

「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」

【大阪会場】

Q . 「適切に下水道管を調査診断」とありますが、目視調査（TVカメラ含む）について判定基準がありますが、ヒューム管の強度等の判定基準がありません。

A . 管路内調査(TV 加え、潜行目視とも)による判定目的は、当該下水道管きょへの対策の要・不要、緊急性の有無を評価するもので、その判定基準は各損傷・支障の区分とランクを定めたものです。その判定結果を総合的に評価して、スパン全体あるいは部分的な対策規模と対策方法、緊急性を定めることなどに利用します。

中性化深さや鉄筋腐食等の情報は、当該ヒューム管の劣化状況を示すものですが、定性の域を出ませんが残存強度推定のためにも利用されることがあります。したがって、日常的な調査診断では一般的に管路内調査によるところが多く、中性化深さや鉄筋腐食等の情報は評価支援情報として利用されています。なお、鉄筋腐食情報は管路内調査の判定項目にもなっています。

ヒューム管の残存強度判定基準については、現時点でオーソライズされたものはなく、専ら前述等の調査取得情報を利用して強度計算し、劣化診断指標として活用されています。

「管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」

【大阪会場】

- Q . 計算例中のレベル1地震動の耐力算定では軸力が図示されているがレベル2では軸力が図示されていない。なぜか
既設管更生材料と弾性係数の異なる材料がある場合のフレームモデルの諸量(E,A,I等)は、どのように定めるのか。
のように複合材料をフレームモデル化する際に、正曲げと負曲げでAやIは変化するが考慮するのか。
- A . 計算例ではL1検討を許容応力度法で示しているため、説明図がL2の限界状態設計法とは異なります（計算例 p.82 及び p.93 の図）。
更生材料の強度等の特性値は各工法が提示の設計値としますが、複合断面のE、Iは、常時計算で求めた更生材の断面積や厚みに基づき、適宜定めることとなります。設計時に適切に判断し考慮して下さい。
- Q . フレーム計算モデルについて、常時荷重において単純支持の挿絵になっていますが、以前に出された下水協「下水道施設耐震設計例」では、底版部の土層の鉛直方向ばねで計算されることになっていたのですが、どちらで計算すれば良いのでしょうか（計算例 P.26 図-1.10）。
- A . 一般にカルバートの構造計算は道路土工などに基づき実施すると思いますが、ここで底盤反力は単純支持の考え方を採用しています。耐震計算は常時で定めた断面の照査と考えれば、照査時に常時荷重（鉛直荷重）を地震時水平力と合成し、地盤バネを考慮し検討することとなります。常時の計算方法を表す一般的な文献は2006年耐震指針の参考文献でもお示ししていますが、設計者が計算の目的、手法、段階に応じて適切に判断し採用して下さい。
- Q . 複合管の検討項目について。
計算例 P.3,P.18： 800mm 以上 1000mm 未満の検討項目の“管軸方向の検討”は継手部（管きょと管きょ）の検討でしょうか。
屈曲角等の許容値について
“当面はメーカー・工法協会等が公表する値および施設管理者が設定する値”となっていますが、いつ頃日本下水道協会として設定される予定でしょうか。
- A . テキストの解説をご覧ください（計算例 p.23 1）管軸方向の検討 参照）。
現時点では、下水道協会独自に設定する具体的なスケジュールは未定です。

Q . 震構造計算について

耐震（更生工法）に対する構造計算ソフトがありましたら教えてください

A . 現在、実用化に向けて開発中と聞いております。

【福岡会場】

Q . 複合管の構造設計を行う場合の既設管残存強度についてですが、実際、既設管強度を調査することは不可能と思いますが、その場合、既設管強度はどの様に考えるべきでしょうか。

現在、各工法協会に条件なしで見積もりを依頼していますが、どの協会も新管状態強度の 50%で計算を行っています。

A . 既設管の残存強度を調査することは、既設管の形状や大きさ、使用環境等により異なるので一概に可否の判断はできませんが、調査実例はあるようです。調査を実施しない場合の強度の考え方は、腐食状況やクラックの有無、位置、程度等を総合的に勘案し決定する必要がありますので、一定の考え方で説明ができるものではありません。よって、ご質問にある 50%という数値の適否についても、劣化状況の詳細な調査に基づき適切に評価・検討・設計判断し設定することをお勧めします。

なお、実際には既設管きよの存在を認めて複合管としての総合的な構造評価(想定できる最大強度)をするものと考えて残存強度を想定する場合には、手引き(案)P48 表 2-12 の材料係数(コンクリート)、部材係数、構造物係数を乗じた $2.03 (= 1.3 \times 1.3 \times 1.2)$ を安全係数として $50\% (= 1 \div 2.03)$ 程度とすることが考えられ、各工法協会が対応している方法にほぼ同じ結果となります。

Q . 品質管理について

プレバクトコンクリートの注入モルタルの圧縮試験の供試体の採取を注入後の吐出口より採取して試験を行っても良いでしょうか。

A . 現場採取資料による試験としていますので、ご指摘の対応で結構です。

Q . 複合管の設計におけるで常時計算および耐震計算の手法について

製管工法の種類によって材料諸元が異なるため、構造計算の方法を変えるのか？

各工法で更生管厚が異なるが、工法選定はどうするのか。

複合管の耐震設計では円形管きよを前提として記載されていますが、矩形きよ、馬蹄きよではどのように耐震計算を行うのか。

A . 複合管の表面部材は、説明でもお話ししたとおり帯状の嵌合部材を巻くものやセグメント状のものを組み合わせていくものなどがあります。複合管では、その適用範囲から主に鉛直断面方向の検討となります。これに関しては複合断面を構築することに変わりはないので、特に工法ごとに変える必要性はありませんが、設計に必要な数値を工法特有の値とすることもするため、これを勘案して判断してください。計算で耐震性能を確認することが困難な場合は、耐震実験での確認で良いとしていますので参考としてください。

工法選定は、設計・施工の条件を十分勘案し、恒久施設として適切な機能を確保するよう実施して下さい。構造計算の結果、ご指摘のように更生管厚が異なる可能性があります。自治体により調達ルールも異なるため、設計担当者が適切に判断し決定して下さい。

矩形きょや馬蹄きょについても基本的な考え方は円形管きょと同様です。ただし、形状が異なることから応力集中の生じる部位やその程度が異なるため、特にせん断破壊の推定等について留意が必要です。常時計算では、劣化状況等により、適切にモデル設定し限界状態設計法により計算を行い、耐震設計はこの結果を踏まえた照査を行ってください。円形管に比べ“部分的なひび割れの考慮”など設計上で留意が必要と考えます。

【東京会場】

Q . 管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例について、第 1 章耐震設計の考え方 第 1 節管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案） 1 . 基本的な考え方（ 1 ）検討範囲 の下から 2 行目の文章で、「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・突出しなどに対する管きょとマンホールの接続部の総合的な検討についても行うこととする。」と記載されています。これに関して、次の 3 点を質問します。

この検討項目の中で、突出しについての具体的な計算例がありません。どのように検討して、評価すればよろしいですか。

計算例に示される側方流動による発生応力(圧縮応力)による評価となるのですか。また、その際、本管で仕様している例えばヒューム管の圧縮応力の検討は不要ですか。

液状化した地盤の最大摩擦力 $\mu = 0.001$ は一定ですか。埋設管上の土荷重により変化しないですか。 μ は摩擦係数とし、式の分子に上部土荷重を加算する必要はないですか。 $F = \mu \cdot H \cdot \rho \cdot D \cdot L \cdot \gamma / A$ となりませんか。

A . (説明でもお話した通り) 既設管内に 1 スパンで一体化した更生管を構築する更生方法については、いまだ地震時の挙動について未解明な部分が多い状況のため、地震時の挙動を再現した計算手法が確立されていません。ただし、これまでの下水道管路の地震時被害事例から、マンホールと管の接続部における曲げ、抜き出し、突出しという現象による破損が数多く見られます。

このようなことを勘案すれば、地震時の水平方向の地盤振幅や地盤変状に伴う管の変状を想定して、マンホールと管きょの接続部の変位を予測し、評価すべきと考えます(マンホールと管きょ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)。

P.54 の側方流動による発生応力は、仮にインバート等で一方が拘束されたような状況を想定し、地盤の液状化により管に圧縮力が加わった場合を想定した計算であり、直接突出しについての検討とは直接関係ありません。

(先の質問も合わせてとなりますが) 現時点ではマンホールとの接続部については、定量的な評価が難しい状況であることから、マンホールと管きょの接続部は、「別途、フレキシブルな構造とする」ことを原則としています。突出し量については、被害事例の分析などによりご判断頂きたいと思います。

既設管の圧縮応力の検討は不要かというご質問については、今回、自立管の設計では外側の管を期待しないという割り切りの中で整合を図り、考慮していません。

この数値は 2001 年版計算例及び水道施設耐震設計指針から参考引用しています。水道指針では地盤と管との滑りのモデルに基づき、値を定めています。採用に当たっては、当該図書を参考に適切な判断をお願いします

Q . 発刊図書「管きょ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」について次の 2 点を質問します。

複合管の計算例の中で、慣性力を考慮する様に記載されているが、2001 年版の耐震設計例で考慮されていない慣性力を、なぜ更生工法の場合は考慮するのでしょうか。理由はあるのでしょうか（P.81）

P.10 マトリックス表の検討項目と計算例の相違について

例）マンホールと管きょの接続部（地盤沈下による屈曲面、拔出し量等の照査について）

A . 2001 年版に示される円形の新管の安全性の照査は、管きょの破壊保証モーメントと発生曲げモーメントにより安全率を求めるように考えていますが、今回の更生工法の地震時荷重の設定方法は、複合管を円形以外に矩形や馬蹄形にも使用することを想定し、ボックスカルバートの計算手法との整合を図りました（本件の慣性力の他、周面せん断力についても、今後の検討課題と考えています）。複合管では、差し込み継手管きょとして計算することとしたため、計算結果としては P.96 ~ 97 の検討と同じとなりますので省略しています。

【その他】

Q . 管きょ材料および埋設状況の条件 (p.68) の「管きょと管きょの継手部における使用限界屈曲角及び使用限界拔出し量」において、メーカー・工法協会等が公表する値と記載されています。4.レベル1地震動による検討 (p.86) では、既設管 (B形) の数値が採用されています。メーカー・工法協会の数値ではなくて、既設管の数値を用いた理由を教えていただけないでしょうか。

複合管の「既設管の管きょと管きょの継手部」の計算について、P84の本文の記述では、「レベル1地震動については、既設管の場合の計算を行うのみとする。」となっています。4-6-2地震動による屈曲角の計算において、P86本文の記述を見ると「使用限界屈曲角許容値 (メーカー・工法協会が公表する値) 」となっています。この「メーカー・工法協会が公表する値」とは何を指していますか？仮に更生管きょの性能値を指すのであれば、P84の記述と矛盾すると思うのですが。

A . レベル1では、設計流下能力を確保することを目標としており、嵌合部材が水密性を確保し土砂等の流入がないことのほかに、既設管も含めて設計荷重による耐力が使用限界状態の耐力より小さく、更生管を使用可能な状態を確保する必要があります。したがって、「メーカー・工法協会等が公表する値」と同時に、既設管の基準値を満足する必要があります。計算例の条件では、使用限界状態の場合の「メーカー・工法協会等が公表する値」と終局限界状態の場合の「メーカー・工法協会等が公表する値」が異なることを想定しています。よって、レベル1の場合の基準値は、レベル2の場合の基準値や既設管の基準値と異なる値が示される可能性がありますが、計算例では既設管の基準値で照査した場合について例示しました。実際に計算を実施される場合には、公表されたメーカー・工法協会等の使用限界値もあわせて確認してください。

Q . 6-2-3地盤の液状化に伴う側方流動による拔出し量の算定 (地盤永久ひずみ) (p.61) となっていますが、計算式内には「ひずみ」に関する数値等が表れません。何故 (地盤永久ひずみ) が関係するのですか。

A . レベル2の耐震計算では、耐震指針2006年版のマトリクス表に示すように、地盤が液状化した場合の影響検討は、側方流動で生じる永久ひずみと地盤沈下によるものを想定していますので、計算例 (p.61) もこれにより「地盤永久ひずみ」が生じた場合の計算を示しています。地盤が液状化する場合には、弾性変形の領域を超える状況 (地震後も変形がもどらないひずみ) を想定し非線形状態を考慮した計算を行うため地盤の摩擦力がパラメータとなりますが、一体構造管ではこれを地盤と管とのすべりとして考慮しています。このパラメータについては、耐震計算例 (2001年版) で「水道施設耐震工法指針・解説」 (1997年、日本水道協会) で示される値を参考としています。なお、耐震指針2006年版に示す「地盤の永久ひずみ」については、1995年兵庫県南

部地震、1964年新潟地震の実績（発生頻度、被害率）を考慮し、特に継ぎ手の抜け出しの影響が大きい差し込み継ぎ手管きよでは、ここに定めた引張りひずみをもとに検討を行うこととしていますが、液状化した場合の側方流動による永久ひずみをもっとも大きいと考えられています。