北海道胆振東部地震により被災した地区における土質特性の基礎的考察

札幌市建設局　正会員 ○阿部 勇士，金子 和徳，須志田　健，廻神 一元
西山 健一，曽我部 幸平，櫻井 英文

1. はじめに

平成 30 年北海道胆振東部地震により，札幌市清田区里塚地区では液状化に伴う大規模な流動化被害が発生し，清田区美しが丘地区，豊平区月寒東地区では，液状化やそれに起因した滑動現象による道路，宅地被害が発生した．本稿では，大規模盛土造成地において宅地被害が集中した 3 地区の土質特性から，各地区に見られる傾向や，特に甚大な被害を受けた里塚地区と他 2 地区の違いについて考察する．

2. 被害の概要

札幌市域において最大震度 6 弱を記録した本地震により，多数の家屋被害が発生し，道路，公園，下水道など各種インフラ施設にも甚大な被害が発生した．大規模盛土造成地において宅地被害が集中した 3 地区の位置を図－1 に示す．

特に里塚地区においては，液状化に伴う大規模な土砂の流出により 2m を超える地盤の沈下など，宅地や道路に甚大な被害が発生した．また，美しが丘地区，月寒東地区においても液状化に起因した地盤沈下，建物の傾斜，舗装の段差等が発生し，全壊家屋が出るなど，多くの市民が避難を余儀なくされた．

図－1　札幌市における被災宅地集中 3 地区　位置図

災害復旧及び再度災害防止対策についてはスピード感を持って取り組んでおり，里塚地区においては，すでに地盤改良工事に着手済みであり，令和 2 年度内の完了を予定している[1)]．美しが丘地区，月寒東地区においても地下水位低下工事を令和 2 年度より予定しており，令和 3 年度までの事業完了を目指している．

3. 比較項目と抽出条件

3 地区はいずれも昭和 50 年代に開発された大規模盛土造成地であり，盛土材は支笏火山を給源とした支笏火砕流堆積物 Spfl である．支笏火砕流堆積物 Spfl は過去の被災事例からも液状化しやすい火山灰質土として知られており，今回は 3 地区の復旧，再度災害防止の検討を進める中で実施したボーリング調査及び室内土質試験により，土粒子の密度 ρ_s（g/cm³），自然含水比 W_n（%），細粒分含有率 F_C（%），乾燥密度 ρ_d（g/cm³）と盛土の N 値及び地下水位を比較した．乾燥密度 ρ_d は，月寒東地区において現場密度試験未実施のため 2 地区での比較とした．また，液状化安全率 F_L は，平成 30 年北海道胆振東部地震にて札幌市清田消防署で観測された最大加速度 277.8Gal を用いて算出した．抽出条件としては，各地区 5～7 地点のボーリング調査において採取した土質試料の平均値とし，調査位置は地区内で最も被害が集中し，液状化が発生したと判断される区域内とした．いずれの試料も盛土層，且つ地下水位以下の深度において採取し，里塚・美しが丘地区では地表面から－4m 程度，月寒東地区は－3m 程度の深度から得られた土質試験結果を使用した．

キーワード　平成 30 年北海道胆振東部地震，大規模盛土造成地，液状化，火山灰質土，物理的性質
連絡先　〒060-8611　札幌市中央区北 1 条西 2 丁目　札幌市建設局市街地復旧推進室　TEL011-211-2390

© Japan Society of Civil Engineers

4. 比較検討結果

3 地区における試験結果を表 - 1 に示す．土粒子の密度 ρ_s 及び自然含水比 W_n については，3 地区ともに大きな差異はなく，既往研究[2)]にて示されている一般的な支笏火砕流堆積物 Spfl が示す物理的性質の範囲内であった．細粒分含有率 F_c についても，同じく範囲内ではあったものの，月寒東地区は他 2 地区と比較して 10%程度低い結果が得られた．一方，N 値を比較すると，里塚地区が最も低く，平均で 1 となり，美しが丘地区，及び月寒東地区では 4 と，被害の大きかった里塚地区が最も小さい値を示した．

乾燥密度 ρ_d は 2 地区ともに盛土の原位置密度としては低い値を示し，地下水位については里塚地区が一番深い結果となった．また，これらの値を用いて計算した液状化安全率 F_L は 0.68～0.7 と差異は少なく，3 地区ともに 1.0 を切っており，液状化が発生したことを裏付ける結果が得られた．

表 - 1　被災宅地集中 3 地区における土質特性比較

地区名	土粒子の密度 ρ_s g/cm³	自然含水比 W_n %	細粒分含有率 F_c %	乾燥密度 ρ_d g/cm³	盛土(支笏火山灰) N値	地下水位 (GL-m)	液状化安全率 F_L
里　塚	2.34	60.0	36.2	0.89	1	2.88	0.70
美しが丘	2.48	52.5	37.5	0.88	4	1.82	0.68
月寒東	2.46	59.5	27.3	——	4	1.08	0.69
既往研究による物理的性質範囲	2.1～2.8	20～110	10～50	0.7～1.3			

5. 考察

今回比較した 3 地区において，土質特性として得られた物性値は全て既往研究による範囲内であった．N 値など，里塚地区の値が他 2 地区と比べて異なる値を示した理由は，同地区が大規模に流動化した影響も考えられるが，結果として全地区とも共通して液状化が発生し易い土質ということが分かった．

この検討結果より，里塚地区の被害が他 2 地区と比較して甚大となった要因を考えると，液状化に対する強度不足よりも，佐々木らによる発生メカニズムの推定[1)]に示されているとおり，傾斜盛土地盤の末端部（旧沢筋の下流側）の勾配が大きかったこと等，地形的な要因が大きいことが推察される．また，美しが丘地区も緩傾斜地であり，月寒東地区はひな壇状の造成地であることから，本市において宅地被害が集中した区域は，傾斜地の大規模盛土造成地であることがあらためて確認された．いずれの地区も地下水位が高く，液状化安全率は 1.0 を切ることから，これらの条件が重なる他の盛土造成地においては，今後の地震被害が発生する可能性が高い地区として十分に注意し，必要に応じて事前対策を講じることの必要性も示唆されたと考える．ただ，今回使用した試験値は本稿作成にあたり，新たな試験を行ったものではないため，必ずしも有用なデータを揃えることが出来なかった．今後は，最大乾燥密度を求め，締固め特性を把握することで，盛土の施工品質や経年変化の影響についても検討していきたい．

6. おわりに

本市には，この 3 地区以外にも大規模盛土造成地が数多く存在している．今後，被害が発生していない地区においても，3 地区同様に甚大な被害が発生する可能性があるため，今回得られた知見を活かして，土質特性や地形状況を踏まえた事前防災対策の検討を進めてまいりたい．また，国土交通省においても大規模盛土造成地防災対策を推進しており，これらの動向を注視しながら，都市の強靭化に向けて積極的に取り組みを進めてまいりたい．

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.
2）地盤工学会北海道支部：「実務家のための火山灰質土」，2010.

© Japan Society of Civil Engineers