

第 部門 構築後 70 年を経過した木杭の健全性

(株)ダイヤコンサルタント 正会員 ○細野 高康
 (株)ダイヤコンサルタント 正会員 又吉 一史
 大阪市建設局 松本 和功
 (株)ピーエス三菱 富田 徹

1. はじめに

昭和初期に竣工の春日出橋（大阪市此花区）は、兵庫県南部地震のときにも大きな被害はなく供用されてきたが、老朽化により、架替えられることになった。工事の際、竣工当時の基礎である木杭が 90 本確認された（図 - 1、写真 - 1）。一方、大阪市内には昭和初期に竣工した木杭を基礎とする多数の橋梁が存在し、架替え時に撤去を強いられている。今回、このような木杭について健全性を把握するために、鉛直載荷試験、水平交番載荷試験を実施するとともに、杭周辺地盤の状態や杭材の性質を把握するための調査・試験を行った。検討の結果、約 70 年前に施工された木杭は、腐食せずにその健全性が保たれていると判断されたので、その一例を紹介する。

2. 調査概要

載荷試験は、90 本の中から代表的な杭を抽出し、1 本の杭を用いて行う単杭鉛直載荷試験、水平交番載荷試験、4 本の杭を用いて行う群杭鉛直載荷試験の 3 ケースとした。木杭は、杭引抜き後、切断面を観察（写真 - 2）するとともに、物理試験および力学試験等の室内試験を実施した。図 - 2 に単杭鉛直載荷試験装置の例を示す。

3. 調査結果

(1) 木杭の強度特性

木杭は、長さ約 15m、頭部φ30～35cm、末口φ20～25cmであった。90 本の杭頭部や無作為に抽出した杭の切断面は、特に腐食は見られなかった。表 - 1 に木杭の試験結果を示した。木杭の圧縮強度は概ね 17～40N/mm²に推移している。長期許容圧縮応力度が、これら圧縮強度の 1/3 とすると、木材の許容圧縮応力度（6～7N/mm²）と同等以上であり、70 年以上経過してもその強度は維持されている。

(2) 鉛直載荷試験

図 - 3 には鉛直載荷試験結果図を示す。鉛直載荷試験では、第 1 限界抵抗力 388kN～506kN が得られた。第 2 限界抵抗力は、変位量が 0.1D を超えた荷重とし、700kN～800kN となった（表 - 2）。

表 - 1 木杭の材質試験結果

		径	周長	年輪	密度	圧縮強度 (N/mm ²)		弾性係数 (ダイヤルスケール) (N/mm ²)	
						心	辺	心	辺
A	No.10	上	29	93.4	92	0.76～1.12 (0.94)	14.2～21.1 (17.65)	29.1～32.7 (30.9)	2040～1510 (1775)
		中	26.5	85.5					
		下	24	77.5					
B	No.28	上	33	102.5	109	0.83～1.01 (0.92)	13.6～20.4 (17.0)	18.4～34.8 (26.6)	2560～3990 (3275)
		中	31	97					
		下	29	92.7					
C	No.37	上	29.5	91.7	104	0.73～1.13 (0.93)	14.2～34.9 (24.55)	20.2～28.1 (24.15)	2390～5380 (3885)
		中	27	88					
		下	26	82.5					
D	No.48	上	31.5	99.5	104	0.90～0.97 (0.935)	16.9～26.4 (21.65)	29.7～50.8 (40.25)	3270～3580 (3425)
		中	30	97.5					
		下	28	87.5					

(): 平均値

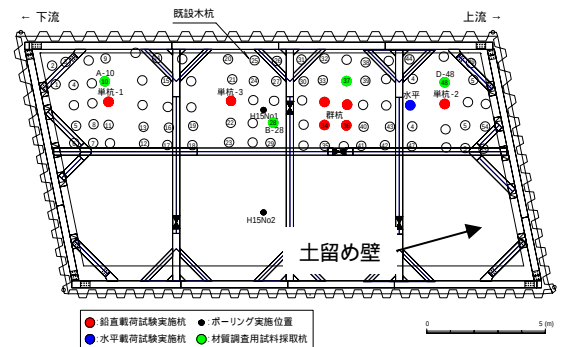


図 - 1 木杭の配置及び試験位置 ○: 木杭



写真 - 1 杭頭の露出状況



写真 - 2 木杭の切断面 □3cm 角

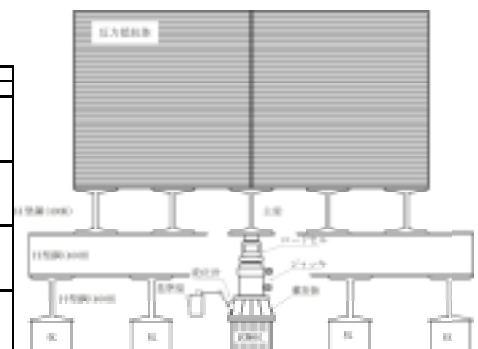


図 - 2 鉛直載荷試験装置(単杭の例)

表 - 3 に地盤調査結果から得られた周面抵抗力の結果を示した。木杭の周面抵抗力は910～1083kN に推移し、摩擦杭の安全率(常時 1/4, 地震時 1/3)として許容押込力は(常時: 227～270kN), (地震時: 303～361kN)となり、鉛直載荷試験で得られた第1限界抵抗力(388～506kN)の方が上回っている。このように、今回のように長期間経った木杭であっても、地盤調査結果から得られた支持力以上が期待できる結果となった。

表 - 2 鉛直載荷試験結果

試験名	第1 限界抵抗力 (kN)	第2 限界抵抗力 (kN)	鉛直ばね定数 Kv (kN/mm)
			(適用荷重 (kN))
単杭 - 1	506	800	169(300)
単杭 - 2	389	700	154(300)
単杭 - 3	388	700	122(300)
群杭	-	-	329(800)

(3) 水平交番載荷試験

図 - 4 に水平交番載荷試験結果総合図を示した。図より、正負荷重とも 70～90 kN で 15mm を上回る結果となった。

図 - 5 に、水平変位量に実測値を用いて水平地盤反力係数を求めた場合の関係図を示す。荷重 20～120kN の範囲で $k = 20 \sim 160 \text{ MN/m}^3$ となり、理論式 (Chang の式) を用いて水平地盤反力係数を求めた場合と近似する。

以上、図 - 6 に示すように、水平地盤反力係数 k は、荷重 P との関係から式(1)で表すことができる。このことから実測水平変位量から求めた水平地盤反力係数は一定の相関があると判断された。また、正荷重載荷と負荷重載荷を比較するとほぼ同じ値となり、載荷方向に関係ないことが判った。

$$k = -3.4 + \frac{4007}{(P + 12.0)} \quad (1)$$

4. おわりに

今回の調査・試験結果から得られたデータをもとに、当該地の既設木杭について、支持力特性、杭頭水平変位、杭体応力度について、旧橋の条件で試算を行なった結果、杭軸方向反力、杭体曲げ応力度、杭体せん断応力度に関しては、兵庫県南部地震の際に当該地で発生した加速度(300gal 程度)までは概ね耐えられる結果となったが、杭頭水平変位に関しては、わずかな震度で 1.5cm を上回るケースが見られた。しかし、今回の調査・試験結果からは、杭の損傷等も見られず、顕著な機能低下の要因は見られなかった。今後、このような木杭に関して現行の設計手法でいかに評価していくかが課題である。本報告が多く存在する類似の木杭がどのレベルにあるかの判断資料として、また、架替えや補強対策の優先順位等、有効利活用等の資料となれば幸いである。

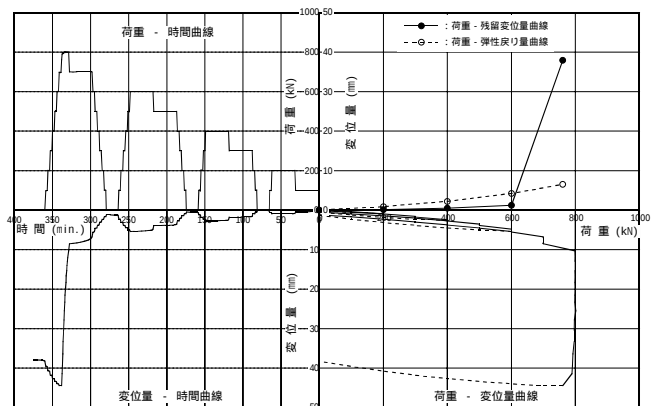


図 - 3 鉛直載荷試験結果置(単杭の例)

表 - 3 既設杭周辺の一軸強度及び周面抵抗力算出結果

調査深度 (m)	一軸圧縮強さ (kN/m ²)	粘着力 (kN/m ²)	杭長 (m)	杭頭部直径 (m)	杭先端部直径 (m)	周面抵抗力 (kN)
4.4	157.0	78.5	15.1	0.33	0.25	1083.3
9.4	131.9	66.0	15.1	0.33	0.25	910.8

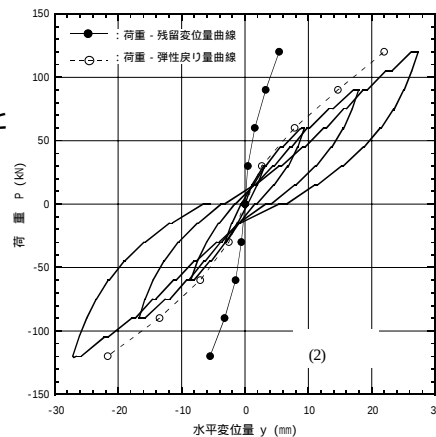


図 - 4 水平交番載荷試験総合図

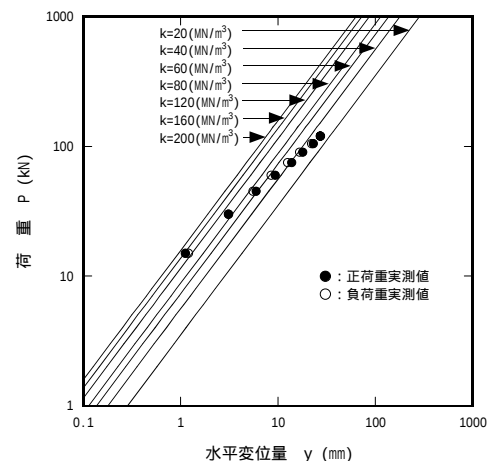


図 - 5 荷重-水平変位量と理論式
による水平地盤反力係数の関係

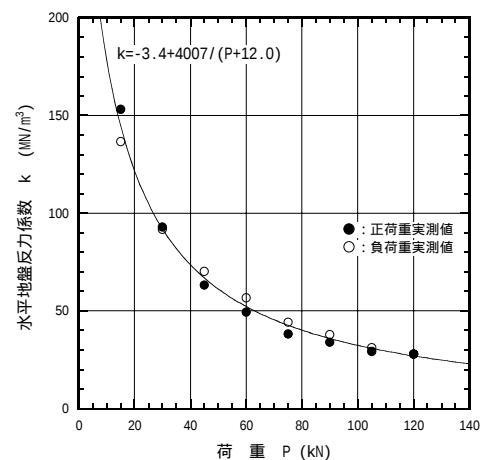


図 - 6 水平変位量から算出した水平地盤反力係数