

32. 長距離推進における同径側面地中接合推進工事

株式会社奥村組名古屋支店土木部

広野和正 高橋淳二郎

1. はじめに

鳴尾第2雨水幹線下水道築造工事は、平成12年9月に襲った東海豪雨を教訓に名古屋市が新たな雨水対策整備事業を策定し「緊急雨水整備事業」として進めている「雨に強いまちづくり」の一環として、名古屋市南区要町4丁目～上浜町に雨水幹線管きょを築造し、雨水浸水対策を図るものである。本稿では長距離の推進の後に既設管渠に側面地中接合を行った工事の計画および施工について報告する。

2. 工事概要

本工事は図-1および2に示す通り、既設の柴田雨水幹線（下流側）と鳴尾雨水幹線（上流側）の間を推進工事で雨水管きょを築造するものである。

2. 1 工事内容

工事名：鳴尾第2雨水幹線下水道築造工事

発注者：名古屋市上下水道局

施工者：奥村・徳倉・エクシオ特別共同企業体

施工位置：名古屋市南区要町4丁目～上浜町

施工方法：土圧式推進工法

呼び径：3,000

土被り：7.5m～7.9m

勾配：0.5‰



図-1 施工位置図

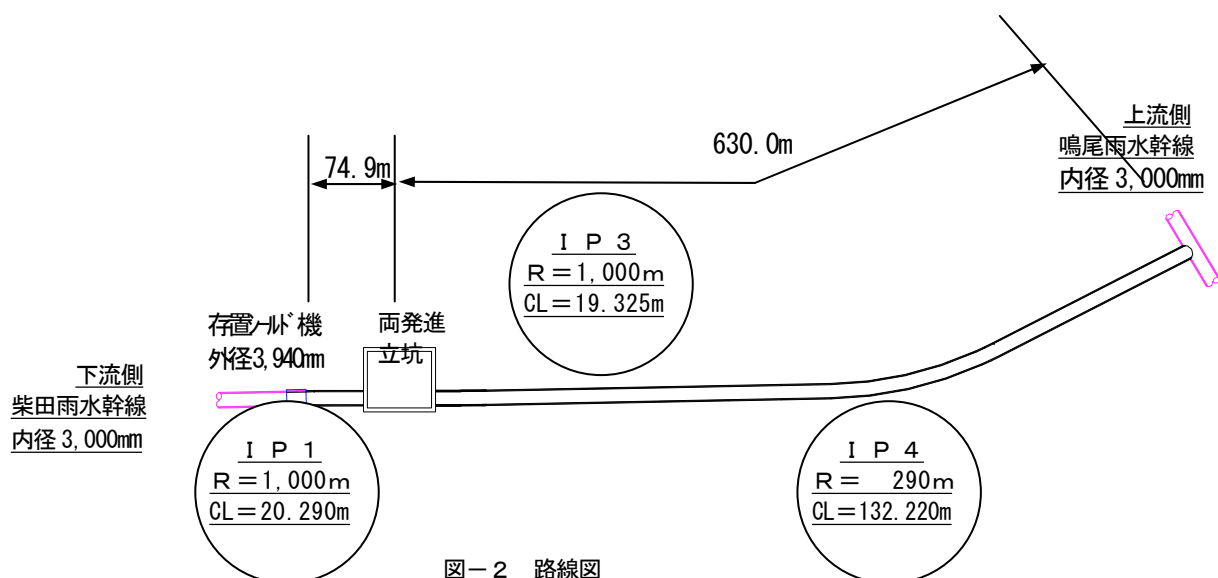


図-2 路線図

2. 2 工事の特徴

2. 2. 1 長距離推進

上流側接合部は、基幹バス路線となっている道路の交差点内であるため、長期間道路占用する立坑の築造は困難な立地である。

路線は民家、店舗等が建並ぶ市街地であるので、発進基地を設ける適地が少ないため 630.0m という長距離推進の必要が生じた。

2. 2. 2 地中接合

上流側に接合する鳴尾雨水幹線は、一次覆工が外径 $\phi 3,800\text{mm}$ 桁高 125mm の鋼製セグメント、二次覆工が厚さ 275mm の無筋コンクリートが施されている内径 3,000mm の管きよであり、86.6 度の角度で接合となる。

地中接合の形状は、図-3 および写真-1 の通りである。地中接合は一般的に既設管を補強し、補強した中に新設側を挿入するように到達させる。しかしながら、本工事では外径差が小さいため、既設管鋼製セグメントと新設の掘進機外殻を接合する必要がある。また、接合面は、円筒形と円筒形が重なるため、複雑な面となり立体的には鳥の口ばしのような形状となる。

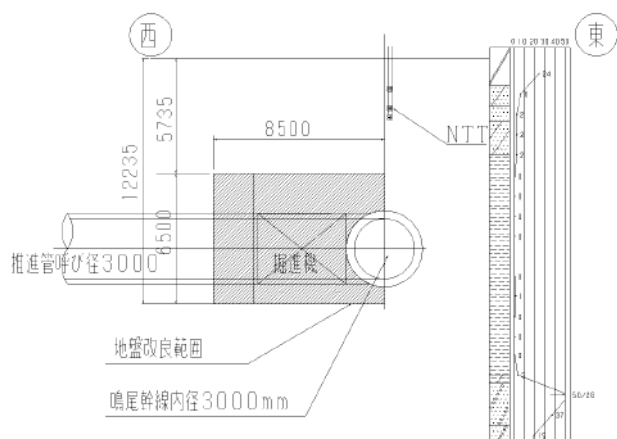


図-3 側面接合図

2. 2. 3 供用中の既設管きよ

鳴尾雨水幹線は、洪水時の貯留管として供用されており、大雨時には雨水が流入することとなる。また地中接合部の出入りは、約 200m 離れた路下にあるポンプ室の鉄蓋からしかできない。

3. 施工上の課題

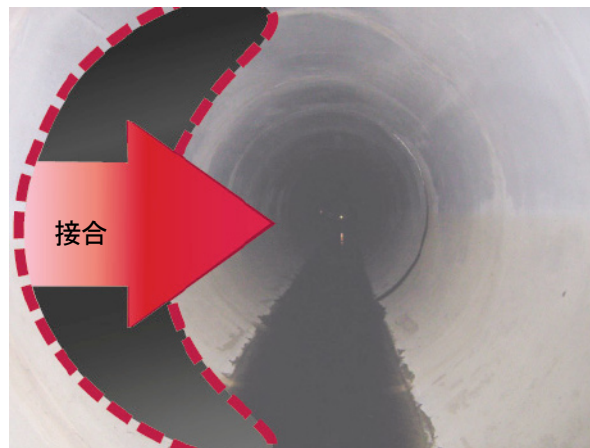


写真-1 上流側到達部
(鳴尾雨水幹線内)

3. 1 地中接合構造

掘進機の先端には、カッターフィッシュテールがあるので、先端がセグメントに到達した段階では、掘進機外殻はセグメントより約 800mm 手前の位置となる。この位置で接合すると構造的に重構造となり地中接合という条件下では、材料の運搬、溶接作業等が多くなり施工が困難である。

また、交角が 86.6 度であるため、左側外殻が既設セグメントに接した時点で、右側はまだ 208mm 離れた位置となる。

3. 2 長距離推進後の再掘進の必要性和課題

3. 2. 1 掘進機の解体

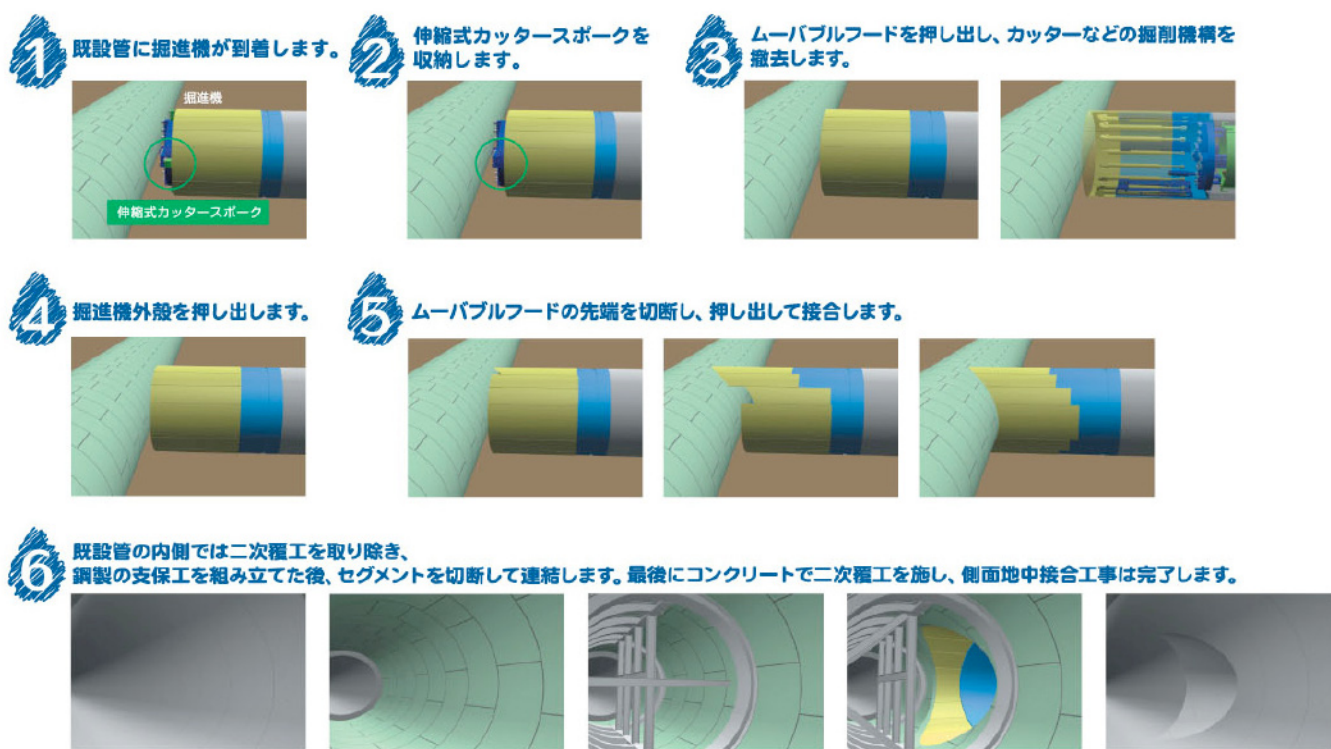
掘進機先端が既設セグメントに到達した後に、カッター部分を撤去し、掘進機を前進させ外殻部を鋼製セグメントに接合させる必要がある。

3. 2. 2 再掘進時の推力上昇の防止

掘進機解体の後に前進させるためには、推力の上昇を抑える必要がある。推力は、停止期間が長くなると上昇するため、できる限り短くする必要がある。

3. 3 接合部山留構造

接合部の掘削は、地盤を高圧噴射攪拌工法により改良された地盤を、素掘する必要がある。周辺への影響を少なくするためには、早期に堅固な山留を施す必要がある。



図－４ 地中接合手順図

3. 4 既設管二次覆工の撤去

既設管はコンクリートによる二次覆工を施されているので、内部補強および接合するためにコンクリートを撤去する必要がある。コンクリートの撤去は、地中接合による影響区間として 10.56m の範囲であり、コンクリートの撤去量は約 30m^3 に及ぶ。

3. 5 作業環境

地中接合作業の作業環境を確保するためには、坑内での溶接や溶断作業を極力少なくする必要がある。

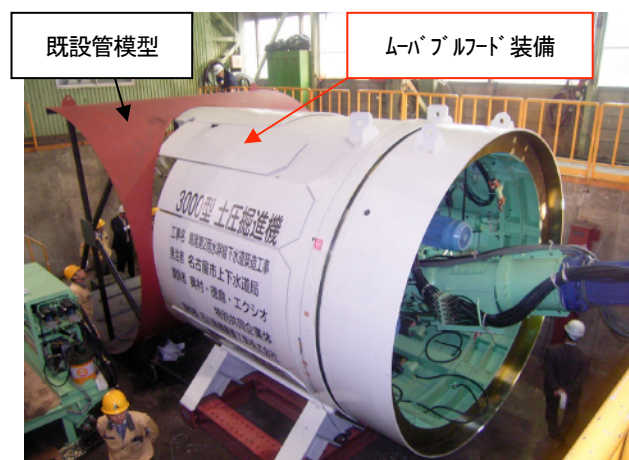
4. 計画

4. 1 地中接合手順の計画

課題を踏まえて、図－４に示す接合手順を計画した。既設管の補強は掘進機到達前に施工するものとした。

4. 2 接合部山留構造

接合部上部の口ばし状となる部分は、現場での作業を少なくし堅固な山留構造となるムーバブルフードを装備し、到達時に張り出し接合する構造とした。



写真－２ 掘進機

4. 3 掘進機解体の迅速化

掘進機の解体は、一般的にはカッターやカッター駆動部などを個々に溶断作業により解体する。本工事では、解体期間の短縮と解体による作業環境の悪化を防ぐ必要がある。先端到達後の停止期間が短縮するため、掘進機を迅速に解体できるようにカッターや駆動部等を内蔵した内殻を一体として解体・搬出・回収できる「やどかり君」を採用した(写真－２、図－５参照)。

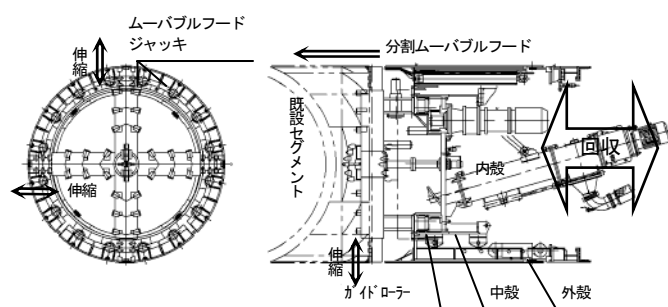


図-5 内殻一体型掘進機

「やどかり君」

4. 4 既設管補強

構造計算結果にもとづき、コンクリートの填充性、セグメント主桁との添接、坑内での人力作業等を考慮して、図－６、７に示すような構造とした。

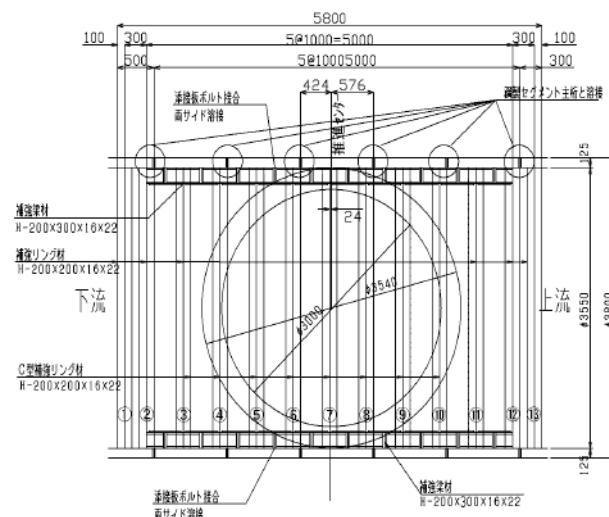


図-6 補強縦断面図

5. 施工

5.1 到達

5. 1. 1 掘進機先端到達

掘進機先端のカッターフィッシュテールが既設セグメントに到達した時点で、既設セグメントに設けた点検口より位置確認を行い、チャンバー内の掘削土を撤去し内殻を引き抜き、後方 30m まで移動させた。ここまでの作業に 7 日間要し、この間推進管から二次滑材注入を行い推力の上昇を防止した。

5. 1. 2 再掘進

掘進機の外筒部分である外殻がセグメントにあたるまで掘進を行い、到達させた。推力は停止前より上がったが 15,000kN 程度で、元押しジャッキ能力内で推進を行うことができた。

5. 1. 3 ムーバブルフード張り出し

外殻到達後、前面の地盤改良土を人力により撤去し、伸長量の少ない側部より順次ムーバブルフードを押し出し、鋼製セグメントの形状にあわせ切断し溶接により接合を行った。ムーバブルフード間の隙間を鉄板で塞ぎ、地山を覆工するまでに3日間要した。この間、少量の湧水はあったものの地山の緩みや崩壊、周辺地盤への影響もなく接合作業は完了した。

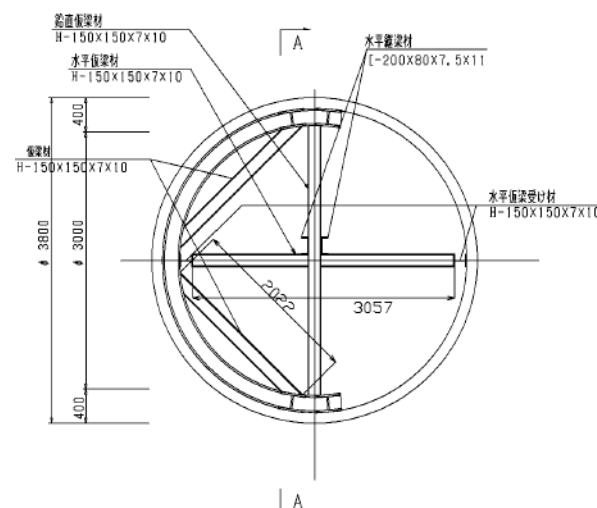


図-7 仮補強図

既設管の二次覆工の撤去は、コンクリート破碎機械を坑内に入れることができないため、直接人力等により破碎することとなる。また、一次覆工のセグメントを傷めることが懸念された。

人力で撤去するには多量であり多くの日数を要し、作業者に劣悪な作業環境を長期に曝すこととなる。

そのため、人力破碎作業の軽減化を図るため写真—
3に示すように、二次覆工コンクリートにコア抜きに
より自由面を作り、さらに二次覆工厚さ分のカッター
溝を設け、その中に袋状の鉄板が水圧により膨らむ水
圧板ジャッキを挿入し、ジャッキ圧力により二次覆工
と鋼製セグメントを剥離させる方法を用いた。

5. 2 既設管補強工

5. 2. 1 既設管二次覆工撤去

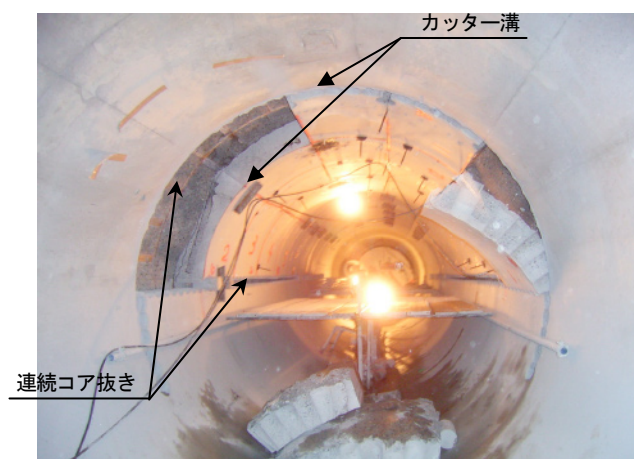


写真-3 二次覆工撤去状況

5. 2. 2 既設管補強工

既設管は、C型リング構造であるH形鋼により補強を行った。開口面積が大きいため、水平・鉛直に設けた仮設部材で支え、二次覆工コンクリート打設後に部材の撤去を行った（写真－4参照）。

5. 2. 3 二次覆工



写真-4 既設管補強

二次覆工の鉄筋が非常に密なため、外筋の一部は掘進機の外殻で代用し、外殻にスタッドジベル筋を付け、鉄骨鉄筋コンクリート構造とし、密な鉄筋の中を行き渡るように高流動化コンクリートを使用した（図－8参照）。

5. 3 計測工

5. 3. 1 計測項目

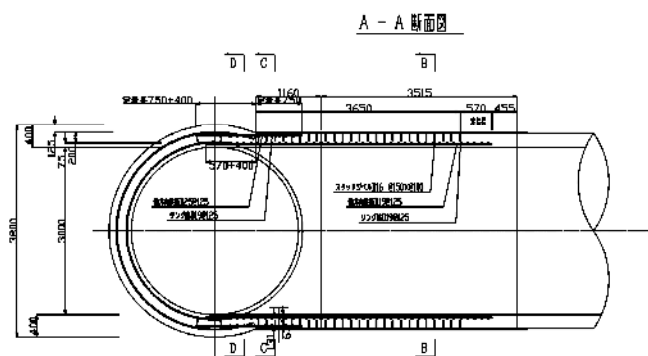


图-8 二次覆工图

既設管補強部材、既設セグメントに自動計測機器を取付け、表-1の変位や応力を測定した。

表-1 計測内容

計測項目	計測箇所
応力測定	補強梁、C型補強リング、仮補強材、既設セグメント
変位測定	既設管きよ
管理値	応力：許容応力度の 80% 変位：5 mm

5. 3. 2 計測結果

①掘進機到達時

掘進機が、地盤改良範囲に到達直後に既設管きょうが押される方向に最大1.3mmの変位が生じた。変位状況を把握しながら掘進を行い、切羽土圧値を下げ掘進した結果、変位はこの値以上大きくは生じなかった。

応力は、到達時には各部材において $4 \sim 5 \text{ N/mm}^2$ 程度の瞬間的な応力が確認できたが、微小なものであった。

②外殼到達時

変位、応力とも微小な変動であつた。

③接合作業

地盤改良土を撤去中に、掘進機到達時に生じた変位が元に戻る方向に2mm生じた。これは既設セグメント側部の土砂が除去されたために、圧力が開放されたことによる考えられる。

応力は部分的に最大 30N/mm^2 程度の引張応力が発生したが、一次管理値（許容応力度 $\times 80\%$ ）に比べ、18%

程度と小さなものであった。

④既設セグメント撤去

応力は部分的に最大 15N/mm^2 の圧縮応力を確認した。生じた開口による応力が補強部材に受け代わった結果と考えられる。

⑤仮設斜材撤去

仮設斜材の撤去に伴い顕著な変動が見られた。C型リング材において最大 70N/mm^2 の応力増加、補強梁材において最大 25N/mm^2 、既設セグメントにおいて 10N/mm^2 の応力増加が見られた。

⑥コンクリート打設、仮設鉛直材撤去

コンクリート打設によりC型リング材において、応力が局部的に一次管理値の85%程度となる箇所が生じた。

既設セグメントはコンクリート打設による影響で $50\sim 70\text{N/mm}^2$ の応力増加傾向も見られた。

仮設鉛直材撤去に伴う顕著な応力増加は見られなかった。

⑦事後計測

仮設鉛直材撤去後、1ヶ月にわたり事後計測を実施したが、どの部材においても計測値に変化はなく安定した値となっており、収束していることが確認できた。

⑧まとめ

非常に複雑な構造であること、既設セグメントの事前の応力状態が把握できないことなどから計測を実施したが、大きな応力や変位は発生することなく完了できた。特に鉛直仮設部材の撤去時には、コンクリートのクラックの発生が懸念されたが、大きな応力増加も生じずクラックの発生もなかった（写真－5参照）。

6. 終わりに

本工事は、長距離推進の最後に地中接合を行うため、推力の上昇をいかに抑えるかが最大の課題であり、地中接合作業の迅速性が最も重要であった。内殻一体型の掘進機の採用により解体作業が速やかに終わり、再掘進時の推力が大きく上昇することがなく、接合作業も順調に進めることができた。また、複雑な地中接合構造にもかかわらず、大きな変位や応力も発生しなかった。

発注者、社内外からの支援、綿密な計画、全作業員

が地中接合作業を把握することにより、スムーズに作業が進み無事工事を完了することができた。これはひとえに関係各位の尽力の賜物と感謝しております。本稿を借りて厚く御礼申し上げます。



写真－5 完成状況