

現地レポート：インフラ施設の耐震技術の高度化に向けて

平成30年北海道胆振東部地震で被災した
札幌市清田区里塚地区の市街地の復旧

須志田 健・櫻井英文

1. はじめに

平成30年9月6日に発生した北海道胆振東部地震により、札幌市の南東部に位置する清田区里塚地区では顕著な地盤沈下や谷地形下流側への大量の土砂流出など、過去の地震に例を見ない様相の甚大な被害が発生した。発災後には、宅地や家屋被害により、区域内の半数以上に及ぶ住民が避難生活を余儀なくされ、多くの住民が住み続けることについて、大きな不安を抱いていたことは想像に難くない。

本稿では、地域コミュニティの再生に向けて「早さ」にこだわり、発災から半年あまりで復旧工事に着手した一連の取組¹⁾とともに発災後2年余りを経過した現時点で、着実に進む市街地の復旧状況を報告する。

2. 被災概要

当地震により、市域の東部（東区）では最大震度6弱、里塚地区のある清田区においては震度5

強を記録した。里塚地区では、道路、上下水道、公園など各種のインフラ施設に被害が発生し、宅地においても2.5mを超える沈下とともに、区域内の約140軒のうち全壊約40戸、大規模半壊・半壊を含めると80戸以上の家屋に甚大な被害が発生した。その被災概要（写真）と位置図を図-1に、各施設の被災状況を表-1に示す。

甚大な被害は、図-1中右下の旧地形区分図からわかるとおり、昭和50年代の初めに谷地形（低地部、段丘部）を宅地造成のために盛土した箇所において、旧水路の流下方向（北東方向）に沿って発生したものである。

表-1 各施設の被災状況

施設名	被災状況
道路	8路線で沈下 L=750m 土砂流出・堆積 L=250m
水道	水道管破損 3箇所 (φ500×1、φ200×2)
下水道	下水道管機能障害 L=3.7km
公園	里塚中央ぽら公園にて沈下(約2.2m)、施設破損
住宅 (り災証明)	全壊43戸、大規模半壊20戸、半壊22戸



図-1 被災概要（写真）及び位置図

この被災状況を特徴付けているのは、図-2のとおり、A-A'断面の地中部において北東方向に向かって帯状に液状化に伴う土砂流動が発生し、大規模な沈下が発生したと、この土砂が流出し堆積したことである。

3. 調査

3.1 調査の概要

発災メカニズムの推定、それに続く対策工の検討にあたり、速やかに現地の状況を把握することが肝要であり、発災後直ちに表-2に示す調査を実施した。また当該盛土は、民間事業者によるものであり、開発行為の許可書類などに基づき、造成の経緯、旧地形などについて併せて調査を行った。

航空レーザ測量による地震後の地表面沈下量を図-3に示す。旧地形の沢筋で盛土の厚い箇所では沈下が大きく、特に里塚中央ぽぷら公園の東側において2.5mを超える大きな沈下が見られた。

3.2 地質調査

図-4は、沈下の著しい線上（図-2のA-A'）の土層断面図である。当該地盤は、火山灰砂質土を主体とした盛土が、最大約10m程度の層厚で分布しており、土砂の流出方向に沿って、帯状にN値0～2程度の非常に緩い土層が地下水位以下に分布していた。

写真-1は、発災2か月後に、里塚中央ぽぷら公園において、現位置のサンプリングを行った状況である。地上より3～4m程度までは、比較的安定した状態で掘削を進められたが、地下水位に到達した時点で、ヘドロ状の非常に柔らかい土層が確認された。流動が発生した土層付近と推察され、

地下水の有無によって、土の性状が大きく異なることが示唆された。



図-2 流動化と土砂堆積の範囲

表-2 発災直後に実施した調査

調査名	目的等
目視調査	被災状況の把握(発災直後から実施)
三里川ボックス内調査	被災区域内の河川ボックスの健全度把握
航空レーザ測量	地盤変化の把握
ボーリング調査	地中の状態の確認(全37本)
定点観測	地表・地中の変位確認
道路の空洞調査	道路の陥没・空洞の把握
表面波探査	地中の脆弱部の把握

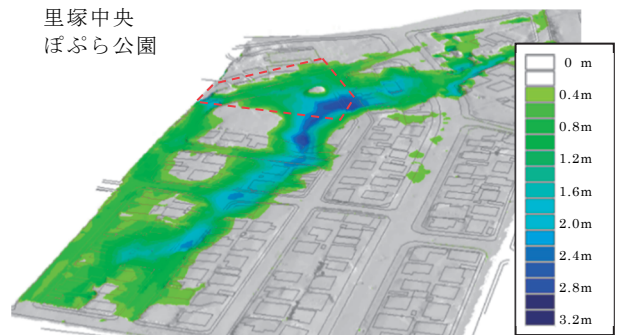


図-3 航空レーザ測量による地震後の地表面沈下量

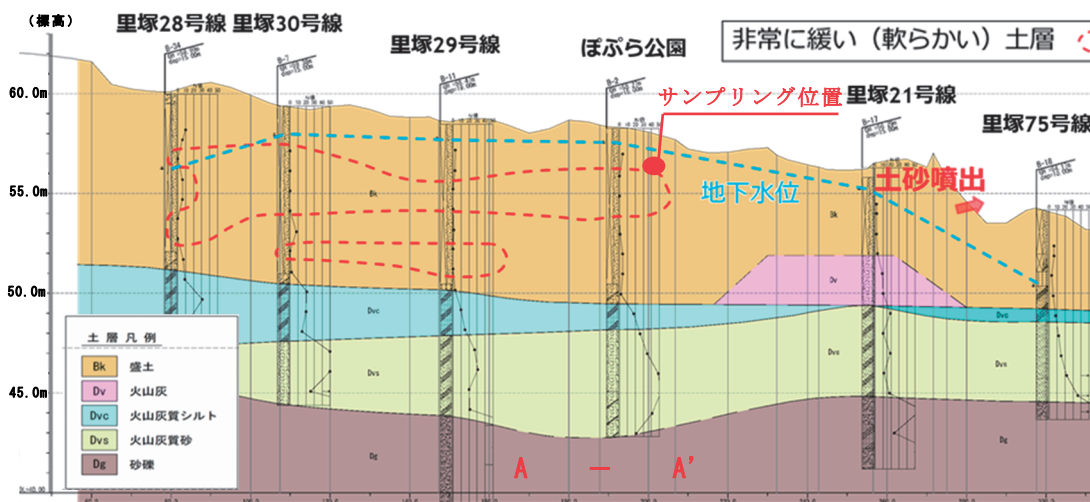


図-4 大規模な沈下が発生した土層断面図

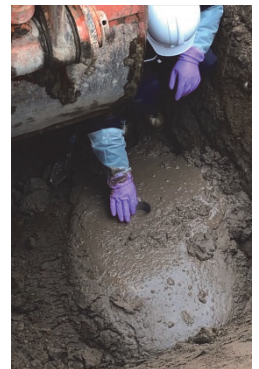


写真-1 サンプリング状況

4. 発災メカニズムの推定

被災地の状況は、過去の地震被害で例がなく、他の液状化被害と比較して、地盤沈下量が極めて大きかったため、発災直後には、復旧方法について見通すことが難しかったところであるが、国土技術政策総合研究所、土木研究所の専門家から構成される技術検討会議や有識者の助言をいただきながら、メカニズムの推定、対策工の選定を実施した。発災メカニズムについては、非常に液状化しやすい土質であること、傾斜地の盛土において流出部付近で急勾配となり地下水位が高いこと、流出した付近では複数の土砂の隆起の痕跡があり、舗装の亀裂の状況から従前より支持力が弱かった可能性があることなどを踏まえ、図-5のとおり取りまとめている。

5. 対策工の選定

対策工の検討を進めている発災後3か月を経過した時点で、被災地域の住民のうちおよそ半数にあたる約60世帯は、家屋等の損傷により仮住ま

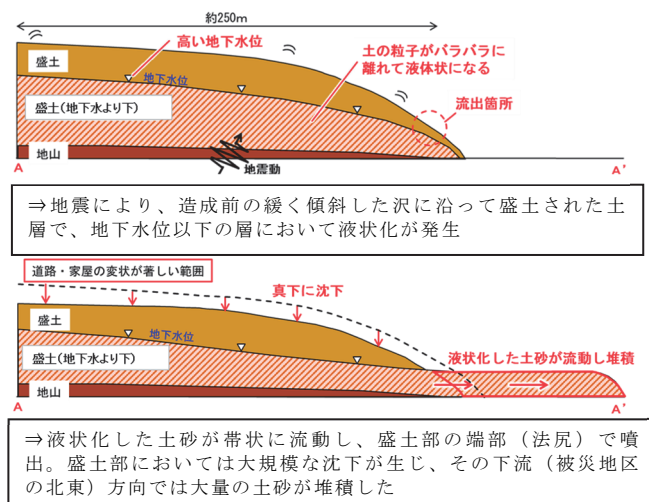
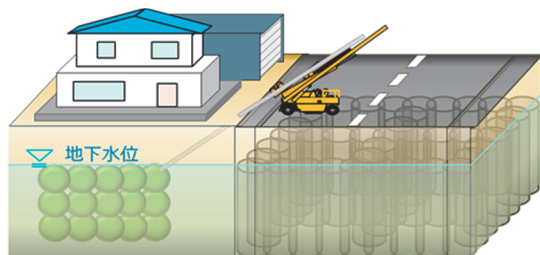


図-5 被災メカニズム

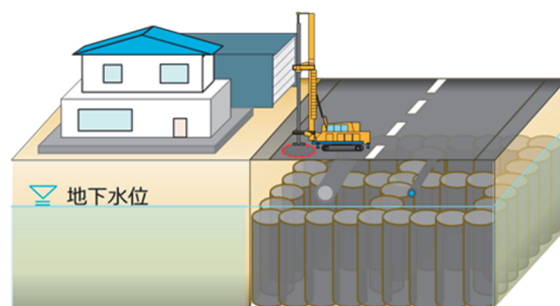
いを強いられた一方で、残る約半数の世帯は同地域で居住を継続する状況にあった。

一刻も早く地域コミュニティの再生に向けた見通しを立てるため、実績やスピード感を重視し以下①～③に示す方針に基づき、図-6に示すとおり道路、宅地、公園各所に適材適所となる地盤改良を選定した。



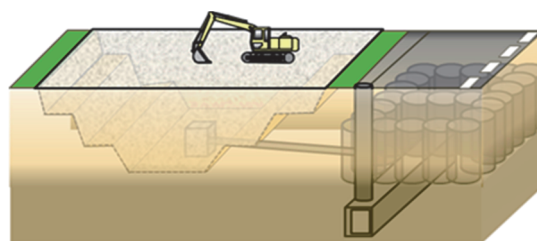
【宅地部の地盤改良：薬液注入工法】

- ・宅地下の地下水位以下の液状化層（緩い層）を改良
- ・土粒子の隙間の水を薬液に置換え、地中に改良体を生成し、流動化と液状化の発生を抑制
- ・建物がある場合でも、斜めから施工が可能



【道路部の地盤改良：深層混合処理工法】

- ・道路部の地下水位以下の層を地盤改良
- ・土中に柱状の改良体により壁を生成、流動化を防止
- ・直上から施工でき薬液注入よりも施工が早く、経済性に優れる



【公園部の地盤改良：砕石置換工法】

- ・公園部は地表面から緩い土層を砕石へ置き換え、液状化の発生を抑制し流動化を防止
- ・置き換えられた砕石は透水性に優れ、周辺の地下水のせき上げ対策にも効果を発揮

図-6 適材適所の対策工法適用箇所及び概要

- ①発生要因を踏まえ、液状化と大規模な土砂の流出による再度災害への抑制効果があること
- ②個人負担に配慮しつつ、個人が実施する住宅再建への時間的影響を極力小さくすること
- ③スピード感を重視し、施工実績や対策工の信頼性、耐久性が認められている工法であること
- また、道路と宅地の改良体は難透水で、地下水位のせき上げが懸念されたことから、三次元浸透流解析に基づき、暗渠管布設による地下水排除を実施することとした。

6. 工事発注

対策工法の決定後、事業のスピードと高度な技術力の確保の両立を目指し、「詳細設計付き工事」として「総合評価落札方式（技術提案審査型）」の入札契約制度を新たに制度設計し対応を図った。平成31年2月末に工事告示、発災半年後の4月早々に契約着手した。

7. 2年経過時点の復旧状況

7.1 現地事務所による対応

対策工法決定後の平成31年1月に現地事務所を設置し、被災者からの各種相談を受けるワンストップ窓口を創設した。

相談内容は、支援制度や義援金に関すること、対策工の効果や施工に関すること、住宅再建に関することなど、多岐にわたるものであったが、個別の状況を聞き取り、丁寧な対応を心掛けた結果、地域住民との信頼関係が構築され市が実施する対策工事への理解と協力につながったものと考えている。

7.2 市街地の復旧状況

表-3は事業区域内134件のうち、家屋被害があった116件について住宅再建の意向をまとめたものである。賃貸住宅の10件は未定が多いもの

表-3 住宅再建の意向

事業区域内 の動向	被災	住宅再建意向	再建方法	工事着手済	
					再建済
持ち家 (全121軒)	106	現地再建	91	建替 23 補修 68	15 28 4 23
		転居	15		
		用途決定	2	補修 1 その他 1	1 0
賃貸住宅 (全13軒)	10	未定	8		
134	116	116	93	45	28

の、持ち家の106件の意向は既に決まっており、うち91件（86%：建替23+補修68）が現地再建の意向を示している。住民が転居する15件の宅地では、複数の新たな転入世帯が住宅の新築をしているところである。地盤改良中においても、住宅再建が可能な薬液注入工を選定したことが功を奏し、現地再建の意向を持つ約半数（15+28）が再建工事着手済みであり、約1/3（4+23）が再建済みである。

8. まとめ

一貫して「早さ」にこだわるとともに、現地事務所などを通じた地域の方との信頼関係の構築により、様々な課題に直面し調整を行いながら、工事をスケジュール通り進めている。

昨年度中に地盤改良を完了し、今年度の暗渠管敷設などを終え、市による復旧工事は完了する。

現在は、住民による住宅再建工事が最盛期を迎えており、発災後2年を経過した現時点において、道半ばではあるものの、着実に地域コミュニティの再生は進んでいる。

謝 辞

本稿で報告した技術的事項の検討にあたっては、国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所からの委員で構成される技術検討会議において、多大なる助言をいただいた。また、一連の取組を通じ、過去に地震被害を受けた各自治体からの助言が大変参考になったところである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 佐々木将仁、渡部要一、川尻峻三、櫻井英文、須志田健：北海道胆振東部地震における札幌市清田区里塚地区の市街地の復旧について、地盤工学会北海道支部技術報告集 第60号、pp.139～148、2020

須志田 健



札幌市建設局市街地
復旧推進室清田区里塚
地区市街地復旧推進担
当課長、博士（工学）
Dr. SUSHIDA Ken

櫻井英文



札幌市建設局市街地
復旧推進室長
SAKURAI Hidefumi