

更生工法の耐震設計について

1. 基本的な考え方

○検討範囲

下水道施設の耐震設計は、個々の施設及び下水道システム全体として必要な耐震性を有するように配慮しなければならない。すなわち、地震動による管きよの耐震性のみならず、地盤や埋戻し材の液状化などに伴うマンホールや管きよの沈下や浮上の対策を行う必要がある。このため、管路施設全体の耐震性を確保する観点から、屈曲・抜け出し・突き出しなどに対する管きよとマンホールの継ぎ手部の総合的な検討についても行うこととする。

○対象とする地震動

「下水道施設の耐震対策指針と解説 2006 年版 日本下水道協会」（以下、「耐震指針」という）において、下水道管路施設は「重要な幹線等」と「その他の管路」に区分され、重要な幹線等についてはL 1 およびL 2 地震動に、その他の管路についてはL 1 地震動に対し、耐震設計を行うこととしている。ここで、L 1 地震動においては「設計流下能力を確保」すること、L 2 地震動においては「流下機能を確保」することが求められるため、更生工法の構造上の特性を考慮し、次のように整理する。

① L 1 地震動：設計流下能力を確保

管きよ断面が確保され、更生管内面に損傷がなく、設計流下量を遅延なく流下することが出来る状態を確保

② L 2 地震動：流下機能を確保

管きよ断面は変形し設計流下能力を確保できないが、更生管体に破断や嵌合はずれに伴う土砂等の侵入がなく、布設替えまでは下水を流下できる状態を確保

○検討・計算方法

更生工法は、「耐震指針」における「一体構造管きよ（硬質塩化ビニル管（接着接合管路）」あるいは「差し込み継手管きよ（遠心力鉄筋コンクリート管・陶管）」の考え方を勘案しつつ、性能評価を行う。

なお、計算手法で設計することが困難な場合は、耐震実験により耐震性能を確認する。

2. 自立管の設計

（１）対象管径

自立管の耐震設計の対象は、小口径管（既設管呼び径 800mm未満）とする。これは、中大口径管（既設管呼び径 800mm以上）の対象工法が限られることや採用事例が少ないことなどを考慮したものであり、中大口径管を採用した場合は個別に検討するものとする。

（２）検討項目・計算手法

自立管は、既設管強度を期待しない更生材がマンホール間で管きょと管きょの継ぎ手が無い一体構造となっていることから、地震時にも更生材が単独で耐力を有する必要がある。このため、L1地震動、L2地震動とも「耐震指針」における「一体構造管きょ（硬質塩化ビニル管（接着接合管路）」と同様とし、次に示す管軸方向の検討を行う。これは、耐震指針における一体構造管きょ（硬質塩化ビニル管）は、圧送管路のように小口径管に適用することを基本としており、管軸方向に地震動が伝播し軸方向の影響を受けやすいため、管軸方向の応力度を主体に検討し、鉛直断面に対する検討は省略してもよいとしていることによるものである。

○管軸方向の検討

L1地震動に対しては使用限界状態設計法、または許容応力度法により更生管が過剰に変形し設計流下能力を損なわないことを確認する。

L2地震動に対しては終局限界状態設計法により更生管の破断に伴う土砂流入などによる流下機能を失わないことを確認する。ただし、L2地震動に対しては、更生材料の多くが樹脂硬化系で変形性能に劣るため、局所的な変位に対し亀裂・破損が生じるおそれを考慮し、管軸方向の強度（応力度）のほか、液状化に伴う地盤沈下による屈曲角についても検討が必要である。

なお、自立管の周囲には既存管が存在し、自立管に対して局所的に外力が働く可能性があり、必ずしも一体構造管きょと同じ挙動をするとは限らない。しかし、既存管1本毎の地震時の挙動を把握することは不可能であることから、当面は常時の設計と同様に自立管は既存管がないものとして検討を行う。

また、自立管の耐震設計を計算手法で行うことが困難な場合は、耐震実験により耐震性能を確認する。

（３）2006年版耐震指針適用上の留意点

- ①一体構造管きょとして耐震計算を実施するのに必要な各工法の引張応力、引張弾性率を明確にする必要がある。
- ②更生材の断面積、断面二次モーメントは、各工法の常時設計により求めた管径と管厚から算出する。
- ③マンホールと管きょの接続部の検討に必要な許容屈曲角、許容拔出し量を明確にする必要がある。
- ④使用限界引張強度を求めるに当り使用する安全率は、更生材料が単一素材のものは安全率＝5、複合素材のものは安全率＝3とする。

3. 複合管の設計

(1) 管径別検討方法

複合管の耐震設計は、以下の管径毎に所要項目の検討を行う。

① 既設管呼び径 $\phi 800\text{mm}$ 未満

原則として、L1地震動、L2地震動とも、表面部材の管軸方向の検討を行う。

② 既設管呼び径 $\phi 800\text{mm}$ 以上 $\phi 1000\text{mm}$ 未満

過去の被害事例では、L1地震動、L2地震動とも、管断面方向および管軸方向の両方にクラックの発生が見られることから、鉛直断面の強度および表面部材の管軸方向の検討を行う。

③ 既設管呼び径 $\phi 1000\text{mm}$ 以上

過去の被害事例では、L1地震動、L2地震動とも、管軸方向のクラックが卓越して見られることから、鉛直断面の強度の検討を行う。

(2) 検討項目・計算手法

複合管における耐震設計は、既設管と表面部材および充填材が一体となった構造であることから、地震時に既設管の挙動が優位に働くと想定されるため、L1地震動、L2地震動とも「耐震指針」における「差し込み継手管きょ（遠心力鉄筋コンクリート管・陶管）」と同様とし、次の①管軸方向の検討、②鉛直断面の検討により行う。

① 管軸方向の検討

L1地震動に対しては、既設の管きょと管きょの継手部および嵌合部材間の継手部の屈曲角、拔出し量について検討する。

L2地震動に対しては、下水の流下を確保できればよいことから、モルタルなどの充填部材の一部にクラックなどの破損が生じた場合でも、管きょ内の表面部材（嵌合部材）の嵌合が外れず水密性が確保されることを確認しておけば、既設の管きょと管きょの継手部の屈曲角と拔出し量の検討は省略することができる。

なお、確認を計算手法で行うことが困難な場合は、実験により確認することができるものとし、既設の管きょと管きょの継手部が抜け出した状態にあっても管きょ内の表面部材（嵌合部材）の嵌合が外れに伴う流下機能の阻害などを発生しないことを確認する。なお、L2地震動に対しては、局所的な変位による亀裂や破損が生じる危険性を考慮し、地盤沈下による屈曲角を検討する。

② 鉛直断面の検討

L1地震動に対しては、使用限界状態設計法または許容応力度法により複合管としての一体性を損なわないことを確認する。また、L2地震動に対しては終局限界状態設計法により照査を行う。

なお、中大口径管は、円形管以外に馬蹄形や矩形等の様々な形状があり、表面部材の嵌合方法や断面構造が工法によって異なるため、耐荷力については形状ごとに個別に検討する。

(3) 2006 年版耐震指針適用上の留意点

- ①複合管の鉛直断面の強度（耐荷力）を、フレーム計算（円形骨組みモデル）に基づき計算するため、これに必要な更生管のヤング係数を明確にする必要がある。
- ②破壊荷重、ひび割れ荷重の設定は、新管（JSWAS A-1）と同等と設定する。
- ③マンホールと管きよの接続部の検討に必要な許容屈曲角、許容拔出し量を明確にする必要がある。
- ④複合管の既設管きよの継手部の検討では、差し込み継手管きよに基づき計算する。
- ⑤複合管の表面部材（嵌合部材）の継手部の照査を耐震計算により求めることが困難な場合には、耐震実験により確認する必要がある。

(4) 管軸方向の耐震性能確認のために行う実験の方法

継手部の照査を耐震計算により求めることが困難な場合に、以下の条件で耐震実験を行い、耐震性能を確認する。

- ①嵌合部材の継手部の照査は、永久ひずみ（1.5%）による拔出し量に対して、嵌合がはずれないこと、水密性を保つことを確認する。
- ②液状化による地盤沈下での嵌合部材の継手部の照査は、スパン長 30m^{※1}、沈下量 30 c m^{※2}を想定した変形に対し嵌合がはずれないこと、水密性を保つことを確認する。

※1：平均的なスパン延長として 30mを設定

※2：兵庫県南部地震における実績を考慮

4. その他

マンホールと管きよの接続部における屈曲角、拔出し量への対策については、管きよのマンホール内への突き出しによる被害なども総合的に勘案し、マンホールと管きよの接続部をフレキシブルな構造とする、あるいは弾性シール材の活用等も考慮する。