

## 論文 Original Paper

2018年北海道胆振東部地震による北広島市大曲地区の  
建物傾斜及び擁壁被害の分析橋本隆雄\*<sup>1</sup>・内田秀明\*<sup>2</sup>・宗川清\*<sup>3</sup>Analysis of building slope and retaining wall damage in  
the Omagari district of Kitahiroshima City by  
the 2018 Hokkaido Eastern Iburu EarthquakeTakao Hashimoto\*<sup>1</sup>, Hideaki Uchida\*<sup>2</sup>, Kiyoshi Sokawa\*<sup>3</sup>

**Abstract:** In the 2018 Hokkaido Eastern Iburu Earthquake, a slope with a strength of 7 collapsed in Atsuma Town. On the other hand, in Sapporo City, where the epicenter distance exceeds 50 km, earthquakes with a seismic intensity of 5 or higher were observed. In the Omagari district of Kitahiroshima City, a seismic intensity of less than 5 was observed, and 28 residential land facing the Omagari River collapsed. In Kitahiroshima City, typhoon No. 21 caused heavy rain before the earthquake. Therefore, in this paper, we analyzed the slope of the building in the Omagari area of Kitahiroshima City and the damage to the retaining wall. As a result, it was found that the main causes of the slope of the building and the damage of the retaining wall were the rise of the groundwater level of the loose embankment of the valley in addition to the earthquake.

**Key words:** Hokkaido Iburu Eastern Earthquake, earthquake, residential land damage, embankment damage, liquefaction

## 1. はじめに

2018年9月6日早朝3時8分に発生した北海道胆振東部地震（M 6.7, 震源深さ37km）では、震度7を観測した厚真町で土砂災害を原因とする36人を含めた42人が死亡し762人が負傷した。震央距離50kmを超える札幌市では震度5強を観測し、清田区里塚や美しが丘地区で、大規模な液状化等の地盤変状により建物の沈下・傾斜を生じた。

一方、清田区の東隣の北広島市大曲地区では、震度5弱で写真-1に示すように大曲川に面した28戸の宅地が崩壊した。被災した主な宅地は、支笏火山山麓を開析する大曲川の右岸（東側）に面した南北に細長い街区の一角で、間知ブロック擁壁で支えられた道路の川側に腹付けされた盛土地盤である。道路側には一期造成盛土時に構築された擁壁が残地埋設されており、埋設されたまま

の擁壁と三期造成時に構築された川に面した擁壁が宅地とともに滑ったため、腹付け部分である道路より川側の宅地に顕著な陥没帯を生じたと推測される。

また、北広島市では台風21号により地震前かなりの降雨があり、被災宅地が谷沿いの集水地形であったことから、地下水位上昇により地盤を緩めた可能性が高い。

そこで本論文は、北広島市大曲地区の建物の傾斜及び



写真-1 北広島市大曲地区における盛土地盤の崩壊

\*<sup>1</sup> 国士舘大学理工学部まちづくり学系教授\*<sup>2</sup> 株式会社千代田コンサルタント  
国土保全事業部防災地盤室室長\*<sup>3</sup> 株式会社千代田コンサルタント  
国土保全事業部防災地盤室担当課長

擁壁被害分析をして、今後の宅地の教訓を得ることを目的として行った。

## 2. 災害履歴

### (1) 過去における地震被害

「北広島市地域防災計画（地震災害対策編）」<sup>1)</sup>によると、「本市における地震の発生状況は、1884年の入植以降、大きな被害を受けた記録がなく、近年、北海道内で発生した1993年釧路沖地震及び1993年北海道南西部地震、1994年北海道東方沖地震、2003年十勝沖地震等においても大きな被害はおきていない。」と記載されており、大きな被害のあった地震は北海道胆振東部地震が初めてであった。

### (2) 地表加速度

図-1は気象庁による表面加速度分布<sup>2)</sup>である。図-2は北広島市に設置されている国立研究開発法人防災科学技術研究所の観測所（HKD182広島）の地表加速度計の位置である。北広島市の最大地表加速度<sup>2)</sup>は図-3に示すように199.1galであった。

### (3) 気象状況

北海道胆振東部地震では、前日に台風21号が北海道の西側を通過し、その影響があり地下水位が高くなり被害が発生している可能性がある。しかし、これまで北海道南西沖地震、十勝沖地震では被害を受けていない。そこで、これまでの図-4に示すように恵庭島松観測所における各地震1か月間の降水量を整理したものである。

オレンジ色は北海道南西沖地震、緑色は十勝沖地震、青色は北海道胆振東部地震の降雨量である。十勝沖地震および北海道胆振東部地震では、地震発生1週間前と前日に降雨があったことが観測されている。1ヶ月間の積算降水量は、北海道南西沖地震68mm/月に対して、十勝沖地震はほぼ約倍の129mm/月で、北海道胆振東部地震は4倍の271mm/月の降雨量となり、盛土内の地下水位が上昇していたと考えられる。

これは、十勝沖地震発生前には台風14号、15号が連続して日本付近を通過し、北海道胆振東部地震発生前には台風13号から21号が発生し、そのうち13号、19号、20号、21号の4つの台風が東北、北海道に近接して通過した影響によるものである。

これに比べて北海道南西沖地震は、台風3号が南の海上にあっただけなので降水量が少ないと考えられる。このように、十勝沖地震と北海道胆振東部地震では、台風による地下水位上昇しているところに地震が発生したことによる複合災害であると考えられる。

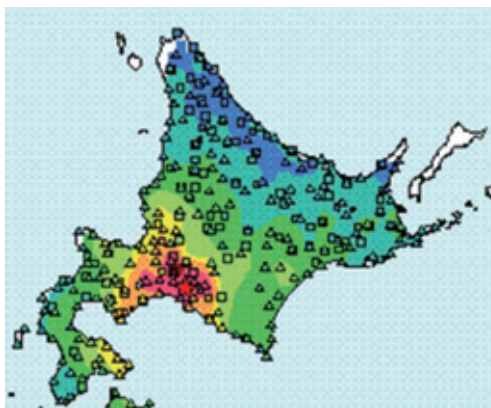


図-1 表面加速度分布図<sup>2)</sup>



図-2 地表加速度計観測所位置図（出典：Google マップ）

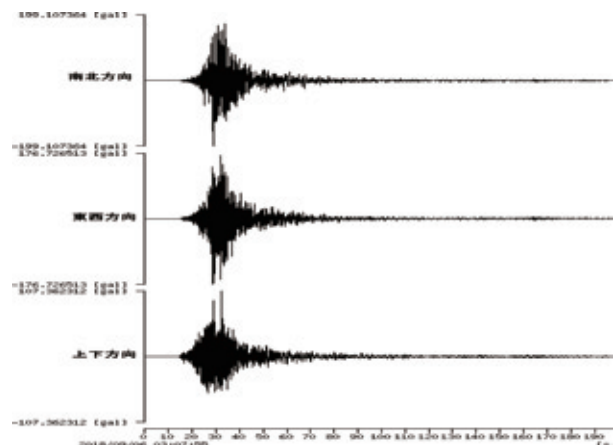


図-3 地表加速度波形<sup>2)</sup>

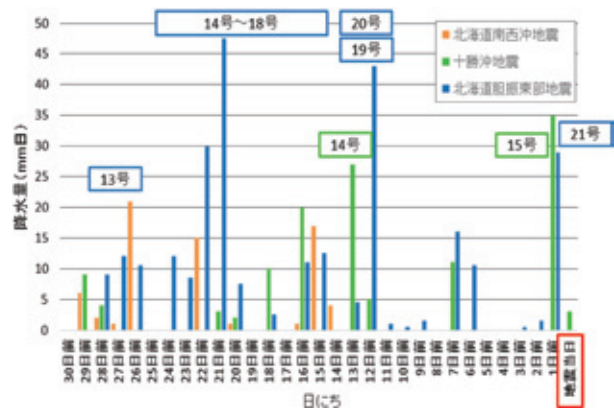


図-4 地震発生1ヶ月間の降水量

### 3. 地盤調査結果

#### (1) ボーリング調査

現地踏査、旧地形と現地形の重ね合せ図面等より、今回の地震によって被害が発生した要因を検証するため、大曲並木地区造成団地全体の地質構成を把握する目的で「ボーリング調査」及び「高密度表面波探査」を実施している。各ボーリング調査位置図を図-5に示した。

表-1 大曲並木地区造成団地における地層構成と相対的強さ<sup>8)</sup>

地質時代	地層名	地層記号	層 別	層 厚 (m)	代高N値 (N6)	相対的強さ
更新世 (旧精進)	遺土	Bs	火山灰	1.60~5.50	3	非常に硬い
	崩積土	As	火山灰	3.50	2	非常に硬い
	沖積層	As	崩積土	0.80~1.90	1	非常に軟らかい
	支那火山噴出物	Ds	火山灰	3.10~8.65	22	中硬
更新世 (新精進)	崩積砂礫層	Bs	シルト混り砂礫	1.35~6.90	21~46	中軟~軟な
	崩積土層	Bs	崩積土	1.15~1.65	15	非常に硬い
	段丘崩積物	Ds	火山灰質シルト砂質シルト	1.20~6.50	15	硬い
	砂質土層	Ds	火山灰質砂礫混り火山灰質砂	1.60~8.20	14	軟な

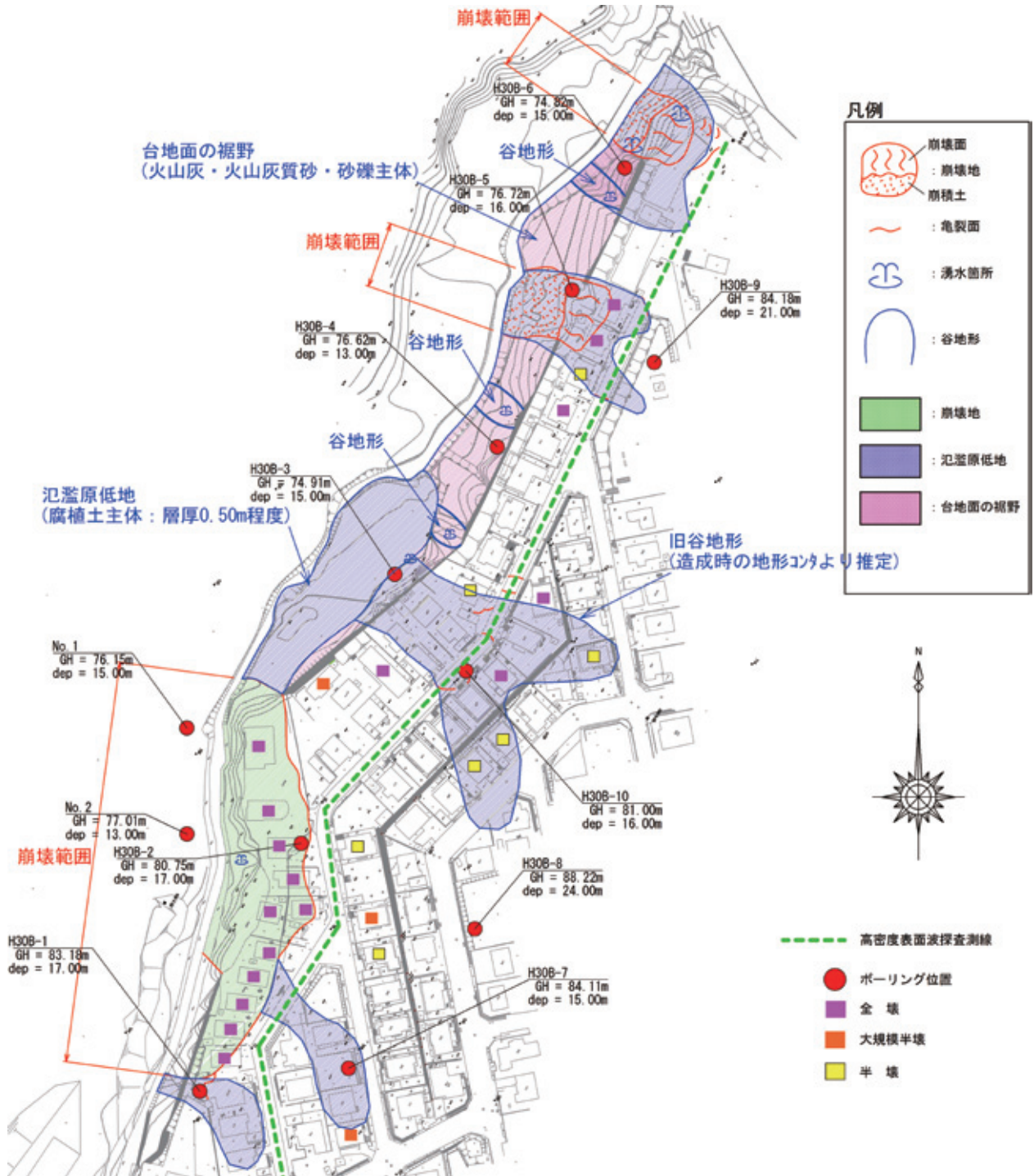


図-5 ボーリング調査位置図

## (2) 大曲並木地区造成団地の地質構成

大曲並木地区造成団地は台地面と大曲川沿いの低地面に位置し、大曲川沿いの札幌市側に沖積層と考えられる砂質土層 [As] と粘性土層 [Ac] が一部認められる。

しかし、全体的に台地面を覆う支笏火山噴出物と判断される火山灰層 [Dv] を主体に下位には第四紀 更新世 (洪積世) 時代の旧段丘面に堆積したと考えられる砂礫層 [Dg]・粘性土層 [Dc]・腐植土層 [Dp]・砂質土層 [Ds] が複数の層厚を呈して堆積している状況にある。また、旧谷地形部分には盛土以深に、沖積層である腐植土層 [Ap] の分布も確認された。当該箇所における地層の構成状況と相対的強さは、表-1に示す通りである。地質断面図位置図は図-6に示した。これらの地質層序を基に当該箇所における地質断面図 (横断図) は図-7～図-9に示す通りである。

## (3) 高密度表面波探査結果

「台地切土区間」と「旧谷地形 (溺れ谷) となる盛土区間」の分布範囲を把握するため、大曲河川側に近い市道上で高密度表面波探査を実施している。ボーリング調査では点での把握となるが表面波探査は測線延長上での把握が可能となるため有効性が高い探査手法である。その結果を図-10に示したが、旧地形から想定された切土



図-6 地質断面図位置図<sup>7)</sup>

地形及び谷地形と、ほぼ同様な結果が得られたことが確認できた。

## (4) 当該区間に分布する地下水位

ボーリング孔内で観測した地下水位は、丘陵地端部で実施した「B-3地点～B-6地点」並びに旧谷地形 (溺れ谷) で実施した「B-7地点及びB-10地点」ではGL-1.0m以内の浅い深度で確認された。崩落個所で実施した「B-1地点とB-2地点」や台地中央部で実施した「B-8地点～B-9地点」ではGL-3.0～5.0m以深とやや深い位置分布している。崩落個所においては擁壁や建物が倒壊したため地下水も河川側に流出しているものと想定される。なお、大曲並木地区造成団地南側家屋崩壊区間背面の現道部においては、掘削工事の際に深度0.5m程度から地下水が湧き出している情報も得られている。よって、当該箇所の地下水位は比較的高いものと想定される。

また、図-11は造成前の地形図と現況地形図を重ねた集水地形図で、大曲並木地区造成団地周辺の降雨が今回被害の大きい谷の末端部に集まる流域であることが分かる。大曲並木地区造成団地西側に発達する汎濫原低地には、図-12及び写真-3に示すように湧水箇所が認められ、今回の調査ボーリングから判明した地質構造より、図-13に示すような火山灰層 (Dv) 下位に不透水層である洪積粘土層 (Dc) が比較的連続性を持って分布することから、降雨は地層深部まで浸透することができず、汎濫原低地に湧水しているものと考えられる。

図-4は、北広島市周辺の地震前の日降雨量の合計で前日に大量の降雨があったことがわかる。このため、豪雨の際には湧水箇所から排水できない地下水が残留し、地下水位が上昇しやすい地質構造であることが考えられる。

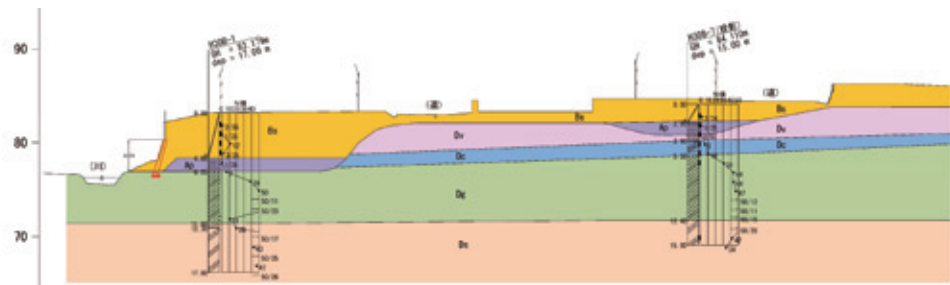
## 3. 建物の傾斜及び擁壁の分析

### (1) 建物被害と盛土地盤の関係

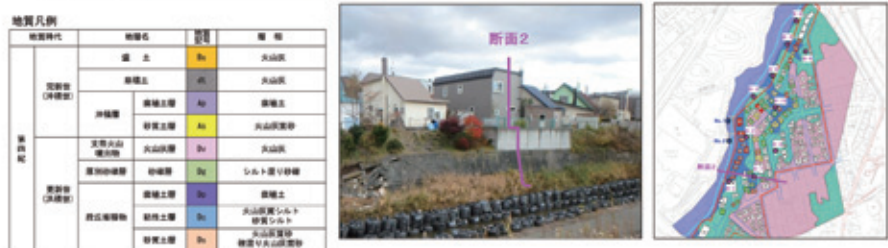
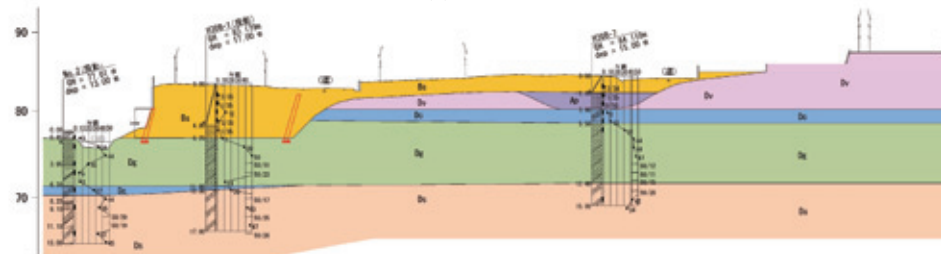
図-14は、建物被害による罹災証明と切土・盛土の範囲の重ね図である。この図から建物被害のほとんどが盛土地盤に集中していることが分かる。特に、旧谷筋を盛土した箇所は「全壊」の判定を受けた宅地が多い。ただし、切土部に被害がある宅地は、敷地の盛り土部の擁壁に変状を生じているものが多い。これに対し、盛土厚が薄いと考えられる箇所や切土の範囲では、比較的被災が少ない傾向にある。

### (2) 建物の傾斜分析

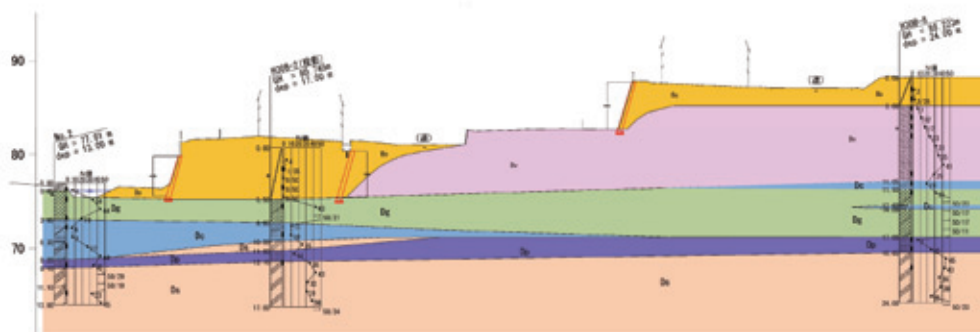
図-15は、建物の最大傾斜で6段階に分けて整理したものである。建物の最大傾斜は、建物の四隅の柱に対してそれぞれ直角方向と斜め方向の3方向について柱の傾斜を計測し、その中で最大となったものをその建物の最大傾斜とした。建物の最大傾斜と傾斜の方向では、盛土



(a) 断面1

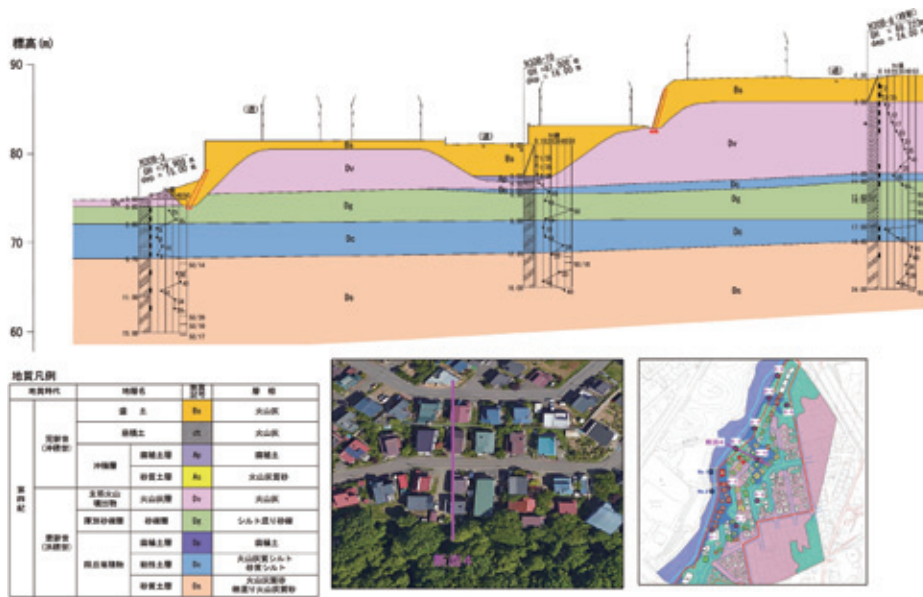


(b) 断面2

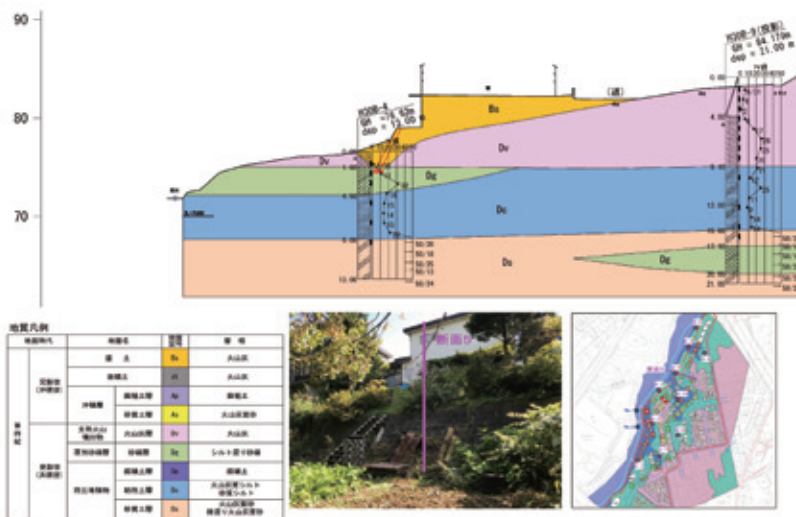


(c) 断面3

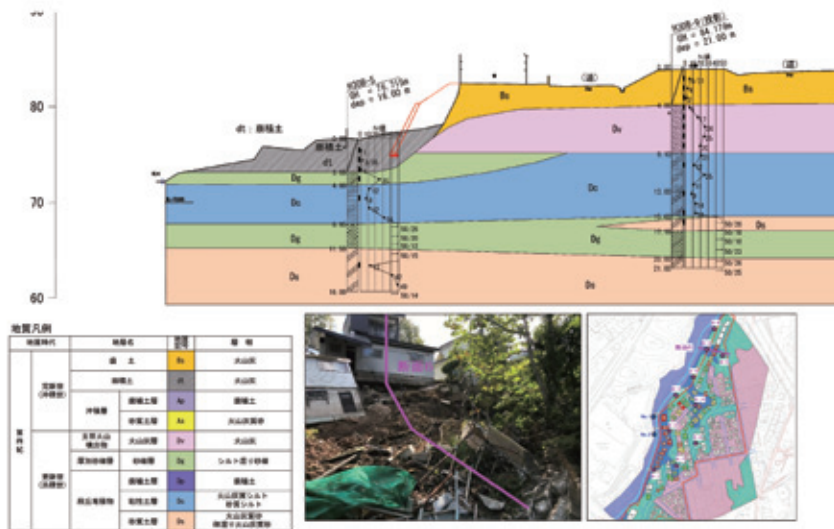
図-7 地質断面図 (断面1～3)<sup>7)</sup>



(d) 断面4

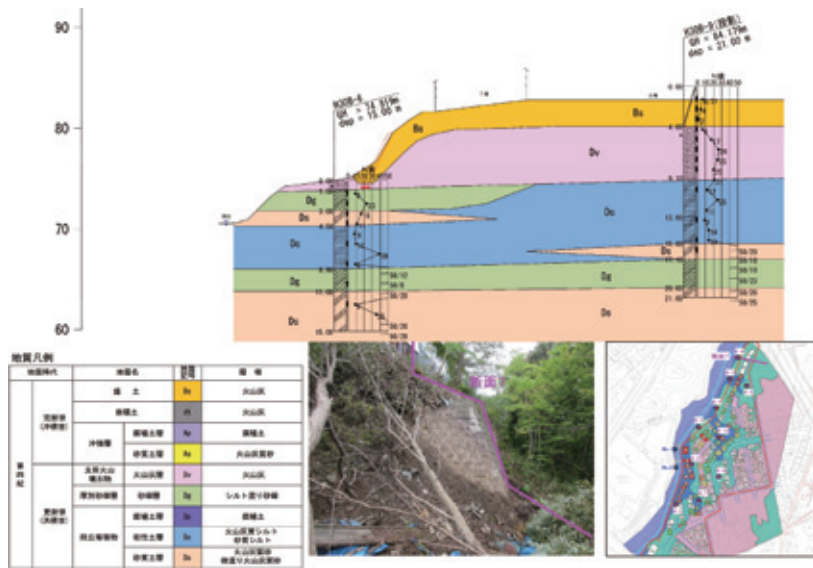


(e) 断面5



(f) 断面6

図-8 地質断面図 (断面4~6)<sup>7)</sup>



(g) 断面7

図-9 地質断面図 (断面7)<sup>7)</sup>

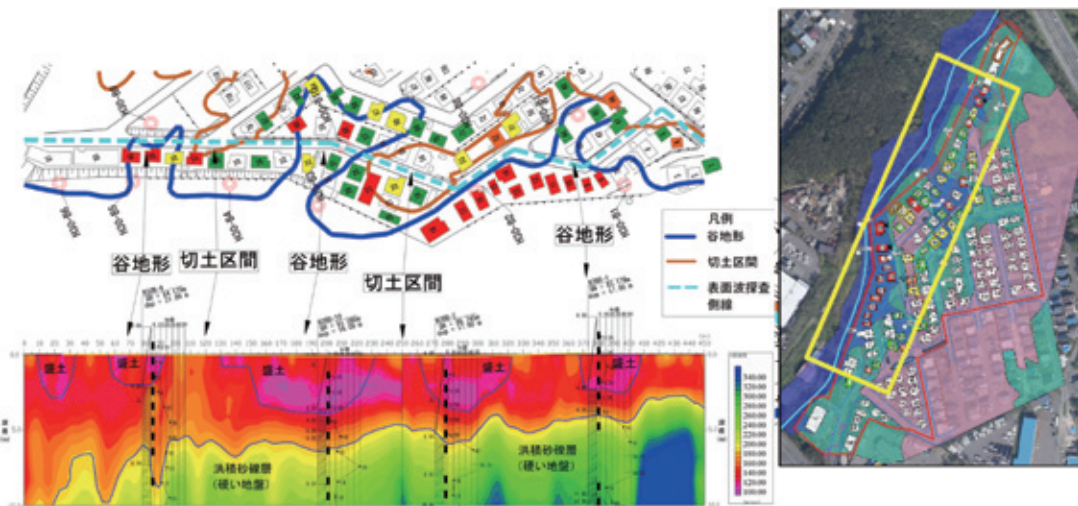


図-10 高密度表面波探査<sup>7)</sup>



図-11 集水地形図<sup>4)</sup>



図-12 湧水箇所位置図<sup>7)</sup>

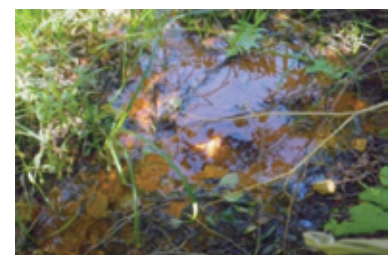


写真-2 湧水状況<sup>5)</sup>

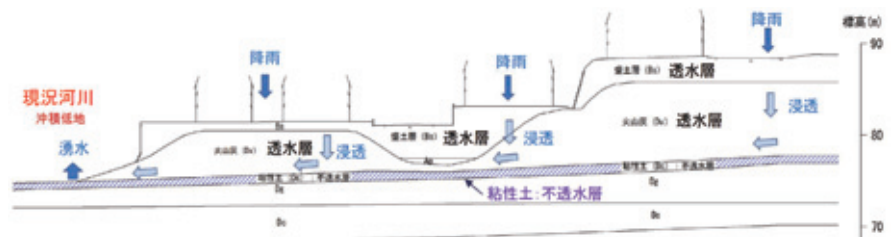


図-13 地下水位が上昇しやすい地質構造<sup>7)</sup>

範囲内にある家屋のほとんどが10/1,000以上となり、切土範囲の家屋については10/1,000未満であった。特に、盛土部では「半壊」以上の判定を受けた家屋が多いことと整合して、その傾きが大きい傾向にある。家屋の平均

傾斜の状況とその分布を図-16に示す。盛土範囲だけでなく切土範囲にも1/200～1/100未満の家屋が分布しているが、傾斜が大きな1/100以上の家屋はほとんどが盛土範囲内に含まれている。



図-14 罹災証明結果と切土・盛土範囲の重ね図

(3) 建物の最大傾斜と盛土地盤の関係

建物傾斜は、地震動により建物自体が傾斜する場合と、基礎地盤の状況によって傾斜する場合があります。最大傾斜が地盤の影響を受けているとして被害状況を分析する。

a) 北側宅地エリア

北側宅地エリアは、図-17に示すように斜面沿いの家屋は大半がすべり斜面方向もしくはクラックの方向に傾斜し、地盤変状と家屋の傾斜は相関関係にあると言える。すべり斜面に近い家屋ほど傾斜も大きくなっている。

b) 中央宅地エリア

中央宅地エリアは、図-18に示すように西側及び東側の切盛り境界の家屋は谷側に向かって傾斜しており、斜面沿いの家屋は斜面に向かって傾斜している。大きな沈下、クラックが見られないため、家屋の傾斜も大きなものはないが、切土部の家屋より盛土部の家屋の方が傾斜が大きくなる傾向にある。

c) 南側宅地エリア

南側宅地エリアは、図-19に示すように西側の盛土部は存置擁壁部分で滑り、家屋は大曲川の斜面方向とは逆に底部すべり崩壊しているため東側へ傾斜している。切

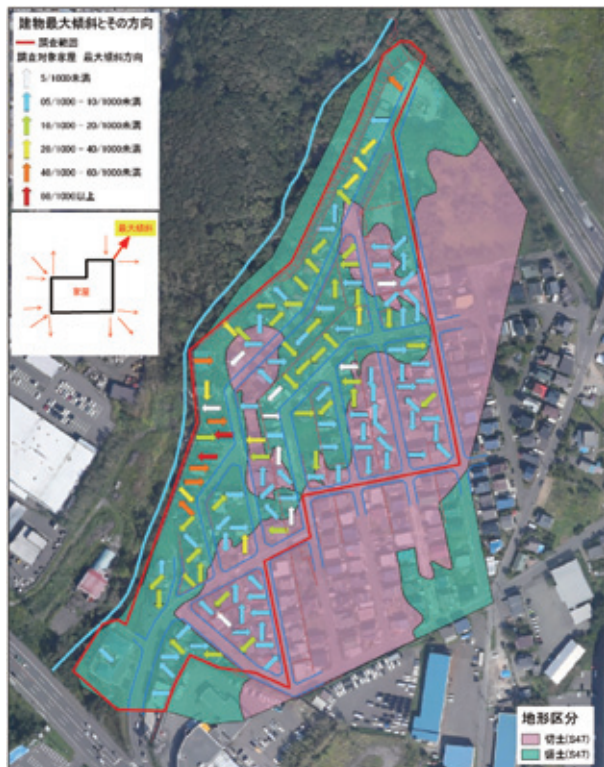


図-15 建物の最大傾斜<sup>7)</sup>



図-16 建物の平均傾斜<sup>7)</sup>



盛り境界の家屋は谷側に向かって傾斜している。

(4) 擁壁の変状分析

a) 中央宅地エリア

盛土が厚く高い擁壁を設置した箇所、特にブロック積擁壁上部に増積擁壁を施工した箇所等は被災している傾向が強い。当該街区の擁壁の変状は、北端から南端まで全体的に発生しているが、特に盛土範囲もしくは切土・盛土の境界付近に位置する箇所では、変状が多く確認されている。壁高が高い箇所では写真-3及び図-20に示すようにブロックの段ズレなどが連続的に発生している。

b) 南側宅地エリア

図-21は、罹災証明、公共用地被災調査（亀裂、沈下

等）、建物傾斜調査、擁壁被災調査、切土・盛土の範囲等の重ね図である。この図から北海道胆振東部地震による家屋、宅地、公共用地等の被災は、そのほとんどが盛土範囲の中で発生していることが分かる。特に、大曲川沿いの第3期開発許可事業で造成された街区では、宅地が大きく崩壊するなど被災が発生している。

図-22は、宅地南側エリアの擁壁で、開発許可申請時の擁壁を赤線、地盤のクラック位置を連続するように結んだ線を青線で示したものである。クラック位置はクラ



図-17 北側宅地エリアの家屋最大傾斜



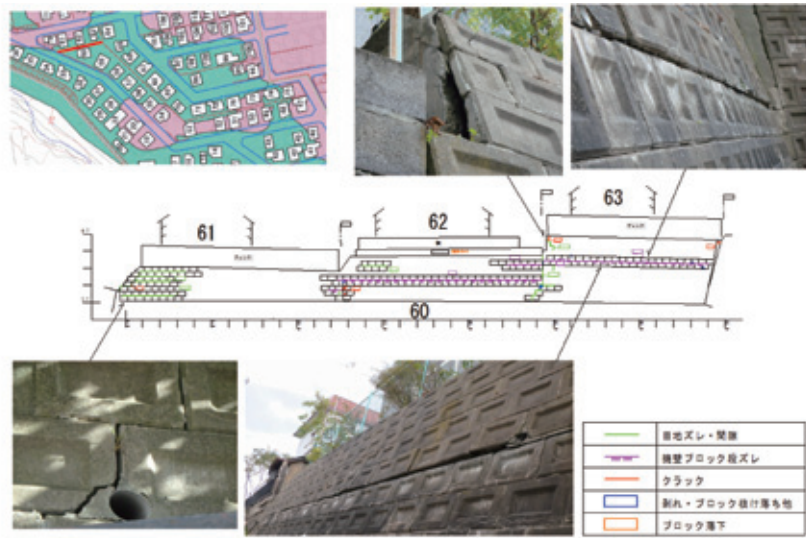
図-19 南側宅地エリアの家屋最大傾斜



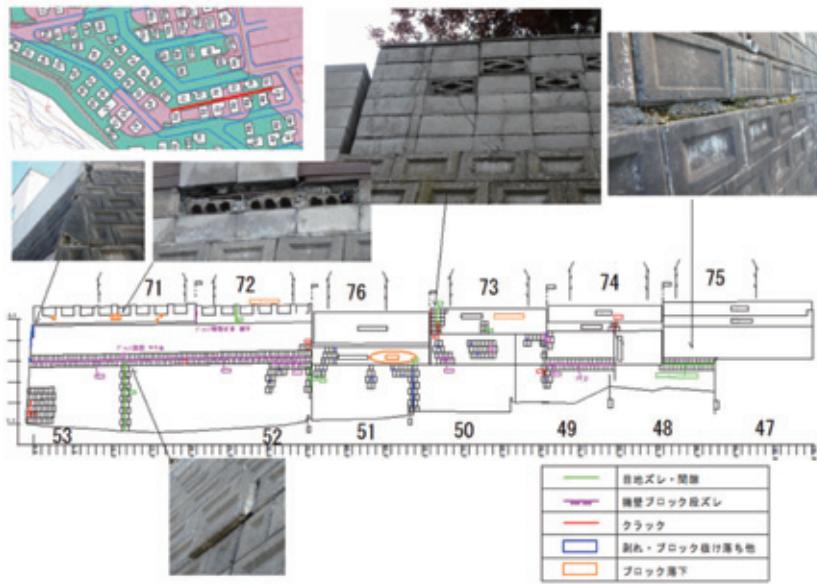
図-18 中央宅地エリアの家屋最大傾斜



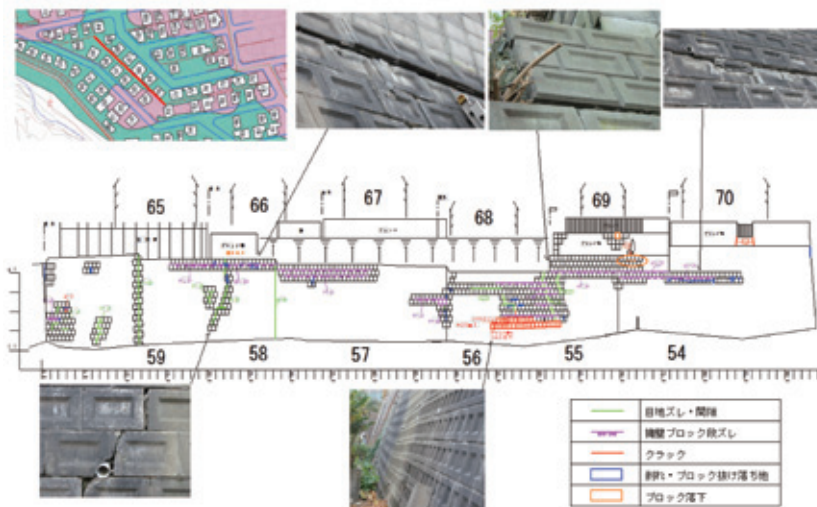
写真-3 練石積擁壁の変状



(a) 北側部分



(b) 中側部分



(c) 南側部分

図-20 擁壁の変状状況正面図<sup>7)</sup>

ックだけでなく既存擁壁が部分的に見えることから、実際の擁壁位置は青線の位置であると思われる。開発許可では、一部擁壁が配置されていない区間がある（黄色の

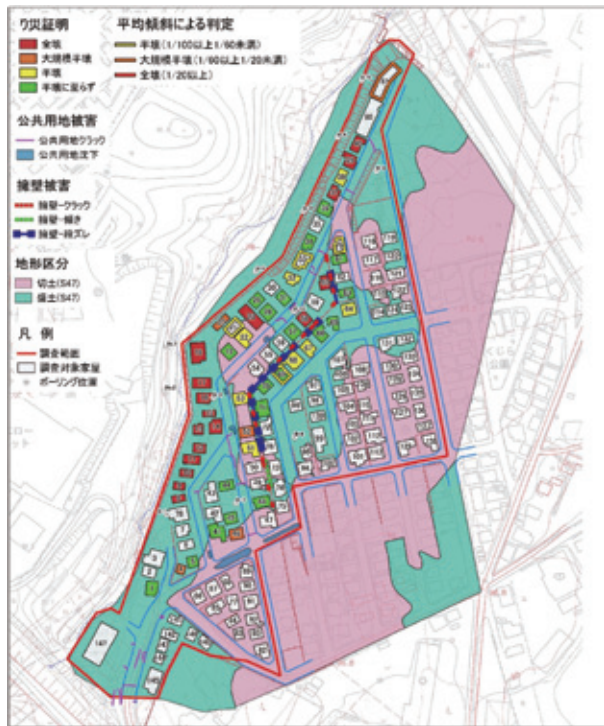


図-21 被災範囲図

三角で示す)。しかし、北側宅地エリア、中央宅地エリアの未設置区間においても現地では擁壁が確認されているが、南側宅地エリアは土中に埋もれているため確認ができない。第3期開発許可申請図面に添付されている測量図によると、この区間にも写真-4及び図-23に示すように擁壁が設置されていることが確認できる。

第3期開発許可で大曲川沿いが宅地化され、大曲川に沿って設置された擁壁が今回の地震で大きく被災している。開発許可申請図書に示されている擁壁高は前面勾配を考慮した斜長となっている。この区間の擁壁の前面勾配はすべて1:0.3となっていることから擁壁高を算定すると、開発許可申請時の擁壁の見え高は全て5m以下となる。しかし、被災した多くの擁壁は増積擁壁となっており、増積擁壁高は5mを超える擁壁となっている。



写真-4 造成時に埋め殺しにした擁壁



図-22 南側宅地エリアの擁壁位置

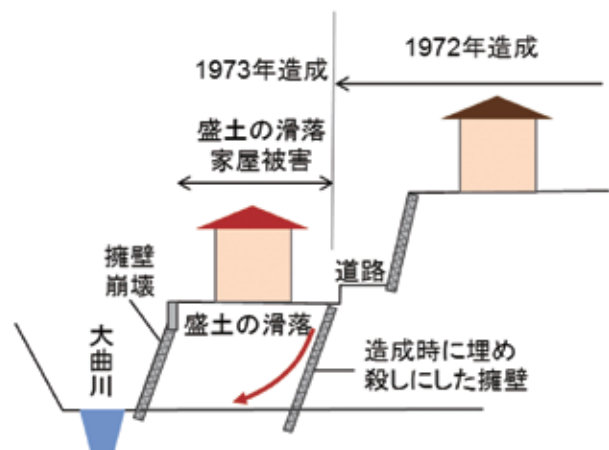


図-23 大曲並木3丁目の模式断面図

## 5. ま と め

被害状況の分析を行った結果、以下のことが考えられる。

- ①今回被災した住宅地及び公共施設等は、盛土造成したエリアに大半が集中しており、特に沢部の谷埋め盛土を造成した箇所が被害が顕著であった。
- ②Bエリアでは、崩落背面に残置された旧擁壁面の摩擦係数が少なく、液状化の発生等により家屋などの上載荷重を支えきれないで、宅地が滑動崩落した。
- ③地震発生直前に到来した台風21号の影響により盛土部の地下水位が非常に高い状態に地震が重なった複合的要因により大きな被害となった。

謝辞：本論文を作成するにあたり、北広島市災害対策本部の皆様のご協力をいただきました。この紙面をお借りしまして、厚く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 北広島市防災会議、北広島市地域防災計画（地震災害対策編）、平成27年3月
- 2) 気象庁：平成30年北海道胆振東部地震の関連情報[https://www.jma.go.jp/jma/menu/20180906\\_iburi\\_jishin\\_menu.html](https://www.jma.go.jp/jma/menu/20180906_iburi_jishin_menu.html)
- 3) 国土交通省：大規模盛土造成地の滑動崩落対策推進ガイドライン及び同解説、[http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi\\_tobou\\_tk\\_000015.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_tobou_tk_000015.html)
- 4) 地理院地図電子国土 Web、<http://geolib.gsi.go.jp/node/2555>
- 5) 北海道地下資源調査所：5万分の1地質図幅説明書「石山」（札幌-第30号）、昭和31年3月
- 6) 北広島市災害対策本部・国士館大学橋本隆雄：第2回北海道胆振東部地震に係る大曲並木地区住民説明会資料、平成30年9月24日
- 7) 北広島市災害対策本部・国士館大学橋本隆雄：第2回北海道胆振東部地震に係る大曲並木地区住民説明会資料、平成30年11月11日
- 8) 株式会社シーウェイエンジニアリング：平成30年度北広島市被災宅地土質調査委託、平成30年12月
- 9) 北広島市災害対策本部・国士館大学橋本隆雄：第3回北海道胆振東部地震に係る大曲並木地区住民説明会資料、平成30年12月12日
- 10) 国土庁防災局震災対策課：液状化地域ゾーニングマニュアル平成10年度版、1999.1
- 11) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針、2001.10
- 12) 日経ホームビルダー、特集1災害が変える地盤対策、2019.1.