

1.はじめに

プレート境界型地震の大きな特徴である長い地震動の継続時間や多数の余震が RC 構造の土木構造物の損傷に影響を与える。本震の後に同程度の余震が起こった場合にどのように被害が拡大するのか検証するため、本研究では本震による影響をそのまま維持して余震の地震応答解析を行い、余震だけで地震応答解析を行った結果と比較する。

2.解析対象と解析方法

ラーメン高架橋を節点と梁要素からなる橋軸直角方向の平面骨組みモデルとし、地震応答解析を行った。高架橋の梁と橋脚の接合部周辺は剛体要素とし、それ以外の部分は非線形要素とした。減衰はレイリー減衰とし、減衰定数は 0.02 とした。橋脚断面の復元力特性は、takeda¹⁾モデルを採用した。数値解法には Newmark-β法を用いた。履歴エネルギーは部材の履歴応答により算出した。愛宕高架橋 R2 のモデル図を図 1 に、対象構造物の概要を表 1 に示す。

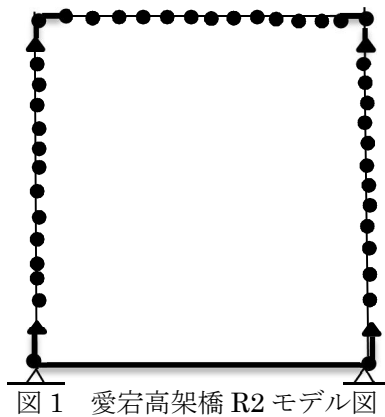


表 1 対象構造物の概要

	第3愛宕高架橋R4	第3愛宕高架橋R2
高さ	8.6	7.2
幅	5.6	5.6
固有振動数	3.97	4.32

総接点数:49 ● :接点 ▲ :バネ
 総要素数:45 — :はり — :剛体

図 1 愛宕高架橋 R2 モデル図

3.入力地震動

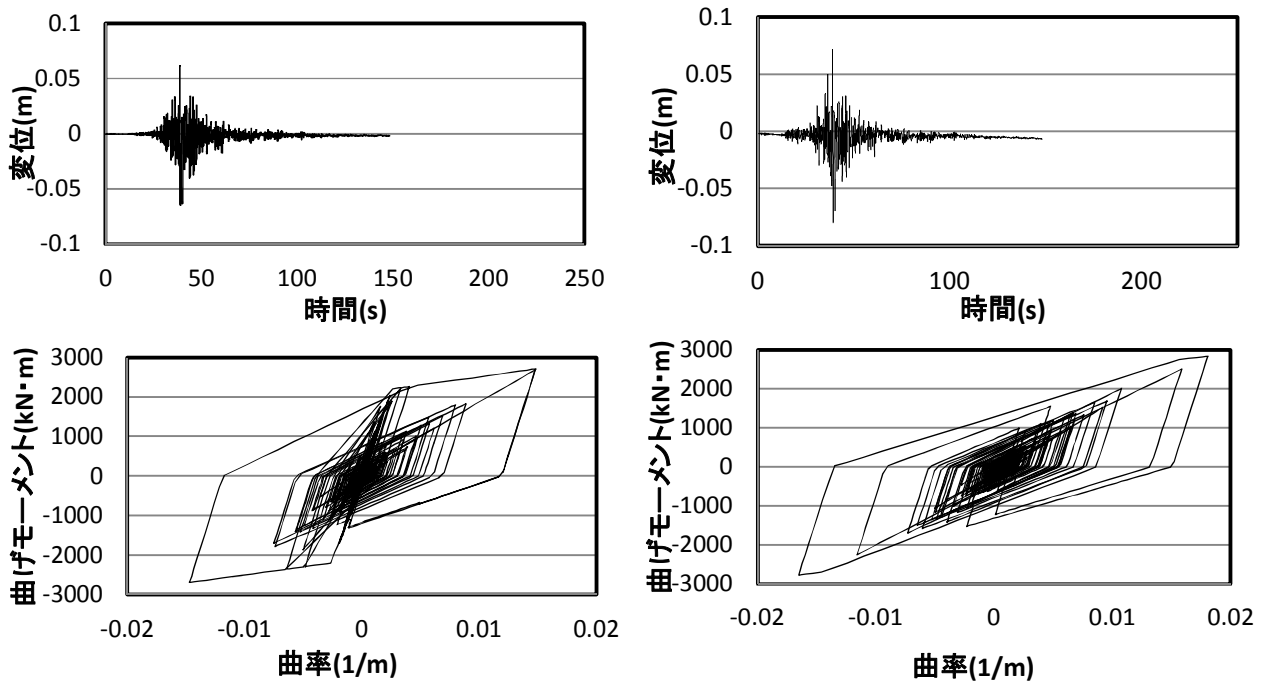
十勝沖地震、東北地方太平洋沖地震のそれぞれの本震、余震を対象にした。東北地方太平洋沖地震は比較的継続時間が長く、十勝沖地震は大きな波が 1 回で終わっている。本研究では地震動継続時間と周期特性による影響を調べるため、地震波の計測震度をそれぞれ 6.0,5.7,5.5 に振幅調整した。それぞれの地震波の概要を表 2 に示す。

表 2 入力地震波の概要

地震名	観測地点	震度	Amax (gal)	卓越周期 (s)	マグニチュード (M)	T90 (s)
十勝沖地震	白糠	5.4	276.7	1.3	8.0	40.1
同余震	静内	4.6	117.0	0.9	7.1	27.1
東北地方太平洋沖地震	仙台	7.0	1807.8	1.0	9.0	89.6
同余震	仙台	6.0	1084.5	2.5	7.1	16.6

4.解析結果

地震応答解析の結果の一例として第 3 愛宕高架橋 R4 に十勝沖地震の震度 6 の本震を作用させた後に震度 6 の余震を作用させた場合と震度 6 の余震のみの地震波を作用させた場合の時刻歴応答と履歴曲線図を図 2 に示す。本震での残留変位が本震+余震の場合の初期変位になり、余震のみの場合より最大変位が大きくなった。余震のみの場合に比べ、本震+余震の場合は、初めから剛性が低下していて履歴曲線が長細くなり最大曲率、最大曲げモーメントが大きくなり塑性化が進行している。履歴エネルギーは余震のみの場合に比べ、本震+余震の場合の方が履歴エネルギーが大きくなっている。変位が大きくなった分履歴エネルギーも大きくなったと考えられる。同じ地震波を入力しても初期状態が異なるだけで塑性率と履歴エネルギーは約 1.2 倍になるという結果が得られた。これらの結果から本震によって剛性が下がってしまっていた場合には、余震の被害を増大させることが確認できた。

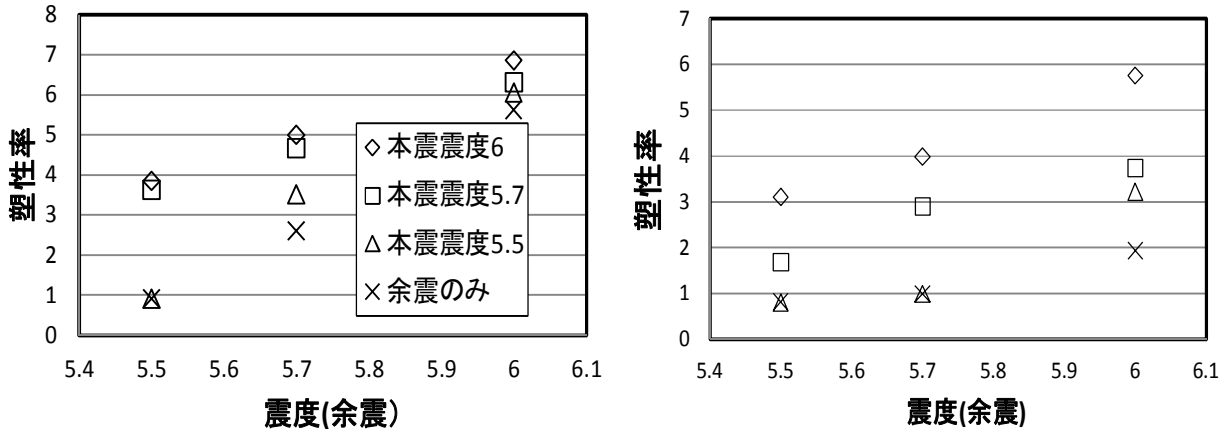


a) 余震のみ

b) 本震+余震

図2 時刻歴応答と履歴曲線(十勝沖地震,震度6,愛宕高架橋 R4)

それぞれの震度の本震と余震の組み合わせた解析による塑性率の図を図3に示す。東北地方太平洋沖地震では本震の震度を大きくしてもあまり変化がみられなかったため十勝沖地震の方の結果を示す。愛宕高架橋 R4 と愛宕高架橋 R2 本震の震度が大きくなるほど塑性率が大きくなった。愛宕高架橋 R2 のほうがその差が大きくなっている。このことから構造物や地震波によって本震の震度による影響の受け方が変わるということが分かる。



a) 愛宕高架橋 R4

b) 愛宕高架橋 R2

図3 それぞれの震度の本震と余震の組み合わせた解析による塑性率(十勝沖地震)

5.まとめ

本震が起こった後に続けて同程度の余震が起こった場合を想定し、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ことが確認された。被害想定をする時、本震だけでなく余震によるダメージも考えなければ地震の被害を小さく見積もってしまうことが分かった。継続時間が長い東北地方太平洋沖地震の方が十勝沖地震よりも被害が大きくなったことより被害の拡大に継続時間も関係していることが分かる。継続時間が長いとその分載荷回数も増えどんどん剛性が低下しもろくなる。それによってどのくらい被害が拡大するのかと構造物や地震波によってどのように本震の震度による影響の受け方が変わるかもっと詳しく調べていく必要がある。

7.参考文献

1) Takeda, T., Sozen, M.A., and Nielsen, N.N.: Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol96, No.12, pp.2557-2573, 1970