

正会員 吉沢 孝和 ○学生員 井村 立

構造物の補強と変形制御の意義 構造物の設計においては、いかにして安全性と経済性との均衡をはかるかが重要な課題である。与えられた荷重条件に対しては経済的な断面設計ができて、さらに一段階上の荷重条件に対しては部材断面が増大して不経済となる場合が多々ある。構造物に対して設計荷重以上の荷重が作用しないという保障はなく、仮りにこのような事態が発生した場合、いかにしてこれに対処するかは安全工学上重要な問題と考える。

従来、高張力鋼線は構造物の耐荷力と経済性をたかめる目的で、構造物の中に組み込んでこれに緊張力を与えているが、構造物の中に鋼線のような引張材を補強の目的で配置する場合、つぎの3つの方式に分けられる：(A)外力の作用前から緊張して構造物に初期応力を与える方式 (B)外力の作用と同時に鋼線にも引張力が生ずる方式 (C)外力が増加して構造物の変形がある程度進んでから鋼線に引張力が発生する方式。(A)の方式は在来のプレストレス構造であるが、後の二者は一見不経済で無意味な材料の使い方とも言える。しかしながら、構造物がますます大形化してくる昨今の情勢からみて、これらの構造物が社会生活の安全性に与える影響を考えると、万一不測の強大な外力を受けた場合をも想定して、可能な限りの安全策を講じておく必要がある。本研究は構造物の節点間を以下に示すような特性を有する引張材で連結することにより、強大な外力を受けた構造物の変形を最小限に食い止め、部分的な破壊は生じても、構造物全体が崩壊することのないような補強法を検討することを目的としている。

各種の引張材 従来、高張力鋼線は引張材として構造物の応力調整に用いられているが、その自重が大きいことと防蝕性にとほしいことが難点である。グラスファイバーは鋼線よりも軽量で防蝕性に富むが耐火性の面で難点がある。カーボンファイバーはこれらに比してはるかに軽量であり、強度、耐火、防蝕の面でもきわめてすぐれた特性を有し、防災的見地からの構造物の補強材として非常に望ましい材料であるが、現時点ではその価格が構造材料として用いようようなものでないため、製造面での研究・開発が期待されるものである。

非線形応力ひずみ特性を有する引張材 構造物の部分的な破壊が進行して系の不静定次数が減ずるにつれ、その構造物は変形しやすくなり、荷重・変形関係に次第に非線形性が現われる。このような挙動を制御する目的で構造物の節点間を結合する引張材は、その荷重変形特性を目的に応じて変えうるものであり同時に相当大きな伸びひずみの領域にわたって外力に抵抗することができるようなものでなければならない。本文では、長さかわずかず異なる多数の素線を一束にして端部を合わせて固定した組み合わせ引張材を考える。素線の中の本が降伏または破断しても他の素線は抵抗力を有し、また、その時点から新たに張力に対して抵抗するような素線も現われるため、大きな伸びひずみにわたり抗張力を発揮することができる。在来のワイヤロープもこのような引張材の特殊なものに属する。

各素線の初期長と断面積に適当な値をもたせることにより、種々の張力・伸び特性を有する引張材をつくり出すことができる。図1にその例を示す。この場合の素線は理想化した弾塑性材料とし、破断ひずみを設定した。

このような引張材を実用化するためには、素線群の端部の固定法、構造物の節点に取りつける場合の材端支持法、長さの異なる素線群の離散防止のための対策などの問題が残る。

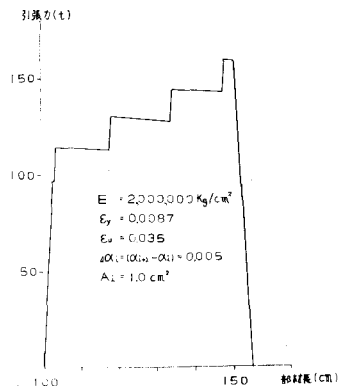


図1 非線形引張材の例

計算例 図2 (O) は2本の部材で構成されたトラスである。(B) はこれに鉛直方向の補強をしたもので、部材1, 2が外力によりある程度の変形を生じてから補強材に張力が発生するように設置したものである。(A) はこのような作用をなす補強材を各部材と平行に配置したものである。

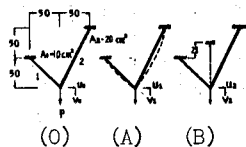


図2 トラスの補強形式

補強材は初期長がわずかつ異なる高張力鋼線を5本合わせて束にしたものを用いる。その応力ひずみ特性は図3 (A) にしたがう。トラスの主構材の応力ひずみ特性は図3 (B) のようなものとする。折線の要素に対して応力度の低い側から順に応力領域1, 2, 3, 4, 5と定める。材料の破断ひずみは主構材は0.015, 補強材は0.035とする。

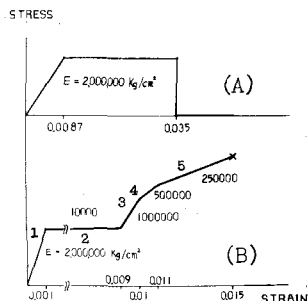


図3 各部材の材料特性

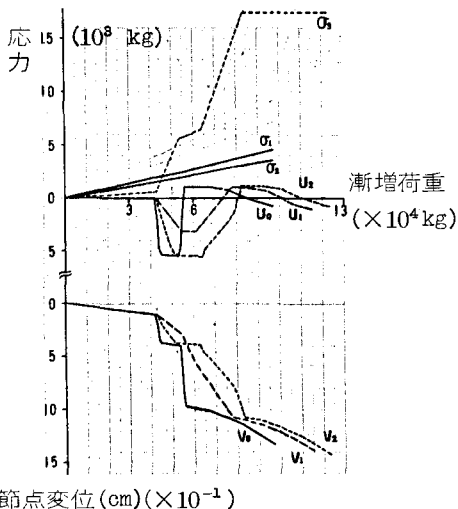


図4 漸増荷重に対する各系の挙動

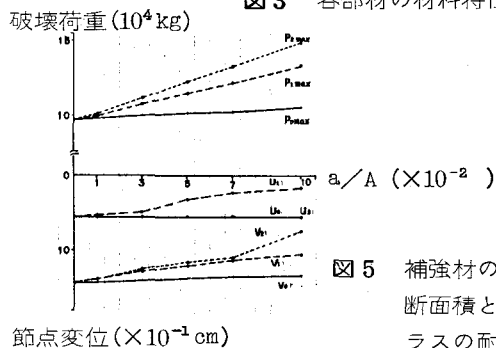


図5 補強材の総断面積とトラスの耐力調整効果

図4は図2に示した各構造系の節点に鉛直漸増荷重を作用させ、部材が破断するまでの挙動を追跡したものである。系(O) について： U_0 ＝節点水平変位， V_0 ＝節点鉛直変位， σ_1 σ_2 ＝部材1, 2の応力度である。荷重が43,000kgに達すると部材1が降伏して節点に大きな変位を生ずる。この変位により、降伏部材のひずみはひずみ硬化領域に達し、再び外力の増分を負担するが系全体の剛性は低下している。荷重が54,000kgで部材2が降伏し、前と同様の挙動の特性がみられるが、特に水平変位はこの時点までの変位方向とは逆方向にあらわれる。荷重が98,000kgで部材1が破断して系は崩壊する。系(A) は部材1, 2に対して補強材をそれぞれの断面積の5%ずつ用いたものであり、このときの変形挙動を U_1, V_1 で示す。系(B) は鉛直補強材の総断面積を主構材総断面積の5%としたもので、変形量を U_2, V_2 で示す。またこの系の鉛直補強材の応力度を σ_3 で示す。主構材の降伏と同時に応力度が急上昇することが分かる。主構材の降伏時における節点の急激な変形が、補強材を配した系では大きく緩和されている点に注目すべきである。

図5は系(O) の主構材の総断面積(30cm²) に対して、系(O) では主構材の断面積を漸増し、系(A) と系(B) では補強材の断面積を漸増した場合における各構造系が負担することのできる最大荷重の大きさ P_{max} を示す。添字 0, 1, 2 は系(O) (A) (B) に対応する。これによると、同じ量の鋼材を使用しても補強材として用いた場合、その耐力を著るしく増大させることが分かる。なお、図の下半分にはそれぞれの系が破壊に至るまでの間に生ずる節点変位の最大値を示した。