

新潟県中越地震における推進工法で布設された管路の検証と 災害復旧(推進工法による布設替え)工事の事例紹介

石塚 千司

(株)福田組
技術部 部長



1. はじめに

平成16年10月23日午後5時56分頃、新潟県中越地方を震源とするマグニチュード6.8、震度7の地震が発生した。そして、地震発生より2時間以内に震度6弱以上の余震が3回連続して発生したと同時に、同日内に有感地震が164回、内震度4以上の地震が25回発生していた。その後も余震は多く、今回の地震の特徴ともなっている。

また、今回の中越地震は平成7年の兵庫県南部地震と比較すると、最大加速度が1700galと兵庫県南部地震の818galを大きく上回る遙かに大きな地震動であった。

大都市に起こった直下型とは違い、大型ビルの倒壊等はなかったものの、山間部特有の被害として土砂崩れや地滑りが目立って発生していた。同様にライフラインの被害は各市町村全体に広域的にわたって発生し、地震直後から避難生活を余儀なくされた人が多数におよんだ。

また、いつ収束するともわからない余震の為に、被災した多くの人が自宅にも帰れず、避難生活の長期化を余儀なくされた。そして、各被害の

調査や復旧作業も長引く余震のために既知として進まないのも特徴的であった。

ライフラインの被害の中でも、電気や水道、ガスといった生活に直結した普及が最優先に行われていた。同じく生活に欠かせない下水道についても緊急を要するものであり、地震発生と同時に当日のうちに応急的なポンプによるバイパス配管をして最低限の下水管路の機能を確保していた。

マンホールの隆起や埋設部の道路陥没等については、各所で発生しており、目立った被害として紹介されていた。しかし、下水管路で目に見えるのはマンホールだけであり、管路の被害状況を把握するには、テレビカメラによる管路内の調査をしなければならず、他の埋設管等に比べて時間がかかっていたようにも思われた。

2. 下水道施設の被害

今回の地震による下水道施設での被害状況は、新潟県流域下水道の堀之内浄化センター等で建物・配管等の被害が発生したほか、管路施設での埋戻し部の路面沈下、マンホールの浮き上がり、



写真-1 突出したマンホール (1)



写真-2 突出したマンホール (2)



写真-3 突出したマンホール (3)



写真-4 沈下した開削部 (1)

マンホール内の滞水が長岡市や小千谷市などで多数発生していた。

下水道施設は阪神・淡路大震災以来ともいえる大規模な被害を受け、特に地盤の液状化によると思われるマンホールの浮き上がり等が1400箇所以上も発生していた。また、路面沈下やマンホールの浮き上がりにより、道路交通障害を多数生じていたのも特徴的であった。

これらの現象を発生させた要因としては、管路施設埋め戻し部で発生した液状化現象によるものと思われる。下水道地震対策技術検討委員会では、今回の中越地震での液状化現象を下記のようにまとめている。

①今回観測された地震動は、平成7年兵庫県南部地震を含めた過去の記録を上回るものである。また、地震発生直前に100mm前後の日降雨量も影響し、地下水位が高い状態にあった可能性が高い。この強い地震動が地

下水で飽和した地盤に作用して液状化を起し、管路施設に被害をもたらしたものと考えられる。

②マンホールの浮き上がりや地盤沈下が発生した箇所では調査したところ、粘性土等による浸透性の悪い原地盤に開削工法で布設して、砂等で埋戻している状況がみられた。これは、十勝沖地震で被災した箇所でも見られ、埋戻し部が液状化したものと考えられる。

以上をうけて、同委員会では次のような提言も行っている。被害の再発防止も考慮し、本復旧の埋戻しにあたっては、マンホール周辺を含め、地盤の特性、施工条件等現地特性、管材、工期等を勘案して、原則として以下のいずれかの対策を行うことが望ましい。

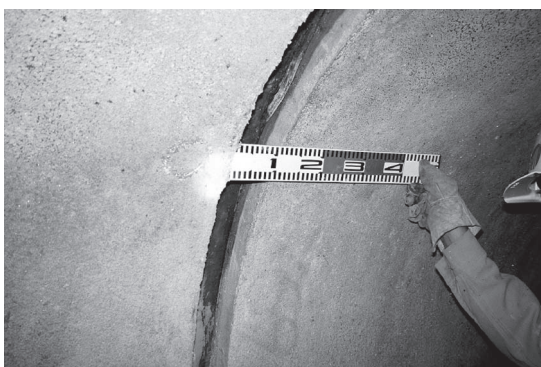
- ・埋戻し部の締め固め
- ・碎石による埋戻し
- ・埋戻し部の固化



写真一五 砕石での応急復旧と仮配管



写真一六 沈下した開削部（１）



写真一七 開いた目地部



写真一八 被害を受けた神社

なお、これらの対策を行う範囲（高さ）については、地下水位等を考慮するとともに、施工時の矢板引き抜きにも注意するなど、適切に対処することが望ましいとしている。

3. 推進工法で布設した下水管は

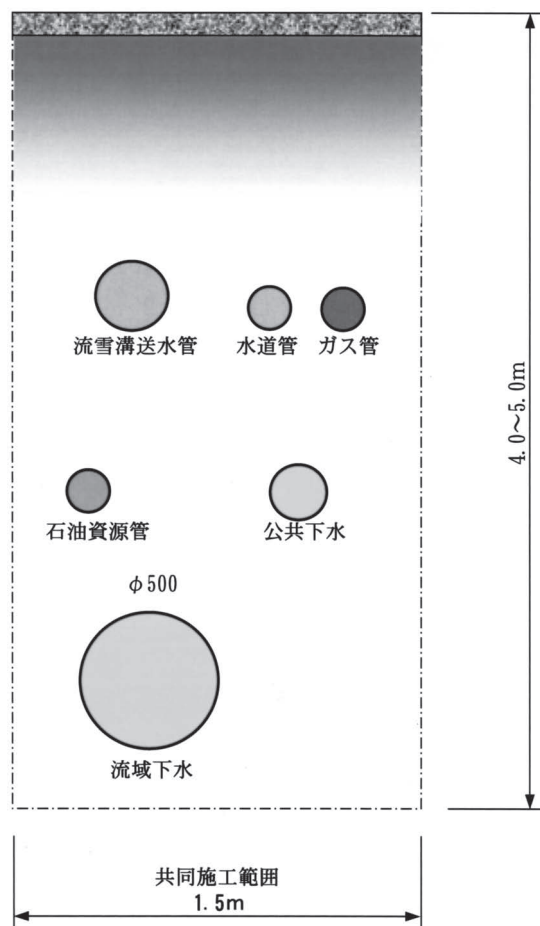
今回の地震では、地盤の液状化による被害が顕著に見られた。これは開削工法によって布設された管路部である。それでは非開削による下水管はどうであったのかと知りたくなるところである。最も被害の大きかった川口町や小千谷市等は地形が比較的傾斜をもっていることもあり、開削施工に比べて推進工法等による下水管路の布設は比較的少なく、推進工法によって布設された下水管を検証する機会はほとんどない状況であった。また、話しとしても聞こえてこなかった。しかし、たまたま小千谷市内でマンホールを境にし

て、下流側が推進工法による施工で、上流側が開削工法による施工といった区間があり、ここで地震による被害状況に大きな違いが確認できたので紹介したいと思う。

下水管径は500mmで土被り深さで4～5m程である。開削区間は、建て込み簡易土留めによって施工され、下水管の他に水道管、電力管、ガス管といった各種埋設管が共同施工で布設されていた。そして埋戻し材としては通常の砂が使用されていた。

このような状況下で、下水管他を埋設した側だけが、液状化現象の発生によると思われる路面沈下が縦断的に発生し、即刻舗装を撤去して砕石を補充した状態で道路を開放している。（写真一11）

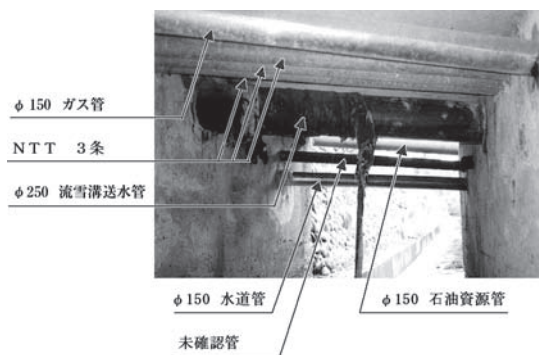
また、この開削部の下水管は硬質塩ビ管であり、管路中央部での浮き上がりが生じて所定の勾配が損なわれている状態でもあり、マンホール内



図－1 開削断面模式図



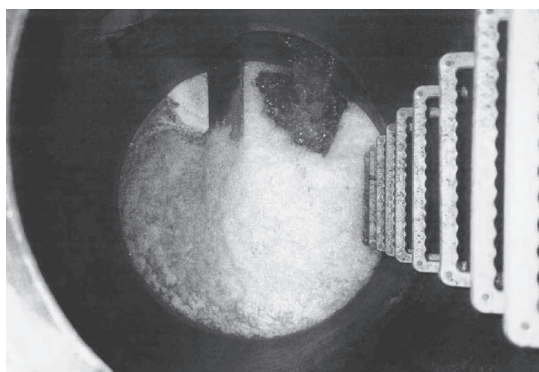
写真－9 下流側の水路



写真－10 地下埋設管状況（水路橋下より）



写真－11 マンホール内の滞水状況



写真－12 被災道路状況



【写真 ①】



【写真 ②】



【写真 ③】

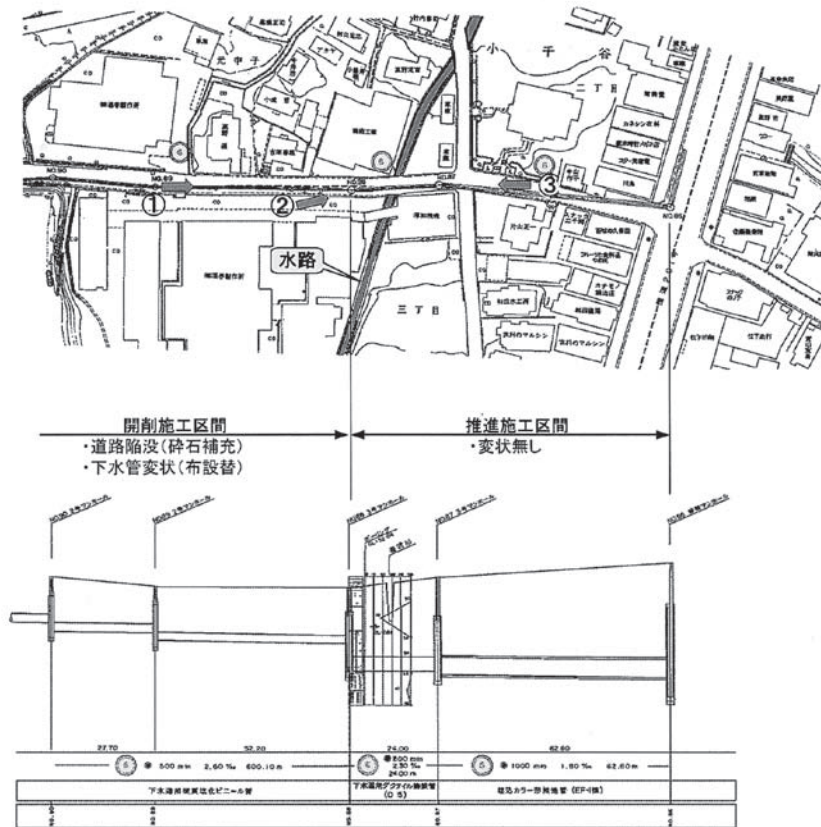


図-2 開削・推進区間の状況図

の滞水も生じている状況であった。(写真-12)

一方、下流側には写真-9、10に示すような水路があって開削が困難なこともあり、推進工法が採用されたものと推察される。また、水路を横断してからも推進による施工により幹線道路へとつながっている。この推進区間による被害はというと、皆無である。発進立坑及び到達立坑部においてもマンホールの異常は確認されていない。

管断面積分だけの地山を掘削して布設された推

進管は地山と一体となっており、管路周辺の地山そのものが液化化現象を生じないかぎり安全である。小千谷の地形は信濃川によって形成された地域が多く、土質としては砂礫層で比較的締まった地層が多い。今回も推進した切羽の土質はN値50以上の砂質土となっていた。(図-2参照)

この事例により、地震に対しても非開削の推進工法で布設された推進管の優位性が確認されたものと思われる。

表一 1 布設替工法の比較（1）

φ500mm下水管路布設替方法の比較検討		
項 目	小口径管推進工法(1 スパン)+開削工法案	開削工法案
施工概要	・別ルートに推進工法でφ500mmの鉄筋コンクリート管を布設し、土被りの浅い区間を開削工法にて塩ビ管を布設する。	・別ルートに開削工法でφ500mmの塩ビ管を布設する。
布設方法	・高耐荷力方式（泥土圧式）推進工法 + 開削工法	・開削工法（建込み簡易土留工法+地下水位低下併用）
工事の特徴	・泥土圧式小口径管推進工法：L=84m ・公共下水道の同時施工が比較的容易。 ・早期完了が可能。 ・工事期間中は交通規制（片側交互通行）となる。開削部では全面通行止めとなる。	・土留工（建込み簡易土留）：L=108m ・工事期間中は全面通行止めとなる。 ・重要度の高い市道であり交通に支障をきたす事となる。 ・支障となる埋設管（パイプライン、NTT）が縦断的にあるが、早期移設は困難。 ・消雪パイプの使用は困難となる。
施工期間	約2ヶ月	約4ヶ月
優 位 性	○	

4. 災害復旧工法としての推進工法

今年の中越地方は19年ぶりの大雪であり、毎日雪との戦いでもあった。各市町村ではほぼ下水管の被害状況の把握も終わり復旧工事の発注も行われている。復旧対象となる延長は各市町村での違いはあるものの、通常の新設工事として出される延長よりはるかに長い延長である。そして、ほとんどが開削工法による布設替えである。工事は出件されたものの、実際の工事着手は雪が完全に消えた後になっている。雪国においては道路に消雪パイプが設けられている。この消雪パイプの果たす役割は冬場の交通機能確保の点からすれば不可欠なものとなっている。仮に冬場において開削による工事を実施したなら消雪パイプの機能を損なうことにもなりかねないのである。

しかし、緊急を要する幹線については、何箇所かで復旧工事がおこなわれていた。この工事の何箇所かは推進工法で行われている。推進工法であれば、発進立坑と発進基地が確保できればさほど天候に左右されずに工事ができる。また消雪パイプも活かしたままで、交通障害も最小限で管路の布設ができる利点が評価されてのことだと推察される。以下に実際に推進工法で布設替えが行われている事例を紹介する。

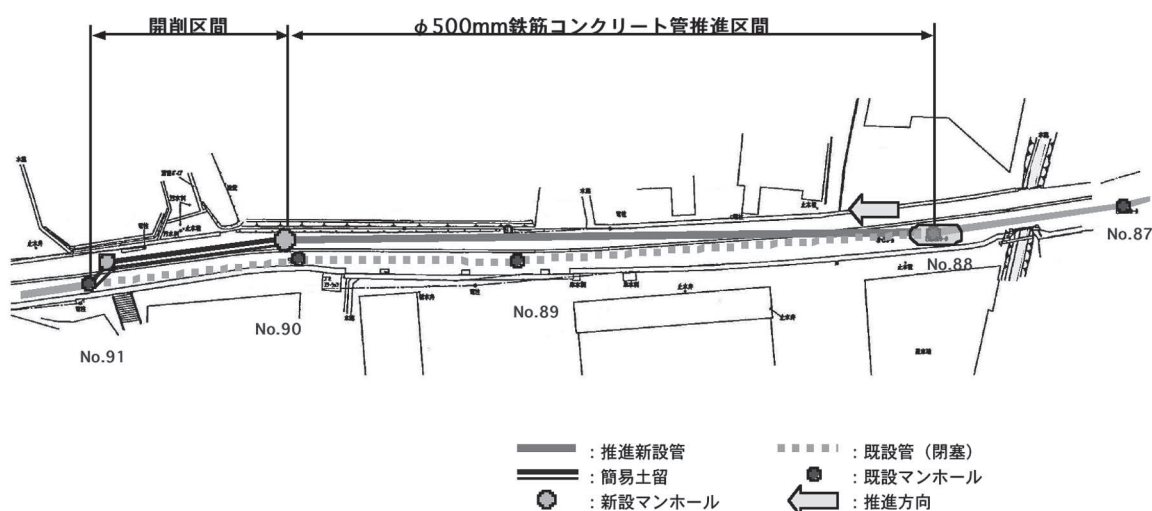
4.1 推進工法による復旧事例①

さきほど推進工法と開削工法による被害の比較事例を紹介したが、この開削工法によって布設され被害を受けた500mmの下水管は、流域下水道といった重要幹線であり、緊急的な復旧工事として出件されている。もともとは開削工法で布設された管路であり、原形復旧が原則であるが、下水管の上部には複数の埋設管が存在し、この状態での土留め掘削は困難である。また、支障となる埋設管を切り回すことも大変な時間と費用がかかることとなる。よって、ここでは反対車線側に新設の下水管を推進工法で布設する計画となっている。

既存の埋設位置とは反対側に布設することを前提として推進工法を採用した理由を簡潔にまとめると表一1のようになる。採用理由の要因としては、施工期間が短いこと車両交通の確保にあるものと思われる。この下水管路は流域下水道であり、その重要性は大きくかつ緊急性をもって復旧する必要があった。そして、推進工法であればこそ、この要請に応えられたものと思われる。

4.2 推進工法による復旧事例②

次に紹介するのは、同じく流域下水道でのφ1350mmの幹線である。下水管路は県道の歩道部に土被り4m程の位置に開削工法にて埋設さ



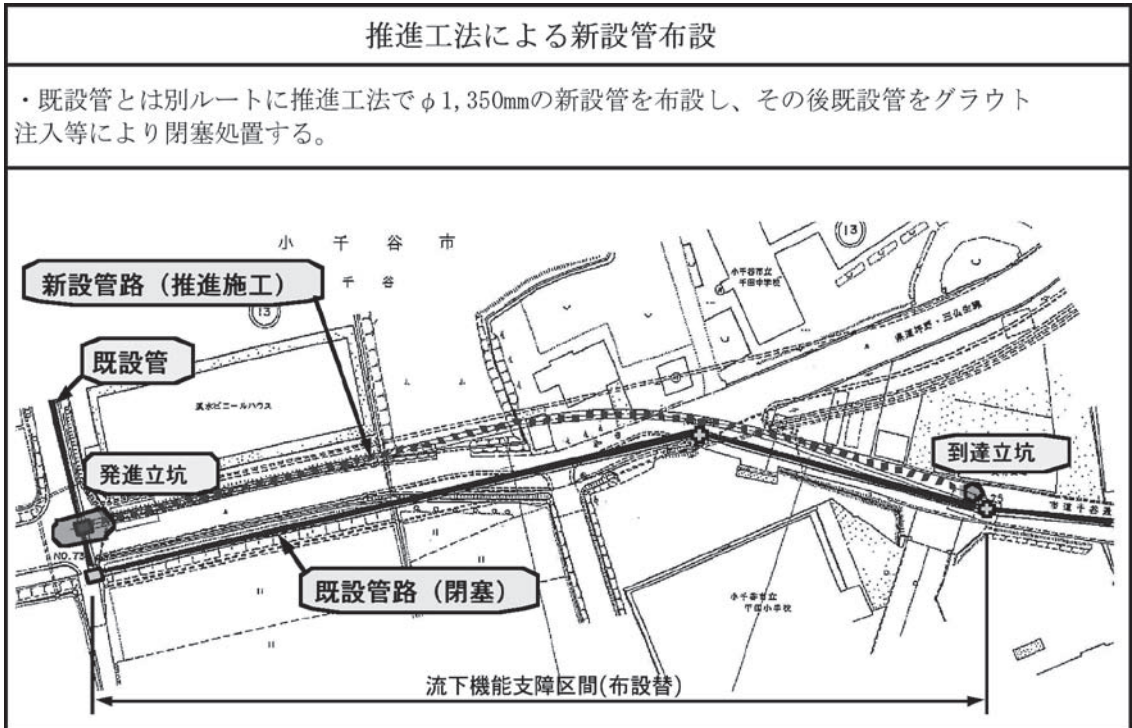
図－3 布設替計画平面図（1）

表－2 布設替方法の比較（2）

φ1,350mm下水管路布設替方法の比較検討		
項 目	推進工法による施工	開削工法による施工
施工概要	・既設管とは別ルートに推進工法で新設管を布設する。	・既設管を撤去しつつ、同位置に新設管を布設する。
管布設方法	・泥水式推進工法（礫対応型）	・開削工法(建込簡易土留工法＋地下水位低下工法併用)
工事の特徴	・曲線を含む1区間163mの推進施工。 ・冬期間の施工でも降雪の影響は比較的受けない。 ・隣接小学校や周辺家屋への影響はほとんどない。	・施工にあたり工事用仮設道路が必要。 ・下水管上のガス管(中圧100mm)の切廻しが必要。 ・広域的な地下水位低下の影響が懸念される。 ・豪雪地域での降雪による影響(工事遅延等)が懸念される。 ・通学路や学校への出入り口の確保が必要となる。 ・電柱の移設が必要。
施工期間	約3ヶ月	約5ヶ月
優 位 性	○	

れたものである。当日、地震によりマンホールの隆起と管路部の陥没が生じ、瞬時にして下水の流下機能に支障をきたし、即刻水中ポンプによるバイパス運転を行っている。バイパス運転は3スパン約370mにおよび、一日も早い本復旧が望まれ、復旧工法の検討がおこなわれた。本来であれば、開削工法にて管路の布設替えとなるところであるが様々な問題点があげられ、推進工法と開削工法の比較検討となった。表－2にその要点を示す。

比較検討の結果、工期的にも経済的にも周辺への環境面においても開削工法より推進工法の優位性が評価されて泥水式推進工法が採用された。布設替え区間は2区間であったが、中間のマンホールを省略して曲線を含んだ線形で1スパンの推進で計画された。推進工法の採用により、県道の2車線通行の確保と周辺家屋等に影響せずに施工を完了している。



図－4 布設替計画図（4）

4.3 推進工法の優位性

前項で紹介したとおり推進工法の優位性は随所で発揮できるのではないかと思います。下水管は通常では埋設管としては比較的にも最も深い位置に布設されている。この深い位置の下水管を掘り出すことは、その上部にある各種の埋設管が支障となることは常である。特に都市部ともなれば、ガス管、水道管、電力管、通信管、油送管と多数の埋設管があり、各企業者との移設協議や試掘立ち会い、そして防護方法の検討が必要となり、この段取りでもかなり時間はかかる。復旧工事は広範囲に一斉にかかることも余儀なくされる。災害復旧といえども最小の交通障害であるに越したことはない。

また、余震が続く中で大型重機や振動の発生する施工機械の使用は極力避けるべきであると現地

にいて痛感した。なぜなら、地震で被害を受けさらに余震でも被害の拡大が生じている状況下で生活している地元住民の方々の不安や心身の疲労を思うと、これ以上の心労は避けたいという気持ちになる。そういう意味でも推進工事を長年やってきた者としては、是非とも復旧工事においても開削工法に比較して優位性がある推進工法の採用を前向きに検討してほしいと願うところである。

5. おわりに

最後になりますが、今回の中越地震により犠牲となられた方々のご冥福と、被災された多くの方々の一日も早い生活の再建を願うと同時に、一日も早く元の生活に復帰できますように災害復旧工事を通じて努力してゆきたいと思います。