

実測結果による LNG 貯槽の鋼管杭打設時の振動予測式について

北海道電力(株) 石狩湾新港火力発電所建設所 正会員 ○ 若松 洋介
 正会員 関口 雄介
 清水建設(株) フェロー会員 都築 顕司 正会員 佐藤 充史 宮瀬 文裕

1. はじめに

平成 26 年 4 月より石狩湾新港において、容量 23 万 kl の P C L N G 貯槽を杭基礎構造で建設中である。L N G 貯槽の基礎部鋼管杭は、油圧ハンマを使用して鋼管杭を打設することが多く、発生する大きな振動が、鋼管杭打設位置に近接した別作業へ影響を及ぼすことがある。しかし、油圧ハンマ使用時の振動に関するデータは、事例が少なく、事前に精度よく振動値を予測することが困難である。そこで、筆者らは施工条件・地盤条件が明確な現場で、鋼管杭打設時の振動を 5 つの異なった距離で実測を行い、信頼性の高い振動予測式を得た¹⁾。

そこで、実測から得られた振動予測式とバックホウ等の建設機材の振動予測や環境アセスメントで多用される距離減衰の予測式²⁾の比較を行った。本論文では、これらの概要を説明する。

2. 実測結果から得られた振動予測式¹⁾

2. 1 施工条件・地盤条件・計測方法の概要

L N G 貯槽の基礎部鋼管杭は、杭径 φ 800mm、埋込長 51m を約 3m 間隔で施工する。施工機材には、打撃エネルギー 150KN 級の油圧ハンマを使用した。地盤条件の概要を図-1 に示す。L N G 貯槽の施工箇所全体の地盤はほぼ水平成層を呈し、砂質土層と粘性土層の互層となっており、大部分は砂とシルトの中間土に近い性状を有している。地表から深さ約 10m までは、鋼管杭打設前に N 値 10 の埋立地盤を目標 N 値 17 以上とした地盤改良を実施している。振動の実測は、鋼管杭打設地点からの水平距離が 7m、15m、30m、50m、70m の 5 点を対象に、全ての点に振動計を配置して一斉に実施した。



図-1 地盤の概要

2. 2 振動予測式の概要

5 つの計測点で得られた実測値を、杭打設地点からの水平距離と振動の計測値で整理して回帰線を算出した。この回帰線の寄与率 R^2 は 0.949 と高く、振動源からの距離が遠くなると、振動値が低減する「距離減衰の関係」をよく再現していると考えられる。振動予測式の寄与率が高い要因として、2.1 に示したように、今回の計測範囲は全体的に地盤が水平成層を呈し、振動の伝搬が均質の物体内を伝搬し、振動の減衰が水平距離に依存する状況であったと考えられる。実測から得られた杭打設地点から任意の水平距離における振動予測式(式-1)を以下に示す。

【実測から得られた杭打設時の振動値の予測式】

$$L(r) = -9.565 \cdot \ln(r) + 113.63 \quad \text{式-1}$$

ここに、

$L(r)$: 任意の水平距離での振動レベル (dB)

r : 杭打設地点から任意の予測地点までの水平距離 (m)

3. 建設機材の振動予測等で用いられる予測計算方法との比較

3. 1 建設機材の振動予測等で用いられる予測計算方法

バックホウ、ブルドーザー等の建設機材の振動値の予測は、環境アセスメント等で多用される「距離減衰に基
 キーワード 油圧ハンマ、振動予測式、内部減衰係数

連絡先 〒061-3242 北海道石狩市新港中央 4-3740-2 北海道電力(株) 石狩湾新港火力発電所建設所 TEL 011-772-8604

づく予測計算方法」²⁾で実施されることが多い。この予測式(式-2)を以下に示す。

【建設機材の振動予測で多用される振動値の予測式】

$$L(r) = L(r_0) - 15 \cdot \log_{10}(r / r_0) - 8.68 \cdot \alpha(r - r_0) \quad \text{式-2}$$

ここに、

- L(r) : 任意の距離での振動レベル (dB)
- L(r₀) : 基準点の振動レベル (dB)
- r : 振動源の稼働位置から任意の予測地点までの距離 (m)
- r₀ : 振動源の稼働位置から基準点までの距離 (m)
- α : 内部減衰係数
 - 関東ローム層 : 0.01 砂礫層 : 0.01
 - 粘土, シルト層 : 0.02~0.03 造成地盤 : 0.03~0.04
 - 軟弱シルト層 : 0.04 (東京下町, 臨海埋立地のいわゆる軟弱地盤)

3. 2 振動予測値の比較

今回、実測から得られた式-1の予測値と、式-2による予測値の比較を行った。式-2の中で、実測結果から基準点までの距離 r = 7m, 基準点の振動レベル L(r₀) = 94dB と設定した。地盤の性状を反映する内部減衰係数 α は、地表面部分はもともと N 値 10, 細砂・シルトの埋立地盤であり、また LNG 貯槽の施工箇所全体は大部分が砂とシルトの中間土に近い性状を有していることから、軟弱シルト層もしくは造成地盤に近いと考えて 0.03 を採用した。ただし、振動の実測時には、深さ約 10m までは N 値 17 まで改良されていたことから、一般的に用いられる 0.01 でも検討を行った。横軸に鋼管杭打設地点からの水平距離 (m), 縦軸に振動値 (dB) とし、式-1, 式-2 (α = 0.01, 0.03) での予測値と実測値を整理した結果を図-2 に示す。実測から得られた式-1 による予測値と、内部減衰係数 α = 0.01 とした場合の式-2 の予測値は水平距離 100m までは、実測値、予測値ともほとんど差がなかった。一方、内部減衰係数 α = 0.03 を使用すると、距離 50m 以上で実測値よりも過小評価する結果となった。今回の実測結果及び式-1, 式-2 の予測結果から、施工箇所全体の地盤が水平成層を呈し、地表から 10m 程度を事前に地盤改良した場合には、軟弱な造成・埋立地盤であっても、一般的な内部減衰係数 α = 0.01 を用いた方がより良い振動予測値を得られる場合があると確認された。

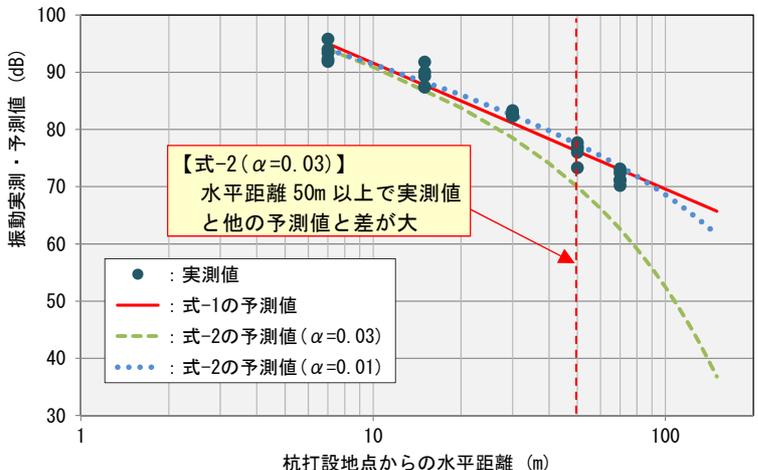


図-2 振動実測値・振動予測値の比較

4. まとめ

今回、振動データの少ない油圧ハンマによる鋼管杭打設について、施工条件・地盤条件等が明確な現場での実測から得られた振動の予測式と、建設機材の振動予測等で多用される予測計算方法との比較を行った。施工箇所全体の地盤が水平成層を呈し、地盤表面を深さ 10m 程度地盤改良した場合には、軟弱な造成・埋立地盤であっても、一般的な地盤と同じ内部減衰係数を使用した方が、より良い予測結果が得られる場合があると確認された。既存データの少ない油圧ハンマによる杭打設の振動予測に、本論文が活用されれば幸いである。

参考文献

1) 関口雄介, 若松洋介, 都築顕司, 佐藤充史, 宮瀬文裕: LNG貯槽の基礎部鋼管杭打設時の振動特性について, 平成 27 年度土木学会全国大会 第VI部門 投稿論文, 2015

2) 社団法人 日本建設機械化協会: 建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック 第3版, pp63-65, 平成 13 年