

共同溝工事における既設大口径送水管群の防護計画 と当工事で発生する建設汚泥のリサイクル

THE PLAN FOR PROTECTING THE NAGOYA MAIN WATER PIPES IN COMMON DUCT WORKS AND RECYCLING DISCHARGED SLIMES IN THIS CONSTRUCTION WORKS

栖原秀郎¹⁾・飯塚嘉雄²⁾・永渕 信³⁾・竹嶋秀挙⁴⁾

Hideo SUHARA, Yoshio IIZUKA, Makoto NAGAFUCHI, Hidetaka TAKESHIMA

The construction works are Common Duct Works, and the owner is ministry of construction. The NAGOYA main water pipes (ϕ 1,800mm $\sim$ 1,100mm) gathering 80 cm distance were crossing the center of the construction site at 12m area. NAGOYA city is supplied water at 20% by those pipes. We had to protect these water pipes themselves and manage to earth retaining work without steel sheet piles.

For the measures, we used open cut method by the Jet Grouting, and we got the banking materials by disposing of discharged slimes in the ground.

Key words : Common Duct Works, Jet Grouting, disposing of discharged slimes, recycling

1. はじめに

当工事は、建設省発注の国道302号線の共同溝工事である。この工事の特徴として名古屋市の水道の20%を供給している大口径送水管群（管径 ϕ 1,800 $\sim$ ϕ 1,100の4条が平均離隔80cmと密集して布設されている）が工区中央の12m区間を横断しており、これらの水道管群防護と鋼矢板土留のアンラップ対策を行う必要があった。これらの対策工法としてジェットグラウト併用素掘工法を採用した。また、当工法の採用によって発生する建設汚泥を場内処理し埋戻し材として有効利用した。

なお、本報告はリサイクル推進功労者等表彰事例集¹⁾（建設省 関東地方建設局編）に建設汚泥のリサイクルについて概略発表したものに、加筆しその詳細について述べるとともに、建設汚泥の発生要因となった大口径送水管群の防護計画について述べるものである。

2. 大口径送水管群防護を考慮した土留計画について

既設大口径水道管群と新設の共同溝との位置関係を、図-1平面図および図-2断面図に示す。図に示す様に、

-
- 1) 正会員 工博 日本国土開発（株） 名古屋支店 SCI 部長
2) 日本国土開発（株） 東京支店 土木部長
3) 日本国土開発（株） 広島支店 土木部
4) 三信建設工業（株） 静岡営業所長

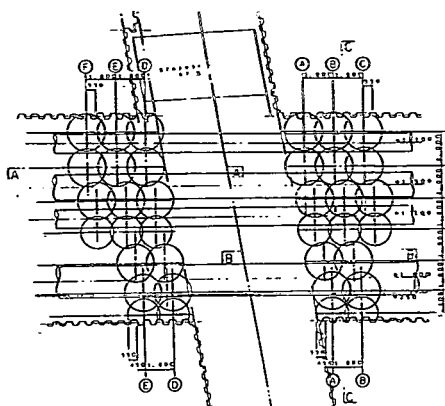


図-1 平面図

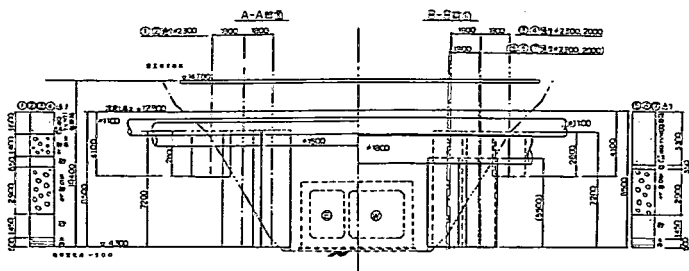


図-2 断面図

表-1 特殊仕様の引上げ速度

改良径 (m)	改良径比 ($\phi 2.0=1$) 割増率: α	改良体体積 (m^3/m)	改良体体積比 ($\phi 2.0=1$) 割増率: β	割増率 $\alpha \times \beta$	引上げ速度 $\approx 20 \times \alpha \times \beta$ (分/m)
$\phi 2.0$	1.00	3.14	1.00	1.00	20
$\phi 2.1$	1.05	3.46	1.10	1.16	23
$\phi 2.2$	1.10	3.80	1.21	1.30	25
$\phi 2.3$	1.15	4.16	1.33	1.50	30
$\phi 2.4$	1.20	4.52	1.44	1.70	35
$\phi 2.5$	1.25	4.91	1.57	2.00	40

表-2 当工事の施工仕様

改良径 m	2.3	2.0
造成長 m	2.8~7.2	2.8~7.2
引上げ時間 min/m	40	25
単位吐出量 m^3/min	0.18	0.18
施工本数	26	10

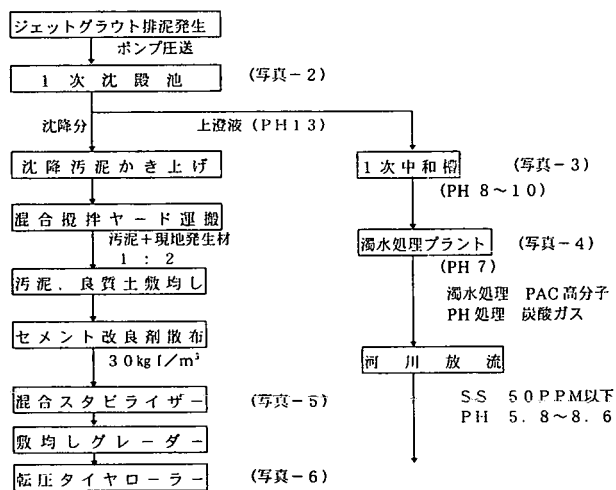


図-3 施工フロー

共同溝布設延長方向1.2mが土留欠損部となり、土留計画上以下の様な技術的問題点を解決する必要があった。

- 1) 大口径送水管群によってアンラップとなる土留対策
- 2) 土留掘削工事に伴う大口径送水管群の変状防止
- 3) 施工上の安全性の確保と経済性の確保

以上の問題点の解決策として、以下の3工法を提案し比較検討を行った。検討工法は、次のとおりである。

①薬液注入工法併用切梁式親杭土留工法

②凍結工法

③ジェットグラウト工法による素堀工法

検討の結果、①については、薬液注入工法の注入管理が経験的技量に左右され、不等間隔の斜注入等の変則注入による地盤隆起の恐れが大であり、既設水道管への影響が考えられる。また、覆工、埋設管防護、土留支保工構造の交錯する中での、掘削、埋戻し、仮設材の架設・撤去は困難を極め、安全と経済性に非常に問題があることが判明した。②については、地下水の凍結により、地盤隆起による既設水道管への影響が考えられる。また、大口径水道管周辺部においては、水道管が加熱源となり改良効果が期待でないことが判明した。③については、ジェットグラウト工法により土層を自立させることによって、土留支保工の架設撤去作業が解消され、掘削、埋戻し作業が容易となる。また、圧力、回転数、引上速度、スライム処理等の施工管理を確実に行えば、地盤の隆起および噴射動圧による水道管への影響は極めて少ないことが判明した。しかし、通常の方法では、水道管直下でのジェットグラウト改良体のラップが不可能であるのでこの問題を解決する必要があった。よって、①については、安全性と経済性の面から不採用とした。②については、施工自体が出来ない可能性が高いことから不採用とした。③については、改良体の有効径を拡大することができれば、採用できるとの判断を下した。

著者等は、既にジェットノズルの引上げ速度を通常より落とすことにより、改良体の有効径を拡大する方法を提案し発表²⁾している。改良体有効径 $\phi=2.0$ m以上について砂質土の場合を表-1に示す。当現場においては、礫径5～30mmを主体とする砂礫層を考慮し改良体のラップを確保するために、仕様を表-2のとおりとすることにより、③ジェットグラウト工法による素堀工法の設計・施工上の問題点を解消した。

なお改良体有効径の決定根拠は、次のとおりである。例えば、 $\phi 1,800$ mmの直下をラップ配置で改良しようとすると、注入施工のための離隔を管の両端10cmが必要であり削孔間隔は2mとなる。この間隔でラップ配置をすると、改良体有効径は $(2/\sqrt{3}) \times 2.0 \approx 2.3$ mとなる。ここで、当現場においては、土質条件が、砂礫層ということを考慮し、砂層の1割減と仮定して引上げ速度は、 $\phi 2,500$ mm仕様を採用した。また、改良体有効径 $\phi=2.0$ mについても同様の考え方を採用した。写真-1にラップが確保された自立壁面を示す。

3. 建設汚泥（ジェットグラウト排泥）の有効利用について

当時、国道302号工事関連の建設汚泥は、連続式泥土処理プラント工法によって一括処理され埋戻し材として再生利用されていた。しかし、プラントの処理能力の問題から当工事分の処理が不可能となったため、場内において、自己処理する計画を立案し実施した。この計画の特徴は、現場条件、自然条件を有効に利用し、しかも汎用工法の組み合わせにより、当時通常行われていなかった、アルカリ汚染対策にまで配慮したところにある。以下にその詳細を述べる。（図-3 施工フロー参照）

ジェットグラウト排泥は、セメント分を大量に含む強アルカリ物質（PH12～13）であり、これによるアルカリ汚染防止対策が必要となったことが最大の技術的問題点であった。具体的には以下の3点である。

- ①処理中に、汚泥自体を外部に流出させないこと。
- ②処理水および処理土の浸透雨水に対して、水質基準値（PH5.8～8.6、SS50PPM以下）を確保すること。
- ③セメント安定処理土および埋戻し土の残留アルカリに対する対策を講じること。

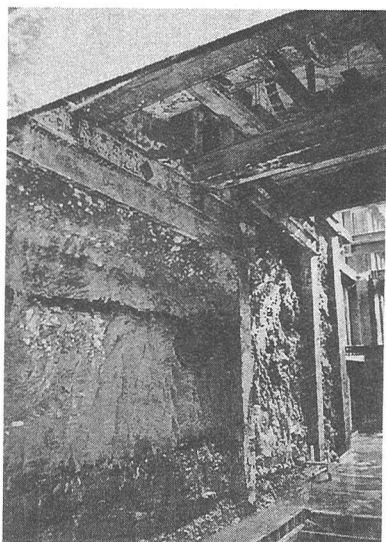


写真-1 改良体自立壁面

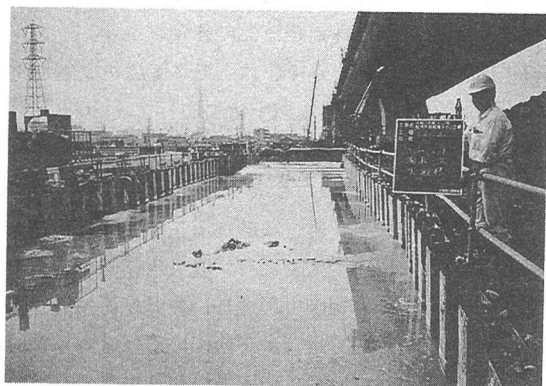


写真-2 1次沈殿池

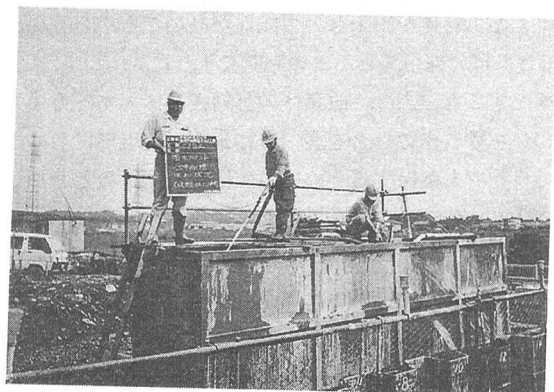


写真-3 1次中和槽

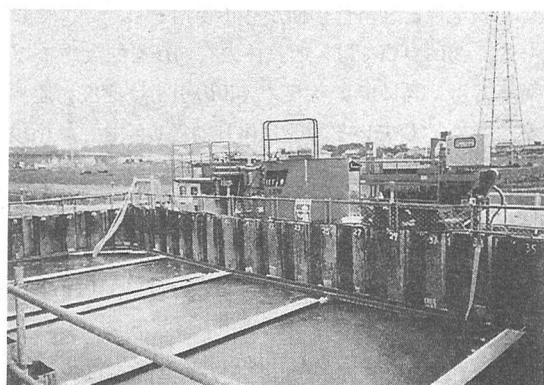


写真-4 濁水処理プラント

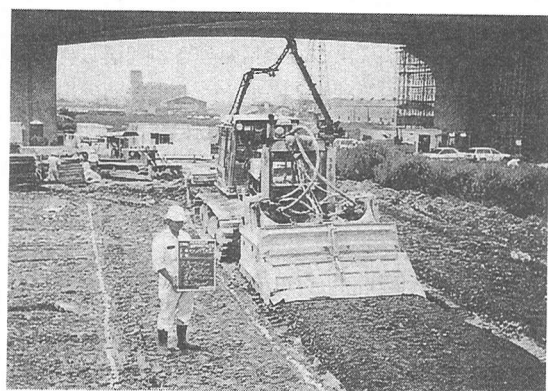
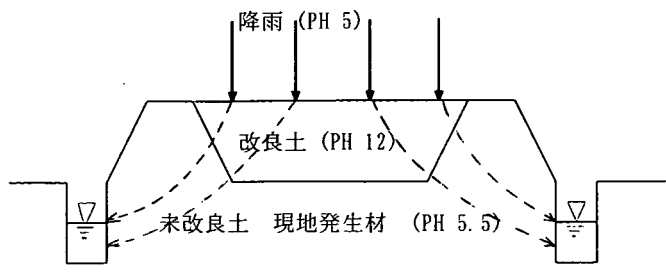


写真-5 スタビライザーによる
セメント改良材の混合



写真-6 ローラーによる転圧



図－４ 中和実験の概要

以上の問題点を解決するために、その処理過程における、１）汚泥自体、２）汚泥の上澄液、３）セメント安定処理土とその透過雨水、４）埋戻し土の各々についての中和処理対策等の技術的解決策とその効果について以下に述べる。

１）汚泥自体の流出防止対策

汚泥自体の流出は、本工事の沿道環境により耕作地の土壌汚染と河川の水質汚染が予想された。よって共同溝構築用鋼矢板土留の転用による一次沈殿池を設け逸泥を防止した。また、地下水のチェックとして、近接のボーリング調査孔を観測井戸として利用し毎日の観測結果より異常のないことを確認した。

２）汚泥の上澄液の中和処理

ジェットグラウト排泥の上澄液は、高アルカリ値（PH 13程度）を示し、通常の硫酸等による処理方法には、危険が伴ない、有資格者で熟練工を必要とする。本工事においては、硫酸バンドによる前処理と炭酸ガス方式の濁水プラントを計画することにより、取扱いが簡単で安全かつ確実な中和処理を行なうことができた。この効果は、河川放流時の水質検査（PHおよびSS測定）において異常のないことを確認した。

３）セメント安定処理土とその透過雨水の中和処理

建設汚泥のセメント安定処理土およびその浸透雨水の性質については、不明な点が多く、事前の文献調査と中和実験により処理方法を決定した。

（a）文献調査

文献調査により次の事項が判明した。

- ①セメント安定処理による固化処理は、汚泥を封じ込め流出を防止する効果がある³⁾。
- ②処理土は、時間の経過とともに空気中のCO₂と反応し中性化する⁴⁾。
- ③降雨実験によると、改良土（ここでは処理土）を透過した雨水はさらに未改良土（ここでは現地発生土）を透過し中和される。よって未改良土には中和機能がある⁴⁾。
- ④建設汚泥は、粒子が細かく降雨により流出しやすい。またPHが高くアルカリ性を示すことがある⁵⁾。これは、汚泥の中には未溶解のCaOが存在しこれが雨水に溶解してアルカリ汚染を引き起こすと考えられる。

（b）中和実験

- ①汚泥中の未溶解のCaO対策として未改良土（PH 5.5の現地発生材）と汚泥を２対１で混合し30cmに敷均し、スタビライザーで均一に攪拌することにより、ポソラン反応および中和反応を促進する。
- ②図－４に示す構造で一時仮置き透過雨水との中和反応を促進する。
- ③側溝中のPHを測定し基準値との比較を行う。実験結果としては透過雨水のPHは、すべて8程度であった。また10日の放置で処理土表面10cm以内は、PH 8～9と中性化されていることが確認された。

（c）考察

試験施工により確認された中性化現象は、土中、空气中、雨水中の CO_2 、 NO_x 、 SO_x と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ との中和反応である。 $(\text{CO}_2 \text{ の場合 } \text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O})$

CO_2 は、大気中に約350PPM、雨水中に約30PPM含まれる。この雨水中の濃度は、理論的には、PH11弱の原水を中和する能力しかなく、処理土(PH12)および透過雨水の中性化は、空气中、土中の酸性物質が相互に作用したものと推定される。

また、一時仮置土の強度特性としては、セメント添加量 $30\text{kgf}/\text{m}^3$ おいて最適含水比 33%で一軸圧縮強度 $q_u=5.4\text{kgf}/\text{cm}^2$ であり埋戻し材として適当であると判断した。

4) 処理方法の決定と施工結果

以上の実験結果より実施工を図-3に示す汚泥処理フローで実施した。(写真-2～6参照)また、埋戻し土に対しては処理土と発生土を20cmづつ交互に埋戻し転圧して残留アルカリ分の中性化を促進させた。この方法により、埋戻し後の観測井戸および河川の水質検により異常がなく、無事施工を終了させることができた。

4. おわりに

本計画の成果は、第一に施工面で既設鋼矢板の利用や大気、雨水、地下水に含まれる CO_2 による中和機能の利用等現場条件を有効に利用し、しかも汎用工法を組み合わせることによって、当時ほとんどなされていなかったアルカリ対策まで踏み込んで、産廃処理の大原則である自己処理を為し得たことにある。しかし、処理土のアルカリ対策についてまで踏み込んでいるものの、再掘削によるアルカリ残留分の拡散が皆無とはいえない。今後は本工法の改善はもちろん、酸化処理施設の導入も検討の余地があるとと思われる。建設汚泥を含め建設副産物は大量に発生している。これらを廃棄物にしないためには、分けて回収し再生利用することが最も肝要なことと考えている。

第2の成果は、大口径ジェットグラウト工の先鞭をつけたことにある。現在、大口径の($\phi=3.5\text{m}$)のジェットグラウト工が可能となっており、著者等の設計法の有効性が確認されている。しかし、改良体の強度、改良範囲等の正確な把握方法については今後の課題であろう。

謝辞

本計画立案実施に当たり、建設省中部地方建設局建設監督官故服部育男氏および日本国土開発株式会社名古屋支店土木部技術部長雨宮志津雄氏には並々ならぬ御協力を賜った。ここに厚く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 建設省 関東地方建設局編：リサイクル推進功労者等表彰事例集，pp157-158，1996.
- 2) Hidetaka Takeshima：Jet Grouting In Expanding The Diameter Of Improved Body, Grouting and Deep Mixing, THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUND IMPROVEMENT GEOSYSTEMS, TOKYO, 1996.
- 3) 社団法人 セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル [第二版]，pp153-158, 1994.
- 4) 社団法人 セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル [第二版]，pp44-47, 1994.
- 5) 建設八団体廃棄物対策連絡会（委託），日本廃棄物対策協会（受託）：建設廃棄物の適正処理に関する調査研究報告書，p-45，1986.