

遠心振動実験による CFT 高架橋の耐震性検討

科学技術庁防災科学技術研究所 正会員 佐藤正義

群馬工業高等専門学校 正会員 脇田英治

清水建設(株)技術研究所 正会員 田蔵 隆

1. はじめに

兵庫県南部地震では、鉄道などに使用されていたラーメン式の高架橋に大きな被害が発生し、その耐震性を確保することが重要課題となっている。高架橋の耐震性向上の方策として、柱にCFT(Concrete Filled steel Tube)構造¹⁾を採用し、大きな靱性をもたせることが考えられる。さらに、従来高架橋の構造として地中梁が用いられるのに対して、CFT構造を採用することにより、地中梁を取り除いた新タイプの高架橋が考えられる。地中梁をなくすことができれば、高架橋の建設をより経済的に、しかも短工期で達成することができる。本報では、柱にCFT構造を採用し地中梁ありと地中梁なしのモデルについて遠心振動実験を行い、地中梁が高架橋の耐震安定性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 遠心振動実験の概要

想定した実物の高架橋は、高さ11.4m、橋軸・橋軸直角方向ともにスパン10mで、杭長17mであり、地盤は表層が軟弱な砂層15m、その下が支持層である。CFT柱は ϕ 800mmのコンクリート充填鋼管、杭は ϕ 1000mmの鋼管杭、上層梁及び地中梁は1250 $\times$ 900 $\times$ mmのRC構造である。上載荷量は、地震時慣性力に寄与するものとして、桁重量及び列車重量を考慮している。図1は実験モデルの概要であり、地中梁有りの場合である。図に示すように高架橋-杭-地盤系を縮尺率1/50として、橋軸方向2スパンを簡易的にモデル化して遠心振動実験を行った。地震入力は一方向、橋軸直角方向である。実験モデルとして、CFT柱は ϕ 16mmのモルタル充填したステンレス鋼管、上層梁及び地中梁はRC構造に単位体積重量が近いアルミニウムで、上載荷量として鉛板10.7kgを設置した。地盤は、表層30cmを乾燥した8号珪砂(D_r=70%)で作成し、支持層は貧配合のソイルセメントであり、ここでは液状化は対象としなかった。杭は ϕ 20mm、長さ34cmのステンレス鋼管とし、杭頭はCFT柱に剛結、杭下端は支持層に杭外径の2倍を根入れした。遠心振動実験に用いた相似則を表1に示す。以後の、時間・加速度等の実験結果は相似則により実物に換算した値で示す。実験ケースはCASE-1の地中梁有り、CASE-2の地中梁有りの2ケースである。加振は、高架橋の種々の振動数に対する応答把握するため、色々な加振を行った。具体的には、(1)エルセントロ地震波、約100gal、(2)正弦波0.6Hz、約50gal、10波、(3)正弦波1.0Hz、100gal、10波、(4)正弦波2.0Hz、100gal、10波の加振実験であるが、ここではCFTに大きな断面力が発生する高架橋の固有振動数の対応する(2)正弦波0.6Hz加震の実験結果について報告する。

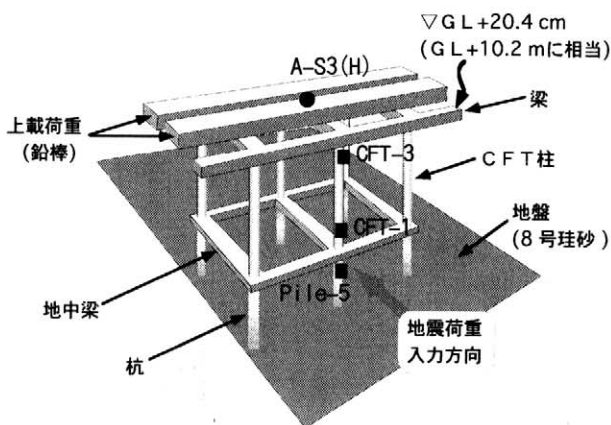


図1 地中梁有りタイプの高架橋の構造模型と計器配置

表1 実験に用いた相似則一覧

項目	単位	実物	遠心模型	縮尺比
表層地盤 層厚	m	15	0.3	1/N
基礎地盤 高さ	m	2.5	0.05	1/N
杭 外径	m	1	0.02	1/N
厚さ	m	0.0015	0.00003	1/N
長さ	m	17.5	0.35	1/N
ヤング係数	kN/m ²	2.0E+08	2.0E+08	1
曲げ剛性	kN・m ²	1.15E+05	1.84E-02	1/N ⁴
CFT柱 曲げ剛性	kN・m ²	1.16E+08	1.86E+01	1/N ⁴
上部工 固有振動数	Hz	0.6	30	N
質量	kg	1.94E+06	1.55E+01	1/N ³
基本物理量 遠心加速度	g	1	50	N
加振加速度	g	0.15	7.5	N
変位	m	50	1	1/N
振動数	Hz	1	50	N

キーワード：振動台実験、遠心実験、せん断土槽、杭基礎

連絡先：清水建設 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17, Tel 03-3820-5521, Fax : 03-3820-5959

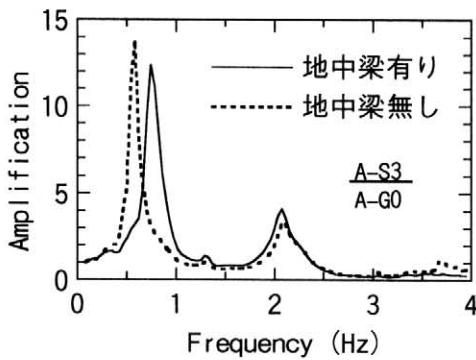


図2 微小加振による構造物天端の周波数伝達関数

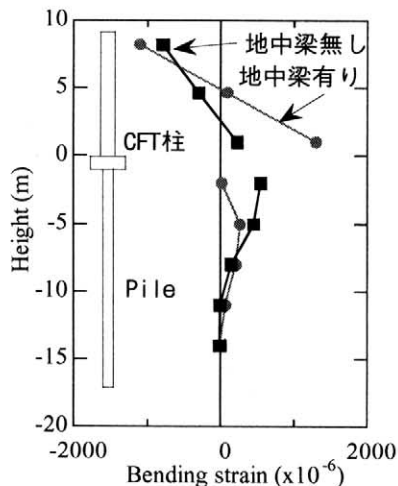


図4 CFT柱及び杭の曲げひずみ分布

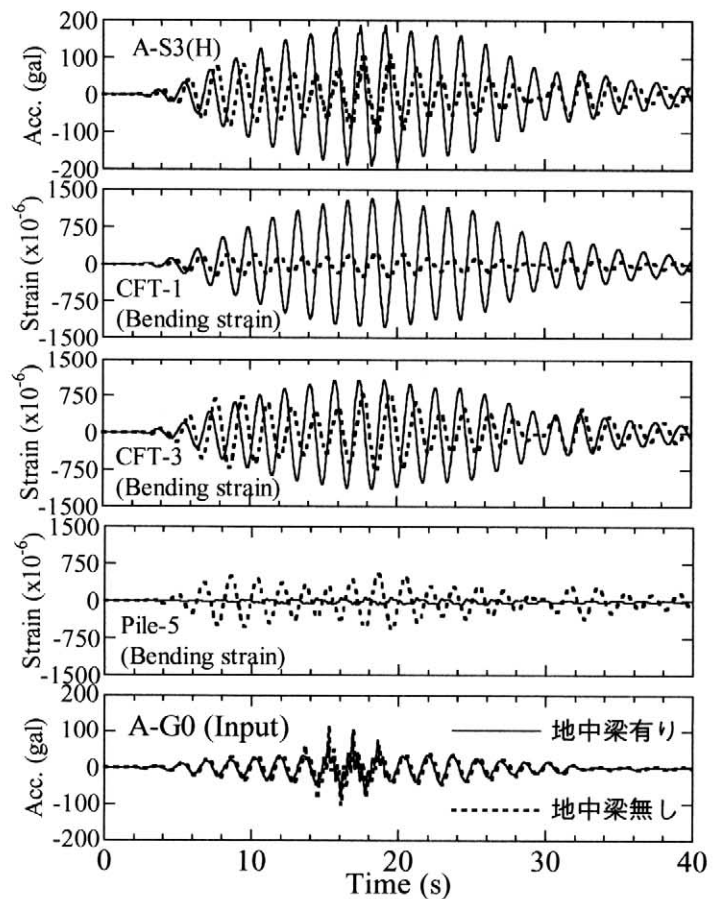


図3 高架橋天端加速度・CFT柱及び杭頭曲げひずみの時刻歴応答の比較

3. 遠心振動実験結果と考察

最初に、高架橋-杭-地盤系の振動特性を把握するため、微小な加振加速度2galのスウィープ加振を行った。基盤(A-G0)に対する高架橋天端(A-S3)の周波数伝達関数を図2に示す。地中梁有りの場合0.7Hz、地中梁無しの場合0.6Hzにピークがみられ、これは高架橋の一次固有振動数であり、約2Hzのピークは地盤の初期せん断剛性における一次固有振動数である。図3に高架橋天端加速度・CFT柱及び杭頭曲げひずみの時刻歴応答について地中梁有りと地中梁無しの比較を示す。入力加速度は、地中梁有りと地中梁無しの場合ともにほぼ一致している。14～19秒には短周期のノイズがはいってしまい、加振加速度約50galと小さな加速度になってしまったのは、振動台の低振動数領域における加振能力の限界によるものである。高架橋天端(A-S3)の加速度応答において、地中梁有りは地中梁無しの場合よりも大きくなっているが、これは地中梁の有りと無しで振動モードが変わったことによるものと考えられる。CFT柱上部(CFT-3)の曲げひずみは、高架橋天端の加速度の大きさに対応している。図4にCFT柱及び杭の曲げひずみが最大値を示した時刻における深度分布を示す。図3と図4からわかるように、地中梁有りと地中梁無しで顕著な差が発生しているのは、CFT柱下部(CFT-1)と杭頭(Pile-5)の曲げひずみである。地中梁が有る場合は、そこで固定条件に近くなりCFT柱に大きな断面力が発生しているが、杭頭には高架橋の慣性力の影響が及んでいない。地中梁が無い場合は突出杭の挙動を示しており、曲げひずみはCFT柱と杭で連続的な変化を示している。注目すべきは、加振加速度が50galと小さいにもかかわらず、地中梁が有る場合はCFT柱下部に鋼材の降伏ひずみに相当する0.15%のひずみが発生していることである。

4. まとめ

CFTに大きな断面力が発生する上部工の固有振動数における加振実験結果により、地中梁無しの場合の方が地中梁有りの場合よりも高架橋のCFT柱の断面力が小さくなり、地中梁なしの高架橋の成立性がある程度実証できた。

【参考文献】 1) 塩屋俊幸, 勝沢勝栄, 出羽克之, 佐藤孝典, 塩川英世: CFT柱とRCはりの新しい接合方法の開発, 第4回復合構造の活用に関するシンポジウム, 土木学会, pp. 219-224, 1999年11月。