

連続した地震動による RC 橋脚の地震応答解析

指導教員 岩本政巳 准教授

久住晃平

1. はじめに

日本は世界でも有数の地震大国である。2011 年 3 月には東北地方太平洋沖地震、2016 年 4 月には熊本地震が起き被災地に多くの被害が出た。これらの地震は前震や余震を伴う地震であり、連続した地震動により被害が増大している。近年東海地震、東南海地震、南海地震及びそれらの連動型地震の発生が危惧されている。本研究ではこのように地震が続いて起きた際に地震動が RC 橋脚にどのような影響を及ぼすのかを検証することが目的である。2016 年に起きた熊本地震を中心に入力地震波に用いて連続した地震動の解析を行う。

2. 解析対象

解析対象構造物として山陽新幹線の甲東園 R4 と東北新幹線の第 3 愛宕 R4 の 2 つを用いた。いずれも一層ラーメン構造の鉄道高架橋である。表 1 にその概要を示す。

表 1 解析構造物の概要

構造物	高さ(m)	固有周期(s)
甲東園高架橋 R4	11.5	0.47
第 3 愛宕高架橋 R4	10.3	0.24

3. 入力地震波

解析で用いた入力地震波の概要を表 2

表 2 入力地震波の概要

に示す。継続時間で用いた T_{90} とは地震動のパワーの累積値が 5~95%となる値である。解析では計測震度を 5.7 に調整した。

番号	地震名	観測地点	T_{90} (s)	計測震度	卓越周期(s)	
1	熊本地震	本震	熊本	9.1	5.9	0.45
2		余震	熊本	14.0	6	0.35
3		本震	宇土	14.8	5.5	1.26
4		余震	宇土	12.2	6.2	0.72
5	十勝沖地震	本震	白糠	40.1	5.4	1.31
6		余震	静内	27.1	4.6	0.9
7	東北地方太平洋沖地震	本震	鉾田	36.79	6.4	0.28
8		余震	鉾田	89.19	6	0.23

4. 解析方法

解析には多数の節点と梁要素からなる平面骨組モデルを用いる。変位については橋脚上部、曲げモーメント及び曲率においては橋脚下端で検証する。よって連続した地震動の解析を行う場合は、本震による履歴状態と残留変位を保持し、そのままその値を初期値として与え、余震の地震応答解析を行う。

5. 解析結果

解析結果の例として、第 3 愛宕高架橋において本震は波形番号 3(計測震度 5.7)、余震は波形番号 4(計測震度 5.7)とした時の余震のみと本震+余震の解析結果を図 1、2 に示す。図 1 の時刻応答変位より本震の履歴状態を保持した場合の余震は本震の残留変位があるため、変位が少しマイナスの状態から始まっていることが読み取れる。本震のみ最大変位は 0.039m であるのに対して、本震+余震の最大変位は 0.047m となっており、約 1.21 倍大きくなっていることが分かった。図 2 の履歴曲線図より余震のみと比べ本震+余震の時は初めから剛性が低下している。全体的にループの傾きが小さくなっており最大曲率が増加している。このことから本震+余震の方がより塑性化が進んでいる。塑性率は本震のみの時は 1.90 であるのに対し前震+本震は 3.03 と大きくなり、その差は約 1.59 倍となった。

また計測震度を 5.7 に調整した本震、余震、本震+余震の地震波をそれぞれ甲東園高架橋 R4 と第 3 愛宕高架橋 R4 で解析したときの履歴エネルギーを図 3、4 に、塑性率を図 5、6 にそれぞれ示す。

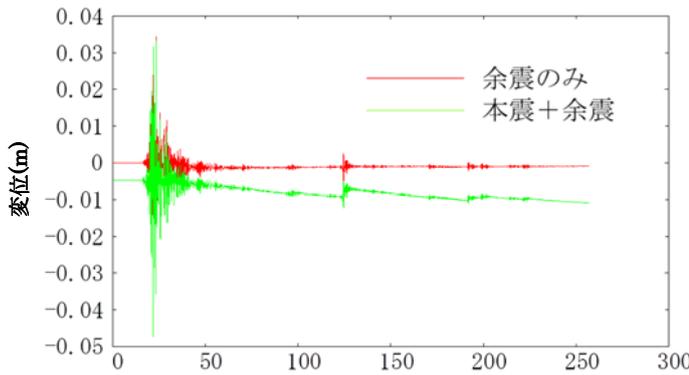


図1 時刻歴応答変位(愛宕高架橋、宇土)

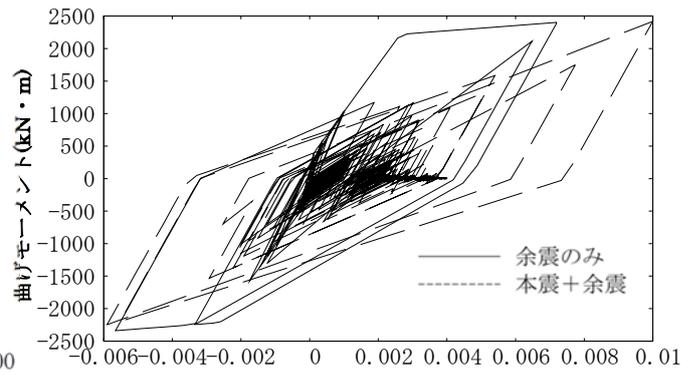


図2 履歴曲線図(愛宕高架橋、宇土)

図 3,4 より余震に比べ本震+余震の履歴エネルギーは愛宕高架橋の十勝と宇土は増加しており、その他は変わらない、もしくは減少している。減少しているのは本震により剛性が低下し履歴曲線が小さいことが考えられる。

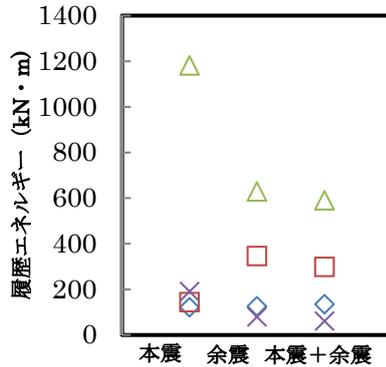


図3 履歴エネルギー(甲東園)

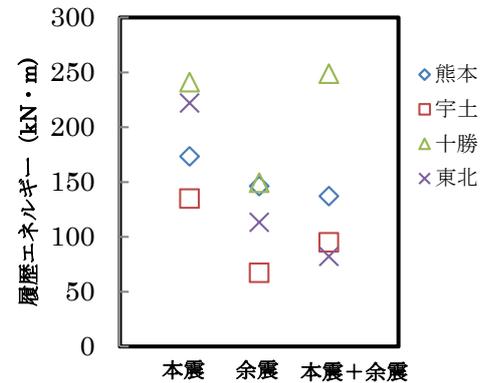


図4 履歴エネルギー(愛宕)

図 5、6 より余震に比べ本震+余震の塑性率は甲東園高架橋では宇土と十勝で増加しており、東北と熊本では減少している。そして愛宕高架橋ではすべての地震動で塑性率の値は増加している。最大で愛宕高架橋においての十勝沖地震で余震のみより本震+余震の塑性率が約 1.8 倍になっている。余震に比べて本震+余震の方がダメージ

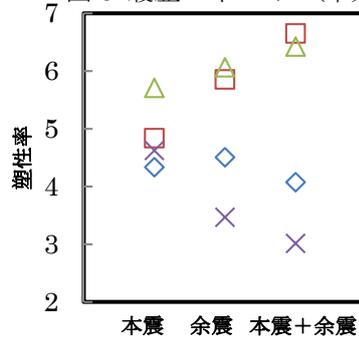


図5 塑性率(甲東園)

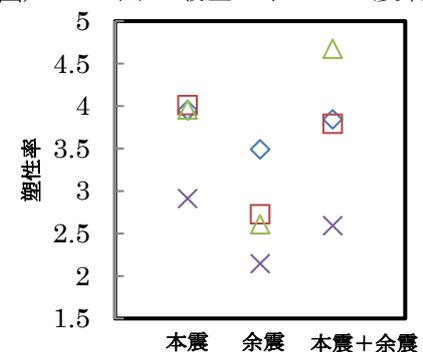


図6 塑性率(愛宕)

を受けている確認できた。また余震に比べ本震+余震の塑性率が減少している甲東園高架橋での熊本、東北地震の解析では余震のみの解析では時刻歴応答図で大きく変位がずれているのが確認できた。元々の余震のみの被害が大きい場合本震の剛性低下が余震に与える影響が少なく、余震に比べ本震+余震は塑性率が低下したと考えられる。

また甲東園高架橋と愛宕高架橋で塑性率を比較した場合、甲東園高架橋での塑性率が約 1.1~2.3 倍に大きくなった。構造物の固有周期の違いでこれだけの差が出ることも確認できた。

6. まとめ

本研究では本震が起こった後の余震の解析を、本震によるダメージを保持して地震応答解析を行った。本震によって剛性が低下した状態を初期状態として余震の地震応答解析を行った場合は余震の被害が大きくなる傾向にあることが確認された。よって地震の被害を想定する時、本震だけでなく余震をふまえて考えるのが望ましい。