

地震災害から住環境の再生に向けての 地盤工学技術の課題

日本大学工学部

岩手大学工学部

東北大学大学院工学研究科

中村 晋

大河原正文

森 友宏

福島県における住環境としての支 持地盤の再生に向けた 地盤工学技術の課題

住環境としての支持地盤の盛土形態に応じた被害状況



須賀川市南上町：須賀川市木之崎：凝
水田上の盛土 灰質砂岩による沢部
に盛土を行った谷埋
め盛土



福島市あさひ台団地：
火山灰質土を用いて
沢部に盛土を行った
谷埋め盛土



いわき市西郷町忠
多：砂質系の丘陵
を切り土し、水田
上に盛土

福島市あさひ台団地の盛土形態 (航空写真,地形図による地形の変化)

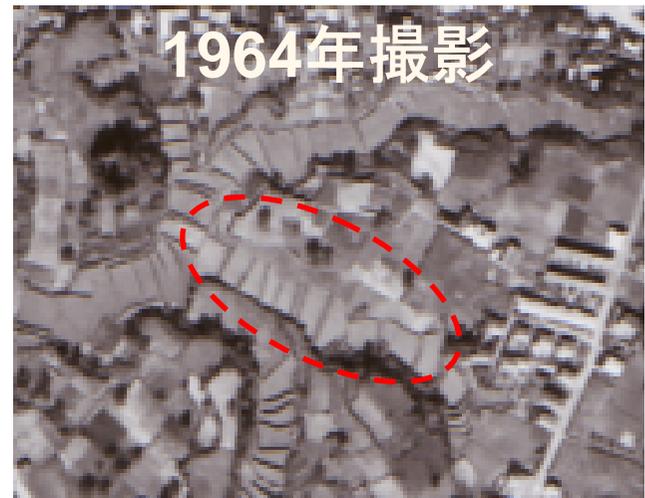
- ・昭和40年代に造成
- ・沢部の盛り立て
- ・盛土材:火山灰質粘性土, 層厚5~13m,
N値0~7
- ・旧表土:腐植物混じ



須賀川市南上町, いわき市忠多の盛土形態 (航空写真による田畑上の盛土による地形の変化)



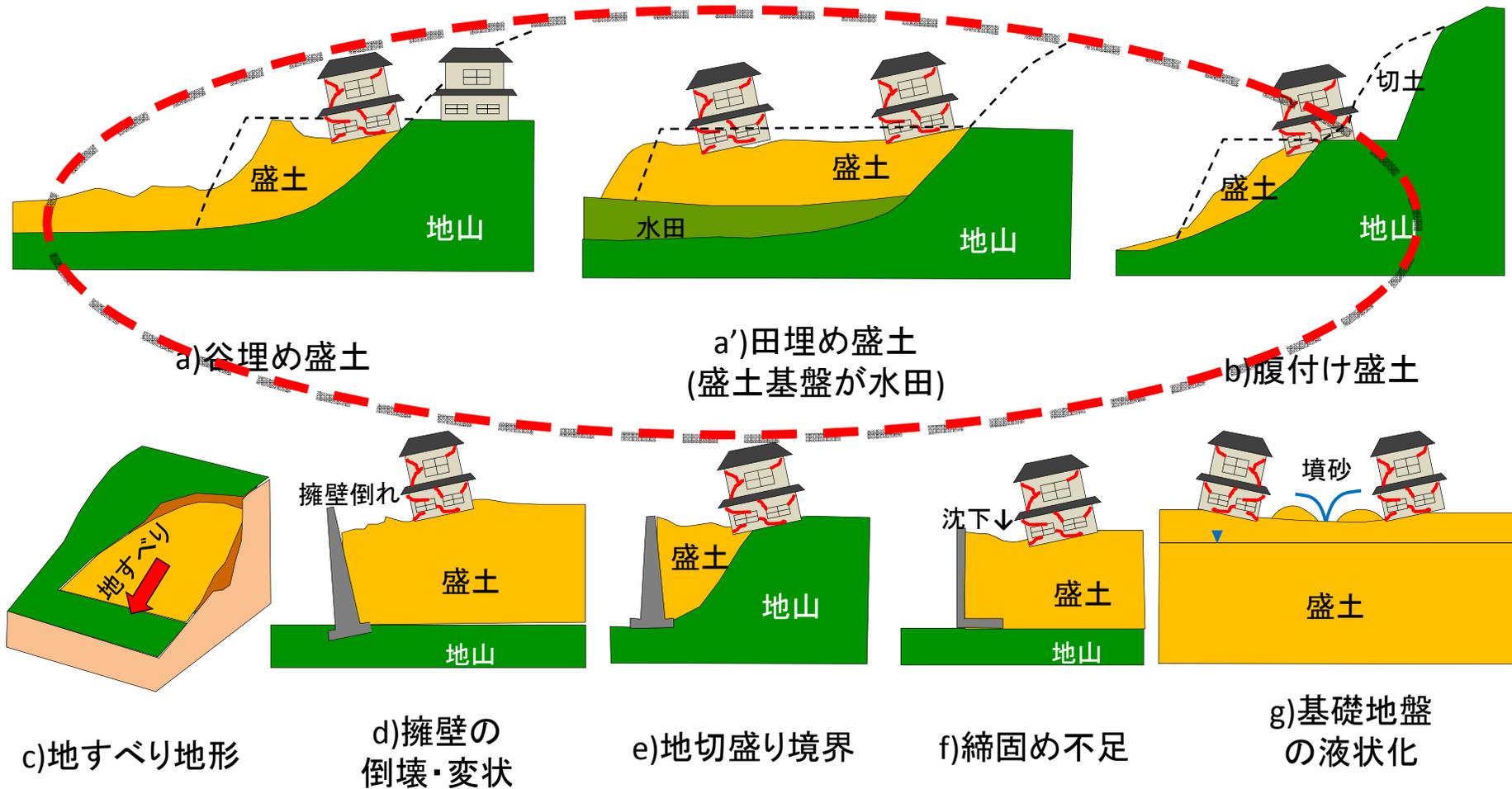
須賀川市
南上町



いわき市
忠多



(公社)地盤工学会による盛土(造成)形態 に応じた被害形態の分類



火山灰質砂質土による造成盛土の崩壊事例：須賀川市総合運動公園

テニスコートの流動的な滑り



畦道の水平移動



軽石を含む火山灰質砂質土で盛土
保水性が高い地盤

被災した盛土の材料特性

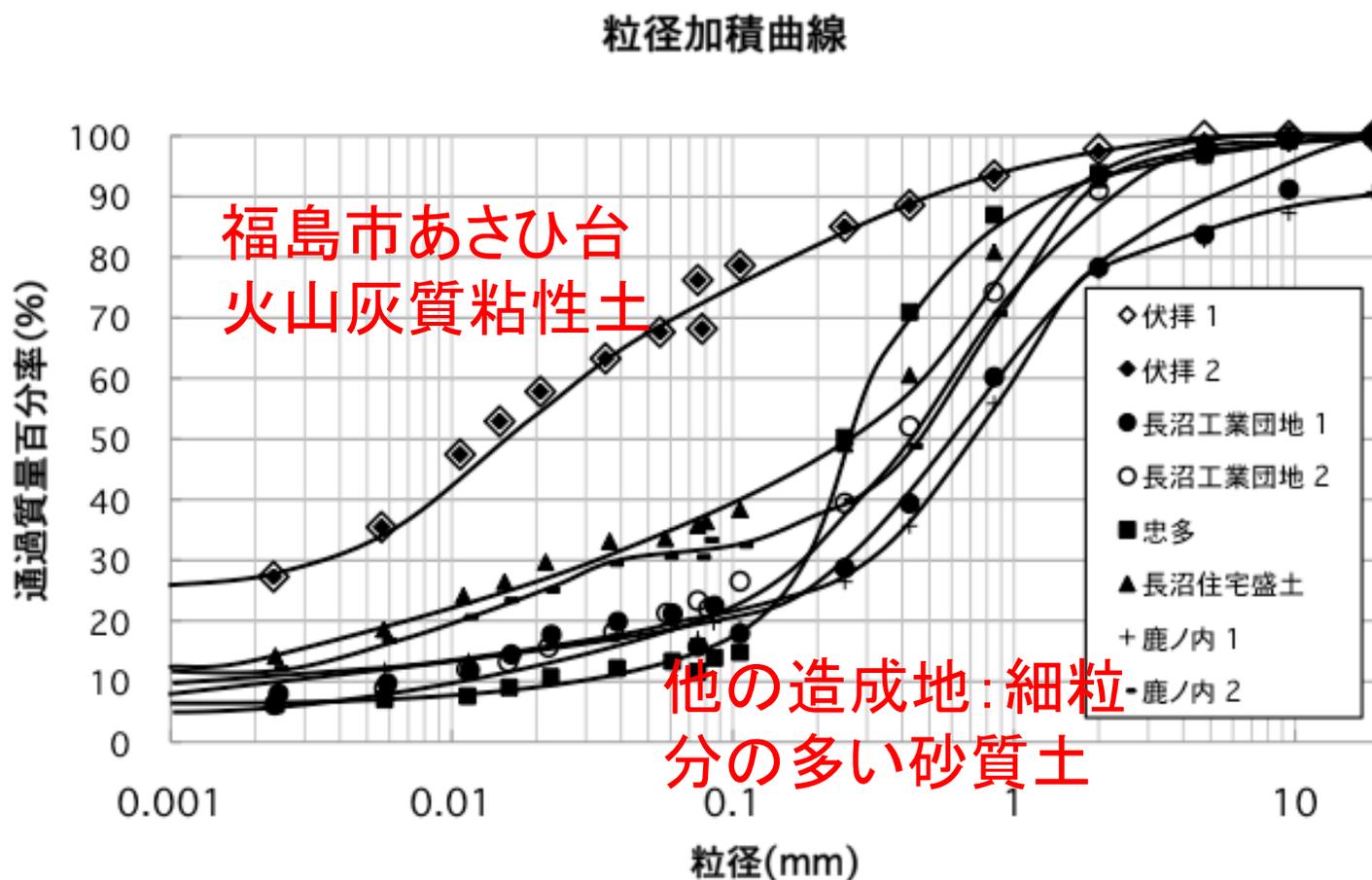


図 盛土材料の粒径加積曲線

被災地点の盛土材料の物理的性質

表 盛土材料の物理的性質

	伏拝1	伏拝2	長沼 工 業団地1	長沼 工 業団地2	長沼 住 宅盛土	忠多	鹿ノ内1	鹿ノ内2
含水比 (%)	26.92	44.56	30.42	6.94	19.50	13.78	13.77	16.7
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.690	2.746	2.692	2.696	2.725	2.647	2.646	2.633
液性限界 (%)	66.8	74.5	NP	NP	NP	NP	30.7	
塑性限界 (%)	35.8	38.8					21.33	
塑性指数	31.1	35.7	—	—	—	—	9.37	
分類名	火山灰質粘性土 (I型)		細粒分質 礫質砂	細粒分質砂	礫まじり 細粒分質砂	細粒分質 礫まじり砂	細粒分質 礫質砂	礫まじり 細粒分質砂
分類記号	VH ₁		SFG	SF	SF-G	S-FG	SFG	SF-G

須賀川市周辺の盛土材：灰色の凝灰質砂質土

典型例：鹿ノ内の盛土⇒軽石を含み、保水性が高い

⇒2008年の地震による栗原市鶯沢工業高校の造成盛土の被害と類似している

被災形態および要因の総括

■ 被災した盛土の形態

① 沢(谷)埋盛土

- ✓ 集水地形
- ✓ 盛土材料:凝灰質砂質土, 凝灰質粘性土(ローム)
- ✓ 締固め施工が難しい

② 水田等の軟弱地盤の埋立

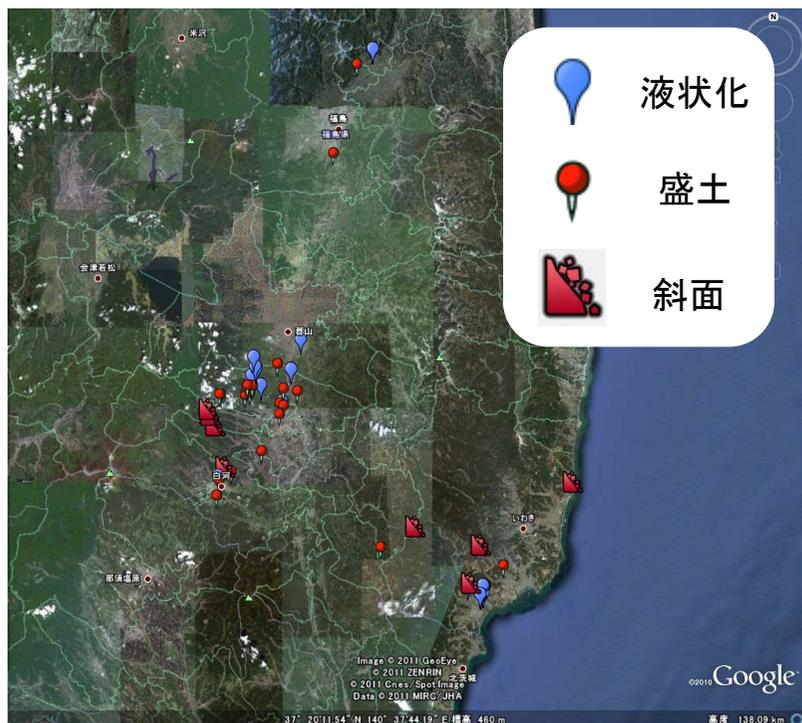
- ✓ 含水が多い
- ✓ 盛土材料:凝灰質砂質土, 山砂

■ 被災要因

① 施工品質

- ✓ 施工年代が古い
- ✓ 盛土材料, 排水処理、基盤の処理(伐開除根, 段切)

② 地震作用: 継続時間が長く強い揺れ



被害位置図

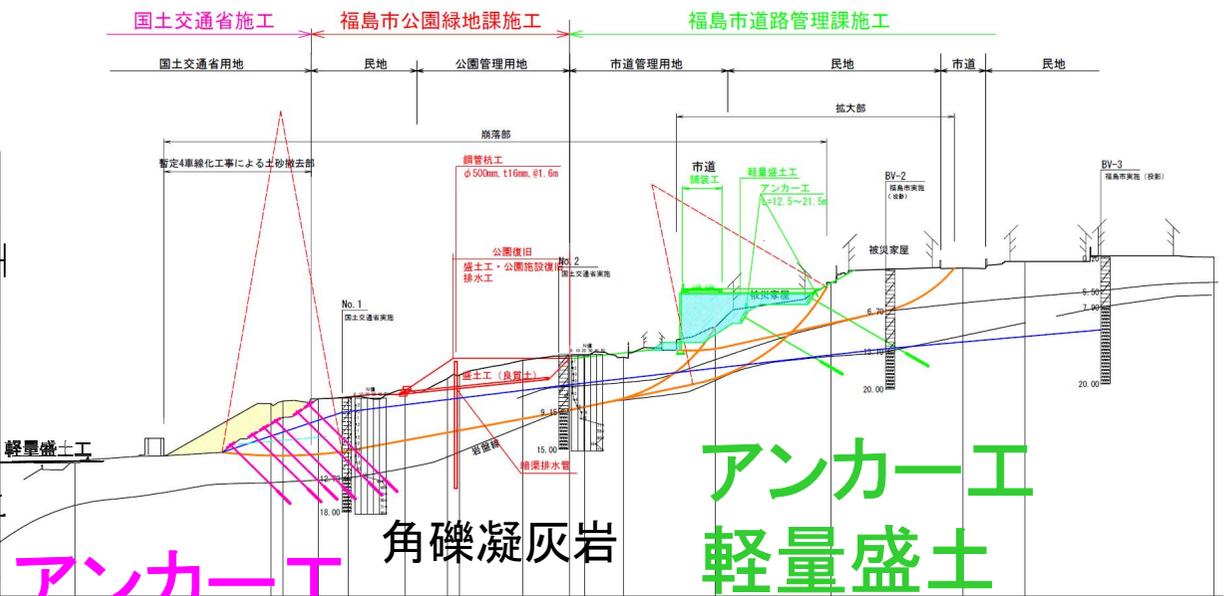
崩壊した谷埋め盛土の復旧事例： あさひ台団地における対策工法

対策工計画断面図

縮尺 H=1:600
V=1:600



平面図



抑止杭
暗渠排水
フトンカゴ

縦断面図

かご工を擁壁として用いた復旧工 法が効果を発揮した事例

宮城県栗原市鶯沢(東日本大震災で震度6強程度)
2008年岩手宮城内陸地震

による被災



2011年東日本大震災



かご工による復旧箇所は無被害

保水性の良い火山灰質砂質土による沢埋盛土
集水地形→地下水排水処理が課題

住環境の再生に向けた 地盤工学技術の課題

表 福島県内陸部と浜通りの住宅被害の比較

	浜通り地区		内陸部
全壊戸数	13,774	>	4,318
半壊戸数	28,112	≈	24,534
一部損壊戸数	35,315	<	110,086
	77,201	<	138,938
*浜通り地区にて新地町，広野町の被害は不明			

- 全壊は津波による浜通りの被害が目立つが，内陸部の住宅被害も大きい

- **被災した盛土形態，要因を踏まえた課題：**
 - 低コストで効果を発揮できる工法の開発：排水機能，抗土圧構造(もたれ式)を有するかご工などの利用
 - 杭，アンカー工などの既存工法の耐震性能評価基準の策定
 - 盛土の安定性の簡易評価と分かり易い説明による市民と行政との情報共有化のための技術構築(リスクコミュニケーション)



「震災からの復旧・復興, 住環境の再生に役立つ地盤技術」シンポジウム

岩手県における宅地被災事例

岩手県内陸22市町村の住宅被害状況

表1 住宅被害状況一覧

内陸22市町村 平成23年11月9日17:00時点

	3月11日の地震			4月7日の地震		
	家屋全壊	半壊	一部損壊	家屋全壊	半壊	一部損壊
住田町	0		11			
盛岡市	1	9	285			
八幡平市	0					
雫石町	0		2			
葛巻町	0					
岩手町	0					
滝沢村	1	11	121			1
紫波町	0					
矢巾町	0					1
花巻市	4	48	120			15
遠野市	0	4	520			5
北上市	31	428	802			5
西和賀町	0					
奥州市	0	1	85	42	261	2,183
金ヶ崎町	0					
一関市	53	576	2,934		1	36
平泉町	0	0	0			
二戸市	3	0	8			
軽米町	0	0	0			
九戸村	0	0	0			
一戸町	0	0	0			
計	93	1,077	4,888	36	109	2,246
総計		6,058			2,391	

岩手県総務部総合防災室



3月11日の本震



4月7日の余震

円の面積換算係数
 全壊数×1
 半壊数×0.5
 一部損壊数×0.1

図1 住宅被害総数の目安

一関市の住宅地被害状況

表2 住宅被害棟数

区分		被害棟数
住家	全壊	55棟
	半壊	637棟
	一部損壊	3157棟
非住家 (土蔵等)	全壊	428棟
	半壊	628棟
	一部損壊	1215棟

(10月19日 現在)

表3 被災建築物判定件数

区分	棟数
危険	146棟
要注意	421棟
調査済	365棟
計	923棟

(3月13日～5月24日)

表4 被災宅地判定件数

区分	件数
危険度大	55件
危険度中	63件
調査済	24件
計	142件

(3月13日～5月24日)

- 一関市では宅地災害復旧工事補助金制度を創設している
- 申込状況は11月8日現在、申込件数221件、被害総額418,067千円と宅地被害が甚大

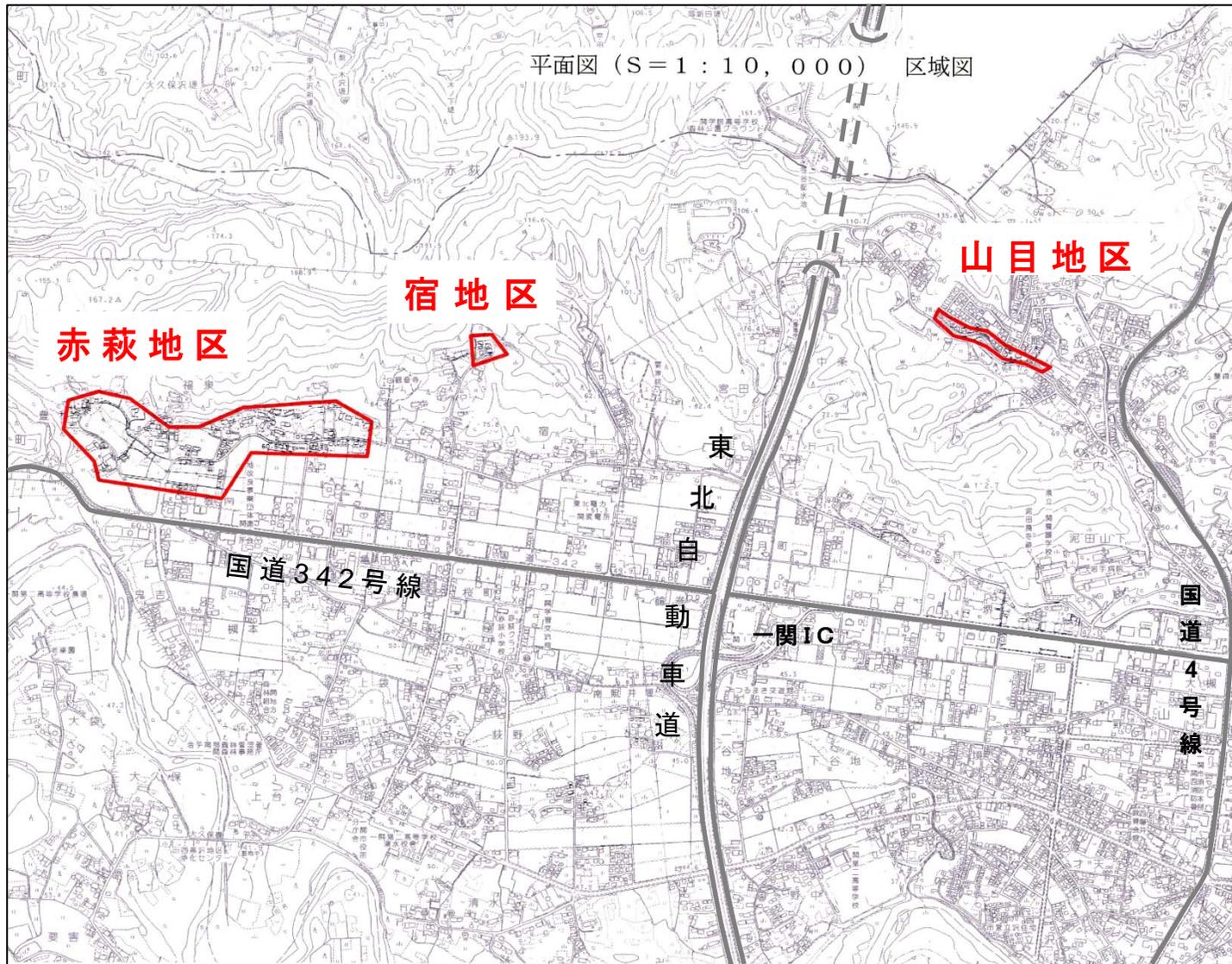


図2 一関市の主な住宅地被災箇所 (1万分の1)

一関市赤萩地区

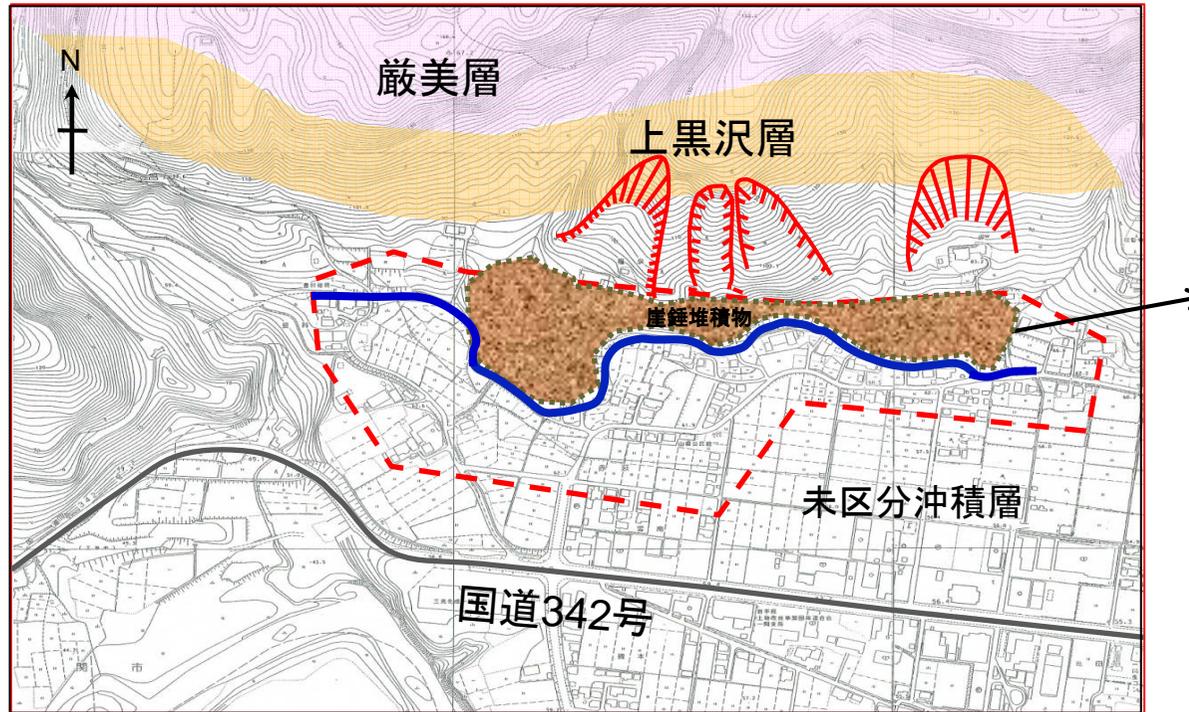


写真4 照井堰

図3 赤萩地区の被害範囲



写真1 住宅背後の表層崩壊



写真2 石積みの倒壊



写真3 宅地内に発生した亀裂

一関市宿地区



写真5 二次崩壊の発生状況(地すべり末端部)



写真6 亀裂の発生状況



写真7 住宅基礎に発生した亀裂



写真8 地すべり頭部の湧水と流下状況

地すべり地形と二次崩壊との関係

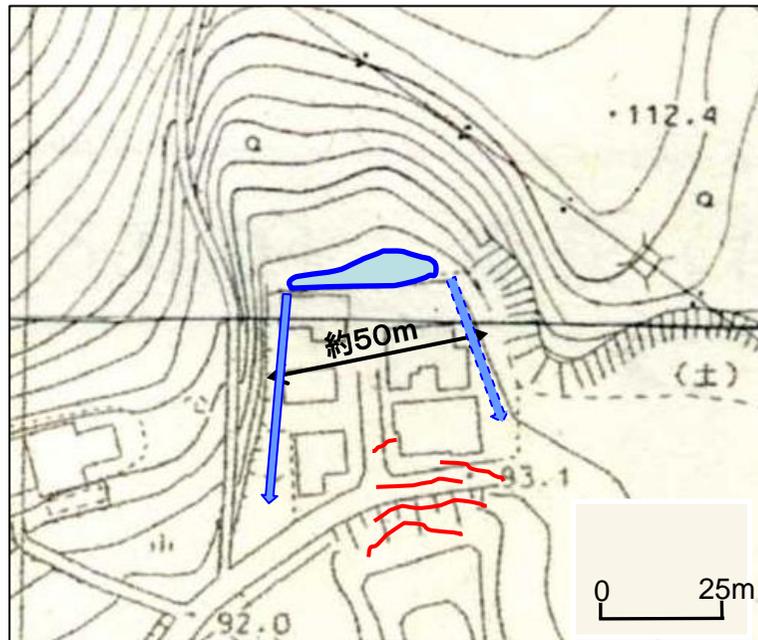


図4 宿地区の地形図

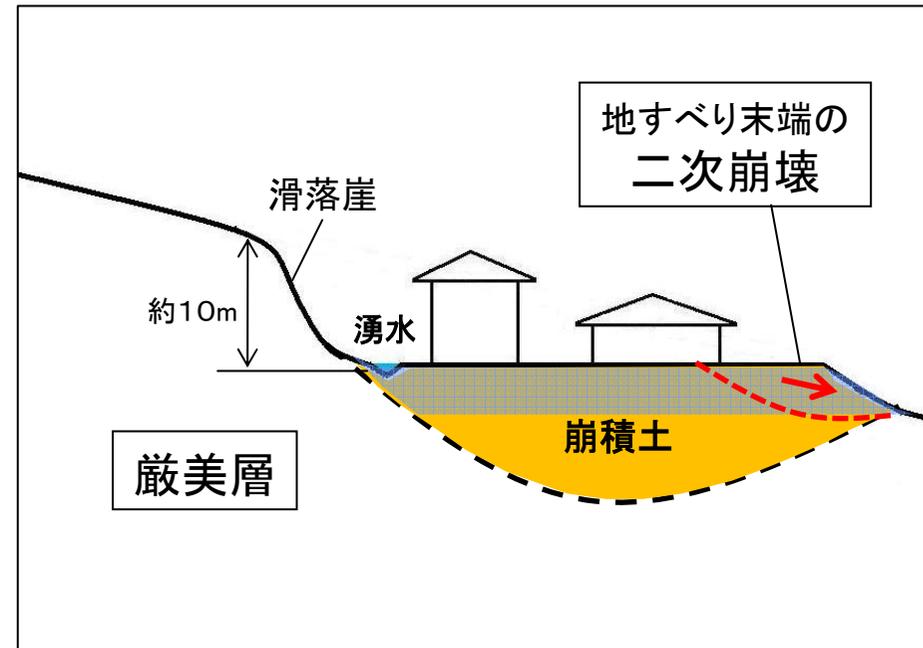


図5 模式断面図

一関市山目地区



写真9 盛土斜面のはらみ出し



写真10 法面崩壊の状況



写真11 ブロック塀のずれ



写真12 ブロック敷石の破損

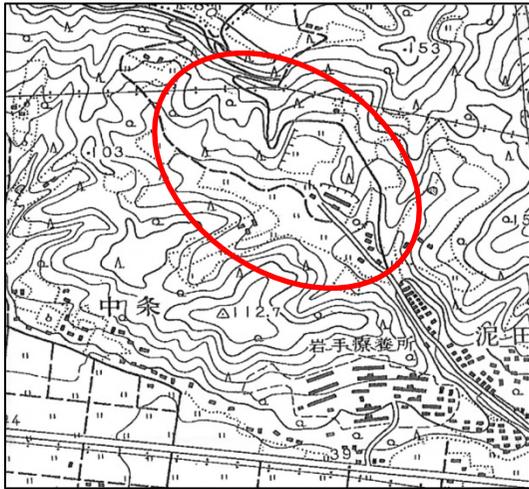


図6 山目地区地形図（昭和43年測量）

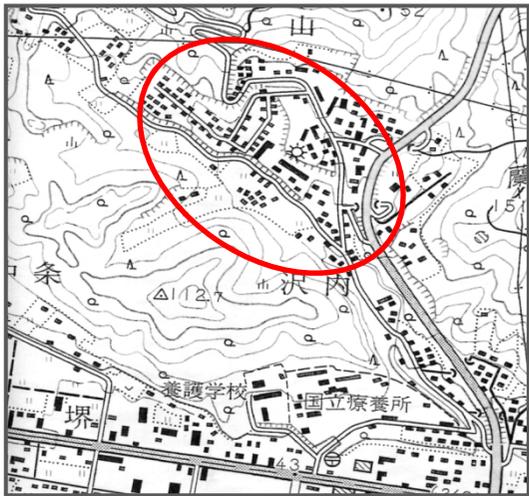


図7 山目地区地形図（平成13年測量）

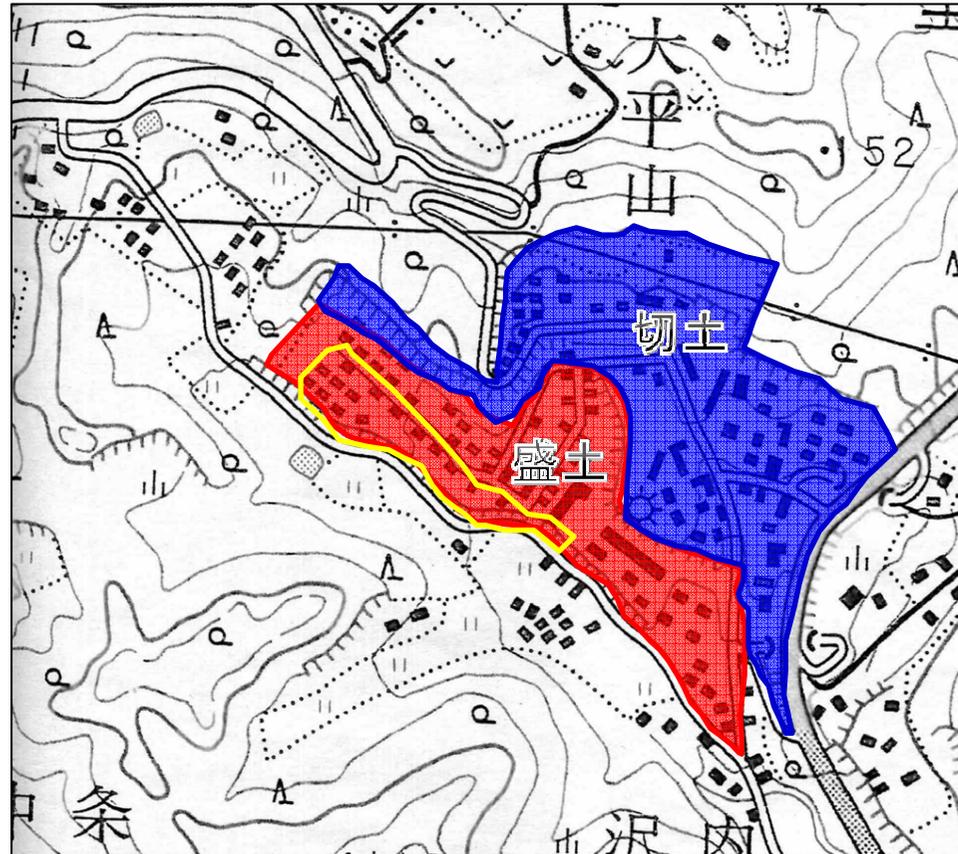


図8 山目地区の切盛図(1970年代造成)

奥州市の住宅地被害状況

表5 住宅被害棟数

平成23年9月16日 9:00時点

	3月11日 本震			4月7日 余震		
	家屋全壊	半壊	一部損壊	家屋全壊	半壊	一部損壊
前沢区			85	33	142	2183
江刺区		1		5	70	
水沢区				4	43	
胆沢区					1	
衣川区					1	
その他						
計		1	85	42	261	2183
総計	86			2,486		

被災宅地危険度判定 (4/7余震)

区分	水沢区	江刺区	前沢区	計
危険	7件	4件	18件	29件
要注意	4件	7件	10件	21件
調査済	14件	5件	50件	69件
計	25件	16件	78件	119件

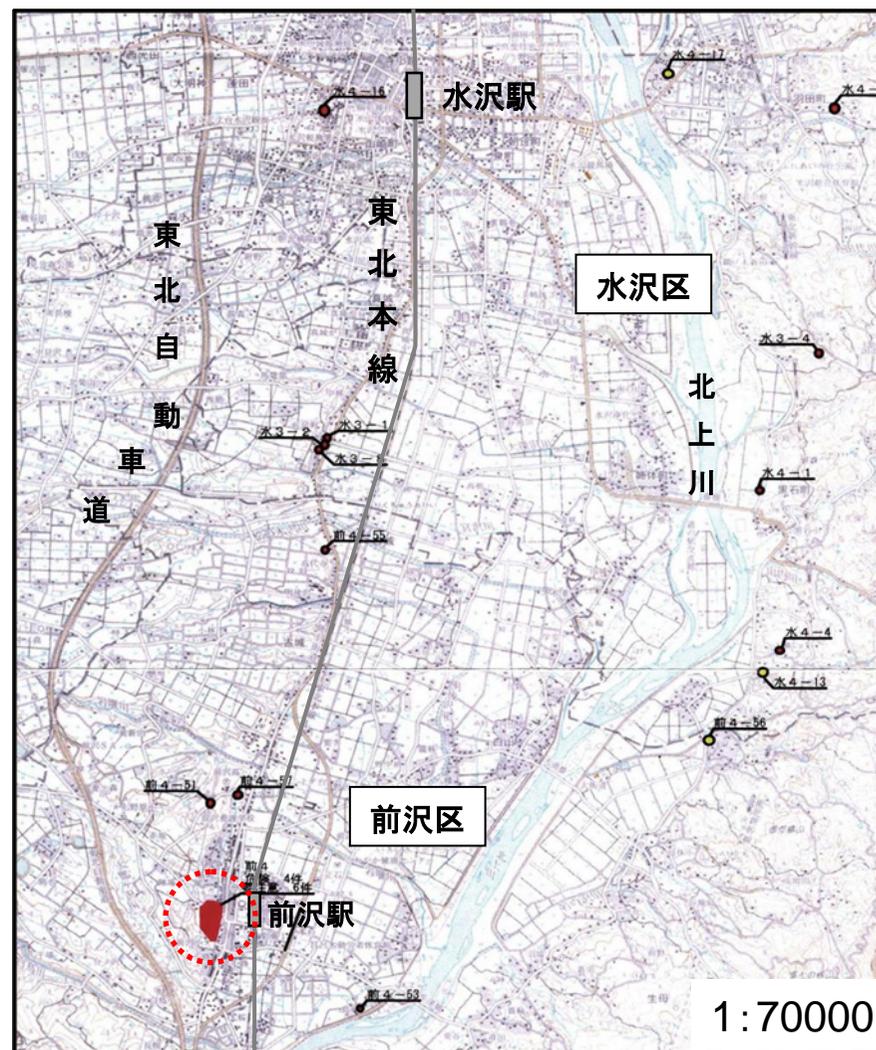


図9 岩手県奥州市 前沢区及び水沢区

奥州市前沢地区

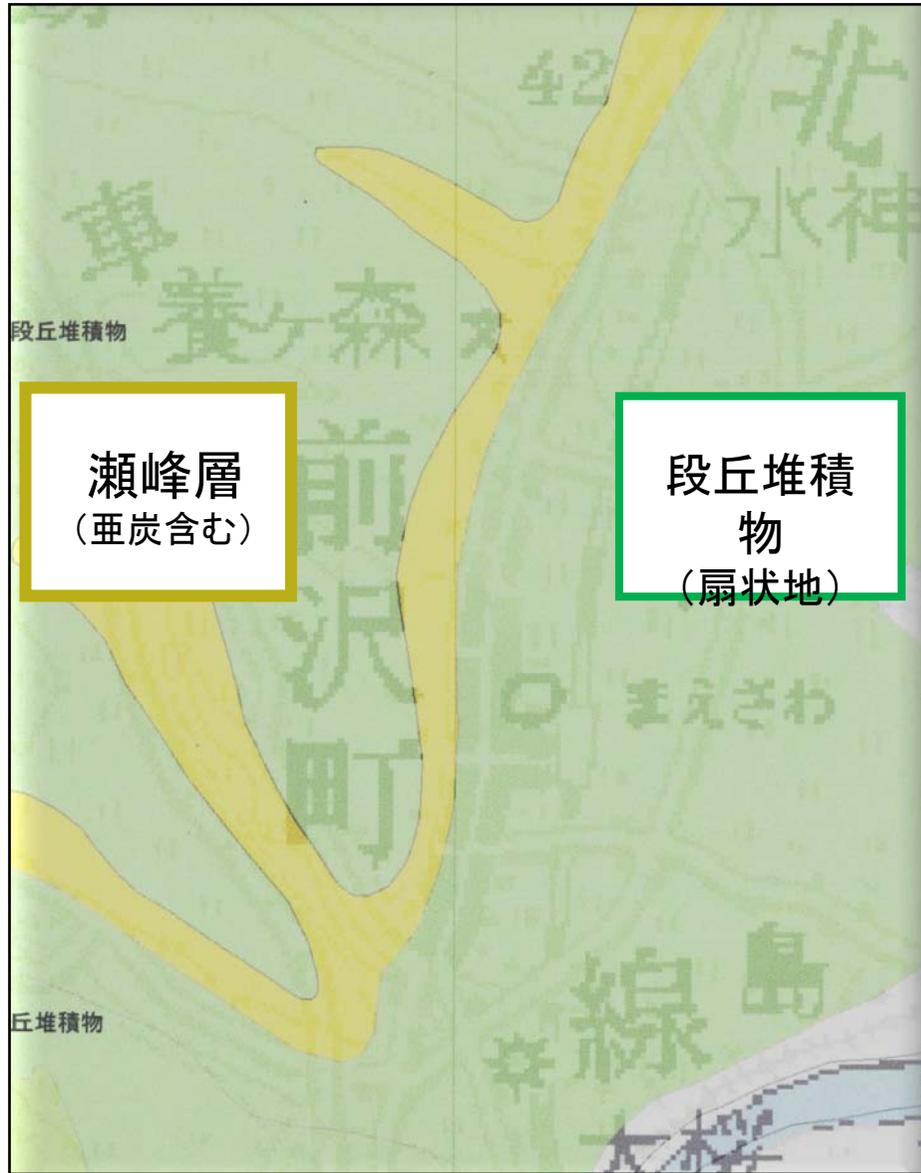


図10 前沢地区の被災箇所(奥州市資料)と地質

亜炭廃坑の陥没による被害



写真13 住宅基礎周囲の陥没



写真14 田圃の陥没(外ノ沢)



写真15 道路中央部の陥没

岩手県の住宅地被災状況

岩手県の被害状況として、宅地造成地における盛土の変状、崖錘堆積物や地すべり崩積土の二次崩壊、亜炭を含む軟弱地盤の陥没などいずれも地盤(地質)との関係が認められる。

< 技術的課題 >

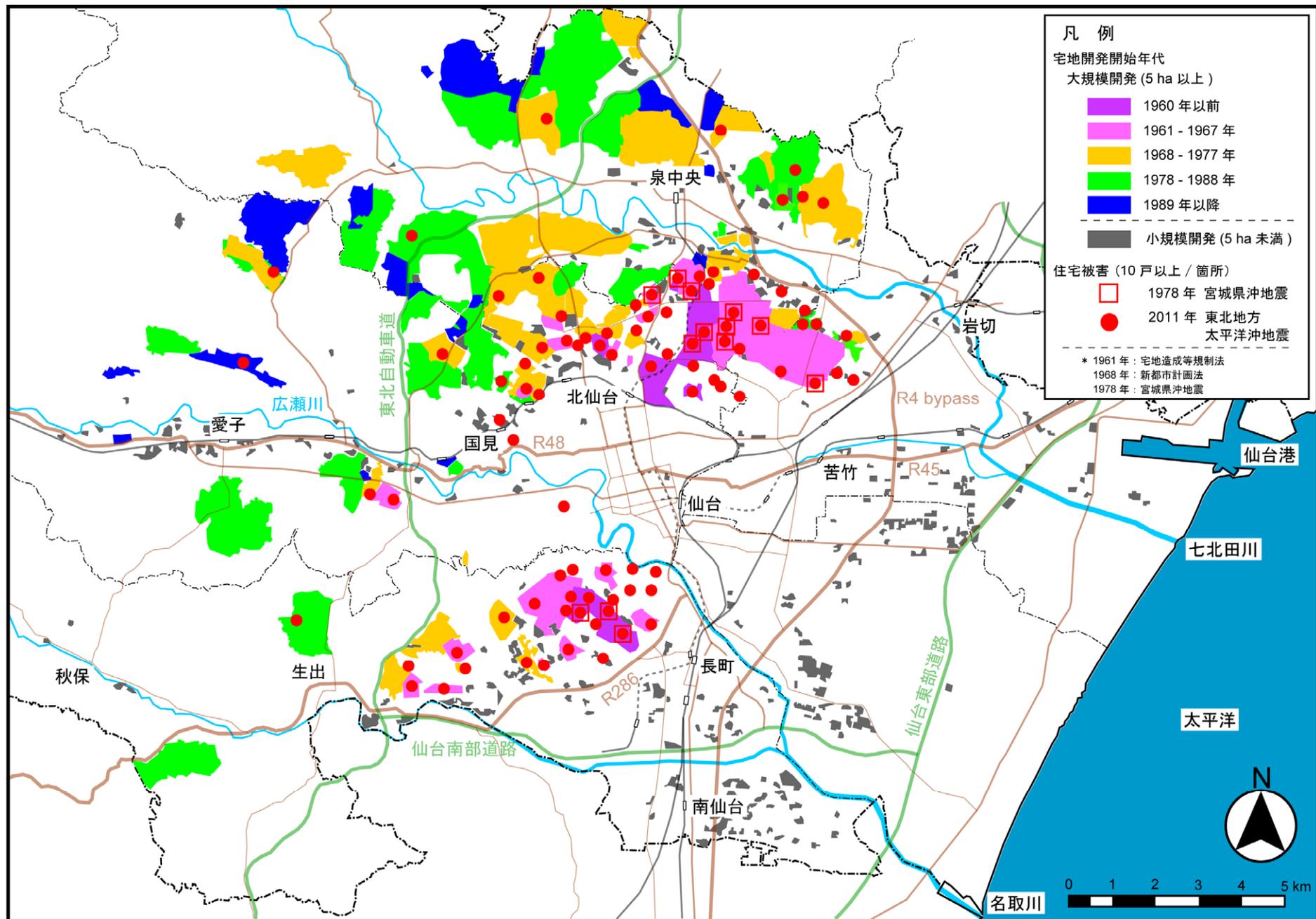
宅地造成地→早急な切土・盛土図の作成
崖錘堆積物→抑止杭に代わる面的に抑える工法の開発
地すべり崩積土→排水工+補強土工の効果的設計指針
軟弱地盤→基本的地盤物性値(透水性, 強度など)の把握から

資料提供

岩手県総務部総合防災室, 一関市建設部, 奥州市都市整備部

ご協力ありがとうございました。

宮城県における宅地被災事例



仙台市でまとまった被害を受けた地区(丘陵部)

2011/6/28 現在
 仙台市, 東北大学
 復建技術コンサルタント

地区名	行政区	全半壊 家屋数	家屋総数	全半壊率 (%)	宅地造成 開始年
台原	青葉区	159	5,173	3.1	1954
旭ヶ丘	青葉区	393	4,751	8.3	1959
小松島	青葉区	382	3,205	11.9	1960
水の森	青葉区	79	1,594	5.0	1960
松が丘	太白区	56	871	6.4	1960
青山	太白区	149	1,508	9.9	1960
緑ヶ丘	太白区	331	1,864	17.8	1960
黒松	泉区	22	2,206	1.0	1960
大谷地	太白区	10	334	3.0	1961
萩ヶ丘	太白区	67	530	12.6	1961
あけぼの町	青葉区	32	372	8.6	1962
川平	青葉区	108	2,364	4.6	1962
双葉ヶ丘	青葉区	115	860	13.4	1962
北根黒松	青葉区	73	639	11.4	1962
燕沢	宮城野区	104	1,239	8.4	1962
芦の口	太白区	14	249	5.6	1962
西の平	太白区	29	1,196	2.4	1962
大崎町	太白区	31	472	6.6	1962
旭ヶ丘	泉区	23	1,088	2.1	1962
南光台	泉区	144	6,510	2.2	1962
南光台南	泉区	43	1,900	2.3	1962
貝ヶ森	青葉区	100	1,541	6.5	1963
藤松	青葉区	21	283	7.4	1963
北根	青葉区	250	1,658	15.1	1963
越路	太白区	21	573	3.7	1963
人來田	太白区	59	914	6.5	1963
荒巻本沢	青葉区	203	1,099	18.5	1964
鷺ヶ森	青葉区	64	1,108	5.8	1964
滝道	青葉区	38	635	6.0	1964
堤町	青葉区	46	1,922	2.4	1964
自由ヶ丘	宮城野区	37	475	7.8	1964
茂ヶ崎	太白区	11	217	5.1	1964
桜ヶ丘	青葉区	156	4,131	3.8	1965
西勝山	青葉区	94	865	10.9	1965
折立	青葉区	75	1,354	5.5	1965
川内三十人町	青葉区	23	970	2.4	1965
中山	青葉区	224	4,810	4.7	1965
鶴ヶ谷	宮城野区	404	5,610	7.2	1965
羽黒台	太白区	33	579	5.7	1965
恵和町	太白区	46	641	7.2	1965
桜木町	太白区	36	946	3.8	1965
若葉町	太白区	14	363	3.9	1965
日本平	太白区	26	785	3.3	1965
八木山香澄町	太白区	88	909	9.7	1965
八木山松波町	太白区	40	336	11.9	1965
八木山東	太白区	24	739	3.2	1965
八木山本町	太白区	139	1,953	7.1	1965
八木山弥生町	太白区	38	846	4.5	1965
八木山線町	太白区	14	329	4.3	1965
安養寺	宮城野区	74	1,205	6.1	1966

地区名	行政区	全半壊 家屋数	家屋総数	全半壊率 (%)	宅地造成 開始年
ひより台	太白区	43	733	5.9	1967
向山	太白区	295	2,497	11.8	1967
東勝山	青葉区	71	1,236	5.7	1968
向陽台	泉区	47	1,986	2.4	1968
松森	泉区	72	1,860	3.9	1968
東黒松	泉区	12	404	3.0	1968
八乙女	泉区	33	523	6.3	1968
旗立	太白区	10	123	8.1	1970
八木山南	太白区	66	1,098	6.0	1971
吉成	青葉区	19	964	2.0	1972
鉤取	太白区	35	1,672	2.1	1972
高森	泉区	23	2,750	0.8	1972
鶴が丘	泉区	56	3,014	1.9	1972
上野山	太白区	12	775	1.5	1973
鶴ヶ谷東	宮城野区	99	1,233	8.0	1975
西花苑	青葉区	65	550	11.8	1976
茂庭台	太白区	32	2,404	1.3	1978
みやぎ台	青葉区	92	1,394	6.6	1980
鶴ヶ谷北	宮城野区	26	361	7.2	1980
南光台東	泉区	31	1,297	2.4	1980
松陵	泉区	18	2,075	0.9	1983
歩坂町	泉区	15	1,596	0.9	1983
国見	青葉区	99	1,565	6.3	1985
八幡	青葉区	33	363	9.1	1985
高野原	青葉区	14	448	3.1	1989
長町字越路	青葉区	13	32	40.6	不明
台原森林公園	青葉区	39	128	30.5	不明
小松島新堤	青葉区	43	186	23.1	不明
燕沢東	宮城野区	83	790	10.5	不明
二の森	宮城野区	75	765	9.8	不明
栢江	宮城野区	22	233	9.4	不明
高松	青葉区	85	1,254	6.8	不明
荒巻字青葉	青葉区	10	596	1.7	不明
東照宮	青葉区	334	755	44.2	その他
小鶴	宮城野区	52	828	6.3	その他
葉山町	青葉区	86	814	10.6	その他
砂押町	太白区	50	494	10.1	その他
荒巻中央	青葉区	32	402	8.0	その他
土手内	太白区	31	665	4.7	その他
鹿野本町	太白区	30	556	5.4	その他
千代田町	青葉区	34	734	4.6	その他
西多賀	太白区	40	2,250	1.8	その他
長嶺	太白区	14	322	4.3	その他
鉤取本町	太白区	14	661	2.1	その他
北山	青葉区	79	2,187	3.6	その他
山手町	青葉区	37	1,249	3.0	その他
荒巻神明町	青葉区	25	1,085	2.3	その他

※1961年:宅地造成等規制法施工
 ※1978年:宮城県沖地震

※1968年:新都市計画法施工
 ※地区家屋数は2005年時のデータ

仙台市の丘陵部宅地における造成年代と全半壊被害

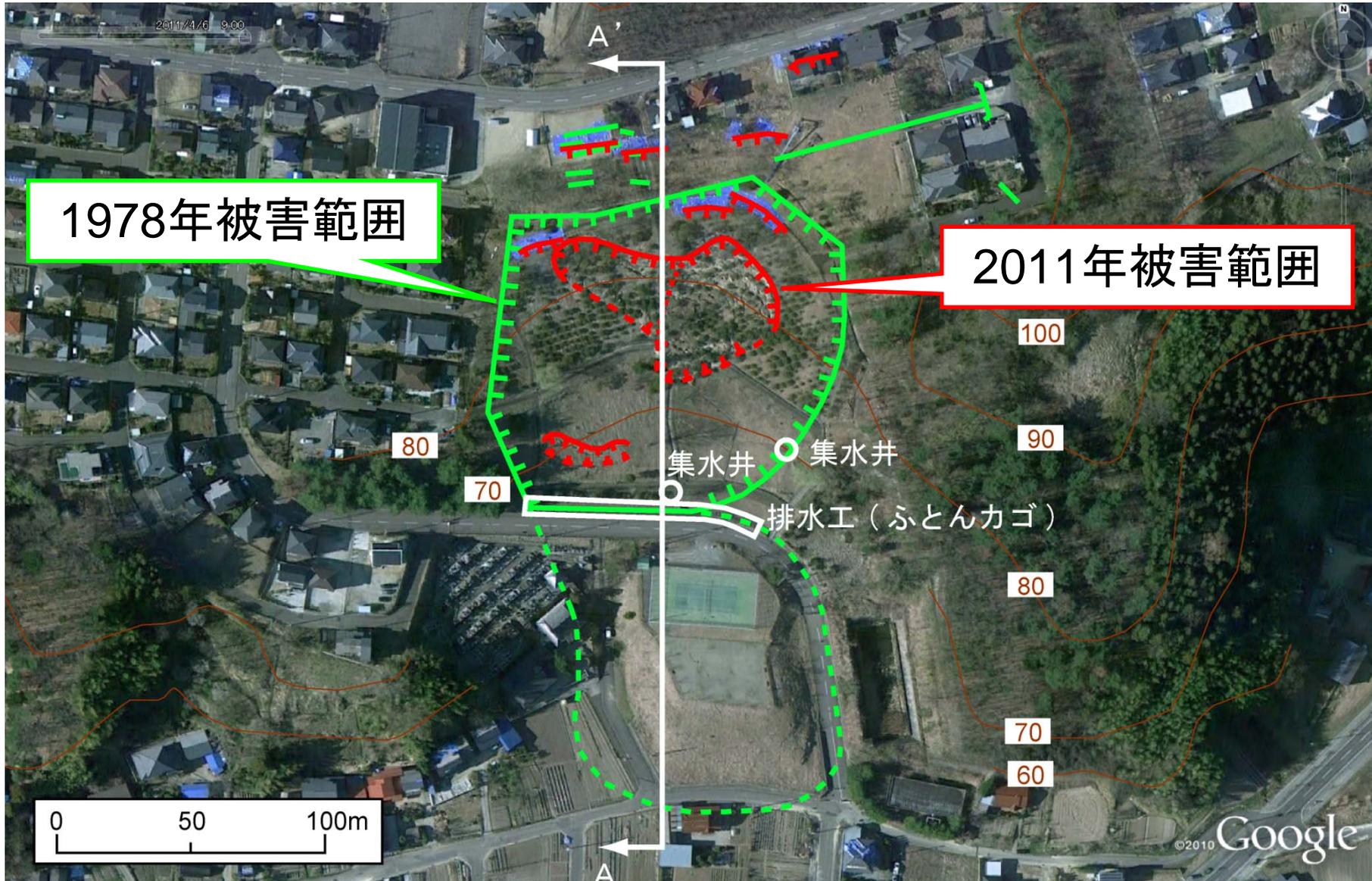
全半壊家屋数 10戸以上／地区

造成年代	1978年 宮城県 沖地震		2011年 東北地方 太平洋沖地震		
	地区数	地区数	全半壊 家屋数	被災地区 家屋総数	全半壊率
～ 1960	4	8	1,571	21,172	7.4 %
1961 ～ 1967	9	44	3,529	58,779	6.0 %
1968 ～ 1977	0	14	620	18,188	3.4 %
1978 ～ 1988	－	8	346	11,055	3.1 %
1989 ～	－	1	14	448	3.1 %
造成年代不明	－	8	370	3,984	9.3 %
小規模開発・自然斜面等	－	14	858	13,002	6.6 %
計	13	97	7,308	126,628	－
全半壊家屋数 10戸未満／地区	不明	125	412	－	－

※1961年：宅地造成等規制法施工
 ※1978年：宮城県沖地震

※1968年：新都市計画法施工
 ※地区家屋数は2005年時のデータ

白石市緑ヶ丘(地下水排除工の効果)



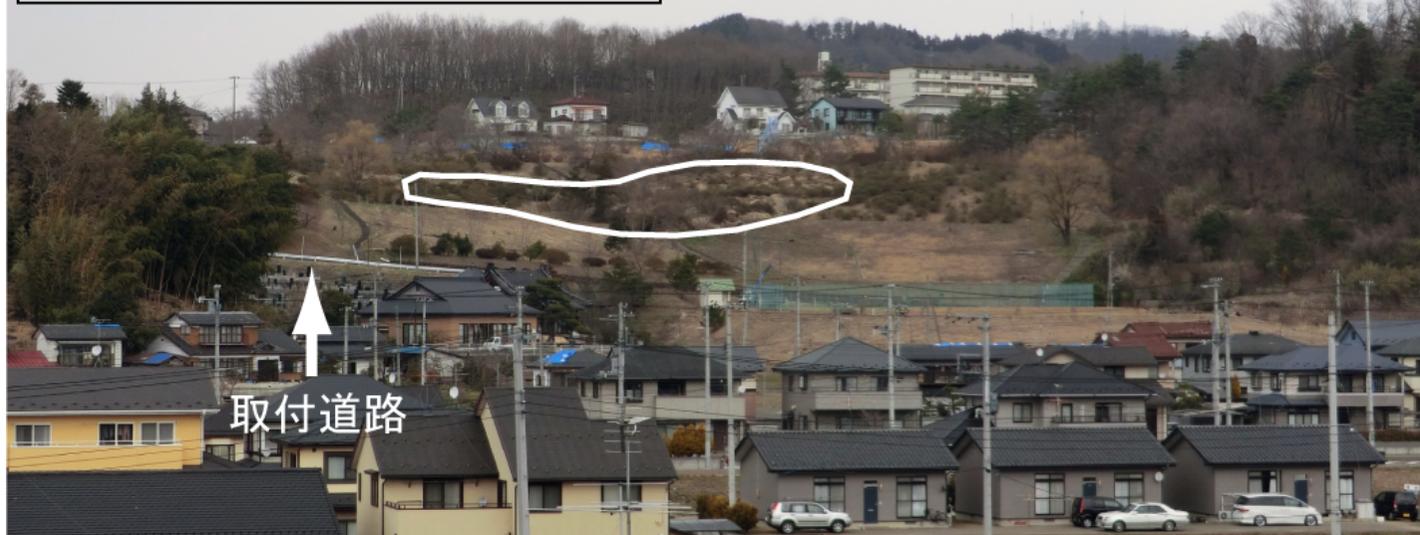
参考文献:河上房義, 浅田秋江, 柳澤栄司:宮城県沖地震における盛土の被害, 土と基礎, Vol.26, No.12, pp.25-31, 1978.

白石市緑ヶ丘(地下水排除工の効果)

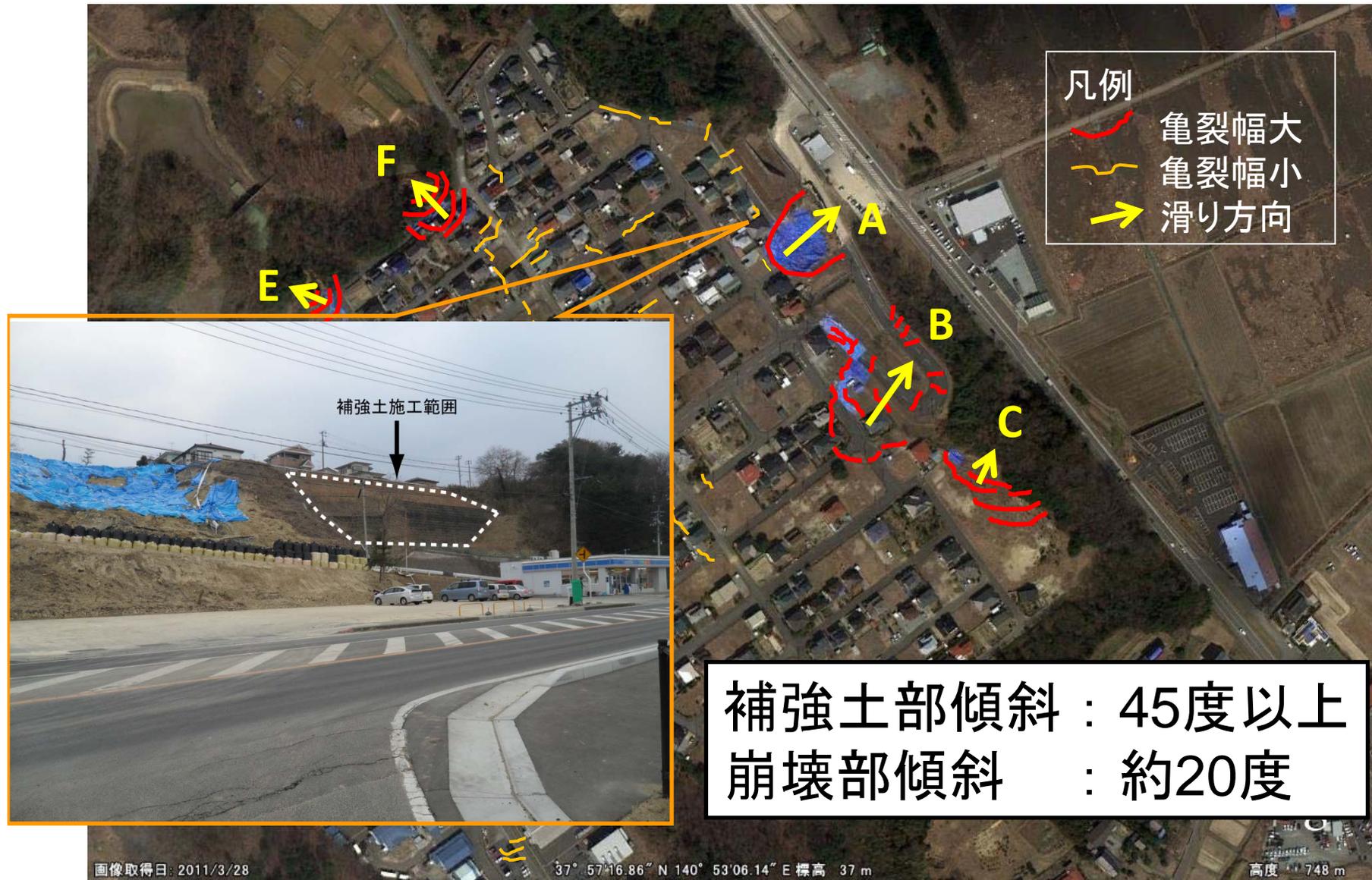
1978年 宮城県沖地震



2011年 東北地方太平洋沖地震



山元町太陽団地(補強土による地盤補強効果)



資料: 東北学院大学 飛田 善雄 氏, 東北工業大学 今西 肇 氏

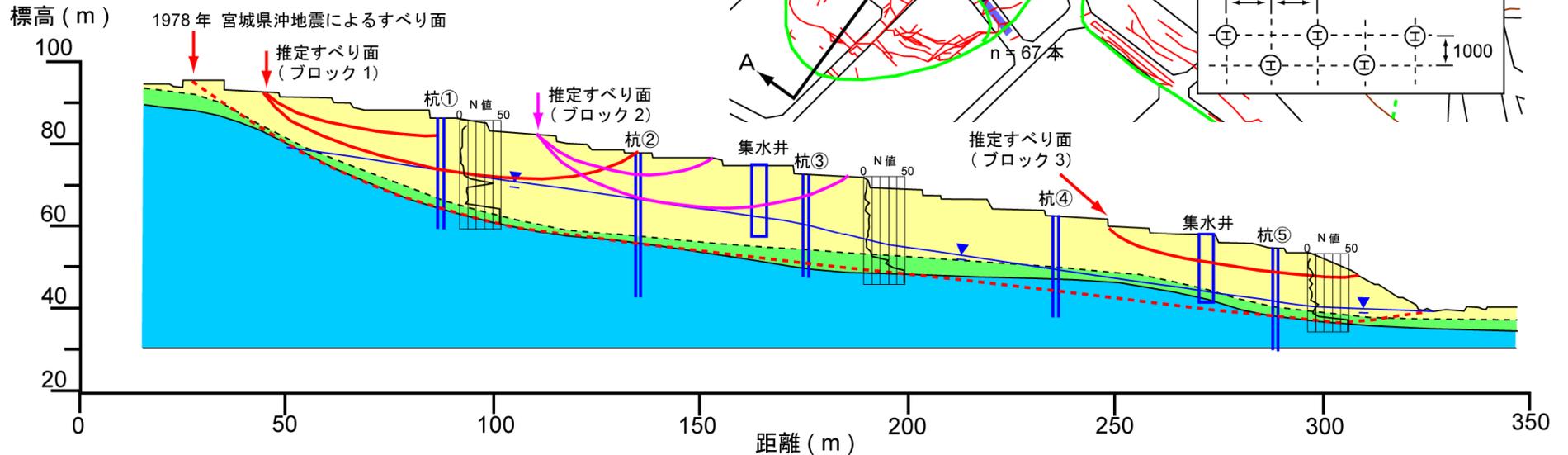
仙台市緑ヶ丘3丁目

(資料:宮城県より)

盛土のN値：2～8

地表面傾斜角：約8度

表示	地質時代	地層	地質・土質
■	第四紀 完新世	盛土	礫混じり粘性土 礫混じり砂質土
■	第三紀 鮮新世	向山層 (強風化部)	凝灰岩, 砂質凝灰岩 亜炭, 砂岩
■	第三紀 鮮新世	向山層	凝灰岩, 砂質凝灰岩 亜炭, 砂岩



被害事例からみた既設対策工の効果

・地下水排除工

継続的なメンテナンスが必要
周辺地盤の沈下の懸念あり

・地すべり抑止杭工

大規模崩壊は抑制. 小規模変形は発生
もともと変形が生じてから効果を発揮するタイプ

・補強土工

適切な設計・施工
経年劣化・周辺地盤の劣化による強度変化

宅地地盤の対策工に求められる事

- ・地盤が変形しない事
- ・既存宅地に適応可能な事
- ・安価, メンテナンスが容易

