

III-733

サンドドレーン打設時の地盤振動と試験施工

首都高速道路公団 正会員 潮 晃司 同 津田 誠
(株) 白石 正会員○河島 敬二

1. はじめに 川崎市浮島地区の浮島インターチェンジ工事は埋立てられて間もない人工地盤上で施工されるため、サンドドレーン(SD)工法による15万 m^2 に及ぶ大規模な地盤改良を行う。しかし、振動打込み式のSDは、打設時の振動が周辺地盤に伝播するため近接構造物への影響がしばしば問題となる¹⁾²⁾。

本工事においても近接構造物への影響が懸念された。ここでは、浮島埋立地で実施した試験施工³⁾からSD打設時の地盤振動の特性について検討した。

2. 試験概要 図-1にSD打設時の地盤振動を計測した計測杭と測点の位置関係を示す。試験ヤード(60m $\times$ 60m)の端部より10m離れた4深度(地表面, GL.-5m, -15m, -25m)に加速度計を設置し、測点の法線上のSD杭8本を計測杭とした。杭打設中の振動加速度を、法線に平行、直角な水平成分(X, Y成分)と地表面は鉛直成分(Z成分)についても計測した。試験施工は杭長35m, 径500mm, ピッチ2m(格子配置)で、法線を横ぎるように1列30本づつ30列900本を打設した。図示した計測杭における打設順序は、測点に順次近づく①～④で振幅の距離減衰を、また⑤～⑧で測点と計測杭の間に設置される砂杭が遮断壁としての効果があるかを検討できるよう計画した。杭打機のバイプロハンマーは起振力70 t, 出力120kw, 周波数9.3Hzである。試験地盤は建設残土(Bc層)と沖積粘性土(Ac層)で構成される。

3. 計測結果 波形のサンプリングは、図-2に示した杭打設中の加速度チャートから振幅が引抜き時に比べて打込み時の方が大きくなることを確認し、打込み時を対象とした。また計測杭の施工管理図からコンクリート片がGL.-3~-13mに多量に介在することが確認されたため、これを貫通する時の衝撃を考慮して打設開始時とケーシング貫入深さ2.5m, 5m, 10m, 15m, 25mの6ポイントで7秒間の波形を抽出した。

各々の波形データの加速度 α 、周波数 f の算出は図-2に示すように両振幅が最大を示す時点より連続10波を読み取る方法⁴⁾で行った。

(1)周波数 f : 算出したすべての周波数の集計結果を図-3に示すが、周波数はバイプロハンマーの9.3Hzに近い10Hz付近に集中している。フーリエスペクトル(F.F.T)解析からは、打設開始時の周波数は分散するが、ケーシング貫入深さが深くなるにつれその分散性が薄れ、卓越周波数9.8Hzを確認できる。これにより以降の解析では $f=9.8\text{Hz}$ を用いた。

(2)加速度 α : 算出した加速度のデータ数はX成分192, Y成分156, Z成分24である。各計測杭における水平成分の加速度を測点ごとにケーシング貫入深さで整理した。その一例として計測杭④の結果を図-4に示すが、水平成分の加速度はケーシング貫入深さが0~10mのときに地表面で最大値を示すものが多かった。

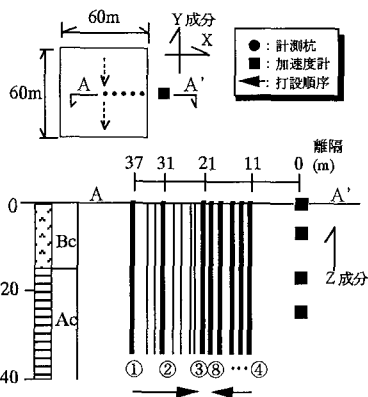


図-1 試験施工の概要

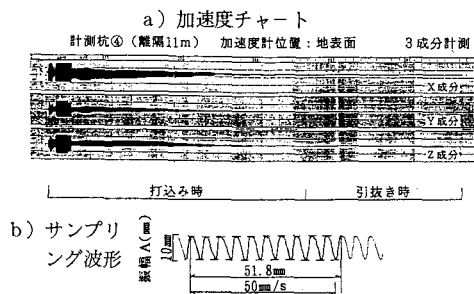


図-2 サンプリング

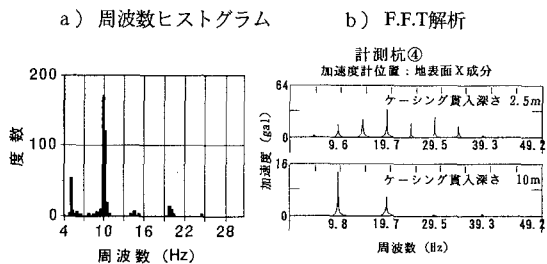


図-3 周波数の推定

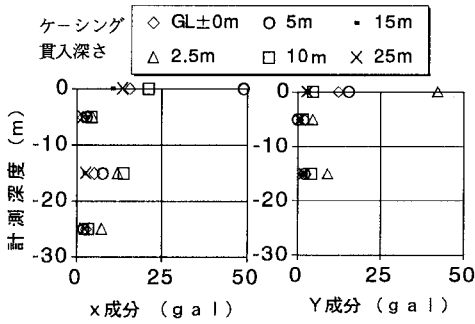


図-4 X,Y水平成分の深度分布

各成分は、データ数156のうち123データはY成分よりもX成分の方が大きく、Z成分は地表面におけるX成分の1/1.5程度以下であった。水平成分の検討では、各計測深度においてX成分またはY成分の大きい方を水平成分の加速度として用いた。

4. 振幅の距離減衰および深度減衰の検討

(1) 距離減衰：下式に示す振幅の減衰式³⁾を適用し、加速度の距離減衰を検討した。

$$\alpha = \alpha_0 \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-n} \cdot \exp[-A(L-L_0)] \quad \text{ここに、} L: \text{任意の離隔(m), } L_0: \text{基準となる離隔(m), } n: \text{定数}$$

$$A: h \times \omega / V_R, \quad \omega: 2\pi f, \quad \alpha_0: \text{基準となる加速度(gal)}$$

地盤の減衰定数 h 、レーリー波の伝播速度 V_R は次のように決定した。減衰定数は、加速度がほぼ10～100galにあるため、この範囲に相当するせん断ひずみ γ を $f=9.8\text{Hz}$ より計算すると $\gamma=10^{-4} \sim 10^{-5}$ を得る。つぎにBc層は3試料、Ac層は6試料の動的変形特性試験で得られた $\gamma \sim h$ 関係から、 $\gamma=10^{-4} \sim 10^{-5}$ での h として、平均値2%を用いた。レーリー波の伝播速度は、ポアソン比 $\nu=0.5$ のときにS波速度 V_s にほぼ等しいため、PS検層で得られたBc、Ac層の V_s の平均値148m/sを用いた。基準となる加速度、離隔 (α_0, L_0) を離隔11mのデータとし、定数 n を1と仮定して求めた加速度～離隔関係の曲線を図-5に示す。理論解は円筒波で $n=0.5$ となるが、須永¹⁾と同様にここでも球面波の $n=1$ とした方が計測値との一致度は良い。

振動の遮断壁としての効果は、離隔13m～19mの4深度における16データが相当するが、計算値と対比すると減衰傾向に一貫した相関性がみられなかった。

(2) 深度減衰：水平成分における振幅の深度方向の変化は $\nu=0.5$ のとき次式で表わせる³⁾。

$$\alpha = -\exp\left[-z \cdot \frac{2\pi}{L_R}\right] + 0.5428 \cdot \exp\left[-0.295 \cdot z \cdot \frac{2\pi}{L_R}\right] \quad \text{ここに、} L_R: \text{波長}(=V_R/f)$$

図-6には深度方向の計算値と計測値を示す。計算値は地表面の値を基準とし、それを計測値としたもの(実線)と、(1)の距離減衰式で求めた計算値としたもの(点線)を併記した。距離減衰式による地表面の値によって求めた深度方向の計算値は、安全側の値を与えている。

SD試験施工で得られた地盤振動の特性は、距離減衰や深度方向の減衰の検討から、従来の指摘どおりレーリー波によって近似できることが分った。これにより地表面で最大値を示すSD打設時の地盤振動は、地表面のデータが得られれば任意の距離における深度分布の推定が可能である。

本施工ではここでの検討結果を施工計画に反映させた。近接構造物の工事進捗状況と、地盤振動によって仮設山留め壁に付加される動土圧や養生中の躯体コンクリートに与える影響との関係を考慮しながら、安全にSD工事を進めている。

参考文献

- 1) 須永・中沢・石井・池上：砂杭打設時に近接地中壁に生じる動土圧測定結果，土質工学研究発表会，1982。
- 2) Von Justus Bonzel und Michael Schmidt, Düsseldorf: Einflub von Erschütterungen auf frischen und auf jungen Beton, Beton, 1980。
- 3) 潮・崎濱・高田：サンドドレーン打設時にみられる周辺地盤の側方変位と試験施工，土木学会年次学術講演会，1994。
- 4) 江島淳：地盤振動と対策，集文社，1979。
- 5) F.E.リチャート：土と基礎の振動，鹿島出版会，1975。

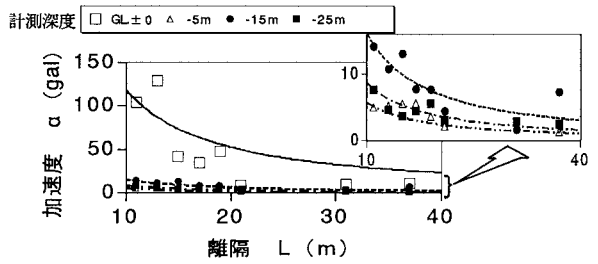


図-5 水平成分の距離減衰

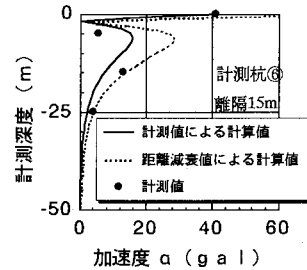


図-6 水平成分の深度方向における減衰