

85年前に軟弱地盤に打設された木杭の調査

地域環境研究所 正○中村裕昭, 飛島建設 正 沼田淳紀・正 本山 寛
 兼松日産農林 正 水谷羊介, 早稲田大学 正 濱田政則

1. はじめに

土木分野での地球温暖化防止貢献策の一つとして, 著者らは木材の積極的な利用を考えている¹⁾. この内, 例えば木杭は, 軟弱地盤では軽量故に支持力面, 運搬や現場での取扱い面, 大型重機を必要としない, 等々の多くの利点を有する反面, 地盤の種類と地下水条件によっては腐朽する場合があります, 耐久性面での懸念材料となっている. そこで, 著者らは木杭の設計・施工法確立の基礎資料を得る目的で, 施工後 50 年以上経過した既設構造物基礎の改修解体等の機会を利用して, 既設木杭打設地盤状況調査と採取木杭の腐朽試験を実施し, データ蓄積^{2)~5)}を行っている. 本報では, 信濃川低地軟弱地盤に 85 年前に打設された木杭の調査機会を得たのでその概要を報告する.



凡例: ○木杭採取位置, 三角州, 自然堤防
 図-1 木杭採取位置図 [新潟県: 土地分類基本調査 5 万分の 1 『三条』 1976, 地形分類図より北東部の一部を切出して木杭採取位置加筆]

2. 木杭採取地と出現木杭の概要

木杭採取地は, 図-1 の地形分類図に示す信濃川下流左岸沿いの標高 7m 程度の三角州性低地(氾濫平野)で, 近傍柱状図によれば, ごく表層の埋土を除くと GL.-4.35m 迄が N 値 0~1 の粘性土(Ac₁)層, -7.8m 迄は N 値が 10 回前後の細砂(As₁)層, その下位は N 値が 30 回前後の細~中砂(As₂)層が分布している. 木杭埋設地盤の掘削時の観察では, Ac₁ 層の最下部に多量の腐植物の混入が見られた. 地下水位の実測値は得られていないが, 地形区分から判断して GL.-1 m 程度の浅い位置にあるものと推察できる. 下位の As₁ 層の地下水位は季節変動等があると見られるが表層の Ac₁ 層は難透水性なので Ac₁ 層の脱水が大きく進行しているとは考え難い. また, 掘削時の観察でも Ac₁ 層は暗青灰の還元色を示していた.

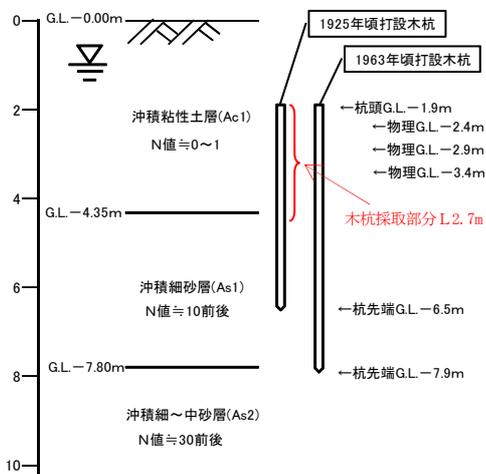


図-2 対象地の地盤構成と木杭埋設深度

表層 Ac₁ 層の GL.-2.4, -2.9, -3.4m の 3 深度で物理試験を実施し, 結果を図-3 と表-1 にまとめた. これより, この 3 深度の試料の土質は GL.-2.4m が『シルト(高液性限界)(MH)』, GL.-2.9, -3.4m は『シルト(低液性限界)(ML)』で, 下位程粘性が低くなっている.

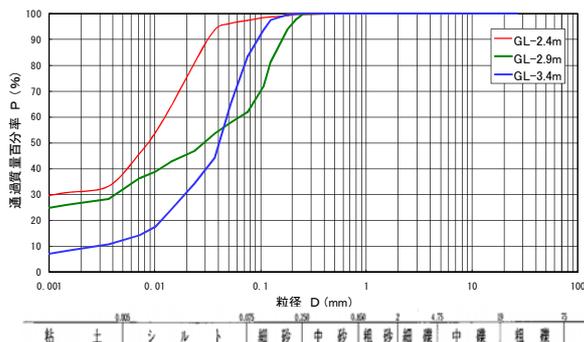


図-3 表層粘性土(Ac₁)層の粒度特性

出現した木杭は, 1925 年頃打設の径(末口)22.9cm 杭長 4.572m が千鳥 3 列配置で 14 本, それに平行に 1963 年頃に増設された径 25cm 杭長 6m が 1 列 6 本である. 杭頭の出現深度は GL.-1.9m, 木杭打設後の経過時間は概ね 85 年及び 47 年である. 樹種はマツ属複雑管束亜属(国産材ではアカマツとクロマツが該当)と同定された.

表-1 表層粘性土(Ac₁)層の物理特性

採取深度	G. L. -m	2.4	2.9	3.4	
最大粒径	mm	0.425	0.425	0.25	
粒度	砂 分	%	2.4	38.1	16.4
	シルト分	%	59.6	29.9	71.6
	粘土分	%	38.0	32.0	12.0
液塑性	液性限界	%	56.5	44.0	32.0
	塑性限界	%	33.1	30.0	NP
	塑性指数	無次元	32.0	NP	NP
工学的分類	分類記号	(MH)	(ML)	(ML)	
土粒子密度	g/cm ³	2.682	2.616	2.690	

3. 腐朽程度の評価方法と結果

(1) 目視による評価: 採取木杭の腐朽度は「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準(JIS K1571:2004)」に準じて 6 段階評価とした. 評価方法は, 採取した長さ約 2.7m の木杭に軸方向に基準線を記し, 11 に分割した各深度ごとに基準線から 0°, 90°, 180°, 270° の 4 方向に縦 4cm × 横 4cm の評価窓を設け, その窓枠内の表面観察によって腐朽度の評価を 3 名で行った. 評価結果は図-4 に, 各評価者の各深度における腐朽度の平均値と 3 名の各深度における平均値を示した. これより, 杭頭から 0.5m までの深度では, 「腐朽度 0~1 (部分的に軽微な腐朽) の範囲」と評価されたが, それ以深ではでは全て「腐朽度 0 (健全)」であった.

キーワード 木杭, 軟弱地盤, 既設構造物, 地下水位, 腐朽, 地球温暖化

連絡先 〒332-0035 埼玉県川口市西青木 3-4-2 (株)地域環境研究所 TEL. 048-259-0645 E-mail: naka-h@isis.ocn.ne.jp

(2) **ピロディン試験**： 木杭から深度方向 50cm 毎に厚さ 10cm の円盤状に供試体を切り出し、この半径方向に（表面から中心へ）24 点のピロディン試験を飽和状態で実施した。試験結果を図-4 に示したが、飽和試料平均の全ての深度で 20mm 前後、個々の試験値も全て腐朽の目安となる 30mm を下回った。

(3) **縦圧縮試験**： ピロディン試験後の円盤から試験体を切り出し、JIS (JIS Z 2101 : 1994) に準じて縦圧縮試験（荷重を繊維方向に与える）を実施した。試験体は年輪の中心から 90° ごとの 4 方向について各 2 点の計 8 点/円盤を基本とした。試験結果は図-4 に採取時状態での含水比（木材分野では含水率と呼ぶ）と併せて示したが、

飽和状態における軸圧縮強さは深度ごとに多少のバラツキはあるものの、深度ごとの平均値は何れも 14MPa 以上で、湿潤状態における許容応力度 6.93MPa（気乾状態の 70%）を大きく上回っており、強度面からも杭耐力の健全性が維持されていることが分かる。

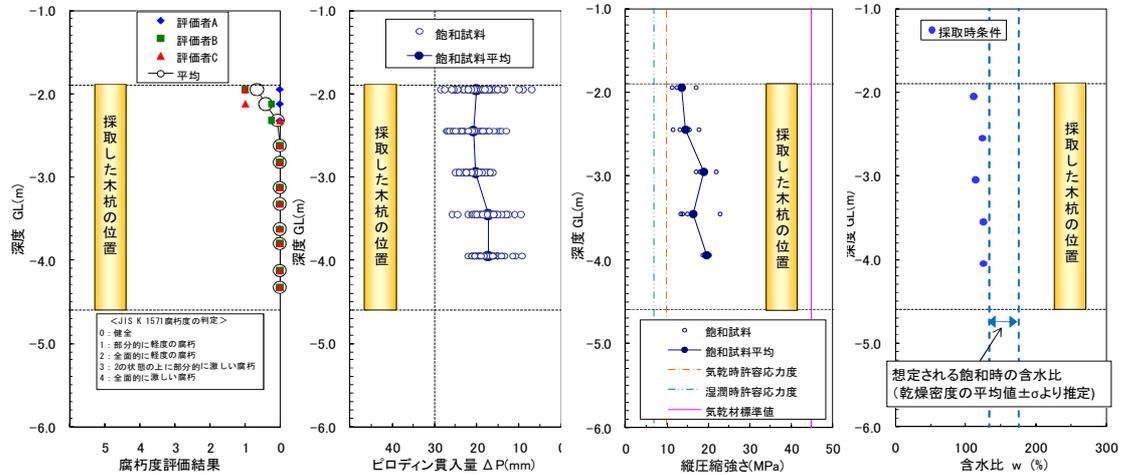


図-4 各木杭の深度ごとの健全度評価, ピロディン貫入量, 軸圧縮強さおよび含水比

4. 杭間地盤の沈下にもなって生じる底盤下部の隙間に関する考察

写真-1 に、基礎底盤部側面の状況を示す。底盤下に栗石が敷いてあり、その栗石と底盤部には隙間が認められる。写真-2 に、底盤除去後の木杭頭部が露出した状況を示す。1925 年頃に施工された杭間地盤と底盤下面は密着していたと考えられるが、1963 年頃に打設された木杭の杭間地盤には、へドロが栗石の上に数 cm 堆積していた。このメカニズムは、最初に打設された木杭は摩擦杭として機能し、施工後軟弱地盤の若干の沈下に伴って基礎と木杭が一体で沈下し安定した。38 年後に追加打設された 6m の木杭は、GL-7.8m 以深にあるやや締った砂層を支持層とする支持杭として機能したため、施工後の古い橋台と増設杭間の地盤の沈下に伴って、増設側橋台底盤部と杭間地盤との間に隙間が生じ、隙間にへドロが徐々に堆積したものと見られる。木杭が支持杭として機能する場合、基礎底盤と杭間地盤との間に隙間が形成され、地下水位が低下するような地盤環境では杭頭部が腐朽する可能性を示唆している。

5. まとめ

今回調査した木杭は、マツ属の一種、設置期間は 85 年と 47 年であった。追加打設された木杭の杭頭部に隙間が見られたことが特徴的で、今回は地下水面下であったことから木杭自体の健全性は確認されたが、地下水位低下が想定される地盤では、杭頭部の腐朽懸念がある。今後、設計法の検討に当たって、木杭と地盤及び構造物の 3 者間に隙間のできない構造の確保が重要と考える。

謝辞：当調査の樹種同定は安江 恒准教授(信州大学農学部森林科学科)に実施していただいた。ここに記して、心より感謝申し上げます。なお、本研究は、国土交通省「建設技術研究開発助成制度」の一部として実施したものである。

引用・参考文献：1) 沼田淳紀・本山 寛・久保 光・吉田雅徳・濱田政則・中村裕昭・外崎真理雄：丸太打設による地盤改良工事における二酸化炭素排出量と貯蔵量の算出，第 44 回地盤工学研究発表会，pp. 1793～1794，2009. 8. /2) 沼田淳紀，上杉章雄，吉田雅徳，久保 光，野村 崇：足羽川で採取した木杭調査の概要，第 7 回環境地盤工学シンポジウム，地盤工学会，pp. 85～88，2007. 8. /3) 沼田淳紀・吉田雅徳・宮島昌克・上杉章雄：1964 年新潟地震で液状化対策として機能した木杭，第 43 回地盤工学研究発表会発表講演集，pp. 1707～1708，2008. 6. /4) 中村裕昭・安村直樹・沼田淳紀・上杉章雄：中央合同庁舎地下から採取された木杭の健全性評価，土木学会平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会講演概要集，第 I 部門，pp. 841～842，2008. 9. /5) 中村裕昭・濱田政則・本山 寛・沼田淳紀：80 年前に施工された木杭の健全性調査，第 44 回地盤工学研究発表会，pp. 1791～1792，2009. 8.



写真-1 底盤と栗石の様子（栗石と底盤との間に隙間があるのが分かる）



写真-2 底盤を取り除いた時の様子（底盤と栗石との間にへドロが堆積していることが分かる）