

山陰防災フォーラム

2012年春の講演会

時間：平成24年4月21日（土）14：00 - 17：00

場所：島根大学総合理工学部3号館210室 多目的ホール

14:00-14:40

「益田を襲った万寿3年の大津波」

加藤 芳郎（島根県技術士会／（株）大建コンサルタント）

14:40-15:00

「大田市周辺における万寿津波に関する記載資料と現地視察報告」

畑 和宏（島根県技術士会／（株）大田技術コンサルタント）

15:00-15:20

「島根県の津波と防災対策」

児島 秀行（島根県技術士会／復建調査設計（株）・松江支社）

休憩（15:20-15:40）

15:40-16:20

「斜面防災におけるグラウンドアンカーの現状と課題」

片山 直樹（（株）日本海技術コンサルタンツ・調査設計部）

16:20-17:00

総合討論（主宰：横田修一郎 山陰防災フォーラム議長）

益田を襲った万寿3年の大津波

島根県技術士会 加藤芳郎
(株式会社大建コンサルタント)

1. はじめに

益田には『万寿3年5月23日(西暦1026年6月16日)に大津波が起き、益田沖合にあり柿本人麻呂を祀った鴨山(図-1)を流し去った』という伝承が古くから残っている。梅原猛による人麻呂の鴨山刑死説²⁾、その発表後に2度行われた学術調査³⁾が津波発生説を後押ししている。一方で、人麻呂の最期には定説としての斎藤茂吉による湯抱病没説があり、また江戸時代に作成された多くの文献記録は「創られた伝説」であるとする立場もある⁴⁾。

ここでは、益田地域における万寿津波がどのようなものとされているかについて紹介する。

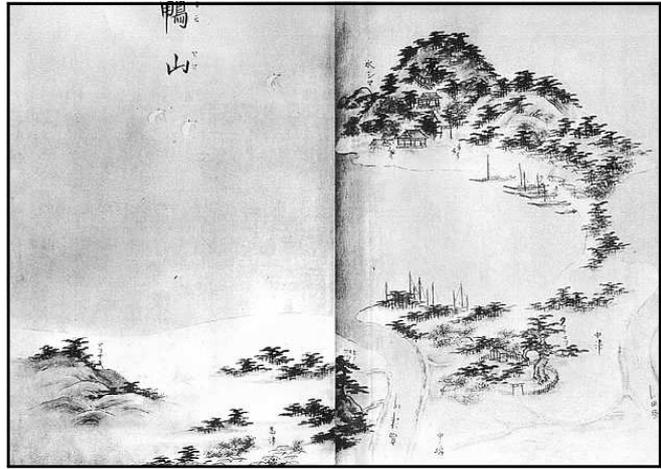


図-1 石見八重葎に収録された鴨山の絵図¹⁾

右下に益田川、中央下に高津川と記されている。鴨山の麓や中腹には鳥居と建物が描かれている。

2. 万寿津波の伝承

文献記録によると、万寿津波の被害は益田平野のみならず西の山口県萩市須佐から⁵⁾ 東の江津市黒松町付近まで⁵⁾、あるいは大田市鳥井町あたりまで⁶⁾ の百数十kmに及び、さらには江の川を遡った川本町川下まで⁷⁾の広範囲に及んだとされる。

図-2は益田とその近隣において津波到達の伝承、或いは津波に関連するとされる遺物などが残っている箇所である。表-1には、代表的な箇所における伝承の内容と津波浸水高を文献記録から整理して示す。

図-2 津波に関係する伝承・遺物などの位置図

- ★：津波到達の伝承地
 - ：関連遺物などの所在地
 - ：トレンチ発掘調査箇所
- 国土地理院発行1/2.5万地形図「益田」「石見横田」を使用

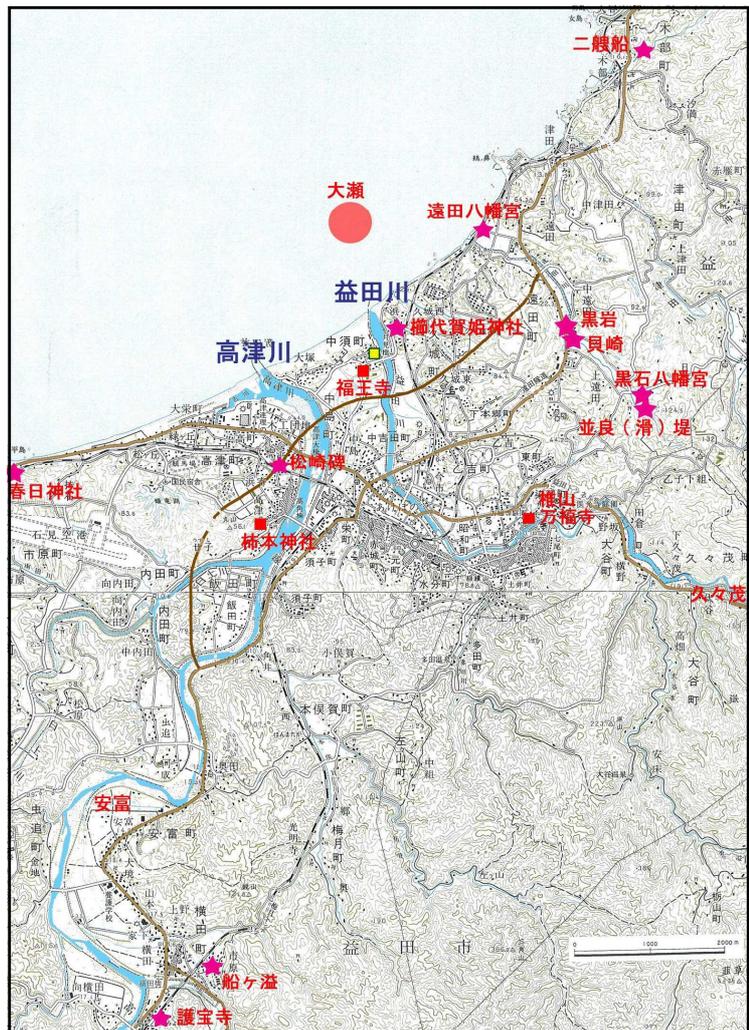


表-1 津波に関する伝承と到達地の浸水高

地点名	所在地	津波などの伝承	伝承の出典(原典)*	都司ほか(1995b)による津波浸水高
石見潟	益田市飯浦町	津波で破壊される前の景色を描いた江戸時代の絵図「石見潟」には、鉦崎より先に張り出していた岬が津波によって欠けたとの書き込みがある。(絵図に描かれた長径100m程度の三生島は、絵図と同じ姿で岬の約1km沖合で日本海の荒波に今もまれている。)	・石見名所方角図解(1774年) 石見賛歌 ¹⁾ による ・石見八重葎(1817) 石見地方未刊資料刊行会編(1999) ⁷⁾ による	—
松崎	益田市高津町	鴨山に祀られていた人麻呂の木像が津波によって松崎(松佐起)の地に流れ着き、そこに人丸寺が建立された。時代を経て寺が廃れたため、1608年に大久保長安が再建した。松崎から移設された柿本神社には、大久保長安が寄進した釣燈籠が今も残っている。松崎の跡地には、元あった場所を忘れないように1811年に松崎碑(写真-1)が建てられた。	・柿本大明神同社務真福寺由緒書(享保16年)(1731)、矢富(2011) ⁸⁾ による ・松崎碑(1811) 矢富(1975) ⁹⁾ による ・石見八重葎(1817) 石見地方未刊資料刊行会編(1999) ⁷⁾ による	23m
柿本神社	益田市高津町	松崎における砂害・再度の津波を嫌った津和野藩主によって、1681年に現在の高津の地に移転した。境内には1772年建立の亀跌碑・正一位柿本大明神祠碑(写真-2)があり、「万寿三年丙寅五月海騰山崩拳皆湮没」と刻まれている。	・柿本大明神同社務真福寺由緒書(享保16年)(1731)、矢富(2011) ⁸⁾ による ・正一位柿本大明神祠碑(1772)、矢富(1975) ⁹⁾ による	—
福王寺	益田市中須町	津波で流されたとする安福寺跡から1729年に見つかった花崗岩製の十三重塔が再建されている。安福寺の存在と津波の発生を示す有力な物証であるといわれてきた。(現在では石塔は鎌倉時代から南北朝時代の作と判断されており、万寿津波との関連性は否定されている。一方で、朝鮮半島産の花崗岩であり安福寺を含む五福寺時代の繁栄を伝えるものとの考えもある。)	・石見名所記(1774) 矢富(1964) ¹⁰⁾ による ・益田市誌編纂委員会編(1975) ¹¹⁾ ・内田(2003) ¹²⁾ ・中田ほか(1995) ¹³⁾	—
護宝寺	益田市横田町神田	「柿本公の師である高角村長者の菩提寺」である護宝寺という大寺が、「万寿三年之大高浪に崩れ、今ハなし」。	・石見八重葎(1817) 石見地方未刊資料刊行会編(1999) ⁷⁾ による ・大庭(1975) ¹⁴⁾	22m
船ヶ溢	益田市横田町市原	「万寿3年の大海嘯の際に舟が打ち上げられた説と里人が舟をつないだ所という説があるが、海嘯説の方が真実性が強いように思われる」と記されていることが、後の文献には新たに見いだされた津波到達伝承地として紹介されている。	・大庭(1975) ¹⁴⁾ ・都司ほか(1995a) ¹⁵⁾	21m
万福寺	益田市東町	安福寺の移転・再建と伝わる。津波で溺死した人といわれる2つの頭骸骨と、津波で漂着したという藤原時代作の流仏三体が残されている。	・万福寺略縁起(年代不明) 矢富(1964)による ¹⁰⁾	—
遠田八幡宮	益田市遠田町下遠田	社殿が津波で流された。津波が砂丘を乗り越えた。	・遠田八幡宮由緒(1761) 矢富(1941) ¹⁶⁾ による	8m以上 10～12m
黒岩	益田市遠田町中遠田	黒色をした大きな玄武岩の巖海岸から流されてきた巨岩(津波石)	・矢富(1941) ¹⁶⁾ ・都司ほか(1995b) ¹⁷⁾	25m
貝崎	益田市遠田町中遠田	水田が水をかぶった。	・沢江家文書(1716-36頃) 矢富(1941) ¹⁶⁾ による	22m
二艘船	益田市木部町	2艘の船が打ち上げられた。	・鎌手村史(年代不明) 矢富(1964) ¹⁰⁾ による	12.2m

*「遠田八幡宮由緒」「沢(澤)江家文書」については、原本所在不明とされている⁴⁾。

「沢江家文書」の平安時代に関わる内容は偽書とされている¹⁵⁾。

大賀周太郎による「鎌手村史」の詳細は不明である。



写真-1 松崎碑(道路工事に伴う移設後)



写真-2 正一位柿本大明神祠碑

3. 学術的調査の成果

益田川河口から約1km沖合の浅瀬である大瀬(図-2参照)が「鴨山」とされた鴨島の跡である²⁾可能性を探ることを目的に、海底潜水調査が1977年と1992年～93年の2時期に行われた。また、1992年～93年の陸上調査では、津波堆積物を探し出し地球科学の立場で津波の発生と襲来を考察することを目的に、トレンチ発掘調査による確認、堆積物の化学的分析などが行われた。以下には、両調査によって導かれた最終結論を抜粋・引用して示す¹³⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾。

- ・大瀬は南北約600m、東西約400mの海蝕台状の高まりをなし、水深は最浅部で4m、砂岩・泥岩からなる新第三紀中新統の益田層群とNE-SW方向をなす玄武岩の岩脈が分布する。潜水調査では鴨島の跡であることを示す積極的な証拠は確認できなかった。
- ・益田川と高津川に挟まれる沿岸砂丘内陸側となる標高約1.3mの休耕地でトレンチ掘削を実施した(図-2、写真-3)。地表下約1mにある未固結の泥層とその上位の砂層との間に擾乱堆積状況が認められ、荷重変形構造(ロードキャスト)、それに伴う火炎状構造(フレームストラクチャー)が確認できた(図-3)。
- ・火炎状構造を示す泥層最上部の放射性炭素年代は、西暦1950年を現在として 930 ± 80 年であった。この年代から、擾乱層が万寿津波の堆積物で形成された可能性が極めて強い。
- ・粒度特性から、砂層は風送砂と水中懸濁浮遊砂で構成され、これに跳動性の粗粒砂が少量含まれている。
- ・砂層に集中して Ca^{2+} が高濃度で検出された。湖沼水と海水が急激に混合することにより晶出した極めて細粒の方解石結晶が多量に含まれ、砂層は海水を伴って堆積したと推定される。
- ・泥層は淡水底生の珪藻を豊富に産し淡水浮遊性種を僅かに含む。砂層では淡水底生種が卓越し、汽水域を特徴付ける浮遊性珪藻と代表的底生種が産する。海水環境を明らかに指標する珪藻化石は「検出されず、或は希釈・溶解されてしまったのかも知れない」とした。

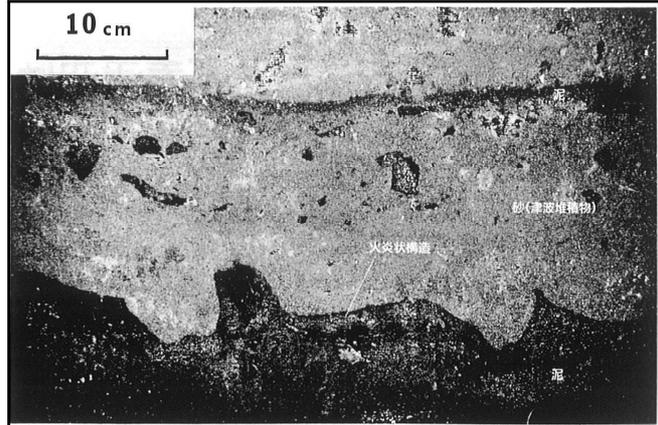


図-3 津波堆積物(中間の薄色部)とその基底面に発達する火炎状構造²²⁾



写真-3

トレンチ箇所(★)一帯の地形状況
最高標高11m前後の海岸砂丘(写真右端)南側に中須集落があり、更に標高1～2mの低地が広がる。

- ・遠田八幡宮近くのトレンチでも、泥層の上に砂層が載りその境界に火炎状構造が認められた。
(注：位置図が添付されていないため、トレンチ箇所は不明である。)
- ・安福寺が移転再建された万福寺には、津波で漂着したといわれる平安時代の仏像が伝わっている。この流仏三体と称される仏像の炭素14年代は856±104年前であり、津波後に作られたものとなる。お寺に伝わる更に古い1117±170年前の三体の仏像が、本物の流仏体であると考えられる。
- ・万寿津波による堆積作用は河口付近に留まった可能性があり、津波の遡上範囲は言い伝えられるほど大規模なものではない。数ヶ所で行ったトレンチ調査の結果から、遡上範囲は海岸線から2km程度以内と推定される(図-4)。

以上のように、発掘調査の結果から基底に火炎状構造を有する砂層は万寿3年の津波の痕跡であると判断し、鴨島伝承総合学術調査団は「万寿3年日本海で事実津波が発生し石見の国の沿岸に襲来した」と結論づけた。

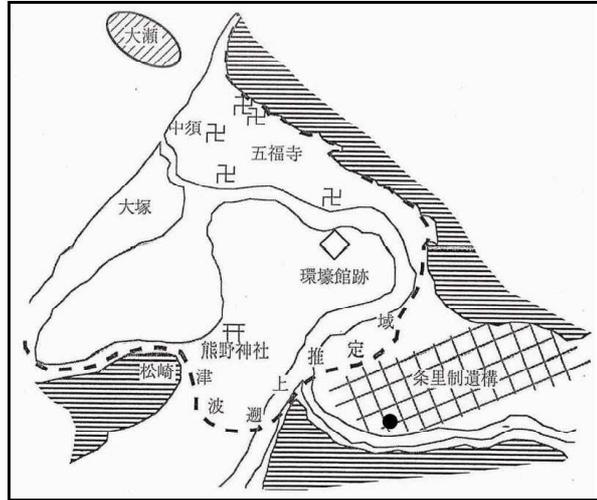


図-4 万寿津波の推定遡上範囲¹³⁾

安福寺を含む五福寺の存在と位置は伝承である。JR益田駅の概ねの位置(●)を加筆。

4. おわりに

正徹物語(1450年頃)には「石見の高津という所、洪水で流出した人麻呂の木像が流れ着いた所に堂を建立した」と記され²³⁾ている。これが初めて記録に現れる流出の記述である⁴⁾¹⁰⁾。その後、津和野藩主によって柿本神社が1681年に松崎から高津に移設され、同じく1723年に人麻呂没後の一千年祭が盛大に行われた⁸⁾。これらのことが契機となったかのごとく、この時代に一気に万寿三年津波説が奔出する。大久保長安が再建したといわれる社殿跡地(松崎碑の当初の建立箇所)の発掘調査では、関連する遺構・遺物等は検出されなかった²⁴⁾。益田川河口から約1.2km上流にある沖手遺跡では、「弥生時代以降には遺構面が激流でえぐり取られたり急激な埋積を受けた痕跡は認められない」とされている²⁵⁾。これらのことは何を意味するのだろうか。少なくとも11世紀後半から現在までは、大規模な災害や戦乱による集落の破壊は生じていない²⁵⁾。

益田市街地の大部分が、日本海に面した益田平野の標高10m以下に形成されている。近隣の海岸地域をも含めれば、この低平な地に3万数千人が暮らしている。万寿規模の津波の再来を想定すれば被害の程度は計り知れない。江戸時代に華々しかった人麻呂顕彰に惑わされることなく、純粹に科学的な研究・解明が必要とされる時と考える。

引用文献

- 1) 石見賛歌：万葉歌人の選んだ石見37名所、「鴨山」・「石見潟」より
<http://www.iwami-dp.net/sanka/manyou/37m.htm>
- 2) 梅原 猛(1983)：水底の歌－柿本人麿論－、新潮文庫、新潮社 (初版1973年)
- 3) 鴨島伝承総合学術調査団・代表松井孝典(1995)：鴨島学術調査最終報告書－柿本人麿伝承と万寿地震津波

- 4) 神 英雄(2010)：柿本人麻呂の石見、自照社出版
- 5) 飯田汲事(1979)：歴史地震の研究(2) 万寿3年5月23日(1026年6月16日)の地震及び津波の被害について、愛知工業大学研究報告B、Vol. 1973-03、通号 14、199-206
- 6) 細田弥三・編集責任(1977)：鳥井町史誌、明徳会、277
- 7) 石見地方未刊資料刊行会編(1999)：角部経石見八重葎、石見地方未刊資料刊行会、(株)報光社
- 8) 矢富巖夫(2011)：二つの石見国柿本社、平成23年度石陽講座Ⅲ第8回資料、益田市立雪舟の郷記念館
- 9) 矢富巖夫(1975)：益田の石碑文、石見詩人社、12-15
- 10) 矢富熊一郎(1964)：柿本人麻呂と鴨山、益田郷土史矢富会、215-226
- 11) 益田市誌編纂委員会編(1975)：益田市誌(上巻)、益田市、322-331
- 12) 内田 伸(2003)：益田市における花崗岩製石造物について、市内遺跡発掘調査報告書I(七尾城跡・三宅御土居跡・沖手遺跡・中世石造物分布調査)、益田市教育委員会、85-89
- 13) 中田高・後藤秀明・前杢英明・箕浦幸司・日野貫之・加藤健二・松井孝典・松田時彦(1995)：津波堆積物のトレンチ発掘調査、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、107-139
- 14) 大庭美一(1975)：横田物語、11-12
- 15) 都司嘉宣・加藤健二・日野貴之(1995a)：万寿地震津波を伝える文書・伝承とその書誌学的考察、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、7-41
- 16) 矢富熊一郎(1941)：安田村発展史(上巻)、安田村図書館、155-158
- 17) 都司嘉宣・加藤健二(1995b)：万寿石見津波の浸水高の現地調査、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、42-57
- 18) 池田 碩(1979)：島根県益田沖の海底地形、奈良大学紀要、第8巻、48-59
- 19) 高安克巳・箕浦幸治・井龍康文・山田努・品田やよい(1995)：鴨島報告 海底潜水調査、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、155-172
- 20) 箕浦幸司・中田高(1995)：万寿地震と津波堆積物、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、140-154
- 21) 安田喜憲(1995)：花粉分析調査概要、鴨島学術調査最終報告書-柿本人麿伝承と万寿地震津波-、鴨島伝承総合学術調査団、173-183
- 22) 箕浦幸治(1994)：堆積物にみる万寿地震津波の痕跡、ニュートン、Vol. 14, No. 5、110-111
- 23) web KADOKAWA：正徹物語 現代語訳付き、正徹著・小川剛生訳注、角川学芸出版、2011年 <http://www.kadokawa.co.jp/tachiyomi/bunko/index.php?pcd=200906000429>
- 24) 益田道路発掘調査事務所：浜遺跡 <http://www.cgr.mlit.go.jp/hamada/maibun/hama.htm>
- 25) 島根県教育庁埋蔵文化財調査センター編(2006)：益田道路建設予定地内埋蔵文化財発掘調査報告書沖手遺跡-1区の調査-、国土交通省中国地方整備局・島根県教育委員会、114

大田市周辺における万寿大津波に関する記載資料と現地視察報告

畑 和宏

1. はじめに

益田地域には、万寿3年の津波に関する文献記録が多数残されている。この津波の高さは10～20mとの記録もあり、このような規模の津波が、益田の沿岸部に襲ったのであれば、益田から約80キロ離れた大田市周辺にも、大津波が押し寄せていても不思議ではない(図1: 昨年の東北地方太平洋沖地震による津波の規模と範囲、大船渡一宮古間、石巻一相馬間はそれぞれ約80キロ)。

そこで、島根県技術士会津波研究会のメンバーのうち、筆者ら大田市在住者を中心に、大田市周辺で、万寿の大津波に関する記載が残っていないかを調べるとともに、研究会のメンバーと文献資料に記載されていた場所を視察した。本発表ではこれらの調査結果をご報告する。

2. 文献調査

大田市内の公民館、図書館で閲覧可能な町史に関する資料を調査し、万寿の大津波に関する記載の有無を調べた。調査の結果は図1に示すとおりである。

この中で、万寿の大津波もしくは、それに関連している可能性のある記載を確認できたのは以下の資料である。

図1 大田市周辺における文献・資料調査結果

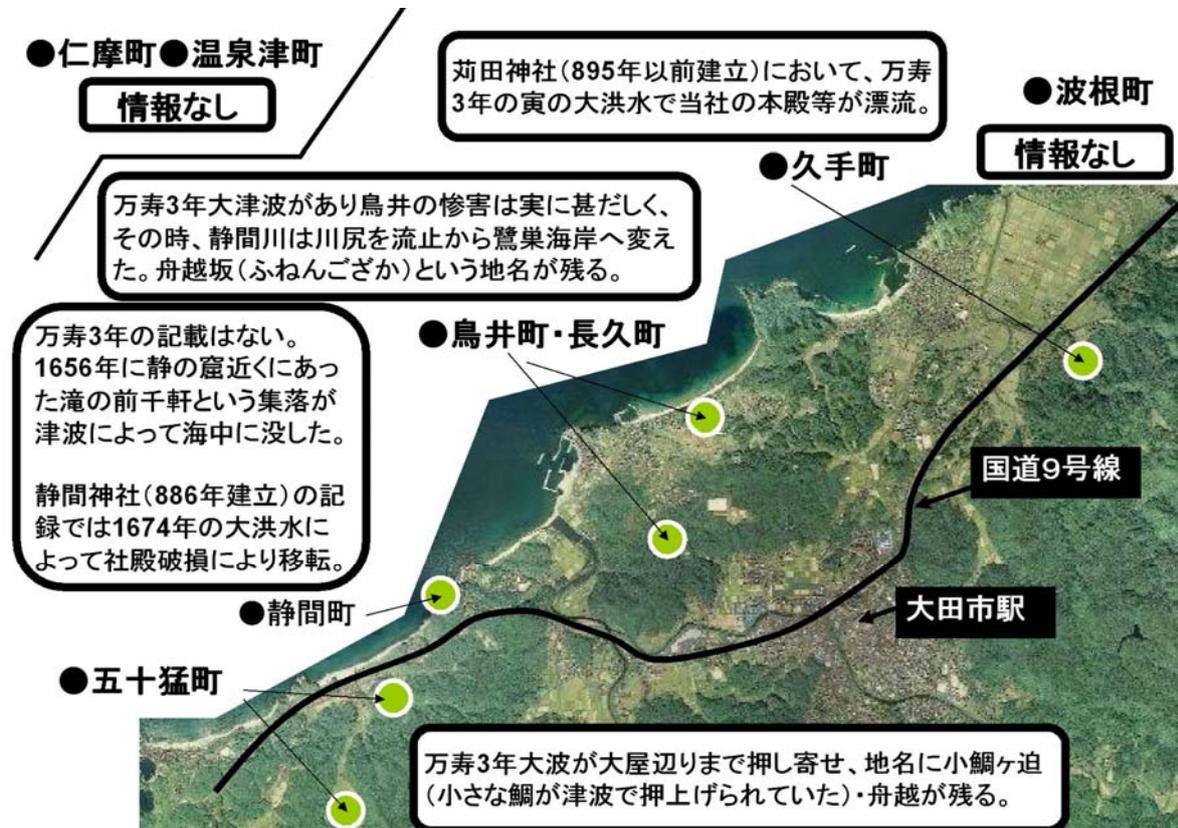


表1 津波被害の記載が残る主な文献・資料

主な文献・資料名	著者・編集者他	発行年月
鳥井町史誌	細田弥三	1977年10月
五十猛の歴史と民話	林 正幸	—
22世紀の君たちへ久手は真秀ろば —聞き書き町民の歴史—	宮脇治正	2000年6月
ふるさと読本	西部ブロック推進協議	2005年3月
式内社調査報告(21)	式内社研究会編	—

3. 現地視察及び聞き取り調査結果

前述の記載資料の中から、「静之窟と静間神社の移築」、「舟越坂や小鯛ヶ迫という地名」、「静間川の河口の変化」、「菟田神社の移築」に関して、現地視察及び聞き取り調査を行った。そのうち、「静之窟と静間神社の移築」と「静間川の河口の変化」について以下に整理する。

■ 静之窟と静間神社

現地視察では、静間神社の総代長であり郷土史家の石川勝典氏に同行いただき、解説を頂いた。石川氏曰く、静間神社（886年建立）は、1674年まで魚津の浜辺近くにあった。しかし、1674年6月27日の大洪水で、山崖崩壊し、社殿が破損したため、その後、現社地へ再遷座したとのことである。神社の記録や伝承には、万寿3年の津波のこと、右の現地案内板にある1656年の大津波のことは記載されていない。

大田市指定文化財天然記念物



万葉集(巻二)に「大なむち、少彦名のいましけむ、志都の窟室は奥代経ぬらむ(志石村生真人)と歌われ、大邑貴命(おおむらのみこと)、少彦名命(すくなひこなのみこと)の2神が、国土経営の際に仮宮とされた神話の蹟である。江戸初期まで洞窟の前には滝の前千軒という集落があったが、明暦二年(1656年)四月の大津波で一気に海中に没したと伝えられる。洞窟は実行寺(カール・種崎のメソッド)、奥宮はカールとあり、中央に万葉歌碑が建てられている。近くの垂水集落には大邑貴命、の二神を祀る静間神社がある。

なお、右の案内板にある、滝の前千軒という集落について、石川氏は、1656年に集落に何かが起こったとするならば、それは大津波ではなく、大しけや高潮もしくは山崩れなどの影響ではないかと述べておられた。

図2 静之窟と静間神社周辺の空中写真(島根 GIS に加筆)



■ 静間川の河口の変化

鳥井町史誌には図3に示す、静間川河口の平面図が添付され、本文には以下のような文が記載されている。

-----静間川が、流止で日本海に注いでいた上古には、その下流に近い、大平台地の西麓から海に注いでいたが、万寿3年の石見海岸を襲う、大津波のため、川口を鷺の巣の下にかえた。もとの川口は埋められ、鳥井一体は、沼地と化し、その一部が東池として残ったとのことである。-----

なお、上記の出典、及び、根拠は定かでない。また、本文には、延宝2年(1674年)銀山川洪水で、川口を鷺の巣からさらに城山の西に変化させたと記載されている。この1674年は、式内社調査報告(式内社研究会編)にある、静間神社が洪水により社殿破損した時にあたる。

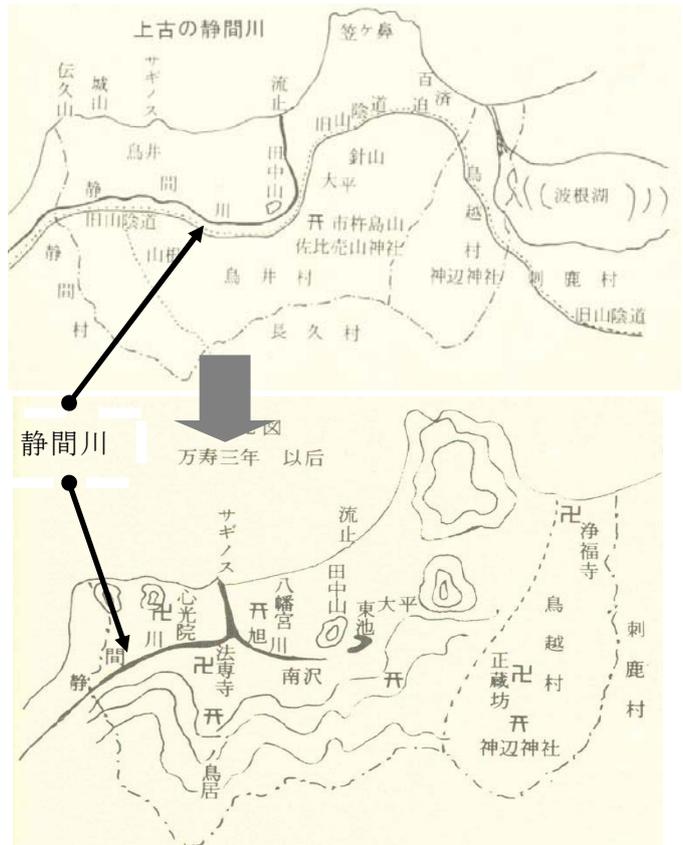


図6 鳥井町史誌による静間川の河口位置の変化 (平面図は鳥井町史誌より抜粋加筆、空中写真は島根GISに加筆)

4. おわりに

現時点において入手できた大田市周辺における津波被害に関する情報をご報告した。本稿に整理したように、大田市周辺にも、万寿の大津波に関する記載があることは確認できた。しかし、記載の根拠及び、津波の高さなど、明確に記されたものはまだ未確認である。よって本報告をもって、大田市周辺に万寿の大津波が押し寄せたと捉えるのは時期尚早であろう。ただ、津波規模はさておき、万寿の津波が大田市沿岸に押し寄せた可能性については否定できない。

いずれにせよ、まずは、情報を収集しなければ、議論も始まらなければ、次の手もうてない。そういう意味で、本報告によって、さらに隠れた情報提供や、批判、今後の調査のあり方など、様々な提案や意見が湧き出てくることを強く望むところである。

末筆ながら、このたびの文献、資料を提供いただいた皆様、収集に尽力いただいたすべての関係者に感謝申し上げます。

島根県の津波と防災対策

島根県技術士会 児島秀行

1. はじめに

島根県技術士会防災部会において実施した津波調査結果をまとめるとともに、過去幾度も大津波を経験している高知県の防災対策の例を紹介する。

2. 島根県の津波

1) 津波履歴

津波は気象学的要因以外で発生する高波と定義され、発生原因としては地震による海底面変動や山腹崩壊土砂の流入による大波などがあげられる。図-1に震央分布図を示すが津波の原因となる地震の発生は日本海側で少なく、特に山陰地方では数件を数えるのみである。したがって、島根県地方で確認された津波の記録も少なく明治以前で3件、明治以降で5件記録されている。万寿3年(益田沖)および明治5年(浜田)の津波以外は日本海北部で発生した地震により生じた津波が到達したものである。

(1) 万寿3年 1026年 石見地方沿岸に大被害

津波は大田市まで及ぶ可能性あり

(2) 寛保1年 1741年 江津で波高1~2m

(3) 天保4年 1833年 隠岐で波高2~2.6m

(4) 明治5年 1872年 浜田地震 津波は大田市から浜田市にかけて認められたが被害記載は少ない。

(5) 昭和15年 1940年 隠岐で津波の高さ1.5m

(6) 昭和39年 1964年 新潟地震 床下浸水1、水田冠水10ha

(7) 昭和58年 1983年 昭和58年日本海中部地震(秋田県西方沖) 隠岐、島根半島を中心に被害 浜田市まで津波が到達する。

(8) 平成5年 1993年 平成5年北海道南西沖地震(北海道南西沖) 隠岐、島根半島を中心に被害

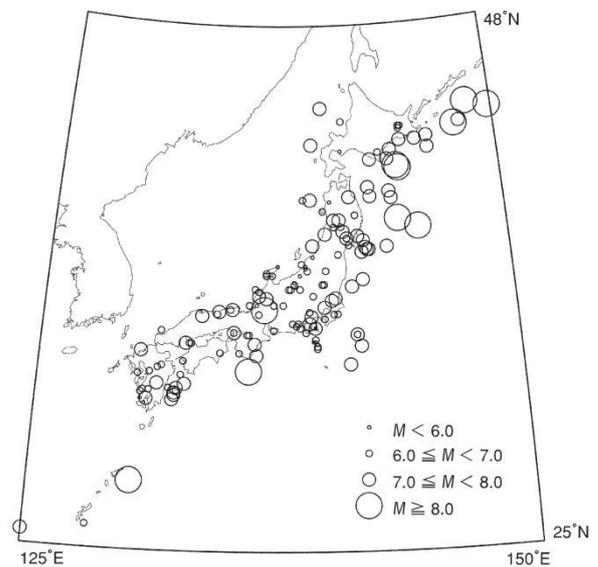


図-1 日本付近のおもな被害地震の震央(1885年以降)

万寿津波の記録は益田市から大田市沿岸の各地で認められるが、平安時代に書かれた書物に記載はなく、益田から約 240km 隔てた対岸の韓国（高麗王朝）にも万寿津波・地震の記録はないため、その発生を疑問とする説も存在する。しかし、地名の伝承で小鯛ヶ迫、舟超坂、鯨坂など津波の痕跡と思われる場所があり、年代はともかく、大津波を経験したと思われる。

3. 高知県沿岸の津波痕跡

高知県沿岸では過去に幾度となく津波を経験し、被害を受けている。高知県沿岸では各所に津波痕跡を示す石碑が建立され、教訓を後世に残している（図-3）。主なものを紹介する。



図-3 高知県沿岸の津波痕跡碑



写真-1 東洋町甲浦
万福寺津波供養碑（慶長津波）

慶長津波での水死者を弔った経塚である。慶長津波はこの経塚のあたりまで押し上がったと云われている。



写真-2 安芸市手結
夜須観音山（標高 28m）に建つ安政津波碑

「・・・より三番波これあり・・・かたく宝物家に残すも再び我が家に帰るべからず。必ず、是肝要なり」と記され、津波が繰り返すことを教えている。



写真-3 土佐市宇佐

宇佐萩谷の安政碑文

安政津波浸水面より約1m高いところに建てられた（津波の高さ7～8m）。海岸から約700mまで海水が進入したことを後世に伝えている。



写真-4 黒潮町伊田

伊田海岸震災碑（安政津波）

「津波で浦一同が流出した、これより先百四十年、百五十年までも用心するように」と記されている。



写真-5 宿毛市大島

はいたか神社津波水位碑（宝永、安政）

写真は宝永津波の到達点に建てられた石碑、民家の屋根より高い地点まで津波が到達したことが一目瞭然である。

4. 高知県沿岸の津波対策

高知県沿岸で実施されている津波対策を紹介する。



写真-6 海抜表示

高知県沿岸各所で見られ、電柱、公共施設の壁、ガソリンスタンドの塀などに設置されている。簡単に設置でき、海岸から離れていても津波危険地帯にいることを認識できる。



写真-7 危険区域標識

室戸へ向かう国道に設置されていた。通過車両への周知に有効。津波警報などが出た場合通行止めにするか否かは不明。



写真-8 津波浸水予測高さ標識

最もインパクトのあった表示板である。「地震があれば高台へ避難」という動機付けに最適である。



写真-9 避難場所および避難誘導標識



写真-10 避難場所、経路案内板



真-11 ソーラーパネル付街灯

電柱の真下であるが地震時の停電に備えソーラーパネル付街灯が設置されている。

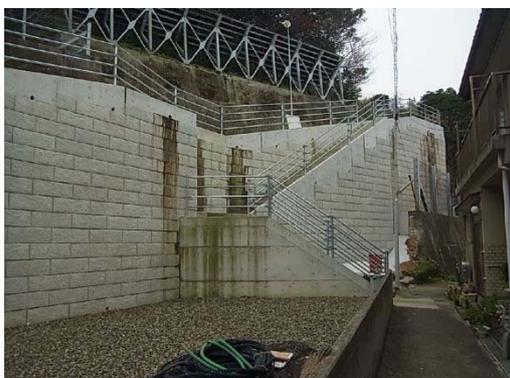


写真-12 民家背後の避難経路

民家背後から高台へ避難する小道が整備されている。このケースは規格に沿った計画がなされていたが、急勾配な小道も存在した。



写真-13 防災避難タワー

想定津波高さが高くなると設置位置、安全性、避難時間などが問題となる。



写真-14 防潮堤整備

想定津波高さによっては防護が困難となる。

5. おわりに

島根県沿岸部は太平洋側と比べ津波の発生頻度は低いが、島根県地震被害想定調査によると佐渡島北方沖の地震では最高 10m を超える津波が想定され、出雲市沖合および浜田市沖合の地震では 3m～5m の津波が最短 10 分～20 分で到達するとしている。幾度となく津波被害を受けた高知県沿岸では各所に津波痕跡を示す石碑が建立され、教訓を後世に残している。また、標高表示板や避難場所、経路誘導標識、停電に備えた街路灯、避難経路や避難タワーの整備が行われている。島根県においても表示板の設置など可能な対策から着手し安全・安心を高める必要がある。

斜面防災におけるグラウンドアンカーの現状と課題

(株)日本海技術コンサルタント 片山直樹

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下アンカーという）は、地すべりや斜面崩壊により不安定化した自然斜面や切土法面などの地盤自体の安定や、地盤の上部または内部に建設される構造物の安定化を図る目的で用いられ、我が国で用いられ始めて既に50年余りが経過している。

斜面防災におけるアンカーは、他の対策工法では得られない長所（小断面の部材で大きな抑止力が得られる、プレストレスを導入することで変位をコントロールできる、抑止効果に方向性がある、など）をもつため、多くの設計・施工実績がある。しかしながら、アンカーが施工された斜面がどのような挙動を示し、アンカーやすべり面にどのような力が作用するのかなど、未解明な部分が多く残されている状態であり、現状ではこのような不確定要素を多く抱えたまま現場での工事が先行している状況といえる。

以下では、斜面防災におけるアンカーの設計の現状と課題を示すとともに、その課題に対する実験的研究結果を概説する。

2. アンカーの現状と課題

(1) アンカーの設計概要

斜面の安定性を評価する方法としては、実務では未だに二次元極限平衡法による安定解析が主流である。したがって、地すべりや崩壊範囲の中央部を縦断する断面（≒最大断面）における安定解析により、安定に必要な単位幅あたりの抑止力 Pr (kN/m) が求められ、アンカーを設計する場合は、この Pr を満たす規格のアンカーが選ばれることとなる。

(2) 必要アンカー力の算出方法

下式 1 にアンカーを考慮した斜面安全率を算出する一般的な式（フェレニウス法）を示す。なお式 1 には、後述するアンカーの 2 つの抑止効果が含まれている。

$$F_s = \frac{\sum c \cdot l + \sum (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi + \sum T \{ \cos(\alpha + \theta) + \sin(\alpha + \theta) \tan \phi \}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad \dots (式 1)$$

- F_s : 斜面安全率
- c : すべり面粘着力 (kN/m²)
- l : 分割片で切られたすべり面弧長 (m)
- W : 分割片の重量 (kN/m)
- u : 間隙水圧 (kN/m²)
- b : 分割片の幅 (m)
- α : 分割片で切られたすべり面角 (度)
- ϕ : すべり面せん断抵抗角 (度)
- T : アンカー力 (kN/m)
- θ : アンカー傾角 (度)

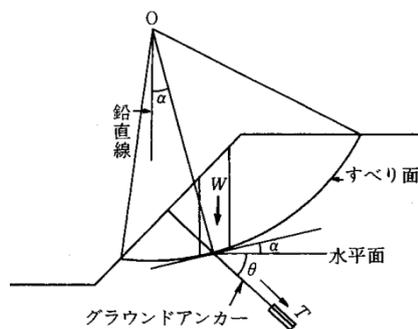


図1 アンカーによる斜面安定概念図¹⁾

(3) アンカーの抑止効果

アンカーには、一般に次の2つの抑止効果があるとされている。

①.縮付け効果

プレストレスをかけ、移動土塊を押さえつけて安定化させるものであり、すべり面に対する垂直力を増大させ、せん断抵抗を増大させる効果を図る。

②.引止め効果

移動土塊の滑動力に対し、アンカーの引張り強さで抵抗し、滑動力を減少させ移動土塊を引止める。地すべり対策としては、この効果を期待して設計することが多い。

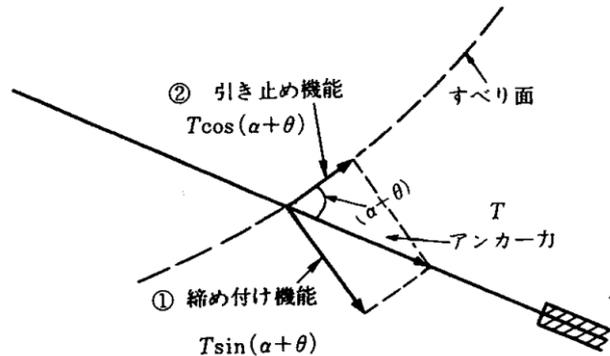


図2 アンカーの2つの機能(効果)¹⁾

(4) アンカー抑止効果を考える上での課題

上述した2つの抑止効果のうち、引止め効果については物理的にも自明だが、縮付け効果については疑問の余地が残る。アンカー設計上、縮付け効果を見込む場合、図2に示したアンカー力 T は、アンカー緊張力、すなわち受圧板からの縮付け力とイコールである。つまり、受圧板からの縮付け力は“地表から力が減衰することなくすべり面へ伝達される”との、現実的ではない仮定がなされている。

これに加え、実際の施工ではアンカー自由長部にグラウトの充填注入がなされるため、自由長部周面においても摩擦抵抗が発現することは明らかである。このため、アンカー緊張時には自由長部周面摩擦を介し、その周辺地盤内にはアンカー緊張方向へ向かう(上向きの)応力が伝達されていることが考えられる。したがって、その上向きの応力と、受圧板からの下向きの縮付け力が互いに打ち消し合い、有効な縮付け力がすべり面に伝達されていない可能性が指摘される。

このように、アンカー設計上重要な位置付けとなる縮付け効果が、設計上過大に見積もられている可能性があり、今後アンカー設計を行う上での大きな課題の一つといえる。

以下では、この課題に対し行った実験的研究結果を概説する。

3. アンカー実大実験²⁾

(1) 実験概要

アンカー実大実験では、自由長部にグラウトの充填注入を行わないもの(Case-1; 理想的なアンカー)と、行うもの(Case-2; 実際のアンカー)の2種類の実大アンカーを地盤に鉛直に打設し、それぞれのアンカーを段階的に緊張した際の周辺地盤のひずみを、複数の観測孔に設置したパイプ式ひずみ計により測定することで、縮付け力の地盤内伝達状況を間接的に調べた(図3)。

(2) 実験結果

各アンカー直近の観測孔の P-1 および P-5 における鉛直ひずみの測定結果を図 4 に示す。

Case-1 では、アンカー直近の観測孔 P-1 において、全体的に顕著なひずみの変化が認められる結果が得られた。特に GL-5m 程度までの範囲では、下向きの応力に伴う地盤のひずみが顕著に認められており、アンカー緊張に伴う受圧板の締付け力が伝達されていることを示す結果といえる。

ただし、すべり面をアンカー一体設置地盤の上端 (GL-10m) と想定した場合、十分な締付け力が伝達されているとはいえない。

なお、GL-2m までの表層付近で、荷重段階が 230kN を超えたあたりからひずみ累積方向が反転する現象が認められたが、これは観測孔のパイプが水平方向に大きく変形した影響である。

一方 Case-2 では、全体的に地盤内に鉛直応力に伴うひずみが認められない結果となった。アンカー直近の観測孔 P-5 においてもひずみが認められる範囲は狭く、その量も比較的小さい。

以上の結果から、①アンカー締付け力は地盤深部まで十分に伝達されているとは言い難く、②自由長部のグラウトがある状態だとさらに締付け力は伝達され難いことがいえる。

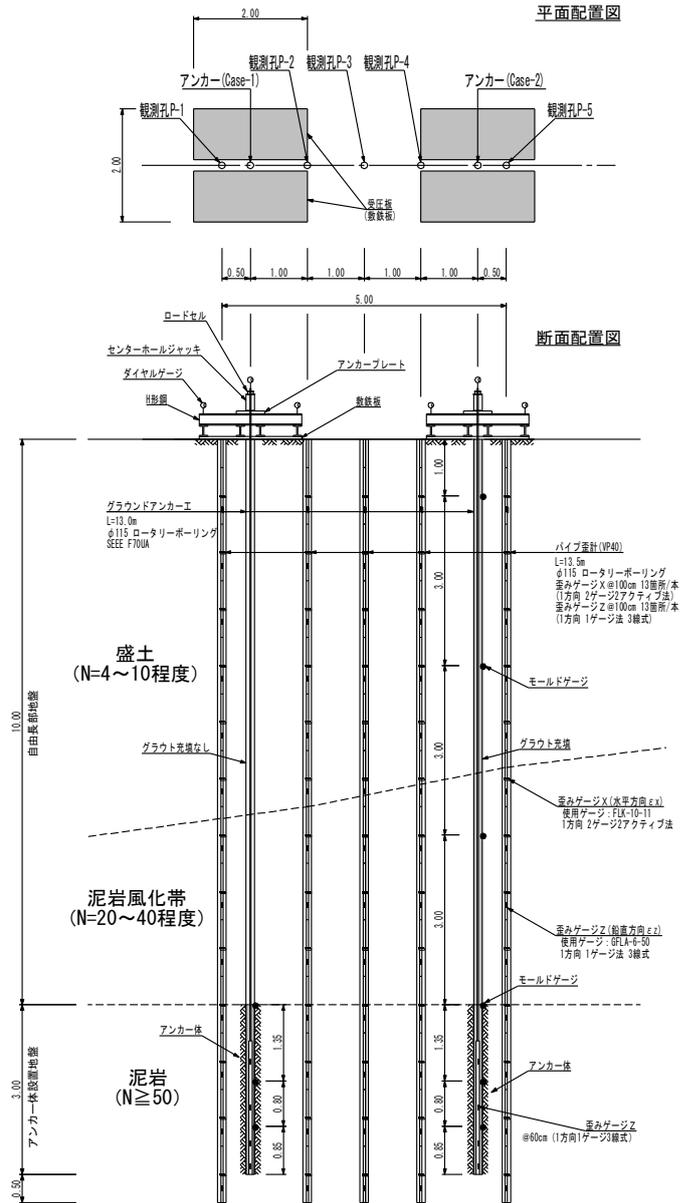


図 3 アンカー実大実験概要図

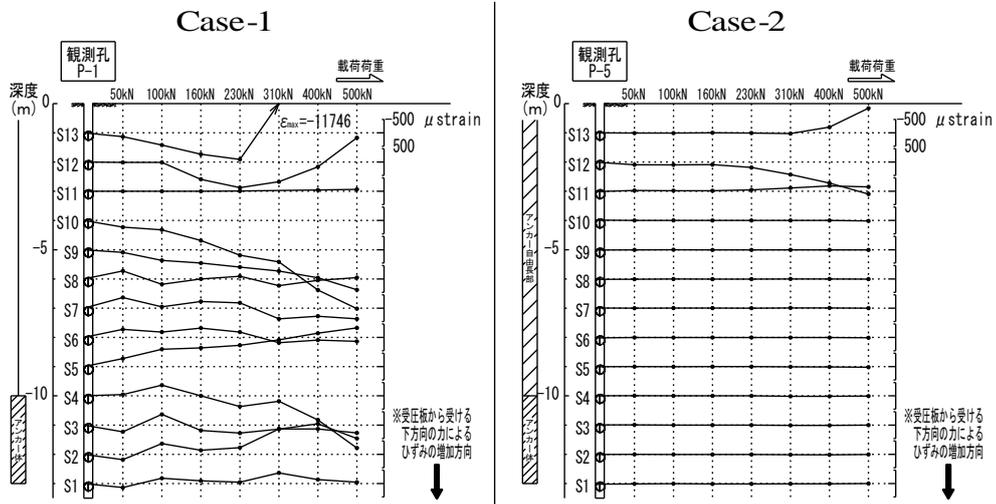


図 4 地盤の鉛直ひずみ測定結果

4. アンカー模型実験 2)

(1) 実験概要

模型実験では、アンカーを無限大の直径をもつと仮定し 2 次元平面ひずみ問題として考え、平板な人工地盤内にアンカーを打設・緊張し、その際の地盤内部のひずみを計測することで締付け力の伝達状況を調べた(図5)。

なお、実大実験と同様に自由長部周面摩擦がある場合を Case-1、無い場合を Case-2 としている。

(2) 実験結果

実験結果を図6に示す。各 Case を同じ荷重段階 14.7kN で比較すると、Case-1 の方が地盤内に高い圧縮応力が発生していることが分かる。また、Case-1 のアンカー体周辺には、引張応力が卓越している。これは、Case-1 では緊張力をアンカー体周面摩擦のみで負担しているため、その周辺地盤が強くアンカー体側に引っ張られている状態を示

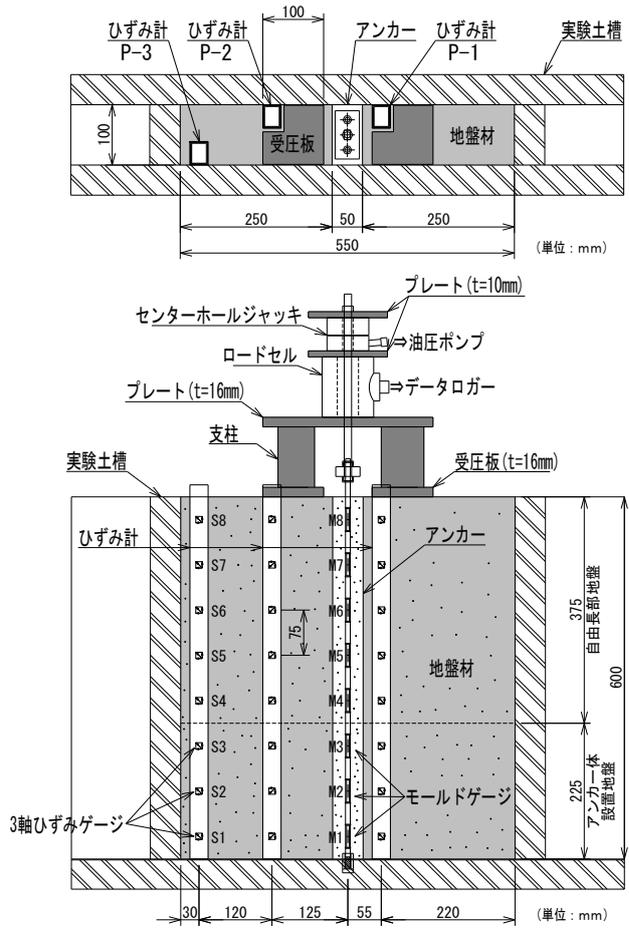


図5 アンカー模型実験概要図

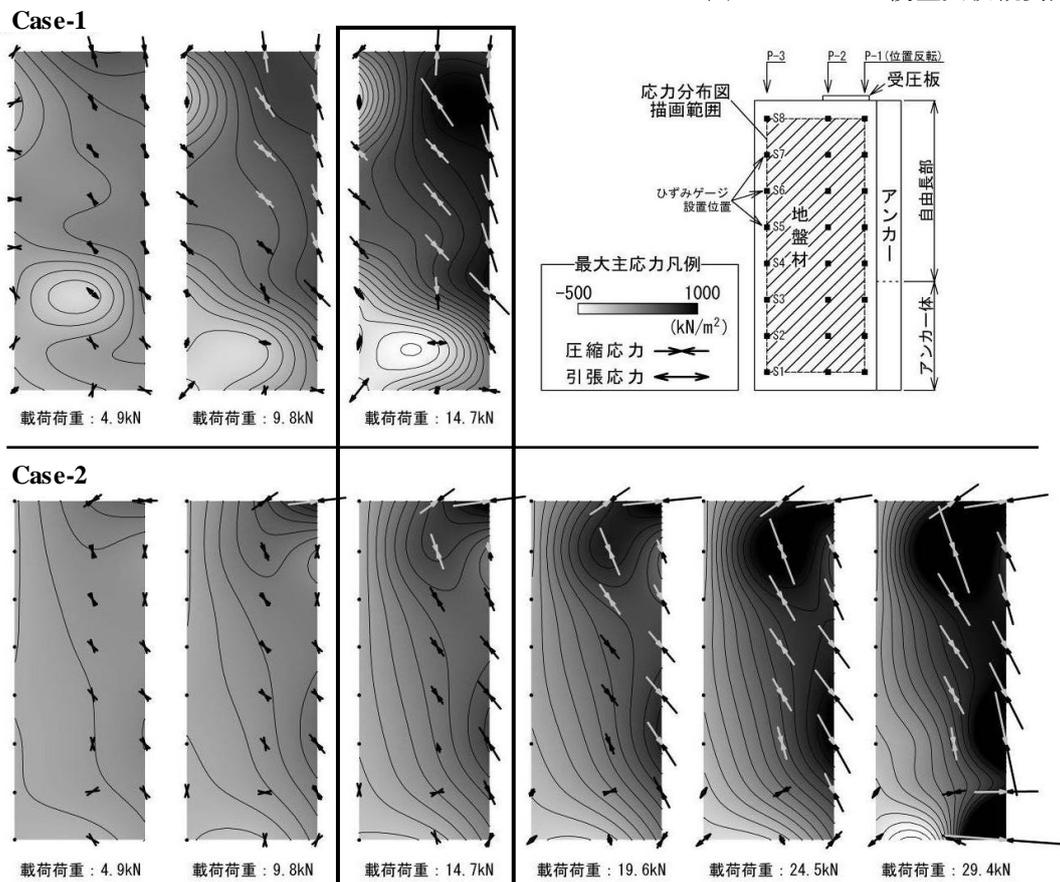


図6 地盤内部の最大種応力分布

している。

一方 Case-2 の方は、全体的に地盤内の圧縮応力が低く、また、応力分布の変化に乏しい結果となった。

これらの結果から、実大実験同様、Case-2 のような実施工で供用されるアンカーでは自由長部周面摩擦が存在するために、受圧板からの締付け力が深部へ伝達され難い性状となるものと判断することができる。なお、Case-2 は自由長部の摩擦もあるため Case-1 よりも高い荷重まで引き抜けなかったことにより、図 6 ではより高い荷重段階まで応力分布図が示されている。

5. まとめ

以上の実験結果から、受圧板からの締付け力は地盤深部まで伝達され難い傾向にあることが分かった。特に、アンカー自由長部の周面摩擦がある場合は、この傾向は顕著となることが示された。したがって、現行のアンカー設計で見込むことができる“締付け効果”の有効性は、従来考えられていたよりも限定的であると考えられ、今後より実際的なアンカー設計手法を検討する上での研究課題であると考ええる。

斜面防災のアンカーにおいて、締付け効果と引止め効果の 2 大効果を有するとする設計上の思想（原著不明）は、1980 年代頃に示されて以来大きく変わることなく約 30 年踏襲されてきた。

特に締付け効果に至っては、前記した実験結果より十分な効果を有しないことが示されたが、これによらずとも、受圧板からの締付け力が地中で分散し、すべり面へ作用する力が減衰するであろうことは、地盤技術者であれば想像することができるのではないだろうか。そして、それを明らかにする努力をせず、アンカー設計計算手法の改善がなされてこなかったのは、斜面防災に携わる技術者の怠慢ではなからうか。

設計施工指針の提示は、アンカーの発展・普及に大きく貢献したといえる。しかしそれは、「指針に沿って設計施工すれば問題無い」という後ろ向きの考えを醸成する弊害も生み、技術者自身の“思考停止”を生んだともいえるのではないだろうか。

マニュアルや基準・指針が重視される傾向にある近年の土木分野では、地盤技術者は地盤工学の基本を身につけ、自身の“肌感覚”を養うことがこれまで以上に求められると考える。そして“肌感覚”に合わない設計方法等について、掘り下げて理解し真理を探求する努力を怠ってはならないと考える。

[参考文献]

- 1) (社)日本道路協会 (2009) : 道路土工 切土工・斜面安定工指針 (平成 21 年度版), pp.291-292.
- 2) 片山直樹 (2010) : アンカー自由長部周面摩擦が締付け力に及ぼす影響, 日本地すべり学会誌, Vol.47, No.4, pp.3-10.