

近年発生した地震動の特性の違いが RC 橋脚の地震応答に及ぼす影響

指導教員 岩本政巳 准教授

石井直樹

1. はじめに

日本は世界有数の地震大国である。2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震や 2016 年 4 月の熊本地震、そして昨年 9 月の北海道胆振東部地震など近年だけに着目しても頻繁に大地震が発生し、甚大な被害を受けた。さらに、数十年前から我々の住む東海地方でも南海トラフや東海地震などの大地震が発生すると予測されている。そこで、今後発生する地震動による被害を予測するためには、まず、過去に起こった地震の特性やその違いが構造物に与える影響を知る必要があると考えた。本研究では、近年発生した地震動に着目し、その地震波の特性の違いが RC 橋脚の地震応答に及ぼす影響を調べることを目的とする。

2. 解析対象

解析対象構造物として、道路橋ではスパン長を変えずに橋脚の高さだけを変えて 4 種類、鉄道橋では第 5 猪鼻高架橋（一層ラーメン構造）と下食満高架橋（二層ラーメン構造）の 2 種類を用いた。表 1 にその概要を示す。

表 1 解析対象構造物の概要

対象構造物	橋脚高さ (m)	固有周期 (s)
10m	10	0.196
15m	15	0.249
20m	20	0.292
25m	25	0.441
第5猪鼻	8.4	0.270
下食満	12	0.316

3. 入力地震波

入力地震波としては、近年発生した大地震に着目するため、東北地方太平洋沖地震で 4 波形、熊本地震で 4 波形、北海道胆振東部地震で 4 波形の計 12 波形を用いた。本研究では地震動の特性の違いが構造物の地震応答に及ぼす影響を調べるため、計測震度を 6.0 に振幅調整した。各入力地震波の概要を表 2 に示す。本研究では継続時間の指標として T90 を用いる。ここで、T90 とは地震動パワーが 5~95% となる区間の継続時間である。T90 を比較すると、熊本地震や北海道胆振東部地震に比べて東北地方太平洋沖地震

表 2 入力地震波の概要

地震波名	観測地点	T90(s)	卓越周期 (s)	T90平均	卓越周期平均
東北地方太平洋沖地震	築館	80.8	0.156	58.375	0.221
	日立	24.7	0.104		
	鉾田	40.4	0.148		
	仙台	87.6	0.476		
熊本地震	益城	9.31	0.526	10.593	0.785
	熊本	8.36	0.328		
	宇土	14.1	1.111		
	豊野	10.6	1.176		
北海道胆振東部地震	追分	8.83	0.500	16.508	0.830
	鶴川	26.0	1.333		
	早来	16.7	1.000		
	穂別	14.5	0.488		

の継続時間は非常に長いことが分かる。また、卓越周期を比較すると、全体的にどの地震波も小さな周期帯が卓越していたが、その中でも東北地方太平洋沖地震（築館、日立、鉾田）の卓越周期は非常に小さかった。しかし、仙台の地震波だけは東北地方太平洋沖地震の他の観測地点に比べて卓越周期が大きくなった。

4. 解析方法

本研究では、対象となる RC 橋脚を多数の節点とはり要素からなる平面骨組みモデルにモデル化し、各地震波を入力して地震応答解析を行った。解析結果より、地震波の特性の違いが構造物に与える影響を調べるために塑性率やエネルギー吸収量、せん断破壊形態を用いて検証を行った。

5. 解析結果

地震応答解析によって得られた変位、曲率—曲げモーメント関係、履歴エネルギーの時刻歴の一例を図 1 に示す。これは橋脚高さ 10m の道路橋に仙台の地震波を入力したときの解析結果である。変位については橋脚上端部、曲率、曲げモーメントについては橋脚下端部において検証した。

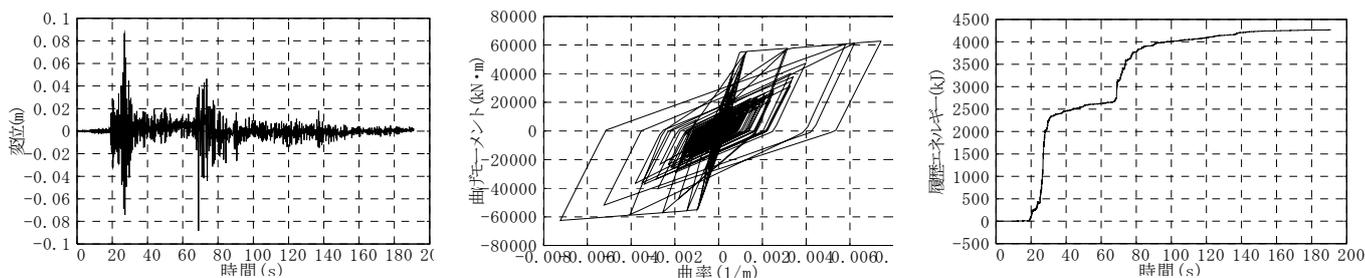


図1 解析結果一例（仙台の地震波を高さ10mの道路橋に入力した結果）

仙台の地震波の時刻歴では、加速度のピークが2度観測されていた。それによって、変位の時刻歴も同じようにピークが2度観測され、履歴エネルギーのグラフも2段階で増加していた。

また、道路橋における塑性率と履歴エネルギーの結果を図2に示す。どの道路橋においても熊本地震と北海道胆振東部地震での塑性率は同じくらい大きくなったが、履歴エネルギーでは北海道胆振東部地震の方が大きくなった。これは、地震波の卓越周期が同じくらいなのに対し、継続時間が北海道胆振東部地震の方が長いことで、繰り返し载荷回数が多かったことが原因だと考えられる。東北地方太平洋沖地震では、築館、日立、銚田の地震波では塑性率、履歴エネルギーともに小さいのに対し、仙台の地震波では塑性率、履歴エネルギーともに非常に大きくなった。これは、仙台の地震波の卓越周期が構造物の固有周期に近いため共振が発生し、さらに、継続時間が最も長く繰り返し载荷回数が多かったことが原因だと考えられる。また、築館、日立、銚田の地震波では継続時間が熊本地震や北海道胆振東部地震に比べて非常に長い履歴エネルギーが小さくなっている。これは、卓越周期が0.1秒台と非常に短周期の成分が卓越していたため構造物に与える影響が小さかったことが原因だと考えられる。

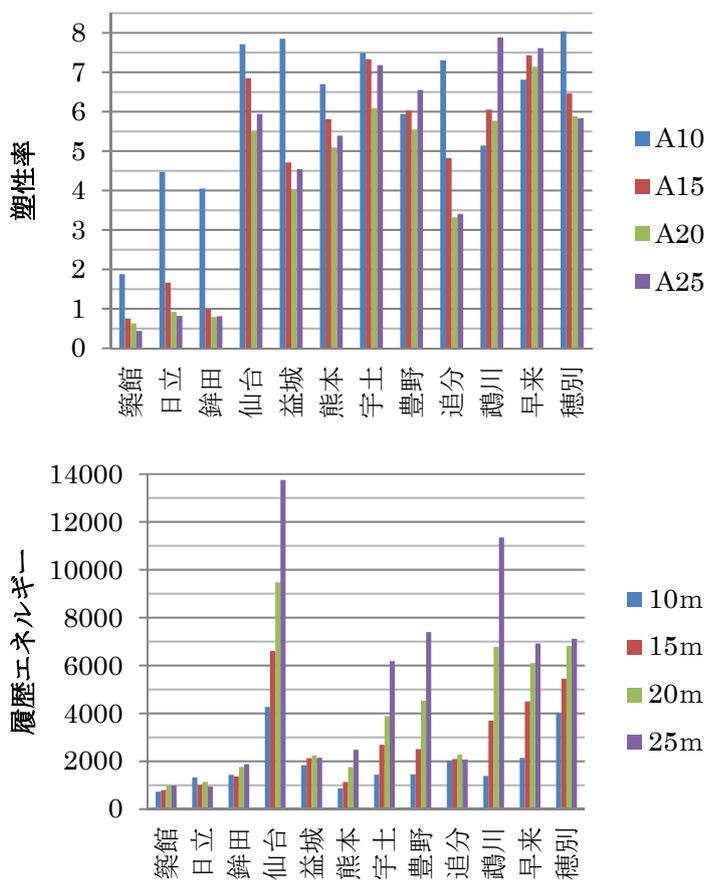


図2 道路橋に各入力地震波を入力した際の塑性率と履歴エネルギー

6. まとめ

本研究では、東北地方太平洋沖地震、熊本地震、北海道胆振東部地震の地震波に着目し、それぞれの地震波の特性を明らかにした上で、道路橋、鉄道橋において地震応答解析を行った。その結果、地震波の継続時間や周期特性は構造物の地震応答に与える影響を大きく左右するということが分かった。また、計測震度やマグニチュードが大きな地震動であっても、必ずしも構造物に与える影響が大きいとは限らないということが分かった。

7. 参考文献

- 1) 瀧能直紀：兵庫県南部地震，想定東海東南海複合型地震，東北地方太平洋沖地震の地震波を用いた RC 橋脚の地震応答解析，名古屋工業大学卒業論文，2012