人工材ドレーンを用いた液状化対策工法の性能設計対応実験　その２

(独)港湾空港技術研究所　正会員　　山崎　浩之
五洋建設㈱　正会員　　小野　大和
同上　正会員　○林　健太郎
東亜建設工業㈱　正会員　　太田　正規
同上　正会員　　浅田　英幸

１.はじめに

人工材ドレーンを用いた間隙水圧消散工法(DEPP 工法)の 1G 場振動台実験を行った。当実験の目的は、DEPP 工法の現行設計方法の妥当性検証と、DEPP 工法が性能設計に対応するための変位量、排水量等の計測である。ドレーンピッチや加振条件を変化させ、これらの計測値にどのパラメータが最も影響を与えるのか検証した。加振中の詳細な実験データは『その 1』で示したとおりである。

２.既往のドレーンピッチ決定法との比較

一般的な間隙水圧消散工法の設計手法ではドレーンの排水抵抗値 R_w（ウエルレジスタンス）、地盤の液状化しにくさを表す時間係数 T_l（値が大きいほど間隙水圧が上昇しにくくなる）を計算で求め、最大間隙水圧比を決定することでドレーンピッチを決定する。現行の DEPP 工法のドレーンピッチ決定方法はこの方法を採用している。

$$R_w = \frac{8k_s h^2}{\pi^2 k_d a^2} \quad (式\ 1) \qquad T_l = \frac{k_s t_l}{m_v \gamma_w a^2} \quad (式\ 2)$$

表 1 は当実験で用いた、5 号珪砂地盤および、模型ドレーン材の物性値である。以下に詳細を示す。

表-１　模型地盤パラメータ

パラメータ	値
地盤の透水係数 k_s	0.010 (cm/sec)
地盤の体積圧縮係数 m_v	0.0001 (m²/kN)
液状化に至る時間 t_l	0.25 (sec)
水の単位体積重量 γ_w	10.1 (kN/m³)
対象深度 h	90 (cm)
ドレーンの半径 a	1 (cm)
ドレーンの影響範囲 b	0.565×ドレーンピッチ
ドレーンの透水係数 k_d	800 (cm/sec)
ウエルレジスタンス R_w	0.082
時間係数 T_l	250

・**地盤の透水係数 k_s**：定水位透水試験から求めた。

・**体積圧縮係数 m_v**：Dr=60%の 5 号珪砂供試体を繰り返し三軸圧縮試験により求めた。供試体が所定の間隙水圧に達した後、等方状態に戻し、排水弁を開き排水量を計測して算出した。

・**液状化に至る時間 t_l**:『その 1』に示したように、Case1 無対策地盤が液状化するまでの時間を計測し求めた。

一般的に排水工法の設計図表は図-1 のように、最大間隙水圧比－a/b（ドレーンの半径をドレーンピッチで割ったもの）の関係で表すことが多い。図-1 の曲線は表-1 で示したパラメータから計算した理論曲線であり、■で図-1 に示したのが当実験で得た値である。

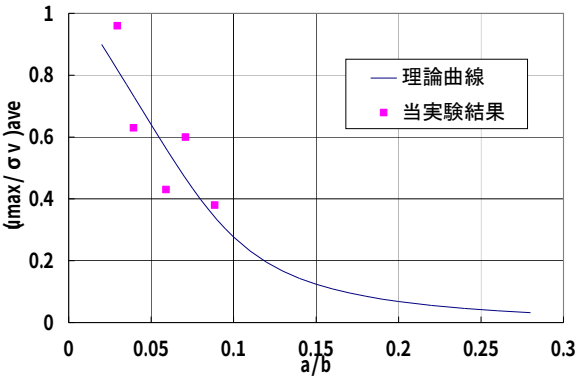


図-1　既往の設計手法と本実験結果比較

このように、本実験の結果は現行設計法による間隙水圧の理論値と良く一致した。

３.実験結果及び考察

図-2 はドレーンピッチと平均間隙水圧比（加振中の間隙水圧比を時間平均したもの）の関係である。加振条件は 150Gal、10Hz で、■が加振回数 20 波、●が加振回数 180 回のデータである。180 波の平均間隙水圧比が 20 波に比

キーワード：液状化、ドレーン、ＤＥＰＰ、排水、沈下、間隙水圧
連絡先：栃木県那須塩原市四区町 1543-1　　TEL 0287-38-2116

べて小さい。これは長時間の加振により地盤が締まり、水圧が低下するため、時間平均すると小さな値になるからである。

図-3 は各ケースの沈下量を Case1 無対策沈下量で割り、正規化したものを『沈下率』として、沈下率ードレーンピッチの関係を示したものである。間隙水圧と沈下はドレーンピッチが小さくなるほど発生が抑制されていることが分かる。

本実験では、せん断土槽の側面に複数個設置した水平変位計からせん断ひずみを求めた。加振中、同時刻における水平変位量の差を水平変位計間の鉛直距離で割り、せん断ひずみを求めている。水平変位計間のせん断ひずみの最大値を各層ごとに抽出し、足し合わせたものを最大せん断ひずみとし、ドレーンピッチとの関係を表したのが図-4 である。これは間隙水圧比の増加を押さえるほど、砂のせん断ひずみを抑制できることを示している。180 波のケースは微小なため、掲載を省略した。

図-5 は今回実施したすべてのケースでの、平均間隙水圧比と沈下率の関係をプロットしたものである。近似線は模型ドレーン 20 波に対するものであるが、すべてのケースの傾向を良く捉えている。この図から、模型、実物大、加振回数に関係なく、間隙水圧比と沈下率の間には有意な関係があることを示している。したがって、間隙水圧比を抑制することで、地震時の沈下量を抑えることができると考えられる。

排水量は理論上、地盤の沈下量に比例すると考えられる。これを確かめるために、加振中、ドレーンからの排水をポンプで吸引し、その量を測定した。図-6 は沈下量から計算した理論排水量と、実際にドレーンから排水された水量の相関関係を示したものである。この結果から、排水量と沈下量にはほぼ 1：1 の関係があることが確認された。

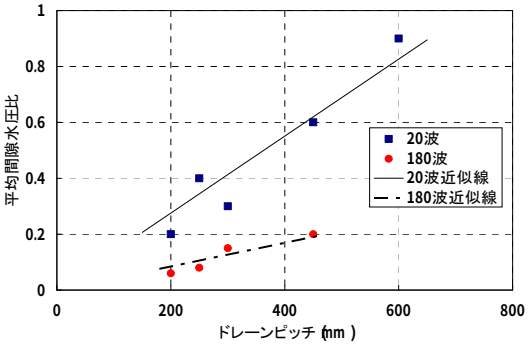
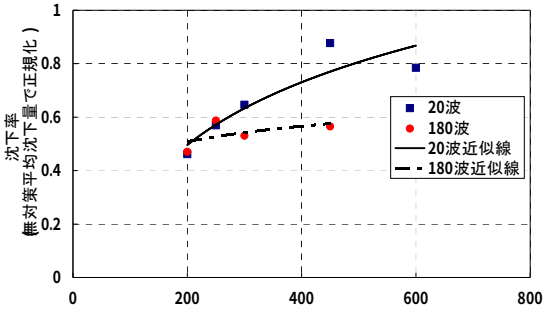


図-2　平均間隙水圧比ードレーンピッチ関係



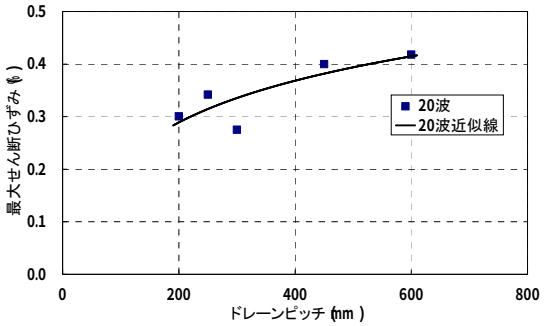


図-4　最大せん断ひずみードレーンピッチ関係

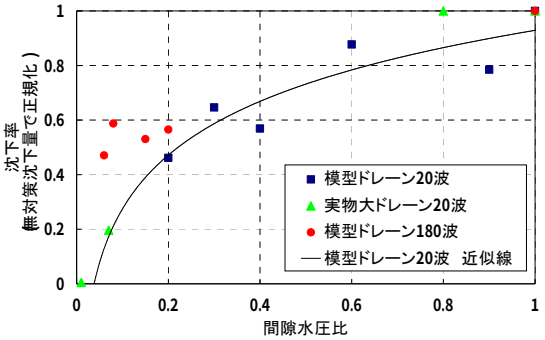


図-5　沈下率ー平均間隙水圧比関係

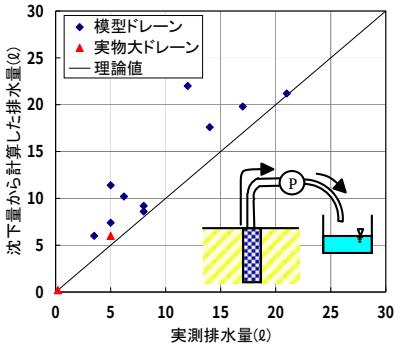


図-6　計算排水量ー実測排水量関係

5.考察、まとめ

・実験のパラメータを用いて、現行設計方法で求めた間隙水圧ードレーンピッチの理論値と、本実験の結果が合致している。
・ドレーンピッチと間隙水圧比の間には明確な関係がある。
・最大せん断ひずみとドレーンピッチには相関関係がある。
・間隙水圧比と沈下率に有意な関係があることから、間隙水圧比が沈下量を決める重要なパラメータであることが確認できた。
・ドレーンから排水された実測排水量は沈下量に比例し、さらに沈下量から計算した排水量と実測排水量は、ほぼ等しい。

参考文献　DEPP 工法技術資料(DEPP 工法研究会)、Stabilization of Potentially Liquefiable Sand Deposits Using Gravel Drain System(SEED ら)、グラベルドレーン工法の設計手法に関する研究（松原、三原ら 間組研究年報 1987 年）、