

下水道の被害とその復興状況 瓦礫の処理・処分について

調査メンバー：市川 新（東京大学工学部都市工学科）
津野 洋（京都大学工学部衛生工学科）
細井由彦（鳥取大学工学部社会開発システム工学科）
天野耕二（立命館大学理工学部環境システム学科）
高原伸兒（京都大学工学部衛生工学科）

1. 調査地点

ヒアリング：兵庫県土木部下水道課、同保健環境部、同西宮土木事務所
神戸市下水道局企画課、同管路維持課、同宇治川ポンプ場

現地調査：神戸市東灘下水処理場、同ポートアイランド地区下水道関連施設
西宮市内被災地区、同瓦礫仮置き場
三宮－兵庫間のマンホール等下水道関連施設

2. 被害状況

既に第2・3次調査団により報告されていることと、建設省を中心とした関係機関により調査が進んでいるので、ここでは概況のみを述べることにする。

2-1 下水処理場：

被災地区に存在する43下水処理場のうち被害が報告されている処理場は8処理場であった（建設省調査結果）が、神戸市東灘処理場が最もひどい被害を受けている。東灘処理場を除く処理場の被害は、処理施設からの漏水、ポンプ室の浸水、吐き口を含む場内配管の一部損傷、汚泥掻き寄せ機の損傷、消化槽等の一部破損であった。

東灘処理場では運河及び海域に面した擁壁の大きな移動や沈下がおき、それに伴い施設に大きな影響を受け、場内の導水渠、最初沈殿池に入る地点での接続部、処理施設のエクステンションジョイント、脱水機場・管理棟等の建造物、地下回廊等の損傷が主なもので、処理を行えない状況であった（写真1）。

ただし、基礎杭の損傷については調査時点においては確認されていなかったが、今後過大な応力のかかった地点について調査する必要があると考えられた。

2-2 ポンプ場：

ポンプ施設そのものには大きな被害が発生したという報告は受けていないが、地震発生に伴う停電時にポンプの呼び水や、自家発電装置の運転に必要な冷却水が無く、発電等の機能を十分に発揮できなかったという事例が報告されている。一部のポンプ場では処理場の処理水（高度処理水）を利用して応急的な処置をとることが出来たとのことである。

2-3 下水管：

流域下水道幹線のような1m以上の口径を持つ大口径で、かつ地下5ないし8mに埋設された下水管については土砂の流入、亀裂の発生等の局所的な被害はあるものの、大きな被害は報告されていない。

口径 800 mm 未満の小口径の下水管の総延長は長い（神戸市だけで約 3,000 km である）ため、

山手幹線以南しか調査が行われていなくて全部の被害調査が行われていないので、断言することは出来ないが、これまでの調査結果から類推すると、大きな被害はないようである。しかし、いくつかの場所でマンホールの立ち上がりのズレ、管渠の亀裂や段差の発生、土木構造物の破損に伴う損傷、液状化に伴う泥の侵入等が確認されている。

例えば、東灘処理場においては大量の海水の混入が認められており、その流入箇所とその規模については必ずしも明確に把握されていない。これと同じ様な亀裂や管路の崩壊被害がどの程度あるのか調査は完了していない。そのため汚水の地下への浸透や、逆に地下水の下水への流入の危険性が完全に把握されていない。

しかし、宅地から汚水マスへの接合部、取付管（汚水マスから下水本管への接続部）のズレ、下水管の亀裂、勾配の変化等の局地的な被害が発生しており（写真2）、その全体像の把握に関係市町村は鋭意努力中である。

神戸市のポートアイランドにおいては周辺の地盤が沈下したことにより、マンホールが地表面より浮き出たような状況になっていたものが調査の結果明らかになった（写真2）。このようなマンホールは極めて少ないとの報告であったので、例外かもしれないが、下水管が地下構造物のため、被害状況を完全に把握することは極めて困難な状況である。

2-4 雨水管：

市街地区の雨水は下水管で排除されているが、神戸市の一部を除きほぼ分流式下水道であり、雨水管が設置されている。被災地区の多くは山が迫り、雨水は斜面を南北に流下し、直接海に放流されている。神戸市の場合では市全体で約 350の吐き口がある。その結果、雨水管の総延長は污水管に比べると短い（神戸市の場合約7分の1に当たる 500 km）が、開水路も多く残されている。暗渠部分は污水管の被害状況とほぼ同じであるが、開水路については倒壊家屋の瓦礫や土砂が堆積したり、側壁が破損したりしている部分が多く存在すると報告されている（写真3）。

また吐き口についても海に面したところにあり護岸の崩壊により被害を受けたところもあり（写真3）、一部応急的な対策がたてられているが、今後の雨期の集中降雨に対して、早急な対策が望まれる。

3. 復旧作業の進捗状況

3-1 下水処理場

東灘処理場を除く処理場においては応急処置を取ることで、平常通り的高级処理がなされているが、水道が断水しているため流入水が少ない状況である。

神戸市東灘処理場では、導水路の復旧が遅れており、現在処理は行われていない。現在4月末を目途に高级処理の開始を復旧目標としているが、完全復旧には多くの日数がかかるものと思われる。

しかし、下水が処理場内ポンプ場（魚崎ポンプ場）に流入してくるので、雨水ポンプを利用して魚崎運河に放流している。災害前の流入量（処理量）は日量 160,000 m³であったが、訪問した日は 80,000 m³と少なかった。これは処理区域の水道が断水していたことにもよるが、一方で流入水の塩素イオン濃度が高いため、大量の海水が混入していることがうかがわれた。同様に第4工区にある深江ポンプ場でも災害前の排水量が 3,000 - 5,000 m³であったが調査日には 15,000 m³に増加していた。この汚水も塩素イオン濃度が高く海水の混入が認められた。これらの事実は下水管の損傷により海水の流入があることを示している。

これらの流入下水を雨水ポンプを用いて魚崎運河に放流しているが、水質汚濁の危険性が指摘されたため、運河を締め切り（幅 40 m，長さ 300 m，深さ 3 m）沈澱池としての機能を持たせて処理し、自然放流している。しかし、好ましい状況とは言えず、早急な対策が望まれる。

3-2 下水管：

土砂の体積や大規模な損傷を受けた下水道施設については「仮管」、「共同溝を下水管のバイパスとして一時的に借用」するなどの応急処置が施された（写真4）。

また、地震発生直後から、政令指定都市を中心とした他都市、および下水道管路維持協会（遠山啓理事長）等の応援をうけて、大規模な管路点検が1月22日から2月10日にかけて行われた。

神戸市関係では、対象は山手幹線の南側（写真5）の市街地を中心とし、東灘区等の東部地区を東京都が、長田区・垂水区等の西部地区を広島市がそれぞれ中心となり、協力都市と共同で調査した。三宮を含む中央区・兵庫区やポートアイランド、北区・西区等を神戸市が受け持って調査した。

対象地域の下水管の総延長は約 1,000 km であり、全てのマンホールを開け、黙視し、更には中に入り、閉塞状況の目視を行った。その中の損傷を受けたと判断された下水管約60 km について、テレビカメラを下水管に入れて内部をテレビ撮影し、今後の改修計画の基礎資料にするよう、現在その調査結果を整理している（写真5）。2月10日までに撮影されたカセットは約600本（各カセットの録画時間は1時間50分である）に及んでいる。

これらのビデオの完全な解析を待たなければ正確な被害状況を把握することが出来ないが、概略的には、地表面の被害状況に比べると地下構造物の被害は軽微であり、大規模な損傷は認められていない。

しかし今日までの調査は市街地部分に限られ、今後山の手地域については未調査なので、早急に調査を行う必要がある。

3-3 雨水管：

雨水管については堆積土砂の排除、開水路の河床・護岸の損傷に対し、応急処置がなされており、一応雨水を流下させることが出来るような状況に修復されている。

地震発生から今日までは、降雨の少ない時期であり、大きな雨がなかったが、完全な修復がなされるまでに、雨期を迎えることが確実に見込まれているので、今からそれに対する対策を考慮しておく必要がある。神戸市の計画降雨は 50 mm/時 であるが、過去の記録によると 70 mm/時 をこすものも記録（昭和42年7月9日の降雨では最大 75.6 mm/時が記録されている）されており、今からそのような降雨に対する対策を考慮しておく必要がある。

3-4 水洗便所：

学校・公民館等に避難所や被災キャンプができたが、断水のこともあり水洗便所の利用が制限され不便を生じた。そのため、一部の地区では仮設トイレが設置されたが、その設置に時間を要したり数量的に不足して完全な解決にはならなかった。また、身障者や老人家庭等でも水洗用水を運ぶのに苦労が多かったと聞いており、その対策を緊急に行える体制をとっておく必要がある。

4. 提言

今回の地震の被害状況をみ、かつその復旧をほんの一部しかみることは出来なかったが、その経験から気のついたことをいくつか提言したい。

4-1 雑用水の確保

水洗用水、冷却水、ポンプの呼び水等の雑用水の不足については、今まで災害時にはとくには注目されていないものであった。しかし、今回のように水道と電気といった複数のライフラインが損傷し、被災の範囲が大きく、かつ復旧に時間がかかる場合には雑用水の確保は大きな問題となる。ポンプの冷却水とか呼び水が地震発生直後確保することができなくて、ポンプや自家発電が稼働できなかった事例が報告されている。その場合場内の回収水（高度処理水）を応急的に利用することにより事態の解決を計ることができたが、今後処理場内でこのような「バックアップ水（仮称）」を用意しておくことも必要である。

また、水道が断水したため、水洗便所が使用できなくなった例も報告されているので、防火用水やプールの水と連動できるような「貯めおきの水」を用意しておくことも必要である。

4-2 降雨の対策

地震発生が1月という太平洋側では降雨の少ない時期であったので、雨水による浸水被害は発生していないが、復旧に時間がかかることが予想される以上、雨期の集中降雨に対応できるようなシステムを早急に立てておく必要がある。具体的には、閉塞する原因物質の除去等の応急的な対策を行うことはもちろんであるが、そのほかにも小規模の水中ポンプを全国から集め、被害の発生の予測されるような場所に配置し、異常降雨に対して被災者がこれ以上の災害に遭わないように対策を立てる必要がある。

4-3 自治体間の協力体制の確立

下水道だけでなく全ての分野に共通する課題と考えられるが、施設の損傷に対し近隣の都市の協力体制が必要である。移動式施設や技術者の派遣等が迅速になされるように日頃から手配しておく必要がある。今回の地震に際しては全国の都市が全面的に協力し、下水管路の調査を始め災害の査定等を行い、復旧に貢献している。

4-4 情報の分散化

今回神戸市下水道局の事務所が潰れるという異常事態が発生したが、その結果として、管路網図等の重要な情報を早急に引き出すことが出来なかった。幸いコンサルタント会社にバックアップデータがあり、それを利用することにより被害を最小限にすることができたが、対応の若干の遅れの原因となった。このような事態は本当に万一の事態であるが、その様な事態を避けるために、地図等の保管を分散することやバックアップ体制を強化しておくことも検討すべき課題であろう。

4-5 護岸との関連

埋め立て地に設けられている護岸の多くが今回の地震により大きな被害が生じているが、それに伴う下水道施設の被害も多く報告されている。埋め立て地とはいえ、用地費が高いことから、用地の有効利用から護岸ギリギリに施設を作ることが多いが、それが結果論的に被害を大きくしている。将来の処理場施設としては、下水処理場周辺に空地を設け、植栽や散策路を設ける等をして護岸の被害の影響を極力少なくする必要がある。

4-6 処理場の地盤とその対策

下水道の持つ物理的特性から下水処理場は最下流に位置せざるを得なく、日本のように埋立が

広く行われている国においてはその立地が、埋め立て地にならざるを得ない状況である。ポートアイランドそのものも将来地盤沈下が予測され、そのための対策を立てているように、埋め立て地においては沈下は避けられないところである。下水処理場においてもこのような沈下に対し、対策を講じ、基礎杭を施工している。その結果ポートアイランド下水処理場においては周辺に大きな被害が生じているにも拘わらず、ほとんど無傷で、地震発生から比較的早期に高級処理を開始することが出来た（しかし一部のマンションでは取付管の接続部が損傷したため水洗便所の使用が禁止されたところがあったとのことである）。このことは地盤改良が如何に地震対策として有効であるかを検証するものである。

しかし、下水道は一般的にいうと一斉に建設されるものでなく、長年にわたり流域の下水道の普及に合わせて処理場施設を増設していくものである。そのため、採用される地盤改良対策に若干の差が出てくるのもやむを得ない状況である。又、地盤改良が施設、特に重要施設の地下だけに施工され、場内全体にはなされないことや、下水処理施設の底部が均一でないこと等により、地震発生時に受ける荷重が施設毎に異なり、それらを結ぶ導水渠等に被害が発生しやすい。実際、東灘処理場においては、導水渠そのものや、導水渠から最初沈澱池への入り口部の継手に損傷が起き、下水の流動を阻害しているケースが見られた。

将来の下水道建設に当たっては、今回のような被害を少なくするために、地盤強化対策法を連続的なものとして統一的行う必要がある。

下水処理場はいくつかのプロセスからなりそれらの間や、増築部と既設部をパイプでつないだりしなければならないが、これらの接続部において今回被害が多かった。この接続部における被害を少なくするために「可撓継手、」ないし「伸縮継手」を採用し、被害を最小限にする努力が必要である。

ポートアイランドの一部の高層ビルにおいては、取付管に伸縮継手を用いられていて被害を回避できたが、固定式の継手を用いて水洗便所の使用が不可能になってしまったものもある。

4-7 取付管及び接続管の充実

下水道は各家庭に直結して始めて効果を発揮するものであるが、今回の地震に際し個人と公共との負担区分において若干の整合のなさが、下水道施設の効用を減ずる結果となっている。各家庭の污水管は取付管と污水マスを経て下水管に接続されるが、この取付部分は各家庭の責任で各都市指定の工務店に依頼して工事が行われている。この取付管の工事とメンテに当たる会社との連絡を日頃から緊密にとっておくことは重要である。大規模マンションの場合取付管が損傷したときの影響が大きいため、可撓性取付管にするなどの工夫が特に必要である。

宅地内の排水管全てを公共が管理することは不可能であるが、マンションのような大規模の排水管を個人（デベロッパー）に任せておいていいものかは今後検討を要する課題として残された。上水道においてはマンション内の配水（貯留）タンクまで、水道法の適用範囲とし、公共が責任を持つように改正されており、下水道においても近い将来検討していく必要がある。

4-8 継手の改善：

下水道施設においては多くの継手を使用されているが、それが被害を受けていることが多く認められている。逆に継手が適切であり、被害を免れているものもあり、今後安全なそして効果的な継手のあり方を検討すべきである。

処理施設の中にエクспанションジョイントが用いられているところがあるが、施設によってはそれをなくし、剛接によって箱を直接結び付けたり、箱そのものの継手の必要でない程度の

大きさにする等の改良を行うことにより、エクспанションジョイントを最小限にしていくことが試みられており、被害を少なくしている例も見られた。全体としてはエクспанションジョイントをできるだけ少なくしていくことが必要であろう。

4-9 共同溝の促進：

下水管に被害が生じた場合その確認とその程度を把握するには大変な労力を必要とする。今回のような大規模な地震の場合、被害面積が大きくその点検は極めて困難であった。これは単に下水道だけでなく、上水道、ガス等の地下埋設物にも共通する問題である。実際には下水管の口径が小さい場合には無理であるが、幹線では西欧のように人が歩けるような断面にしたり、P字管のようなものにするなどの工夫を行い共同溝化する必要であろう。

これらの地下構造物の関係者が協力して共同溝を設け、それを集中的に管理することが出来れば、今回のような異常災害時の復旧に際しては、その効果は極めて大きいものがある。今後の過密大都市においては、共同溝は必須のものである。

4-10 管路監視システムの一層の開発

下水管を地下に埋設することはどうしても残されるが、それを監視・点検するシステムを早急に確立する必要がある。今回全国の自治体からの協力により応急的な対策（一次調査）が無事修了したが、将来を考えるとそのシステムのより一層の充実が望まれる。

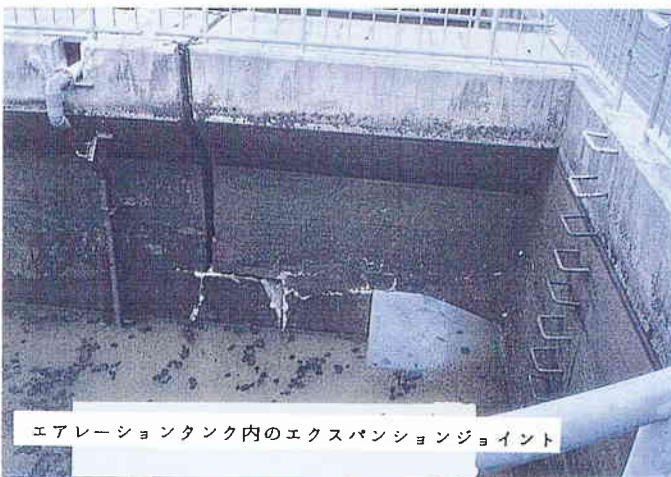


写真1 東灘処理場の損傷状況



周辺の地盤が沈下しマンホールが浮き上がったところ



取付用マンホールの破損例
(ポートアイランド)



取り付け管の損傷



下水排水管の破損と応急修理の例
(ポートアイランド)

写真2 取付用マンホールおよび取付管の損傷例



護岸が横にずれて大きな損傷を受けているが、排水溝は横にずれただけで大きな損傷を免れる



道路側溝の破損例
(下山手通)



雨水排水渠の破損例
(ポートアイランド)

写真3 雨水管の破損状況の例



陥没箇所での仮管
(大開通)



下水管渠に留った泥の除去

写真4 応急措置の例



写真5 テレビカメラによる下水管渠の調査

追記： 瓦礫の処理・処分について

本調査団においてわれわれに与えられた課題はライフラインの一部としての下水道の被災状況とその復旧状況及びそれらから今後の課題を抽出することであった。

しかし、現地に赴き土木学会の研究分野でありながら、まだ取り上げていない分野の問題として瓦礫の処理・処分があり早急に取り組む必要があることを痛感した。

瓦礫の処理・処分は日常的には廃棄物問題として取り扱われるものであるが、被災地において完全な対策が建てられているようには思われなかった。その最大の理由は、想像を絶するような大量の瓦礫が発生したことである。しかしそれを処理・処分しなければ復興作業が進まないため、その解決は緊急を要するものである。

通常の廃棄物行政は市町村の固有の業務として位置づけられ、今回も神戸・西宮・芦屋・尼崎等の市単位で計画が建てられているが、人的パワー不足と仮置き場を含めた処分場の確保が困難なこと、輸送手段とそのルートが確立されていないことから、処理・処分が立ち後れ、それが復興計画そのものの足を引っ張る結果となっている。

このような現状に危機をいただき、国では厚生省水道環境部地域計画室が中心になり運輸省（港湾局）、建設省（建設経済局）、陸上自衛隊（中部方面総監部）、兵庫県（保健環境部、土木部、都市住宅部）および兵庫県警察本部交通規制課が集まり、その他神戸市、尼崎市、西宮市、伊丹市、宝塚市、川西市、明石市、洲本市、三木市、津名町、北淡町等の関係市町村、JR西日本、阪急電鉄、阪神電鉄、山陽電鉄、神戸電鉄、神戸高速鉄道、の交通機関および大阪湾広域臨海環境整備センターからなる「災害廃棄物処理推進協議会」が設けられ情報の交換と統一的な処理・処分法の検討を行っている。

2月8日調査当時の災害廃棄物発生量の予測は住宅・建築物系のおもに倒壊家屋が650万 m^3 （780万トン）、鉄道等公共施設系が300万 m^3 （500万トン）と予測されていたが、最近の調査によるとその倍近くの瓦礫の発生が見込まれている。

これに対し、最終処分場としては大阪湾広域臨海環境整備センター（フェニックス計画）の尼崎沖（400万 m^3 ）同泉大津沖（1,100万 m^3 ）をはじめ神戸市（布施畑（800万 m^3 ）淡河（700万 m^3 ））、大阪北港（200万 m^3 ）堺泉北港（40万 m^3 ）企業庁埋め立て地（120万 m^3 ）が確保されており、総量としては処分可能となっている。しかし、瓦礫の発生地点から直接これらの最終処分地に輸送することが困難なため、各市に「仮置き場」を設け、そこに一端収拾し、順次最終処分場に運ぶことになっている。

仮置き場として神戸市は東灘区魚崎浜をはじめとした4カ所、合計17.6ha、尼崎市は丸島地区6.3ha、西宮市は甲子園浜8.0ha、芦屋市は南芦屋浜6.0ha、伊丹市は敷紡跡地3.0ha、伊丹市は大阪採石場内他2箇所合計4.0ha、川西市は加茂6丁目公有地他4カ所合計1.2ha、淡路島内では企業庁佐野埋め立て地17.0haがそれぞれ計画されており、調査日にはそれぞれの仮置き場において瓦礫の持ち込みが行われていた。なお、公共鉄道系の瓦礫については各管理者の責任で対応しているが、最終処分場への海上輸送に際して必要な仮置き場を甲子園地区の埋め立て地の中に3.0ha確保することになっている。

しかし、発生源の倒壊家屋の近くの道路が瓦礫そのものや作業用車両により幅員が減少しているため、積み込み作業そのものが遅れている。そして、行政により計画的な処理・

処分計画が策定されておらず、各被災者が早いもの勝ちのように業者に委託しており、それが混乱を一層困難なものにしている。また仮置き場によりが臨海部に位置しており、発生源から仮置き場に運搬するには国道2号線、同43号線等の幹線を横断しなければならず、長時間の信号待ちを余儀なくされており、渋滞の大きな原因となっている。

また、仮置き場においても受け入れ体制が完全でないため、進入路そのものが満杯になり、数キロにわたって待ち行列が出来ている。

実際には、輸送に必要な車両（トラック）が不足していること、搬出の際の交通ルートが確保されていないため、渋滞に巻き込まれ、1台のトラックの実稼働回数は1日当たり1ないし1.5往復程度といわれており、作業効率はきわめて遅く上記の瓦礫を完全に処理・処分するにはかなりの期間かかることが予想され、ひいては復興の速度の制限因子になりかねない。

瓦礫は木材、土壁、コンクリート屑、プラスチック等混合しており、それを完全に分別することは不可能な状態である。しかし多くの最終処分場では可燃物は焼却灰にする事を義務づけており、一部の都市では「野焼き」を行って木材を中心とした可燃物の焼却を行っている。しかし、その結果煙が発生し、大気汚染の原因ともなっており、決して最善な方法とはいえない状況である。

倒壊家屋の処理費用についても公的資金による助成が行われるようになったので、一頃のような混乱はなくなったとのことであるが、瓦礫をしないから完全に除去するためにはかなりの日数がかかることが予想される。

提言：

1. 瓦礫処理・処分計画の作成：阪神地域全体の瓦礫の処理・処分計画を早急に作成し、それに基づき作業を行う必要がある。それには仮置き場を、新しい都市計画の広場・公開空地等設置するようにをうまく活用して復興計画に合わせる必要がある。
2. 仮置き場の増設：長崎大洪水の場合には市内各地に仮置き場が多数設置され、被害家屋の修理を早めに対応することが出来たとのことであり、阪神地区においても幹線道路を横切らなくてもすむような位置に仮置き場を確保する事が必要である。
3. 輸送ルートの確保：幹線道路にバスレーンが設置されたように瓦礫輸送専用レーンの設置（時間帯を決めるだけでも良い）し、瓦礫の輸送を効率的にする必要がある。
4. 瓦礫の登録性：西宮市が仮置き場を設置し、市民に解放したところ他府県ナンバーのトラックが「災害瓦礫」でない廃棄物が大量に搬入されたので、登録制に切り替えたとのことである。これは極端な例外かも知れないが、瓦礫の搬入に際しては4連符ないし5連符を作成し、発生者、運搬者、仮置き場、市、県等が記録を残すようにすることが必要である。