

既製コンクリート杭の継手を考える（その2） ー津波によって転倒した杭支持建物の被害ー

（一社）基礎構造研究会代表理事 杉村義広

前回いしづえ通信 107 号で記述した内容が、津波によって転倒した建物を支持していた既製コンクリート杭の継手であったため、テーマが津波被害に移ってしまった感がある。その意味では、何処かに書いた覚えがあると調べてみると、雑誌基礎工に書いた文章が3編ほどあることが解った〔杉村義広：津波による建築物の被害と対策、基礎工、pp.23～27、2012.12 および杉村義広、三辻和弥：津波による転倒・流失した建物の調査、基礎工、pp.71～75、2012.12、杉村義広：東日本大震災による既製コンクリート杭の被害、一新たに判明した緊急課題、基礎工、pp.67～70、2014.8〕。また、地盤アンカー研究会という民間の委員会が東日本大震災（2011.3.11）の津波によって転倒した建物について調査した結果をまとめたことがある〔KTB 協会：鉛直地盤アンカーによる津波被害対策と土砂災害防止、どういうわけか発行年月が示されていないが、最後の第9回研究会が令和1年1月21日となっているので西暦2019が該当する〕。筆者が津波に関して書いた文章としてはこの報告書に書いたもの〔杉村義広：A1.1 東日本大震災における津波による建物の転倒・流失について〕が最終的なまとめであり、世の中に広く公開する機会がなかったので、ここで改めてまとめの表1を以下に示すことにしたい。

表1 津波による転倒を調査した建物一覧

No.	構造・用途	基礎形式	転倒方向	被害状況
1	S造3一部4階 店舗付き事務所	支持杭 PC杭A種	内陸側	転倒して10m程度移動。上杭が1本引き抜かれている。
2	RC造4一部5階 旅館	摩擦杭 RC杭	内陸側	約70m流失。ぶら下がっている杭1本、転がっている杭2本が観察される。
3	RC造2階 交番	支持杭 PC杭A種	海岸に並行	瓦礫の衝突を受けて転倒。杭の引張り破断という新しい被害が観察される。
4	RC造3階 事務所	直接基礎	海側	押し波時に洗掘された穴に落ち込むように引き波時に転倒。
5	RC造2階 倉庫	直接基礎	内陸側	高さ約2mのコンクリート壁を乗り越えて20m程度流されている。
無	壁式RC造3階 共同住宅	直接基礎	内陸側	細長い建物が50m以上流され、二つに千切れた片方がNo.3に衝突。

注1) 表は「国土交通省国土技術政策総合研究所、独立法人建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）調査研究（速報）、平成23年5月」以下「建研速報」と略記）も参照して作成した。

注2) 無番号は、調査時点では撤去されて観察出来なかったが、上記建研速報とともに、その後、発表された「石田通孝、時松孝次、井上修作：東北地方太平洋沖地震での津波に起因による建物転倒被害とその要因分析、日本建築学会大会、pp.53-54、2016.8」以下「石田ほか（2016）」と略記）で判明した事実に基づいて追記した。



No.1

No.2

No.3(右), 無(左)

No.4

No.5

No.2 は建築研究所加藤博人氏提供、無番号と No.3 の写真は建研速報による。

表-1 は調査した事例を一覧したものであるが、これらは、すべて宮城県女川町での 5 つの事例で、筆者らが現地に行った時点では片付けられていたので観察が出来なかった無番号を含めれば 6 例ということになる。今回論点としているものは No3 と無番号が中心であるが、全体の関係を示せば以下のようなになる。

地震当日の 2011.3.11 から 2 ヶ月ほどが経過した 2011.5.20 に塵埃に悩まされながら調査したのが第 1 回である。第 2 回 (7.16) の補足調査では、道路の嵩上げや、満潮時の水位上昇を経験している。8.29 や 9.17 の第 3、4 回は夏期の雑草の生命力を感じながらの調査であったが、奥深くまで逃げ登った主婦への聞き取りで、途中の一面に住む人々が“こんな高い所までは来ないだろう”と安心して逃げなかったために命を失ってしまったとの経験談を聞くことになった。

翌年の 2012.7.16 が調査としては最後の 5 回目となったが、残存建物もほとんどすべて撤去され、転倒建物だけが残る震災の痕跡を見ることになった。



右に示す写真集「大津波襲来東日本大震災、ふるさと石巻の記憶、空撮 3.11 その前・その後」に地震前後で空撮された女川町の写真を引用する。地震前の写真では左下の女川町出島（いずしま）への栈橋から右へ歩いたあたりに広い駐車場があり、その奥に 3 階建ての細長いアパートが見られることに注目しながら、地震後の写真を見ていただきたい。その右端に高い建物（ホテル）が残っており、その奥に 2 つの小さな建物が道路に面しているが、その左の白っぽいのが表-1 の No.3 の転倒した女川交番である。



そのほか写真の右端中央部の高い建物〔生涯学習センターと呼ばれていたと記憶しているが〕と対峙するように立つ 4 階建ての建物が町役場であり、その屋上に避難した人々がかなり多かったとの話を聞いたことがあるし、その左側には写真上部への高台までの曲線の道路がかなり奥まで明確なように津波が遡上して駆け上がった痕跡が見られる。

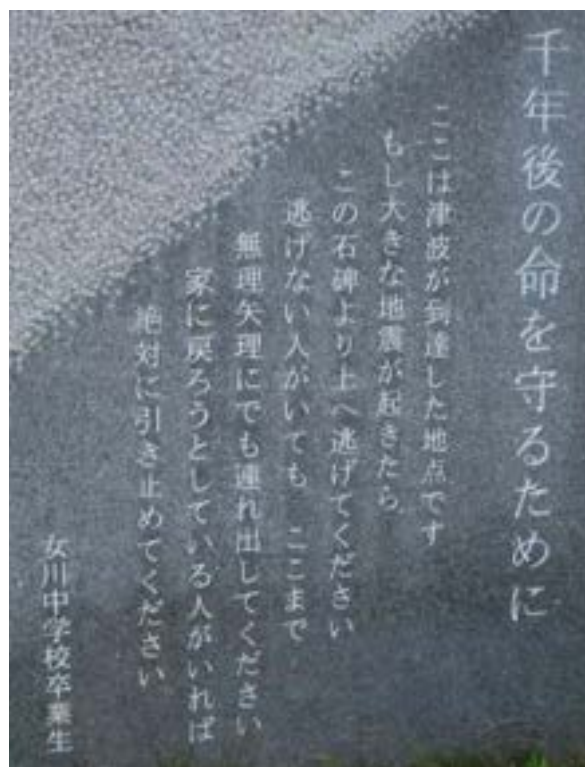


写真の左側には写真左端からの進入道

路が見られ、車が並ぶ駐車場と高い建物があるが、それが町立病院であり、その1階が水浸したという。駐車場の手前に最深部まで入ったあたりには、女川の中学生達が津波の到達点として石碑を建てていることも確認した。



中学生達は女川町のあちこちを調べて石碑を建て、数もかなり多くなっているということであるが、その熱意には心に染みるものがあり、その行為には教訓として残されるべきであると思わせる。建てられた石碑とそこに書かれた文章を拡大して上と右に示す。この文章は“津波でんでんこ”の典型ではないか、とつくづく思わせる。



地震と違って津波に対しては、“対抗するのではなく、逃げるのが一番である”とするのが、この調査を通じて得られた感想である。建物の設計も、逃げ遅れた人々のための避難ビルの場合だけを対象とすることを教訓として残すべきではないかと考えるに至った。

先の地震後女川の写真で転倒した建物について以下の点を追記しておきたい。一つは、出島への栈橋から海岸通りを右へ歩いて折れ曲がるあたりに海側へ転倒している建物が見えるが、それが表1のNo.4で引き波の時に海側へ転倒したものである。もう一つは、写真左端部の上から1/4あたりに見えるのがNo.2で、元の位置は道路の手前に上から半分あたりに残存している建物の右隣に位置していたが津波で転倒し、70mほど流されたに拘わらず道路には傷一つ痕跡がなく、町立病院の斜面に当たって止まったとされるものである。No.1の建物は、さらに栈橋に近づく写真左端付近の海岸近くに位置していたのであるが、残念ながら範囲外となって写真には写っていない。No.5はさらに左の場所なのでやはり写真外の位置である。

肝心のNo.3には後日談もある。第1回調査では基礎底面側、第5回調査では屋根側を撮った写真を並べて右に



第1回調査（2011.5.20撮影）₃



第5回調査（2012.7.16撮影）

示す。周辺がすべて綺麗に整備されてみると、屋根に大きな損傷があったことが判明したのである。

この傷を見て思い出すのは、表1に注記したように建研の報告書（建研速報）の写真1～4と石田ほかの論文（2011）の図1であり、右に引用する。写真1と写真4に見られるようにNo.3の隣に転倒した建物が写っているのが見え、これが気になっていたのも現地で観察したいと考えていたが、第1回の調査時点ではすでに片付けられていて、叶えられなかった。そこで8学会報告書〔日本建築学会ほか7学会：東日本大震災合同調査報告、建築編5、建築基礎構造、津波の特性と被害、2015.3〕のp.18に「…あるいはこれ〔無番号の建物〕が衝突したのかと想像したくなるほど直近に転がっていたことなど

から、この傷は津波で流された瓦礫が衝突したとしか考えられず、衝突の衝撃力が水平力の増大をもたらしたに違いないという点が重要である。…」と書くことにした。転倒した建物は内陸側〔津波の進行方向〕へ、あるいは海側〔引き波の方向〕へ向かっているもののどちらかであったが、No.3の建物だけは海岸線にほぼ平衡する方向であったので何故か不思議であったが、自分より大きな質量の建物が瓦礫となって衝突してくれば、そのような方向への転倒となっても不思議ではないと納得したのである。

冒頭に挙げた基礎工2014.8に寄稿した論文についても、前号のいしづえ通信と関連した内容を書いたので追記しておきたい点がある。旧建設省の指針で地震時にPHC杭が経験する応力状態を推定する図〔前号の図14〕を用いて津波の場合も考えてみたからである。右に示した図3がそれである。

建物が水没するほどの浸水深を経験することで、杭は長期許容支持力 L にあったものが、浮力を受けての引張り荷重によって T へ向かい、津波による水平力で曲げも経験し、 W へ到達して破壊するという経緯をたどったと考えるものである。実際の状況はもっと複雑な経路で L から W へ動くのであろうと思われるが、また、 W ではなく、もっと T に近いのかも知れないが、地震動の場合とは全く違う状況となることは間違いなく。注意すべきは引張り領域での経路を経験す



写真1 女川交番
(右側建物、左側はRC造集合住宅（反対向きに転倒）)



写真2 建物直面（杭の破損）



写真3 建物正面（有開口外壁の破損）



写真4 隣で転倒した建物



図1 検討した建物の位置と転倒方向²⁾

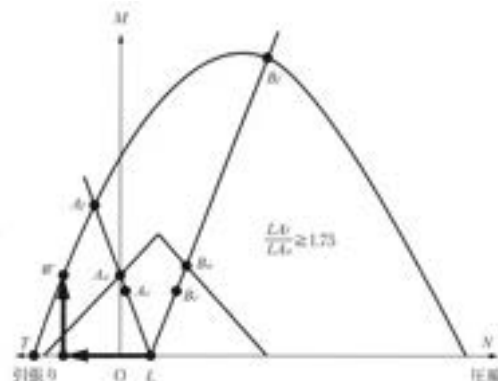


図-3 津波によるPHC杭経緯の原因推定

るという点である。言い換えれば、 T そのものではなくても、引張り領域での破壊は引張り破断に近いモードになると想像できる点であり、今回そうした事例に出会ったわけである。条件が揃えば、そうした被害が生じると教えてくれたのが今回の調査の結論でもある。