

強震時の液状化－流動化現象と地質構造に関する研究 －利根川低地・東京湾岸埋立地での地質環境調査結果－

風岡 修 吉田 剛 香川 淳 森崎正昭 酒井 豊 古野邦雄 木村満男 岡部隆男

1 はじめに

平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震では、県内でも人工地層分布域を中心に、広い地域で液状化－流動化現象が起こり、これに伴い 50 cm を超える局所的な大きな地表の沈下や、電気・ガス・水道といったライフライン施設および戸建て住宅を中心に浅層基礎構造物に被害を生じ、県民生活に大きな影響を与えた。また、道路被害により消防・救急活動にも支障をきたした。

液状化－流動化に関する本格的な研究は、昭和 62 (1987) 年千葉県東方沖地震より開始し平成 2013 年度までには、主に人工地層の浅層部の地質構造と液状化－流動化との関係を明らかにするなど大きな成果をあげてきた。今回の地震動ではそれよりも深い沖積層および深部の人工地層の地質構造の影響が液状化－流動化現象に大きく関係する可能性が高くなってきたことから、これらやや深い地質構造が液状化－流動化現象の発生機構に及ぼす影響の解明を行っていく。

なお、現在、東京湾岸埋立地については本センターが独自に、利根川下流低地に関しては(独)産業技術総合研究所との共同研究で進めている。

2 研究の概要・手順

本地震による液状化－流動化現象の分布、この現象により引き起こされる地質現象(地盤の沈下、地波、地すべり、地下水位の変動、地層収縮など)を現地調査するとともに、液状化－流動化に伴うライフライン・構造物等の被害やあらかじめ行っていた対策などの資料を収集する。次に、これら今回の被害と昭和 62 (1987) 年千葉県東方沖地震時の液状化－流動化被害との比較、及び両地震と地質構造・地震動との関係を調査・研究し、人工地層内での液状化－流動化の起こりやすさや被害程度の違い、そのメカニズムを明らかにし、本現象による地盤の沈下などの予防も含めた被害対策の検討のためや、今後の地震地質災害に強い県

土・街づくりのための基礎資料とする。

3 成果:

東京湾岸低地: 千葉市美浜区高浜の稲毛海浜公園において、オールコアボーリング・高密度簡易貫入試験を行い、液状化－流動化が発生した層準について調査を行った。その結果を以下に示す。

- ①深度約 48m 以深は下総層群、深度約 13m～9.8m より深度約 48m は沖積層、表層より深度約 13m～9.8m は人工地層である。
- ②下総層群はしまった砂層を主体とする。
- ③沖積層は下部の粘土質シルト層(深度 20m～46m)と上部の粗粒シルト層(深度 9.8m～20m)からなる。下部は、 N (標準貫入試験値) $\approx 0-1$ と軟弱な粘土質シルト層からなり、貝殻を含む。基底付近には有機質なシルト層を挟む。上部は、貝殻片を多く含む生物擾乱が著しく、 $N=2-3$ の軟弱な粗粒シルト層からなる。
- ④人工地層は、粘土質シルト層、淘汰の良い粗粒シルト層、淘汰が良く泥質分をほとんど含まない細粒砂層・中粒砂層、貝殻片混じり砂層、貝殻片質砂層、砂混じり貝殻片密集層などで構成され、層相変化が著しい。これは、東京湾の沖合いの浚渫土砂によるサンドポンプ工法による埋立によって作られたものであるためと考えられる。下部層(深度約 5m～13m)・中部層(深度約 1.5m～5m)・上部層(地表～深度約 1.5m)から構成される。下部層は粗粒砂～細礫サイズの貝殻片の密集層を主体とし、軟弱なシルト層や貝殻片のラミナが発達し、 $N=4-7$ 、 N_c (簡易貫入試験値) $\approx 8-20$ と中位の硬さの中粒砂層・粗粒砂層を挟む。中部層は、泥層を主体とし、軟弱な粘土質シルト層・粗粒シルト層と砂層から構成され、砂層は泥層中に挟まれ極細粒砂層・細粒砂層・中粒砂層からなり、極軟らかいシルト礫をしばしば含み、初生的な堆積構造はみられず塊状で、 $N_c=4-10$ とゆ

るい、粗粒砂層・極粗粒砂層はラミナが発達し、 $N_c=12-15$ とややゆるい。なお、この最上部には厚さ約 1m の塊状の、 $N_c=2-4$ の極ゆるい粗粒シルトが発達する。上部層は、ローム礫密集層・細粒砂層・軽石密集層からなり、盛土層を主体とし、地盤改良により $N=15$ 、 $N_c=15-40$ と硬質になっていることが多い。

⑤オールコアボーリング試料の地層断面観察から、ラミナの変形・消失を基に液状化一流動化部分を判定した結果、主に液状化一流動化した部分は人工地層の中部層であり、中でも極細粒砂層・細粒砂層・中粒砂層が液状化一流動化し、粗粒砂層・極粗粒砂層では液状化一流動化がみられない。また最上部に位置する粗粒シルト層は液状化一流動化しているものの、粘土質シルトのラミナを含む粗粒シルト層および粘土質シルト層には液状化一流動化は見られない。下部の貝殻片密集層やこれに挟まれる砂層や泥層においても液状化一流動化はみられない。

利根川下流低地：香取市佐原口、香取市一分目新田、神崎町向野にてオールコアボーリングを行った¹⁾。このうち神崎町におけるオールコアボーリングより明らかになった本地区の最終氷期以降の層序と液状化一流動化した層準²⁾について述べる。

①最終氷期以降の地層の厚さは60mを超え、自然地層である佐原層（いわゆる沖積層）と人工地層から構成される。

②佐原層は、深度5.3～61mに分布し、砂層を主とする下部層、泥層を中心とする中部層、砂層を主とする上部層から構成される。ただし、基底は61m以深である。下部層は深度57～61mにみられ、斜交ラミナが発達する中粒砂層ないし砂礫層より構成され泥層をほとんど挟まない淡水性であり、河川成の地層と考えられる。中部層は深度10.5～57mにみられ、汽水～淡水成の泥層を主とする。下半の深度37～57mは粘土質シルトから構成され基底付近に泥炭層を挟む。上半の深度12.9～37mはフレーザーラミナないしウェービーラミナが発達する粗粒シルト層と粘土質シルト層の互層である。頂部の10.5～12.9mは生痕混じりの極細粒砂層である。上部層は深度5.3～10.5mにみられ、斜交ラミナが発達する細粒砂層を主とし中粒砂層ないし粗粒砂層を挟み植物片ラミナを含む淡水性であり、河川成の地層と考えられる。頂部40cmは土壌化した泥混じり中粒砂層である。

③人工地層は、地表から深度5.3mにあり、深度1.1m以深はサンドポンプによる埋立層である。中粒砂層を主とし斜交ラミナが発達する。1.1～1.2mは腐植物を多く含む土壌化している。深度0.55～1.1mは水田の耕作土壌層である有機質シルト層である。地表から0.55mは細粒砂層を主とした盛土層である。

④初生的なラミナの変形・消失より、液状化一流動化したと考えられるのは、人工地層の砂層と佐原層上部の砂層である。佐原層上部層は元禄地震や関東地震時にも液状化一流動化している可能性もあり、地層の変形の時相を今後明らかにし、今回の地震時の液状化一流動化部分を特定する必要がある。

⑤液状化一流動化が発生した部分は、主に利根川の旧河道を埋立てた人工地層内で発生している。

⑥一部のマイナーチャネル堆積物（おそらく江戸時代以降の地層）にも液状化一流動化はみられた。氾濫原堆積物の細粒砂層はN値が3未満と極ゆるいにもかかわらず液状化一流動化は起きていない。

4 今後の展望

①液状化一流動化現象の発生部分～非発生部分ないしは被害程度が異なる部分においてオールコアボーリングなどによる地層の直接観察により、人工地層の側方への変化様式と被害との関係を明らかにし、被害予測の精度向上への資料を収集する。また、地層の直接観察により液状化一流動化部分、非液状化一流動化部分を特定し、液状化予防方法の資料を収集する。

②液状化一流動化に伴う地盤の沈下のメカニズムを検討する。

③地震データを収集し、液状化一流動化と沖積層の埋没谷の影響について検討する。

引用文献：

1)水野清秀・風岡修・田辺晋・小松原純子・宮地良典・小松原琢・石原武志・中島善人・吉田剛・石原与四郎、利根川下流域における液状化層の地質学的総合調査、日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会予稿集、HQR23-01 (2013)。

風岡修・水野清秀・吉田剛・田辺晋・香川淳・森崎正昭・野崎真司・菅野美穂子・古野邦雄・酒井豊・木村満男、2011 年東北地方太平洋沖地震の際液状化一流動化した層準：利根川下流低地神崎町の旧河道周辺。

日本地球惑星科学連合大会2013年大会予稿集,
HQR23-02 (2013).