

実計測と数値解析の比較による門電柱の減衰定数の推定

阪神高速道路(株) 正会員 八ツ元 仁、柿木 啓、小林 寛

阪神高速技研(株) 正会員 正木 健太、玉置 脩人

1. はじめに

阪神高速道路では様々な付属構造物を管理しているが、その中でとりわけ重量が大きい添加物を設置する付属構造物として、門型標識柱(阪神高速では門電柱と呼び、これ以降、門電柱と呼ぶ)が挙げられる。門電柱の梁部には写真1に示すように、重さが軽いものでも1tonを超える電光掲示板を設置することもあり、梁部で大きな損傷が生じれば重大事故に直結することから、維持管理面で注意を払わなければならない構造物の一つと言える。この門電柱については、近年において、数例ではあるが損傷事例が報告されている。日常点検がうまく機能していることから、重篤な損傷に至る前に損傷を検知することができており、維持管理面での大きな問題になるまでには至っていない。しかし、過去にこのような損傷事例が生じておらず、損傷に関する知見もほとんど蓄積されていないということを考えると、損傷発生のメカニズム解明は必要であると考えられる。損傷メカニズムの解明については、現在、様々なアプローチにより進めてきているところであるが、損傷原因の一つとして振動(共振)が挙げられている。この振動が門電柱に及ぼす影響を評価するには、数値解析による門電柱の動的挙動を評価することが必要となる。また、門電柱は構造形式などが多岐に渡っており、様々な構造特性を有しているという現実を踏まえると、上記のように門電柱に生じる動的挙動を正確に評価できる手法を確立しておくことは必要不可欠であり、損傷メカニズムの解明にも繋がるものと考えられる。

これらのことより、阪神高速では門電柱の動的挙動を適切に評価することのできる動的手法の検討を進めてきている。動的解析において、その結果に大きな影響を及ぼすのは減衰定数の設定となる。上述のとおり、門電柱に関する知見が蓄積されていないことから、この減衰定数の設定方法についても適切と言えるものが無いというのが現状となる。そこで、本検討では門電柱の減衰定数を適切に設定するべく、実構造物の計測結果と再現解析の比較による検討を行った。本稿では、この検討の成果について報告を行うものである。

2. 数値解析の概要

門電柱の振動状況の再現を行うために、動的解析による検討を実施した。図1に門電柱のモデル化状況を示す。解析では、弾性梁要素によりモデル化を行うとともに、電光掲示板の重量は、実際の構造で作用している水平梁の位置に電光掲示板の重量と同じ重量のマス要素を接続することで重量の影響を考慮した。数値解析では Newmark- β



写真1 電光掲示板

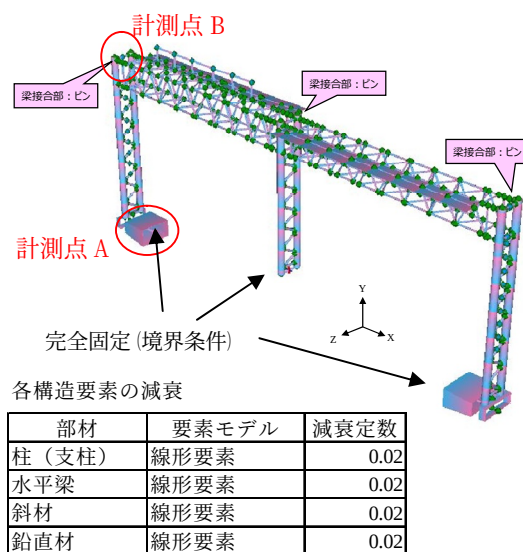


図1 解析モデル図

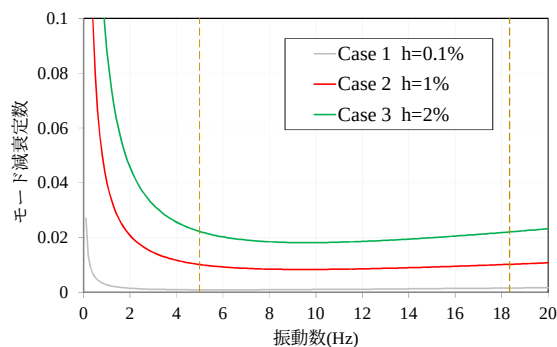


図2 減衰定数の設定

キーワード 門型標識柱, 振動, 動的解析

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田 3-1-25 阪神高速道路(株) 大阪管理局 TEL: 06-6576-3881

法を用いており $\beta = 0.25$ 、 $\gamma = 0.5$ と設定した。解析におけるステップ時間は 0.005 秒とし、実計測における計測時間間隔と一致をさせた。桁のウェブ面とブラケットを介して接合させている状態をモデル化するため、ブラケットについても beam 要素によりモデル化を行った。入力する振動加速度は、図 1 の中に示す計測点 A にあたるブラケットと桁の接合部を固定境界とし、その固定境界に実際に計測点 A で計測された加速度を入力することで門電柱の振動状態の再現を行った。図 2 には固有値解析から求めたモード減衰定数の分布を示す。鉛直方向の刺激係数が大きい 2 つのモードを選択して減衰定数を設定すると、高振動数範囲における減衰を過大評価する懸念がある。そこで、門電柱の主要振動数範囲内（鉛直方向の累積有効質量比が概ね 50% 程度となる 5Hz から 18Hz の振動数帯がその範囲にあたる）で考慮する減衰を、0.1%、1%、2% となる 3 つのケースについて検討を行った。図 3 には、図 1 に示す固定境界に入力した計測加速度の時刻歴分布を示す。なお、別途の計測により、桁における応答加速度は鉛直方向が最も大きいこと、今回の対象となる門電柱が上部構造の端部近くに設置されていること、などを踏まえて卓越する振動方向は鉛直方向であると判断し、入力加速度は鉛直方向の一方向とした。

3. 解析結果

図 4 に門電柱において実計測が行われた計測点 B における時刻歴の応答加速度の解析及び実計測結果を示す。図中には、応答加速度の最大値が生じた時刻の前後として 27 秒から 30 秒の時間帯の結果を示す。図中に示すように、全てのケースにおいて位相のずれは生じておらず精度良く計測結果を再現できていることがわかる。減衰定数が大きくなるほど振幅が小さくなっており、Case 2 の 1% の時に最も実計測結果とあっていることがわかる。表 1 には 0 秒から 60 秒までの応答加速度の最大値・最小値について整理した結果を示す。表中に示すように Case 2、Case 3 の結果に大きな違いがないが、応答比率の最大値と最小値の平均値を比較すると減衰が 1% である Case 2 が計測結果に最も近いという結果となった。このことより、門型標識柱の減衰定数としては 1% の設定が最も適していることがわかった。

4. おわりに

既往の知見等において蓄積がされていなかった門電柱の減衰定数について、計測結果と動的解析の比較により推定を行った。付属構造物の減衰定数は低いとされてきたが、本検討により 1% と比較的大きな減衰を見込んでよいことが明らかとなった。本検討では、ある 1 つ構造形式の門電柱を対象とした検討であるため、様々な構造形式を有する門電柱の一般論として言及することはできない。同じ構造形式や異なる構造形式の門電柱に関する計測結果と解析結果の比較検討を更に蓄積することで、動的解析の精度向上に繋がる減衰定数を適切に設定するとともに、門電柱の動的挙動を適切に評価できる手法の確立を目指したいと考える。

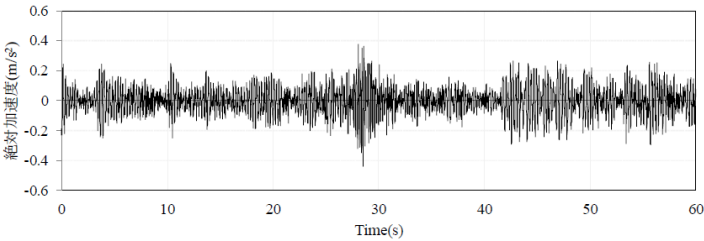


図3 入力加速度（鉛直方向）

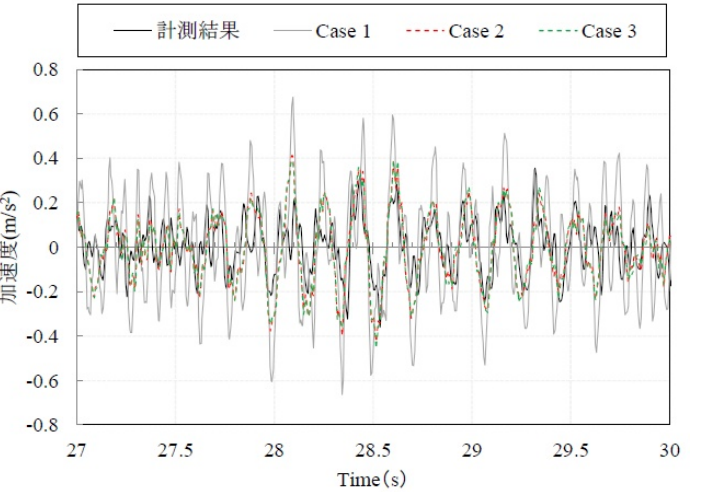


図4 計測結果と解析結果の比較（27～30 秒）

表1 計測結果と解析結果の比較

		計測結果	Case 1 h = 0.1%	Case 2 h = 1.0%	Case 3 h = 2.0%
最大応答加速度 (m/s ²)		0.37	0.95	0.41	0.39
最小応答加速度 (m/s ²)		-0.36	-0.95	-0.43	-0.46
応答比率 (解析/計測)	① 最大値		2.57	1.11	1.05
	② 最小値		2.64	1.19	1.28
	①、②の平均		2.60	1.15	1.17