

ダンパーおよびテンドンを用いたトラス構造物の動的応答制御に関する基礎的研究

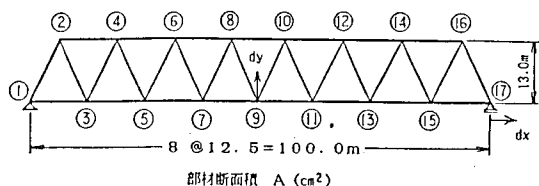
信州大学工学部 ○学生員 枝元 勝哉 正会員 吉澤 孝和

(はじめに) 地震時における橋梁の被害は、橋梁の上部構造の剛度不足が原因で破壊したという例は少なく、橋台もしくは橋脚の変形、支承部の破壊等が主としてあげられる。そしてこれら橋梁の下部構造および支承部の破損が起因して落橋といった大きな被害にまでおよぶこともある。

このような背景から、現在の橋梁に対する耐震対策は主として上部構造の落下という事故を防ぐことに重点が置かれ、そのための耐震装置も数多く設計されている。ダンパーなどはその代表的な例である。しかしこれらの制御装置の多くは、地震時のみにその効力を発揮するように作られており、静荷重や平常時の交通荷重等に対しては効果はほとんど期待できない。テンドンは本来、プレストレストコンクリート構造物の応力調整を目的として開発された高張力鋼線束であるが、これを鋼構造物の格点間に配置して張力を導入した場合も、静的作用荷重に対しては応力調整・変形調整ともに効果を発揮できる。本研究は静的応答制御用としてトラス構造物に配置したテンドンが、地震時における構造物の応答にどのような影響を与えるものであるかを数値実験的に検討するものである。

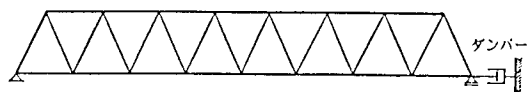
解析方法 解析に用いたトラスは、図1に示すようなスパン100mの単径間ワーレントラスである。(a)図が基本モデルで、所定の設計荷重に対して各部材応力及び最大たわみが所定の許容値以内に収まるように設計してある。(b)図は基本モデルの可動支承部に図2で示されるような特性を持つダンパーを取り付けたものである。(c)図はテンドンを下弦材と斜材の空間に取り付けたものである。静的応答制御からみた場合においては、下弦材テンドンは変形制御・応力制御ともに効果的である。これに対して斜材テンドンは主構造部材応力が降伏点以下の場合にはほとんど効果を示さないが、降伏点をこえた時点から制御効果を発揮するものである。ただしテンドンにプレストレスを導入した場合は降伏点以下でも効果がある。以上の各モデルに地震波を入力した場合の応答波形を図3以下に示す。入力地震波にはエルセントロNS成分を用い、応答解析は線形加速度法による。

解析結果と考察 図3以下に図1(b),(c)の各モデルに上記の地震波を入力した時の変位応答図を示す。各図において(a)はトラスの支間中央節点の鉛直方向の変位をあらわし、(b)は右支点(可動支承)の水平方向の変位をあらわす。また各図において、実線はダンパーまたはテンドンの制御が全くない場合(図1(a)の基本モデル)の応答曲線を、破線はいずれかの制御素子が付加されている場合(図1(b)または(c))の応答曲線をあらわしている。以下各図についての考察を述べる。

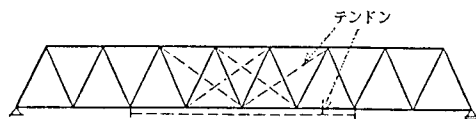
部材断面積 A (cm²)

4- 6, 12-14	473.7	6- 8, 10-12	595.5	8-10	636.4
3- 5, 13-15	375.0	5- 7, 11-13	535.1	7- 9, 9-11	615.6
1- 2, 16-17	319.2	2- 3, 15-16	313.0	その他	293.7

(a) 基本モデル



(b) ダンパー制御方式



(c) テンドン制御方式

図-1 トラスの解析モデル

図3はダンパー制御方式による応答曲線である。これは図1(b)のようにトラスの可動支承部の水平変位を制御する方式で、ダンパーの特性は図2で示されるものを用いた。応答曲線にみるようにダンパーモデルに関しては減衰作用による制御効果がよく観察できる。特にスパン中央部のたわみ(鉛直変位)に対する減衰効果に注目すべきであろう。このように図3の各応答曲線は、現在橋梁に用いられているダンパーの合理性をトラスの場合についてもよく示したものと言える。

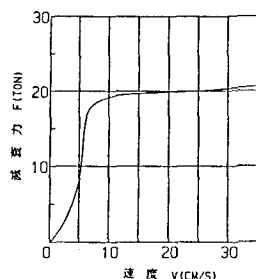


図-2 ダンパー特性

図4、5はテンドンによる応答制御の結果である。テンドンの配置

方式は図1(c)の下弦材の中央4パネルを通して1本のテンドンを取り付けたものである。なお、斜材の空間にテンドンを配置した場合の動的応答制御効果は非常に小さいという結果を得ているので、本文では省略する。図4の応答曲線において破線はテンドンを配置した場合を、実線は配置しない場合を示している。図5は配置したテンドンに地震力を受ける前から適当なプレストレスを与えた場合である。数値解析においてはテンドンは引張力のみに抵抗できるものとして取り扱う。

図4の応答曲線を見るとテンドンによる系の变形制御効果はほとんど期待できない。

図5のプレストレスを与えた場合の応答曲線では系に対する变形制御の効果が明瞭に観察できる。ただしこの場合の応答曲線には、ダンパーの場合のような減衰効果はみられず、変位振幅はあまり変化させずに応答曲線を変位の正または負の側に平行移動させるような形態がみられる。これは、ダンパーが運動エネルギーを外へ発散させるのに対して、テンドンの場合には運動エネルギーをひずみエネルギーに変換してそれ自体の中に蓄えるという特性に起因するものである。このことからテンドンの張力調整の如何により動的応答制御に逆効果を与える場合があることを考える必要がある。

今後の課題 本報告の数値解析例は受動的応答制御である。すなわち構造物の变形または变形速度を利用してテンドンまたはダンパーという制御素子に制御力を発生させる方式である。ダンパーの場合には受動方式でもかなりの効果が期待できたが、テンドンの場合には能動的応答制御方式を検討する必要がある。これは構造系の応答の状況をチェックしながら外力の変動に対応させてテンドンの緊張力を調整し、パルス的な調整力を構造物に与えるものである。能動的応答制御については現在検討中である。

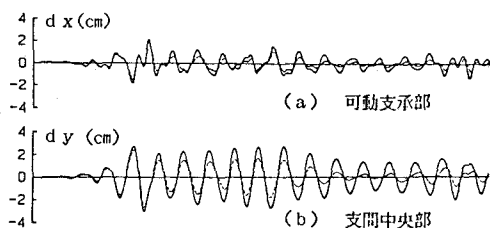


図-3 ダンパー制御方式

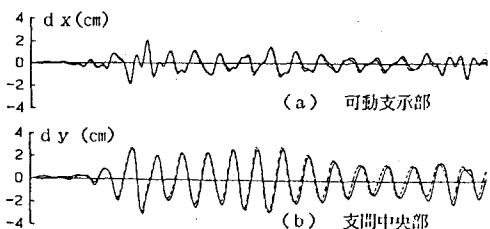


図-4 テンドン制御方式(プレストレスなし)

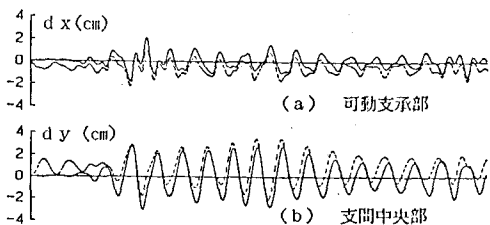


図-5 テンドン制御方式(プレストレスあり)

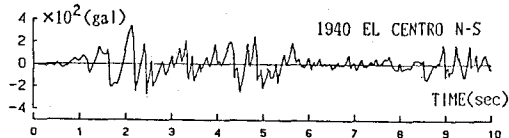


図-6 入力加速度