

## 福井地震における地盤の側方流動が木杭基礎構造物に与えた影響に関する考察

福井工業高等専門学校	正会員○吉田雅穂
早稲田大学	フェロー会員 濱田政則
飛鳥建設(株)技術研究所	正会員 沼田淳紀
福井県雪対策・建設技術研究所	正会員 久保 光

## 1. はじめに

著者らは、建設工事における木材利用促進を目的として、丸太を地盤改良用資材として利用することを提案し、その一手段として液状化対策工法への適用を検討している<sup>1)</sup>。これまでの模型振動実験による検討で、液状化の可能性の高い軟弱な飽和砂地盤に丸太を打設することで、地盤の液状化強度が増大し、地盤沈下を抑制する効果があることを明らかにしている<sup>2)</sup>。しかしながら、液状化に伴う地盤の側方流動に対する丸太打設の有効性については未解明の点が多い。1948年福井地震に関しては、航空写真判読や写真測量により液状化発生地点の調査や液状化に伴う地盤沈下や側方流動の変位測定がなされ、福井平野の広い範囲で液状化が発生していることが明らかとなっており<sup>3)</sup>、構造物の被害調査資料<sup>4)</sup>も比較的豊富に残されている。そこで、本研究では、福井地震時代に建設されていた木杭基礎を有する構造物を取り上げ、その周辺で発生していた液状化に伴う地盤の側方流動が木杭に与えた影響について検討を行う。

## 2. 対象構造物の概要

本研究で対象とした木杭基礎を有する構造物は、福井市を流れる足羽川に架かる幸橋である。幸橋の歴史<sup>5)</sup>は、江戸時代後期(1862年)、渡し舟のあった所に福井藩士の由利公正の提起により初代木造橋が架設され、宿願を叶えた人々はこれを喜び、この橋を「幸橋」と呼ぶようになったことに始まる。その後、明治時代(1887年、1905年)に2度の木造橋架替工事がなされ、昭和8年(1933年)には4代目となる、車道と電車が共存する鉄筋コンクリート単純T桁橋(9連、橋長133m、幅員18.7m)への架け替え工事が行われた。以来、この4代目は、昭和20年(1945年)の福井空襲、昭和23年(1948年)の福井地震、平成16年(2004年)の福井豪雨など、度重なる災害に耐え、平成19年(2007年)の5代目の完成により役目を終えることになる。写真-1は5代目建設の際に、4代目の第7橋脚を撤去した時に現れた木杭頭部の様子である。杭頭部は30cm程度橋脚のコンクリートに根入れされており、0.9~1.0m間隔で橋軸方向に5列、橋軸直交方向に18列ずつ合計で90本が打設されており、杭長は1.4m~5.7mとばらついていた<sup>6)</sup>。他の橋脚についても同様の状況であり、橋台部については、取り壊しが行われていないため詳細は不明であるが、調査により基礎が木杭であったことが確認されている<sup>6)</sup>。木杭掘り出し地点のボーリング柱状図によれば、河床から5mまではN値10未満の礫質土と礫混じり砂層が存在し、その下層はN値5程度のシルトとシルト混じり砂の互層となっており<sup>6)</sup>、福井地震の時に液状化が発生していた可能性は否定できない。



写真-1 第7橋脚の木杭頭部



写真-2 掘り出した木杭

キーワード： 福井地震、液状化、側方流動、木杭、写真測量

連絡先： 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 Tel&Fax:(0778)62-8305 Email:masaho@fukui-nct.ac.jp

写真-2 は掘り出し後に実験に供した2本の木杭である。直径は末口17cm,元口18cmであり,長さは2.2mと2.7m,樹種はマツ科マツ属であった。4代目は2006年に掘り出されるまでの74年間,河床地盤中に存在していたこととなるが,目視およびピロディン試験による腐朽度評価,縦圧縮試験による強度測定の結果,水位変動域以深では全く腐朽しておらず健全であることが明らかとなっている<sup>6)</sup>。また,木杭の外観を見ても地震外力による変形や損傷等の痕跡は確認されていない。

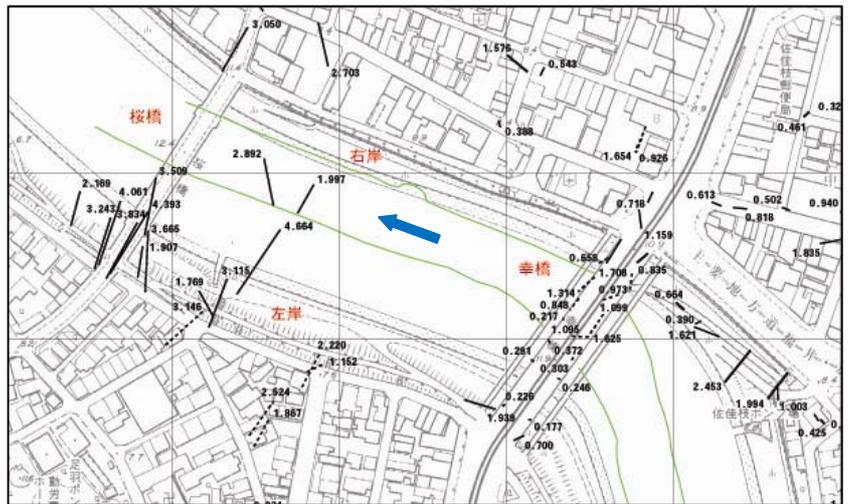


図-1 幸橋周辺の地盤の水平変位

表-1 幸橋の構造形式と被害概要<sup>4)</sup>

構造形式	上下部の変状概況		
	橋台	橋脚	上部構造
鉄筋コンクリートT桁 中央支間:15.3m×2 側支間:15.1m×7 有効幅員:16.8m	鉄筋コンクリート柱 左岸寄亀裂傾斜,親柱移動	鉄筋コンクリート (3本支柱) 被害なし	主桁(8本) 被害なし

### 3. 側方流動と構造物被害との関係

図-1 は福井地震で発生した幸橋周辺の水平方向の地盤変位ベクトルを現在の地形図上にプロットしたものであり,実線ベクトルは地盤,破線ベクトルは橋梁や建物等の非地盤の変位を表したものである。

また,図中の緑のラインは地震前年における河川の水際線である。測定方法は写真測量によるものであり,地震前後の航空写真の地表ターゲットの座標差により求めた。使用した写真は,戦後のGHQが地震前年に撮影した縮尺1/16,000の写真と,地震翌日に撮影した縮尺1/7,000と1/4,000の写真である。なお,変位データの精度検証の結果,標準偏差は地震前±0.728m,地震後±0.055mであり,精度は±0.73mであった。このことは,70cm以内のデータは写真測量の誤差の及ぶ範囲であり,この値程度以上の変位について有意であることを意味する。

同図左側の桜橋付近(地震当時,桜橋は存在せず)で最大4.6mの大きな地盤変位が生じており,多くのベクトルが河道中心方向に変位していることがわかる。一方,幸橋周辺の橋取り付け部において左岸側で1.9m,右岸側で1.7mの地盤変位が発生している。表-1は地震後に実施された被害調査結果に基づく幸橋の被害概要であり,橋台部分で若干の変状が見られたが,橋脚や上部構造への被害はなかったことが示されている<sup>4)</sup>。

### 4. おわりに

以上より,福井地震の震源域近くに存在していた木杭基礎を有する橋梁が,その周辺地盤で1m超の側方流動が発生していたにも関わらず,顕著な構造被害は見られず,地震直後も橋梁としての機能を有していたことを明らかにした。なお,本研究は科学研究費補助金(基盤研究(A),No.20246078)の補助を受けて実施したのであり,記して謝意を表す。

**参考文献** 1) 飛島建設,福井高専,福井県:脱地球温暖化社会へ向けた建設工事への木材利用に関する調査・研究,福井県建設技術公社,109p.,2008。 2) 吉田,石崎,木野,代田,宮島,濱田,沼田:スギの間伐丸太打設による液状化地盤の支持力増大効果に関する模型振動実験,第45回地盤工学研究発表会発表講演集,掲載確定,2010。 3) M. Hamada, S. Yasuda and K. Wakamatsu: Large Ground Deformations and Their Effects on Lifelines: 1948 Fukui Earthquake, Case Studies of Liquefaction and Lifeline Performance During Past Earthquake, Vol. 1, pp. 2.1-2.42, 1992。 4) 北陸震災調査特別委員会:昭和23年福井地震震害調査報告, I 土木部門, p. 106, 1950。 5) 福井県:幸橋景観整備計画, p. 1, 2006。 6) 正田,沼田,久保,吉田,河端,本山:足羽川幸橋木杭基礎の健全性評価と地球温暖化防止対策,地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2008,地盤工学会関西支部, pp. 125-130, 2008。