

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 藤田 信夫

農業用パイプラインは、これまでに建設された基幹水利施設に限っても 10,000km を超えるストックを形成している。今後も水利用形態の高度化・効率化等に対応し、老朽化した開水路の更新等でパイプラインが重要な役割を担うものと考えられる。

継手を有する単位管を接続して構築された“継手構造管路”は、軟弱地盤における不同沈下や地震時に発生する地盤変位などを吸収するように管路内の各継手が伸縮・屈曲することを特長とする。圧力パイプラインの継手部は管体と同等の水密性能を有しているが、伸縮・屈曲の機能に関しては布設時の施工誤差や布設後の地盤変動に対する余裕と見なされ、設計に十分反映されているとはいえない。その理由のひとつには、継手の伸縮屈曲に対する余裕量の評価に未解明の部分が残されていることがあげられる。継手の挙動に最も大きく影響を与えるのは大規模地震動による地盤ひずみであるが、管路内のウィークポイントの抽出と被害を最小限にするための方策は示されているものの、管路全体の継手が地震前後でどのように伸縮・屈曲の変化を示すか、調査報告された事例は極めて少ない。

継手構造管路においては、継手の特性がパイプラインの軸方向挙動について決定的な役割を果たしていることから、その挙動を明確にすることが被害の軽減や経済的な施設構築に結びつく。また、地震以外にも局所的な変位が発生する可能性として、内圧スラスト力を受ける屈曲部、圧密による不同沈下などが課題にあげられる。継手の伸縮余裕を評価することは、これらの課題解決の基礎となる設計諸元を明らかにすることであり、その機能を積極的に活用する上でも重要である。

本論文は、埋設パイプラインの継手が有する伸縮屈曲機能を評価するとともに、その機能を活用して新たな分野へ展開するための課題の解明を行ったものである。

第一に、大規模地震動を経験したパイプラインの継手部挙動を個別的・統計的に分析し、安全性評価のための指標を導入して伸縮・屈曲に対する余裕量を評価した。布設条件の大きく異なる 3 件の管路調査事例を分析した結果、次の共通する特徴が得られた。(1)地震前後の継手伸縮増分は正規分布で表現でき、平均値の変化は小さい。現行の耐震設計の前提条件は妥当と考えられる。(2)構造物(屈曲部)からの離隔が継手の地震時挙動に極めて大きな影響を与える。(3)構造物きわと直線区間の継手を比較すると、初期屈曲を加味しても直線部の継手の方が拔出しに対する安全性が高い。すなわち、安全性評価の指標を用いて検証した結果、継手の伸縮余裕は定められた許容屈曲角の 1/2 相当の範囲で設計・施工に適用できることが明らかにされた。

第二に、継手の機能を活用し、管路を曲線布設してパイプラインの屈曲点に対応する場合の土中挙動を解明した。既往の曲管に替えて、屈曲区間の内部に複数の継手が配置された管路形態であっても、内圧スラスト力を分散し、曲管と同等の反力をより広い範囲で均

等に得る効果があることが明らかとなった。また継手効果を表現した数値解析手法により実管路の挙動をよく再現できることが確認された。内圧スラスト力の検討は、既存の曲管の設計に準じた手法で、屈曲箇所ごとに設計することができることが分かった。

第三に、継手の機能を活用し、大きな局部沈下を生じるため池の底樋に適用する場合の土中挙動を解明した。既往のコンクリート製の剛構造の底樋に替えて、継手管路で構築した柔構造底樋を適用する場合に課題となる沈下追従性と水みち抑止効果を検証した。模型実験と数値解析により、底樋と地盤の接触面における浸透は動水勾配の増大に伴って卓越し、土粒子の移動を生じて水みちが形成されるが、定常浸透解析の手法でも接触面の透水係数の変化を指標として結果を表現できることが確認できた。この下流側からの水みち進展に対して、止水壁は限界動水勾配の向上に効果があるが、浸透経路長の拡大よりも土粒子の流亡を抑止する機能が重要と判断される。また沈下に伴って形成される水みちは、上流側の水圧が空隙に直接作用して亀裂が進展するモードを示す。継手構造の底樋は沈下に追従することで接触面での空洞発達を阻害し、パイピングに対する抵抗性が向上する効果を明らかにした。さらに現地適用による有効性の検証でも 350mm に達する局部沈下に追従し、周辺地盤との密着性を保持する結果が得られた。

以上、本論文は、埋設パイプラインの継手が有する伸縮屈曲機能を評価し、その機能を活用して新たな分野へ展開するための課題解明を行ったものであり、学術上寄与するところが大きい。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。