

電気通信管路の耐震診断エキスパートシステム

神戸大学工学部 正 員 高田 至郎
(株)熊谷組 正 員○原田 和明

1. はじめに 電気通信の多様化、高度化に伴い、社会・経済活動の電気通信サービスに対する依存度がますます大きくなる現状では、情報通信の途絶はきわめて甚大な社会的影響を及ぼすことが予想される。このため電気通信設備の中でも地下設備（管路、ケーブル）の地震時信頼性を評価し、検討することは重要である。

そこで、筆者らは、地下ケーブルを含めた電気通信管路の地震時信頼性を評価する目的で耐震診断エキスパート・システムの構築を図った。ここでは、構築ツールOPS83¹⁾を用いたシステムの結果について報告する。

2. 地下設備の耐震診断評価法 まず、本システムの特徴として以下の点が挙げられる。

- (1) 管路の応答計算に2次元非線形地震応答解析プログラム（ERAUL：EARTH QUAKE RESPONSE ANALYSIS OF UNDERGROUND LIFELINES）を用いている。
- (2) 管路のデータ（寸法、強度特性、継手特性など）およびケーブルのデータをあらかじめデータベースとして格納している。
- (3) 診断を行う地震時外力は、(Ⅰ)地震波動、(Ⅱ)軟弱粘性土地盤の沈下、(Ⅲ)地割れ、(Ⅳ)液状化による浮上、(Ⅴ)液状化による沈下、(Ⅵ)側方流動としている。
- (4) ケーブルの耐震診断は、管路部の耐震診断の結果、被害が発生する箇所に対して、その管路種別、外力別およびその管路に収容されている地下ケーブルの種類別に耐震診断を行う。次に本システムの概要フローを図1に示す。

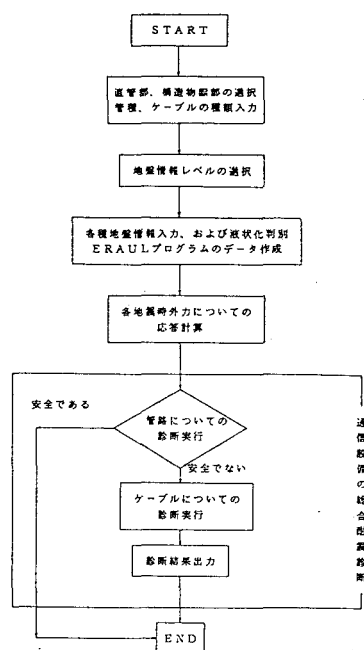
2. 1. 管路部の耐震診断評価法

(1) 地盤情報レベルの選択 地盤情報レベルを次の2つの内から選択する。

- ① 埋設地点およびその周辺の地盤に関するボーリングデータがある。
- ② ①はないが、公表の表層地質図、あるいはせん断波速度に関するデータがある。

(2) 各種地盤情報の入力 基盤の深さ、地下水位、管の埋設深さ等を入力する。また情報レベル①の場合、表層の層数、層厚、各層のN値を入力する。情報レベル②の場合、せん断波速度が入力可能ならば、各層の層数、層厚、速度を入力し、不可能ならば、質疑応答により地盤種別を決定する。

(3) 応答計算 (2)で得られた地盤情報を基に液状化判別、応答計算に必要なデータを作成し、各外力毎にERAULプログラムを用いて応答計算を行う。 図1 診断概要フロー



(4)診断実行 (3)で得られた計算結果と許容値とを比較し診断を実行する。ここで、管路が安全と診断された場合システムは終了する。

2. 2. ケーブルの耐震評価法

(1)地下ケーブルの損傷メカニズム 日本海中部地震等で発生した地下ケーブルの損傷状況から、ケーブルの損傷にいたるプロセスを次のように考えられている¹⁾。

- ① 地盤変状の発生により、管路継手部が破損し、引き抜ける。
- ② 離脱した管路の一方が軸直角方向に移動する。
- ③ 揺り戻しにより、移動した管路が軸直角方向に移動する。

以上の過程で、②ないし③の状態でケーブルが破損する。

本システムでは管路の被害パターンを以下に示す5パターンに分類している。

- A：地震波動により管路継手部で離脱し、一方が水平に移動した場合。
B：地盤沈下により管路継手部で離脱し、一方が水平に移動した後、鉛直に移動した場合。
C：液状化沈下で、小さく揺り戻しが生じた場合。
D：軟弱粘性土地盤沈下、地割れなどで、ケーブルが直角になるほど折れ曲がる場合。
E：側方流動で、ケーブルが鋭角に折れ曲がる場合。

(2)診断実行 管路部の診断の結果、被害が発生するとされた箇所に対して、管路種別、外力別、および地下ケーブル種類別に被害予測を出力する。

```
*** 液状化沈下 ***

NO. 1 = 2.157937444546e-05(cm) <-- 最大継手伸縮量(一般部)
NO. 2 = 0.0001978472313591(rad) <-- 最大継手回転量(一般部)
NO. 3 = 0.1176648233114(kgf/cm2) <-- 最大管軸方向応力
NO. 4 = 5501.697670868(kgf/cm2) <-- 最大管体曲げ応力
NO. 5 = 0.0003330516213046(cm) <-- 最大継手伸縮量(ダクト口)
NO. 6 = 0.01862218653503(rad) <-- 最大継手回転量(ダクト口)
NO. 7 = 1.50883435648e-05(cm) <-- 最大継手伸縮量(MH部)
NO. 8 = 0.01404575298308(rad) <-- 最大継手回転量(MH部)

<<< 許容継手伸縮量(ダクト口)15(cm)
<<< 許容継手回転量(ダクト口)0.10472(rad)
<<< 許容管軸方向応力(MH部)1.3(cm)
<<< 許容管体曲げ応力(MH部)0.10472(rad)
<<< 許容継手伸縮量(一般部)1.3(cm)
<<< 許容継手回転量(一般部)0.10472(rad)
<<<< 許容管体曲げ応力3500(kgf/cm2)

<<<< 埋設地盤の最大地盤変状量は44.03(cm)です。>>
<< 診断結果より継手は安全であると思われます。>>
<< 診断結果より管体に被害が予想されます。>>

<<<< 液状化沈下 >>>>

*** ケーブルの診断結果 ***
*****
*** 管路に被害が予想されますので引き抜き ***
*** ケーブルの診断を行いません。 ***
*** 確認 *** y or n y
*****
*** ケーブルの偏平が予想されます。また、揺り戻しが ***
*** 生じた場合、心線に異常は見られませんがケーブル ***
*** の折れ曲がり が予想されます。 ***
```

図2 管路およびケーブルの診断結果

3. おわりに エキスパートシステムにおいて信頼性の高い決定(診断結果)を提供することはシステムの基本的な要素である。本システムで取り扱っている地盤情報、地震外力の設定、許容値などに不確定要因も数多いが、エキスパートシステムに人間のエキスパート以上の総合診断能力を期待するのは無理であり、本システムの現状性能による診断結果を地震時信頼性を判断するための参考資料と定義すれば、実際の現場に熟練の経験者が少ないという事実とあわせて、本システムはエキスパートシステムとしての使用性を有するといえる。

参考文献

- 1) (財)地震予知総合研究振興会：地下構造物の地盤変状に関する調査研究、1987.10.