

液状化を受けるグラベル対策地盤の動的応答解析

神戸大学工学部 正会員 高田 至郎  
戸田 建設 正会員○青木 直之

1. 概説

液状化対策工法の中で、現在では、1次液状化、2次液状化のどちらにも効果があり、低振動、低騒音で施工でき、既存の構造物にも適用できるグラベルドレーン工法が注目されている。そこで本研究では、グラベルドレーンの液状化防止に対する効果と、地震動停止後の過剰間隙水圧の消散に対する効果を、時刻歴応答解析により明らかにすることを試みた。

2. 解析手法

本研究で行った解析は、地盤のみを対象とし、2次元平面ひずみ問題として有限要素法を用いている。

2.1 初期有効応力解析

構造物自重の影響による初期の地盤内有効応力状態を、静的有限要素法解析より求める。

2.2 有効応力液状化解析

解析では基盤に地震波を入力し、地盤応答値を求める。せん断応力-ひずみ関係は、履歴型 Hardin-Drnevichモデルを用い、その接線剛性を用い増分形式で非線形時刻歴応答解析を行った。過剰間隙水圧発生量は、まず、1回のせん断ひずみ振幅で液状化に至る液状化限界ひずみを考え、その時間増分であるせん断ひずみ速度に関係させて水圧上昇量を求め、次にBiotの圧密理論より水圧消散量を求め、先の水圧上昇量とたし合わせて計算の1ステップの過剰間隙水圧量としている。

2.3 震動停止後の過剰間隙水圧消散・沈下解析

この解析は、先に示したBiotの圧密理論による過剰間隙水圧消散のプログラムを単独で用いて行っている。

3. 解析結果

計算モデルは、地震動により液状化すると想定した地盤(図3.1 表3.1 表3.2)を用いている。また、グラベルドレーンによる液状化対策の対象構造物に地中埋設管路を考え、その両脇に幅1m、深さ3mのグラベルドレーンを施した地盤について計算した結果を図3.2 図3.3 に示す。入力波は、振動数 2Hz最大振幅 25galの正弦波を用いている。震動中の過剰間隙水圧の時間変化を見ると、これらの内で、グラベルドレーンの真横のA点では、その効果ははっきりと現れている。過剰間隙水圧の最大値が抑えられていると共に、その上昇が緩やかになっている。一方、グラベルドレーンから離れたC点では、上昇の程度はグラベルドレーンのない場合と同じでその効果は余り無いが、最大値に差が出ている。これは、無対策の場合、C点より上で発生した過剰間隙水圧が、7秒以後、下方に消散し

表3.1 地盤の諸定数(その1)

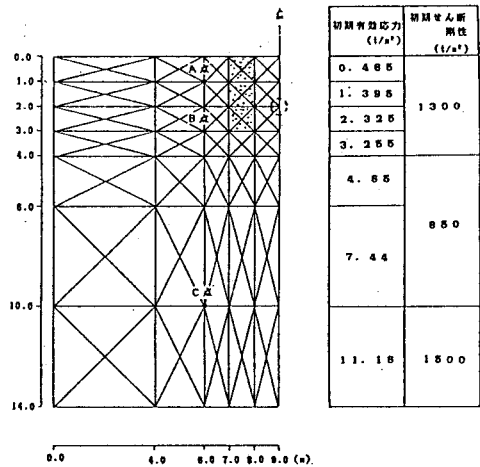


図3.1 地盤モデル

表3.2 地盤の諸定数(その2)

	単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )	ポアソン係数 (ν)	縦横弾性係数 (t/m <sup>2</sup> )
砂	1.93	0.2	2.05 × 10 <sup>4</sup>
2% <sup>1</sup> ・1 <sup>1</sup> ・2	1.78	0.0	0.76 × 10 <sup>4</sup>

ている事が考えられる。このことから、グラベルドレーンは、その効果が直接的に届かない地盤内の地点においても、震動中に過剰間隙水圧の上昇を抑える働きがあると思われる。停止後の過剰間隙水圧の時間変化では、無対策の場合、浅いA、B点で震動停止後、下方からの消散により水圧が上昇しており、2次液状化の現象が現れている。グラフが頭打ちの格好になっているのは、プログラムで、水圧が過剰間隙水圧比で 1.0以上にならないようにしてあるためである。グラベルドレーンを設置してある場合、それに近いA、B点では急速に消散が行われていて、その効果が確認できる。しかし、グラベルドレーンから離れたC点ではその効果がなく、逆に僅かながら水圧の上昇がみられる。これは、周辺地盤からグラベルドレーンに向かい、水圧が消散しているためだと思われる。それから、震動停止直後と震動停止10秒後の計算モデル全体の過剰間隙水圧比分布を図3.4 図3.5に示す。図3.4より、グラベルドレーンの液状化防止に対する効果は、過剰間隙水圧比で 0.6を規準にすると、その両脇で約1m、下方で約50cmで、またグラベルドレーンでは含まれている所では、特にその効果が大きい事が分かる。図3.5より、グラベルドレーンの周りでは、震動停止後速やかに過剰間隙水圧が消散しており、特に鉛直方向にその効果が大きいことが分かる。しかし、グラベルドレーンから離れたところでは、過剰間隙水圧比 0.9の範囲が、上下両方向に広がっており、その効果が見られない。

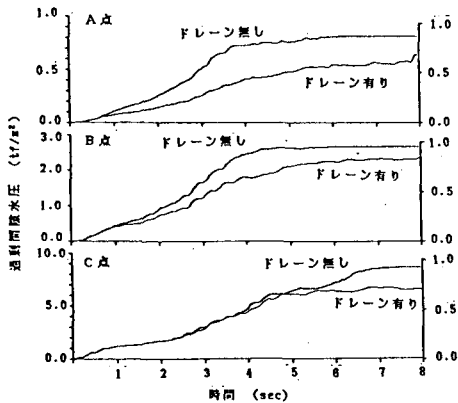


図3.2 震動中の過剰間隙水圧の時間変化

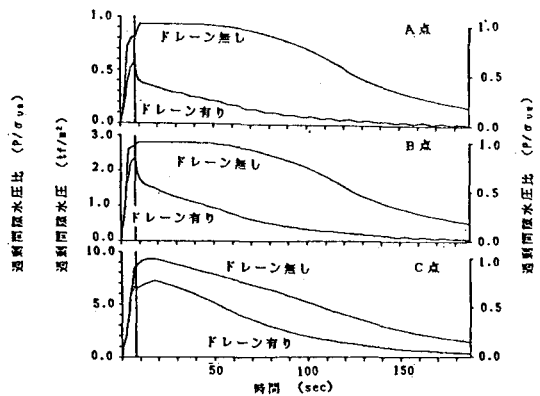


図3.3 震動停止後の過剰間隙水圧の時間変化

#### 4. 結論

過剰間隙水圧の変化だけに注目して見てきたが、これまでに知られているグラベルドレーンの効果（過剰間隙水圧上昇の抑制と震動停止後の過剰間隙水圧の消散）が現れており、本計算手法によって、グラベルドレーンを施した地盤の応答解析は、十分に出来ると思われる。

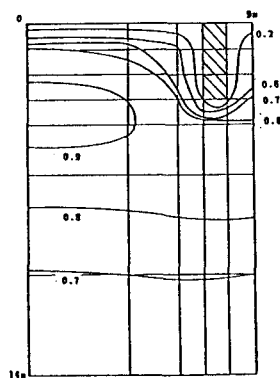


図3.4 震動停止直後の過剰間隙水圧比分布 (P/σ<sub>v0</sub>)

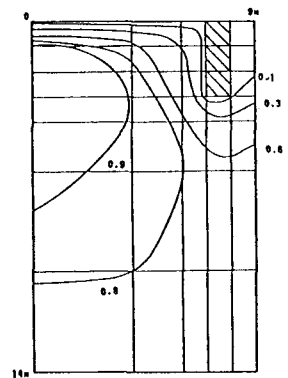


図3.5 震動停止10秒後の過剰間隙水圧比分布 (P/σ<sub>v0</sub>)