

III-385 能代火力発電所における液状化対策について

東北電力(株) 能代火力(発)建設所 正員 ○羽鳥明満
東北電力(株) 能代火力(発)建設所 正員 小針要吉

1. はじめに

能代火力発電所は、秋田県北西部の能代市に建設中であり、出力60万kW×3基(最終規模)の石炭専焼火力である。第1号機の建設工事は、昭和60年10月に着工し、現在発電所本館基礎工事を実施中である。発電所用地は、遠浅な海岸部に港内の海底土砂をポンプ浚渫により埋立て造成(昭和60年3月秋田県が造成)した軟弱地盤で比較的地下水位が高く、地震時に液状化のおそれのある地盤である。

発電所本館は重要な構造物であることから、事前調査にもとづき液状化対策工事を行うこととし、昨年本館基礎周辺部の液状化対策工事を動圧密工法により施工したので報告するものである。

2. 埋立て地盤の事前調査と液状化の検討

(1) 事前調査結果

埋め立て層厚は、平均約10mであり、埋め立て層の土質は、図-1の粒度分布曲線のようにかなり均一であり、平均粒径 $D_{50}=0.15\sim0.20\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=4\sim14\%$ 、均等係数 $U_c<5$ という微細砂を主体とした細砂である。また、図-2に示すように埋め立て層下部(EL-5.00m付近)には、シルトおよび細粒分の多い層が薄く介在している。N値は、埋め立て層全層で5程度であり地下水位はEL+1.70m(GL-2.30m)と比較的高くなっている。

なお、埋め立て層以深の在来地盤は、N値 >20 のよく締まった砂質地盤である。

(2) 液状化の検討

土質調査の結果、埋め立て層は液状化が懸念されることから簡易判定式による液状化の検討を行なった。簡易判定式はいくつかの手法が提案されており種々の提案式で検討を行ったが、最終的には国生らの提案式により判定した。その結果、図-2のように埋め立て層は液状化抵抗率 $F_{el}<1.0$ となり液状化しやすい地盤であると判定された。

3. 対策工の検討

(1) 改良範囲と目標N値

本館基礎はラフト基礎とし、その桁高は6.00m~8.00mとなるので本館基礎底部は基礎処理を施すこととし、本館周辺部は埋め立て地盤のままとなるので主働および受働崩壊角を考慮して外周部18mを改良することとした。改良層はEL+2.00m~-6.00m、改良目標N値は $F_{el}>1.0$ となるN値 ≥ 15 とした。

(2) 工法選定と施工仕様

砂地盤の改良工法は種々あるが、当火力の場合は経済性・施工性等を総合的に検討した結果、動圧密工法を採用した。施工仕様は、各種の試験施工結果にもとづき次のように設定した。

- | | |
|-------------|------------|
| a. ハンマー重量 | W=20t |
| b. ハンマー落下高 | H=25m |
| c. 打撃回数 | Nb=35回 |
| d. 打撃点間隔と配置 | 6.36m正方形配置 |
| e. 施工基面 | EL+2.00m |
| f. 施工時低下水位 | EL±0.00m以下 |

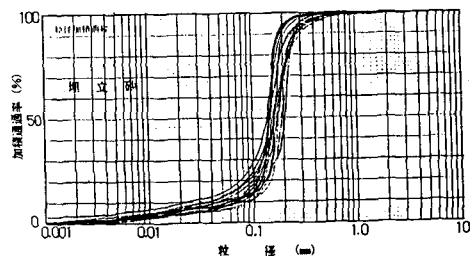


図-1 粒度分布曲線

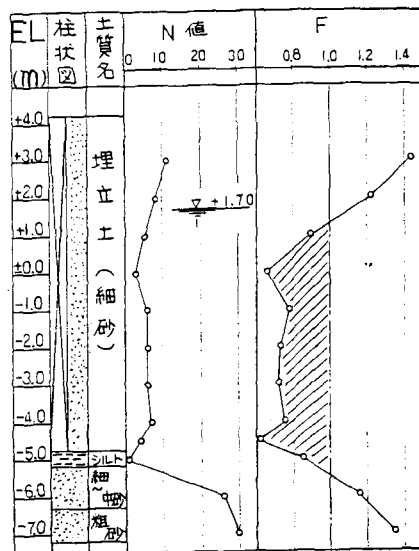


図-2 土質柱状図と液状化抵抗率

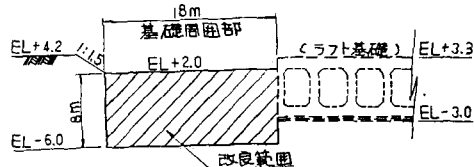


図-3 発電所本館基礎と地盤改良範囲

4. 動圧密工の施工

(1) 施工方法

施工方法は図-4のとおりであり、打撃については、間引き水圧の上昇による打撃効果の低下および施工性を考慮し図-5のとおり2シリーズ分割施工とした。

(2) 技術管理

技術管理のうち品質管理は、改良地盤の均一化と改良目標値達成を目的とし、地表面計測（沈下土量測定）、土質調査・試験を行った。また、環境保全管理として騒音・振動測定を行った。

5. 改良効果の検討

(1) 改良効果の確認調査方法

改良確認調査は、標準貫入試験（N値）とN値と同等の値が得られるオートマチックラムサ운드（Nd値）を実施し、4打撃点の間および打撃点直下について調査した。

(2) 調査結果と評価

改良後の調査結果は図-6のとおりであり、調査地点によるバラツキあるいは4打撃点中間と打撃点直下による差はあるが、表層部と埋め立て層の下部の一部を除き全域ではばN値 ≥ 15 が得られた。

N < 15 の部分については次のように判断し、地盤全体としては液状化しない地盤に改良されたものと評価できる。

a. 表層部は、4打撃点中間および直下ともに締め固め程度が悪いが、この部分は液状化しないための必要最小N値が低く埋め戻し時の転圧により処理できる（試験施工で確認済）。

b. 埋め立て層の下部にはシルト層や細粒分の多い層が薄く介在しており改良N値が低い部分がみられたが、この部分はサンドサンプラー（トリプルチューブ）により試料採取のうえ室内液状化試験（振動三軸試験）を行い液状化に対し安全であることを確認した。

6. あとがき

2・(2)において各種簡易判定式により液状化しない必要最小N値を算定したが、2・3の例を示すと次のようである。

a. 細砂（F_c < 5%）の部分

(a) 国生の式 N値 = 10 ~ 15

(b) 道路橋示方書の式 N値 = 10 ~ 16

b. 細粒分が多い（F_c > 20%）の部分

(a) 時松・吉見の式 N値 = 11 ~ 12

(b) 建設省土木研究所の式 N値 = 15 ~ 16

これらを総合的に勘案し地盤改良の目標N値を15と設定したものであり、室内液状化試験の結果N値 = 15程度の部分でも大きいF_ℓ値が得られていることから判断すると所期の目的は達成されたと考えられる。

最後に、本工事の調査・試験については東北大学の柳澤教授に、工事の実施および改良効果の検討にあたっては電力中央研究所の方々にご指導いただいたことについて厚くお礼申し上げる。

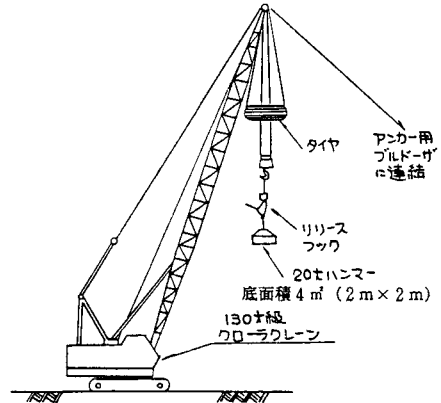


図-4 施工概要図

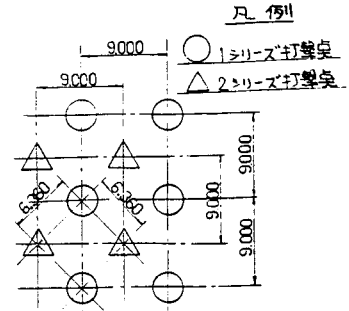
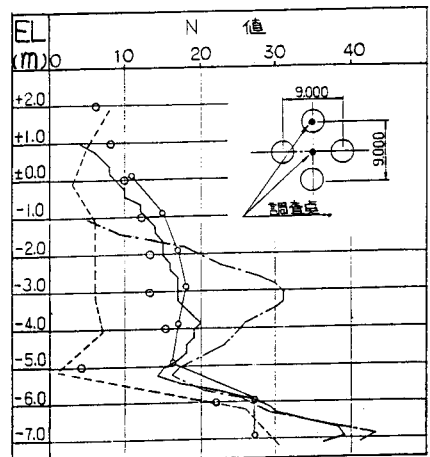


図-5 打撃点配置図



- 改良前のN値
- 改良後の打撃点中間のNd値
- 改良後の打撃点中間のN値
- 改良後の打撃点直下のNd値
- 液状化しないための必要最小N値

図-6 地盤改良後のN値