

松代地震による地中電線路埋設コンクリート管の地震応答観測結果

電力中央研究所 正員 ○松井 家彦
 高橋 忠
 中部電力 K.K. 松野 久吉
 正員 長谷川 幸雄

1. まえがき 昭和40年8月より始まった松代群発地震はさきわめて長期にわたり、震源こそ周辺地域に移ったとはいえいまだに散発的に地震が発生している。本研究は、このようを機会に中部電力北信変電所構内で行われた一連の研究の一部を成すものである。

ここにとり上げた地中電線路埋設コンクリート管(以後コンクリート管と略称する)は、現在大都市送電に使用されているもので、わが国の電力需要の急激な増大に伴いその重要性は更に高まっている。しかし過去のいくたの例をみると、大地震により地上構造物の被害はもとより、地中構造物も大きな被害を受けていることから考えても、コンクリート管の地震時挙動および耐震設計上の要点をつかんでおく必要があった。

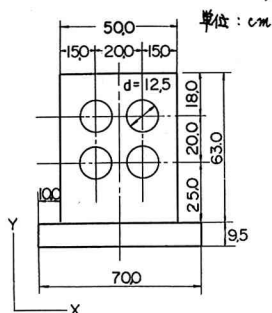
2. 目的および内容 このコンクリート管は、図2・1に示すように内径12.5cmのアスベスト管4本をコンクリートで巻きだてたものであるが材料的に曲げ・引張りに対して弱い欠点をもっている。

そこでコンクリート管路に生ずる変形・応力および管と地盤との成す振動系の挙動を調べ、将来の耐震設計上の資料とする目的で、地震観測と起振実験とを行なった。これは次のわらいとむいたものである。

- i) 管路に生ずるヒズミ(応力)と変形、とくにマンホール(以後MHと略記する)と管路との継手部に生ずるヒズミ(応力)を測定し継手部における応力集中の度合を調べる。
- ii) 管路各部の地盤反力分布を調べる。
- iii) 管剛性の差により生ずる応力分布の差を埋設鋼管と対比して求める。

さて、変電所構内に設置されたコンクリート管は、埋設鋼管と平行に通常中部電力で行われていた施工法に従って埋設されたが、その長さはMHをはずんで30mと10mであり、MHの外形寸法は、巾170cm、高さ300cm、長さ410cmである。(配置図は講演題目"1"参照)

この管路およびMHには次のようを計器を配



断面積

$$A = 3.324 \text{ cm}^2$$

断面二次モーメント

$$I_{yy} = 8.74 \times 10^3 \text{ cm}^4$$

$$I_{xx} = 10.80 \times 10^5 \text{ cm}^4$$

図2・1 コンクリート管断面図

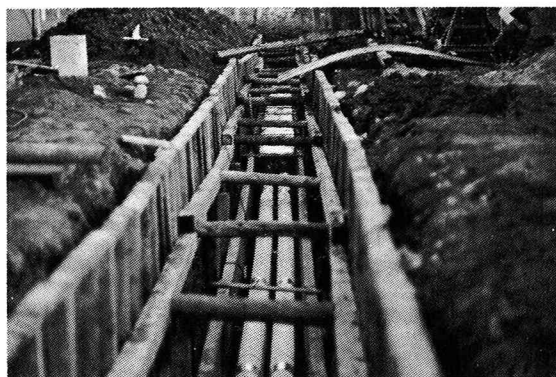


写真2・1 コンクリート管敷設状況

置した。

- i) カールソン型ヒズミ計 (23点) : 管路各部のヒズミを測定し、管路の応力、変形状況を把握する。とくに継手部の応力状況を知るためにこの部分に重点的に配置を行った。
- ii) 抵抗線型土圧計 (14点) : 管路各部の土圧 (地盤反力) を測定し、管路の変形を検討する。
- iii) 抵抗線型加速度計 (10点) : 管路各部および地盤における加速度を測定する。
- iv) 可動線輪型地震計 (5点) : 管路上に10 mおきに配置し、管の相対変位を測定する。

v) 電磁式変位計 (2点) : MHの変位を測定する。これら計器はヒズミ増中巻または変換巻を通じて記録巻に導き、主に管路とMHとの継手部分近に重点をおいて測定を行った。

起振実験は2級に分け、主としてMHから備心重錘を3種かえて管軸方向 (S'N') およびこれと直角方向 (E'W') に水平起振を行った。使用した起振機の起振力は表2.1に示す通りである。

また使用したコンクリートの枚令28日における試験結果を表2.2に、管路を敷設した構内の地盤条件をスウェーデン貫入試験の結果として図2.2に示したが、この測点番号および地盤の柱状図については、講演題目「1」を参照されたい。なおこれに付随して、えられた結果を検討するために、構内の2ヶ所で静的、動的の地盤反力係数の測定も併せて行った。

3. 結果 地震観測は41年10月中旬より42年3月中旬まで継続して行われ、その間適時起振実験を行った。以下に管路とMHとの継手部分に重点をおいて測定結果を述べることにする。

i) 図3.1は地動およびMHにおける加速度記録の一例である。この場合地動用加速度計はMHと直角方向にMH中心から5 mは離れた地表面に設置されていた。図3.1によれば、水平動 (E'W') 上下動 (UD) とほぼ同一の位相を示しており、少なくともMHから5 m以内の地盤とMHとはほぼ1:1の対応を示している。

ii) 管路上面およびMH上面に設置された可動線輪型地震計の記録によれば、地震時にはこの位相から主要動に対してMHが先に動き出し、それに起因されて変形がある位相をもつて管路末端に伝わっていく場合が多いように考えられる。しかしこれと同じ傾向の現象が地動観測記録にも認められるのは、この種地盤条件でもこのような現象が起りうるのか、また地盤性状の影響によるものか明らか

タテ型起振機		平型起振機	
W ₀ (備心重錘0)	約 2 ton	W ₀ (備心重錘元)	約 16 ton
W ₁ (20°)	11 ton	W ₁ (1級)	28 ton
W ₂ (100°)	42 ton	W ₂ (2級)	39 ton

表2.1 起振機の10 c.p.s.の時の起振力

圧縮強度	281.6 kg/cm ²	湿潤密度	2,358 kg/m ³
ヤング率	3.1 × 10 ⁵ kg/cm ²	乾燥密度	2,340 kg/m ³
ポアソン比	0.33		

表2.2 コンクリートの試験結果 (枚令28日)

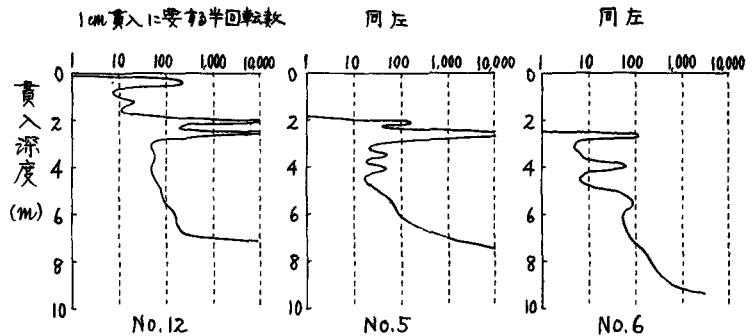


図2.2 スウェーデン貫入試験結果

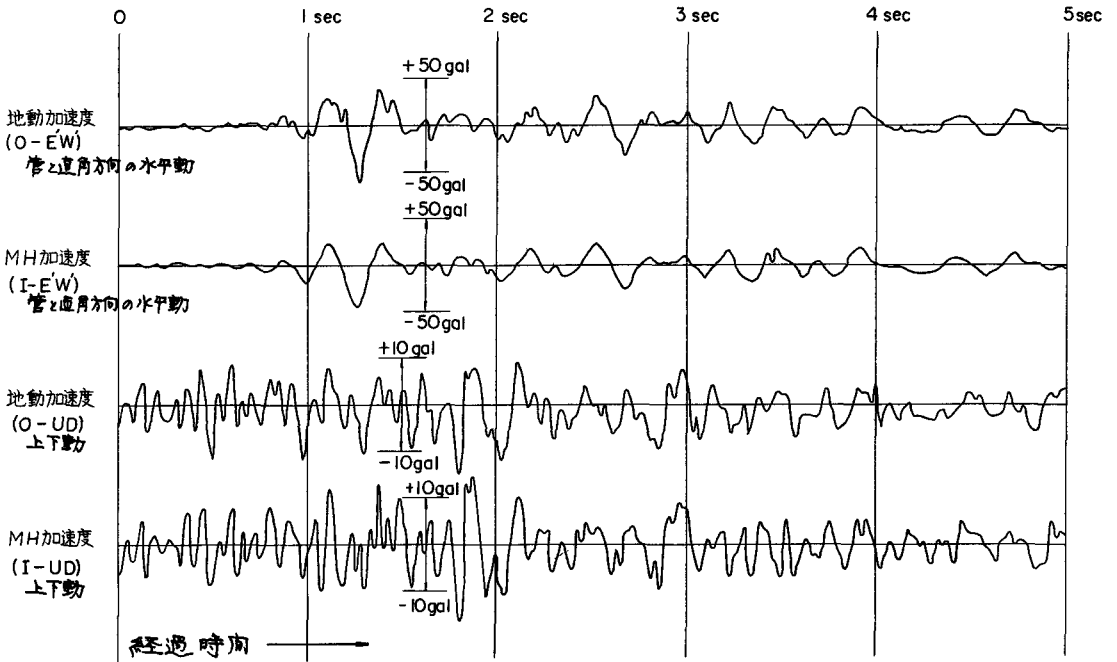


図3-1 地震記録の一例 (昭和42年3月2日3時14分の記録)

ではない。(講演題目"1"参照)

Ⅲ) 地震時には、加速度振中・変位振中ともに大きな応力の到達と同時に大きなヒズミが管路に生じ、それも加速度振中の大きいほど大きい。

図3-2は地動の上下(UD)および水平(EW)加速度に対する継手付近のヒズミの関係を表したものである(CK-13は継手部、CK-16は継手部から15mはなれている)。これによれば加速度に対して継手付近に生ずるヒズミはある上限をもつと考えられる。

Ⅳ) 地震時に生ずるヒズミと管路全体についてみると、図3-3にみられるように継手付近に多く大きなヒズミを生じており、この部分からはなれると生ずるヒズミは小さくなっていく。後述するように、継手部では軸応力に対して曲げ応力が支配的であり、この部分に大きな曲げモーメントを生じている。

Ⅴ) 図3-4は、主要動が始まってから0.5秒間の継手付近に生ずる曲げ応力・軸応力と経過時間との関係を表したものである。これによれば継手部では軸応力に対して曲げ応力が大きな要素と

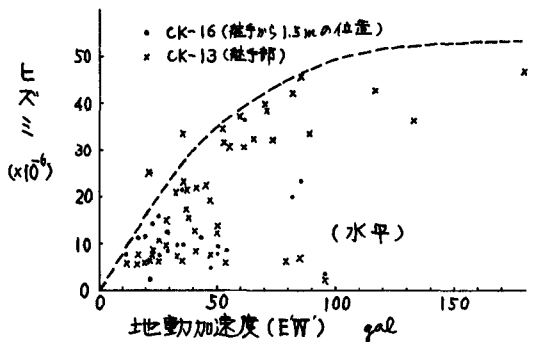
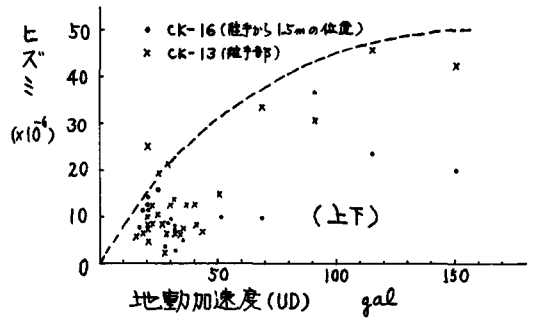


図3-2 地動加速度と継手付近のヒズミ

占めているのに反して、継手部から3m離れた位置ではこの逆の傾向にあることがわかる。

vi) 起振実験では、起振力の小さい Ω_1 のとき管路に生ずるヒズミは小さいが、その分布は地震時や起振力の大きき Ω_2 の場合と異なり、ヒズミ比(CK-16における測定値を1として他の部分での測定値とこれに対する比として表わしたものを)の分布は図3.5に示したように管路中央部でもかなり大きい。しかし起振力の大きき Ω_2 の起振実験時には、ヒズミは継手部に集中し、図3.3の地震時のヒズミ分布にやよ近くする。

vii) おお起振実験により管路系の固有振動数と求めようと試みたが、測定を行なった4~15 cpsの振動数範囲には存在しなことがわかった。

viii) ヒズミの大きき地震に対してコンクリート管と埋設鋼管とに生ずる応力を比較すると、ある地震において応力の最大値は、コンクリート管の継手部で約15

kg/cm^2 、継手部からの影響が小さい管路途中で約5 kg/cm^2 であり、埋設鋼管の場合には管路途中において約160 kg/cm^2 の応力と生じていた。なおこの場合の地震加速度はおおよそ120 galであった。(講演題目"8"参照)

4. おおび これらの測定を通じて、埋設コンクリート管が周辺地盤の影響を受ける度合いが大きいこと、管とMHとの継手部に大きき曲げ応力が集中していること、地震時に生ずる応力はコンクリート管の場合に埋設鋼管の約1/10程度であったことなどがわかったが、まだ十分にデータの整理ができていない段階であるので、今後更にデータに検討を加えめるとともに、周辺地盤の影響を考慮した応答計算法を確立してこの内題の一般化に努めたい。末筆ながら、御懇切なる御指導・御協力をいただいた中部電力・東海電工・電力中央研究所の多くの方々に深甚なる謝意を表したい。

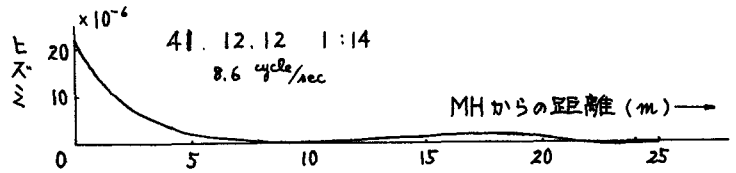


図3.3 地震時のヒズミ分布(瞬時値)

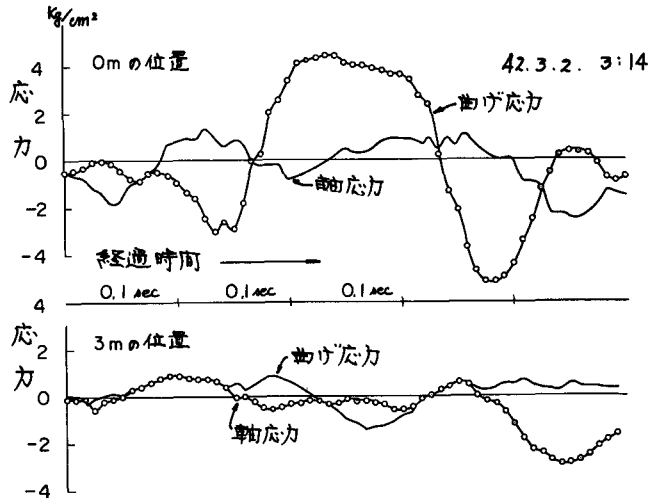


図3.4 地震時の継手付近応力と時間経過

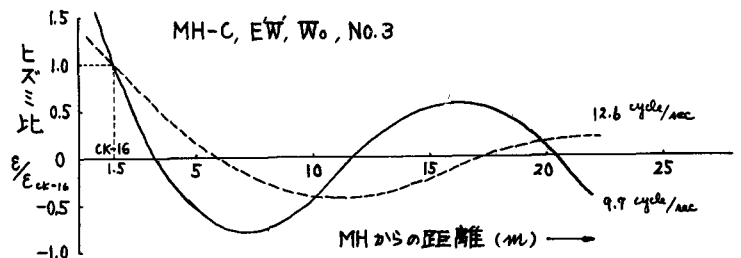


図3.5 起振実験時のヒズミ比分布(瞬時値)