

大阪市立大学工学部 正会員 ○北田 俊行
 川崎重工業(株) 正会員 追田 治行
 日本電子計算(株) 正会員 田中 克弘
 大阪市立大学工学部 学生員 吉田 誠

1. まえがき 橋梁構造物の設計においては、死荷重および活荷重などの各種の荷重を組み合わせることで応力照査を行い、部材断面を決定しているのが普通である。したがって、設計には、各種の荷重の大きさと分布形を予め決めておかなければならない。アーチ系橋梁では、質量が高さ方向にも、また橋軸方向にも分布しており、地震荷重の算定に、この影響を考慮するのが望ましいと考えられる。また、橋梁の振動特性を忠実に反映した耐荷力照査法として、全体構造を骨組構造モデルに置換し、弾塑性時刻歴応答解析を行う方法がある。しかし、計算時間が膨大になることなどを考えると、設計段階では、むしろ静的な弾塑性解析等で簡単に安全性を照査できることが望まれる。そこで本研究では、西宮港大橋を対象として、固有値解析、および応答スペクトル解析を行い、その振動モードから、高さ方向に異なる地震加速度の分布形を決定し、その妥当性を高さ方向に一定な加速度分布の地震荷重を用いる現行の場合と比較することにより検討する。なお、弾塑性有限変位解析にはプログラム EPASS を用いた。

2. 対象とした解析モデル 本橋の場合、とくにアーチリブの耐荷力に着目した解析を行う目的から、アーチリブ全体と補剛桁の両端部のみ弾塑性性を考慮した箱形断面要素でモデル化した。

図-1には、検討対象とした西宮港大橋の解析モデルを示す。また、荷重の組合せは死荷重および地震荷重であり、この地震荷重を、荷重パラメータ α によって比例・漸増载荷した。なお、表-1には、本解析において取り扱った3ケース

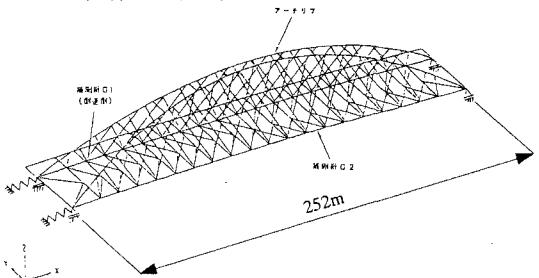


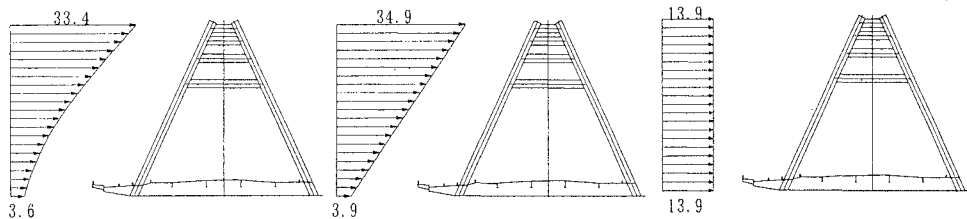
図-1 西宮港大橋の置換骨組構造モデル

の地震荷重、および荷重パラメータ $\alpha=1$ の時に橋梁全体に作用する総地震荷重とを示す。そして、図-2には、各ケースに対応する地震加速度の高さ方向の分布形を示す。ここで、case2は、case1の応答スペクトル解析結果をより簡便にした近似式(式(1)参照)を用いた方法である²⁾。卓越固有周期に対応する応答加速度 β を用い、高さ z により異なる加速度 α を求めることができる。その近似式を以下に示す。ここに、 z_0 は上部構造の重心位置高さ、 H はアーチの標高である。

$$\alpha = \beta \left(1 + 1.80 \cdot \frac{z - z_0}{H} \right) \quad (1)$$

表-1 3ケースの地震荷重、および荷重パラメータ $\alpha=1$ における地震荷重の総和

case	地震加速度分布の算定方法	$\alpha=1$ 時の総地震荷重 (kN)	総死荷重(101,763kN)との比
1	西宮港大橋応答スペクトル解析の結果(文献2)参照)	136,906	1.35
2	アーチ系橋梁の地震力分布の計算式(文献2)参照)	110,838	1.09
3	地震時保有水平耐力法(type II, 3種地盤)	144,550	1.42



(1)case1 (応答スペクトル解析結果)²⁾(2)case2 (式(1)による近似) (3)case3 (文献1))

図-2 各ケースにおける地震加速度の分布状況 (単位: $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$)

3. 解析上における基本条件 ①本解析において考慮する基本荷重は、死荷重および地震荷重に限定する。②地震荷重の載荷方法は、橋軸方向への載荷を考慮せず、橋軸直角方向のみとする。また、地震荷重は、各節点に集中荷重として作用させる。③初期たわみおよび残留応力を考慮する。

4. 解析結果とその考察

表-2 終局荷重パラメータ α_u

ケース	地震加速度分布の算定方法	α_u
1	西宮港大橋の応答スペクトル解析結果	0.97
2	アーチ系橋梁の地震力分布の計算式	0.98
3	地震時保有水平耐力法 (type II, 3種地盤)	1.85

図-3~6には、アーチクラウンにおける、荷重パラメータと変位、軸力、および曲げモーメントとの関係を示す。すべての曲線において、終局状態に至るまでの挙動は、case1とcase2とでほぼ等しいが、case3は他の2ケースと異なる。また、表-2に示すように case1 および case2 における終局荷重パラメータ α_u は、ほぼ等しい値をとっていることがわかる。さらに、作用地震荷重に関して、case2はcase1と比して、若干分布形が異なるが、終局荷重パラメータ α_u を精度よく評価している。また、 α が1のときでは、case3が最も大きな地震荷重を橋梁に与えていることになる。しかし、地震荷重の分布形状が異なるため、case1 および case2 の方が、アーチの耐荷力に与える影響は大きい。また、case3 の場合、荷重パラメータ α が1.5付近まではほぼ線形挙動を呈し、その後、徐々に非線形が現れる。そして、 α_u 付近で橋軸直角方向変位が、急増していることがわかる。これは、 α が1.5程度で、鋼製部材の降伏が発生し、 α が1.8程度でアーチリブ全体の座屈が起こるためであると考えられる。

5. まとめ

- i) case1 と case2 との解析結果を比較すると、地震荷重の分布形に多少の差異が見られるが、終局荷重パラメータ α_u の値も、終局状態に至る挙動も、ほぼ等しかった。
- ii) case3 の解析結果は、case1 および case2 と比較すると、終局荷重パラメータ α_u が1.91倍になっている。
- iii) 橋梁全体に作用する総地震荷重の差よりも、地震荷重の分布形の差異が、アーチ橋の耐荷力に与える影響は大きい。
- iv) アーチの高さ方向に関して、高所に大きな地震荷重を作用させた場合の方が、高さ方向一定の地震荷重を作用させた場合よりも、アーチ橋の耐荷力を大きく低下させる。
- v) 今回の検討により、アーチ橋の耐震設計においては、高さ方向に異なる地震荷重加速度を用いる必要があることがわかった。今後は、動的解析との比較も行い、他のアーチ橋においても本研究の成果が適用できるかどうかを調べるなど、さらなる検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V.耐震設計編，平成8年12月
- 2) 迫田治行・北田俊行：下路アーチ橋の地震時保有耐力の一照査と諸問題，第3回地震時保有水平耐荷力に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム論文集，pp.375~382，1999年12月

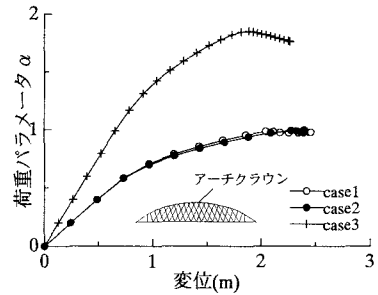


図-3 アーチクラウンにおける変位 (橋軸直角方向)

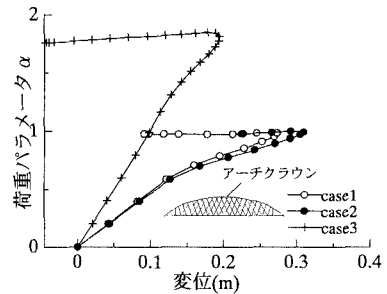


図-4 アーチクラウンにおける変位 (鉛直方向)

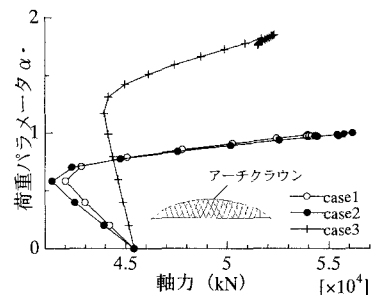


図-5 アーチクラウンにおける軸力

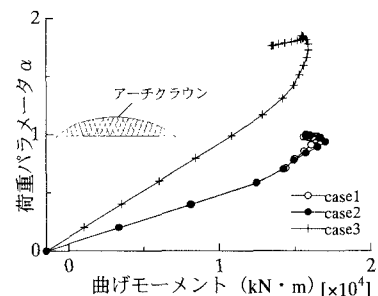


図-6 アーチクラウンにおける曲げモーメント