

繊維補強コンクリート杭基礎の耐震性状に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 和田 望
 埼玉大学大学院 吉田 祥二
 埼玉大学 正会員 牧 剛史

1. 目的

兵庫県南部地震では土木構造物に甚大な被害が及び、それによって耐震設計法が大幅に見直され、土木学会コンクリート標準示方書耐震性能照査編¹⁾では、全体系応答解析による照査法が規定された。しかしながら、構造物基礎の地震時挙動についてはまだ未解明な部分も多く、そのため現行の耐震設計手法ではかなりの安全率を見込んだ設計となる。そこで本研究ではより合理的な基礎構造形式の開発を目指し、杭基礎へ繊維補強コンクリートを適用することを念頭に置き、その耐震性状について実験的に検討を行うことを目的としている。

2. せん断土槽を用いた加振実験概要

本実験で用いた杭基礎試験体は 50mm*50mm の矩形中実断面を持ち杭長 700mm、杭間距離 150mm の 4 本杭である。表-1 に試験体要因を示す。RC 杭について帯鉄筋は D3 鉄筋を 50mm ピッチで配置した。いずれの試験体もモルタルを用いて作製し、FRC 杭については比重 1.3g/cm³、長さ 12mm、径 0.1mm の細かいビニロン繊維を混入している。図-1 に実験装置図を示す。せん断土槽は幅 0.8m、奥行き 1.0m、高さ 1.2m で 15 段のフレームから成っており、振動台上に設置されている。土槽内に試験体を設置、固定した後、地盤材料として気乾状態の岐阜砂²⁾を三層に分けて投入し、それぞれの段階で一定時間振動締め固めを行い最後に錘を載せ固定する。

加振は振動台上に設置されたアクチュエータに Sin 波の入力波信号を入力し振動台を振動させることによって行った。入力波は 10Hz・400gal、10Hz・800gal、5Hz・500gal の 3 種類の Sin 波で、10Hz の Sin 波は最大加速度まで 1 秒、最大加速度で 1 秒、加速度 0 になるまで 1 秒とし、5Hz の Sin 波は最大加速度の時のみ 2 秒間、加速度振幅の増加・減少時間は 10Hz の時と同じ 1 秒となるように設定した。

表-1 試験体要因

種類	軸方向鉄筋	繊維	混入率
FRC杭基礎	ナシ	VF	1.50%
RC杭基礎	D3*4		無混入

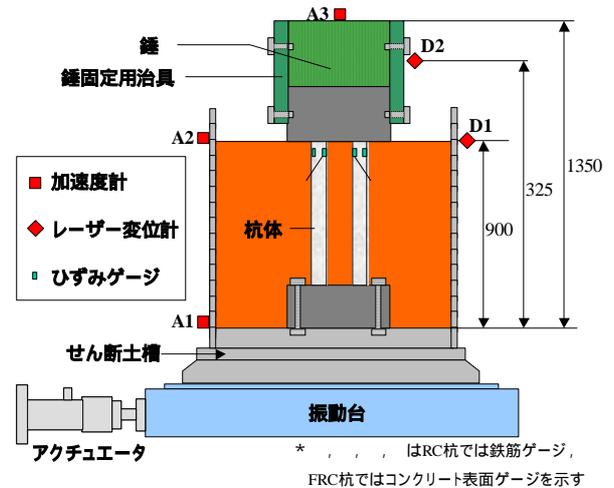


図-1 実験装置図

3. 加振結果と考察

本実験では入力加速度と錘の応答加速度に着目し、FRC 杭、RC 杭それぞれについて上部構造への振動エネルギーの伝達程度を検討する。

まず、図-2 に加振終了後の試験体のひび割れ図を示す。FRC 杭基礎はひび割れが一つの杭に 3 本あり、上部に行くほどひび割れ幅は大きくなり北東の杭の上部ひび割れ発生部分は完全に破断していた。RC 杭基礎は小さいひび割れが多数あり、中央より上に集中して発生していた。また RC 杭基礎では上部のひび割れ幅が大きくなっており、北東の杭ではフーチングに埋め込んだ部分で大きなひび割れが確認され、実験後では杭基礎試験体が傾いていた。さらに、RC 杭基礎試験体では上部フーチングにもひび割れが確認された。

キーワード 繊維補強コンクリート杭基礎，せん断土槽，スウェイ振動，ロッキング振動，増幅比，
 連絡先 〒338 - 8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院 理工学部 TEL 048-858-3429

ここで図-3にFRC杭,RC杭における杭ひずみの時刻歴グラフを示す。杭体内側()と外側()のひずみはFRC杭では位相が逆転しているが,RC杭では位相が同じになっている。これはFRC杭では曲げ変形が主体となるスウェイ振動,RC杭では軸変形が主体となるロッキング振動が生じていることを意味している。両者の振動モードが異なってしまった原因は,試験体設置や地盤状態の誤差などが考えられる。そこで両者のスウェイ振動成分に着目して比較するために,以下の式(1)を用いて換算応答加速度を求めた。計算によって得られたスウェイ振動のみの錘応答加速度,およびそれを入力加速度で除した増幅比を表-2に示す。

$$a' = \frac{\varepsilon^S + \varepsilon^R}{\varepsilon^S} \cdot a \quad (1)$$

a : 実測応答加速度 a' : 換算応答加速度

ε^S : スウェイ振動によるひずみ

ε^R : ロッキング振動によるひずみ

その結果,3回の加振すべてにおいてFRC杭よりもRC杭の方が換算応答加速度は大きい結果となり,増幅比もRC杭の方が大きな結果となった。この結果から,スウェイ振動だけで見た場合,RC杭基礎に比べFRC杭基礎の方が上部構造物への振動エネルギーの伝達は小さいということが言える。

これをひび割れ図から考えていくと,FRC杭基礎ではひび割れが3ヶ所に集中しひび割れ部で不連続となって,それにより上部へ振動エネルギーを伝達しにくくなり,またRC杭基礎においてはひび割れが生じても鉄筋の存在によって連続性が保たれ,上部へ振動エネルギーを伝達したものと考えられる。

したがって,FRC杭基礎においてはRC杭基礎に比べ同じような基盤地震動が入力した場合でも上部構造物への地震エネルギー伝達を低減でき,そのため上部工応答加速度を低減できる可能性がある。

しかしながら,これらの結果は実測値ではなく多くの仮定の下で得た値なので,今後更なる検討が必要である。

4. 結論

FRC杭基礎のせん断土槽を用いた加振実験より以上のことが明らかになった。

・ FRC杭はRC杭よりも地震時に上部構造物への地震エネルギーの伝達を低減できる可能性がある。

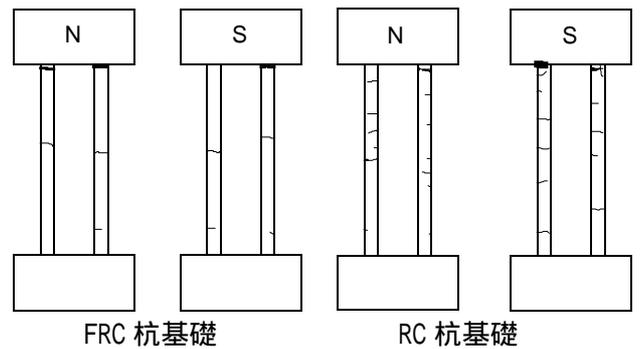


図-2 ひび割れ図

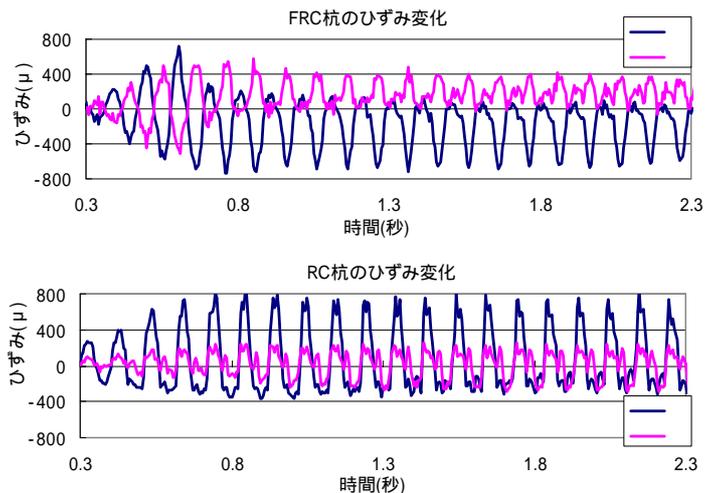


図-3 杭ひずみの時刻歴変化

表-2 換算応答加速度と増幅比

		計測場所	平均入力 加速度(gal)	実測平均応答 加速度(gal)	換算平均応答 加速度(gal)	増幅比	増幅比 平均
1回目加振 (10Hz, 400gal)	FRC杭基礎	南西杭	399.7	769.8	995.0	2.49	2.48
		南東杭			990.0	2.48	
	RC杭基礎	南西杭	311.2	492.7	1183.1	3.80	3.72
		南東杭			1134.3	3.65	
2回目加振 (10Hz, 800gal)	FRC杭基礎	南西杭	815.7	878.7	1152.5	1.41	1.41
		南東杭			1140.4	1.40	
	RC杭基礎	南西杭	678.3	574.5	1376.4	2.03	2.05
		南東杭			1402.7	2.07	
3回目加振 (5Hz, 500gal)	FRC杭基礎	南西杭	508.2	1054.8	1443.3	2.84	2.73
		南東杭			1333.1	2.62	
	RC杭基礎	南西杭	349.7	925.6	2044.0	5.85	6.18
		南東杭			2275.9	6.51	

謝辞:本研究は(財)前田記念工学振興財団研究助成金によって実施したものであることを付記する。

参考文献:

- 1) 土木学会:コンクリート標準示方書 [耐震性能照査編]
- 2) 石田 毅,渡辺啓行,伊藤 洋,北原義浩,松本正毅:低拘束圧下の模型実験材料(岐阜砂等)の静的・動的物性,電力中央研究所研究報告, No.380045, 1981.5