

I-605

1983年日本海中部地震による通信用ケーブル保護管の被害分析

NTT 正員 八木高司

NTT 橋爪忠勝

NKK 正員 鈴木信久

1 はじめに 地震時におけるライフライン通信システムの安全性確保と機能維持は、防災対策上重要な課題となっており、あらゆる角度から検討が進められている^{1,2)}。そのような耐震検討課題の一つとして本文では、1983年日本海中部地震によって発生した通信用ケーブル保護鋼管の被害原因を、強度試験、再現実験を行って、分析した結果を報告する。

2 被害の概要 写真1に示す保護管の地震被害は、能代市内で発生したもので、ねじ接合のソケットを中心に回転し、クランク状の曲げ変形が発生している。保護管の外径は89.1mm、管厚4.2mmで、ソケットの全長が12cmである。写真ではソケットの剛性の方が管体よりも高いため、ソケットはほとんど変形せず、保護管本体の一方は断面が閉塞するように曲げられており、もう一方はねじ山が塑性変形して滑ったため開口している。このような地震被害が発生した可能性として、①軸圧縮力による局所的な破壊、②直線管路の長柱座屈、③管に隣接した埋設構造物による変形、が想定される。しかし被害地点における掘削調査の結果、③の存在は確認されていないため、①または②が被害の原因と考えられる。

3 保護管の強度実験 試験土槽における再現実験に先行して行った、ねじ継手の圧縮試験で得られた荷重～変位曲線を図1に示す。降伏荷重は約20tonf、最大荷重は26.7tonfである。また各荷重に対応する保護管の応力とひずみは、それぞれ1785kgf/cm²(0.085%)および2330kgf/cm²(0.111%)である。

4 埋設状態における被害の再現実験 継手部分の被害を再現するため、図2のように試験土槽内にケーブル保護管を埋設し、軸圧縮力を与えて変形させた。地盤のばね特性の影響を調べるため、実験地盤は固い状態(Case H/N=17~21)と柔らかい状態(Case S/N=4~5)とした。また、埋設した短管を鉛直に引き上げて地盤のばね特性を求めた結果を図3に示すが、Case Hで $k=29.3\text{kgf/cm}^3$ 、Case Sで $k=7.0\text{kgf/cm}^3$ であった。

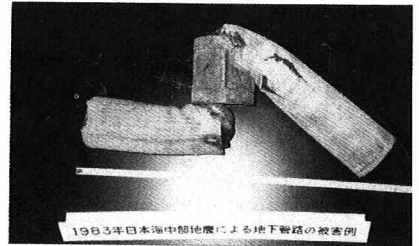


写真1 ケーブル保護管の被害事例

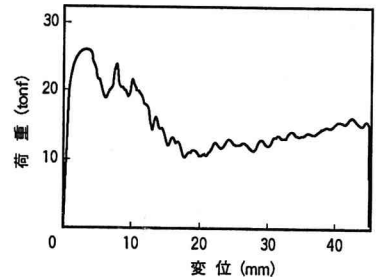


図1 ねじ継手の荷重～変位曲線

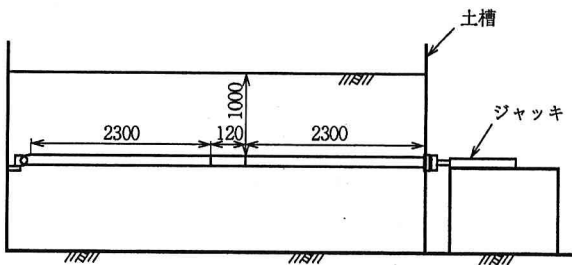


図2 土槽内における被害の再現実験概要

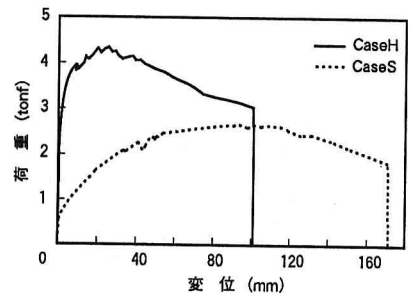


図3 鉛直上方への管と地盤のばね特性

再現実験で得られた荷重～変位量の関係を図4に示す。最大荷重はCaseHで23tonf、CaseSで21tonfとほぼ同様で、変形の初期段階における比例係数も、CaseHで49.8tonf/cm、CaseSで40.5tonf/cmとなっており、図2に示したばね特性ほどの大きな差は認められない。掘削した供試体のねじ継手の変形状況を写真2に示す。このように、ねじ部分の変形は実際の被害と非常に良く類似していることが分かる。また継手に接続した約1mの保護管は継手の回転変形に伴って曲げられ、塑性変形が残留している。このため、被害発生地点でも地盤のばね特性は、少なくともCaseSと同程度以上であったものと推測される。

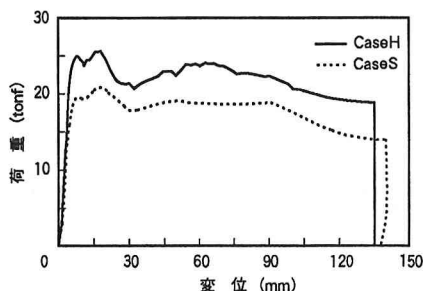


図4 再現実験の荷重～変位曲線

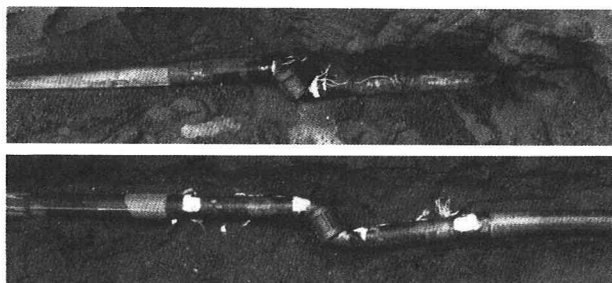


写真2 試験後の供試体(上;CaseH、下;CaseS)

5 被害分析 被害を受けた管路に沿った地盤の永久変位分布を図5に示すが、永久変位は全長約250mにわたってほぼ線形に変化しているものとみなすことができる。したがって被害地点における地盤の永久ひずみは約0.35%であったものと推定される。このような場合、継手部の軸方向自由度を無視すると、地盤の永久ひずみと管路のひずみは等しくなる³⁾。また前述のように、継手が最大荷重に達した時、保護管のひずみは約0.11%であるため、地盤の永久ひずみが0.35%に達する以前に継手部には過大な軸ひずみが発生していたことになる。したがって保護管の継手部に写真1のような被害が発生した状況が説明できる。

一方、弾性支床にある無限長の真直ぐな弾性梁が軸力によって長柱座屈する場合、基礎微分方程式は(1)式で表され、座屈波長Lと座屈荷重Nはそれぞれ(2)(3)式で与えられる。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + N \frac{d^2 y}{dx^2} + kDy = 0 \quad (1)$$

$$L = \frac{1.414\pi}{\beta} D^{1/4} \quad (2) \quad N = \frac{4EI\beta^2}{D^{1/2}} \quad (3)$$

ここに $\beta = (kD/4EI)^{1/4}$ 。したがって、CaseHでは $L=3.34$ m, $N=150$ tonf、CaseSでは $L=4.8$ m, $N=73$ tonfとなる。

見かけのひずみはそれぞれ0.64%と0.31%であり、弾性限界を超えている。しかし何れも、継手部の破壊ひずみ0.11%を上回る値となっており、長柱モードの座屈の可能性は否定される。

6 まとめ 日本海中部地震によって発生した埋設ケーブル保護管の地震被害を、土槽内で再現した。当初、この震害は長柱モードの座屈によるものと考えていたが、ねじ継手の圧縮強度が管体の座屈強度よりも低いため、ねじ継手の圧潰が先行したものと考えられる。また、保護管には曲げによる塑性変形が発生していることから、被害地点近傍では液状化にともなう永久変位が発生していながらも、ケーブル保護管が埋設されていた深さにおける地盤のばね特性は、再現実験($N=4\sim5$)と同程度以上であったものと考えられる。

参考文献

- 1) 鈴木崇伸, 八木高司, 広藤正雄: '通信用埋設管被害の構造解析による検証', 土木学会第45回年講, Vol.1.
- 2) 八木高司, 高田至郎, 服部浩明, 他: '舗装下マンホールの液状化対策に関する研究', 第8回日本地震工学シンポジウム.
- 3) 鈴木信久, 浜田政則: '埋設管の地震被害と管路網の変形特性', 構造工学論文集, Vol.37A, 1991.

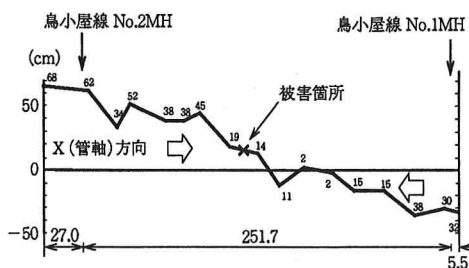


図5 管路に沿った地盤の永久変位分布