

論文名：

下水道管路施設の地震時挙動と対策に関する研究

氏名：

長崎大学大学院生産科学研究科

小西 康彦

要旨：

近年、世界規模で大地震が頻発しており、まさに地球は地震の活動期に入っている観がある。我が国においても、1995年の兵庫県南部地震前後から震度6前後の大地震が頻繁に発生し、その都度、国民の社会生活や財産、生命に多大の犠牲を強いたことは記憶に新しい。国民の貴重な財産の一つであり、市民生活に欠かせない重要なライフラインである下水道施設も例外ではなく、下水道普及率の向上と相まって被害も拡大の一途をたどっている。

下水道施設のうち、管路施設は各家庭からの汚水を収集・輸送する施設であり、車道や歩道を問わず道路網に限なく埋設されている。そのため、地震による被害は、管きよの破断によるマンホールからの汚水の溢水や舗装面の沈下、あるいはマンホールの浮上による救急車両の通行阻害など市民生活に直接的に影響している。そのため、下水道管路施設の地震時の挙動を分析し、早急に有効な対策を講じる必要性が高まっている。

本研究は、東海、東南海、南海地震などいつ発生してもおかしくない大地震に備えた下水道地震対策の方向性を示すために、過去の地震被害を分析して課題を抽出し、実験や解析により解決策の研究を行ったものである。

下水道管路施設の地震時の挙動を分析した結果として、兵庫県南部地震による被害状況と釧路沖地震や十勝沖地震、中越地震など兵庫県南部地震以外の地震被害で大きく異なり、いわゆる地震力によるものと液状化によるものに大きく分けられることを示した。前者では、縦断方向では管とマンホールや管と管など構成している構造体同士の地震挙動の違いによる被害や、横断方向では45度方向の破損・クラックが多く発生する。一方、後者では、特に埋戻し土の液状化によるマンホールの浮上や開削による管布設部の沈下が多く発生する。

まず、液状化による被害に対して、耐震設計における課題として、マンホールの浮上を取り上げてそのメカニズムを検討するとともに、浮上を抑制する対策を考案し、実用化に向けた開発経過および効果の実証過程と既設マンホールへの適用方法等について詳述した。

次に、地震力による被害に対して、耐震設計上の課題として挙げられている、①下水道管路の横断方向の耐震設計における周面せん断力の影響評価と、②下水道管路の管軸圧縮方向における地震時挙動の解析、について研究を行った。その結果、①については比較的小口径の管きよでは地盤との滑り現象により発生断面力が減少するものの、1,000mm以上の中大口径では周面せん断力の影響が徐々に大きくなってこれを無視できないことがわかった。②については、下水道管路の耐震設計において、管きよ継手の拔出し方向のみではなく突っ込み方向の挙動についても考慮すべき条件があることを数値解析により示した。また、その場合の有効な対策を考案して、それを管と管の継手に設置する条件をケーススタディとして数値解析を行い、その実用性を実証した。

以下、検討内容と得られた成果の概要を各章ごとに述べる。

第1章では、研究の背景と目的について述べた。

第2章では、下水道管路施設の被害を、兵庫県南部地震以前と兵庫県南部地震、それ以後の3パターンに分けて分析し、兵庫県南部地震では地震力による被害が多いのに対し、それ以外では液状化による被害が多いことを示した。

第3章では、下水道管路施設に大きな被害をもたらした新潟県中越地震を取り上げて被害状況を分析するとともに、最も管路被害の大きかった長岡市を例に、トイレの使用制限時の対策である仮設トイレや簡易トイレの問題点について記述した。

第4章では、マンホール浮上の原因である埋戻し土の液状化対策について新設・既設の両方について考察を加えたマンホールの浮上のメカニズムや開発中の浮上抑制装置の概要、および実物大のマンホールを使った浮上抑制効果の実証試験について示した。また、マンホール浮上量の推定式を示し、ろ過装置を設置した場合のドレーン効果の想定方法について示した。

第5章では、第4章における既設マンホールへの施工法を確立するにあたって開発した簡易な凍結工法について示した。

第6章では、マンホール浮上の原因の一つである、埋戻し土の締固め不足に伴う液状化の発生リスクを低減させるため、マンホールを振動させて周辺地盤を締固める方法について示した。また、この締固め効果を設計に反映する手法についても示した。

第7章では、下水道管路施設の横断方向の耐震設計における周面せん断力の影響評価の研究について述べた。数値解析により、管径の大小による周面せん断力の影響について検討を行い、管径が小さくなると構造物と地盤の滑り現象により影響が小さくなるが、1,000mm程度を超えると、寸法効果の影響もほとんど見られないことが分かった。

第8章では、下水道管路の管軸圧縮方向における地震時挙動の研究について述べた。特に中小口径の推進管に着目し、地盤の剛性急変化部における地震時挙動を解析して、抜け出しに対する規格品の性能を検証するとともに、突っ込み変位対応の新たな軸方向変位吸収継手を考案し、その継手の挙動と効果について数値解析を行ってその実用性を検証した。

第9章では、本研究のまとめと今後の課題や展望について述べた。