

## 熱プレストレスなどの力学特性を活用した橋梁耐震構造の開発・研究

(株)神戸製鋼所 正会員 ○山口 邦彦 大阪工業大学 正会員 吉川 紀  
 福井工業大学 正会員 中井 博 (株)神戸製鋼所 正会員 永田 孝三  
 (株)神戸製鋼所 荻野 啓

### 1. まえがき

兵庫南部地震では、橋梁の支承が多数壊れ、大型橋梁に隣接する側径間部に、落橋事故が発生した。この大震災以後、橋梁は、免震支承の採用、主桁の連続化、および落橋防止装置の取付けを義務付ける方向にある。しかし、大型橋梁を含む全橋梁を網羅できる耐震システムは、未確立である。耐震性向上策の一つである主桁の連続化工法は、桁高、および桁位置が同一で、また等径間の単純桁が連続的に架設されている場合に多く採用されている。本研究では、斜橋、箱桁、あるいは異種橋梁など、特殊な場合の連続化の拡大を試みた。従来の主桁の連続化は、コンクリート充填横桁・熱プレストレス工法の活用などで、多少の拡大が可能であるものの、構造上、および施工性の制約で限界がある。そこで、本研究では、耐震対策として、可とう連結と、緩衝ばね連結とを新規に開発したので、以下でそれらを紹介する。

### 2. 熱プレストレスによる部材力の制御

主桁を連続化すると、活荷重が連続桁に作用するので、中間支点では、負の曲げモーメントが発生する。この負の曲げモーメントを制御するためには、図-1(a)、および(b)に示す2つの熱プレストレス工法が挙げられる<sup>(1)</sup>。

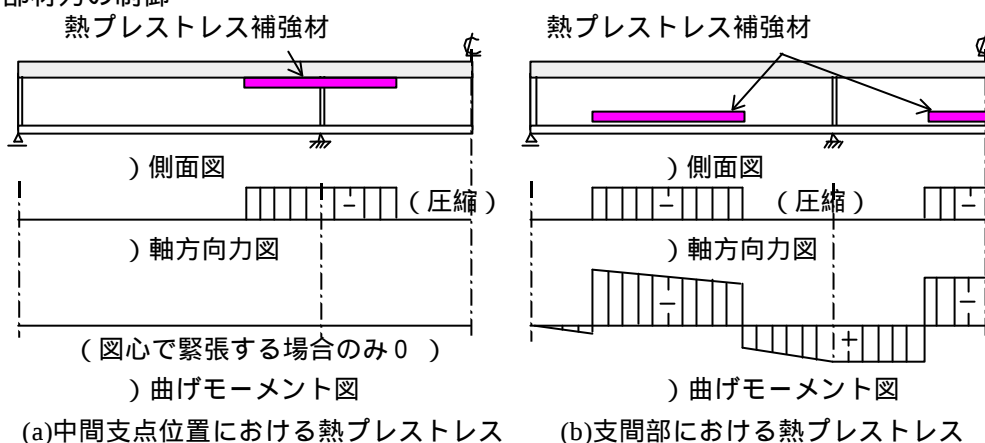


図-1 熱プレストレス付与位置の変化による発生プレストレス力の概念図

主桁連続化の連結部では、床版の鉄筋、および上フランジが連続していない。さらに、主桁の連結断面の僅少などから、床版のひび割れが、活荷重により成長する。このひび割れを防止するためには、プレストレスを導入する必要がある。また、後述の可とう連結、および緩衝ばね連結では、活荷重に対する構造系が当初と同じで、部材力の改善が見られない。とくに、荷重増の対策など、下フランジの補強が必要な場合は、図-1(b)の要領によって、支間部のプレストレス補強を行う。斜橋・曲線橋では、活荷重により、支点部にねじりモーメントが、また端横桁に曲げモーメント、および支承に負反力が生じ易い傾向がある。これに対し、支間曲げモーメントの大きい箇所では、熱プレストレス工法で、逆曲げ、および逆ねじりプレストレスを与えれば、支点部のねじりモーメントなどを打ち消すことができ、適切な連続化が可能となる。

### 3. 可とう連結

可とう連結とは、桁遊間の伸縮を許さないが、桁のたわみ角を許し、水平力を隣接橋梁に伝達する継手である。図-2 に示すように、桁端部には、開断面の水平連結梁を設け、主桁より離れた位置で、水平連結梁をボルトなどで相互に連結する。桁のたわみ角は、開断面梁のねじり変形で吸収する。この工法では、主桁の位置・形式が異なっても、連結が可能となる。また、床版連結部には、プレストレスが導入できる。この連結では、全主桁を連結する必要がなく、外桁側を必ず連結し、また中桁部を粗く連結して、橋軸水平面内

キーワード： 熱プレストレス、桁連続化、可とう継手、緩衝ばね、耐震装置

〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4-2-15 Tel : 078-261-7815 Fax : 078-261-7799

の断面係数を大きくすれば、多ケーブル構造に起こる可能性のある逐次破壊を防ぐことができる。

#### 4. 緩衝ばね連結

##### 4.1 桁遊間の制御

橋台と桁端間や、中間橋脚上で連結を行わない桁端間では、現在、桁の温度伸縮遊間・支承移動遊間を設けている。免震支承で、桁が衝突しない遊間を確保することは、理論的に解明できる。しかし、既設橋では、簡単に解決できない。また、一方で桁遊間を大きくすることは、走行面から好ましくない。現在の落橋防止装置は、支承が壊れてから有効に働くことにしている。ところが、反対側では、桁の衝突が先行する。そこで、図-3 に示すように、桁遊間には、衝突防止の緩衝ばねを設置し、桁を積極的に衝突させる。ばねは、圧縮ばねを基本とする。しかし、中間橋脚では、必要に応じ圧縮・引張共用ばね（ケーブル連結併用）として、水平力を分散させることができる。橋台を背面へ押す方が、受動土圧に対するパラペット耐力も大きく、下部工全体の安定度も増す。

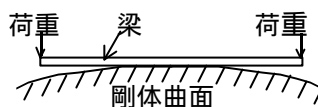


図-4 非線形梁の概念

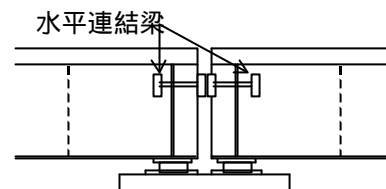


図-2 可とう連結の概念

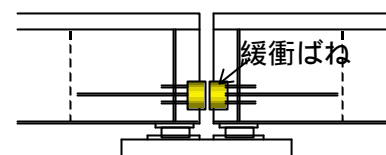


図-3 緩衝ばね連結

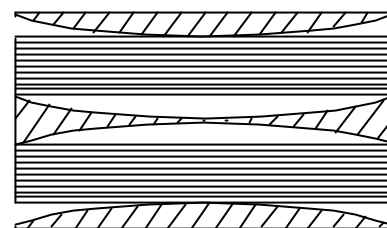


図-5 鋼板10枚重ね2段の板ばね

##### 4.2 緩衝ばねの種類

緩衝ばねの機能は、温度伸縮に対して変形し易く、地震に対してひずみ硬化型のバイリニャーなばねである必要がある。この性能を有するものとしては、沈埋函のゴムガスケットと鋼板重ね板ばねとが挙げられる<sup>(2)</sup>。鋼板重ね板ばねとしては、高性能化を図るため、図-4 に示す非線形梁が考えられる。ここで、梁は、荷重によってたわみ、剛体曲面に一樣な圧力を及ぼすものとする。梁を曲面に沿わせるためには、その曲面としては、等分布荷重を受ける梁のたわみ曲線<sup>(3)</sup>を採用する。結局、図-5 に示すように、凹レンズと凸レンズとの間に円板を挟み、ケーシングに入れ、これを圧縮するばねとする。なお、ばねの寸法・形状、および、ばね係数は、径、板厚、重ね枚数などを変化させ、載荷実験や、FEM 解析に基づき、自由に設定できる。例として、重ね板ばね、およびゴムガスケットの圧縮曲線を、図-6 に示す。図中、GINA はゴムガスケットの種類を、その他の数値は鋼板ばねの（径）×（板厚）×（板枚数）×（ばね段数）を意味する。所要のばね係数は、地震応答解析により決めることができる。

#### 5. あとがき

橋梁の耐震性の向上を図るため、ここでは、熱プレストレス、可とう連結・緩衝ばね連結を活用した新しい桁連結法を開発した。可とう連結は、異種桁の桁同志の連結化が可能となる。ゴム支承に大きなせん断力を期待することは、劣化などの面より、信頼性に欠ける。緩衝ばねを二方向に配置することで、応答変位を緩衝し、ゴムのせん断破壊が、防止できる。また、ゴム支承は、簡易な機能分離が可能となる。緩衝ばね連結は、フェイルセーフ的な落橋防止装置を不要とし、新設、および既設を問わず、橋梁の耐震性の向上に役立つものとする。

（参考文献）

- 1) 山口、中井、他：熱プレストレス工法による合成桁橋の開発・研究、鋼構造年次論文報告集第8巻、2000,11
- 2) 浜崎・清宮・南・山口：沈埋トンネル用の鋼製柔継手の力学特性、鋼構造年次論文報告集第4巻、1996,11
- 3) S,Timoshenko S,Woinowsky-Krieger:Theory of Plates and Shells, McGraw-Hill Book Company,Inc.,1959

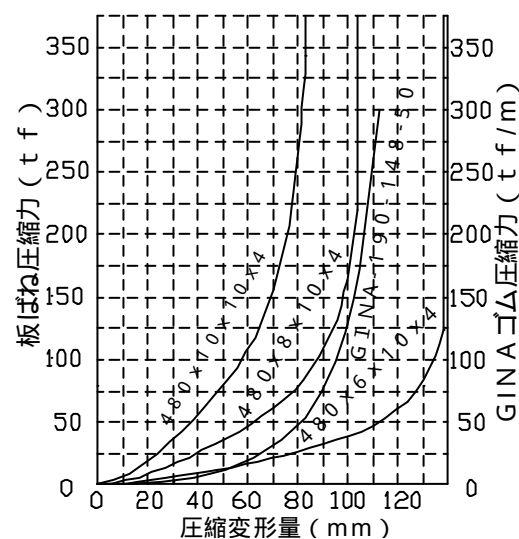


図-6 緩衝ばねの圧縮曲線