

### 大河津分水旧可動堰の木杭支持力調査

金沢大学 正会員 ○高原 利幸  
 長岡技術科学大学 正会員 大塚 悟  
 新潟大学 正会員 保坂 吉則

#### 1. はじめに

大河津分水誌<sup>1)</sup>によると、信濃川の分水工事は明治40年度(明治42年着工)から大正10年度に至る15カ年計画として起工し、地すべりの発生の影響などによる計画変更を経ながらも、大正11年(1922年)には分水路に通水がなされた。当時分水路には自在堰が設けられていたが、通水後わずか5年の昭和2年に陥没し、昭和6年(1931年)に旧可動堰が洗掘防止の床固工とともに完成した。この旧可動堰も約80を経て施設の老朽化、通水能力の低下から、平成23年(2011年)に新可動堰にその任を譲っている。本報告は、土木学会の大河津可動堰記録保存検討委員会による多方面からの検討のうち、地盤工学の観点から旧可動堰基礎の木杭の支持力調査の結果に絞って、当時の設計思想と比較して報告する。

#### 2. 旧可動堰の基礎杭の形式

旧可動堰付近の地盤状況を図1に示す。表層にN値の非常に低い砂層As0層があり、粘土層を挟むN値の大きい2層のAs1層が存在する。基礎杭は図2に示すように底水路部に約6m、橋脚部に約13mの2種類が用いられており、それぞれAs1層を支持層とするように設置されていることが分かる。

#### 3. 木杭の載荷試験及び腐食状況

木杭の健全度と現在の支持力を調べるために、引抜き試験及び急速載荷試験が、委託を受けた(株)興和によって実施された<sup>2)</sup>。図2に示すように対象とした杭は約6mの短い方で、水叩き部分の木杭を露出させて実施した。木杭は4本露出させ、1本を引抜き、残り2本で急速載荷試験を行い、1本を予備とした。

図3に載荷試験に用いた2本の杭A,Bの除荷点抵抗力-変位曲線を示し、試験結果を表1に示す。計算に用いた諸元は引抜き試験を行った杭と予備の杭から求めた。

引抜き試験を行った杭では、木材の腐朽具合を調べるための木杭を0.5mに分割し、更に芯部に向かって4つの試験片に分割して、詳細な試験が行われ、一部の結果を図4に示す。図4にピロティン試験と圧縮強さを木杭ならびに地盤構成と共に示す。杭頭では芯部まで普及しており、細粒分の多い地層でやや強度が低下していたものの、70年を経ても十分に健全であることが確認された。

#### 4. 自在堰および旧可動堰設計時の設計思想

分水誌<sup>1)</sup>によると、自在堰設計同時は地盤調査が完了しておらず、信濃川本川の調査に基づき、硬い粘土層が分布していると想定しており、海外の文献等から杭先端抵抗力を24tf/m<sup>2</sup>(240kPa)、周面摩擦力を1.2tf/m<sup>2</sup>(12kPa)と見積もっていたことが分かる。

一方、旧可動堰の設計では、「信濃川補修堰堤底水路部設計書<sup>3)</sup>」によると、木杭の長さや径は表2に示すとおりで、設計支持力(当時の呼称は安全支持力)は、洗堰・閘門・旧自在堰での経験により、杭先端抵抗力を50t/m<sup>2</sup>、杭表面の周面摩擦力を1.5t/m<sup>2</sup>と定めた旨が示されている。ただし、いずれも支持力公式等に基づ

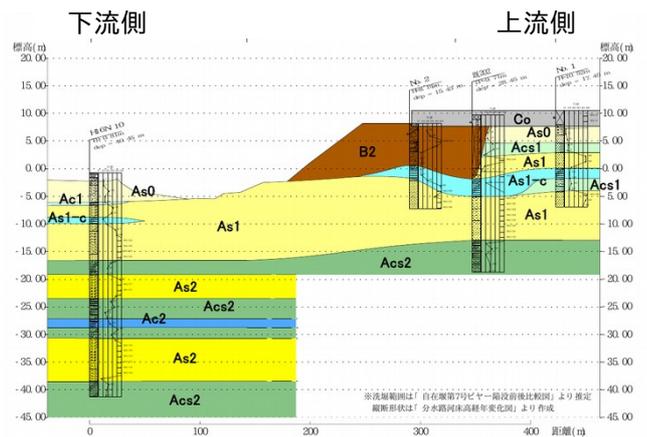


図1 旧河道堰の基礎地盤構成

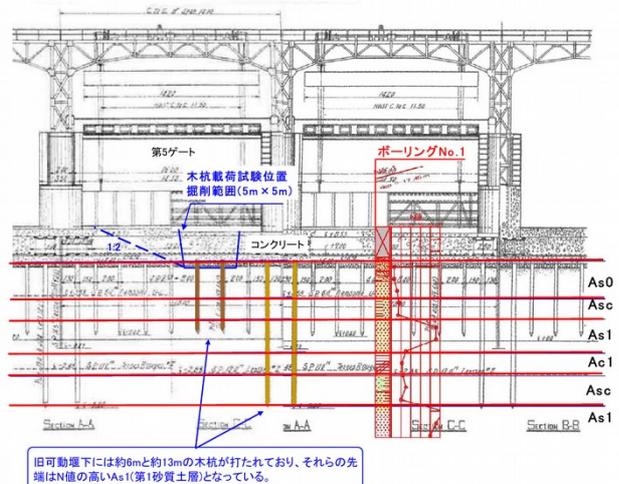


図2 木杭の配置と支持力試験位置

キーワード: 土木遺産, 急速載荷試験, 杭の支持力, 可動堰

〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 TEL/FAX:076-234-4627

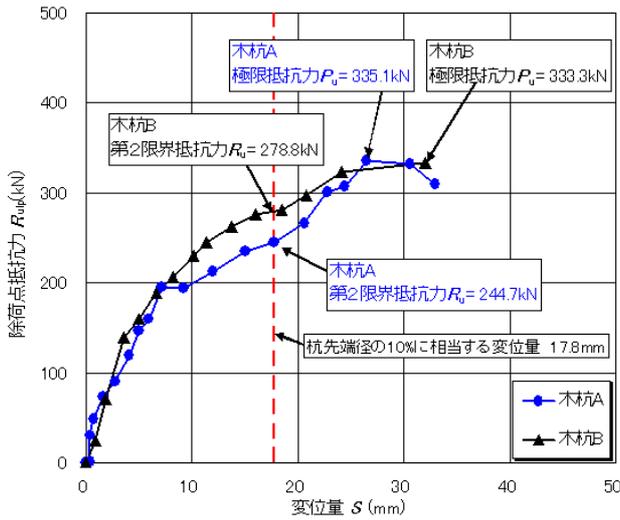


図3 除荷点抵抗力と変位量の関係

いて計算されたかは不明である。いずれも旧単位系に合わせて示しており、表中の実測値の単位もtf/本である。

当時の設計仕様である長さと同径から周面積を求め、上記の経験値である周面摩擦力と先端抵抗力から支持力を再計算したものが表2中の支持力試算値である。底水路部は設計時の安全支持力7tf/本に対し、7.2tf/本とほぼ想定通りの値を示している。一方で、橋脚部の杭は設計支持力25tf/本に対し、試算値は約17tf/本と大きく下回っており、何らかの効果を期待していた可能性が考えられた。分水誌によると「今基礎の半分で圧力を受けるものとすれば…」という記載があり、パイルド・ラフト基礎の概念を当時から取り入れ、ラフト基礎分担分も杭の支持力に算入していた可能性があることが分かった。

底水路部の木杭に関して求めている実測値の許容支持力は、「道路橋示方書・同解説IV下部構造編、平成24年3月、pp.383~395.」に準じ、2本の木杭の急速載荷試験による第2限界抵抗力(沈下量が杭径の10%の時の荷重)を極限支持力とし、安全率を常時(支持杭:3、摩擦杭:4)、極限支持力推定方法による補正係数を1.2(載荷試験による場合)として計算した平均値である。

設計の想定では杭先端は硬質粘性土に支持されるとしていたが、実際にはN値40以上の砂地盤であり、先端支持力が自在堰当時に比べて倍に見積もったとはいえず、過小評価しており、実測の支持杭に比べると7割程度の値になったものと考えられる。結果的には摩擦杭と考えた場合とほぼ同様の支持力に基づいて設計されたことが分かる。

5. おわりに

本研究は、国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所の委託を受けて組織した土木学会・大河津可動堰記録保存検討委員会(委員長:丸山久一 長岡技術科学大学教授)の成果(の一部)である。ここに付記し、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 建設省北陸地方建設局 長岡工事事務所, 信濃川大河津分水誌, 第2集, 1969年3月
- 2) 内務省新潟土木出張所 信濃川補修事務所, 可動堰補修設計書原稿 信濃川補修堰堤底水路部設計書, 大河津資料館所蔵, 1927年12月
- 3) (株)興和, 大河津分水可動堰地盤調査 木杭の載荷試験及び各種試験 報告書, 2013年2月

表1 急速載荷試験結果一覧

項目	木杭A	木杭B
最大落下高さ, $h$ (m)	2.85	2.70
最大杭頭過重, $F_{rapid}$ (kN)	383.0	386.2
最大地盤抵抗力, $R_{soil}$ (kN)	400.6	417.8
最大除荷点抵抗力, $R_{ub}$ (kN)	335.1	333.3
最大変位量, $S_{max}$ (mm)	30.59	32.08
累積残留変位量, $\Sigma S_r$ (mm)	15.08	14.06
第一限界抵抗力, $R_1$ (kN)	195.3	206.0
第二限界抵抗力, $R_2$ (kN)	244.7	278.8
極限抵抗力, $P_u$ (kN)	335.1	333.3

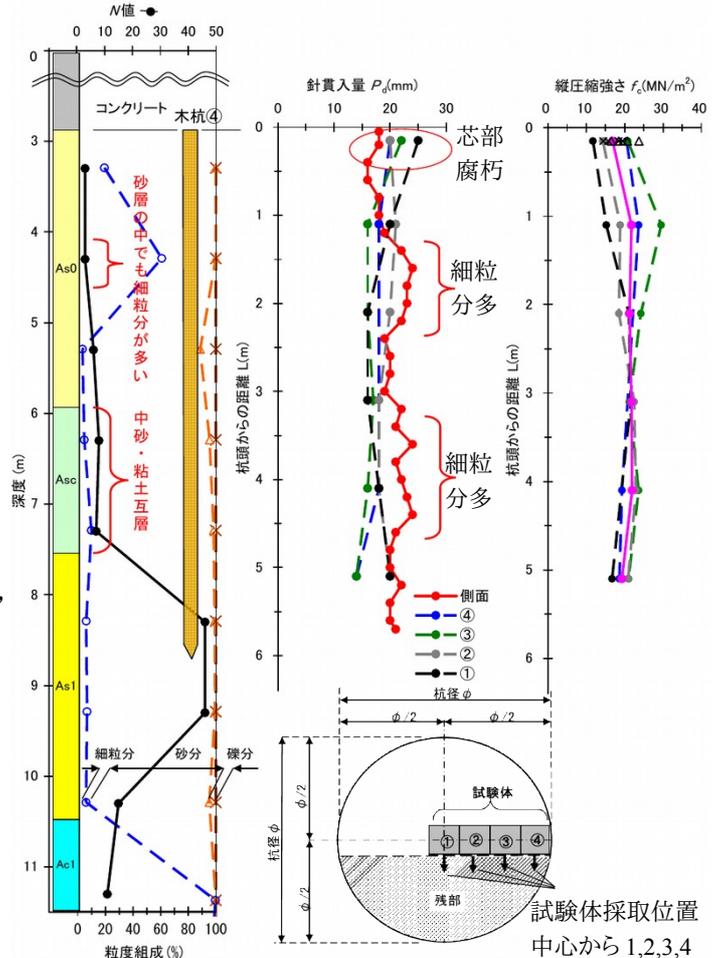


図4 木杭の健全度調査

表2 安全支持力と試算値, 実測値との比較

	長さ(m)	径(m)	設計(安全)支持力(tf/本)	支持力試算値(tf/本)	実測値(支持杭)	実測値(摩擦杭)
橋脚部	13	0.24	25	16.95	-	-
底水路部	7	0.18	7	7.19	10.7	8.0