

発破を用いた原位置人工液状化予備実験

液状化 発破 過剰間隙水圧

佐藤工業 (株)

正○永尾浩一

正 前田幸男

同 上

国 規矩大義

正 辻野修一

同 上

国 吉田 望

照井一彦

ダイノ・ノベル・ジャパン (株)

正 河野 興

港湾空港技術研究所

正 菅野高弘

正 小濱英司

1. はじめに

筆者らはこれまで、発破による衝撃荷重によって人工的に地盤を液状化させ、液状化後の再堆積により地盤を締め固める工法^{1),2)} (衝撃締め固め工法: SDM 工法) を提案してきた。この工法は、地中内に装填した火薬を爆発させることによって、人工的に液状化状態を作り出し、その後に生じる再堆積によって、地盤を密実化させて液状化強度を高めるものである。この技術を利用し人工的に液状化を発生させ、液状化時の地盤および構造物の挙動を観測する目的で『港湾・臨海都市機能の耐震性向上に関する大規模な実物大実験』³⁾ が計画された。事前に、各発破条件による過剰間隙水圧の上昇及び地盤変位の発生状況を確認するため、予備試験を実施した。実験は1孔で発破仕様を変化させた予備試験、実物大実験を想定した盛土地盤での事前試験の2種で、大規模実験での人工液状化を生じさせるための発破仕様の検討を行った。

2. 1孔発破試験

サイトは埋立地地盤で、約 GL-9.0m まではシルト質砂質土の埋土、それ以深は、海底である礫層で、GL-12m 程度で N 値 50 以上の層が現れる。図-1 に1孔発破試験 (1孔発破) の概要、表-1 に試験ケースを示す。1孔発破は4ケース行い1ケース毎に総装薬量、装薬段数、点火順を変化させ、間隙水圧、加速度、沈下量を計測した。間隙水圧は発破により衝撃的な水圧が発生した後、残留した過剰間隙水圧が時間と共に徐々に消散した。過剰間隙水圧、沈下は総装薬量の大きいケースほど大きくなった。2段装薬では装薬量と同じでも発破順が下段から上段に点火した方が、上段から下段に点火したものより水圧が大きくなった。

図-2 には発破装薬量を考慮した発破孔からの距離 (スケールディスタンス) R_w と過剰間隙水圧比の関係を示した。ここで、 $R_w = R/W^{(1/3)}$ であ

り、 R : 発破装薬位置から水圧計設置位置までの斜距離、 W : 装薬量である。過剰間隙水圧比は発破孔との距離が近いほど大きくなり一意的な関係にあることが分かる。この結果より、大規模実験での発破設置条件を 6m 間隔で正方形配置、装薬量 3kg、上下2段装薬にすると、中央部でのスケールディスタンスは $R_w=1.47$ となり、その時過剰間隙水圧比 1.0 以上まで増加し液状化すると推定された。

沈下量は発破 10 日後で S2 発破孔から 1m 離れた地点で最大約 160mm となり、総装薬量の大きいものほど大きく、2段装薬では総装薬量と同じでも発破点火順が下段から上段の方が上段から下段に点火したものより沈下量が大きくなる結果になった。これより沈下量は過剰間隙水圧の大きさに対応することが分かった。

表-1 試験ケース

試験ケース名	装薬段数	装薬量	装薬深度	段発秒時差
1孔	S1	1	2.0kg	GL-5.0m
	S2	1	3.0kg	GL-5.0m
	S3	2	3.0kg +3.0kg	GL-5.0m GL-10.0m
	S4	2	3.0kg +3.0kg	GL-5.0m GL-10.0m
盛土	2段×8孔	3.0kg +3.0kg	GL-3.0m GL-6.0m	上下段同時点火 発破孔500ms

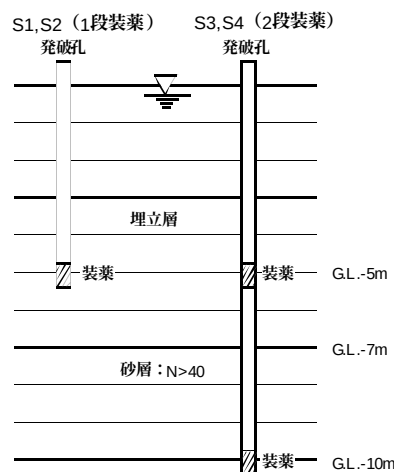


図-1 1孔発破概要図

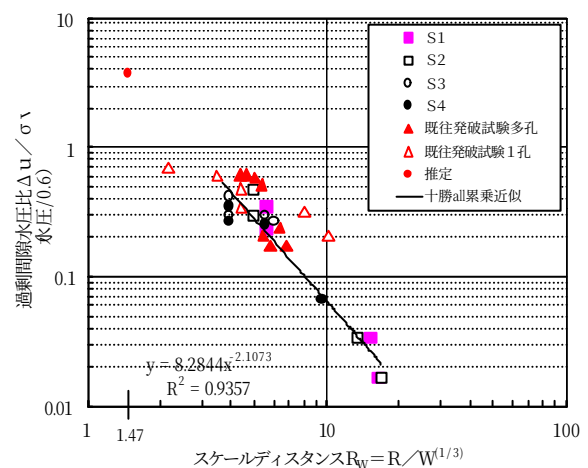


図-2 過剰間隙水圧比ピーク値

Preliminary field test causing liquefaction by controlled blasting

Koichi NAGAO, Sachio MAEDA, Hiroyoshi KIKU, Shuichi TSUJINO, Nozomu YOSHIDA, Kazuhiko TERUI (Sato Kogyo)
Ko KAWANO (Dyno Nobel Japan) Takahiro SUGANO, Eiji KOHAMA (Port and Airport Research Institute)

3. 盛土試験

図-3 に盛土の概要を記す。試験は液状化による地盤の挙動を確認することから、盛土下地盤全体を液状化させる必要がある為、盛土高さを+1.0m から-1.0m までの 7.0%勾配とし、盛土のり尻前面に池を設け、盛土周辺を掘削し水を充たすことにより試験ヤードを飽和状態に近くし、のり尻部には軽量鋼矢板を設置し実物大実験を想定した形状にした。また、盛土中央部におもり (1t パック土のう 6 袋) を設置し、上載荷重による盛土変形の状況を確認した。発破孔は盛土内に 6.0m 間隔で 10 箇所設け、装薬は土被り 3.0m と 6.0m の上下 2 段、装薬量上下各 3kg 合計 60kg とした。

発破順序は発破秒差 0.5sec で盛土のり肩からのり尻側に連続して行い、各孔では下段・上段同時に点火した。計測は間隙水圧、地盤変形量を行った。過剰間隙水圧は試験盛土内に水圧計を設置し、発破領域内での間隙水圧の上昇を測定した。図-4 は盛土内下流側計測孔 PWP1 深度 GL-3.6m での間隙水圧の結果である。発破による衝撃的な水圧が周期的に発生し、残存する水圧は発破の回数毎に高くなり間隙水圧比で 1.1(33kPa)まで上昇した。図-3 の変位コンター及びベクトルは発破 1 日後の盛土の変形状況である。変形は盛土全体が下流側に流動し、のり尻で最大 74cm 移動した。沈下は盛土中央部のおもりを中心に発破領域全体が沈下し、盛土中央部で最大 37cm 沈下した。また事後計測の結果、盛土は発破後 10 日程度まで沈下変形及び水圧の消散があることが分かった。

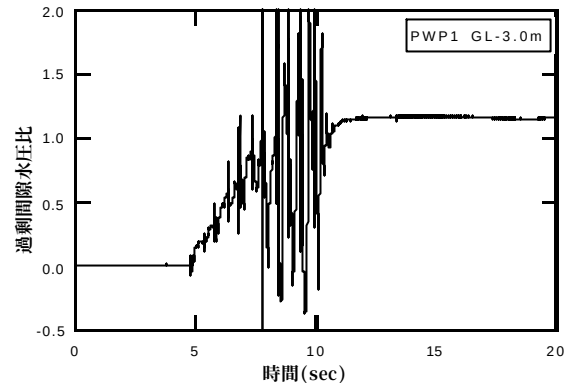


図-4 間隙水圧結果

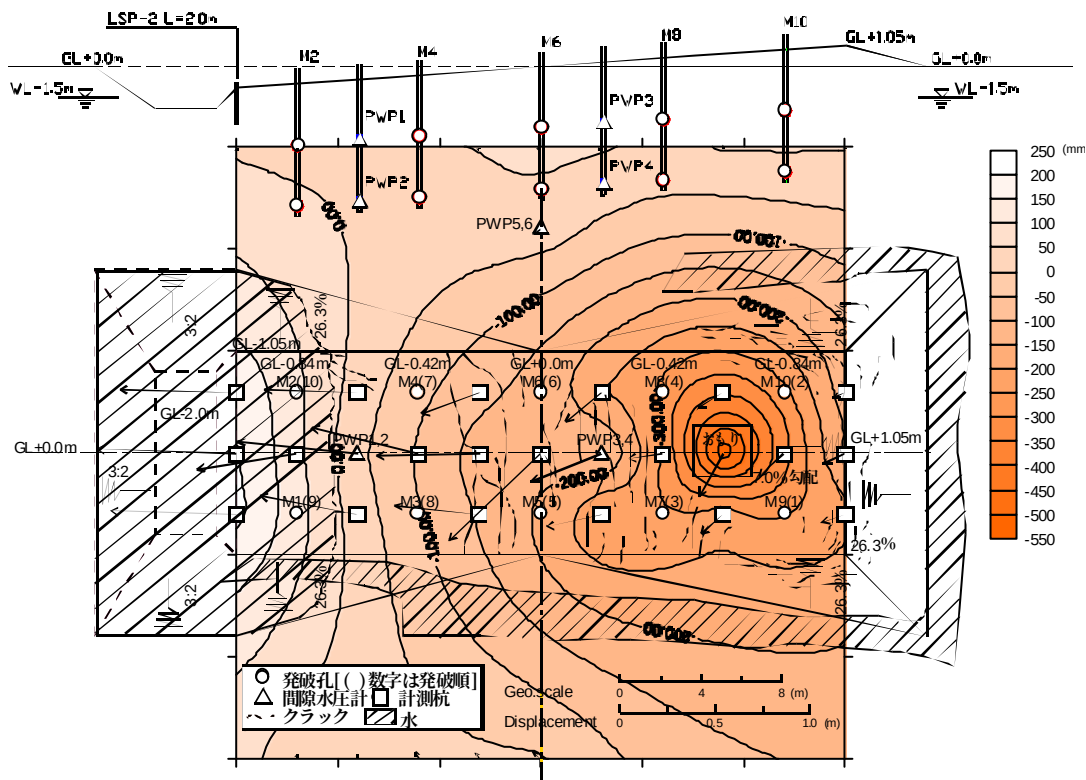


図-3 盛土試験概要及び発破 1 日後変形状況図

4. まとめ

発破による衝撃荷重により人工的に地盤を液状化させる技術を用い、人工的に液状化を発生させ液状化時の地盤および構造物の挙動を観測し、『港湾・臨海都市機能の耐震性向上に関する大規模な実物大実験』が計画されたことから、発破仕様等条件を変化させ予備試験を行った。この結果、過剰間隙水圧の発生・消散状況及び地盤の変形挙動等を確認することができた。本実験では発破孔間隔を 6m、装薬土被り厚を上段 4.5m と下段 8.0m の 2 段、装薬量を上段 3kg、下段 4kg とし、試験領域 4,800m² で発破孔 257 箇所、合計装薬約 840kg、発破継続時間 63 秒の発破を実施した。

参考文献

- 1) 辻野, 前田, 中嶋: 発破締固め工法の液状化対策への適用性に関する現場実験, 電力土木, No.287, pp.108~112, 2000.
- 2) 永尾, 規矩, 辻野, 前田, 吉田: 衝撃締固めによる密実化した土の液状化に関する室内試験, 第 36 回地盤工学会年次講演
- 3) 小濱英司: 港湾・臨海都市機能の耐震性向上に関する実物大実験, 土と基礎, Vol.50 No.2 Ser.No.No.529, pp.40, 2002