

はじめに 構造解析と建設技術の進歩にともなう、近年において建造される骨組構造物には次第に大型化していく傾向がみられる。これらの構造物はいずれも、設計荷重に対して十分な安全を見込み、建設および保守の上での経済性を合わせ検討した上で設計がなされてきたものと考えられる。しかるに、地震・台風等の自然力では設計条件を上まわるような状態が起こり得るわけであり、万一、このような不測の事態が発生した場合においても、構造物にできる限り崩壊に対して粘り強く抵抗できるような機能を備えさせておく配慮が必要なのではなかろうかと思われる。

また、我が国における既設の古い橋梁の現状を見るに、耐用年限を経過しているにもかかわらず地域的な交通事情との関係で架け替えができず、部分的な補修のみによって使用に供されているものが多い。これらの中には、長期間にわたる反復載荷による部材の疲労や、接合部の変形などが見られ、上記の新設される構造物の場合に比してはるかに危険な状態にあると言わざるを得ない。このような構造物に対しては、過大な荷重を受けて部分的な破壊が生じたとしても、系全体としては崩壊からまぬがれるような対策を講じておくことは、防災的見地からきわめて重要なことである。

本研究の構想 本研究では、ピアノ線やカーボンファイバー等の高張力強度特性を利用して、種々の応力・ひずみ特性を具備する引張材をつくり出し、これを骨組構造物に配置して部材応力の配分を合理化するとともに、構造物が強大な荷重を受けて主要部材の降伏を生じ、危険な状態になったとき、この引張材を有効に作用させて系の大変形に対して粘り強く抵抗できるような機構をつくり出すことを目的としている。構造物の節点間をこのような引張材で連結すると、ひとつの節点に作用する荷重を他の任意の節点にも分担させることができる。また、ある部材が降伏した場合にこの引張材が即座に作用して、系の崩壊をくいとめる効果のあることを、筆者の一人は平面トラス構造物の数値解析^①により確かめてきた。

骨組構造物は文字通りそのもつ骨格の強さによって外力に抵抗するものであり、構成部材およびそれらの結合部の強度が系全体の安全を支配する。

高等動物の体の運動は骨格と筋肉の相互作用で成り立っている。強大なまたは突発的な外力を頭脳が感知するとただちに各部の筋肉の引張力を調整して安定した姿勢をつくり出したり、最初の姿勢を保持することができる。各種の建設工事用の機械では、この筋肉に相当するものとしてワイヤロープが用いられ、人間が頭脳となってこれを動かしている。

骨組構造物においては、この筋肉に相当するものがピアノ線で代表される高張力引張材であり、従来は特定の方向のみから外力が作用するものとして、その場合に必要とされる筋肉のみを構造物に配置して、あらかじめ緊張することによって骨格部材の断面の節約をはかってきた。これがプレストレス構造における考え方である。

本研究では、骨組構造物の中に、通常の荷重条件に対してはあそんでいても、突発的な事態に対処して有効な作用をなしうような筋肉に相当する特殊な引張材を配置することが必要ではなかろうかということを提唱するものである。すでに、William Zuk^②は *Civil Engrg. ASCE Dec. 1968* において、塔状構造物の中に縦方向に *tendon* を配置し、その引張力を外力に対する *sensor* と連動する *jack* によって調整し、構造物の変形挙動を制御する構想を述べている。

解析の手法 解析は平面トラス構造物を対象として行なう。解析式は変形法によるものを用い、微小変形理論による。トラス部材については降伏点をこえた場合の材料の応力ひずみ特性を考慮する。引張材としては各種の応力ひずみ特性を有するものを用いる。荷重は漸増させて作用させる。トラスの主構造に対して引張材の配置方式を種々変化させてその効果を検討するわけであるから、剛性マトリクスを主構造によるものと付加引張材によるものとに分離した後合成する。^③

1) 吉沢：高張力鋼線によるトラス構造物の静的応答の制御に関する基礎的研究，土木学会論文報告集第227号，1974年 7月

2) 吉沢・斎藤：非線形特性を有する引張材による構造物の静的挙動の調整，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，1975年 1月

主構造系の剛性マトリクスは構成部材の方向余弦を要素とするマトリクス P 、各部材の伸び剛度を要素とするマトリクス S を用いて、 $P^T S P$ の内積でつくられる。 T は転置を示す。マトリクス S の要素の中の弾性係数の値は各部材の応力度が比例限度をこえた場合にはその時点での応力度に対応させて修正していく。トラスの各節点間に配置する引張材によってつくられる剛性マトリクスを付加マトリクスと呼ぶ。これは $P_W^T S_W P_W$ の形で得られる。 W は付加引張材を意味する添字である。 S_W の要素は引張材の伸び剛度であるから、それが圧縮ひずみを受けるときは0となる。荷重 B が作用する場合の系の節点変位 D は次の形で求められる：

$$D = \{ P^T S P + P_W^T S_W P_W \}^{-1} \cdot \{ B - P^T C - P_W^T S_W (L - L_W) \}$$

C は主構部材応力が降伏した場合の応力補正項、 $(L - L_W)$ は引張材のプレストレスの効果を示す。

計 算 例 図1は国道18号線の長野市内に架設されている丹波島橋である。すでに40年以上の年月を経過しており、交通過多のため破損がはげしく非常に危険な状態にあるが架け替えの予算もつかず、応急的な修理のみによっている。これに対して図2、3のよう

表1. 丹波島橋梁の補強効果（原橋に対する比）

	重量	V_1	V_{1g}	F_{13}	F_{16}	F_{34}
原 橋	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
補強 1	1.037	0.899	0.959	1.065	0.846	0.956
補強 2	1.032	0.966	0.964	0.944	0.944	0.906

な配置で引張材を取りつけてみたところ、表1のような結果を得た。この計算ではプレストレスは導入していない。各種の配置による効果は当日発表する。

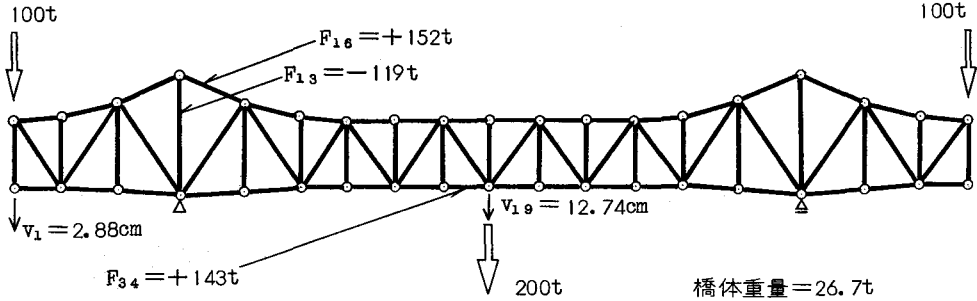


図1. 丹波島橋梁

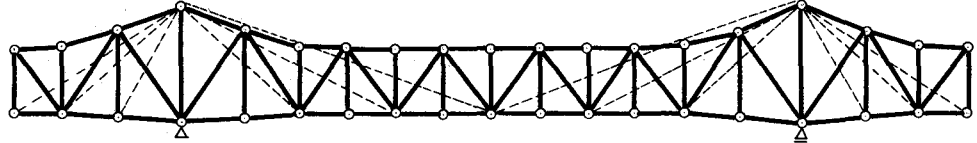


図2. 丹波島橋梁（補強形式1）

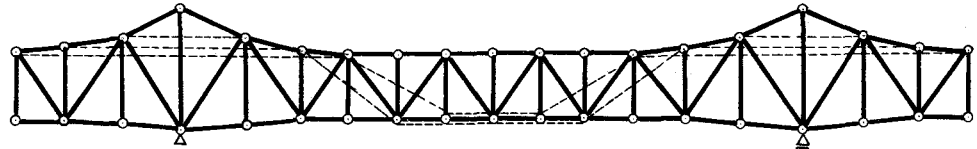


図3. 丹波島橋梁（補強形式2）

3) William Zuk: Kinetic Structures, Civil Engineering, ASCE, 1968