

気象庁震度階 5 強に相当する地震動の加速度応答スペクトルの検討

首都高速道路株式会社 正会員 ○引地 宏陽 松原 拓朗 山本 一貴
株式会社長大 正会員 田中 賢太 非会員 塚本 英子

1. はじめに

首都高速道路では、管内において気象庁震度 5 強以上が観測される地震が発生した場合には、全線通行止めとしなければならない。しかし、気象庁震度と構造物の被害の相関には大きなばらつきがあり、気象庁震度の大きさだけから構造物の被害状況を推定することはできないため、気象庁震度 5 強の時に首都高速道路がどのような状態にあるかを把握することはできない。本報告では、気象庁震度 5 強と算出された地震動が首都高速道路の高架橋にどのような影響を与えるかを把握するために、その地震動の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を算出し、道路橋示方書 V 耐震設計編（平成 29 年、以下、道示 V とする）¹⁾ に規定されている設計地震動との関係を検討した。ここでは、防災科研の強震観測網（K-NET, Kik-net）の運用が開始された 1996 年から 2019 年 6 月までに K-NET と Kik-net で観測され公開された計測震度 5.0～5.5 の地震動を検討対象とした。計測震度 5.5 の気象庁震度は 6 弱であるが、気象庁より発表される震度情報と強震観測網のウェブで公開されている計測震度の違い（評価時間の違い）²⁾ を考慮して安全側の評価となるように計測震度 5.5 となる地震動も検討対象とした。

2. 検討方法

加速度応答スペクトルの算出フローを図-1 に示す。計測震度 5.0～5.5 の強震記録と観測地点の地盤情報をダウンロードし、道示 V に従い各観測地点における耐震設計上の地盤種別を判定した。強震計によって観測された水平 2 成分の地震動は、強震計がセットされた方向の地震動であることから、水平 2 成分の地震動を水平面内で 1 度ずつ回転させて 360 度方向の加速度波形を求めた。加速度応答スペクトルは、固有周期毎に、360 度方向の加速度波形から値を求め、最も大きな値を、当該固有周期の加速度応答スペクトルとした。加速度応答スペクトルは、固有周期 0.1～10.0sec の範囲で 0.01 秒毎に求めた。

表-1 に地盤種別と計測震度毎の観測地点数を示す。全 513 の観測地点（延べ）が得られているが、地盤情報が不明の箇所が 26 あり、その箇所では観測された記録は、検討対象から除外した。以上より検討対象とした観測地点数は延べ 487 地点、強震記録数は 974 波である。

3. 気象庁震度 5 強の加速度応答スペクトル

図-2 は、計測震度 5.0～5.5 の地震動の加速度応答スペクトルとその平均値および平均値＋標準偏差を、道示 V の設計地震動と比較したものである。各観測記録の加速度応答スペクトルは、全ての固有周期帯で大きくばらついていることがわかる。このばらつきの大きさが、気象庁震度と被害の相関のばらつきが大きい理由のひとつと考えられる。道示 V の設計地震動と観測記録の加速度応答スペクトルの関係は、全ての地盤種別で同じ傾向にある。レベル 2 地震動に対して、観測記録の加速度応答スペクトルは、固有周期 0.3 秒よりも短周

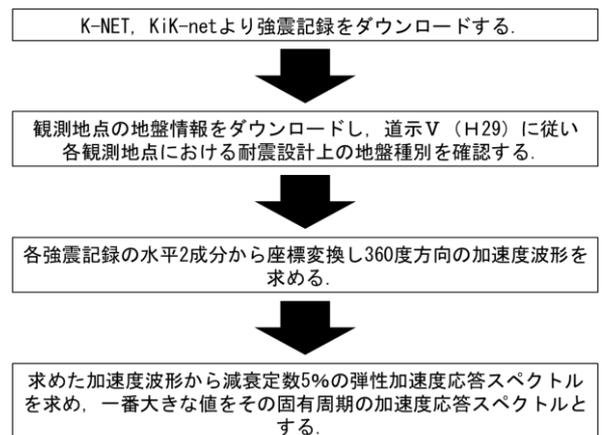


図-1 加速度応答スペクトルの算出フロー

表-1 計測震度毎の観測地点数

耐震設計上の地盤種別	計測震度毎の観測地点数						合計
	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	
I種	36	37	30	38	43	71	255
II種	15	21	31	29	43	53	192
III種	2	4	5	14	9	6	40
不明	2	2	1	2	5	14	26
合計	55	64	67	83	100	144	513
不明を除いた合計	53	62	66	81	95	130	487

キーワード 地震, 地震動, 気象庁震度階, 加速度応答スペクトル

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 (日土地ビル) 首都高速道路株式会社 TEL 03-3539-9422

期域で平均値+標準偏差の値が道示Vの設計地震動よりも大きい点を除けば、レベル2地震動を大きく下回っていることがわかる。

観測記録の加速度応答スペクトルはばらつきが大きく、レベル1地震動との関係は周期帯域で大きく変化していることから、ここでは、観測記録の加速度応答スペクトルの平均値とレベル1地震動を比較した。固有周期1.0秒よりも短周期域では、観測記録の加速度応答スペクトルは、設計地震動よりも大きいことがわかる。道示Vのレベル1地震動の設計地震動は、震度法の設計水平震度を加速度応答スペクトルに換算したものである。震度法では、減衰定数の影響を取り入れた形で設計水平震度が与えられており、短周期域の設計水平震度には、大きな減衰定数の効果が考慮されているためその値は小さく抑えられている³⁾。首都高速道路で実施された地震観測記録からは、基礎構造頂部と周辺地盤上で観測された加速度波形から、固有周期1.0秒よりも短周期域では、入力損失効果が大きく、基礎構造頂部の地震動強度が周辺地盤上のそれよりも小さくなることが確認されている⁴⁾。以上より、短周期域の減衰特性と入力損失効果を考慮すれば、計測震度5.0~5.5となる地震動の加速度応答スペクトルが高架橋に与える影響は、1.0秒よりも短周期域では道示Vのレベル1地震動と同程度となると予想される。また、周期1.0秒より長周期域では、道示Vのレベル1地震動よりも小さいことが確認できる。

4. おわりに

K-NETとKik-netで観測された計測震度5.0~5.5となる地震動(487観測地点、974波)の加速度応答スペクトルを算出し、道示Vに規定される設計地震動と比較した。計測震度5.0~5.5の地震動の加速度応答スペクトルの平均値は、レベル2地震動よりも小さく、レベル1地震動に対しては、固有周期1.0秒よりも短周期域では減衰効果と入力損失効果の影響を考慮すれば同程度の大きさになると予想され、固有周期1.0秒より長周期域では小さいことがわかった。

参考文献

- 1)公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編(平成29年11月)
- 2)<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>(2020.3.28閲覧)
- 3)川島一彦：設計地震力と耐震設計，土木技術資料，Vol.25，No.11，pp.679-684，1983。
- 4)松原拓郎他：地震観測に基づく高架橋基礎構造の入力損失効果に関する検討，第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集，pp.409-416，2019。

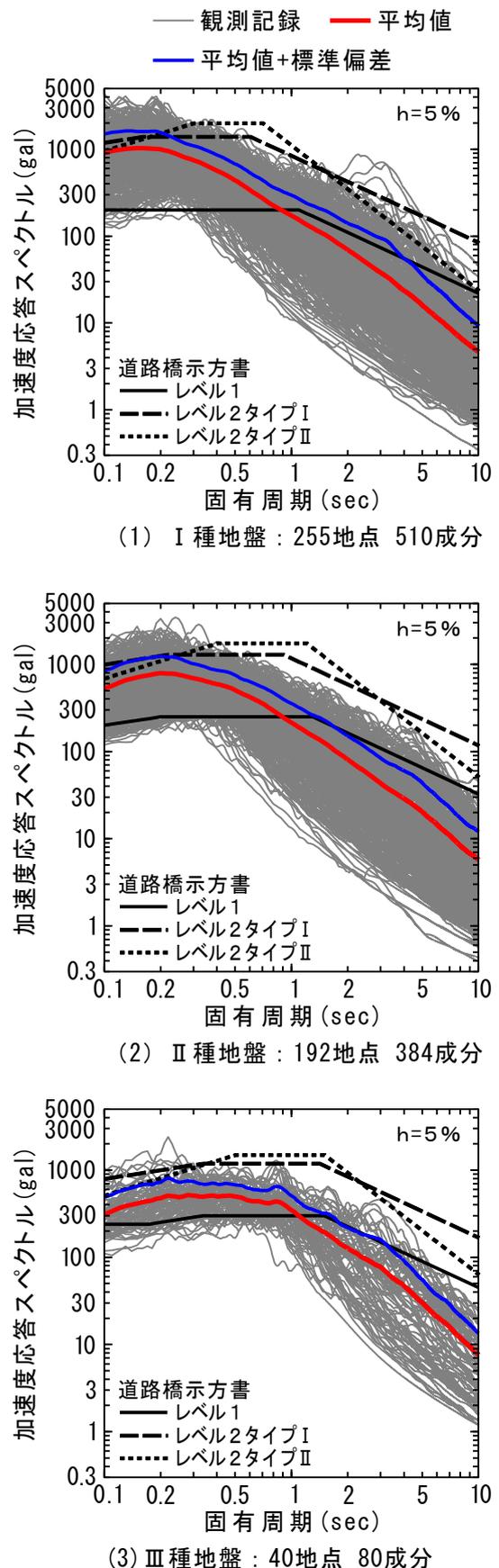


図-2 対象とした地震動の加速度応答スペクトル

対象とした地震動の加速度応答スペクトルに関する検討，第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集，pp.409-416，2019。