

コンクリートで防護された地下管路の応答変位法による軸方向ひずみの評価

NTT 正会員○若竹雅人¹

NTT 正会員 田中宏司 伊藤陽

1. はじめに

NTTは全国に約62万延長kmの地下管路を有している。その中で管路ルート上の地下埋設物を避ける場合や橋梁添架への接続区間は標準土被りが確保できず、限定的に管路の浅層埋設が実施される。地下管路の浅層埋設を実施する場合、社外工事等から設備を防護する工法の1つに管をコンクリートで巻き立てて防護する工法が存在する。本稿ではこの区間の地震時の挙動について検討する。このような設備形態の場合、コンクリートと管路(鋼管)の地盤内の挙動特性が異なるため、地震時においてコンクリート防護区間と管路区間の境界部にひずみが蓄積されやすいと想定できる。言い換えると地震時における設備の弱点部となりうる。過去の震災でも図1に示すような、コンクリートで巻き立てられた箇所の近傍での被害が確認されており、過去の地震被害の経験からコンクリート防護際は地震時における弱点部であるという定性的な理解は存在している。著者らはこのような区間を定量的に評価するために、地盤内のコンクリートの挙動を把握する実験を実施した¹⁾。本稿では実験結果を基に設定したパラメータを利用して、コンクリートで防護された地下管路に対する応答変位法による簡易的な解析を実施したため、解析結果を報告する。

2. 地盤内の挙動特性把握

本節では検討対象設備が地盤内を軸方向に挙動する場合の特性を把握するために実施した実験結果について報告する。実施した実験では図2に示すように、3種類の地盤拘束力を把握する実験をそれぞれ独立に実施した。1つは通常の鋼管部分が軸方向に変位する場合において、鋼管と地盤の摩擦によって作用する地盤拘束力を把握するための実験、2つ目はコンクリートで防護された区間(コンクリート)が地盤内を軸方向に変位する場合、外周面においてコンクリートと地盤の摩擦によって作用する地盤拘束力を把握するための実験、3つ目はコンクリート防護区間と管路部分の境界において、コンクリートの端部のような、変位方向と直交する方向に投影面積を有する箇所が地盤によって作用を受ける土圧起因の地盤拘束力を把握するための実験である。これらの実験結果を基に応答変位法で利用する地盤ばね特性を算出し、コンクリートで防護された管路の地震応答を確認する。図3に図2におけるA及びCの地盤拘束力を評価するために

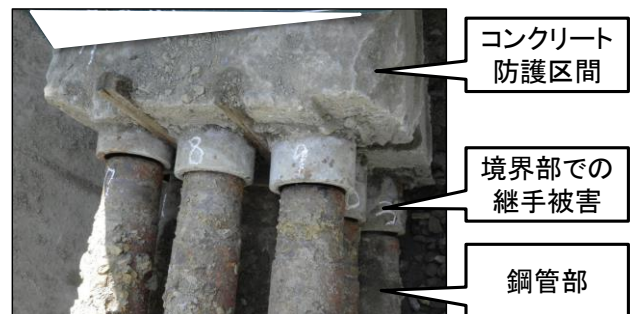


図1 検討対象設備の地震による被害事例

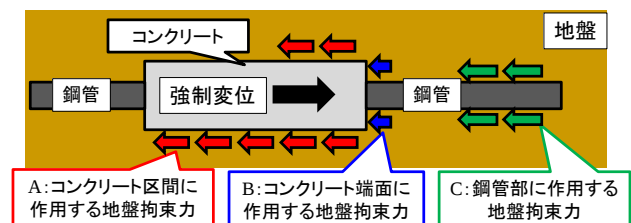


図2 検討対象設備に作用する地盤拘束力

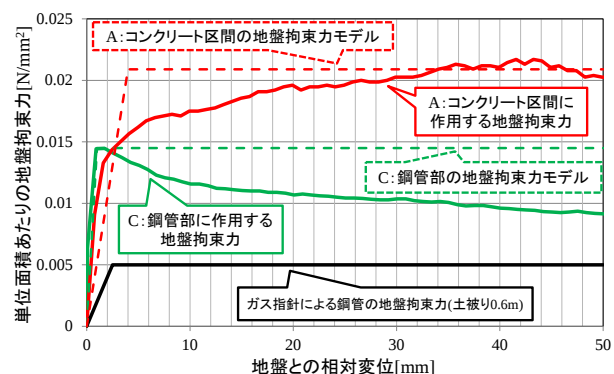


図3 地盤拘束力把握のための実験結果1

実施した実験結果を示す。図3中の実線で実験結果を単位面積当たりの地盤拘束力に換算した値を示した。参考として、高圧ガス導管耐震設計指針²⁾に則り土被り0.6mを想定した場合の鋼管の地盤拘束力を実線で示した。著者らの実験は土被り0.6mを想定して実施したため、同等の条件の場合における地盤拘束力を比較するために示した。破線は簡易的な解析において利用する地盤拘束力特性のモデルであり、文献²⁾において提示されているような、地盤と構造物の滑りを考慮した完全弾塑性型の地盤拘束力特性を利用することとした。

Keywords : underground pipeline system, seismic evaluation, seismic displacement method

¹ 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 wakatake.masato@lab.ntt.co.jp

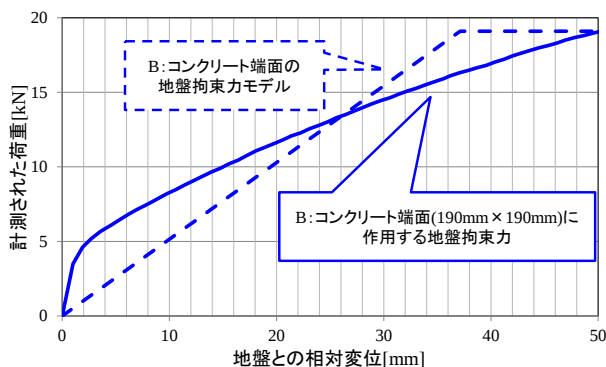


図4 地盤拘束力把握のための実験結果2

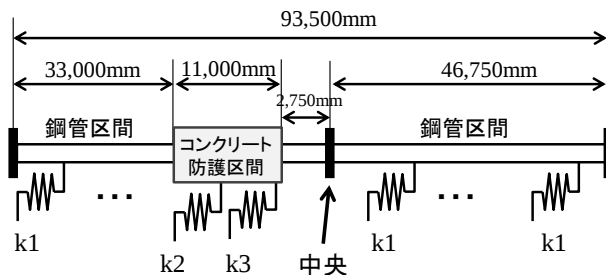


図5 解析モデルイメージ

図4は図2中のBの地盤拘束力を把握するための実験結果である。先の2種の実験結果と異なり、この実験は単位面積当たりの地盤拘束力ではなく、実験結果を示している。破線は簡易的な計算に利用するために実験結果より作成した地盤拘束力モデルである。

3. 地震応答解析

本節では今回着目する設備形態に対する、地震応答解析を実施しコンクリートで防護された箇所の影響の定量化を検討する。図5のイメージのような弾性床上の梁として管路モデルを作成し、応答変位法による解析を行い、コンクリート防護区間と鋼管区間の境界の応答値の評価を行う。比較対象は、防護コンクリート区間が存在しないモデルに対する計算結果である。今回の解析においては、実験結果から作成した3種類の地盤ばねモデルを利用する。図5中のk1は鋼管区間に作用する地盤ばねであり(図2中C)、k2は図2中のAであるコンクリート区間に作用する地盤ばね、k3は図2中Bのコンクリート端面に作用する地盤ばねである。それぞれ、前述したようにガス指針で提案されているような地盤と構造物の滑りを考慮した完全弾塑性型の地盤ばねモデルを実験結果から作成し、計算に利用する。鋼管区間の軸剛性は弾性係数が $2.06 \times 10^5 [\text{N/mm}^2]$ 、断面積が $1120 [\text{mm}^2]$ として計算し、コンクリート防護区間の軸剛性はコンクリートと鋼管が一体となって挙動すると仮定し、コンクリート区間の断面形状(190mm×190mm)と弾性係数 $2.20 \times 10^4 [\text{N/mm}^2]$ を考慮し、鋼管区間の3.85倍であるとした。両端の境界条件は

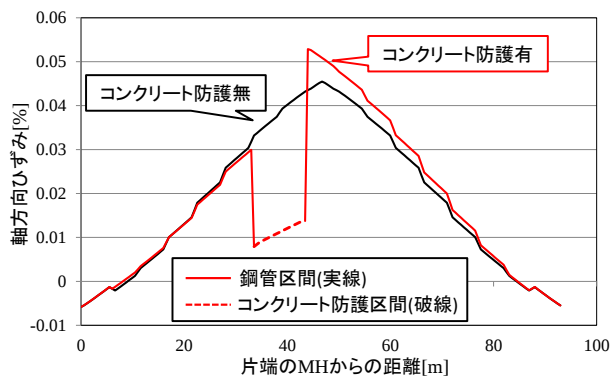


図6 梁要素に発生する軸方向ひずみ

地盤に対して固定とし、実際の条件を反映し両端部には伸縮性能を有する継手を表現する継手ばねを配置した。入力は、管軸方向に進行し、進行方向に対して変位成分を有する波動とした。地震動の大きさについては、表層における見かけの波長をL、表層地盤変位をUとした場合、地盤ひずみ ε を

$$\varepsilon = \frac{2\pi U}{L} \quad (1)$$

により設定するものとした。今回の検討においては、ガス指針における地盤ひずみが0.3%相当である、 $L=93.5\text{m}$ 、 $U=44.6\text{mm}$ とした。位相は図5中に示した中央部に最大地盤ひずみが作用するような位相として入力した。これらの条件を反映して応答変位法による静的な計算を実施した結果を図6に示す。今回は代表して、梁要素に発生する軸方向ひずみを示す。図6にはコンクリート防護区間が存在する場合と存在しない場合の結果を合わせて示す。実線は鋼管に発生したひずみを示し、破線はコンクリート防護区間に発生したひずみを示す。結果より、実線と破線の境界、つまりコンクリートと鋼管の境界部でひずみが増大していることが分かる。また今回の計算により、コンクリート防護区間が存在するとひずみが1.21倍に増幅されるということが明らかとなった。

4. まとめと今後の課題

本稿では、コンクリートで防護された通信埋設管の応答変位法による簡易的な解析結果を示した。計算の結果、想定通り鋼管とコンクリートの境界部でひずみが増大し、このような設備形態は地震時における弱点部となりうることが示唆された。今後はより詳細な解析による検討を実施する予定である。

参考文献

- 1) 若竹ら：コンクリート巻き立て管の地震時挙動の定量評価について，地震工学研究発表会講演論文集，2010
- 2) 日本ガス協会：高圧ガス導管耐震設計指針，2004