

RC 橋脚および地震動の特性による地震時被害推定手法

長岡工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○小山 将輝
 岡山大学 学生会員 長谷川 喬
 長岡工業高等専門学校 正会員 井林 康

1. 研究背景

近年，わが国では地震による土木構造物の被害が多発している．平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震は，長岡高専や長岡市をはじめとして，新潟県中越地方に甚大な被害をもたらした．特に平成 7 年の兵庫県南部地震では RC 構造物にも被害が生じており，この地震以降，耐震設計法の再考が必要となった．従来，耐震設計の分野では静的解析が多く用いられてきたが兵庫県南部地震以降，多くの構造物に対して弾塑性応答解析による検討が必要とされるようになってきている．しかし，全ての設計構造物に対して弾塑性応答解析を行うことは設計時における負担が膨大にかかってしまうため，弾塑性解析を行わず簡便に構造物の被害程度を推定する手法を構築することは，耐震設計の分野においては非常に有用であるといえる．

2. 理論

2.1 地震入力単位エネルギー

1 質点系の運動方程式の一般式の両辺に $\dot{x} dt$ を乗じて，時間 t について，地震動の開始 $t = 0$ から $t = t_0$ まで積分すれば，地震終了時におけるエネルギーのつり合い式となる．図-1 のように，任意の t_1 に対して地震時における入力エネルギーの最大値を地震入力単位エネルギー ΔE と定義し，式(1)のように示す．以降， ΔE を速度次元に変換し，式(2)のように定義して $V_{\Delta E}$ として比較検討を行う．

$$\Delta E \equiv \max_{t_1} \left\{ \int_{t_1}^{t_1 + \Delta t} M \ddot{z} \dot{x} dt \right\} \quad (1)$$

$$V_{\Delta E} = \sqrt{\frac{2 \Delta E}{M}} \quad (2)$$

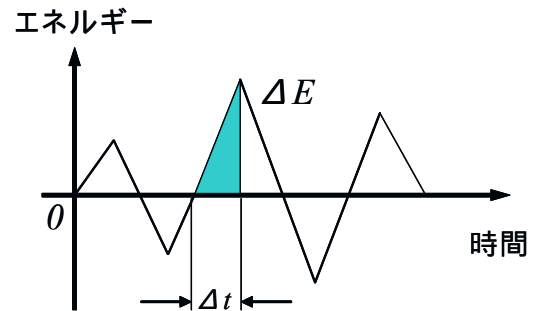


図-1 地震入力単位エネルギー

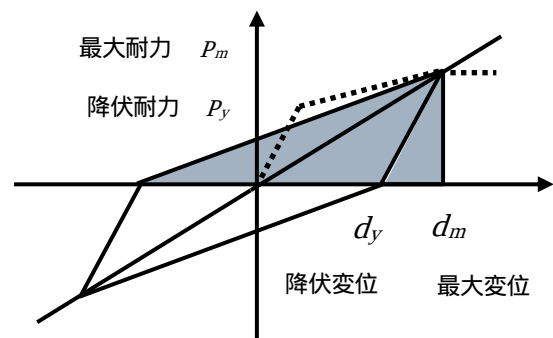


図-2 等価吸収エネルギー

2.2 等価吸収エネルギー

等価吸収エネルギーとは地震時における構造物の特性を表したものである．降伏変位を目安にして正負の繰り返し載荷を行った場合，構造物の 1/4 周期に地震動に対応し，履歴系の正負の最大変位が同じと考えた時，復元力が 0 の点からの最大応答変位までが等価吸収エネルギーであり，図-2 の三角形の面積を等価吸収エネルギーと定義できる．したがって，構造物の最大変位，最大耐力が変化すれば，吸収可能なエネルギー量も変化するため，構造物によって値は異なる．

キーワード RC 橋脚，地震入力単位エネルギー，等価吸収エネルギー，卓越周期，弾塑性応答解析

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 TEL 0258-34-9271

2.3 両者の関係

図-3 は地震入力単位エネルギー V_{AE} と等価吸収エネルギーの関係をもとめたものになっている。横軸に周期、縦軸にエネルギーを置き、波形は地震入力単位エネルギー、直線は構造物の等価吸収エネルギーを示している。まず、■の部分に初期固有周期があると考え、ここから構造物の塑性化が進むと考える。本研究では、 V_{AE} と等価吸収エネルギーの交点まで RC 橋脚の塑性化が進むと推測し、解析を行った。

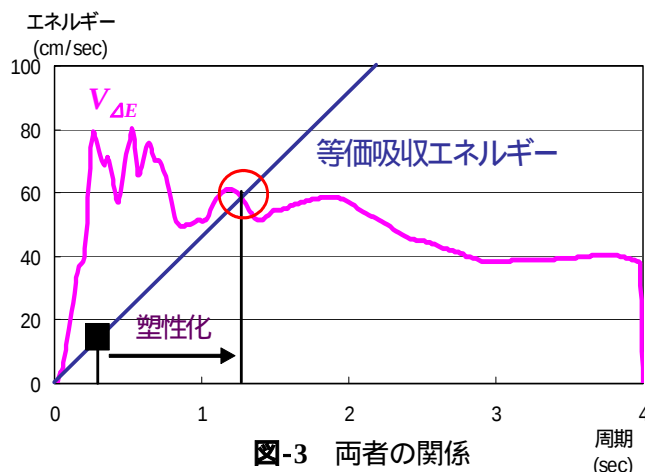


図-3 両者の関係

3. 解析手法

3.1 解析対象構造物

解析には高さ a が 500～1100cm 幅 B が 200～700cm の道路橋 RC 単柱橋脚設計例 18 種を用いて解析を行った。検証のために行った弾塑性応答解析は、1 質点系モデルとし、Newmark の β 法を用いた逐次積分法によって算定した。また、減衰定数を 0.02、時間刻みを 1/500 秒とし、履歴法則はトリリニア型を用いた。

3.2 解析に用いた地震波

解析に用いた地震波は、独立行政法人防災科学技術研究所の強震ネットワーク(K-NET)の地震加速度データ、全 26 波形を用いた。本研究で用いた地震波のデータの一部を表-1 に示す。

表-1 解析に用いた地震波

地震波名	観測地点	震央距離	最大加速度
鳥取県西部地震	K-NET 江府	13km	725.4gal
2001年芸予地震	K-NET 湯来	57km	831.9gal
釧路沖地震	K-NET 納沙布	64km	550.2gal
新潟県中越地震	K-NET 長岡	17km	468.4gal
	K-NET 安塚	42km	240.1gal
栃木県南部地震	K-NET 今市	23km	447.4gal

表-2 卓越周期と傾きの関係

卓越周期	0.2	0.3	0.4	0.5	1.2	1.6	1.7	
サンプル数	4	4	7	3	2	2	4	適合率(%)
橋脚 傾き ΔW								
P3	148.9	75	0	43	33	50	0	36
P7	148.5	100	0	29	33	0	50	30
P6	148.5	100	0	29	33	0	100	37
P2	144.8	75	0	43	0	50	0	24
P13	132.7	75	0	43	33	0	50	32
P1	129.5	50	0	29	33	0	0	23
P11	112.6	50	50	14	33	0	0	28
P12	106.0	100	25	29	67	0	50	42
P18	91.6	25	50	29	0	0	0	18
P17	89.2	100	50	57	67	0	50	46
P15	84.0	0	75	14	0	0	0	13
P5	80.4	0	50	14	0	0	50	16
P10	78.7	0	50	14	0	0	0	13
P9	78.7	0	50	14	0	0	0	9
P14	78.1	0	75	14	0	0	0	16
P4	60.0	0	0	14	0	0	0	2
P16	52.9	0	100	14	33	0	0	25
P19	47.7	0	100	14	0	0	0	16
適合率(%)	42	38	25	20	6	19	17	

4. 解析結果

本手法は既往の研究においてエネルギー量に着目した解析は行っているため、本研究ではエネルギーの卓越周期に着目した。

今回解析に用いた地震波全26波形の結果を表-2に示す。卓越周期ごとの適合率及び個々の橋脚の等価吸収エネルギー直線の傾きと適合率を示した。また、適合率が25%以上のものには色分けし、色の濃いものほど適合率が高い値を示している。ここで、適合率とは、精度が良かった個数をサンプル数で除した値になっている。周期ごとの適合率においては、卓越周期0.2～0.4秒の地震波が、比較的適合率が高いと言える。また、卓越周期1.6、1.7秒など大きい場合には、P17橋脚以上の傾きを持つ橋脚の適合率は小さくなるが、P17橋脚の傾きより小さい橋脚の適合率がわずかに大きくなる傾向が見られた。次に、個々の橋脚においては、P3、P6、P7、P12、P13、P17橋脚の適合率が比較的高い結果と

なった。このような結果になった要因として、等価吸収エネルギー直線の傾きが関係していると考えられる。

参考文献

- ・井林康，中沢正利，尾坂芳夫，鈴木基行；地震入力総エネルギーおよび地震入力単位エネルギーを考慮した RC 橋脚の損傷度評価の提案 土木学会論文集，676/V-51，pp.1-11，2001.5.