

災害調査報告書

下水道工事における水没災害調査

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

1. 災害の概要

台風による集中豪雨により、溢れた雨水が既設下水管に予想を超えて流入したため、管路同士の接合部を間仕切っていた鋼製の隔壁が水圧により破裂した。その際、工事中のシールドトンネル内で排水施設の点検をしていた被災者が濁流に巻き込まれて行方不明となり、3日後に遺体で収容された。

2. 災害発生状況

当該工事は、地域浸水対策としての、既設幹線（以下「本管」という）につなげる下水管（以下「新設下水管」という）の工事であり、シールドトンネルを掘削して、コンクリート製セグメントを取り付け、補強に生コンクリートを打設して新設下水管路を構築するものである。このため、本管からの下水が流入してこないように仕切りとして接合部分に鋼製の隔壁を設置して作業を行っていた(図1参照)。

災害発生当日は、午後に台風接近の気象予報が報じられていたこと等から、午前中から工事施工とともに地上部分の施設点検の実施と、立坑・トンネル工事部分の片付け、及び、台風に備える養生（防護のための準備作業）の段取りを行った。午後には順次トンネル内の作業用機材を、万一の本管からの漏水に備えて、本管直径 6.5m 分の水位上昇を想定し、トンネル上流側（立坑方向）に 200~250m 程移動を行い、台風接近に備えた。

16 時以降、順次資材移動作業が終了し、作業員が退出した後、被災者ら 3 人が、17:10 頃、立坑と新設下水管の接続口から 600m 付近にある作業用の排水バキュームホースの吸い口となる釜場の清掃と点検を行い、17:30 には立坑に向かって歩き出していたとき、バキュームが突然停止した。このため被災者がさらに点検するため一人で戻り、坑内連絡用電話で確認したところ、立坑内に設置してある排水バキューム機器の清掃中という応答があり、2~3 分で復旧すると思い、残りの 2 人は再び立坑に向かって歩き出した。2 人が立坑との接続口から 200~300m 程まで戻ったところで、「ボン」という破裂音のような音と、坑内奥からガス臭い空気が吹き上がってきたため、危ないと思い立坑内でバキューム機器の清掃をしていた作業員とともに、立坑内の昇降階段を駆け上がって避難した。同時に坑内より水が押し寄せて、立坑は中間部分まで水没状況となった。被災者は、トンネル内から立坑まで戻って来られずに行方不明となり、3 日後に遺体で収容された。なお、本管との間を仕切っていた鋼製の隔壁は破壊された状態で立坑との接続口から 460m 地点で発見された。

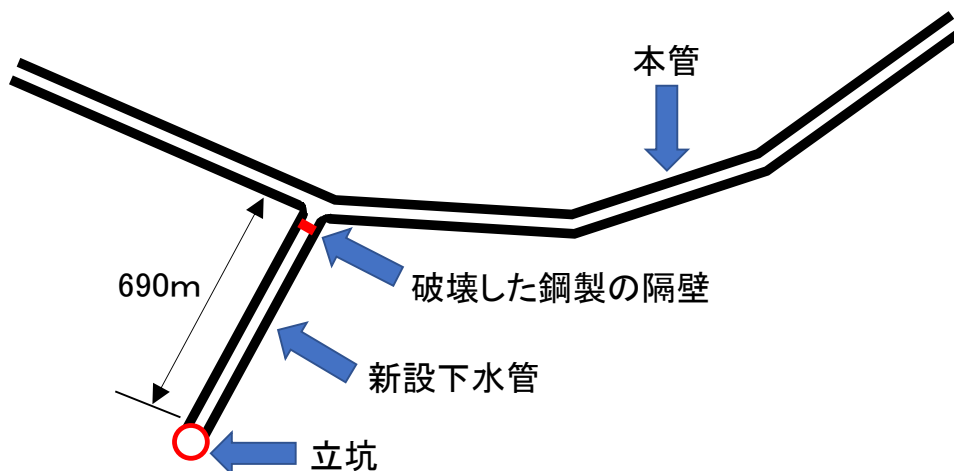


図1 本管、新設下水管、立坑、隔壁の平面図

3. 隔壁に作用していた水圧, 耐力の推定

3. 1 鋼製の隔壁の状況

シールド機と本管の接合が完了した後は, 地下水の流入の危険性はなくなるが, 本管からの浸水の可能性が生じる. 本管の管頂の水位による水圧は 0.05 N/mm^2 (MPa) であるが, この水位まで本管が冠水した場合, 新設下水管には接合部上流約 190m 付近まで浸水する. このため, 先端の二次覆工を行う際に, 新設下水管の浸水時に避難時間を確保するためにシールド機後部に耐圧 0.05 N/mm^2 (MPa) の隔壁を設置した (図 2 参照).

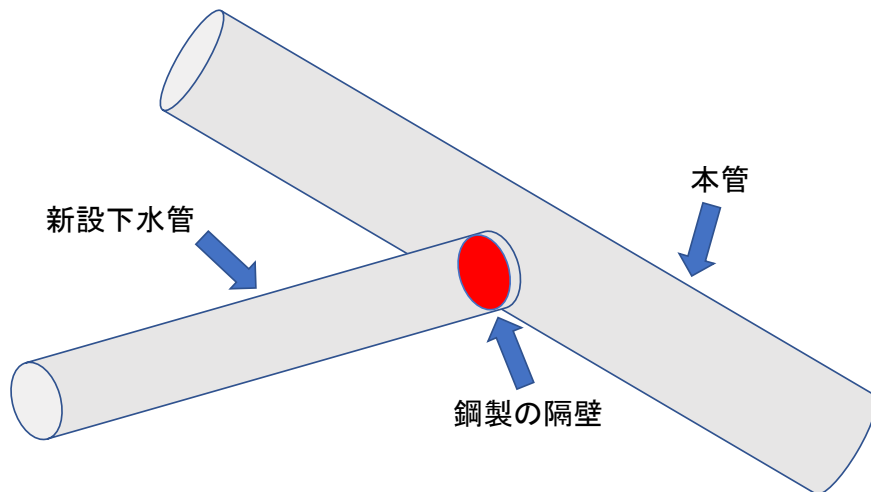


図 2 鋼製の隔壁の設置状況

3. 2 隔壁に作用していた水圧

災害発生当日, 立抗において最大水位は TP(東京湾中等潮位) +9.10m が記録されている. 一方, 隔壁の最下部の海面高さは, 新設下水管と本館の接合部の底面高さと同じと考えれば TP-36.352m となる. また, 隔壁の最上部では, 隔壁の直径が 3.21m であることから $\text{TP}-36.352+3.21=\text{TP}-33.142\text{m}$ となる. 隔壁破壊時において, 実際にはどの程度の水位があったかは不明であるが, 仮に隔壁が破壊しなかったものと仮定すると, 災害発生当日の隔壁には最大で上記の水位による水圧が作用していたものと推定される.

よって, 隔壁最下部と最上部の最大水圧はそれぞれ次のように推定される.

$$\text{最下部 } \{9.10\text{m}-(-36.352\text{m})\} \times 1000\text{kg/m}^3 \times 9.8\text{m/s}^2 = 445430\text{N/m}^2 \doteq 0.445\text{N/mm}^2 = 0.445\text{MPa}$$

$$\text{最上部 } \{9.10\text{m}-(-33.142\text{m})\} \times 1000\text{kg/m}^3 \times 9.8\text{m/s}^2 = 413972\text{N/m}^2 \doteq 0.414\text{N/mm}^2 = 0.414\text{MPa}$$

3. 3 隔壁の耐力

写真1に破壊した隔壁の状況を示す。

隔壁設計時の資料から検討すると、災害発生時に設置されていた隔壁は 0.05N/mm^2 (MPa) の水圧に対しては十分な安全性が保たれるように設計されており、破壊した隔壁の状況から 0.148N/mm^2 (MPa) (最下部) の耐力があったと推定される。

災害発生当日に隔壁に作用する可能性があった最大 $0.414\sim 0.445\text{N/mm}^2$ (MPa) の水圧と、隔壁の推定耐力 0.148N/mm^2 (MPa) を比較すると、当該隔壁の推定耐力は最大水圧の半分以下しかいないため、当日の最大水圧に対して到底耐えられる構造ではなかったものと考えられる。よって、災害発生当日、破壊した隔壁には、設計耐力 0.05N/mm^2 (MPa)、破壊状況を考慮した推定耐力 0.148N/mm^2 (MPa) をはるかに上回る水圧が作用する可能性があったと推定される。



写真1 破壊した隔壁の状況

4. 災害発生原因の推定

当該災害の発生原因を隔壁の破壊に絞って推定すると、以下のような原因が考えられる。

(1) 隔壁の耐力が十分ではなかったこと

隔壁に作用していた水圧、耐力の推定結果より、災害発生当日に隔壁に作用し得る最大水圧は $0.414\sim 0.445\text{ N/mm}^2$ (MPa) であるのに対し、当該隔壁の推定耐力は 0.148 N/mm^2 (MPa) であり、半分以下の耐力しか有していなかったこと。

(2) 設計水位の見積りが適切ではなかったこと

設計水位を本館の管頂として設計耐力を 0.05 N/mm^2 (MPa) と見込んでいたが、短期集中豪雨により水位が管頂を超えた場合には、水平断面積の非常に小さい立抗の中で水位が急上昇する恐れがあった。その結果として、実際には最大 $0.414\sim 0.445\text{ N/mm}^2$ (MPa) の水圧が隔壁に作用した可能性があるため、設計水位の見積りが適切ではなかったこと。

5. 再発防止対策

本件災害と同様に、都市部の下水道等の工事における、浸水を遮断する隔壁の破壊による災害を防止するためには、以下のような対策が必要である。

(1) 適切な設計水位を見込むこと

近年、都市域において局所的な短期集中豪雨による浸水被害が頻発しているため、設計水圧を見込む場合には都市部の浸水予測等の手法を活用して、集中豪雨により下水道に流れ込む水量を予測し、適切な設計水位を見積もる必要がある。なお、設計水位を見積もることが困難な場合には、安全のため設計水位を地表面とすること。

(2) 隔壁の強度を十分安全なものとする

都市部における地下の下水道工事では、その構造上、短期集中豪雨により水位が下水道の管頂を超えた場合には、水平断面積の非常に小さい立抗の中で水位が急上昇し、隔壁に設計水位を大きく上回る水圧が作用する恐れがある。このため、隔壁の安全率を通常の構造物より大きく設定し、十分安全な構造とすること。