

I - 722

1993年北海道南西沖地震における青森県車力村下牛潟での再々液状化

飛鳥建設(株) 正会員 〇三輪 滋
 飛鳥建設(株) 正会員 森 伸一郎
 飛鳥建設(株) 正会員 沼田 淳紀

1. はじめに

1993年北海道南西沖地震では、津波による大きな被害に加えて、北海道南西部を中心に液状化などの地盤災害が各地で発生した¹⁾²⁾。東北地方でも青森県の深浦で震度Vを記録し、青森県西部や秋田県中北部で1983年日本海中部地震(以降、前の地震と略す)の際に液状化が発生し被害を受けた地域では、再液状化による被害の発生が懸念された。そこで、地震直後の7月15日から18日にかけて前の地震で被災した地域を中心に、液状化などの地盤災害の観点から現地調査した。以下に青森県車力村の水田の被害に関する調査結果を中心に報告する。

2. 液状化地点と被害概要

2.1 東北地方の被害の概要: 青森県・秋田県では前の地震の震央距離が150km以内であるのに対し、北海道南西沖地震は規模は同じものの200km以上と離れており、その分地震動が小さく、被害は非常に少なかった。青森県では車力村下牛潟地区の3地点で噴砂が確認されただけである。秋田県では被害は見られなかった。図1に噴砂による液状化の確認地点を示す²⁾。震央から最も遠くで確認された液状化地点は下牛潟地区で震央距離は228kmである。これは、栗林・龍岡³⁾の液状化限界震央距離($\log R=0.77M-3.6$)は255kmであり、今回の地震でも過去の経験式がおおむね当てはまる。

2.2 車力村下牛潟地区の液状化: 図2に下牛潟地区の噴砂の生じた水田3地点(A,B,C)の位置を前の地震の被害状況⁴⁾とあわせて示す。前の地震ではほぼ全面的に液状化し大規模な被害を受け、また同年6月23日の余震でも再液状化した⁴⁾。今回は規模は小さいが一部の水田で噴砂が生じ被害を受けた再々液状化である。前の地震の後、実施されたボーリング調査で得られた土質柱状図⁵⁾を図3に示す。表層3m~4m付近まではN値5前後から10以下の緩い砂層が存在し、地下水位も高く表層部分に液状化しやすい砂層が存在していることがわかる。

2.3 被害要因の検討: 調査および水田の所有者の話から以下のことが判明した。『この水田は、前の地震の際にも液状化し被害を受けた。耕作土の厚さは約30cmで下は砂層である。3,4年前に耕作土を地表から6~8mの深さまで入れ換えた。しかし、周辺地盤が崩れないように周囲に約2mの余裕を残して中央部分のみを掘削し入れ換えた』。液状化による被害を受けた2ヶ所(A,B)のうち、1ヶ所は土を入れ換えた水田5枚のうち3枚で列状の噴砂が生じた。噴砂を生じた亀裂は畦道から約2m離れてほぼ並行している。もう1ヶ所では、2枚の水田にまたがって中央部に噴砂が堆積していた。写真1に噴砂の状況を示す。また、C地点でも噴砂が確認された。

液状化の発生が耕作土を入れ換えた水田に限られていた原因を以下に考察する。耕作土を入れ換えてからあまり年月が経っていなかったこと、入れ換えた耕作土の転圧がそれほど十分でなかったことなどから、耕作土の



図1 1993年北海道南西沖地震における液状化地点(●)(東北地方)

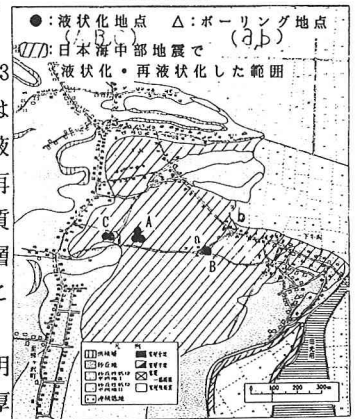


図2 車力村下牛潟地区の液状化地点とボーリング地点(陶野⁴⁾の図に加筆、住宅被害は浅田⁵⁾による)



写真1 下牛潟の水田(休耕田)での噴砂(巻尺の長さ約1m)

れ換えをした部分の砂が周囲の地盤に比べて緩い状態であった。そのため、他の地点では液状化が生じない地震動でも液状化した。さらに、耕作土を入れ換えた境界部分が弱点となって亀裂を生じ砂が噴出したのではないかと考えられる。付近の液状化していない場所での土質柱状図の N 値をもとに約10km離れた津軽大橋での最大加速度 100cm/s^2 値を用いて、道路橋示方書耐震設計編の方法で行った液状化判定の結果を図3に示す。 F_L はいずれも 1.0 を上回っている。液状化が広範囲に発生せず、特に緩い砂層の存在する所に発生した状況を説明できると考えられる。

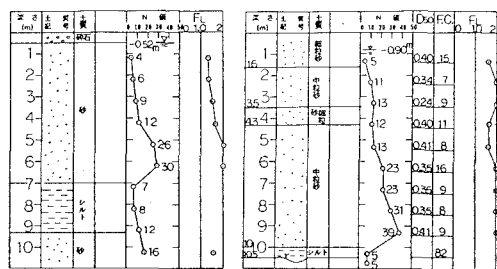


図3 車力村下牛潟地区の土質柱状図と液状化抵抗率（道路橋示方書耐震設計編の方法）

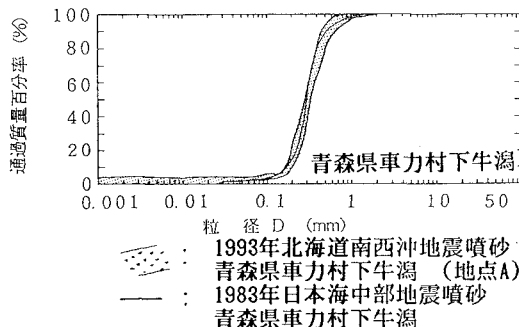


図4 噴砂の粒径加積曲線（車力村下牛潟）
（1993年北海道南西沖地震と
1983年日本海中部地震を比較）

3. 噴砂と地盤内の砂層の粒度特性の比較

3.1 噴砂の粒度特性： 下牛潟の水田から採取した噴砂5試料について、粒度試験（ふるい、沈降）を行った。粒度試験は文献⁹⁾に示した方法にしたがい、細砂に対応する粒径範囲でふるいの種類を追加している。噴砂の採取地点は図2のA地点である。図4に前の地震の際の噴砂と比較して粒径加積曲線を示す。両地震の噴砂はほぼ一致すること、粒径が $0.15\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$ で均等係数が $1.8 \sim 2.2$ という細砂から中砂主体の均一な粒度の砂であり、液状化しやすい粒度特性の砂であることが判明した。

3.2 噴砂と地盤内の砂層の粒度特性の比較： 噴砂は実際の液状化に関する有力な資料となるが、噴砂の粒度特性は地盤内の液状化した層の材料の粒度特性を代表するか、異なるとするとどのように異なるのかなどが判明していないことが多い⁷⁾。ここでは図3に示された地盤内の砂層の平均粒径 D_{50} と細粒分含有率 F_c と比較した。噴砂の D_{50} は $0.25 \sim 0.35\text{mm}$ であるのに対し地盤内のそれは $0.25 \sim 0.40\text{mm}$ 程度で概ね一致する。細粒分含有率はいずれも $5\% \sim 10\%$ 程度であり有意な差はない。これらのことから、噴砂は地盤内の砂の粒度特性とほぼ一致すると考えられる。

4. まとめ

- ①1993年北海道南西沖地震の際に青森県では車力村下牛潟（震央距離228km）で液状化が発生した。これは確認された液状化地点の最遠点である。
- ②車力村下牛潟地区は1983年日本海中部地震の本震と余震で液状化による被害を受けており、地点は限られてはいるものの再々液状化による被害が生じた。
- ③噴砂は日本海中部地震の噴砂と同様、細砂から中砂主体の均一な粒度であり、地盤内の砂の粒度特性とほぼ一致する。

謝辞： 現地調査の際には、多くの住民の方々にお世話になりました。特に、車力村役場総務課の松橋正春氏、下牛潟の佐藤安明氏には被害について詳しく教えて頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)土岐祥介、三浦均也、山下聡、西村右敏：1993年北海道南西沖地震における被害の概要、土と基礎、Vol.41、No.11、pp.5-10、1993.11
- 2)森伸一郎、沼田淳紀、三輪滋：1993年北海道南西沖地震における液状化調査、土質工学会北海道支部第34回年次技術報告会技術報告集、pp.64-73、1994.2
- 3)栗林栄一、龍岡文夫、吉田精一：明治以降の本邦の地盤液状化履歴、土木研究所彙報、No.30、1974
- 4)土木学会：1983年日本海中部地震災害調査報告書、p.933、1986.10
- 5)土質工学会東北支部：1983年日本海中部地震被害調査報告書、p.297、1986.5
- 6)森伸一郎：埋立地の液状化で生じた噴砂の諸特性、土と基礎、Vol.39、No.2、pp.17-22、1991.2
- 7)森伸一郎：1993年釧路沖地震における液状化発生地点と液状化被害、土質工学会北海道支部第34回年次技術報告会技術報告集、pp.14-23、1994.2