下を掘削、天井部受桁を設置、天井ライナーを設置した後に裏込めグラウトで天井部を固めることにより拡幅部の掘削準備完了。

拡幅部については、スライドライナーをスライドレールに横から差し込むことで簡単に固定できる構造となっている。その後、下部の断面でライナープレートの組み立てを順次行い基準面まで掘削する手順で立坑を築造する。

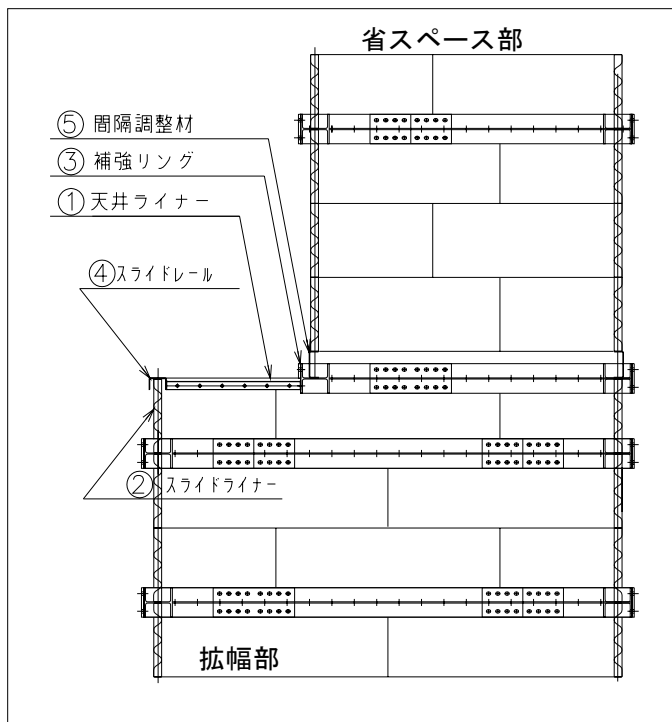


図-2 使用材料

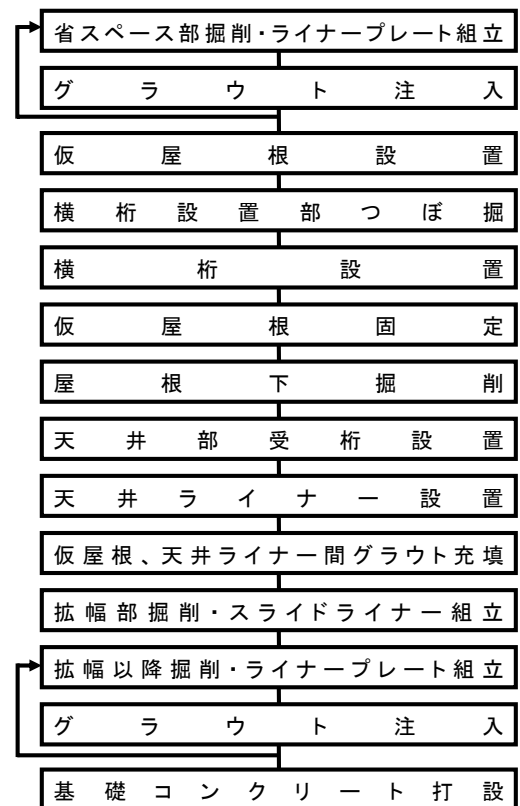


図-3 施工フロー

3. 本工法の特徴

これまでの立坑構築方法では、発進・到達立坑の施工に際して埋設管がある場合、次のような対策が取られていた。立坑概要図を図-4、図-5に示す。

- ・埋設管の吊り・受け防護を行う。
- ・埋設管の切り廻しを行う。
- ・土留め欠損部の防護を行う。
- ・通行止めや夜間工事で立坑を築造する。
- ・小型立坑で発進到達が可能な推進工法を採用する。
- ・施工可能な路線へ迂回する。

拡幅ライナー立坑を使用することにより、次のような効果が期待できる。

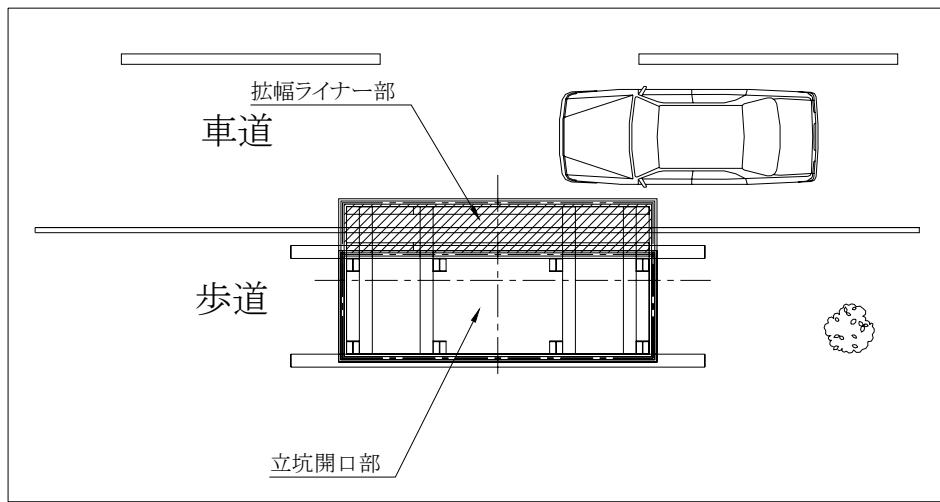


図-4 立坑概要図 (平面図)

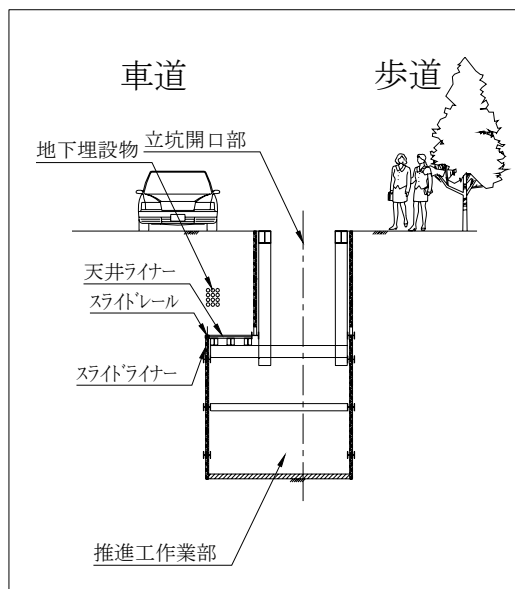


図-5 立坑概要図 (断面図)



写真-1 拡幅部工場組立状況

(1) 工費縮減

立坑構築費は部材数の増加と効率低下で若干上昇するが、埋設管の切り廻し費用が省け、場所や条件によってはトータルの工費縮減が可能である。

(2) 工期短縮

天井ライナー部の掘削設置や拡幅後の掘削効率低下から通常のライナープレートによる立坑と比較すると増加するが、埋設管の協議期間や切り廻し工事が省けられれば、大幅な工期短縮が可能である。

(3) 幅広い推進工法の選択肢

立坑構築位置の条件により、推進工事の工法（施工方法、機種）が制約されることがあったが、立坑下部で拡幅することにより制約が解消し幅広い工法選定が可能である。その他、推進工事も標準タイプの掘進機や推進管で施工が可能。（作業効率がアップ）

(4) 周辺環境問題に配慮

埋設管を切り廻す場合、利用者への供給を停止する必要があったがこれを回避できる。また、埋設管を露出させることがなくなり、土留め欠損部が無くなり安全性が向上する。

(5) 工事渋滞の緩和

幅員の狭い路上作業では、車線規制を抑えられるので工事による交通渋滞を緩和することが可能である。

4. 材料確認実験

主要部材であるライナープレートは薄肉鋼板に波付け加工を施したものであり、同じ薄板を用いた箱形の断面形状のものに比べ大きな強度と剛性を有している。通常ライナープレートには波付け加工垂直方向の水平土圧および水圧が作用する。一方、拡幅ライナー立坑の拡幅部は支保工により支持されているものの、鋼材のたわみや支持地盤の沈下等により図-6に示されるような軸方向力がライナープレートに作用する場合も想定される。

現状では、前述した鉛直荷重に対するライナープレートの軸方向耐荷力は明確にされていない。したがって、軸方向圧縮試験により強度特性を把握するとともに、鉛直荷重に対する耐荷力の推定を行った。

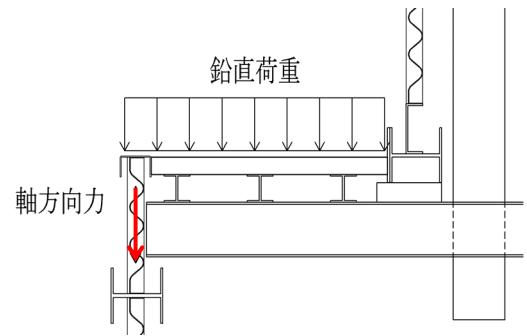


図-6 荷重概念図

4.1 材料確認実験方法

実験は技術研究所内の大型圧縮試験機を用いて、P-5 (L=785mm)、P-10 (L=1570mm) の2種類のセクション規格を対象に実施し、ライナープレートに発生する変位およびひずみの計測を行った。ここで、ライナープレートの寸法形状とひずみゲージの設置箇所を図-7に、ひずみゲージの取付状況を写真-2に示す。

なお、今回の実験では载荷速度による影響やライナープレート1枚の場合と2枚をボルト接合した場合における耐荷力の相違を検証するため、表-2に示す5ケースについて圧縮試験を実施している。

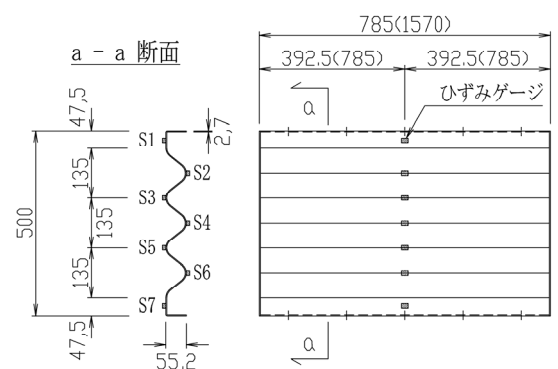


図-7 形状寸法図

表-2 試験ケース

試験 No.	ライナープレート寸法	計測項目	载荷速度
Test-1	P-5×1枚	変位	20 kN/min
Test-2	P-5×2枚	変位	10 kN/min
Test-3	P-10×1枚	変位	10 kN/min
Test-4	P-10×1枚	変位, ひずみ	10 kN/min
Test-5	P-5×1枚	変位, ひずみ	10 kN/min



写真-2 ひずみゲージ取付

4.2 材料確認実験結果と考察

今回実施した圧縮試験において確認された結果は以下のとおりである。

- (1) ライナープレートに発生した主な変状として縦フランジの変形が挙げられる。特に、写真-4, 5, 6に示すように縦フランジ上端, 下端では著しい変形に伴い部材の座屈が確認されている。一方、波付け加工部においては、目視により確認できる程度の大きな変形は生じていない。

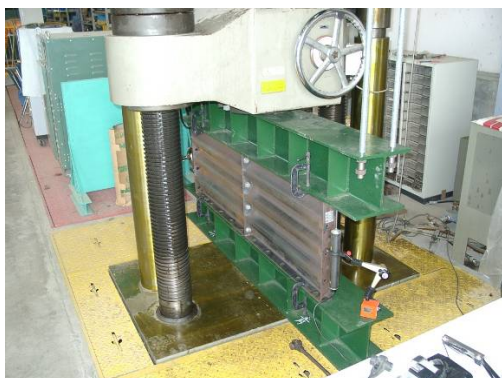


写真-3 試験状況

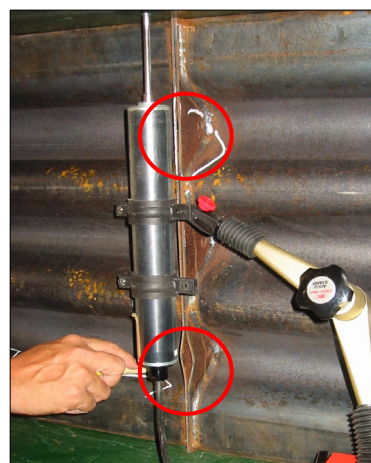


写真-4 変状 (Test-2)



写真-5 変状 (Test-3)

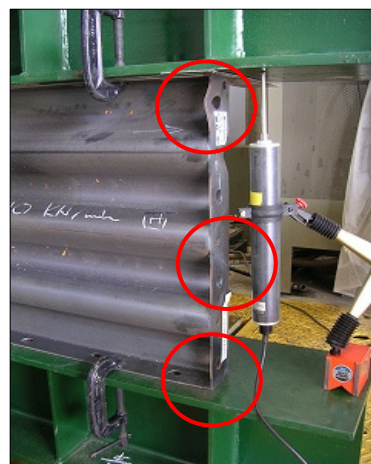


写真-6 変状 (Test-4)

(2) 図-8に示す各ケースの荷重-変位曲線から Test-1, 5 (P-5) では 70kN 付近で変位が増加し、載荷重 90kN の時点で最大値を示した。また、Test-3, 4 (P-10) では 80kN 付近での変位増加が見受けられ、最大荷重 105kN を示している。ただし、Test-2 においては最大荷重 160kN まで顕著な変位の増加は確認されなかった。

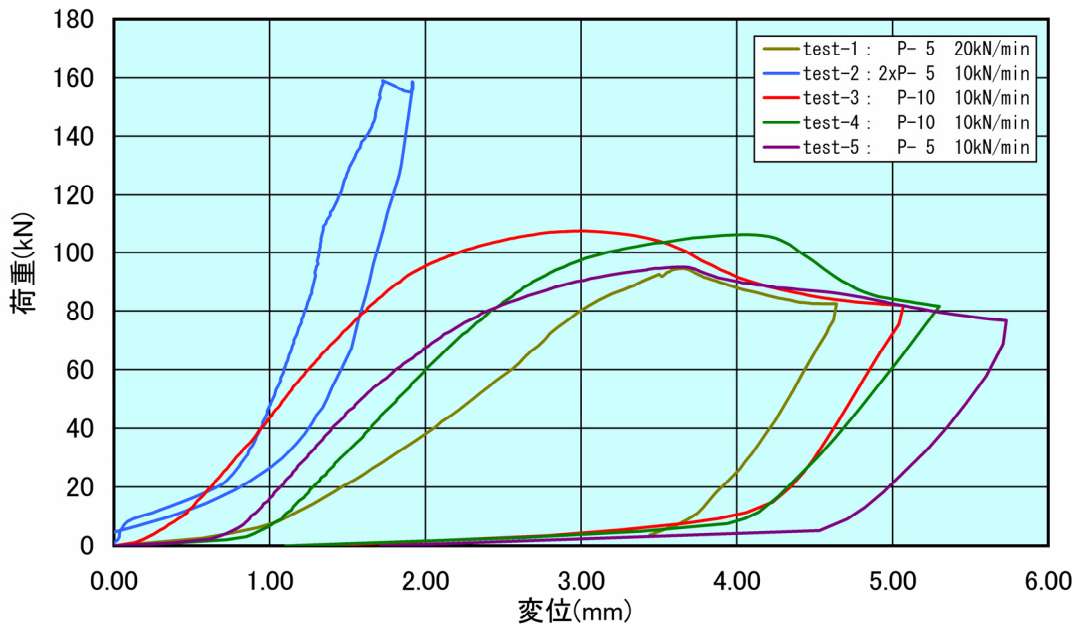


図-8 荷重-変位曲線

(3) Test-4, 5についてはひずみの測定を行っており、図-9に Test-4 の荷重-ひずみ曲線を示している。この荷重-ひずみ曲線から分かるように、S1, S7といった端部側の測点からひずみが増加し、中心に向かってジャバラ状に折りたたまれるような挙動が確認された。ただし、中央部の測点S4においてはS3, S5よりも大きなひずみが発生しており、これは縦フランジに発生した変形箇所と比較しても一致している。なお、前述した挙動は Test-4, 5ともに同様の傾向を示している。

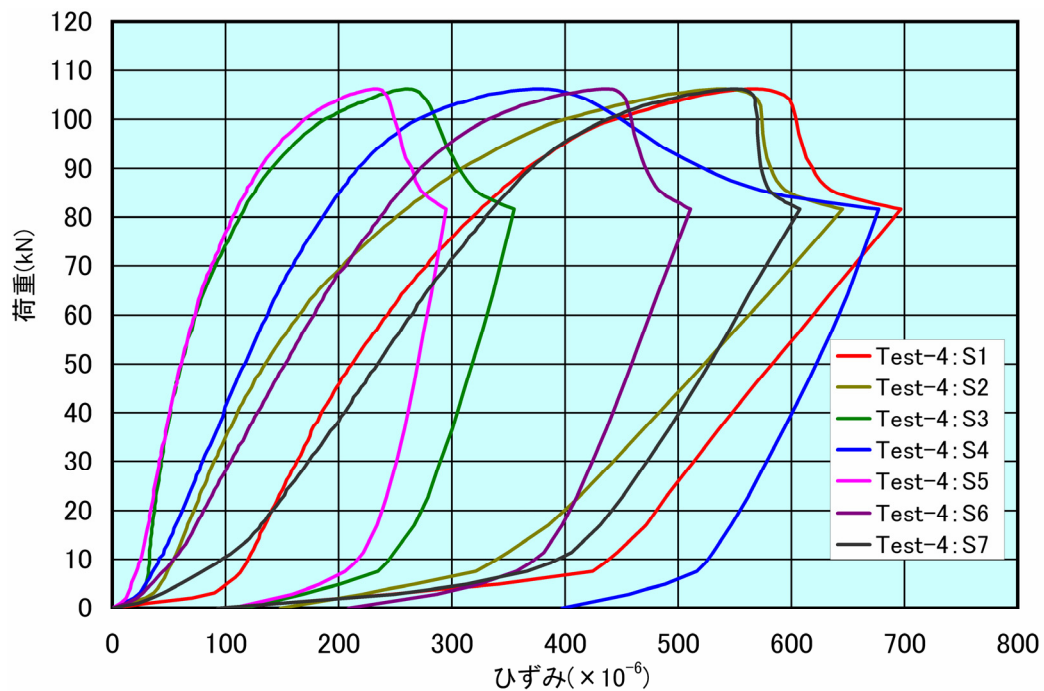


図-9 荷重-ひずみ曲線

(4) P-5については異なる速度 (20kN/min, 10kN/min) により载荷を行っているが、**図-8**に示すように Test-1 と Test-5 の間に最大荷重への明確な差異は確認されず、この程度のレンジでは载荷速度による影響はないものと考えられる。

以上、圧縮試験の結果から鉛直荷重に対するライナープレートの耐荷力はP-5において 90kN, P-10では 105kNを有している。また、荷重-変位曲線が直線的に変化し、弾性範囲内であると見なせる上限の荷重値は、P-5では 70kN, P-10では 90kN程度であると推定できる。

ここで、砂質土において標準的な拡幅ライナー立坑に作用する鉛直荷重を考えた場合、ライナープレート1枚当たりの鉛直荷重はP-5で 43kN, またP-10については 86kNであることから、支持材が機能しない事態においても本工法の安全性を確保することが可能であると考えられる。

5. 実証実験

拡幅部の施工には安全面からも拡幅部上部の土塊が崩壊しないように仮の土留め(仮屋根)施工後、掘削する必要がある。しかしながら、ライナープレートそのものが仮設であるため、簡易な方法で、かつライナープレート設置に支障を生じない構造であることが求められた。

実証実験の施工場所は**図-10**に示すN値4以上の関東ローム層で、地下水位は掘削底面以下の比較的安定した地盤であったことから、軽量鋼矢板を水平に圧入することで対処した。

表-3に土質試験結果、**図-10**に土質柱状図を示す。

地質名	洪積ローム (関東ローム)
N値	4~7
γ	13.8kN/m ³
ϕ	13.0°
C	32.0kN/m ²

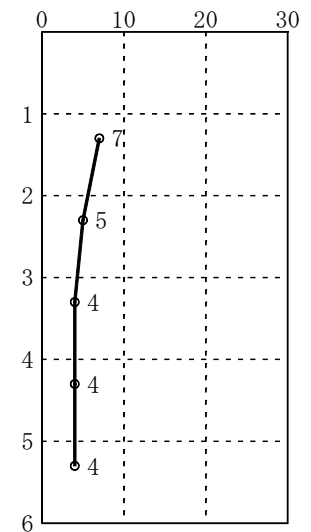


図-10 土質柱状図

5.1 仮屋根圧入機器と方法

軽量鋼矢板の長さは拡幅幅と根入れ長で決定される。また施工スペースは拡幅前の立坑幅で決定されるため、施工効率を考慮しながら圧入機材のスペースを抑える必要があり、圧入には**写真-7**に示す 300kN-250mm ストロークのセンターホールジャッキと山留めピースをストラットの代用とし、多段式に行った。なお、支圧壁には他の支保に使用する山留め主材を使用して簡易に設置した。

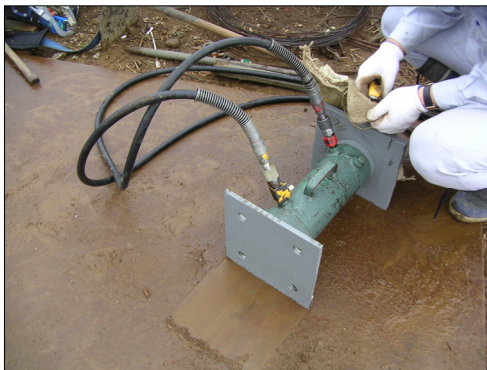


写真-8 圧入ジャッキ



写真-9 挿入冶具使用状況

圧入完了後軽量鋼矢板の受桁がライナープレート組立の支障とならないように圧入位置の高さ及び圧入停止位置が一定となるように治具の準備と架台を設置する事が必要であり、**写真-9**に示す治具と**写真-10**にある架台を用いる事で**写真-11**に示す施工を行った。

写真-10に軽量鋼矢板の圧入状況、**写真-11**に軽量鋼矢板の圧入完了全景を示す。



写真-10 圧入状況



写真-11 矢板圧入完了

5.2 拡幅直下の掘削方法と鉛直土圧保持

拡幅直下の掘削は安全性と作業性の向上を考慮し、**写真-12**に示すようにオーガー式の掘削機械を用いて横桁設置部分を掘削し、**写真-13**に示すように横桁設置する。その後**写真-14**に示すように仮屋根を受けて、**写真-15**に示すように拡幅部の天井部を掘削する。**写真-16**に示すように天井ライナーと称すライナープレート屋根部材設置スペース分を掘削後、**写真-17**のように天井ライナーを設置する。この時、鉛直土圧を支持している仮屋根への負担が増大しないよう余堀量に注意する。天井ライナーを設置後速やかに仮屋根との隙間に**写真-18**に示すようにグラウトを注入し、一体化させて拡幅後の掘削を行う。拡幅後1段目の天井ライナーとの組立は受桁等がありボルトによる組立が困難であることから、**写真-19**に示すようにスライドライナーと称する横移動式の組立により行えるようにした。(図-2及び図-3参照)



写真-12 削孔状況



写真-13 受桁設置状況



写真-14 仮屋根固定



写真-14 仮屋根固定



写真-16 拡幅部掘削状況



写真-17 天井ライナー設置



写真-18 天井グラウト注入



写真-19 スライドライナー設置



写真-20 拡幅立坑全景

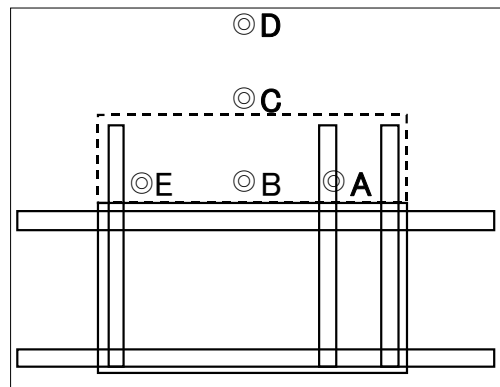


図-11 沈下板設置位置

5.3 試験結果

仮屋根の圧入は1400mmであったが大きな荷重はかからず、図-12に示すとおり最大で85kN程度であった。このことから地盤条件にもよるが、仮屋根設置時の支圧壁は簡易なもので良いことが確認された。

また、図-11に示す拡幅部に設置した沈下板での計測結果も図-13に示す通り、影響がないことが確認された。

これらのことから、拡幅型のライナープレートによる立坑構築は十分に可能であることが検証された。

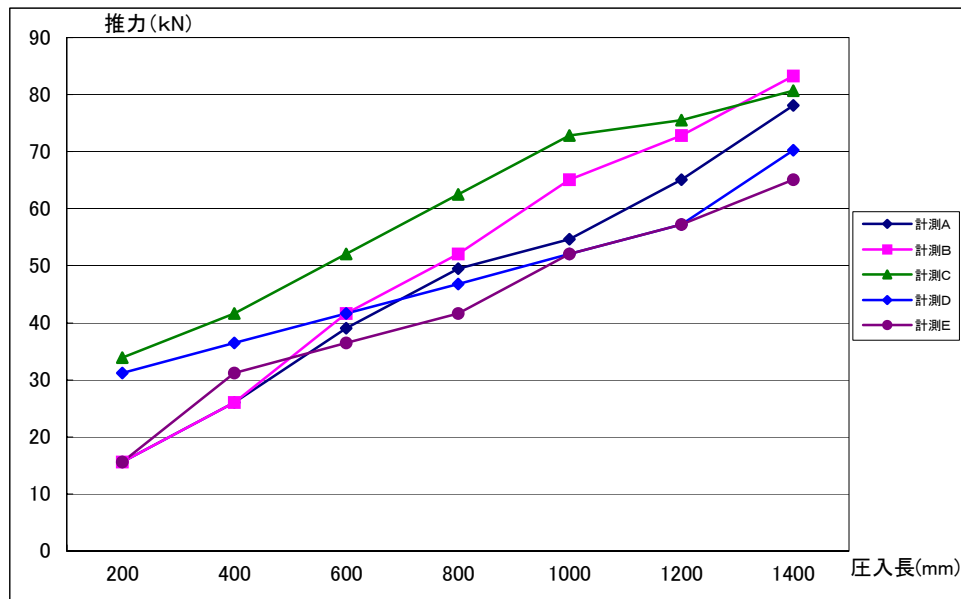


図-12 仮屋根圧入推力測定結果

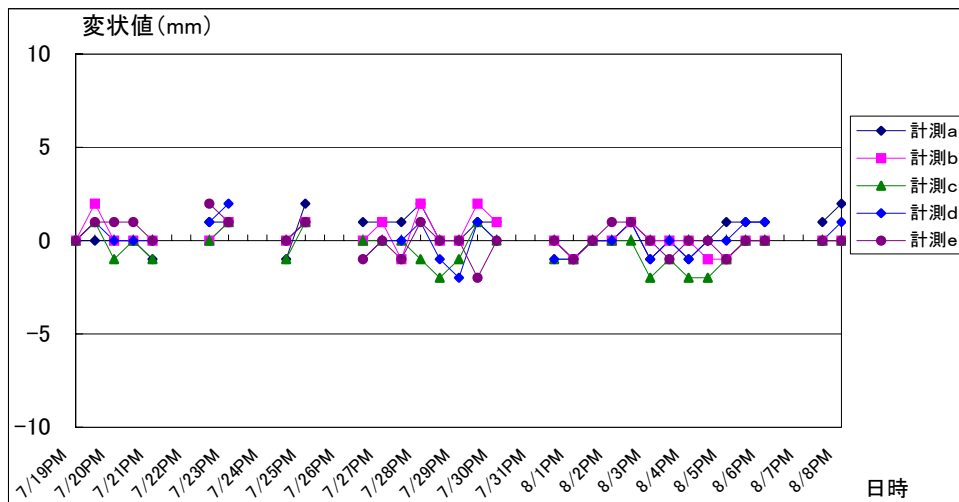


図-13 拡幅部沈下計測結果

6. おわりに

本工法は、今後増加が予想される既設管路が輻輳する場所での立坑構築時の切回し費用を含めた構築費の削減等のニーズに幅広く対応できるように、施工実績を積み重ね更なる改善を進めながら、下水道事業の普及に貢献していきたいと考えている。

なお、本開発は建設工事における省力化・自動化技術の共同開発を目的とした自動測量研究会の弊社他7社(新井組, 真柄建設, 松村組, 馬淵建設, 村本建設, 森本組, 日鐵住金建材)で開発したものである。

参考文献

- 1) コルゲート・ライナー技術協会：ライナープレート設計・施工マニュアル，2003.8
- 2) 有本邦彦・山崎貴弘・丸山修司：ライナープレートによる拡幅立坑ーその1：工法概要ー，第41回地盤工学研究発表会講演集 pp.1663-1664
- 3) 中村憲司・大高範寛・保立尚人・林学：ライナープレートによる拡幅立坑ーその2：材料ー，第41回地盤工学研究発表会講演集 pp.1665-1666
- 4) 大岩忠男・三次直行・高橋弘樹・飯淵慎也：ライナープレートによる拡幅立坑ーその3：施工事例ー，第41回地盤工学研究発表会講演集 pp.1667-1668