2024年能登半島地震による福井県の被害

2024年5月31日

災害協定関西地区連絡会調査団(地盤工学会)

目次

1. まえがき	••••1
2. 福井県における地震動	••••1
3. 既往資料	
1) 地形図	••••7
2) 地盤図	••••8
3) 既往の液状化予測	••••11
4. 被災箇所の位置	••••12
5. 液状化被害個所で採取した噴砂の粒度分析結果	••••16
6. 各被災個所の状況	
① 坂井市三国町米納津 福井港 液状化	••••17
② あわら市 国影グラウンド 液状化	••••25
③ あわら市二面 道路面亀裂	••••28
④ あわら市北潟 管理用通路沈下・亀裂	••••28
⑤ あわら市北潟 昭和橋(市道)段差	••••45
⑥ あわら市北潟 北方湖左岸(西側)住宅被害	••••48
⑦ あわら市吉崎(北潟湖北端部)「道の駅蓮如の里」前の公園 液状化	••••49
⑧ あわら市下金屋(名泉郷)造成宅地における谷部盛土斜面の崩落	••••53
⑨ あわら市滝 住宅の変状	••••65
⑩ あわら市指中(市道 523 号線)道路亀裂	••••69
⑪ あわら市蓮ヶ浦(市道 583 号線)通行止め	••••71
⑫ あわら市 住宅などの被害	••••72
③ あわら市 芦原温泉旅館などの被害	••••74
⑭ 坂井市坂井町下兵庫 道路陥没	••••76
⑤ 福井市 建築物の被害	••••78
7. あとがき	••••79

1. まえがき

福井県では 2024 年能登半島地震による甚大な被害は少なかったが、中小規模の被害は多数発生して いる。福井県 HP による人的被害は、福井市2名 軽傷、あわら市3名 軽傷、越前町1名 軽傷である。福 井県における地震被害の範囲と、被害の特徴を把握することを目標として、「災害協定関西地区連絡会 調査団(地盤工学会)」を組織して活動を行った。調査団全員で1月23日に行った現地踏査結果、調査 団メンバーが個別に行った現地踏査結果、自治体から提供していただいた資料、既往資料などをまとめ て報告する。調査団の活動は「災害時における調査の相互協力に関する協定(近畿地方整備局、自治体 (大阪府、京都府、滋賀県、兵庫県、和歌山県、奈良県、福井県、大阪市、堺市、京都市、神戸市)、 関係学会((公社)土木学会関西支部、(公社)地盤工学会関西支部、(公社)砂防学会、(公社)日本地すべ り学会関西支部、(一社)日本応用地質学会関西支部)」に基づいて実施され、調査に当たって多大の御 支援をいただいた(公社)地盤工学会関西支部幹事長 乾徹氏、(公社)土木学会関西支部、福井県土木部砂 防防災課、福井県防災安全部危機管理課、福井県三国土木事務所、あわら市、(公財)福井県建設技術 公社の方々に感謝の意を表します。調査団のメンバーを以下に示す。

荒井 克彦 福井大学名誉教授, NPO 福井地域地盤防災研究所

- 山本博文 福井大学教育学部教授
- 小嶋 啓介 福井大学工学部 教授
- 大堀 道広 滋賀県立大学環境科学部 教授
- 岡本 拓夫 福井工業高等専門学校 名誉教授
- 吉田 雅穂 福井工業高等専門学校 教授
- 室田 正雄 (公財)福井県建設技術公社
- 梅田祐一 (株)デルタコンサルタント
- 片山 俊宏 中央測量設計(株)
- 藤田 有二 (株)田中地質コンサルタント
- 掃部 正紘 (株)帝国コンサルタント

2. 福井県における地震動

2024年1月1日16:10頃の広域的な震度分布(地震調査研究推進本部)を図-2.1に、福井県内の震度 分布(気象庁)を図-2.2に示す。石川県に最も近いあわら市で震度5強、坂井市と福井市で震度5弱で あった。福井県嶺南西部の震度4の分布も特徴的である。被害が大きかった、あわら市、坂井市、福井 市における地震波観測位置を図-2.3に、加速度時刻歴(「あわら市国影」、「あわら市市姫」、「坂井市坂井 町下新庄」、「坂井市春江町随応寺」は福井県防災安全部危機管理課提供、「福井市豊島」は気象庁 HP より引用)、加速度スペクトル(担当:小嶋啓介氏)を図-2.4に示す。図-2.3に示す地震波観測位置は、 図-3.1~3.4で後に示すように、全部が沖積平野上にある。

[コメント:岡本拓夫氏] 震源付近における M7.6 の断層破壊は,主に 2 つの大きなイヴェントとして 認められ,差は 13 秒と推定されている(京都大学防災研究所など)。図-2.4 の各観測位置の加速度時刻 歴に,P波,S波ともに 2 つのイヴェントの特徴が認められる。加速度スペクトルには,被害の大きか った地域のすべての観測位置で,1~2 秒のところにピークが認められ,建物の被害につながったと考 えられる(このピークは,兵庫県南部地震の時に指摘されたキラーパルスに相当するのかもしれない)。 長周期成分については、震源域で長周期地震動階級 4 が観測され、福井県嶺北平野部においても長周期 成分が認められる。岡本他が嶺北地方で展開する速度計による地震波形では、屈折波と直達波の時間差 が数秒で、より複雑な形状として認められている(岡本私信)。特に「あわら市国影」観測位置におい て、長周期側へのスペクトルの拡がりが顕著で、地震動による被害の特徴が推定され、言及する必要が ある。嶺南の震度4の分布は、波線が海洋構造を通り、減衰が少なかったためと推察される。



図-2.1 広域的な震度分布(地震調査研究推進本部地震調査委員会「令和6年能登半島地震の評価」 令和6年1月15日より引用)



図-2.2 福井県における1月1日16:10の震度分布(気象庁)



①あわら市国影













③坂井市坂井町下新庄



④坂井市春江町随応寺





⑤福井市豊島(気象庁 HP より引用)



図-2.4 地震加速度時刻歴と加速度スペクトル

3. 既往資料

1) 地形図

福井県嶺北部の地形図を図-3.1 に示す(福井県:平成 22・23 年度 福井県地震被害予測調査業務報告 書概要,平成 24 年 3 月より引用)。



図-3.1 福井県嶺北部 地形図

2) 地盤図

福井平野の地盤図を図-3.2~3.4 に示す(福井地盤図作成実行委員会,福井地質調査業協会:福井の地盤-福井平野-,2021 年 8 月より引用)。あわら市南部,坂井市,福井市がある福井平野は深さ 20~30m 程度の沖積層からなる。



図-3.2 断面図の測線位置



図-3.3 図-3.2 A 測線断面図(南北方向)

分類項目

凡例

世 冲積層

更新世

決積層

地 局 開祖・自相 修士 bx

粘性土

は 病枝土

As 砂質土

AE 機智士

粘性土

砂贺土

職員主

砂岩

元岩

安山暑

地下水边

井戸設置を算的とした ボーリング礼

面離性地接來 du 科理上以



図-3.4 図-3.2 B 測線断面図(東西方向)

3) 既往の液状化予測

福井平野東縁断層帯主部ケース1(「地震調査研究推進本部」設定の想定地震断層)を想定した場合の液状化危険度を図-3.5に示す(福井県:平 成22・23年度福井県地震被害予測調査業務報告書概要,平成24年3月より引用)



4. 被災個所の位置

福井県 HP やマスコミ報道などで把握した,福井市以北の被災個所の位置を図-4.1 に示す。被災個所のほとんどは平野部に位置しており,多くはあわら市(震度 5 強),坂井市(震度 5 弱),福井市(震度 5 弱)で発生している。図-4.1 に対応する空中写真を写真-4.1 に示す。被災個所の多い,あわら市付近の拡大図を図-4.2 に示す。図-4.2 に対応する空中写真を写真-4.2 に示す。次節で,各被災個所の状況を示す。

各被災個所の報告でジオステーションによるボーリング柱状図を示すが、ジオステーションにおける ボーリング柱状図の位置を図-4.3 に示す。図-4.3 に示す番号は、5節の被災個所番号に対応している。



図-4.1 被災個所の位置(国土地理院地形図に記入)



写真-4.1 図-4.1 に対応する空中写真(国土地理院)



図-4.2 あわら市付近の拡大図(国土地理院地形図に記入)



写真-4.2 図-4.2 に対応する空中写真(国土地理院)



図-4.3 ジオステーションにおけるボーリング位置(番号は各被災個所)

5. 液状化被害個所で採取した噴砂の粒度分析結果(担当:小嶋啓介氏)

液状化発生地点の噴砂を採取し粒度分布試験を実施した結果を図-5.1 に示す。図は粒径加積曲線(粒度分布曲線)である。どの地点の噴砂も 0.075mm~2mm までの砂分がほとんどであり、平均粒径 D₅₀は 0.3mm~0.4mm である。また、細粒分含有率 F_c(0.075mm 未満の割合)は、福井港が 16%程度とやや大きいことを除いて 8%程度以下であり、礫分(2mm)以上もほとんど含まれていない。均等係数 Uc=D₆₀/D₁₀は、概ね 2.5~4.0 程度で非常に均一な砂からなっていることが確認できた。福井県の液状化 発生地点の噴砂の粒度分布を、図-5.2 に示す日本港湾協会などによる液状化が発生しやすい粒度分布と 比較すると、ほぼ中央付近に分布しており、非常に液状化が発生しやすい土質であったことが認められ

る。さらに、各地点とも埋立て土層を有すること、標高が低く湖沼や海や河川に近いか、造成地の谷埋 め部で、地下水位が浅いと考えられることなども共通していた。今回の地震による自治体の震度計では、 あわら市で震度 5 強、福井、坂井両市で震度 5 弱程度と計測されている。一方過去の液状化履歴から、 液状化が発生するとされている震度は 5 強程度とされているが、今回の被害地点では液状化の発生しや すい条件が揃っており、震度 5 強をやや下回る揺れの地点でも液状化が発生した可能性が指摘できる。







図-5.2 液状化が発生しやすい粒度分布(日本港湾協会)

6. 各被災個所の状況

① 坂井市三国町米納津 福井港 液状化

被災個所の地形図を図-6.1.1 に,被災前の空中写真を写真-6.1.1 に示す。写真-6.1.2 の 1961~1969 年, 写真-6.1.3 の 2013 年の空中写真を比較して,被災地は海岸埋め立て地であることが確認できる。被災し た道路は南西から北東へ向けて建設されており,北東部の標高が南西部に比べて 4m 程度低い(図-6.1.3 参照)。液状化被害は標高の低い北東部で発生している。福井県 HP による 1 月 2 日の状況を図-6.1.2 と 写真-6.1.4 に示す。1 月 23 日の現地踏査状況を写真-6.1.5~6.1.12 に示す。ジオステーションによる付近 のボーリング柱状図を図-6.1.4, 6.1.5 に示すが,深さ 5m 程度まで緩い盛土(砂層)である。図-6.1.1, 図-6.1.4 に示すように,被災個所は海岸埋立地の緩い砂地盤であり,この地点での地下水位は GL.-4m 程 度となっている。

写真-6.1.3~6.1.8 に示すように、大量の噴砂が多数見られ、広範囲の液状化が生じている。液状化に よる大きな沈下と滞水、横抵抗を失った電柱の傾斜・沈下が生じた。舗装面と側溝や縁石との間に開き があることから道路全体の沈下が考えられる(写真-6.1.10, 6.1.11)道路が一様に沈下したために路面滞 水が発生したようである。道路が舗装されているため、噴砂は電柱周りや側溝付近、歩道とフェンスの 間などで多く認められ、道路周辺の液状化に伴う水圧が、逃げ道を求めて、コンクリートやアスファル トの継ぎ目などから噴砂として排出されたものと思われる.それに伴う道路の沈下や段差・クラックも 電柱周辺で顕著である。側溝に添って隙間ができており、南東側(岸壁側)へ若干、移動した可能性も ある。液状化発生地点は隣接する岸壁の海面上 2m 程度の地点であり、地下水面も深さ 2m 未満と推定 される.周辺の岸壁や石油備蓄タンクは安定した様子であり(杭が設置されているか)、液状化の未対 策部で被害が生じているようである。

[液状化判定](担当:藤田有二氏)図-6.1.6 に図-6.1.4 のボーリング柱状図を対象として道路橋示方書 による液状化判定を行った結果を示す。ボーリング柱状図図-6.1.4、6.1.5 は同様な地層状況なので、図-6.1.4 に対する結果のみを示す。砂層の粒度分布は図-5.1 に示す結果を用いた。レベル1地震動では F_L 値 が1.0 より大きいが、レベル2地震動を想定すると砂層の多くの深さで F_L 値が1.0 を下回っており、液 状化の可能性が高いことが分かる。

[復旧方法]現状の舗装を撤去し、元の高さまで盛土と舗装をやり直すことになる。道路の重要度に応じて、液状化対策としての地盤改良を検討する。



図-6.1.1 地形図(国土地理院)

写真-6.1.1 空中写真(被災前,国土地理院)



写真-6.1.2 空中写真(1961~1969,国土地理院) 写真-6.1.3 空中写真(2013,国土地理院)



図-6.1.2 福井県 HP 資料



図-6.1.3 被災位置と標高分布



写真-6.1.4 道路滞水(1月/2日,福井県)

写真-6.1.5 全景(1月23日)



写真-6.1.6 道路滞水



写真-6.1.7 電柱傾斜と周辺噴砂



写真-6.1.8 電柱傾斜と周辺噴砂



写真-6.1.10 歩道部亀裂と段差



写真-6.1.9 沈下した電柱



写真-6.1.11 歩道部亀裂と段差

写真-6.1.12 噴砂(細粒分が少ない中細砂)

標	標	層	深	柱	±.	色	相	相	12	地	孔					根	準貫入	鍼験		
	=	E	œ.		55		14	++	and a	E	四水位	深	10c ±T4	inご 設備)	との	打撃	N	値		32
A	[6]	丹	12	状	Ŗ		24	XJ		出	(n)	度	112			回数	.010			1
					X		密	稠		体反	測		0	10	20	1				
			000000	X	分	調	度	度	事	分	月日		10	20	30	入量				
(m)	(m)	{m}	(m)									$\langle m \rangle$		0.00		(01)	8 10 20	30 40	58	(
L.L.L.	5.68	0.25	8. 25	_	表工 (SF) 成十(社)	暗奈			一芝~礫・シルト進り砂 含水は史位又はや空少ない。 											
) (8.5.5)				4931甲の主体で細胞も多く混入し粒 掻もやや不均一である。 堆水煤りでGL-4.98mにて地下水を躍											
-1									認する。			1.15			62		10			
r fa r				10								1.45	D		0	19				
-2												2.15							-	2
							He's					2.45	1	1	2	*	* •			
-3						褼	252					7 15								
							緩い					2.19	1	.1	3	5	s 🕴			
Ē.											47.107	0.10								
4											4.28	4.15	1		-	3				
				1							87/31 4_25	4.45		1	1					
-5	. contes										¥	5.15							_	-
	0.98	5.18	5. 35	1	醫士 (砂		1		含水はやや多い 現代市路主社で加速まで見ませる			5.45	z	8	5	18	18			
-6					(855)				12-61/付近にて2011位の亜円礫を点お する。	E		5 45							_	_
1.1.1									11-12:00~13:00)間は粗砂も混人し 粒径も不均一である。 11-13:90~14:15:開け粗砂主体で新			5 45	18	11	16	53	85	\geq		
					Í				々2~5mm位の組織も点在し不均一である。	3		10.10						\land		
									ほー14.00n付近~炭化した腐種物を計 入し又、GL=14.15x付近より暗灰色と なり、ML=34.05x付近より暗灰色と	111		7, 15			-	10	18			2
Lava				18					as, usonautrecas			7.45		2	3	19		S		
-8												8, 15	5				97		_	-
												B. 45	18	10	18	38	39	1		
-9																	1		_	2
												2.13	÷	5	5	14	14			
Ē							÷					9.45								
= 10						褐	515					18.15	-2	525	3250	82	15			3
da i							63					18,45	•	2	0	12				
-11												11.15	ş							-
the La												11, 45	7	0	8	24	24	1		
-12												45 AP						P	_	
Ē												16.95	8	7	8	21	21			
2	12	<u>66 </u>			6		35.35		6			12:45								

図-6.1.4 付近のボーリング柱状図(ジオステーション,位置は図-4.3 ①a)

標	層	深	柱	土	色	相	相	5	地	孔					穂	夏準貫入試験
古		F		历史		44	++		層	一衆	深	10c ‡T3	nC BB	との 時	打掌	N 値
[=]	14	DR.	状	2		21	~1		岩	(n)	度	-		~	回数	
				X		密	稠		体区	1		0	10	20	4	
(m)	1 mJ	Ins	X	分	調	度	度	事	公分	月日	(m)	10	20	30	公里	
6.87	1,007	1117	-	7277	-	-	-		-	ie -	Z m X	-	-	_	(CII)	8 10 20 30 40 50
5.77	0.30	8. 58	31/	<u>山</u> (政) 土甸	反			砕石(路盤材)								
			-/	(856) 國主(34 1月92년) (855-5)	裾	緩い		含木は中位。 報は中砂玉はで離北2~5nm位の組織 を湿入し最大2nmも点在する。又粗 砂も湿入し粒往も不均一。			<u>1. 15</u> 1. 45	2	2	2	6	6
22	1.55	2.85	1	<u> </u>		-		敬は中砂主体で含水は中位~下層程	-		2.15					
				(855)				多くなる。 無水蠣りでGL-3.70xにて地下水を確			2.45	+	+	3	11	"
								90-9 Ge			7 15					
										88/02	2.12	1	1	2/15	4	3
					褐	緩い				1	3.5				0000000	
											4. 15			E.		
			1								4, 45	1	2	2	5	
			1								5.15					
92	3.38	5. 35	· . · .	R.		-	-	含水はやや多い。			5.45	z	z	9	8	0 ×
				03				砂は中砂主体で粗砂および2~5mk位 の散蘖も混入し粒径も不均一である								
								。 値-13.00n付近より粗砂主体で2~5m 位の激発を漏入し又20nn位も点在し			5, 15			7	15	10
								粒径も不均一である。 は - 18,00m付近より組砂主体で時度包	5		6:45					
			2.22					となる。 所々で見殻片も少量点在する。			7.15					
			1412								7.45	5	7	11	23	23
											8.15	6	в	11	85	25
			111								8.45					
			• • •			史					9.15					
						2010					9.45	7	7	8	22	2
			· · · ·			~密					10.08					
			· · · ·		18	なるさ					18.15	0	11	10	30	20
					10	悲常に					18, 45				10000	
						富な					11.15				ales.	
						~密か					11.45	B	19	13	31	
						d					12 15					
											1	1.	7	18	23	23



道路橋示方書 V耐震設計編に基づく液状化判定結果(平成29年基準 LEVEL1)

道路橋示方書 V耐震設計編に基づく液状化判定結果(平成29年基準 LEVEL2)



図-6.1.6 道路橋示方書による液状化判定結果(担当:藤田有二氏)

② あわら市 国影グラウンド 液状化

被災個所の地形図を図-6.2.1 に, 被災前の空中写真を写真-6.2.1 に示す。写真-6.2.2 の 1974~1978 年, 写真-6.2.3の 2013 年の空中写真を比較して、被災地はため池を埋め立てて盛土した造成地(グラウンド) であることがわかる。被災地は標高 20m 以上の加越台地(北部丘陵)の裾野で,緩い谷状の小オボレ谷 のような場所を切盛り造成したと考えられる.ため池を埋め立てた砂層が液状化により地盤沈下してグ ラウンドが円形に沈下して(写真-6.2.4)滞水しており、その外側には沈下により生じた亀裂がみられる (写真-6.2.5~写真-6.2.13)。グラウンド内に噴砂が多数発生し、不陸が生じている。グラウンド中心部 (写真-6.2.6, 滞水面が最も大きい)を中心に同心円状に噴砂, ひび割れが見られた。グラウンド造成時 に表土の下に砕石層を作り(写真-6.2.11),水はけを保っていたと考えられるが、現在は水はけが悪くな ったようである。しかし、被災前にはグラウンドに滞水する現象は見られなかったとのことである(管 理事務所)。グラウンドの南側(住宅側)は一段低くなっており、グラウンドの南端は擁壁で押さえら れている(写真-6.2.1)。擁壁は若干,南へせり出しており,不明瞭であるが,擁壁にも新しいクラック が生じている(写真-6.2.15)。グラウンド南端部では開口亀裂が生じている(写真-6.2.14)。液状化,噴 砂に加えて、擁壁が南へ若干移動したことにより、グランドに窪みができた可能性もある。グラウンド 南側は一段低くなっているが、北側(山側)からの地下水供給により、被災前の地下水位は高かったと 推定される。亀裂や噴砂はグラウンド内で分散しているが、特に南側の盛土厚が厚いと思われる範囲に 多く分布している。噴砂孔は亀裂型やクレーター型であるが、噴砂孔の内部やクレーターの周辺部に黒 色の礫の散乱も認められた(写真-6.2.11, 礫はグラウンドの排水層として敷設されたものと思われる)。 復旧工法:山側からの地下水供給により地下水位が上昇していた、ため池を埋めた盛土(砂層)が液状 化したとみられるので、この層の地下水位を十分に低下させる必要がある。この層の深い位置に排水設 備を設置するか、南側の擁壁部分から排水ボーリングを行うような方法も考えられる。グラウンド表土 層、排水層(礫層)は液状化により大きく変状したことと、排水層(礫層)は目詰まりなどで排水機能 が低下していた可能性もあるので、表土層と排水層を一旦除去して再施工する必要がある。



図-6.2.1 地形図(国土地理院)

写真-6.2.1 空中写真(被災前,国土地理院)



写真-6.2.2 空中写真(1974~1978,国土地理院)

写真-6.2.3 空中写真(2013,国土地理院)



写真-6.2.4 円形に亀裂と沈下が発生(2013,国土地理院) 写真-6.2.5 管理事務所とグラウンド北部







写真-6.2.7 亀裂と噴砂(北部)



写真-6.2.8 亀裂と噴砂

写真-6.2.9 亀裂と噴砂



写真-6.2.10 亀裂と噴砂



写真-6.2.11 透水層としての砕石層



写真-6.2.12 噴砂の砂(細粒分が少ない中細砂)

写真-6.2.13 グラウンドの南部



写真-6.2.14 グラウンド南端 の開口亀裂(右に擁壁)

写真-6.2.15 グラウンド南端の擁壁 のはらみ出し(上がグラウンド)

③ あわら市二面 道路面亀裂

福井県 HP の資料を図-6.3.1 に示す。現地踏査は行っていない。



図-6.3.1 福井県 HP

④ あわら市北潟 管理用通路沈下・亀裂

被災個所の地形図を図-6.4.1 に、被災前の空中写真を写真-6.4.1 に、護岸と道路被害の位置と標高分布

図-6.4.2 に示す。北潟湖は加越台地(洪積世)が侵食されて形成された。福井県 HP の資料を図-6.4.3 に 示す。北潟湖周辺の被災個所と,ボーリング柱状図から想定した地層図を図-6.4.4(a),(b)に示す(福井 県三国土木事務所提供)。写真-6.4.1~6.4.14 に現地踏査で撮影した被害状況を示す。ジオステーション によるボーリング柱状図を図-6.4.5~6.4.8 に示す。図-6.4.5 では砂層がなく,全体が N 値 0 と超軟弱なシ ルト層である。図-6.4.6,6.4.7 では表層に 2~3m 厚さの砂層があり,その下はシルト層である。図-6.4.8 では全層が軟弱な砂層である。地下水位は北潟湖の水位と同じで GL-0.5~1m である。図-6.4.9 に護岸 と基礎杭などの被災状況を示す。

[液状化判定]図-6.4.8 を対象として,道路橋示方書に基づく液状化判定結果を図-6.4.10 に示す(提供:三国土木事務所)。レベル 2 地震動を想定すると,ほとんどの深さで F_L値が 1.0 より小さくなっており,液状化の可能性がひじょうに高いことが分かる。

[FEM 計算]図-6.4.5~6.4.7 を対象とし、図-6.4.11 に示す簡単な有限要素モデルを想定して計算を行う (担当:荒井克彦氏)。http://jibanbousai.jimdo.com/で公開されている GEODYNA-1 を用いた動的応答計 算を行う。物性定数を表-6.4.1 に示す。シルト層の変形係数,強度は、既往調査資料(提供:三国土木 事務所)の深さ 3.5~4.5m 付近で採取した試料の一軸圧縮試験結果の平均的な数値である。地下水位以 下の材料の単位体積重量で浮力を考慮する。入力地震動は、図-2.2 ①に示す「あわら市国影 EW」の 20 秒以降のデータを用いる。計算結果として、図-6.4.12 に水平変位の時刻歴を示す。図-6.4.12 で 42 秒経 過時点(図-2.2 で 60 秒経過時点)の降伏要素分布を図-6.4.13 に示すが、ほとんどの領域で降伏が生じて いる。図-6.4.12 の 20 秒以降の多くの時間ステップで、図-6.4.13 と同様な降伏領域が見られた。図-6.4.12 の 62 秒経過時点(図-2.2 で 80 秒経過時点,地震動の終了時点に近い)の変形図を図-6.4.14 に示す。簡 単な FEM 計算であるが、護岸や管理道路舗装の変形は、写真 6.4.1~6.4.14 で見られる変状とある程度 整合しているようである。

以上のことから、軟弱なシルト層は地震動によりせん断破壊して流動化し、砂層は液状化したと推定 される。図-6.4.4(a),(b)の地層図に示したように、軟弱なシルト層が厚く堆積している部分が多いが、 シルト層の上部や下部の砂層が液状化した可能性が高い。多くの個所で噴砂が確認され, 噴砂が 1m 以 上吹き上がったとみられる個所もある(写真-6.4.2, 6.4.3)。管理用通路からの噴砂や農地部での噴砂は 粒径が均一な砂である。護岸背面の管理用通路と護岸前面(湖側)の、シルト層の流動化と砂層の液状 化による,護岸背面の土圧の増加と護岸と PC 基礎杭の横方向抵抗の低下により,護岸の前面への傾斜 と管理用通路の沈下・傾斜が生じたとみられる。以前より大雨時の浸水現象がみられたが、シルト層の 流動化と砂層の液状化により被害が顕著となっている。護岸の傾斜と管理用通路の沈下により護岸と管 理用通路の間に段差や開口亀裂がみられた(写真-6.4.4~6.4.6, 写真-6.4.12, 6.4.13)。試掘により管理用 通路下の空洞が確認されている(写真-6.4.7)。場所によっては、管理用通路陸側の一段高い畑等にクラ ックが入り、湖側に若干移動している(写真-6.4.8)。このような地点では、護岸や管理用通路の被害が 大きかった。主な変状は護岸から宅地背後の畑までの範囲で発生しており、民地も含む水際周辺全体が 不等沈下し、周囲の民家にも変状が見られる。宅地擁壁の崩壊も見られる(写真-6.4.9~6.4.12)。周辺の 顕著な変状に対して、管理用通路の側溝は概ね健全で、二次製品の水路が周辺の全体的な沈下・変形に 追随しているとみられるが、水路縦断の変化に伴う排水性能の低下が懸念される。被害は、湖左岸の護 岸が整備された側で顕著であり、護岸がない右岸では目立った変状がない。

[復旧工法] 施設管理者の三国土木事務所は周辺の宅地被害も把握して水際全体で検証している。護岸

と基礎杭の変形状況と復旧工法(案)の1 例を図-6.4.9 に示す。湖の左岸側は住宅があるので護岸が必要である。公的な指針に従って,基礎杭の傾斜が基準以上となった個所で基礎杭と護岸を撤去し,図-6.4.9 に示すように基礎杭と護岸を再設置する原形復旧の方針である。安全率の基準を満たすように袋詰め玉石で護岸前面の根固め工を増加させるとしている。以前の環境と比べて洪水被害が低減されているのであれば,護岸の高さ・構造を見直す余地があるかもしれない。右岸側は住宅がなく自然の管理道路には被害が見られないことから,沈下に追従可能な柔軟な施設を造ることも今後の研究的な課題として考えられる。



図-6.4.1 地形図(国土地理院)



写真-6.4.1 被災前の空中写真(国土地理院)



図-6.4.2 北潟湖南側北部の護岸と道路被害位置と標高分布





図-6.4.4(a) 被災個所と地層図(上流部)




写真-6.4.1 図-6.4.2②付近 管理用道路の傾斜



写真-6.4.2 図-6.4.2②付近 噴砂が 1m 以上吹き上がった痕跡



写真-6.4.3 写真-6.4.2と同じ







写真-6.4.5 写真-6.4.4の拡大



写真-6.4.6 図-6.4.2②付近 護岸・道路のずれ



写真-6.4.7 図-6.4.2②付近 空洞(試掘)



写真-6.4.8 図-6.4.2②付近 周辺法面崩壊



写真-6.4.9 図-6.4.2②付近 付近宅地液状化

写真-6.4.10 図-6.4.2②付近 付近宅地液状化





写真-6.4.11 図-6.4.2②付近 近傍民家の擁壁

写真-6.4.12 図-6.4.2②付近 近傍民家の擁壁



写真-6.4.12 図-6.4.2①付近 護岸の傾斜 写真-6.4.13 図-6.4.2①付近 護岸の傾斜と開口



写真-6.4.14 図-6.4.2①付近 道路滞水

楆	標	層	深	柱	土	色	相	相	58	地	孔内					根	準貫入試	<u></u> <u> </u>
尺	高	厚	度	状	質		対	対		前・前	形位の)	深度	10e 打3	inご 撃回 10	との 数 20	打撃回数	N	値
8231	1.44	1925		X	区分	調	密度	稠度	事	体区分	測定月日		1 10	10 1 20	1	人尊人理		
(m)	{m}	{m>	(m)		シルト海 918 (S-10)	暗灰			→刹~中砂			(m)				(cn)	8 10 26 36	40 20
-1	-1.33	1.48	1, 48		910 F 015		-		→ 履植物点在 → 1,40~3.50n 腐植物を多く混入	-		2	88			8) 8	0•	
-2												1.99	88 98			89	0.	
4									・広葉樹の葉が水平に点在			2. 98 2 . 86	80, 86			88	0.	
-5								非常	-3.50m以深は腐植物少混			4. 5 5	80			80 60	•	
-6						暗灰		に軟らかい	-5.00n付近に滅縁反色の凝灰岩際(夏北角礫省30n/n)1個混入			5. 65 6	88_ 65			68	8.	
7												0. 05 7	88. 65		_	60 	0.	
-8												7.75 8	00 75			60/12	0	
-9	-9 23	7.98	9 38					51-44				9 8, 99	00 99 99			80 - 193 - 68	8 •	
-10					若接實土 此,於 互喝 (5)				・砂は中砂が主体			9. 5 18. 15	50			8		
-11						92			-5.80m付近C木片混入			18.05	1 50			1 50		
-12						炭			→有機質土は分解が進みシルト状			11.45	1	1	2			

図-6.4.5 付近のボーリング柱状図(ジオステーション,位置は図-4.3 ④a)







標	標	層	深	柱	土	色	相	相	5	地	孔		ř.			根	ξį ž	岸 貫	[入	、討	、験	i.		T
尺	高	厚	度	状	質		対変	対細		層・岩体	家位(1)	深度	100 打 0	nご 撃回 10	との 数 20	打撃回数			1	4		値		and mo
(m)	{m>	(m)	(m)	X	分	調	度	度	事	世区分	測定月日	(m)	 10	1 20	1 30	黄大量 (11)		-		7.0	70	40	-0	6
		<u>899-601</u>			幽土(記) 記 句 (3)	黄茶			非常にゆるい相対密度		2													
1	0.002	1320	0.750			暗灰			1.60x~2.95aは廃棄物、木片等多く 混入			1. 15	1/35			135								
-2	<u>-11.95</u>	1.95	1,95		と資土 SFD		6 -		〒-2.80mで孔内水平載荷試験								-							-
-3						暗灰																		_
4	-3.58	2.55	4, 58			_														-	-			
5	53 53				छ) छ)				4.851~5.00nシルト層をはさむ			4,75 5.05	1/1	1/25		2	2							
6																	-	-			-		-	-
7												<u>6. 0</u> 7. 2	3	+	5	12	12				_			
8				•		暗灰			8.00*村近シルト分多く含む			8.15	14/00	1/12	1)-B	R La	÷	1						_
									含水量は大			101010						+						-
-10									10.00m~10.22mはモルケン自沈			18.55	2/2	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	2/0	6	6	1			-			-
-11									ゆるい~中世の相対密度									1						
-12							e.					12 15	5	3	1	12 31	12		ł					

図-6.4.8 付近のボーリング柱状図(ジオステーション,位置は図-4.3 ④d)



図-6.4.9 護岸の構造





図-6.4.11 FEM 要素分割図

表-6.4.1 FEM で用いた物性定数

	変形係数	ポアソ	粘着力c	せん断抵抗	単位体積重
	(kN/m^{2})	ン比	$(kN/m^{2)}$	角φ(°)	量 (kN/m ³⁾
上部砂層	5000	0.47	0	25	17
シルト層	400	0.47	9	0	12
下部砂層	10000	0.47	0	30	18
護岸コンクリート	2.0×10 ⁷	0.16			22
舗装	10000	0.3	0	35	19
根固め	10000	0.3	0	35	19
PC 杭	2.0×10^{7}		A=0.02m ²	, $I=0.00005 \text{m}^4$	24
鋼矢板Ⅱ型/1m	2.0×10^{8}	I	$A=0.0153m^2$,	I=0.000087m ⁴	70

レイリー減衰定数: α = 2.2, β = 0.038。 A: 断面積, I: 断面 2 次モーメント



図-6.4.12 FEM 計算結果 水平変位の時刻歴 (図-6.4.11 点 A, 点 B)





図-6.4.14 FEM 計算結果 図-6.4.12の 62 秒経過時点の変形図



図-6.4.15 復旧工法(案)

⑤ あわら市北潟 昭和橋(市道)段差

被災個所の地形図を図-6.5.1 に, 被災前の空中写真を写真-6.5.1 に示す。福井県 HP 資料を図-6.5.2 に示 す。ジオステーションによるボーリング柱状図を図-6.5.3 に示す。図-6.5.3 では GL.-2m 以深に軟弱で均 ーな砂層(中砂)がある。地下水位は GL-0.5m 程度で北潟湖水位と同じとみられる。図-6.5.2, 写真-6.5.2, 6.5.3 に示すように, 東側・西側ともに橋梁と橋台の間に約 10cm の段差が生じて通行止めとされた。道路面と北潟湖水面に 2m 以上の標高差があるので,付近の道路面には噴砂は見られなかったが, 液状化により橋台部分が沈下したとみられる。橋台の基礎杭の仕様は不明である。写真-6.5.4 に示すように,橋台ウィング下部の地盤の沈下により隙間が生じている。写真-6.5.5 に示すように,付近の護岸に沈下による段差が生じている。液状化による沈下は広範囲に均等に生じたようであり,付近の建築物に変状は見られなかった。

[復旧工法]橋梁と橋台の 10cm 程度の段差はすりつけで対処できるようである。写真-6.5.4 に示す隙間 は埋めておく必要がある。



写真-6.5.2 昭和橋西側

写真-6.5.3 昭和橋東側



写真-6.5.4 橋台ウィング下部の沈下 (福井県 林氏提供)

写真-6.5.5 付近の護岸の段差 (福井県 林氏提供)



⑥ あわら市北潟 北潟湖左岸(西側)住宅被害

図-6.4.2 に示した②, ①付近の住宅の被害状況をマスコミ報道から引用して写真-6.6.1~6.6.4 に示す。 液状化による不同沈下が生じたとみられる。住宅の外観の変状は,現地踏査で把握した写真-6.4.9~ 6.4.12 に先に示した。復旧工法:ジャッキアップとモルタル注入,注入工法による住宅の不同沈下修正 が考えられる。



写真-6.6.1 民家敷地の亀裂,段差(福井新聞)

写真-6.6.2 破損した住宅の一部(福井新聞)



写真-6.6.3 最大 10cm ほどのすき間ができた 写真-6.6.4 民家裏の路面の亀裂(福井放送) ガラス戸(蓮覚寺宏絵氏撮影,福井放送)

⑦ あわら市吉崎(北潟湖北端部)「道の駅蓮如の里」前の公園 液状化

被災個所の標高分布を図-6.7.1 に,被災前の空中写真を写真-6.7.1 に示す。北潟湖との位置関係を先 の図-6.4.1 に示す。写真-6.7.1 から明らかなように,被害を受けた公園は.北潟湖内にコンクリート護岸 で仕切った埋立地である.また同地点の標高は 1~2m 程度であり,地下水位が非常に浅いと思われる。 公園位置であるかを確認できないが,ジオステーションによる付近のボーリング柱状図を図-6.7.2 に 示す。主な被害は,コンクリート護岸の湖側へのわずかな傾斜と,護岸背後地盤の陸側への移動と沈下 による隙間の発生,公園内地盤の不規則な沈下,多数の噴砂などである.芝生面が傾斜し,一部でしわ の発生が認められた(公園の地表面または液状化層の傾斜による側方流動を伴う沈下によると思われ る)。噴砂は至る所で認められたが,トイレやアズマヤなどの構造物の基礎周辺からの噴出量が多い (液状化に伴う水圧の排出の際に,上部がコンクリートなどで遮られているため,逃げ道を求めて境界 部に集中したことによると思われる)。敷地内トイレの道路側本管を結ぶ埋設配管も損傷したようであ る。北西側の護岸では変形が見られず,北西側護岸背後の亀裂は地盤が背後方向に引っ張られて移動し たことにより発生しているようで、液状化による地盤沈下によると考えられる。復旧工法:護岸の傾斜 量は大きくはないので、杭基礎の状況を把握して、修復が必要かどうかを従来の基準などに基づいて十 分に検討する必要がある。公園内は整地で良いようである。トイレの道路側本管を結ぶ埋設配管は掘削 して修復する必要がある。





図-6.7.1 標高分布

写真-6.7.1 空中写真



写真-6.7.8 擁壁周囲の隆起と不陸(公園の南西側)

写真-6.7.9 南西側の護岸のはらみ出し



写真-6.7.10 噴砂状況

写真-6.7.11 噴砂状況



図-6.7.2 付近のボーリング柱状図(ジオステーション,位置は図-4.3 ⑦)

⑧ あわら市下金屋(名泉郷) 造成宅地における谷部盛土斜面の崩落

被災個所の地形図を図-6.8.1 に,被災前の空中写真を写真-6.8.1 に示す。福井県 HP の資料を図-6.8.3 に 示す。造成宅地である名泉郷における市道が幅約 15m,長さ約 25m にわたって崩落した。崩落の状況を 写真-6.8.6~6.8.14 に示す。写真-6.8.12 に示すように崩落土砂は細粒土であり,流動化して下部の県道ま で到達した(図-6.8.3,写真-6.8.11~6.8.13)。堆積した崩落土砂は軟弱で含水比が高く流動性が高い(写 真-6.8.14)。崩落した市道には水道管が埋設されており,地震直後には市道の法肩までの鉛直断面形状の 崩落が起き,1時間程度後に水道管を含めて市道のほぼ全体が崩落したという説明があわら市担当者からあった。宅地造成前の空中写真を写真-6.8.2,6.8.4 に、宅地造成時の空中写真を写真-6.8.3 に示す。写真-6.8.2~6.8.4 に宅地造成前と造成中の状況を示すように、崩壊斜面の両側には尾根状の自然斜面が見られ、被災個所はやや大きな谷地形における盛土部である。従来から指摘されてきたように、造成宅地における谷部盛土斜面は地下水位が高い場合が多く、耐震性が問題となる。図-6.8.4 に示すように、調査地付近の下金屋の雨量観測では1月1日17:00時点で連続雨量 55mm が観測されている。1月中旬以降に伸縮計と水位計・パイプ歪計が設置されて監視が行われている。

[地盤調査] 図-6.8.5, 6.8.6 にボーリング位置を, 図-6.8.7~6.8.9 にボーリング結果を示す。ボーリング 結果に基づく地層断面図を図-6.8.6 に示す。盛土層は N 値が 0~6 と低く, 十分な締固めがなされていな かったようである。1 月中旬に計測を開始して以降の最高地下水位を図-6.8.6 に示しているが, この計測 時期には多量の積雪や降雨を経験していないためか,地下水位はそれほど高くはない。1 月 1 日時点の 地下水位は図-6.8.4 に示す降雨からみて, もう少し高かった可能性もある。

[円弧すべり計算] 図-6.8.6 の横断図を対象として円弧すべり計算(修正フェレニウス法)を行う(担当:梅田祐一氏)。土質試験などは実施されていないので,表-6.8.1 に示す地盤強度定数 c, ϕ などは N値を考慮するとともに,水平震度係数 $k_h=0.25$ を与えて安全率が 1.0 以下となる条件で逆算している。地下水位は図-6.8.6 に示した位置としている。図-6.8.10 に,最小安全率を与えるすべり面位置と常時,地震時の安全率を示す。最小安全率を与えるすべり面は,強度が最も小さい「盛土 2 層」の下端を通る。

[FEM 計算] 図-6.8.6 の横断図を対象とし,図-6.8.11 に示す簡単な有限要素モデルを想定して計算を行った(担当:荒井克彦氏)。6.4 と同様に,<u>http://jibanbousai.jimdo.com/</u>で公開されている GEODYNA-1を 用いた動的応答計算を行う。入力地震動は 6.4 と同様に,図-2.2 に示す「あわら市国影 EW」の 20 秒以降のデータを用いる。地盤物性定数を表-6.8.2 に示す。円弧すべり計算(修正フェレニウス法)で用いた表-6.8.1 の地盤強度定数を用いると破壊様式が得られなかったので,試行計算を行って破壊様式を得る強度定数を用いる。修正フェレニウス法はスライス間内力を考慮しない簡便法であり,内力を考慮するビショップ法などより,安全率が 0.2~0.3 程度小さく計算されるため,強度定数がやや大きくなっているようである(GEODYNA-1 はビショップ法に対応する)。地下水位以下の地盤の静水圧のみを考慮する。FEM 計算結果として,図-6.8.11 の斜面表面位置の水平変位時刻歴を図-6.8.12 に示す。図-6.8.12 の

「時刻 A」(約26秒秒経過時点,図-2.2①では約43秒経過時点)の降伏要素分布を図-6.8.13に示すが, 円弧すべり計算の図-6.8.10とほぼ同じような破壊様式が得られている。GEODYNA-1では破壊状態の大 きな変形を明確に表現することはできず,降伏要素と引張り状態の要素が連続して破壊様式が生じた段 階で斜面の崩壊が起きるとしている。図-6.8.12の「時刻 A」における変形図を図-6.8.14に示す。 GEODYNA-1は実務の設計段階で変形や剛性を考慮できるように,できるだけ少ない物性定数とした簡 単なモデルであるが,ある程度実際の現象を表現しているようである。

円弧すべり計算と FEM 計算で,ある程度実際の崩落現象を再現している。「盛土 2 層」の強度が小さいことが崩壊の素因となる。図-6.8.6 で,「盛土 2 層」内の地下水位は低いので,計算結果に大きな影響を与えないが,1月1日時点の地下水位は融雪などにより,もう少し高かった可能性がある。

[復旧工法] 応急対策として,崩落面に大型土のうを設置するべきであるが,本年3月には本復旧が開始される予定とのことで,土のう設置は見送られている。本復旧までに積雪があった場合は除雪を早急に行って,融雪水による地下水位上昇を抑制する。本復旧の基本方針は,崩壊がさらに上部に及ばない

ように,再度盛土を行う必要がある。盛土内部の基盤排水を十分に行うとともに基盤排水の目詰まり対 策を行う。できれば盛土材は良質土を用いて,盛土部にも十分な排水材を設置する。盛土の耐震性能を 高めるためには,補強土工法などの採用も検討する。できれば,水道管の設置位置を検討し,法肩部に 設置する場合は十分な耐震性能をもつ材料とする。最終的には図-6.8.16 に示す復旧工法が採用されてい る。基礎地盤が軟弱であるため,盛土基礎地盤で深層混合処理工法を用いた地盤改良を行い,その上部 に補強土壁工法(アデムウォール)を設置する。図-6.8.16 に示す位置に排水ボーリングを多数設置する。



図-6.8.1 地形図(国土地理院)



写真-6.8.1 空中写真(被災前,国土地理院)



写真-6.8.2 空中写真(1961~1969,国土地理院)写真-6.8.3 空中写真(1974~1978,国土地理院)



写真-6.8.4 空中写真(1970, 国土地理院)

写真-6.8.5 空中写真(1980, 国土地理院)

市道からの土砂流出R6.1.1発生 延長15m、高さ3m、崩壊土量約10m3(半車線埋塞) (人的・物的被害なし)

- ・1/1 19時05分に地元およびあわら市より土木事務所に通報あり

- ・ 19時40分に土木事務所が現地確認
 ・ 20時00分から片側交互通行(延長0.2km)
 ・1/2 8時20分からの現地対応開始(土砂撤去、大型土のう積)



図-6.8.2 福井県 HP



写真-6.8.6 崩落状況:1月2日(福井新聞)

写真-6.8.7 崩落状況:1月3日



写真-6.8.8 崩落状況:1月3日

写真-6.8.9 崩落状況:1月3日



写真-6.8.10 崩落状況:1月23日

写真-6.8.11 崩落状況:1月23日,下側から



写真-6.8.12 崩落状況:1月23日,下側から 写真-6.8.13 下部の県道まで崩落土砂流出(1/23)



写真-6.8.14 細粒土からなる崩落土砂 (1/23)



図-6.8.3 崩落部分の横断図(あわら市提供)



図-6.8.4 降雨状況







図-6.8.6 ボーリング位置断面図

	標	層	深	柱	±	色	相	相	記	九内					標	津	貫	入	渊	験				原	位		武	験	武者	\$1 打	2.取	1
					寅		対	対		木位	深	10сн эт ч	ごとの 1 011 *	打撃回	1			0	N	值				禳	調査		険び結	名果	深	×	採	and the set
	离	厚	度	状	x		æ	棚		(m) /201	度	0	10 20		č.				0					度	1			1	度	料	取	1
	(m)	(m)	(m)	হিন	4	78	18	de	*	定月		2	1 1	見入量	L L									(-)				ļ	(-)	番号	方	
	(m)	(inte	2000		34	+1	-	-	1	H	s city	10	20 31	1 (01	n)		10	20	<u> </u>	30	40	5	0 0	5 (MC)	Ì			E	()0.7	2	14	
				1	シル					-	1.18	2	2 2	6/9		0	1				25-	_	_		353	<u>80-8</u>	2023	08763				
					ト間ド	褐	観い		宅地造成時の盛土 シルト質砂ーシルト進じり砂よりな り、砂は細一粗砂よりなる。		2.15	2	2 2	6				_	$ \longrightarrow $	_	-	_	_		-				200	Pt-1	0	
					9 69		0.07		間が使用にシルト算となる。		2.45	2	2 2	6	1 8														2.46			
	78.23	3,80	3.8	\mathbb{Z}							3.45	Ŧ	1 2	3	2 6	Ĵ	-	_											4.00			
				1	- 91				シルト語にり発っシルト調整よりな		4.45	<u> </u>	1	100	4	0													4.40	11-1	Θ	1
				1	ルト質	格	練い	1	る。 砂は細〜粗砂よりなり、部分的にシー ルト質となる。		5.43	<u> </u>		1	<u>í</u> 1	9									858		9904 9494					
	08M5	1723	2424		\$				含木は中位~やや多い印象である。		6,45	1	1 1	2/20	3	9								1	[[5.45	17-3	Θ	-
	19.00	3.2	1.9	1							7.15	1	1 2	13	1	\$	Ť		-				_		ŀ							
											8.00	13	7-8	0/5	0	t	-382		=		-		-		83	1010	890	10.053				
				1	2	- 406	非常	1	考索にルーズな状態の盛土と思われ る。 時は柿〜粗砂よりなり、部分的にシ	1/3	9.00			0/8	0		-	-	-	-	-	-			12			2222	5.00	n-4	0	-
				10	上質の	褐	に練い		ルト質ないし砂質な箇所を伴う。 有機物を含むシルトをプロック状に 単入する場合もある。	-	9.60	1	1 1	-la		6	- 8	-	-	-	-	-	-		÷				10.30	n-i	0	
									BUILDY NECTOR		11.00			0	- 01	Į		_	<u> </u>		82	_	_		1	20-3	8654	03177	10.46	п-я	Ð	
	69.72	5.3	12.3	1							13.69 12.15	Na N	1 1	2 80		Į_	-	_	$ \rightarrow$	-	-	_	_		4.				11.80		1.586	
Į					総覆じ りシル	增正		敷ちか	未分解の植物片を撮入する。旧妻士 と思われる。 厳入する時は細〜相称や「裏質け〜		12.45	15	1	110 10	-	ľ						_	_		-			1000	13-30			
	68.33	1.40	13.7	1	・ 種様立	透褐		й Ф	パドージルド資料主よりなる。 下位に従い必要となり、混入職も多		13.45	2	15 2 5	30	2 2	9			_	_		_	_		120				11.45		9	
	67.38	0.90	14.6		シルト	版()		依	含木は中位程度。		14,45			3	9	8	ø												14.45	11-8	Θ	1
						榕					16.48	38	12	130	23		Ĩ		0-	-	-				Ĩ			1000000				
						禄 医 /	中方	100	毎天岩の土砂状風化値、 主に確認じり砂管+状を早するが、		16.28		1	Ĩ	130		Ĩ.				32-3		1		1	20-3	8054	09093				
					風	暗陽	155		16.0~17.0m間が円形外冑を認める 岩片状コアを含む。 18.5m付近より、偽棒状コアを見す		17.15	8	8 7	3/3	30		Ĩ	9	1	-	1			1	-							
					*	天/暗	一帶な		○よりになの。→ア和は非常に荒く、筋い状態にある。ハンマーの打 撃で帯在進発に沿って割れ、確質土 状に除ける。		18.15	6	8 13	27%	27		-382	+	8	/					1	5,000	833	10.003				
						梅森	100		1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 - 1999 -		TE.15	34	18 18	20	5 60		-					1			3	04-3	2023	0876				
	61,56	5.8	20.4								20.15	6	8 13	2/2	27		-	-	œ	-	-	_	-		-		-		5			

図-6.8.7 ボーリング No.1

標	標	層	深	柱	土	色	相	相	53	孔内	4				18	標	準	貫	х	ella.	8 3	険			8	R (位	置	說	験	(法	料报	取	蜜	掘
尺	高	厚	度	状	質区		対密	対隅		木位(二)刻つ	に ため 度	10. ₹1 0	cn ごと 撃回 10	との 1数 20	打撃回数/貫					N	0	値			and the second second	深度	武 お (# ۲ ت) 《結	名果	深度	試料 番	採取方	内試験(進月
(m)	(m)	(m)	(m)	X	分	調	度	度	*	定月時	(m)	10	20	(30	入量 (cm)	0		10	50	20	30		40	50	60	(m)					(m)	号	法	~	Ħ
- 1 2 3 4 5 6 7 8	66.33	8,95	8,91		シルト舞じり破	福 / 暗福 / 福	非常に襲いと襲い		シルト質砂~シルト選じり砂よりな る。 向け細~相位よりなる。 様達23mlが正では含木が多い状態 にあり、コア環境率が多ら。 2.5mlが正りややシルト質となる。	1250 2550	2.45 2.45 2.45 2.45 2.45 2.45 2.45 2.45		4 1 4 - 11 - 4 - 11 - 4 - 11 - 4 - 4	-68 2 -68 -68	0145 -133 0145 0133 0145 0145 -135 -132 0	00 4 00 00	0																		
- 10	64.65	1.75	10.7		確 器 じ り 砂 貨 シルト	暗厌		中位	未分解の植物片や木片を混入する。 薬は径2~20mm程度で、砂は細~粗 砂よりなる。		9.18 9.45 10.15	2	1	4	30 7/30	6 7	0	•						-	-		322								100
11	63,43	1.20	11.9		粘土	液緑灰		中位	混入物が少ない均質な粘土〜シルト 質粘土よりなる。 粘性は中位〜やや大きい。		11.15 11.45	1	1	2	*130	4	6						-	_			3272								
12 13 14	60.83	2.55	14,45		風化岩	暗禍~禍	中ら~常商		紙広労の土砂状強風化熱と能い特状 コブを見する軟質剤とが交互する。 希望の小税額は印酸に使し、敷ね 円が外周を認める。 13.354行近までは染色化が築 着で強い地ににて砂質土状に許ける 相度の便きとなる。		12.10 12.10 13.00 13.11 14.15 14.45	38 5	12/1	8	50/11 20/30	150 136 20				0							21 22 22								12VT 1

図-6.8.8 ボーリング No.2

番 後、 住 土 倍 飛 派 % % % 派 % % % % % % % % % % % %	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	n n </td
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	内 原 中 月 八 内 中 所 Ш Ш 中 日 日 5 0 11 5 0 平 水位 (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m)
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	n n
標準貫入試験 原位置試験試料採取 深 10cmごとの 打響回数 度 10cmごとの 打響回数 (10 20 30 (cm) 10 2 2 2 1 1 1 1 3:a 0 1:a 1 1:a 2 1:a 1 1:a </td <td>$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$</td>	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $
標準貫入試験 原位置試験 試料採取 音が なのごとの 打撃 撃回数 数 2 10 20 30 (cm) 0 10 20 50 40 50 60 (m) (m) 号法 (m) 号子 (m) S (m)	th 単 貫 八 吟 軟 m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ 中 (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 皿 ゆ (1 1 2 5 m) m に 理 (1 1 2 5 m) m に 理 (1 1 2 5 m) m に 理 (1 1 2 5 m) m に (1 1 2 5 m)
標準貫入試験 原位置試験 試料採取 20 打響回 20 N_6 深、試験名 および結果 度 (m) 深、試操和 取 20 1 20 0 00 00 00 0 0 0 1 30 0 10 20 50 60 0 0 0 0 0 0 1 30 2 4 0 0 0 0 0 0 0 0 2 50 4 0 0 0 0 0 0 0 0	
標準貫入試験 原位置試験 就料採取 打算 ※ ※ ※ ※ 加 0 0 0 0 0 0 10 20 50 60 0 3 3 3 4 9 1	the 単 貫入 い the 一 中 山 山 中 中 中 日 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
原 準 貫 入 試 験 原 位 置 試 験 試料採取 N 値 ア (2) 0 10 0 10 0 10 0 10 0 10 10 10 <t< td=""><td>N 価 M LL <t< td=""></t<></td></t<>	N 価 M LL LL <t< td=""></t<>
準貫入試験 原位置試験 試料採取 N_6 深 試験名 深 計 度 次 試験名 次 料取 度 () () () () 10 20 50 60 () () 0 10 50 60 () () 0 10 50 60 () ()	小 値 N 0 0 0 10 20 0 0 0 0
頁 入 試 驗 原 位 置 試 驗 試料採取 N<値	N 値 N 値 液 試験名(梁武振) 皮 次 および結果 皮 度 (面) (面) 号法
入 試 験 原 位 置 試 験 試料採取 N<値	N 値 液 試験名 液 試験 次 % % % % % %
試験 原位置試験 試料採取 N 値 第 深 試験 第 度 次 試験 第 度 (二) (二) (二) 0 20 40 50 80 0 20 40 50 80 0 1 1 1 1 0 20 40 50 80 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	
瞭	値 液 試験名(深試採録) 度 (二) (二) 20 40 50 20 40 50
原位置試験試料採取 深 および結果 度 (面) 50 00 (面) (面) 号法 (面) 合法 (面)	() ()
原位置試験試料採取 深 設験名 および結果 度 (m) 号法 50 60 (m) (m) 号法 50 60 (m) (m) 号法	派 近 四 四 四 四 四 深 試 験 名 深 試 採 方 次 次 次 次 方 (回) (回) (回) (回)
原位置試験 派科採取 深 が および結果 度 (m) (m) 号法 (m) 一 (m) 一 (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m) (m)	旅 取 和 内 深 試 験 名 深 試 訳 方 方 (回) (回) (回) (回) (回)
原 位 置 試 験 試料採取 深 試 験 名 深 試 採 服 方 35 35 50 50 50 50 50 50 50 50 50 5	原 近 画 (1)
位 置 鉄 験 試料採取 () () () () () () () () () ()	L w w w w w w w w w w w w w w w w w
2 置 鉄 験 試料採取 鉄 験 名 および結果 (面) 号 法 (面) 号 法	画 w w m
	() ()
験 試料採取 第1,23,85 1 <td>(m) (m) <th(m)< th=""> <th(m)< th=""> <th(m)< th=""></th(m)<></th(m)<></th(m)<></td>	(m) (m) <th(m)< th=""> <th(m)< th=""> <th(m)< th=""></th(m)<></th(m)<></th(m)<>
試料 探 度 (a)	a) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1
科探 就 料 番 号	A A A A A A A A A A A A A A
采取 () () () () () () () () () ()	▲ 小 武 殿 ()))))))))))))
(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	王内試験()

図-6.8.9 ボーリング No.3

	N值	粘着力 c	せん断抵抗	単位体積重量
		(kN/m^{2})	角φ(°)	(kN/m^{3})
盛土1:シルト質砂	3~6	20.0	25	17.0
盛土2:シルト質砂	0~2	19.94	10	16.0
旧地盤:砂礫混じりシルト	2~9	20.0	15	16.0
土砂状風化岩:凝灰岩	$20 \sim 50$	30.0	30	18.0

表-6.8.1 円弧すべり計算で用いた地盤物性定数



図-6.8.10 円弧すべり計算結果 常時安全率:1.054, 地震時安全率:0.625 (kh=0.25)



図-6.8.11 FEM 分割図

	N值	変形係数	粘着力c	せん断抵抗	単位体積重量
		(kN/m^2)	(kN/m^{2})	角φ(°)	$(kN/m^{3)}$
盛土1:シルト質砂	3~6	4000	18.0	15	17.0
盛土2:シルト質砂	0~2	3000	17.0	10	16.0
旧地盤:砂礫混じりシルト	2~9	5000	20.0	15	17.0
土砂状風化岩:凝灰岩	20~50	50000	50.0	30	18.0

表-6.8.2 FEM で用いた物性定数

レイリー減衰定数 $\alpha = 3.3$ $\beta = 0.023$



図-6.8.12 FEM 計算結果 図-6.8.11 斜面表面の水平変位時刻歴



図-6.8.13 FEM 計算結果 図-6.8.12 時刻 A における降伏要素分布(黒色:降伏,灰色:引張り状態)



図-6.8.14 FEM 計算結果 図-6.8.12 時刻 A における変位分布



図-6.8.16 復旧工法

⑨ あわら市滝 住宅の変状

被災個所の地形図を図-6.9.1 に,被災前の空中写真を写真-6.9.1 に示す。宅地盛土前の空中写真を写真 -6.9.2 に示す。写真-6.9.1, 6.9.2 に示すように,水田端部に高さ 4m 程度の盛土を行って宅地とし 3 軒の 住宅が建てられている。盛土端部は高さ 4m 程度の L 型擁壁が設置されている(写真-6.9.3~6.9.10)。L 型擁壁に補強の痕跡もあることから,以前より沈下・崩壊し傾いていた可能性もある。直近傍ではない が,付近のボーリング柱状図を図-6.9.2 に示すように,基礎地盤は軟弱な粘性土地盤とみられる。地震 による土圧増加または支持力不足により,L型擁壁が前方に大きく変形した結果,宅地盛土地盤が沈下 して住宅が傾斜したとみられる。北側の擁壁の傾きがひじょうに大きい(写真-6.9.8~6.9.10)。住宅は応 急危険度判定で危険と評価されている。南端の住宅の擁壁側には基礎杭が設置されており,大きな沈下 を抑制している(写真-6.9.6)。道路側の石積みも崩壊している(写真-6.9.7)。崩壊個所近傍の古い石済 み擁壁にも,今回の地震によるものと見られる亀裂が生じている。

[復旧工法]傾いた擁壁前面に大型機械が入れる仮設道路を造り,仮設の鋼矢板を打設する。住宅基礎 をジャッキアップしてモルタルを注入するか,注入工法で住宅の傾斜を修正する。傾いた擁壁を堅固な 擁壁に変更する。





写真-6.9.1 空中写真(被災前,国土地理院)



写真-6.9.2 空中写真(1974~1978,国土地理院)



写真-6.9.3 南側から

写真-6.9.4 南側から



写真-6.9.5 南側から



写真-6.9.6 南端の住宅には基礎杭が設置されている 写真-6.9.7 道路側の石積み崩壊



写真-6.9.8 北側から

写真-6.9.9 北側から



写真-6.9.10 北側から

標	標	層	深	柱	±	色	相	相	記	地	孔				-	权	ξž	隼	貫	入	試	験			
尺	高	厚	度		質		対	対		画•	1740	深	10c 打3	inご。 峰回到	との 敗	打撃回				Ν		値	Ĩ		24
				状	X		密	稠		岩体	(n) (1)	度	0	10	20	数二					-•				Ę
(m)	(m)	(m)	(m)		分	ā	度	度	事	区分	定月日	<pre>(m)</pre>	1 10	1 20	 30	算入量(町)	A		18	26		30	44	58	0
		8 78	0.70		設現り赴 関土	華褐			砂のマトリクスは緑砂 ゆ2~20mm更円離見じる 地表部付近ゆ200mm内外のコブル含む 今世界になせ能																
-1					シルト 例〉	暗灰			<u>国の単単ので</u> 後 1.300+行近まで後端運用じる。構植物少 量現じる 1.300+1.500有機質土技む 1.600+より木片炭化物現入 粘り強い 含水量運搬状態			<u>1. 15</u> 1. 49	1/18	1/15		2 24	z	Ţ							
-2	4.15	1.68	2. 38		枯土			2000	均質な粘土 所々に腐植物混じる	3		2: 15	1/15	1/12	1/11	3 23	2	1							
-3	2 90	1.15	7 45			奎皮			粘り強い			3. 15	2/15	1.	2	5	5	1				-			
4					赴預シル ト 0153	暗灰			砂のマトリクスは数値砂 粘り少ない 構植物混じる 4,35∗よりφ2~20**の円礫混じる		4.18 =	8. 45 4. 15	2	3	3	8	*						-		
5	1.95	1.15	4.58		路 增土 (0F)	青灰			¢2~20nnの円醛主体 ¢xa30nnの相群含む 全体に細粒土混人			4. 45 5. 15 5. 45	18	16	21	47	47						$\left \right\rangle$	*	
alantarala 7	0.35	1.30	5.98		510 F 012	墨莱			粘り強い やや炭化した木片混入 若干有漆質である 7.30 付近細時5cm程挟む			5, 15 5, 45 7, 15	4	4	2	•	•	5	/						
	-0. 90 -1. 25	1.45 8.35	7. 35	00000	朝預主 (GF)	青灰			ゆ5Ⅲ内外の組織目立つ ゆ30Ⅲ位の亜角礫混入			7.45	1	1	6	8	8		1						
8	-2.05	8. SB	8. 58	~~~~	シルト混 9135 (S-110)	責反			細粒土の混入やや不規則 <u> 含水量湿潤状態</u> マトリクスは中静 含水量湿潤状態			8, 15 8, 45	8	8	9	23	23			7	•				
3																									

図-6.9.2 付近のボーリング柱状図 (ジオステーション, 位置は図-4.3 ⑨)

動わら市指中(市道 523 号線)道路亀裂

被災個所の地形図を図-6.10.1 に,被災前の空中写真を写真-6.10.1 に示す。道路建設前後の空中写真の 比較を写真-6.10.2, 6.10.3 と,写真-6.10.4, 6.10.5 にそれぞれ示すが,沢地に盛土して道路を造っている。 道路は北西方向に向かって下り坂であり,被災個所は上部の両側切土部から片側盛土部に移る位置であ る。被災個所の西南側がゴルフ場の高い斜面となっており,この斜面からの地下水供給により,被災個 所の盛土内部は地下水位が高い状況となっていたと推定される。盛土の下部は植生と雪で確認出来なか ったが,道路の周囲は笹および竹林であり,崩壊斜面下部には湿地状の緩い谷地形が見られ,地下水が 豊富な状況が見られた(写真-6.10.8)。地下水位の高い道路盛土の路肩が地震で崩落する現象は過去の地 震でも多数見られた現象である。今回の能登半島地震でも地下水位が高いとみられる盛土部の道路路肩 が損壊して交通を阻害する個所が多数見られている。当被災個所はこの現象により路肩がせん断破壊を 起こして沈下し,道路面に亀裂が発生し、側溝にも変状が生じたとみられる(写真-6.10.6, 6.10.7, 6.10.9)。道路面に亀裂が発生した被災個所の北側(下り)の道路盛土部でも道路面に亀裂が見られた

[復旧工法] 亀裂が生じた部分の盛土を撤去し,排水層を十分に設置して,良質土で再度盛土を行う。 耐震性能を向上させるためには盛土内に補強材を設置することも検討する(補強土工法)。



図-6.10.1 地形図(国土地理院)



写真-6.10.1 空中写真(国土地理院)



写真-6.10.2 道路建設前(1961~1969,国土地理院)写真-6.10.3 道路建設後(2008,国土地理院)



写真-6.10.4 道路建設前(1970,国土地理院)

写真-6.10.5 道路建設後(2008,国土地理院)



写真-6.10.6 路肩の亀裂・沈下(北側から)

写真-6.10.7 路肩の状況(北側から)


写真-6.10.8 路肩下部

写真-6.10.9 全体の状況(南側から)



写真-6.10.10 写真-6.10.6より北側の道路面亀裂

① あわら市蓮ヶ浦(市道 583 号線)通行止め

被災位置を図-6.11.1に示す。現地踏査は行っていない。



図-6.11.1 あわら市 HP

あわら市 住宅などの被害

朝日新聞記事によると、1月18日午後時点で、あわら市における住宅被害は大規模半壊1件、半壊8件、準半壊3件、一部損壊113件などである。福井新聞記事によると、1月9日時点の応急危険度判定は38棟で実施され、地区別では細呂木駅前17棟、北潟西11棟、北潟東7棟などである(6.⑥参照)。6 棟が危険、14棟が要注意と判定されている。あわら市滝では住宅3棟が並ぶ地盤が大きくずれて擁壁が崩れ、応急危険度判定で危険と判定されている(6.⑨参照)。福井県 HP によると、あわら市水道の断水は、名泉郷7戸(推定・水道管破断)、脇出9戸(推定・水道管からの漏水)である。現地を確認したあわら市水口(図-6.12.1、写真-6.12.1)の被害を以下に示す。ジオステーションによる付近のボーリング柱状図を図-6.12.2 に示す。地下水位はGL-2m程度で、GL-3~5mに緩い砂層があり、液状化の可能性も考えられる(噴砂は見られない)。写真-6.12.2~6.12.4に示すように、建物の玄関で5cm程度の多数の段差や亀裂が生じた。この付近では、玄関のタタキのクラックなど軽微な損傷が多く見られた。写真-6.12.6、~-6.12.8に示すように、金津神社参道で灯籠の損壊が2個所見られた。



図-6.12.1 地形図(国土地理院) 写真

写真-6.12.1 空中写真(国土地理院)



写真-6.12.2 RC 建物の玄関における段差 写真-6.12.3 写真-6.12.2 横の駐車場



写真-6.12.4 写真-6.12.2 隣接建物

写真-6.12.5 金津神社



写真-6.12.6 金津神社における灯籠損壊



落下

標	標	層	深	柱	土	色	相	相	56	地	孔			1000		相	E N	も貫	入	試	験			
尺	高	厚	度	状	質		対	対		0F • 10	家 位 (n)	深度	10c 打き	un≓ ¥⊡ 	との数	打撃回数			N			値		1 T
				5000	X		密	稠		体区	測定		0	10 	20 	1								
(m)	(m)	(m)	(m)		分	調	度	度	事	分	月日	(m)	10	20	30	율 (11)	A	18		'n	20	40	58	6
-1					歯土(社 覧シルト)・砂質 シルト互 号 0153	暗茶灰			含水量-普通状態、深さ0.8~1.150- 砂分なり多くまじる 深さ1.15~1.7π-線温じり砂質シルト 。酸分ータ2~20mm円線。macφ50mm程 度。 深さ1.5m付近-陶磁器片温じる			1.15												
	0.85	1.70	1.70	====	齢 士(シ				会水 员 - 混钢状能		1.95	1.45	19	7	6	82	~			/	1			
-2					币F增也 例)	暗緑灰			義分-@ 2~30nn 主体。 深さ1.7~1.9n-五石点在。 深さ2.5n付近-瓦片が混じる。		4	2. 15	4	5	2	11	17	1	/					-
-3	-0. 33	1.20	2. 90		왕 (5)	淡 花			深さ3n付近ー中砂主体。相砂混入 所々ゆ2~5nnの対隣混じる。 深さ4n付近 祖砂主体。 ゆ2~5nnの対隣が多く混じる。 深さ5n付近-中砂主体。			<u>3. 15</u> 3. 45 4. 15	2	2	3	7	7	L						3
						褐						4. 45	7	7	8	22	2		/					
-5	-2.58	2.15	5.85		销赴 (F5)	暗灰			含水量-錠和状態 所々シルトが薄く介在する。			5. 15	2	3	2	7	7	1						
-6	-3.45	8.95	6. 99		うしト (小)	暗灰			湿潤状態。シルト分-ねばりけ弱い 全体的に腐植物が若干温じる。			5, 15 5, 45	1	1/15	1∕5	3	8	L						
7	-4.25	0.80	6.88		シルト)混 り起 CS-115	疃			砂分:細砂〜粗砂混合砂 含水量:飽和状態 浮さか付近-φ5m前後の細礫が洗じ 深され付近-細礫分が点在する。 所々に厚さ1~300増度の砂質シルト			7. 15 7. 15	5	в	8	21	21		~	,				
-8						 			が介在する。			8, 15 8, 45	5	8	5	10	10		1					
-9	-6.48	2.15	8.95		粘土質 シ ルト 0100	暗			含水量−普通状態~温海状態。 下部に従い含水量多くなる。 植物繊維の横植物が若干混じる。			9, 15 9, 45	5	8	4	9	9	1	<i>r</i>					
-10	-7. 95	1.55	10.30			灰						18.15	2	2	2	6	6	1						

図-6.12.2 付近のボーリング柱状図(ジオステーション,位置は図-4.3 12)

13あわら市 芦原温泉旅館などの被害

マスコミ報道では、芦原温泉の旅館で窓ガラスやエレベータなどに軽微な損傷があったことが報告されているが、利用客や施設に大きな被害はなく、営業は通常通りに行われている。ジオステーションによる付近のボーリング柱状図を図-6.12.2 に示すが、極めて軟弱なシルト層が分布しているようである。

磲	標	層	深	柱	±	色	相	相	a 記 地 L 標準貫入試験																		
R	南	厚	ŧ	1000	15	17730		++		層.	内水位	深	10c 413	a ご 約回:	との数	打警				1	1		值			清	nu l
~		14	12	狀			1	~1		出	00	度	0	10		日数					_		_			度	2
					X		密	楜		体区	團		1	1	1	1											
1.0	()	1.53	6	Ø	分	38	度	度	*	分	月日	1.5	10	20	30	욽										1.	3
2002	(11)	1.0.5	(III)	12 /	雪土(彩	瞎装	-	Ħ	華根混入。不均質である。	-	08/65	0.15	-	-		(00)		5	18	_	29	30		48	58	1.0	2
	1.14	0.51	1.50		(1884-5) (1584-5)	塘		100	含水は多い、粘性も強い、		00766	0.45	1	1	A.	1	*	1									
-1	8, 49	0.65	8.95	£	基土質う ルト MACI	尿			<u>ふよけた。 新井井(ナマロー</u>		1							1							_	_	
	8.19	0.48	1.35		日本の	001/4	-	费	本水は多い。 和田は朝い。 今米は多い。 取け由 耕主(そ7983)共			1.15		2	3	1	6	}									
					885) 88 (5)	暗反			遠久し報福も不均一である。		00/12 1.92 文	1.45						1									
2	3.11	9. FR	2.02	====	粘土質 ラ 山下				含水は多い、上位層との境界は砂質 報に定み不均質である。	1	-	2.15	2	2		z	2	1									
				====	(42)				Q-3円近より保健均管である。 Q-5.00~6.000間は黒灰色を呈し構			2.55	30	28		40		1									
з									種物を混入する。 GL-6.00%以深は腐植物殆と認められ。 ない。			5.15				27		-	+		-	-		-		-	
									Q-13m付近にて少量の数額部分を混 人し一部構植物も見られる。		- 3	3.5	15	30	-	18	1	t									
-4				====					相任はやや知い。									_	_		_	_		_	_	_	
												4.08	12			1		•									
												1000															
0												5.15		1/2			4										
												5.45	Ť														
6				====								0.15						-	-	-	-			1	-	-	
				====								6.45	30	-													
-7												7 15						_	_	_	_	_	_	-	_	-	
												7.45	50		_	1		•									
								초																			
								尼敷				8.15	20														
						闅		らかい			8	9.45															
9						04		豪				9.15	2						+		-			-		-	
								ちかい				9.45	20	-		1		80									
10								1				16.15						_	-		-	-	_	-	_	_	
												10.45	5	-			96	•									
-11																											
												11.15	1														
												11.45															
-12												12.15	2						+		1		_	+			
				2222								12:45	30	\vdash													
-13												13.15						-	+	_	-	-	_	-		-	
												15.45	30		-												
-14																											
-												14.15	18				04	-									
												14,45															
																					1			1			
				1		,	·				·	-							سر	ਜ -	_	~	~ ~				1

14坂井市坂井町下兵庫 道路陥没

被災個所の地形図を図-6.14.1 に,被災前の空中写真を写真-6.14.1 に示す。ジオステーションによる付 近のボーリング柱状図を図-6.14.2 に示すが,極めて軟弱なシルト層が深さ 9m 程度まで分布している。 図-3.3 に示したように,付近一帯は軟弱な沖積層平野である。写真-6.14.2 に示すように,埋設された農 業用パイプライン(直径約 20cm)から漏水したため,幅 4m 程度,深さ 2m 程度に渡って市道が陥没し た(写真-6.14.2,写真-6.14.7)。坂井市産業政策部によると,市道陥没は 1 月 1 日 17 時ころとされてい る(福井新聞)。現地踏査時(1 月 23 日)は復旧作業が行われていた(写真-6.14.4~6.14.7)。地震動に より,市道下の埋設パイプラインが外れ,漏水により市道の路盤や路床の礫・土砂が道路側壁コンクリ ート下部から道路外側に流出したため,市道の陥没が生じたとみられる。市道の下部で交通荷重により, パイプラインが弱化していた可能性も考えられる。被災個所から東側の市道では,道路面の亀裂などの 軽微な損傷が長い距離に渡って多数見られた。



[復旧工法] 現地踏査時点ですでに原形復旧作業が行われていた。

図-6.14.1 地形図(国土地理院)

写真-6.14.1 空中写真(国土地理院)



写真-6.14.2 市道の陥没(1月2日,福井新聞)



写真-6.14.3 パイプラインの水の流れ



写真-6.14.4 埋設パイプライン

写真-6.14.5 道路側壁コンクリート



写真-6.14.6 陥没孔

写真-6.14.7 側壁コンクリート下からの土砂流出



15福井市 建築物の被害

福井市では写真-6.15.1, 6.15.2 に例を示すように, 天井パネル落下などの損傷が中高層の建築物で多



写真-6.15.1 天井パネル落下(福井市立図書館) 写真-6.15.2 天井パネルが落下(アオッサ 6 階)

7. あとがき

福井県内では甚大な被害は少なかったが、砂地盤の液状化、軟弱粘性土地盤の流動化、宅地造成谷埋 め盛土の崩落、道路盛土部の路肩損壊、宅地盛土の擁壁損壊など、過去の地震で指摘されてきたような 多数の被害が生じている。NHK ニュース(2月1日)によると、住宅被害については、1月31日までに 嶺北の4の市と町で200棟を超える住宅に被害が確認され、公的な支援を受けるうえで必要なり災証明 書は235件発行されている。自治体別では、あわら市203件、福井市20件、坂井市9件、永平寺町3件 となっている。本報告書で示した被災事例から推察すると、住宅被害の多くは基礎地盤の液状化や変形 に起因する場合が多いようである。施設の重要度を考慮して、施設や地盤の弱い個所を選定して事前に 対策を行うことが重要である。柔軟かつ状況に応じた復旧も今後に必要な方策である。政府の中央防災 会議は、想定される最大クラスの南海トラフ地震が発生した際の震度分布を図-7.1のように示している。 福井平野と嶺南地区の多くの部分で震度5弱が想定されている。2024能登半島地震による福井県内の地 盤災害の大きな特徴は砂地盤の液状化であり、震度5強・5弱による液状化の評価と対策が今後の重要 な検討課題となる。



図-7.1 南海トラフ地震による震度分布推定(中央防災会議)