

2005年福岡県西方沖地震による地下水位の変動特性

広城, 吉成
九州大学大学院工学研究院

横田, 雅紀
九州産業大学建築都市工学部

<https://hdl.handle.net/2324/1929765>

出版情報 : Proceedings of the Kansai Geo-Symposium. 2017, pp.46-49, 2017-11-02. 地盤工学会関西支部

バージョン :

権利関係 :



2005 年福岡県西方沖地震による地下水位の変動特性

○広城吉成¹・横田雅紀²

¹九州大学大学院工学研究院・²九州産業大学建築都市工学部

1. はじめに

2005 年 3 月 20 日 10:53 頃に発生した福岡県西方沖地震（北緯 33.7 度，東経 130.2 度）ではマグニチュード 7.0 を記録し，福岡市内では最大で震度 6 弱を観測した．その際に，福岡市西部に位置する九州大学伊都キャンパス周辺の地下水位観測井において地下水が噴き上がるという現象が起きた．このことから，地震と地下水位の変動には何らかの関係性があるといえる．このような地震と地下水位の関係については Wakita¹⁾や Roeloffs²⁾，Grecksch ら³⁾，Chia ら⁴⁾，Kitagawa ら⁵⁾，Chen ら⁶⁾，Yan ら⁷⁾などがそれぞれ報告している．特にマグニチュード 9.0 クラスの地震において，2004 年のスマトラ沖地震による日本の太平洋側の地下水位変化では，地震発生直後に 11 か所の地下水位観測井のうち 8 か所が一時的に上昇し，3 か所が下降したなどの報告（Kitagawa ら⁵⁾）や 2011 年の東日本大震災による中国本土での地下水位変化でも 18 か所の地下水位観測井で地下水位が上昇する井戸や下降する井戸があったことが報告（Yan ら⁷⁾）されている．一方，地下水位の変化から地震を予測する可能性について，江原ら⁸⁾は福岡市東区のア일랜드シティ地区において，福岡県西方沖地震発生前の地下水位から地震の予測が可能であると報告している．その報告の中で地震発生前の地下水位変動は上昇 - 低下 - 上昇の 3 段階に分けられ，本震では地震発生の約 3 週間前から 3 段階のプロセスが開始されたとしている．

本研究では，九州大学伊都キャンパス内外に設置されている地下水位観測井において，地震発生前後の地下水位変動を検討することで，それぞれの観測井の地下水位がどのような応答を示したかを考察し，地震の前兆現象を地下水位変化から捉えることができるかどうか検討を行った．

2. 内容

2.1. 研究対象地域

図-1 に伊都キャンパス周辺の 16 ケ所の地下水位観測井を示す．これらの観測井では自記水位計が設置され，1 時間毎の地下水位の連続観測が実施されている．ただし，自記水位計が設置されている地下水位観測井ではあるが，表-1 に示す通り 24 ケ所のうち 8 ケ所は，家庭用（WL1,WL13）や農業用

（WL12,WL14-2）に用いられているため，また地震発生前後において自記水位計の故障など（WL15,WL17,WL24,WL26-2）のために正確に地下水位変動を読み取れない観測井であった．そのため，本研究ではこれらの 8 ケ所は検討から除外し 16 か所とした．

2.2. 被圧地下水と不圧地下水の比較

地下水の特徴が異なる被圧地下水と不圧地下水に分けて，本震発生前後の地下水位変動を比較した．被圧地下水は 9 ケ所，不圧地下水は 7 ケ所であった．

図-2 には不圧地下水の一つである WL7 の地下水位

変動を示す．本震直後の地下水位上昇量は約 35cm であるのに対し，後述の図-4 の被圧地下水である WL4-2 のそれは約 135cm であった．その結果，被圧地下水の方が不圧地下水に比べて地震の地下水位変動に与える影響が大きいことから，次節からは被圧地下水観測井の地下水位変動を用いて検討を行った．表-1 には地下水位観測井の概要を示す．



図-1 調査対象地域と地下水位観測井

Coseismic Groundwater Level changes due to the 2005 Fukuoka Prefecture Western Offshore Earthquake

Yoshinari Hiroshiro¹, Masaki Yokota² (¹Kyushu University, ²Kyushu Sangyo University)

KEY WORDS: Groundwater Level Change, The 2005 Fukuoka Prefecture Western Offshore Earthquake, Confined Groundwater

表-1 地下水位観測井の概要¹⁰⁾

井戸番号	表層地質	推定主帯水層	地下水の種類	井戸深度(m)	基準点標高(m)	使用状況
WL2-3	段丘堆積物	段丘堆積物	不圧地下水	5.0	14.0	不使用
WL3	崖錐堆積物	沖積層	被圧地下水	3.0	9.0	不使用
WL4-2	沖積層	沖積層	被圧地下水	4.9	3.5	不使用
WL5	崖錐堆積物	沖積層	被圧地下水	3.0	5.1	不使用
WL6	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	3.6	7.8	不使用
WL7	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	4.2	8.0	不使用
WL8	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	3.25	10.4	不使用
WL9	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	4.8	12.7	不使用
WL10	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	6.05	10.4	不使用
WL11	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	6.35	13.0	不使用
WL12	花崗岩類	花崗岩類	不圧地下水	34.3	30.3	農業用
WL13	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	(40)	27.0	家庭用
WL14-2	崖錐堆積物	崖錐堆積物	不圧地下水	(50)	16.9	農業用
WL15	花崗岩類	花崗岩類	被圧地下水	23.4	56.8	不使用
WL16	崖錐堆積物	花崗岩類	被圧地下水	25.7	60.5	不使用
WL17	沖積層	沖積層	被圧地下水	30	16.7	不使用
WL19-2	沖積層	沖積層	被圧地下水	20	8.2	不使用
WL20	崖錐堆積物	変成岩・花崗岩類	被圧地下水	42	29.1	不使用
WL21	崖錐堆積物	変成岩類	被圧地下水	23	16.4	不使用
WL23	沖積層	沖積層	被圧地下水	20	0.75	不使用
WL24	崖錐堆積物	花崗岩類	不圧地下水	30	31.7	不使用
WL26-2	崖錐堆積物	花崗岩類	不圧地下水	30	21.3	不使用
WL27-2	崖錐堆積物	花崗岩類	被圧地下水	40	64.7	不使用

2.3. 地震発生前後の地下水位変動の相違について

図-3 に江原らの報告⁸⁾にあったアイランドシティ地区の地下水位変動、図-4 に被圧地下水である WL4-2 の地下水位変動を示す。ただし、どちらの地下水位変動も降雨などの影響による地下水位上昇を補正していない。

(1)地震発生前

アイランドシティ地区で見られた3段階(A,B,C)の前兆現象は今回検討した9ヶ所の被圧地下水観測井では見られなかったが、図-3 にあるようなB区間(水位低下)とC区間(水位上昇)については、WL4-2のみ見られた。また、他8ヶ所の観測井でもこの2段階のプロセス以外の上下の地下水位変動は見られた。

(2)地震発生後

図-5 に示す通り伊都キャンパス周辺の観測井はアイランドシティ地区とは警固断層を挟んでほぼ向かい側に位置しており、被圧地下水9ヶ所のうち7ヶ所で地震発生直後地下水位が上昇した。アイランドシティ地区では本震直後に地下水位は低下した。地下水観測井周辺の地盤が圧縮を受けると水位が上昇し、引っ張りを受けると水位が低下するという報告⁸⁾があるが、アイランドシティ地区では引張により地下水位は低下し、伊都キャンパスでは圧縮により地下水位は上昇した。本研究で見られた相違はこの報告を裏付けるものであった。

図-5 に示す矢印(地盤の動き)は前原地点、古賀地点での地殻変動モデル^{11),12)}を元に作成した本震発生時の地殻変動のおおまかな方向である。アイランドシティ地区の地盤は地震時に引っ張りの力を受けたという報告⁸⁾がある。一方、図-5 より伊都キャンパスの地盤は圧縮の力を受けたことになる。従って、伊都キャンパス周辺の観測井ではアイランド

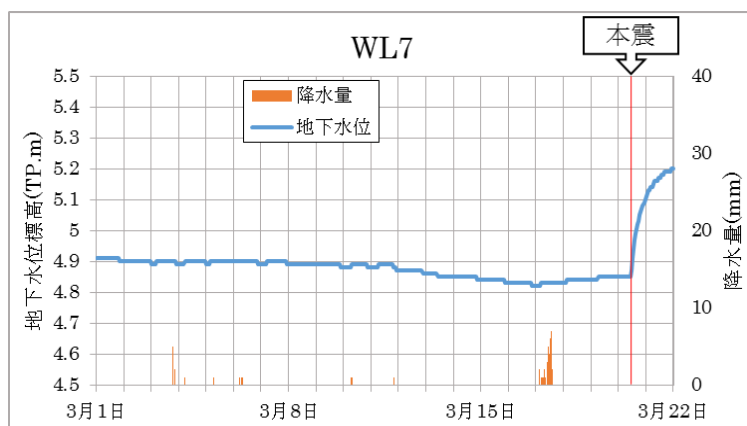


図-2 WL7 の地下水位変動

シティ地区とは反対に地下水位が上昇したことは妥当であると言える。

2-4. 降雨による地下水位への影響の除去および考察

地震発生前, 3月17日に日降水量35mmの降雨があった。9ヶ所全ての被圧地下水観測井で3月17日から地震発生までに地下水位上昇が見られるため, 降雨による地下水位への影響の除去を行った。過去の降雨イベントから3月17日の降雨と似た条件の降雨イベントを抽出し, その降水量と降雨に対する上昇量の関係をグラフにプロットした。それらの点に対して最小2乗法による近似直線から降水量35mmに対する地下水位上昇量を求めた。ただし, 降水量と地下水位上昇量の相関関係が悪いものに関しては検討を行わなかった。また, 被圧地下水, 不圧地下水の観測井の地下水位において, 降雨の影響が出やすい井戸と出にくい井戸があり, 現在のところこの理由については不明である。

被圧地下水井戸の中で高い相関関係があった3ヶ所(WL4-2;相関係数 0.875, WL5; 相関係数 0.899, WL16; 相関係数 0.808)について、改めて地下水位変動の図を作成し地震の前兆現象の検討を行った。今回はWL4-2の観測井について、図-4中の3月17日の降雨による地下水位上昇の影響を補正し, 降雨による地下水位への影響を除去したWL4-2の地下水位変動を図-6に示す。この結果, 3月17日以降の地下水位上昇は降雨によるものであると考えられた。従って, WL4-2の降雨による地下水位の上昇の影響を排除すれば, 図-3中のCに相当する地下水位上昇は見られなくなった。なお, 図-3のCについての水位上昇について, 江原らは降雨の影響について言及していなかった。

3. おわりに

本研究では, 福岡県西方沖地震による伊都キャンパス周辺の地下水位の変動特性を明らかにすることができた。地震発生前後において地下水位変動の比較を行った結果, 不圧地下水に比べて被圧地下水の方が地下水位変動量は大きく, 地震に対する地下水位の応答は良かった。次に, 被圧地下水WL4-2と不圧地下水WL7では, 被圧地下水のほうが地震直後の急激に地下水位が上昇する傾向にあり, 不圧地下水のそれは地震直後に緩やかに上昇する傾向があった。

地震発生直後, 伊都キャンパス周辺では地下水位が上昇し, アイランドシティ地区では地下水位は低下した。これは, 福岡県西方沖地震の発生メカニズムである左横ずれ断層によ

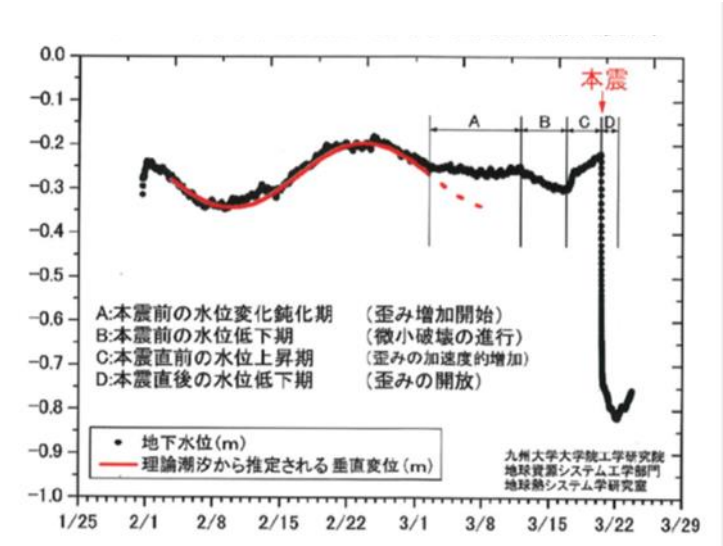


図-3 アイランドシティ地区の地下水位変動^{8),9)}

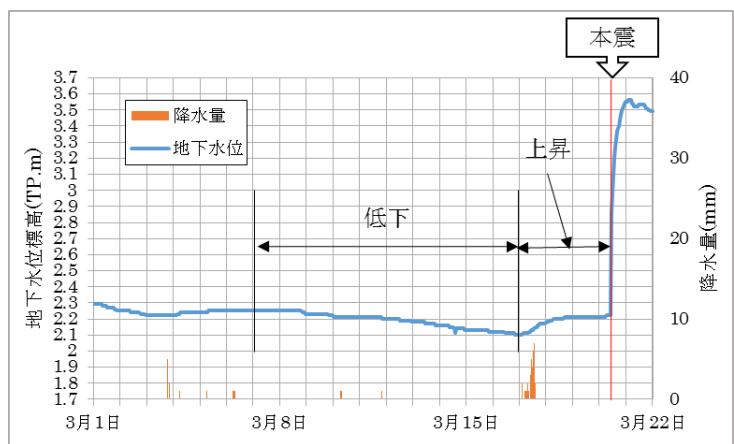
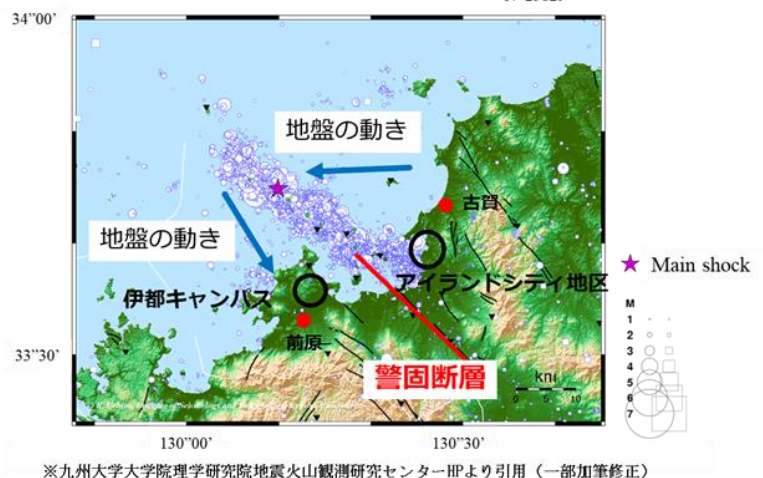


図-4 WL4-2の地下水位変動

Seismicity map in and around Genkai-Nada(after main shock)

Last Update Sun Oct 30 04:00:00 JST 2011
N=25829



※九州大学大学院理学研究院地震火山観測研究センターHPより引用 (一部加筆修正)

図-5 二つの観測地点の位置関係^{11),12)}

りアイランドシティ地区の地盤が引張りの力を受け、伊都キャンパス周辺の地盤が圧縮の力を受けたためであったと考えられた。

地震の前兆現象については、江原ら⁸⁾が報告した研究を基に検討した結果、降雨による影響を除去できた伊都キャンパス周辺観測井では江原らが報告した前兆現象と思われる地下水位変動は見られなかった。従って、伊都キャンパス周辺観測井では地震の前兆現象を捉えることができないことが分かった。

今回は16ヶ所の地下水位観測井のうちWL4-2、WL7について報告したが、次の12ヶ所の観測井WL2-3、WL5、WL6、WL8、WL9、WL10、WL11、WL16、WL19-2、WL20、WL23、WL27-2においてもWL4-2、WL7と同様に地下水位の上昇が認められた。一方、WL3、WL21の2ヶ所の井戸には地下水位の上昇はほとんど認められなかった。

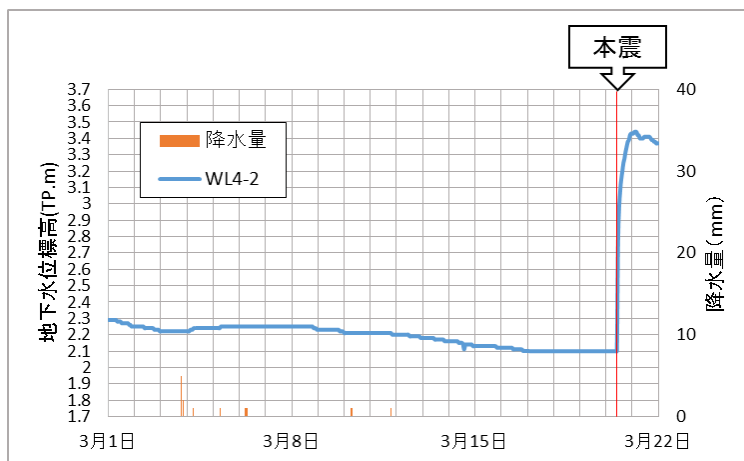


図-6 降雨の影響を除去した地下水位変動

謝辞：本原稿を作成するにあたり、日本地下水学会「熊本地震対応調査・研究グループ」（代表：熊本大学名誉教授、嶋田純先生）の利部慎先生（長崎大学）には、利部先生がまとめられた地震と地下水位変動に関する既往研究情報を参考にさせていただきました。また、長崎県庁の上原望君には九州大学在学時に本報の基本的な取りまとめをしていただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1)Wakita Hiroshi : Water Wells as Possible Indicators of Tectonic Strain, Science, 189(4202), 553-555, 1975.
- 2)Roeloffs E.A : Persistent water level changes in a well near Parkfield, California, due to local and distant earthquakes, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.103, No.B1, 869-889, 1998.
- 3)Grecksch, G., Roth F. and Kumpel H.-J. : Coseismic well-level changes due to the 1992 Roermond earthquake compared to static deformation of half-space solutions, Geophysical Journal International, 138, 470-478, 1999.
- 4)Chia Yeeping, Yuan-Shian Wang, Jessie J. Chiu and Chen-Wuing Liu : Changes of Groundwater Level due to the 1999 Chi-Chi Earthquake in the Choshui River Alluvial Fan in Taiwan, Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 5, 1062-1068, 2001.
- 5)Kitagawa Yuichi, Naoji Koizumi, Makoto Takahashi, Norio Matsumoto, and Tsutomu Sato : Changes in groundwater levels or pressures associated with the 2004 earthquake off the west coast of northern Sumatra(M9.0) : Earth Planets Space, 58, 173-179, 2006.
- 6)Chen Chieh-Hung, Chung-Ho Wang, Jann-Yenq Liu, Chen Liu, Wen-Tzong Liang, Horng-Yuan Yen, Yih-Hsiung Yeh, Yee-Ping Chia and Yetmen Wang : Identification of earthquake signals from groundwater level records using the HHT method, Geophysical Journal International, 180, 1231-1241, 2010.
- 7)Yan Rui, Heiko Woith and Rongjiang Wang : Groundwater level changes induced by the 2011 Tohoku earthquake in China mainland, Geophysical Journal International, 199, 533-548, 2014.
- 8) 江原幸雄・福岡晃一郎・藤光康宏・西島潤：地下水変化観測による“福岡地震”予測の可能性，NDIC, No.35, 9-16, 2006.
- 9) 江原幸雄・藤光康宏・西島潤・福岡晃一郎・ウディ ハルモコ・窪田健二・松本光央・サイビハキム・スルヤンティニ・藤野恵子・遠藤司・黒田高・檜崎祐一・木戸俊晴・酒見光太郎・井出千清・上岡慎・平野智弘・山本雄大：福岡県西方沖地震に関係する地下水位の変化について－地震活動予測手法としての可能性－，WESTERN JAPAN NDIC, NEWS No.33, p.13-18, 2005.
- 10) 福岡市大学移転対策局・国際航業株式会社：九州大学統合移転用地内及び周辺地下水観測その他調査報告書, 1999.
- 11) 福岡県西方沖を震源とする地震の地殻変動モデル（第2報）
(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05mar_fukuoka/p17.htm)
- 12) 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センターホームページ(<http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/index.html>), 2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震（M7.0）について：2005年福岡県西方沖地震（M_{jma}7.0）
(<http://www.sevo.kyushu-u.ac.jp/2005-GENKAI/>)