

大阪市立大学 工学部	正会員	北田 俊行
大阪市立大学 工学部	正会員	中井 博
川崎重工業 (株)	正会員	○迫田 治行
日本電子計算 (株)	正会員	田中 克弘
阪神高速道路公団	正会員	加賀山 泰一
大阪市立大学 工学部	学 生	吉田 誠

1. まえがき

兵庫県南部地震によって、神戸地区の2橋のニールセン・ローゼ橋では、一部のハンガー・ケーブルが弛み、また多数のケーブルでシム・プレートの脱落・ズレが発生した。本報告は、それらのうち阪神高速道路・西宮港大橋を例にとり、ハンガー・ケーブル1本の弛みの原因について検討したものである。

2. 解析対象橋梁

西宮港大橋の一般図を、図1に示す。本橋は、甲子園浜と西宮浜との水路部に架かる支間長252mで、幅員50mを有する鋼製ニールセン・ローゼ橋である。本橋の山側(図中のG1側)には、補剛桁より片持式のブラケットで支持された兵庫県湾岸側道が架かっている。そのため、アーチ・リブ、補剛桁、およびケーブルは、山側と海側とで非対称な断面構成となっている。下部構造は鋼製のラーメン橋脚であり、また基礎はケーソン基礎である。そして、本橋の支持条件はP100側で固定支持、またP99側で可動支持となっている。なお、P99側の隣接桁は、固定支承を介して本橋上に定着されている。

ハンガー・ケーブルは、7mm素線73本~163本で構成された平行線ケーブルである。ハンガー・ケーブルの著しい弛みは、P100側から数えて、5番目の海側のケーブル(H5)で発生した。また、概ねP100側から奇数番号ごとのケーブル(図2参照)には、シム・プレートの逸脱やズレが生じ、また地震中にケーブルの弛みが生じた痕跡が認められた。

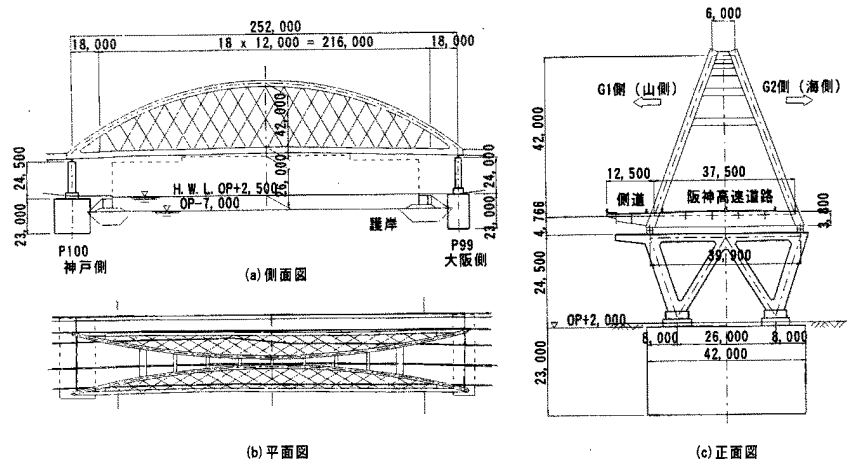


図1 解析対象橋梁 (寸法単位: mm)

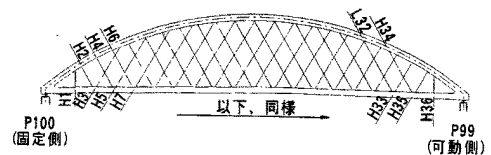
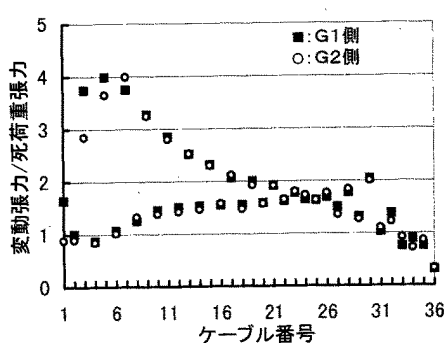


図2 ハンガー・ケーブルの番号

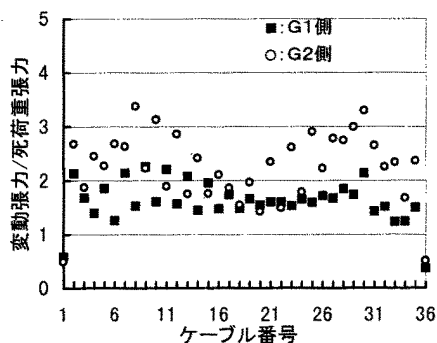
3. スペクトル解析結果

道路橋示方書に示されタイプII地震の応答スペクトル(ただし、3種地盤)を用いて、弾性応答スペクトル解析を行った。その解析によって得られたハンガー・ケーブルの張力変動を死荷重張力で割ったものが、図3である。同図によると、橋軸方向地震動に対しては死荷重張力の最大で約4.0倍の張力変動が発生し、また橋軸直角方向地震動に対しては約3.4倍の張力変動が発生している。当該橋梁に襲来した地震動は、本橋の近傍で記

録された東神戸大橋における加速度記録の応答スペクトルから推定すると、道路橋示方書規定の地震動の約2/3程度の強さと考えられる。上記の結果によると、このような地震動に対しても、ハンガー・ケーブルは、十分に弛み得ること



(a) 橋軸方向の地震動を受ける場合



(b) 橋軸直角方向の地震動を受ける場合

図3 死荷重張力に対するケーブル変動張力の比

がわかる。また、損傷が奇数番号のケーブルに集中していることから、橋軸直角方向よりも、橋軸方向の地震動の方が支配的な要因となっており、ハンガー・ケーブルが弛んだ可能性が高いと考えられる。ちなみに、本橋の1次固有振動数は、橋軸方向で1.67Hzであり、また橋軸直角方向で1.56Hzである。

3. 静的な弾塑性有限変位解析

地震時の応答加速度が、1次固有振動モードに対する加速度分布に比例するものと仮定して、それによる地震力を静的に漸増させる弾塑性有限変位解析を行った。使用したプログラムは、EPASS[®]である。なお、その際、下部構造は便宜上、弾性挙動を呈すると仮定した。

ケーブルが弛み始める震度 $K_{h,c}$ 、アーチ・リブが塑性化し始める震度 $K_{h,y}$ 、および橋全体が終局限界状態に到る震度 $K_{h,u}$ を、表1に示す。参考のため、同表中には、橋脚の部材が塑性化し始める震度 $K_{h,pier}$ も示してある。また、アーチ・リブの1/2点（アーチ頂点）における水平震度—変位の関係を、図4に示す。ここで、換算水平震度は、作用地震力から逆算したものを表す。

これらの結果からわかるように、橋軸直角方向よりも、橋軸方向の地震に対して、相当に小さな震度でハンガー・ケーブルは、弛み始めることがわかる。ただし、ケーブルが弛み、アーチ・リブの塑性化が進行したとしても、ニールセン・ローゼ橋全体としては、高い耐荷力を保有することもわかる。

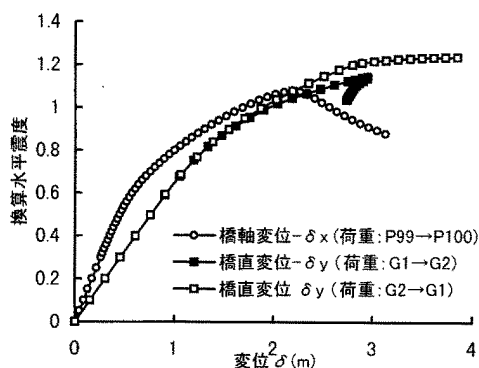
4. まとめ

本報告では、地震による西宮港大橋のハンガー・ケーブルの弛みの原因、および発生の可能性について検討した。その結果、設計震度を少し超えた相当に小さな震度でハンガー・ケーブルが弛み得る可能性があること、および橋軸直角方向よりも、橋軸方向地震動の方が、ハンガー・ケーブルの弛みに対して支配的になることがわかった。

本解析を行うに当たり、三菱重工業（株）の上平 悟氏には、振動解析に関するデータや損傷に関するデータを提供していただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

地震力の方向	ケーブルの弛み	アーチ・リブの陥伏	ニルセン橋の終局	橋脚の陥伏
	$K_{h,c}$	$K_{h,y}$	$K_{h,u}$	$K_{h,pier}$
P99→P100	0.32	0.72	1.08	0.35
G1→G2	0.65	0.34	1.14	0.46
G2→G1	0.48	0.56	1.24	0.43

表1 各種限界震度



【変位の正の方向：(δx : P100→P99) (δy : G2→G1)】

図4 水平震度とアーチ頂点の変位との関係

参考文献 1)北田俊行、大南亮一、丹生光則、田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用汎用プログラムの開発、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、日本鋼構造協会、Vol.13, pp.84-94, 1989年