

木杭基礎による構造物の液状化・流動化対策法に関する実験的研究(1)

—建物の対策法—

早稲田大学大学院 学生会員 ○堤圭司 岸田健吾 中谷史規

早稲田大学 フェロー会員 濱田政則

1.はじめに

温室効果ガス排出の削減は建設分野としても積極的に取り組まなければならない課題である。CO₂削減に貢献する方法として、木材を軽量構造物や盛土の基礎として大量に活用することが考えられる。土木分野における木杭の大量活用は森林の保護育成および木材の流通サイクルの活性化にも大きく寄与することになる。

本研究では、液状化対策としての木杭の有効性を検証し、新たな木杭の設計法を提案することを目的としている。本文は、1964年新潟地震における文献調査および木杭基礎建物の沈下と傾斜に着目した実験結果について報告する。

2.1964年新潟地震の文献調査結果

1964年新潟地震では、地盤の液状化により多くの構造物が大きな被害を受けた。筆者らは、木杭基礎の新潟駅舎が周辺地盤が液状化したにもかかわらず被害が軽微であったことに着目した。

日本建築学会の新潟地震災害調査報告¹⁾をもとに建物被害の有無と基礎形式の関係、建物被害および傾斜角と基礎形式の関係をそれぞれ図-1,2に示す。図-1,2中の数字は建物件数、()内の値は割合を示す。建物の躯体に「大亀裂を生じたものを被害有り」、躯体に亀裂を生じない、あるいは微小な亀裂のみ生じたものを「被害軽微または被害無し」と分類している。

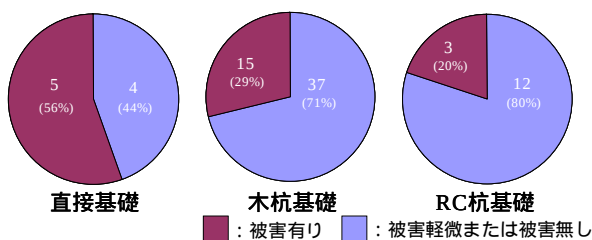


図-1 建物被害の有無と基礎形式の関係

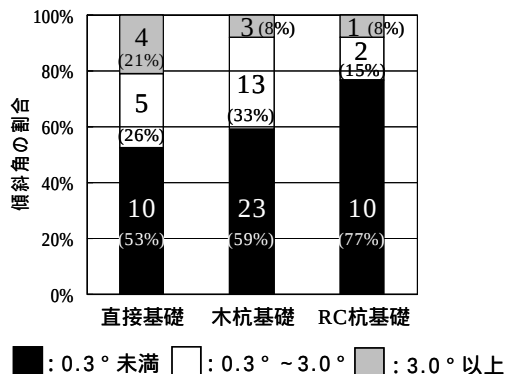


図-2 建物の傾斜角の割合と基礎形式の関係

図-1より、直接基礎と比べ、木杭基礎およびRC杭基礎の場合被害軽微または被害無しの割合が多いこと、また、木杭基礎とRC基礎では被害の状況に大差がないことがわかる。筆者らの調査ではRC杭は支持杭であり、側方流動によって根入れ部で破断している事例²⁾が見られた。図-2によれば、建物が3°以上に傾斜した割合は、木杭およびRC杭の場合、直接基礎より小さくなっていることがわかる。傾斜角が0.3°未満の軽微な被害については木杭基礎と直接基礎で大差はない。

以上のことから支持層に到達していない木杭基礎が建物被害と基礎の傾斜を抑制する効果があったものと考えられるが、個々の建物の基礎地盤の液状化の状況も考慮してさらに検討する必要がある。

木杭基礎の建物被害が軽微であった要因として、木杭が液状化地盤の水平方向の流動を抑制したことが考えられ、本研究では重力場での模型実験によりこれを検証する。

3.重力場における模型実験概要

長さ150cm、高さ100cm、奥行き150cmの剛土槽に液状化層厚(層厚36cm)を作成し、その地盤上に直接基礎模型および木杭基礎模型を設置した。木杭の杭径は5mm、杭間隔は5D(D:杭径)であり、杭長は60mm、120mm、180mmの3種とした。これは、液状化層の厚さのそれぞれ1/6、1/3、1/2に相当する。上部構造物として2階建のRC建物の模型を想定しており、これに見合う設置圧(模型:64kg/m²、実物:3200kg/m²)を載荷している。建物の傾斜を促進するため、偏心度e/B(偏心距離eを構造物の幅Bで正規化した値)を0.05として偏心させた。入力加振波は正弦波1.5Hz、加振開始から20秒間をスイープ波で振幅を増加させ、最大加速度120galに到達後5秒間維持させ、5秒間かけてスイープ波で減衰させた。

表-1 各ケースの実験条件

ケースNo.	基礎の条件	相対密度 (%)
ケース1-1	直接基礎と木杭基礎(杭長120mm)	62
ケース1-2	直接基礎と木杭基礎(杭長120mm)	62
ケース1-3	直接基礎と木杭基礎(杭長120mm)	56
ケース1-4	直接基礎と木杭基礎(杭長120mm)	60
ケース2-1	木杭基礎(杭長60mm)と木杭基礎(杭長180mm)	63

キーワード 1964年新潟地震, 木杭基礎, 構造物, 重力場振動台, 液状化対策

連絡先: 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学濱田研究室 TEL03-5286-3147 E-mail: tyutyumi@asagi.waseda.jp

表-1 に各ケースの実験条件を示す。ケース 1 は直接基礎と木杭基礎 (杭長 120mm) を同時に設置し、ケース 2 は木杭基礎建物で杭長を 60mm および 180mm として実験を行った。

また、図-3 に模型の概要と各計測器の配置(ケース 1) を示す。ケース 2 についても同様である。建物の沈下と傾斜の時刻歴を求めるため、レーザー変位計の標的を各建物上に 3 箇所ずつ、計 6 箇所を設置した。

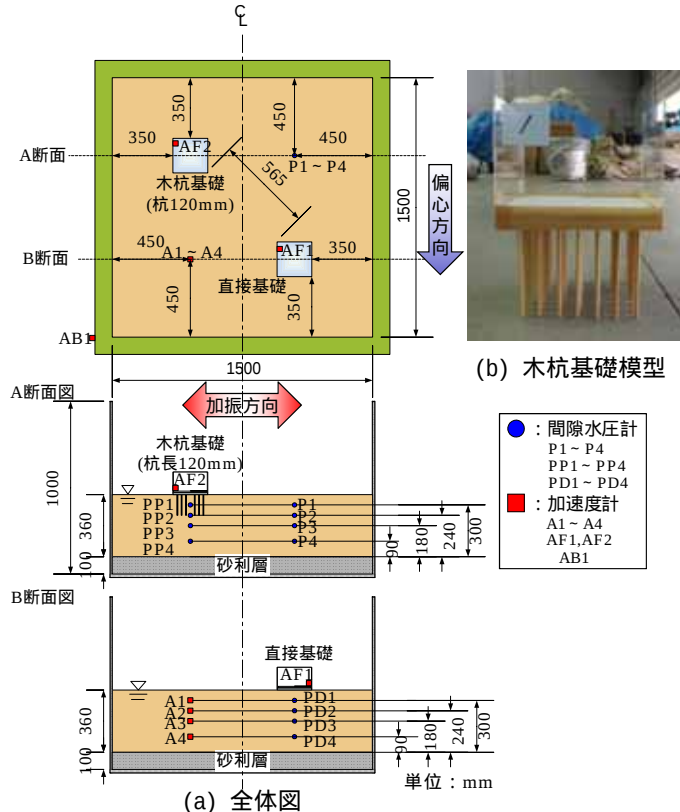


図-3 全体図と模型および計測器の配置(ケース 1)

4. 木杭による液状化抑制効果の検証

図-4 にケース 1-2, ケース 2-1 の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。図-4 より、自由地盤(P2)および基礎直下地盤(PP2, PD2)の過剰間隙水圧比の上昇に大きな差はなく、いずれも過剰間隙水圧比が 1 に達していることから、木杭打設による液状化の抑制効果は認められない。また、ケース 1-2 の PP2 の過剰間隙水圧比が 1 を大きく上回っている原因として、フーチングの沈下に伴い、計測器を固定している銅板がたわみ、液状化前より深い位置で水圧を計測したことが考えられる。

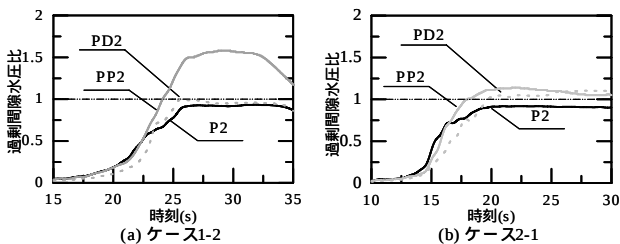


図-4 過剰間隙水圧比の時刻歴

5. 木杭の杭長と建物の傾斜に関する考察

図-5 にケース 1-2, ケース 2-1 の各建物の傾斜角の時刻歴および過剰間隙水圧比の時刻歴(P3)を示す。

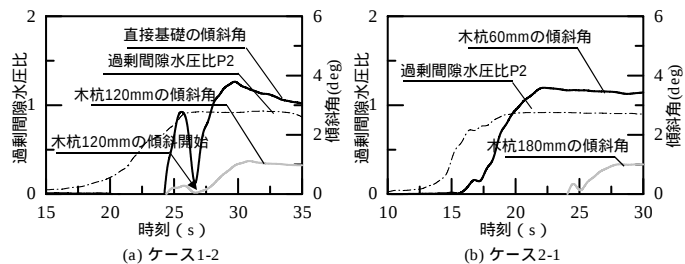


図-5 各建物の傾斜角と過剰間隙水圧比の時刻歴

図-5(a)によれば、直接基礎の傾斜開始時刻は木杭基礎(杭長 120mm)の傾斜開始時刻より早い。また、木杭を打設した場合の傾斜は直接基礎の傾斜よりも小さい。これは、木杭を打設した場合は液状化した土の流動が木杭によって阻止され、これによって傾斜が減少したものと考えられる。図-5(b)によれば、木杭基礎(杭長 180mm)の方が木杭基礎(杭長 60mm)より傾斜開始が遅く、傾斜角も著しく小さい。これは、杭長が長いほど液状化土からの水平抵抗力が大きくなり、構造物の傾斜を抑制したものと考えられる。

表-2 に各実験ケースの液状化層厚、最大傾斜角を、図-6 に杭長を液状化層厚で除した値と各建物の最大傾斜角の関係を示す。表-2, 図-6 から、液状化層厚の 1/3 程度以上(杭長 120mm 以上)の木杭を構造物基礎に用いることにより、液状化した地盤の流動と建物の傾斜を抑制する効果があることがわかる。

表-2 各実験ケースの液状化層厚と最大傾斜角

実験ケース	液状化層厚 (cm)	最大傾斜角(deg)			
		基礎の種類			
		直接基礎	木杭基礎 (60mm)	木杭基礎 (120mm)	木杭基礎 (180mm)
ケース1-1	35.0	3.3		2.1	
ケース1-2	35.0	3.8		1.1	
ケース1-3	35.5	2.1		1.6	
ケース1-4	35.1	3.3		1.8	
ケース2-1	34.8		3.6		1.0

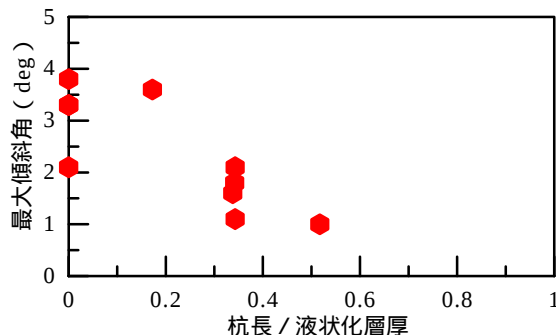


図-6 最大傾斜角と杭長/液状化層厚の関係

6. まとめ

杭長が液状化層厚の 1/3 程度以上の木杭を用いることにより、木杭が液状化した地盤の流動を抑制し、建物の傾斜を抑制する可能性がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会：新潟地震災害調査報告
- 2) 吉田望，中村晋，小林恒一，富永孝夫：1964 年新潟地震で被害を受けた建物の杭の引抜き調査，土木学会第 44 回年次学術講演会，pp1038-1039，1989