

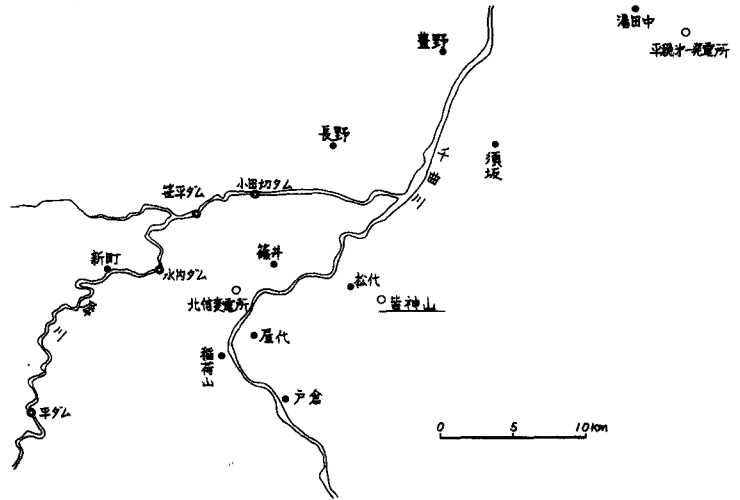
松代地震における一、二の地盤震動観測結果

電力中央研究所 正員 ○ 高橋 忠
 " " 堤 一
 " " 桜井 彰雄

1 まえがき

昭和 40 年 8 月 3 日より長野県松代町付近を中心として群発した松代地震は、短期間に多くの有感地震が期待できるため、基礎地盤を含めた各種構造物の実物大の対象について、実際の地震入力に対する応答が観測されるので、単に地震学のみならず地震工学の研究についても多くの結果が期待できる。そこで電力中央研究所耐震研究室では、当所の各研究室、及び東京電力株式会社、中部電力株式会社と共同して、ダム・サージタンク・変電所建屋・埋設管路・各種基礎による建屋模型などの電力施設の耐震研究、及び 154KV ケーブルヘッド、架線張力等電力機器の耐震研究を昭和 40 年 10 月より実施して現在に致っている。これらの結果の一部は、本誌巻会の題目 (7) (8) (9) (10) (17) (21) で報告されるが、これら各種の研究の基礎として実施した北信地方における一、二の地盤震動観測結果について報告する。

第 1 図



2. 目的と内容

地震工学上、地盤震動に関する主要な問題は、経過する地盤の性質、距離による地震動の変化にある。これらについては、すでに多くの研究があるが、松代地震に或る期間震源が集中しており、また主に実験を行った北信変電所に対しては震源が真東より真南に移るほどのことが見られたので、

同一震源域、及び震源方向の変化における観測度の地震動の現れ方に注目して地盤震動の観測を行ったのである。

実施した内容は、(1) 同質の基礎(岩盤)上での三地震同時観測 (2) 岩盤及び軟質地盤上での同時観測 (3) 軟質地盤上で異なる地層における二地震同時観測 (4) その地下深度別地震観測 (5) 軟質地盤上における地震動の平面分布観測 などである。

観測地は、岩盤上の測点として小田切ダム、平中ダム、水内ダム、平中ダム付近の基礎岩盤を選び、軟質地盤として北信変電所構内に測点を設けた。(図1、図2)。北信変電所構内は、表層は粘土シルト、礫石などの互層で 10m ~ 14m 付近でこの地塊の支持層とされる砂礫層に、22m 付近で泥岩層に連する(図3)。

観測には電磁型の換振器を用い、増中器を用いた直結型のものを使用した。また、深度別観測には新に開発した電磁・直結型の換振器によって加速度を測定した。

また、弾性波速度試験、常時微動測定、起振実験による地盤振動測定を伴用してその解明の一助とした。(講演題目(21)参照)。

3. 結果

得られた記録は膨大な量に達し、地震の数も恐らく千単位の量に及ぶ。これらについて十分検討を加えた結果とは云い難い。現在までに得られた結果を要約すれば、以下の事か云い得よう。

3.1 三英観測

(1) 松代町象山における加速度記録(東京大学地震研究所の所好倉による)と延平ダム(象山より西北西14km)、小田切ダム(北面10km)における同一地震の記録をその最大値について比較すると、延平ダムではE-W、S-N方向共10~20%程度であり、周期との関係を見ると延平ダムにおいて $T = 0.1 \sim 0.15$ 秒では10%程度であるが、 $T = 0.2 \sim 0.26$ 秒では、20%程度の振中を示す。小田切ダムでは、記録数は少ないが、E-W方向で象山の30~50%程度であるが、S-N方向では10~20%である(換振器は象山測候に合せ石本式地震計を使用した)

(2) ダムのある岩盤地帯の加速度記録についてその周期-頻度曲線を作ると、小田切ダム地帯を除いて、0.1~0.2秒付近の周期が卓越している。なお、水内ダム地帯における常時微動観測によれば0.09秒および、0.25秒である。小田切ダムでは比較的平坦になる。北信変電所構内における地下、

-30.0mの加速度記録では、ランダム性を増し、0.05秒~0.1秒付近に山を持つさらに平坦な曲線を示す。変位記録について周期-頻度曲線を作ると小田切ダムでは0.4秒と0.75秒、水内ダムでは0.45秒と0.8秒、平ダムでは0.65秒と1.05秒に山あり、震源より遠くなる程卓越する周期が大きくなる傾向が見られる。(図4)

(3) 岩盤地帯では、上下成分は水平成分と同程度の加速度振中を持つが、軟弱な地帯ではこ

図2. 北信変電所構内

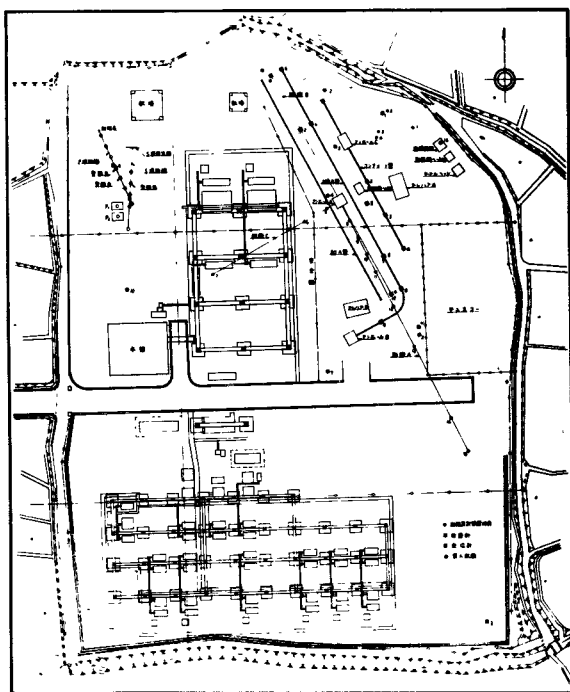
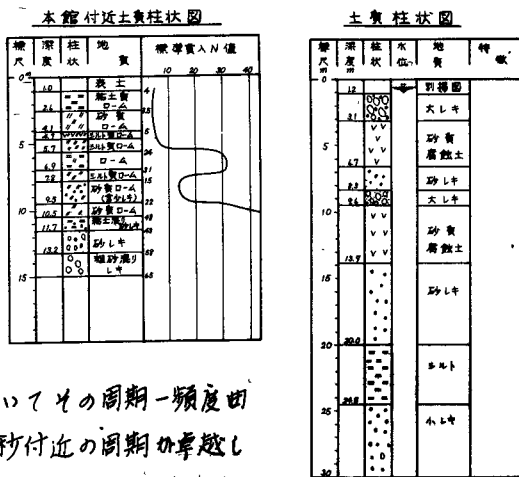


図3. 土質柱状図



れは、あまり多くはない。また、N-S成分とE-W成分とでは最大振幅について方向性を示す。

(4) 小田切ダム の測震は川心にあり、他はダムクレスト付近の岩盤にあることを考えると、岩盤地帯での地形の影響が考えられる。小田切ダム記録は、いわゆる基盤における地震動に似て来ると考えられ、北信変電所構内地下-20.0mの記録に近いが、0.1秒以下の短周期成分は減衰している。

3.2 深度分布

北信変電所構内において地層構造の異なる二英において、地表、-2.0m、-10.0m、-20.0m、および、地表、-5.0m、-11.0mにおける加速度記録を得た。

(1) 周期-頻度曲線、又はパワー-スペクトル密度曲線によれば地下-20.0mでは地震によって0.1秒、0.2秒、0.3秒付近に卓越した山を示す外、一般に平坦な一ラニタムは一横向を示す。地下-10.0mでは0.15秒、0.2秒、0.35秒、0.7秒付近に山をもち、地下-2.0mでは0.25秒が卓越するが地震については0.15秒、0.7秒付近に山をもち、地表では0.15秒、0.25秒、0.35秒が卓越する。

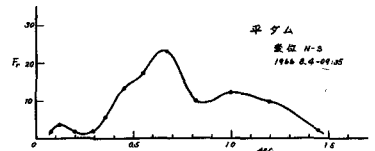
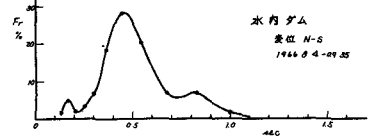
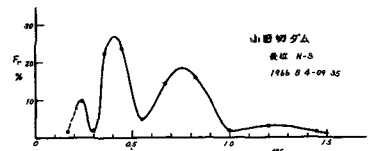
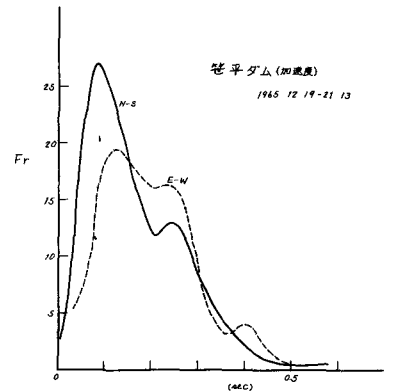
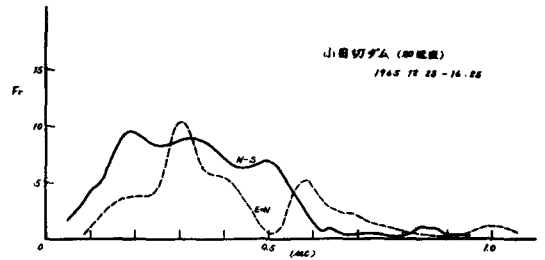
(2) 北信変電所構内における常時観測記録によれば、-20.0mで0.14秒、-10.0mで0.1秒、0.2秒、0.26秒、-2.0mで0.36秒、地表では場所によって異なるが0.7秒、0.26秒、0.36秒である。これは、地震記録によるものとよく一致する。

(3) この地英における顕著な層は-1.2~-2.1m、-6.7~-9.6m、-13.9~-20.0mにおける砂礫層および-42.0mの泥岩層である。弾性波速度試験によれば、S波速度は地表部で120m/sec、砂礫層で300m/sec程度である。多重反射理論によれば周期Tは、 $T = 4H/v$ で示されるが、上記の地層に対応する周期は計算値に相当するものが見出され、多重反射理論で大体説明できる。地表における加速度記録より地下の加速度を計算した例を講義題目(7)に例示した外、この例では比較的観測値とよく一致している。しかし、地震によっては必ずしもこの様によい一致を示さない例もある。

3.3 平面分布

地表120m間の測線上に地震計を配置し、地震動の平面分布、Wave Front などを調らべた。未だ解析途上であるが、120m間であってもWave Front は直線的でない例が多いことは興味ある結果が得られている。これらの記録と、地層構造、弾性波速度、常時観測記録などの関係については目下調査中である。

図4 周期-頻度曲線



4. 結語

以上の例を見ると、岩盤地帯でも地形的と考えられる影響があり、軟弱地帯では多重反射理論でよく説明つけられる特性を示すが、最大振中の時の周期は地震によって異なるほどの不明な点も多々ある。また同一地帯100m間でも地震動は異なることなど、今後の地震工学上の目的の地震動観測には特に注意すべき事と思われる。

図5 パワースペクトル密度

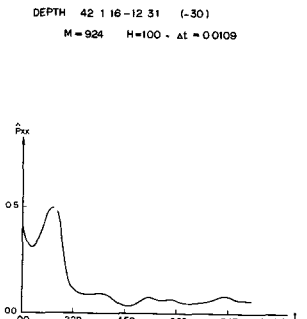
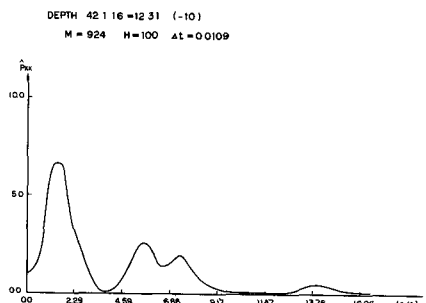
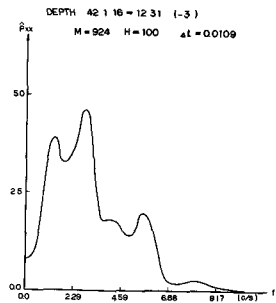
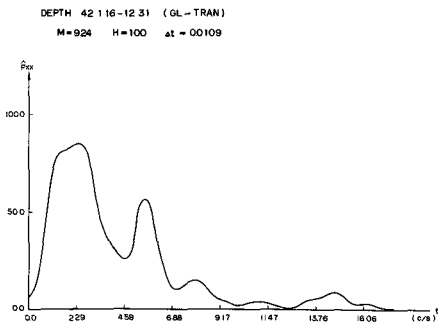


図7 地表多点観測

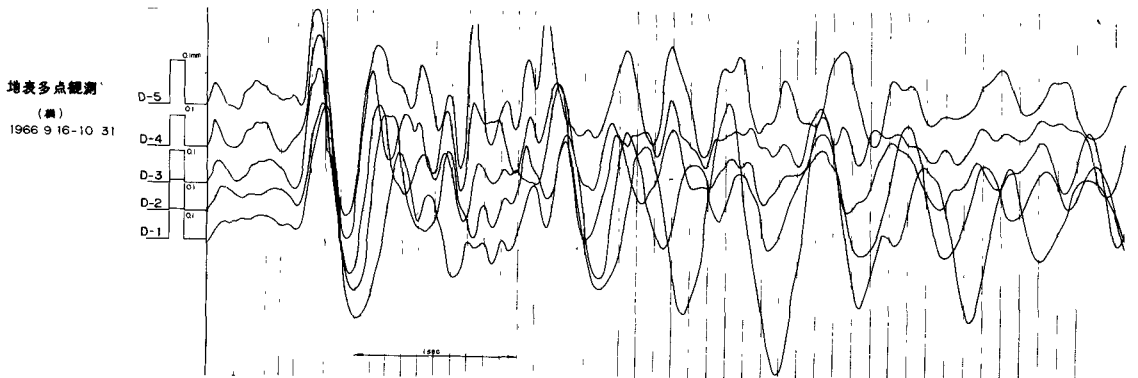


図6 地盤の変形

各地震による地盤変形(軸方向)

