

日本電信電話株式会社 筑波技術開発センタ 正員 ○服 部 浩 明
 神戸大学工学部 正員 高 田 至 郎
 日本電信電話株式会社 筑波技術開発センタ 正員 中 野 雅 弘

1. 概要

通信ケーブルを收容、保護する地下管路設備の地震時信頼性を検討することは、都市の地震防災計画を策定する上で極めて重要である。また、精度良い被害予測を行うことは、震前対策として最適な設備計画、設備投資を策定する上で重要である。そこで、本研究では、電気通信屋外設備を構成している地下管路網の被害予測手法の確立を目指して、日本海中部地震により被害を受けた秋田県能代市へ適用し、実際の被害状況と対比して、被害予測手法の検証を行った。

2. 地下管路の耐震信頼性

各震度階、各地盤種別毎に管路に発生する応力、ひずみ、変位は ERAULプログラム¹⁾を用いた解析計算により求める。電気通信屋外設備に用いられる管路のうち、ここでは特に埋設数の多い、鋼管、塩化ビニル管、鋳鉄管の3種類を対象とした。また、解析モデルとしては、マンホール取付け部に応力集中が発生することも考慮できるよう、片側固定モデルを採用し、被害発生箇所をマンホール取付け部とした。解析計算は、以下に示すように、1) 波動を受けるもの、2) 液状化を受けるもの、そして 3) 沈下を受けるものについて検討した。

(1) 波動モデル

地震波動に関する波動と振幅の入力諸値は、速度スペクトルについては、全国の変電所の地盤をもとに検討したもの²⁾及び、波速については、大阪市の地中管路耐震設計指針を採用した。

地表面に沿った方向の地震動の見かけの波長、表層地盤変位及び、地盤ひずみは³⁾次式により求められる

$$L = T \cdot V, \quad U_h = 2 / \pi^2 T S_v K_{oh}$$

$$\epsilon = 2 \pi U_h / L$$

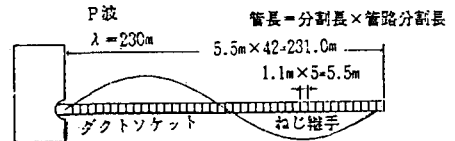
解析モデルを図-1に示す。

(2) 液状化モデル

液状化時の地盤の挙動の過程は、過剰間隙水圧が最大に達する迄と、消散する過程の2段階に分けられるが、本解析では相対変形の大きい浮上段階を検討する。液状化解析モデルを図-2に示す。また、管路、マンホールに与える浮力は、文献(4)により求めた。

(3) 沈下モデル

切盛り境界付近では、切土部は沈下せず、盛土部のみ沈下する不等沈下の可能性が大きく、この付近で過大な応力が起こることが予想される。そこで、図-3に示す解析モデルを考えた。このモデルは片側固定で管路が全域で沈下する場合を想定しておりマンホール取付け部での最大ひずみを算出するものである。モデルに与える沈下量 Δ は以下のようにして定めた。



鋼管、4種地盤の場合

図-1 波動モデル

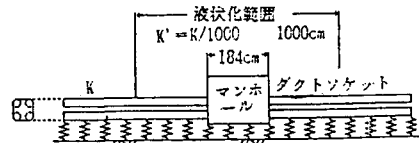


図-2 液状化モデル



図-3 沈下モデル

$$\Delta = m \cdot H$$

ここに、 m ：圧縮率、 H ：沈下対象土層厚

3. 地震時被害予測手法

2. で求めた解析結果より、それぞれの震度階、地盤種別毎に管体の損傷確率を求める。ひずみ分布が正規分布に従うものとして、ひずみ分布を標準正規分布に変換して、許容ひずみとの関係から管種毎の損傷確率をそれぞれ算出する。各損傷確率を用いて、モンテカルロシミュレーションにより被害箇所を予測を行う

4. 解析手法の妥当性の検証

以上で得られた被害予測手法の妥当性を検証するために、本手法を日本海中部地震により被害を受けた秋田県能代市へ適用した。

(1) 能代市の地盤の概要

能代市は、米代川下流域左岸の沖積平野に属しており、厚い沖積層が堆積しているため、地震動の増幅作用が強かった。また、ほとんどが砂丘、旧河川跡、沼沢地等、地下水位面の高い沖積地盤であるから液状化の可能性が非常に大である。能代市に発生した液状化、沈下、地割れ地域を図-4に示す。

(2) 能代市の震度階分布

能代市における震度階分布（メッシュ分割：250m×250m）を図-5に示す。図-4、5から、地盤状態の良い市街地中心部で震度V+で、地盤状態の悪い西部でVIとなっている。

(3) 実被害とシミュレーション結果との対比

地下管路の通過試験結果による実際に被害の発生した箇所を図-6に、シミュレーション結果を図-7に示す。

地盤の液状化が発生した市街地西部では、被害が集中しており、地盤状態の良い中心部では被害が少なくなっている。又、南部の被害は、主に地割れなどの地盤変状により発生している。実被害とシミュレーション結果を対比すると、被害箇所は概ね一致していることから、本手法はかなりの信頼性をもっていると判断される。

4. 結論

(1) 指針に従って地震入力を決め、ERAUL プログラムにより各震度階、地盤種別毎に管体発生ひずみを算出し、管体の許容ひずみより損傷確率マトリックスを作成した。そして、この結果をもとにして、モンテカルロ法により被害状態をシミュレーションした。

(2) 本手法を秋田県能代市に適用し、実被害状況と対比するとほぼ一致し、本手法の妥当性が確認された。

参考文献 1) 高田ら：水道協会誌、第547号、P.27～32、1980、2) 電気事業連合会：変電設備耐震対策特別委員会報告：昭和54年7月、3) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針、昭和57年、4) 高田他：第41回年次学術講演会概要集、pp.1043-1044、昭和61年

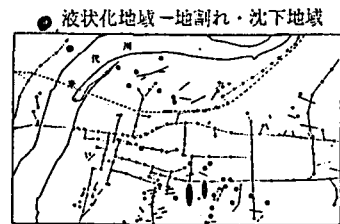


図-4 能代市の地盤概要



図-5 能代市の震度階分布

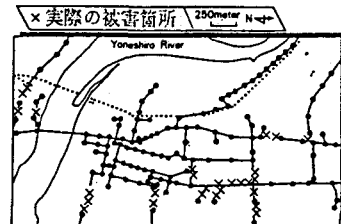


図-6 実際に発生した被害箇所

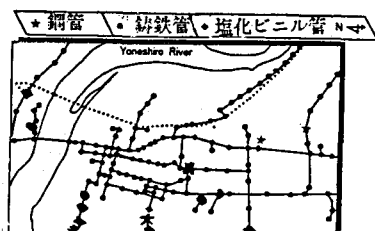


図-7 シミュレーション結果