

解説

進化した推進技術

埋設管の改築も 推進技術でらくらく可能であるのに 改築推進工法が普及しないのはなぜか

ひらい まさや
平井 正哉

大林道路(株) 顧問
(本誌編集委員)



1 管の劣化診断と改築工法

鉄筋コンクリート構造物や土構造物、あるいは鋼材、化学加工品などさまざまな材料がインフラには使用されている。これらの材料は、時間経過とともに徐々に劣化し、あるいは大地震のような大きな外力が加わって変形し、一定の条件を超えると破壊される。これらの劣化や変形に対応して、できるだけ長時間使用できるように維持管理されて、所定の期間使用され続ける。下水道管は、管内を流れる汚水の影響で内面が腐食し、あるいは管周りの地盤からの外力をうけて変形し、変形が一定以上に大きくなるとクラックが生じ破壊に至る。大地震時の地盤変状のような大きな外力が管体に加わると、設置後の年数が経過していなくても管中心線形が移動し、継手のズレや不陸蛇行を生じる。

このように、埋設管の状況によって変形のタイプはさまざまで、補修する工法も多種多様のものが開発実用化されている。管路管理者は、インフラの特性や変形に表れる劣化の程度とタイプに適した補修工法を選定し、適切な時期に補修を行いできるだけ長期間の

使用を目指す。大地震など特殊な要因がなければ、埋設管の耐用年数は30年～50年とされており、使用に耐えなくなると劣化した管を入替える。

小口径下水道管は、主に鉄筋コンクリート管と硬質塩化ビニル管が使用されている。使用された管材によって、劣化の進み方は大きな違いがあり、鉄筋コンクリート管では、管内を流下する下水の影響で、発生する硫化水素によって内面が腐食し、やがてコンクリート内の補強用の鋼線を腐食し、管体が崩落するまで進行する。硬質塩化ビニル管など可とう性管は、管本体が腐食するというよりは、管外周に作用する土水圧の影響で扁平化などのたわみ変形を生じ、あるいは、地震の影響や近接した工事の影響などで管の設置位置がズレるタイプの変形をおこす。図-1は、汚水から発生する硫化水素の影響で鉄筋コンクリート管が内面から腐食するメカニズムを模式的に示している。管内面全体が一様に劣化するのではなく、上半断面の気相部の腐食が進みやすく、下半断面の液相部は、管材本体の腐食はほとんど進行しないとされている¹⁾。流れる汚

水の質や流下速度によっても腐食の進行は大きく変わってくる。小口径管の劣化は、管種と用途、設置条件などによりさまざまである。汚水による内面からの劣化である内面劣化、扁平化など断面形状が変形する断面劣化、管中心線が蛇行や上下に変形する線形劣化に分類できる。表-1は、小口径管の劣化の種類と補修工法について記したものである²⁾。内面劣化と断面劣化は、大きな継手ズレのほかは管内からの調査が可能である。線形劣化は、ゆるいたるみ変形以外は管内からの調査は困難であり、詳しく調査をするというよりはそのまま敷設替えに進むケースが多い。下水道管は、経年とともに劣化しさまざまな要因で流下性能が低下する。

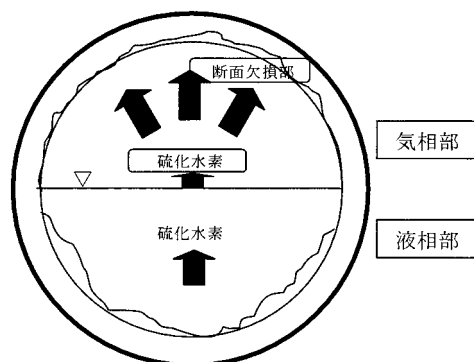


図-1 硫化水素等による管内面腐食変形

2 下水道管の地震被害

東日本大震災の下水道管への影響は小口径管を中心に1都10県で相当の延長になる。大津波の影響で大被害を受けた下水処理場が沿岸付近にあり、現状では復旧方法の方針が立たないため、管路の復旧は応急復旧も取りかかれていないところが多い。被害の実態も次第に明らかになっており、できるだけ早く流下だけでも行うため応急的な復旧などが順次着手されている。表-1は、平常時の管路の劣化と補修工法の関連を示すが、今回の大地震被害の場合のように、管路設置地盤が1m近く沈下したり、大津波で施設全体が流失するなどの場合は、ここでいう劣化の範囲から外れる。逆に、震源地から相当遠く離れた千葉県浦安市や東京都江東区、埼玉県久喜市など液状化による被害が顕著な例がある。被害の詳細い程度は今後の被害調査報告を待たなければわからないが、内面が腐食する変形は補修対象にほとんど含まれないことは容易に想定される。地盤変状による管の断面変形や大きな線形変形、逆勾配など大きな断面変形や線形変形が主体であって、管路に対する被害の補修工法としては、簡易な更生工法などの出番は少なく、改築推進、開削による敷設替えや新規の推進工法などが中心となるが、応急的にできるだけ早く流すための原状回復を原則とした震災復旧となると、選定基準も大幅に変わる。

3 管路の耐震設計と液状化

東日本大震災では、小規模住宅に対する液状化被害が大々的に報道され、液状化による管路被害はあまり大きく報道されないが、下水道管路など埋設管の液状化被害も激しい。震源近くでは

表-1 小口径管劣化の種類と補修の考え方

劣化の種類	内面劣化	断面劣化	線形劣化
劣化の内容	腐食損傷、内面荒れ 物理的損傷 強度低下	扁平化 小継手ズレ 欠落	逆勾配、たるみ 大継手ズレ、脱却 大欠落、崩落
流下性能への影響	円形断面確保 管内表面損傷	有効断面減少 管中心ずれなし	管中心不陸、蛇行 断面大変形
流下能力低下の要因	内表面平滑度低下	有効断面減少	有効動水勾配変化
劣化の原因	流下する汚水の影響	管外からの荷重の影響	
補修	変形レベルに合わせて、内面補修、改築推進などの工法を選定		改築推進、開削工法で敷設替え

表-2 下水道管路施設の耐震の考え方

	重要な幹線		その他の管路	
耐震設計手順	①調査 ②地盤条件の設定 ③マンホールと本管の接続部と管きよと管きよの継手部の検討 ④管本体とマンホール本体の検討 ⑤液状化時の浮上がり、沈下防止対策の検討		①調査 ②地盤条件の設定 ③マンホールと本管の接続部の検討 ④液状化時の浮上がり、沈下防止対策の検討	
地震動	レベル1地震動	レベル2地震動	レベル1地震動	レベル2地震動
	○	○	○	—
耐震性能	設計流下能力の確保	流下機能の確保	設計流下能力の確保	—
耐震計算	応答変位法	応答変位法	応答変位法	—
耐震設計法	許容応力度法 使用限界状態	終局限界状態	許容応力度法 使用限界状態	—
地震外力	共同溝設計指針		共同溝設計指針	—
液状化の判定 (周辺地盤)	道示耐震設計編 $F_{L1} \leq 1.0$ レベル1地震動 $K_{hc} = 0.15C_z$	道示耐震設計編 $FL2 \leq 1.0$ レベル2地震動 I種) $K_{hc} = 0.8C_z$ II種) $K_{hc} = 0.7C_z$ III種) $K_{hc} = 0.6C_z$	既存資料の土質や地形、粒度条件から判定(土質、地形、粒径) または $F_{L1} \leq 1.0$ レベル1地震動	—
液状化の判定 (埋戻し土)	①地下水位が高い ②管きよの土被りが2m以上で地下水位以下 ③周辺地盤がN値 ≤ 15 の砂層、又はN値 ≤ 7 の軟弱粘性土 以上の3条件すべてに該当する場合→液状化の被害の可能性はある			
液状化対策 (周辺地盤)	液状化判定で周辺地盤が液状化の可能性のある場合は、レベル1地震動に対して液状化対策を検討する。 レベル2地震動に対しては、必要に応じて地盤改良等の対策を行う。			
液状化対策 (埋戻し地盤)	液状化判定で埋戻し地盤が液状化の可能性のある場合は、液状化対策を検討する。 埋戻し土の液状化が懸念される場合は、浮き上がりの照査は行わず、原則として液状化対策を行う。対策には以下の方法がある。 ①埋戻し土の締固め ②碎石等による埋戻し ③埋戻し土の固化			

(道示：道路橋示方書)

津波や大震動による被害が大きく液状化は中心の問題にならないが、遠く離れた場所における管路の液状化による被害は大きい。

下水道管路の耐震設計は、日本下水道協会による「下水道施設の耐震対策指針と解説」2006年版³⁾によることとなっている。同指針では、道路橋示方書にならって設計地震動をレベル1とレベル2に分けて、対象とする管路

を「重要な管路」と、「その他の管路」に分けている。地盤の液状化問題は、開削施工の場合の周辺地盤の場合と、埋戻し土の場合に分けて考える。液状化判定は、周辺地盤に関しては重要な幹線とその他の管路で基準を変えているが、埋戻し地盤に関しては基準を変えていない。

表-2に、下水道管路施設に関する指針の耐震の考え方をまとめた。