

III-515 プラスチックボードドレーンの等価径に関する数値解析

京都大学防災研究所 正 嘉門 雅史 (財)大阪土質試験所 正 諏訪 靖二
 横浜国立大学工学部 正 プラガン テージ (財)大阪土質試験所 正 高見 邦幸
 (財)大阪土質試験所 正 長屋 淳一

1. はじめに

近年サンドドレーン用の良質な砂の枯渇という問題などから、プラスチックボードドレーン（以下PBDと略す）の施工量の増大、大深度への適用という事が大きな課題になっている。しかし、PBDについてはまだ未解明な問題が多く、筆者らはPBD研究会^{1) 2)}を組織して問題の解明に当たっている。そのなかでも等価径は、以前から指摘されながら結論の出ていない問題の一つであり、設計に大きく影響する。そのために以前から実験的に等価径の問題解明³⁾を行なっている。最近の実験で得られた実験結果が通常の設計で用いられるバロンの解と若干傾向が異なっており⁴⁾、実験結果の解釈のために、有限要素法を用いて帯状透水体であるPBD圧密の数値解析を行ない、圧密度-時間係数の関係を求めて、円柱透水体のバロンの解と比較しどのような等価径がよいのか検討したものである。

2. 数値解析方法

(1) 基本方程式：水圧消散は (1) 式に示すような二次元熱伝導型偏微分方程式により支配されるものとする。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

(2) 有限要素定式化：(1) 式を有限要素化したマトリックス方程式は (2) 式のようになる⁴⁾。

$$[C] \frac{\partial \{u\}}{\partial t} + [H] \{u\} = 0 \quad (2)$$

ここで、 $\{u\}$ ：節点水圧ベクトル、 $[C] = (1/C_v) \int [N]^T [N] ds$ 、 $[H] = \int [B]^T [B] ds$ 、 $[N]$ ：形状関数マトリックス、 $[B] = \partial [N] / \partial (x, y)$

時間微分項 $\partial \{u\} / \partial t$ は、中央差分により導関数を近似し⁴⁾、要素形式は4節点7イガマトリックス要素を用いた。

(3) 要素分割および境界条件：対称性を考慮して図-1に示すように、有効径 $d_e = 10\text{cm}$ の円形断面の1/4断面に対して要素分割を行なった。境界条件は、PBD部境界では完全排水 $u=0$ 、その他の境界では不透水 ($\partial u / \partial n = 0$) とした。なお、初期条件として、全節点に対し単位の初期過剰間隙水圧 u_0 を与えた。

圧密度 U は、要素全体の平均圧密度として (3) 式により求めた。

$$U = 100 \times (1 - \int u ds) / \int u_0 ds \quad (3)$$

(4) 解析ケース：解析は実験に合わせ、厚さ $d = 0.3\text{cm}$ 、ドレーン幅 $B = 2\text{cm}$ および 4cm の計2ケースについて行なった。

3. 計算結果

解析結果を図-2に示す。図中には $n (=dw/de)$ を変化したバロンの解（近似解）も示す。その中の1本はPBDを等周長で円柱に置き換えたものである。バロンの解に比べて圧密初期で早く圧密末期で遅れる傾向がある。その傾向は幅の広いものの方が顕著である。現実には $n = 10 \sim 30$ 程度であり、実際にはバロンの解と大きな差はないものと考えられ、これについては解析数を増やして今後検討していきたい。図-4は平均圧密度63%時の等圧密度線図であり、円柱体の圧密との差が見られる。

4. 実験値との比較

図-3に実験値と解析値との比較を示す。実験値は解析値より圧密初期で若干早く、圧密度80%以後で遅れる傾向が見られるが比較的良好一致を示す。今回の解析は一般解であり、今後実験条件に合わせた解析を行ない、間隙水圧やひずみ量についても検証する予定である。

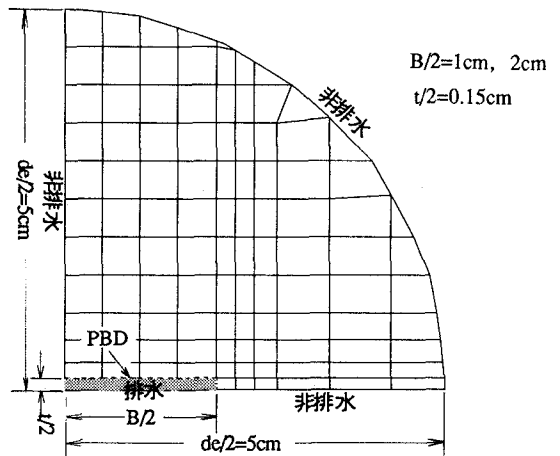


図-1 要素分割図

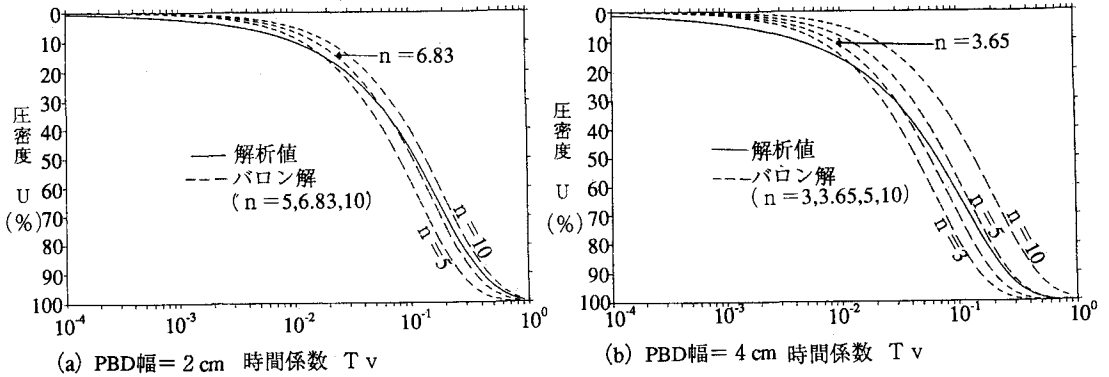


図-2 解析値とバロン解の比較

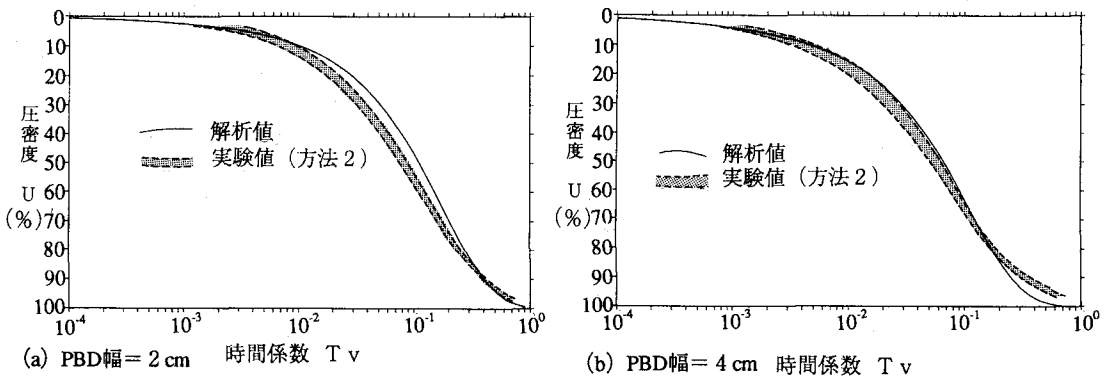


図-3 解析値と実験値の比較

5. まとめ

解析の結果に以下のようなことが判明した。

- (1) PBDの周長を等周長の円に換算した等価径でのバロンの理論解（近似解）と解析値は圧密初期で帯状透水体理論値が早く、圧密末期で遅れる傾向がある。
- (2) 実際に現場で用いられる $n=10\sim30$ 程度であれば、帯状透水体と円柱透水体との差はほとんどなくなるものと推定される。
- (3) FEMによる解析値は実験の傾向をよく説明できた。
- (4) 圧密の初期段階では解析値より実験値が早く、圧密の最終段階では実験値が解析値より遅れる傾向にある。

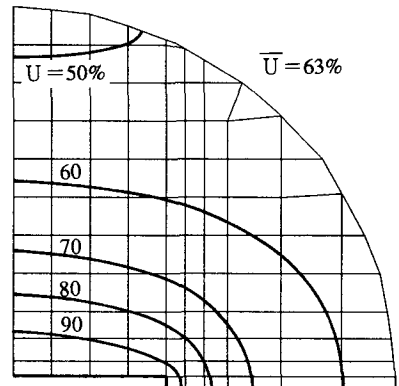


図-4 解析による圧密度平面分布

- (5) 現在用いられているPBDは厚さ3 mm、幅10 cmが一般的であり、このPBDの等価径は実用的には $\phi 5$ cmで用いられている。これは等周長で換算した直径6.68 cmより25%程度小さいもので設計されており妥当な値と思われる。

今後はこの数値解析を多数の条件で行ない、PBDの設計に用いる時間係数-圧密度関係を提案したい。

参考文献

- (1) 嘉門 他 (1990) : PD材の室内透水性におよぼす要因について, 第25回土質工学研究発表会, pp.1717-1718,
- (2) T.B.S. PRADHAN, et al. (1991) : A Design Method for The Evaluation of Discharge Capacity of Prefabricated Band-Shaped Drains, 9th ARC SMFE, pp.523-526, (3) M. KAMON, et al. (1991) : Evaluation of Design Factors of Prefabricated Band-Shaped Drains, GEO-COST'91. pp.329-334, (4) ブラダグ 他 (1992) : 板状ドレーンの等価径に関する実験的検討, 土木学会第47回年次学術講演会（投稿中）, (5) Segerlind, L. J. (1978) : 「応用有限要素解析」, 川井忠彦 監訳, 丸善