

V-49 能代火力発電所貯炭場増設工事 地盤改良および杭打工事に伴う振動予測と実施結果について

東北電力株式会社 ○正会員 千 釜 章
東北電力株式会社 多 田 誠

1. はじめに

能代火力発電所は平成5年5月に1号機、平成6年12月に2号機(各出力60万kW)が運転開始した石炭火力発電所である。燃料に使用する石炭は海外から船で運搬され、当発電所の貯炭場へストックされるが、至近年この貯炭場の容量が不足することから、新たに60,000 tの屋外貯炭場を増設するものである。

当該地点の地層は、GL-10 m付近まで浚渫土で埋立てられたN値10以下の緩い粒径均一な細砂であり、検討の結果、地震時に液状化する危険性が高いと判断された。このため、液状化対策としてサンドコンパクションパイル工法(SCP)、各種構造物の基礎形式を杭支持(打撃工法)として計画した。このため地盤改良および杭打工事に伴い発生する振動は、隣接する構造物ならびに発電所の運転に支障を与える可能性があるため、本施工に先立ち、試験打設を行い振動データの収集を行い、それを基に振動予測を行ったものである。また、本施工中においても工事に伴う振動を常時モニタリングし、発電設備に悪影響を与えないことを確認しながら施工した。更に常時モニタリングした測定値と予測値との比較を工事終了後行ったので、併せてその結果を報告するものである。

2. 工事および振動測定の概要

(1) 振動を発生する工事の概要

液状化防止対策工：サンドコンパクションパイル(SCP) ϕ 700 mm, L=10 m, n=2,626本

基礎杭打込工：PHC杭 ϕ 350~500 mm, L=10~12 m, n=918本

(2) 振動測定の概要

試験施工時の振動測定に当っては、SCPおよびPHC杭打機各1台を発電設備から離れたところから同時に打設を開始し、設備への異常の有無を確認しながら打設を徐々に発電所側へ移動させて、解析に必要な振動レベルの測定を行った。なお、建物は一般的に上層階の振動が大きくなることが知られているが、確認の意味で1・2Fで同時に測定を行った。また、本施工に当っては振動を常時モニタリングし、発電所の運転に支障を与えないことを確認しながら施工を進めた。モニタリングは、特に電子機器が多く、振動による電子機器の誤動作が心配された3箇所の建物を対象とした。

a. 試験施工時測定箇所：地表面1測線につき4点(測定間隔25, 50, 100, 200 m)および建物(EP電気室、運炭管理室1・2F、集中管理室1・2F)×6回(SCP・PHC同時打設5回, SCP・PHC別々打設1回)

b. 本施工時測定箇所：EP電気室、運炭管理室2F、集中管理室2F(施工時常時測定)

3. 試験打設に伴う振動測定結果

表-1に試験打設時において観測された振動レベルの最大値(鉛直方向)を示す。なお、2回目はSCPとPHCを別々に打設したもので、残りの5回はSCPとPHCを同時に打設した結果である。

2回目の打設と他の5回を比較すると、SCPとPHCの同時打設が必ずしも大きな値を示していない。また、別々の打設においてSCPの方がPHCより5 dB程度大きな値を示し、同

表-1 試験打設時の振動レベル最大値(z方向) (単位: dB)

測定位置	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
25m	92.0	92.0	93.2	89.9	91.2	90.1
50m	85.9	86.5	85.9	86.2	84.8	82.9
100m	79.6	77.5	80.6	79.7	80.3	78.6
200m	76.8	75.6	74.7*	75.4	73.6	72.5
EP電気室	55.3	55.0	59.2	63.2	63.2	65.2
運炭管理室	58.1	59.5	64.7	66.4	68.3	68.4
集中管理室	54.6	55.5	61.9	59.3	60.9	62.8

※ 150mでの測定値

時打設においても測定結果のレベル波形を分析するとSCPの方が大きい値を示していることがわかった。以上のことから振動レベルは、SCPへの依存度が高いことが伺える。図-1に打設地点からの距離と振動レベルの関係を示す。この図より地表面での測線と建物の測点とは、距離減衰のカーブが若干異なっており、建物の減衰率が若干高い傾向を示している。これは、工事域内(測線 25~200 m間)は地表面での測定であるのに対して、建物では建物内の床面で測定していること、および建物の基礎形式による違いではないかと考えられる。また、工事域内のデータでは、 $(1/\text{距離})$ の割合で減衰するのにに対し、建物のデータでは、 $(1/(\text{距離})^2)$ で減衰している。このことから、工事域内では表面波が卓越しており、工事域から建物の立ち並ぶエリアに入ると表面波から実体波が主体となるためと考えられる。なお、対象建物は全て杭基礎となっている。

4. 振動予測

図-1より測線および建物の振動データ全てを使って近似関数を求めると、建物のデータ分布の上端付近を通る関数を得ることができた。試験打設時の測定結果でも述べたが、地表面の測線と建物では距離減衰カーブに若干違いがみられたが、今回本施工で問題となるのは、電子機器の入っている建物であることから、安全上大きめに予想した方が望ましいと判断し本予測式を採用した。

(1) 建物での振動予測式

$$L_z [\text{dB}] = L_0 + 44.96 - 30.19 \times \log_{10}(x)$$

ここに、 L_0 : 25 m地点の振動加速度レベル (dB)

x : 振動源からの距離 (m)

(2) 複数の杭打機が同時に稼動した場合の振動予測式

$$L_{\text{all}} = 10 \times \log_{10}(10^{(L1/10)} + 10^{(L2/10)} + \dots + 10^{(Ln/10)})$$

ここに、 $L1 \sim n$: ある測定点における振動レベル

5. 予測値と実測値との比較

図-2に実測値と予測値のクロスプロット、図-3に実測値と予測値の差を測定日ごとにプロットしたものを示す(図はEP電気室の例)。多くは実測値より予測値の方が上回っている。これは、あらかじめ安全側を考慮し、大きめの値を出すよう求めたものであったため、本予測は概ね良好だったと考える。

6. おわりに

振動レベルと震源からの距離との関係は、多くの文献に掲載されているが、ほとんどの場合、対象は人間であり人体感覚補正フィルタ等がかかっているため、今回のように対象が電子機器である場合は、単純に採用できないこと、および電子機器の振動による挙動を事前に把握しておく必要があったことから試験施工を実施し振動レベルを予測したものである。本施工においては、最大でSCPおよびPHC杭打機各2台での施工となったが、発電への影響は無いという事前の予測結果に基づき施工を進めるとともに、更なる安全を考慮し、振動に対して弱い電子機器が多数設置されている建物での振動を常時モニタリングしながら施工を進めた結果、発電所の運転に影響することなく無事完了することができた。

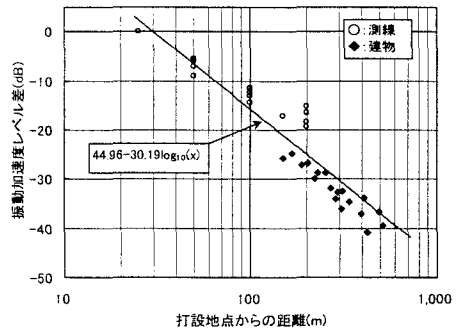


図-1 振動レベルの距離依存図

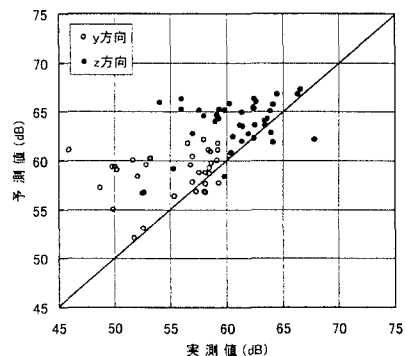


図-2 実測値 vs 予測値

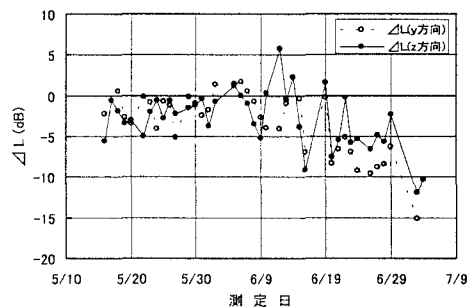


図-3 ΔL(実測値-予測値)の日変化