

VI-5 能代火力発電所煙突基礎締固め杭の施工について

東北電力株式会社 能代火力（発）建設所 正員 田 中 享
正員 ○佐々木 千好

1. はじめに

能代火力発電所は、出力60万kw×3基（最終規模）の石炭専焼火力であり、第1号機の建設工事は昭和60年10月に着工し、現在本館基礎、煙突基礎工事等を終了し、平成2年度から取放水路等の復水器冷却用水設備および棧橋ほかの揚運炭設備等の工事を実施予定である。発電所用地は能代港に接しており港内の海底土砂をポンプ浚渫し、EL+4.2mまで埋立て造成された全般にルーズな砂地盤であり、構造物によっては、液状化防止のため地盤改良を必要とした。煙突基礎工事については必要とする支持杭を打込みするのに併せ、液状化防止を考慮して、鋼矢板を基礎外周を囲む形に打込んだうえ、杭打込みによる締固め効果を期待した杭基礎の施工を行っており、この施工結果について紹介するものである。

2. 埋立地盤の概要

埋立層の厚さは煙突基礎付近で約11mであり、地質は均一な細砂（ $D_{50}=0.15\sim0.17\text{mm}$ ， $U_c<5$ ， $F_c=1\sim11\%$ ）が主体であり、N値は平均5程度である。なお埋立層下部には細粒分含有率の多い層が薄く介在している。また地下水位はEL+1.8m程度である。埋立層以深の在来地盤（第I層）はN値20以上のよく締まった砂質地盤であり液状化に対して問題ない。（図-1参照）

3. 煙突基礎工事の概要

(1) 煙突の諸元

三脚鉄塔支持型三筒身集合煙突
高さ 180m，根開き 45m
筒身径 6.1m，支持鉄塔の高さ 165m

(2) 基礎工事概要

鉄筋コンクリート造り杭基礎
基礎形状 1辺57.4mの正三角形類似型
コンクリート量 6,800m³
基礎杭 PHC杭（A種）， $\phi 450\text{mm}$ ， $\ell=9\text{m}$ ，
 $\Sigma n=667$ 本（1.8m間隔の正三角形配置）

4. 工法選定の経緯

地盤改良工法の選定にあたっては締固め杭工法（杭基礎）、サンドコンパクションパイル工法（直接基礎）、動圧密工法（直接基礎）、置き換え工法（直接基礎）の4ケースについて総合的に比較検討した結果、構造物の重要性、工法の確実性、地盤条件等に配慮して、経済的な締固め杭工法を採用した。

5. 施工方法および諸調査

(1) 施工方法

締固め杭の施工は1次掘削（EL+1.8m）後、基礎外周に鋼矢板（SPⅢ型， $\ell=10.5\text{m}$ ）を打込み地下水位低下後、2次掘削（EL+0.3m）面からクローラ式杭打機（ラム重4.5t）を使用し打込みを行った。杭打込みにあたっては全域を14ブロックに区分し、その内鉄塔脚部および筒身部のブロックは外側から、その中心に向かって打込みを実施した。

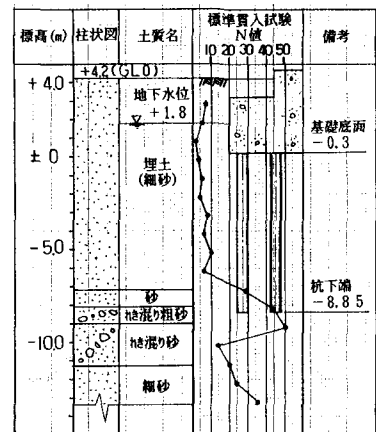


図-1 煙突付近土質柱状図

(2) 諸調査の実施

杭打込み前に5本 ($\ell = 1.2 \text{ m} \times 5 \text{ 箇所} = 6.0 \text{ m}$)、打込み後に杭間中心で5本 ($\ell = 1.2 \text{ m} \times 5 \text{ 箇所} = 6.0 \text{ m}$) の計10本についてオートマチックラムサウンドによりNd値を調査し、締固め杭の改良効果を確認したほか、所定の杭について杭打込み時の支持力、打撃回数、鋼矢板変位、騒音、振動等の測定を行った。

6. 施工結果と考察

(1) 改良効果

図-2のとおり杭打込み後の埋立層のNd値 (基礎底面付近から埋立層下端までの部分) は、10~33で、平均で18程度であり液状化 (限界Nd値は基礎底面部で5、埋立層下端で11) に対して問題ない値に改良された。

(2) 諸調査の分析結果

a. 有効応力 (σ) と増加Nd値の関係については、杭打込みにより深度3m ($\sigma = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$) までは次第にNd値が増加するが、深度3m以深の増加割合は、ほぼ一定であり $\sigma = 0.3 \sim 0.6 \text{ kgf/cm}^2$ では締固め効果にはあまり差がない傾向が得られた。

b. 杭先端上下 (在来地盤) のNd値の増加については、バラツキはあるものの上方 (約1.6m) の部分の増加平均Nd値は4程度であるのに対し、下方 (約3.0m) の部分は11程度であり、予想以上に下方にも締固め効果が得られた。

c. 杭打込み時の1m区間毎の杭の打撃回数と改良平均Nd値との相関性について、両者の関係式は次のとおりであり相関係数 $R = 0.91$ と非常に相関性の高い結果が得られた。

$$\text{平均Nd値} = (0.1860 \times \text{杭の打撃回数}) - 12.02$$

d. 杭打込み時の1m区間毎の杭の累計打撃回数と累計Nd値との相関性について、両者の関係式は次のとおりであり相関係数 $R = 0.97$ と非常に相関性の高い結果が得られた。

$$\text{累計Nd値} = 8.6636 \times (\text{杭の累計打撃回数}) + 0.7845$$

e. 杭打込み地盤の深度毎の支持力 (建築基準法の動的支持力算定式による) と改良平均Nd値との相関性について、両者の関係式は次のとおりであり相関係数 $R = 0.69$ と比較的相関性の高い結果が得られた。

$$\text{Nd値} = (0.0710 \times \text{杭1本の支持力}) + 12.38$$

なお、支持力60t/本以上の部分では次式のとおとなり相関係数 $R = 0.84$ で、さらに相関性の高い結果が得られた。

$$\text{Nd値} = (0.1440 \times \text{杭1本の支持力}) + 4.83$$

7. あとがき

以上のとおり締固め杭による施工は所期の目的が達成できたが、より確実に、最適な施工を行うためにも、今後の施工実績の積み重ねにより締固め杭の設計、施工法が確立されることを切望するものである。

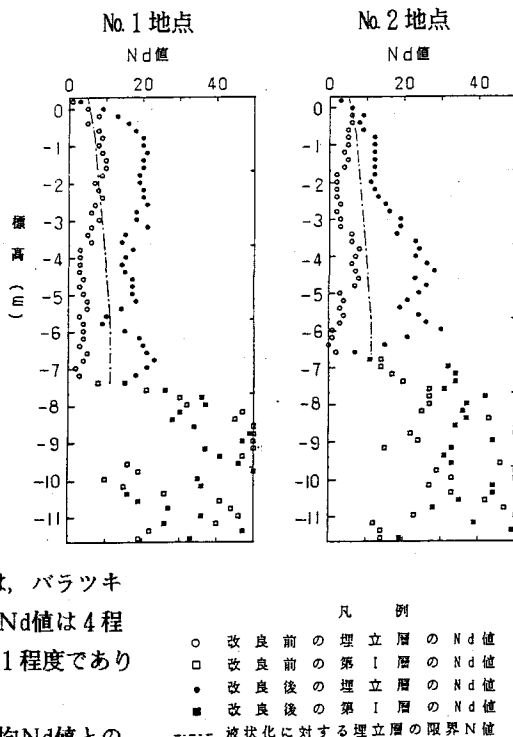


図-2 改良前後のNd値の比較