

解説

内圧路線の耐震性向上に寄与する 合成鋼管用離脱防止継手

あきもと まさのり
秋元 昌哲

日本ヒューム(株)



1 はじめに

埋設管路が地震によって受ける損傷には、継手のずれや離脱など管路の軸方向のものが多くみられる。このような被害を軽減するために、管の継手の多くには伸縮能力と曲げ能力が付与され規格化されており下水道に使用するパイプの継手は、管長の1.5%以上の伸びに対応できるようになっている¹⁾。管自体には伸縮能力や曲げ変形能力がなくても、継手がそれらの能力を持っていれば、管路全体が伸縮したり曲げ変形を起こしたりすることができる。これによって、地震時の地盤ひずみや不等沈下に管路を追随させることが可能になる。

地震時の地盤ひずみが均一であれば、地盤の変形と管の変位は分散され、各継手の伸び量はそれほど大きくならない。しかし継手の伸び能力には限界があるため、それを越えた伸びが管路に要求されると継手の離脱が生じる。異種構造物との接合箇所や、地割れの発生箇所などにおいて、地盤ひずみの局所的な集中が生じる。この場合、その周辺で局所的に管路が引き伸ばされることになると、継手の伸び能力が不足して継手が離脱する³⁾。地震によって離脱した継手から土砂が浸入し、管路が閉塞してしまうことがある。そして、その復旧には長い期間が必要となり、雨水の浸水対策を目的とした管路ではその防御が機能していない状態が継続することになってしまう。

地震時に管の継手が受ける被害に関する研究として、地震で実際の管路に生じた継手の残留変位量について調査を行った結果、管路と他種構造物との接合部付近で大きい残留変形が生じることが示され、その原因として振動の位相の違いが挙げられている²⁾。また、地震後の抜け出し量が継手の許容する最大抜け出し量を上回る確率である被害確率が算出されており、構造物周辺での被害確率は直線管路の約100倍に達することが示されている³⁾。管路の耐震設計では、地盤ひずみが局所的に集中する事態を想定した評価を行うことの必要性を裏付ける結果であると言える。

重要な役割を持つ場合が多い内圧路線等が被害を受けた場合、下水が噴出したり流下能力に影響を来たすおそれがある。また、迅速な復旧も困難であることなどから危険度や重要度が高く、復旧の難易度が高い路線では、原則として抜出し防止継手管を採用することが望ましいとされている¹⁾。内圧が作用するパイプは、地盤の変形や衝撃度に対処する管体強度と、継手部の強度やその伸縮性によって、管路が一体として耐えられる管種を選定するのが望ましいとして離脱防止継手を有する管材の例が示されている¹⁾。しかしながら、浸水対策が必要とされる都市部での管路の新設では、輻輳する既存の地下インフラを避けて長距離・急曲線敷設を計画できる設計の自由度が求められる。このような用途で使用できる内圧対応の管材は、離脱防止機能を備え

たものが存在しない状況であった。

このような現状に鑑み、高内水圧対応管として50年以上の使用実績があり、急曲線推進施工が可能な合成鋼管を対象として離脱防止継手を開発し、それに対する性能試験を実施した。そして継手の伸縮能力と離脱防止抵抗力の両方を定量的に評価し、直線施工と曲線施工の両方において離脱防止機能を発揮し、管路が一体として地震に耐える性能を有していることを確認した。その開発概要を紹介する。

2 離脱防止継手の性能評価基準

2.1 離脱防止継手の概要

離脱防止継手とは、継手の伸縮能力と曲げ能力に加え、継手の伸びが設計した量に達するとそれ以上の伸びに対する抵抗力、すなわち離脱防止抵抗力が生じるように設計されたものである。しかしその目的は当該継手の離脱を防ぐことよりも、管を引き出して隣接する継手を伸ばすことにある。隣り合った管を次々に引き出して次々に継手を伸ばすことができれば、複数の継手の伸び能力を合わせて集中した地盤ひずみに対して管路が一体として対応することが可能になる。その様子を図示すると図-1のようになる。鎖構造管路と呼ばれる所以であり、内圧管路の耐震性を向上させる手段として期待されている。

以上を踏まえると、各継手の伸び能力が高ければ、さほど大きな離脱防止抵抗力は必要ないと言える。少数の継手の伸び能力を足し合わせるだけで、集中した地盤ひずみに対応できるためである。逆に、離脱防止抵抗力

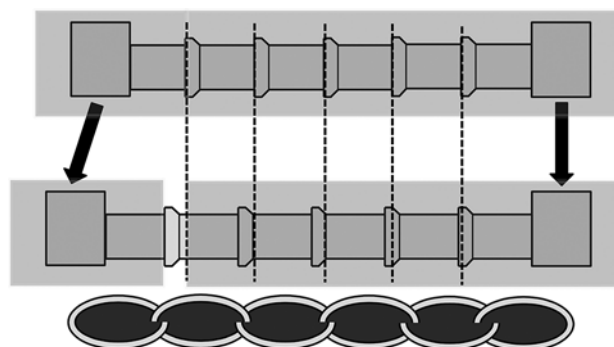


図-1 離脱防止継手による集中した地盤ひずみへの追従

が大きければ、各継手の伸び能力は小さくても良いと考えられる。同一の性能（対応する集中ひずみの量）を実現するうえで、ふた通りのアプローチがあり得ると言える。

2.2 既往の基準文書

離脱防止継手の性能に関する基準として「地下埋設管路耐震継手の技術基準（案）」（財国土開発技術研究センター）⁴⁾ が広く引用されている。

資料では、継手の性能として伸縮性能と離脱防止性能を定義し、それぞれに対して個別の性能区分を設定している。その具体的な内容を表-1に示す。なお引用に当たり、離脱防止抵抗力をSI単位に変換した。伸縮性能は伸縮量、すなわち継手が離脱や離脱防止抵抗力の発生なしに伸縮できる長さで評価される。伸縮性能の類は管の有効長との比で規定されているが、有効長とは管全体の長さから継手部分の長さを引いたものであり、複数の管をつなげたときに1本分となる長さである。一方、離脱防止性能は離脱防止抵抗力で評価されている。これは、継手を離脱させようとする動きに抵抗した際に継手に生じる最大の力である。

A級の離脱防止抵抗力を3dkNとした根拠として、資料では「離脱防止性能については、100m程度の範囲においては地盤の歪が一箇所に集中すると仮定し、100mに相当する管の周面摩擦力に耐えうる継手の離脱防止性能を有するものをA級とし、B級はA級の1/2の離脱防止性能を有し、C級はB級の1/2の（以下略）」としている。この記述に基づいて計算すると、管と地盤

表-1 伸縮性能と離脱防止性能の区分

(a) 伸縮性能	
区分	継手の性能
S-1類	伸縮量 $\pm 0.01\ell$ 以上
S-2類	伸縮量 $\pm 0.005\ell$ 以上 $\pm 0.01\ell$ 未満
S-3類	伸縮量 $\pm 0.005\ell$ 未満

(b) 離脱防止性能	
区分	継手の性能
A級	離脱防止抵抗力3dkN以上
B級	離脱防止抵抗力1.5dkN以上3dkN未満
C級	離脱防止抵抗力0.75dkN以上1.5dkN未満
D級	離脱防止抵抗力0.75dkN未満

ℓ ：管1本の有効長（mm）、 d ：管外径（呼び径を用いる）（mm）