

橋梁の防災・減災に関する基礎的研究

早稲田大学 学生会員 ○日請 真宏
フェロー会員 依田 照彦

1. 研究目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波により、多くの橋梁構造物に桁・橋脚の流失などの被害が生じた。そのため、現在様々な研究機関で津波が橋梁に及ぼす影響に関して、実験や解析的研究が行われている。しかし、構造解析により津波が作用した橋桁の変形特性を検討した事例は少ない。そこで本研究では、3径間連続鋼コンクリート合成2主桁プレートガーダー橋を対象に、有限要素法による汎用の構造解析システムDIANAを用いて、津波水平力に対する橋桁変形メカニズムに関する知見を得ることを目的とする。

2.1 有限要素法

有限要素法とは、解析しようとする構造物が有限個の要素の集合体であり、近接する要素同士の適合条件を満足していなければならないことから、変位や力を求めていく手法である。

この有限個の要素は、要素上のいくつかの点(節点)のみでお互いに連結されて構造物を形成していると考えられる。構造物に外力が作用すると構造物は変形するので、各有限要素も変形することになり、要素上の節点も変位する。この要素上の節点の変位を節点変位という。各要素の節点変位は任意ではなく、他の要素との適合条件を満足し、節点に作用する力(節点力)はつり合い条件を満足していなければならない。

有限要素法においては、まず、1つの要素の節点変位と節点力の関係を求めることから始まる。この関係は仮想仕事の原理または最小ひずみエネルギー原理から求められるが、そのためには、節点力による要素内の応力分布を知る必要がある。しかし、一般にはこの応力分布を知ることは不可能であるので、変位関数という要素内の変位に節点での適合条件のみを満足するような変位を仮定し、これを微分することによって応力分布を得ることが出来る。すなわち、要素内の応力を節点変位のみで線形結合で近似し、これを用いて節点変位と節点力の関係を求めるのが有限要素法の特徴である。

1つの要素の節点力と節点変位の関係が求めれば、構造物全体として、合条件およびつり合い条件を満足するように、各節点変位を求めることが出来る。

有限要素法は数値解析の1種で、1次元の部材からなる骨格構造はもちろん、2次元の板やシェル構造、3次元の回転体や立体までも扱うことができ、また、従来の手法では扱えなかった粘弾性解析、クリープ解析、疲労解析なども行えるので、工学分野におい欠かせない解析手法である。

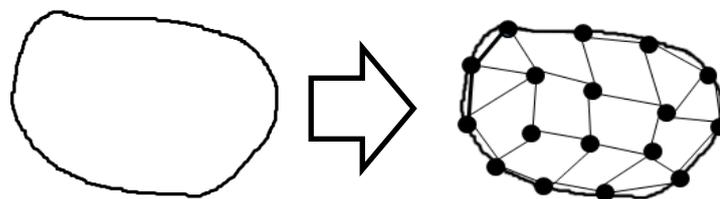


図-1 有限要素法概念

2.2 解析モデル

図-1と図-2に本研究で対象とした橋梁の上部構造の詳細を示す。それは日本の橋梁設計基準にあわせて設計されている。橋梁は(37.5+43+37.5)mのスパン長の3スパンとして設計されている。それは、両端と中央支間で同程度の正の死荷重モーメントを与えるためである。橋梁断面の総幅員は、主桁間隔6mと両側の2.575mの片持ち部からなる11.5mとして設計されている。断面の総高は2.5mの鋼桁、0.32mのコンクリート床版、0.1m

キーワード：津波水平力 有限要素解析 橋梁

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部社会環境工学科 TEL 03(5286)3399

のコンクリートハンチからなる 2.92m である。端支点, 中間支点, その他の部分にそれぞれ, 1.5m, 1.9m, 0.7m と高さの異なる 3 種類の横桁が用いられている。SM570, SM490Y, SD345 鉄筋を含む鋼材がこの橋梁に用いられている。この複合橋梁にはずれ止めとして, それぞれの鋼フランジの頂部に 4 列のスタッドが用いられている。橋軸方向の間隔は場所に応じて 0.2m から 0.4m になる。

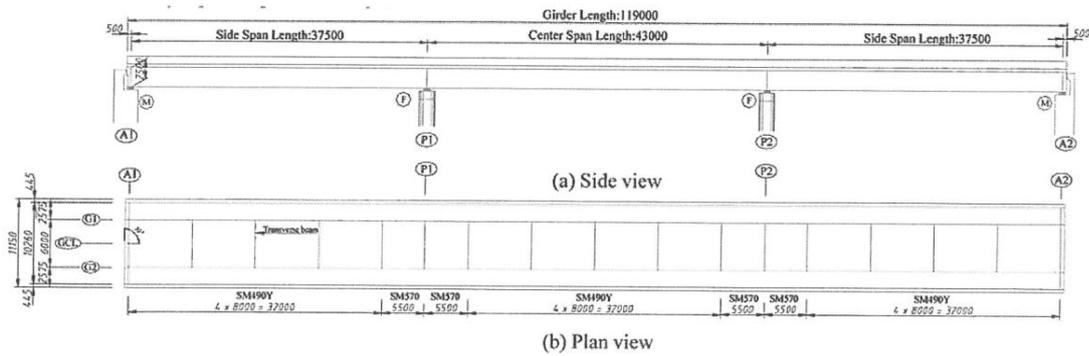


図-2 2主桁鋼コンクリート複合橋梁の平面図と側面図

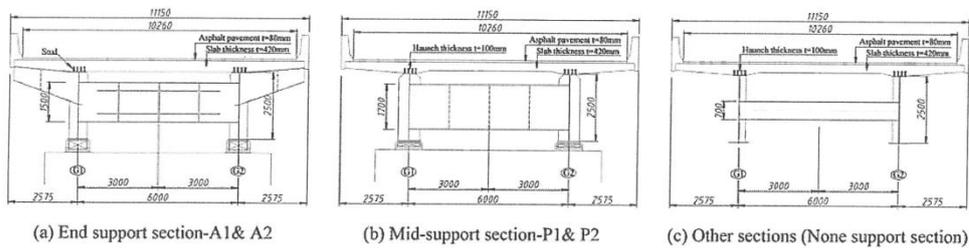


図-3 2主桁鋼コンクリート複合橋梁の断面図

2.3 解析モデルに作用する津波水平力

津波水平力は既往の研究より式(1)を参考にしている。

$$F_x = \frac{1}{2} \rho_w C_d v^2 A \dots \dots \dots (1)$$

ここに, ρ_w :水の密度(1,030kg/m³), C_d :抗力係数, v :水の流速(6.0m/s と仮定), A :被圧面積(m²)である。

3. 解析結果

津波水平力を橋軸直角方向から解析モデルに作用させた線形解析結果を図-3, 図-4, 図-5 に示す。

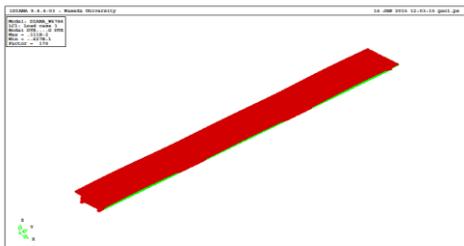


図-4 橋軸直角方向変形図

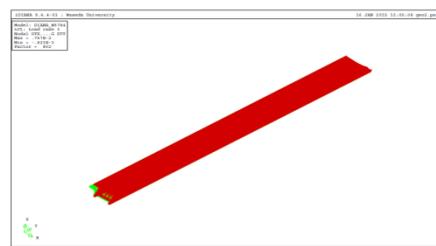


図-5 橋軸方向変形図

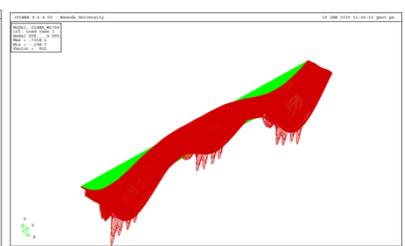


図-6 鉛直方向変形図

橋軸直角方向には最大で 0.0627m, 橋軸方向には最大で 0.00767m, 鉛直方向には最大で 0.029m の変位が生じた。

4. まとめ

津波水平力を橋桁に作用させた場合の変形は, それほど甚大ではなかったが, 支承部の応力が大きくなるため, 支承の破壊が考えられる。

参考文献

- 1) 渡辺昇：橋梁工学, 朝倉土木講座 11, 朝倉書店, 1974
- 2) 鷲津久一郎ら：有限要素ハンドブック I 基礎編, 培風館, 1981