

発破による大規模人工液状化実験（その2）

- 2003 年十勝沖地震による液状化発生状況調査報告 -

佐藤工業（株） 正会員 ○瀬谷 正巳 前田 幸男
 関東学院大学 正会員 規矩 大義
 （独）港湾技術研究所 正会員 菅野 高弘 小濱 英司

1. はじめに

飽和地盤内で火薬を爆発させ、人工的に液状化を生じさせて地盤を締固める工法は、約 50 年前から北米、東欧で用いられており、筆者らはこれまでに国内において試験施工を数例行ってきた¹⁾。2001 年北海道広尾町十勝港において地震時の地盤および構造物の挙動観測を目的とした実物大人工液状化実験「港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関する実物大実験」²⁾が行われ、地震力と液状化を生じさせる手段として発破工法が用いられた。一方、2003 年 9 月 26 日に十勝沖を震源とするマグニチュード 8.0 の地震が発生し、実験を実施した十勝港第 4 埠頭埋立地の各所で噴砂が確認された。2001 年の実験では、発破による液状化後に 30～80cm の沈下が発生し、試験領域の締固め効果による液状化抵抗の増加が期待され、液状化発生状況の調査を行った。

2. 2001 年十勝港人工液状化実験

人工液状化実験は、埋立造成地内に幅 100m×100m の範囲に対して、発破孔を 6m 間隔の正方形配置、上下 2 段装薬、総装薬量 840kg（257 段、127 孔）で約 63 秒間の発破を行い地盤を液状化させた。本来、火薬装薬量は締固め目的の場合、目標とする地盤の締固め量から算定し、2 ステージ発破（2 回発破）を行うが、この実験に関しては地盤を液状化させることを前提としており、計測器や埋設物等の過剰な振動を考慮し、1 ステージ発破（1 回発破）とし、過剰間隙水圧比が 1.0 を超えることが出来るだけの装薬量とした。この為、締固めを目的とした発破より発破孔間隔が大きく、単位体積当たりの装薬量は少なくなっている。

3. 2003 年十勝沖地震による噴砂の発生状況

噴砂の発生状況および発生位置測量結果を写真-1 および図-1 に示す。同図に示す噴砂の調査箇所は、発破領域内 45、領域外 363 力所の計 408 力所で、範囲は 221m×266m（X=27～248m、Y=36～302m）である。図中等高線は噴砂の発生程度を示すもので全噴砂面積の合計に対する半径 25m 円内の噴砂面積の総和の比を各点 5m 間隔の地点で求めて等高線化したものである。また、図中の○は噴砂の位置、大きさは噴砂の径を示し、●（プロット）は発破孔を示している。これらより、噴砂が多く発生しているのは、調査範囲南側の仮設道路付近と第 1 回予備試験範囲の北側であり、噴砂発生面積比は 10%以上となっており、発破領域内の噴砂は発破孔、計測孔、シートパイルや杭の引抜き箇所と一致し、領域西側（山側）に比較的多く発生している。西側以外の領域内では噴砂は比較的小さく、特に追加実験を実施して発破を延べ 2 回行った領域および発破孔間（6m 間隔）の中心では噴砂は全く認められなかった。



写真-1 噴砂発生状況（手前が発破領域内、噴砂中心の位置および径を測量。右上：2001 年当時の実験状況）

キーワード：発破工、噴砂、液状化、液状化指数

連絡先：〒243-0211 神奈川県厚木市三田 47-3 TEL：046-241-2171 FAX：046-241-2176

4. 考察

図-2 に 2001 年実験の事前調査（標準貫入試験，スウェーデン式サウンディング）より推定した液状化指数 P_L の等高線図を示す。 P_L の推定は，スウェーデン式サウンディングを N 値に換算しサウンディング時の推定土性及び標準貫入試験で求めた断面図より土質を推定し細粒分含有率を仮定し，水平震度 0.2 の場合について道路橋仕方書の方法で P_L を算出した．図-1,2 より， P_L が大きいほど噴砂が多く，噴砂が多い南側道路付近や調査範囲北西側では $P_L=15$ 以上となっており，中央部および盛土周辺の噴砂が少ない範囲は P_L が 5～10 となっている． P_L の推定範囲（2001 年スウェーデンサウンディング実施範囲）は噴砂調査範囲より小さいが，液状化抵抗が同等と見なせる $P_L=15\sim20$ 範囲で，発破領域内と領域外の噴砂発生面積比を比較すると，図-3 に示すように発破領域は 3～6%，道路側の領域外は 3～10%と領域内の噴砂の発生率は小さくなっている．

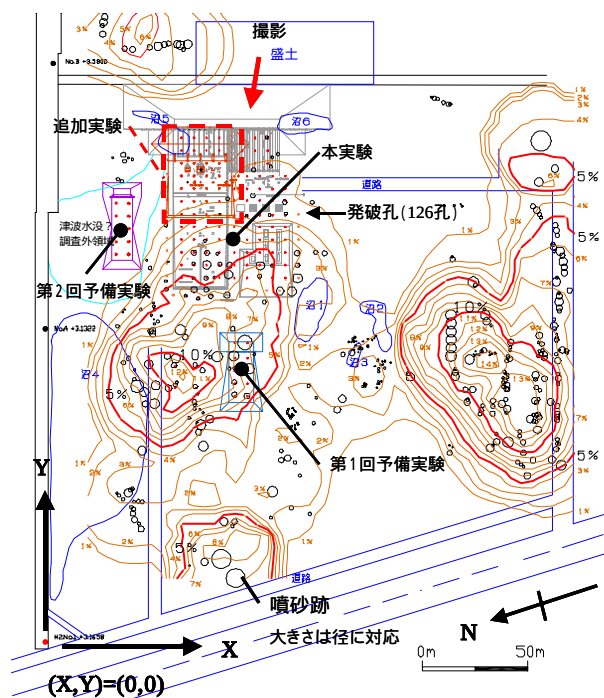


図-1 噴砂発生状況調査結果

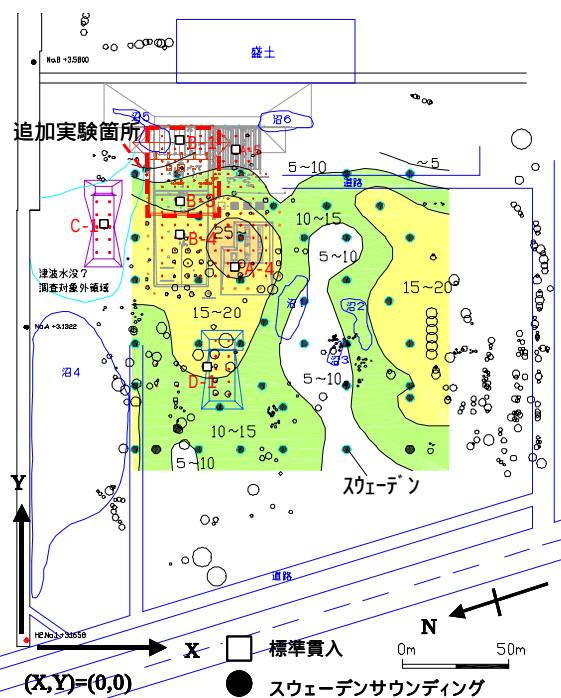


図-2 地盤調査実施箇所において推定した液状化指数

5. まとめ

2001 年発破液状化試験領域に対し，2003 年十勝沖地震で生じた噴砂発生状況より以下のことが確認された．

- ・発破領域は領域外に比べ噴砂の発生程度は小さく，特に発破が 2 回行われた追加実験の領域および改良効果が高くなる発破孔間（6m 間隔）の中心では，噴砂は認められなかった．発破領域の噴砂は発破孔，計測孔，シートパイルや杭の引抜き箇所一致して発生した．
- ・発破前の地盤調査から推定した液状化指数 P_L について，発破領域の内外を比較した結果，同 P_L 値において発破領域内の噴砂の発生率は低かった．

2001 年実験では通常の発破締固め工法より装薬量が少ない効果が得られにくい条件であったが，噴砂発生状況からみると液状化抵抗の増加傾向が認められた．

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) K.Nagao, Y.Maeda, N.Yoshida, H.Kiku, T.Sugano, E.Kohama: In-Situ Full Scale Liquefaction Test by Controlled Blasting, 地盤工学会，港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関するシンポジウム，pp.71～86，2003.12

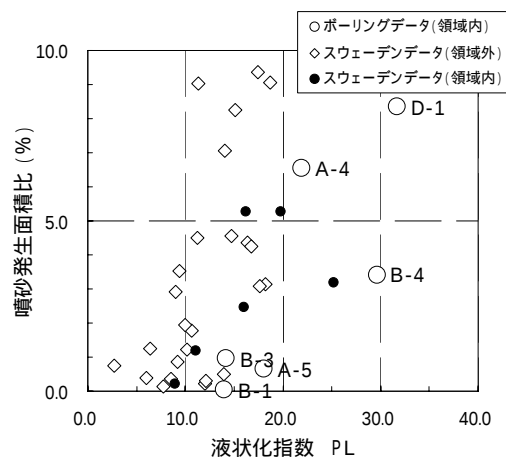


図-3 推定液状化指数と噴砂発生面積比