

北電産業(株)取締役土木部長 正会員 稲松敏夫

北陸電力(株)能登幹線建設所土木課長 森田 武

北電産業(株)土木部主任

天谷道夫

○伴 明満

1. まえがき

この調査は、能登半島にある邑知潟地溝帯と呼ばれる超軟弱地盤に送電鉄塔を建設するにあたり、その基礎の耐震性をチェックするために実施されたものである。

2. 地盤と基礎

邑知潟地溝帯は北は眉丈山、南は石動山にはさまれた極めて軟弱な低地帯で、支持層まで30~60mにも達する。調査地点のボーリング柱状図を図-1に示すが、表層から-20m位まではN値0の軟弱な粘土層で、それから-30m位まではN値5前後の腐植土、シルト粘土層である。さらにN値50以上の砂礫層が続き、その下に10m位の粘土層をはさんで支持層になっているN値50以上の細砂、砂礫層がある。

ここにおける基礎としては、図-2に示すように鉄塔ノ脚につき2本のリバース杭(リバースサーキュレーション工法による現場打ちコンクリート杭)を打設し、それぞれを継ぎ梁で連結したものを考えた。

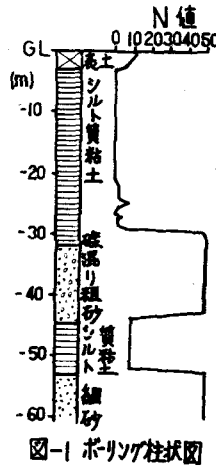


図-1 ボーリング柱状図

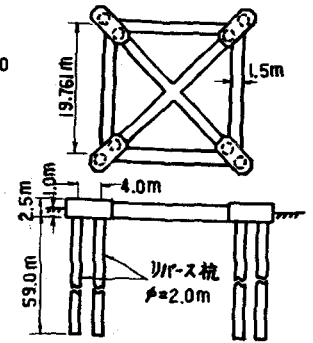


図-2 鉄塔基礎

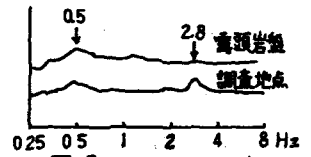


図-3 スペクトル分析

3. 調査内容とその結果

1) 地表での常時微動測定

常時微動測定は、邑知潟地溝帯の調査地点とその北約1kmの眉丈山側の露頭岩盤(風化花崗岩)上で行なった。換振器は固有周期5secのものを使用し、水平変位2成分を記録した。これらの波のスペクトル分析結果を図-3に示す。この中で、2.0sec(0.5Hz)が邑知潟地溝帯の固有周期とみられ、0.36sec(2.8Hz)は岩盤の固有周期と思われる。

変位振幅は、露頭岩盤上が0.25μ、調査地点が5μで露頭岩盤上の20倍となっている。

2) 地表での V_p , V_s 測定

地表での V_p , V_s 測定は、図-4に示すような直交する2測線で行った。換振器は固有周期1/secのものを使用し、DC~25Hzまでの速度波形を記録した。S波は大型ダンパを載せた板を水平に打撃して発生させ、P波は上方からボンベを斜めに落下させ発生させた。測定の結果、地表の盛土部分の V_p , V_s , V (Pアン比)



図-4 地表での V_p , V_s 測定

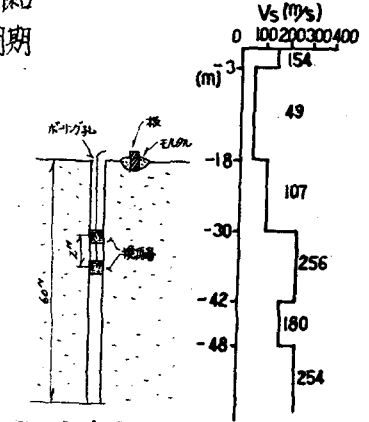


図-5 ボーリング柱状図の V_p , V_s 測定

図-6 V_s

は、それぞれ $300\%sec$ 、 $154\%sec$ 、 0.32 となった。

3) ボーリング孔内での V_p 、 V_s 測定

調査地点に深さ $60m$ のボーリングを行ない、その孔内で V_p 、 V_s を測定した。測定は図-5に示すように、地表で発生させた波を孔内の換振器で観測し、 $3m$ 間隔で $-60m$ まで行なった。S波は板をモルタルで地表に固定し、これを水平に打撃し発生させ、P波は角材を埋設し上下方向に打撃して発生させた。当地点は非常に軟弱な地盤で、このような板たたきによる波が深い所までは明瞭に伝達しないと思われたので、波形の観測にはスタッキング（重ね合わせ）という手法を用いた。この方法は同一地点の数回の観測波形を重ね合わせるもので、ランダムなノイズは相殺され必要な波形が強調されるという利点をもつものである。測定の結果、 V_s は図-6のようになった。表層付近のN値0の軟弱地盤は $V_s=50\%sec$ と非常に低速で、そのあと約 $110\%sec$ 、 $250\%sec$ 、 $180\%sec$ の層が続き、支持地盤の V_s は約 $250\%sec$ となった。 V_p は $1,600\%sec$ となったが、これはP波の水中の伝播速度が観測されたものと思われる。

4. 理論解析

今回の測定結果と以前行なわれたボーリング調査等の資料から当地点の地盤を図-7のように相定し、次の3種類の理論解析を行なった。(1)重複反射理論による解析(地盤のみ)、(2)質点系による解析(地盤のみ)、(3)有限要素法による解析(地盤のみ、地盤+杭、地盤+杭+上部荷重)。

それぞれの解析モデルと応答計算の結果を図-7に、固有周期を表-1に示す。入力波形はE-CENTRO、TAFT波を $100GAL$ に規準化したものを用い、入力地点は $-48m$ とした。

5. 考察

1) ここでモデル化された地盤の固有周期は 1.72 で、実測された実地盤の卓越周期と比較的よく一致しており、この地盤の応答解析用モデルは妥当なものと考えられる。

2) 3種類の応答解析の結果

結果、 $GL-48m$ にEL-

CENTRO、TAFT波を入力すると地表での応答倍率は約2倍になる。これは $GL-48m$ に $100GAL$ の波を入力すると、地表では約 $200GAL$ 位に増巾することを意味し、基礎構造物の設計水平震度 0.2 とはほぼ同じ値となる。尚、当地点の期待値を計算すると表-2のようになる

以上のことから、この基礎の耐震性は杭下端で $100GAL$ 入力程度において安全であると考えられる。従って、本設計の耐震強度は妥当なものと考えられる。

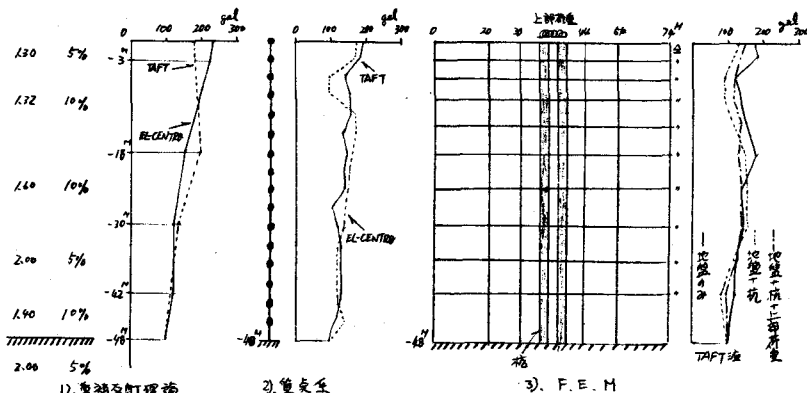


図-7 理論解析

	質点系	F.E.M		
		地盤	地盤+杭	地盤+杭+荷重
1次	1.72	1.73	1.26	1.35
2次	0.69	0.76	0.57	0.57
3次	0.47	0.56	0.52	0.52

表-1 理論解析固有周期

期待値	75年	100年	200年	400年
岡本式	639	813	124.2	1526
金井式	17.1	22.0	37.8	584

表-2 期待値 (gal)