

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 二反田 章

構造物の応答調整 近年, ASCE 誌上において構造物の応答調整に関する研究が次第に多く報告されるようになってきた。特に 1978, ST, EM に数編の論文を見ることができる。このような研究が必要となってきた背景には, 高張力鋼を代表とする新しい構造材料の出現により, 構造物が軽量化するとともにフレキシブルなものとなつたため, これを使用する人間に対して不安感または不快感を与えるという問題がある。即ち, 設計荷重に対して構造物は力学的に安全であつても, 使用者が十分安全にかつ快適に利用できるものでなければならないという点に関心が集められてきたわけである。

このような考え方の必要性は当初, Zuk (1968) 及び Yao (1972) によつて論じられたがいずれも概念的なものであつた。その後具体的な構造物を対象とした研究がなされるようになり, Martin (1976)らは高層建築物について, また, 1978年には, Yang ら, Ung らが高層建築物について, Rohman らが梁と高層建築物について, structural control という主題の下に理論的な研究を行つている。これらの研究の内容を要約する。

【1】構造物の応答調整は, 剛度, 形状, 重量を組み合わせた問題を解くことになる。現段階での制御理論は試行錯誤法・最適制御法・モード制御法に分類される。

【2】変位の調整は主として構造物の安全性に関係し, 加速度の調整は人間の感覚に大きく関連する。

【3】応答調整のパラメータとしては, 質量・剛度・制動があげられる。その作用をなす構造素子として, 補助質量・スプリング・テンドン・ダンパー等がある。

構造物の応答調整を行うためには構造物の中に配置した制御素子を作動させなければならないが, その方式は次のように分類される:

【受動的制御】 制御素子の作動に必要なエネルギーを構造物の変形または加速度から供給させるもので, 経済的ではあるが制御効果は低い。これは計測制御問題における一種の開いたシステムである。

【能動的制御】 構造物に対して適当な位置に配置したセンサーが外乱を感知して制御機構を作動させるも

ので, 作動のためのエネルギーは独自につくり出さなければならない。これは閉じた計測制御機構即ちフィードバックシステムである。効果的な制御ができるが, 地震・台風等に備えて常時エネルギー供給の体勢を整えておかなければならないので, 実用化の上で問題がある。

我が国においても, 構造物の応答調整に関する研究は独自に進められている。小堀ら (1974)は, 道路橋及び歩道橋の振動とこれが人間の感覚に及ぼす影響を調査し, その結果から人間工学的な評価を加えた歩道橋の設計法を示した。松本ら (1977) は機械防振のダイナミックダンパーを歩道橋に応用した。つり橋の防振に関しては, 倉西 (1967)はダンパーを応用している。

ここで, 構造物の応答制御に関する各種の研究をみたとき, 実現の可能性に注目すれば次のことが言える:

【1】効率は低いとしても受動的制御が実用的である。

【2】構造物に対する使用条件は非常に複雑であるから, これを使用してしながら各部の剛度を調整できるような機能を与えておくことが望ましい。

本研究は, このような立場から, 既設の構造物の変形挙動を調整することを考究するものである。制御素子としてはテンドンを用いる。テンドンは, ピアノ線で代表されるように, 引張力のみに抵抗できて他の外力には何らの抵抗を示さない材料である。これを構造物の節点間に配置して種々の緊張力を与えることにより, 過大な外力の作用に対する変形がいかに調整できるかを検討する。斜張橋ケーブルのプレストレス調整, 鋼構造物へのプレストレスの導入等の問題も本研究の解析理論に含まれるものであるが, 本研究で用いる緊張材の特長は, 伸びに応じて抗張力が任意に変化するような非線形引張材を用いていることである。これは初期長にわずかな差をもたせて組み合わせた引張材であり, ワイヤロープよりもはるかに非線形性の大きなものである。近年, 強度, 耐食性等で鋼材よりもはるかにすぐれた特性を有するカーボンファイバーが経済的に生産されるようになってきているが, これが土木材料として利用できるようになれば, このような非線形引張材の作成も容易となる。以下, 平面トラスを補強した場合について, 数値解析により考察を述べる。

計算例と考察 例として5パネルの平面トラスを考え
る。図(1)の(O)型トラスの荷重 P_1 のみ
を漸増していった場合、80tに達すると圧縮材の座屈
を生じ、使用できなくなる。そこで、部材接合部等は
十分な強度を有するという仮定の上で、橋体の全重量
は一定とした上で、引張材の断面積を減じてこれを圧

縮材及びテンダンの断面積にまわして、(A)(B)(C)型の力学
系を考えた。これらの系では漸増荷重が150tに達して
も、部材の座屈または降伏は生じない。このような条件
の下で、テンダンの配置形式及びその張力を調整して
たわみをできるだけ少くおさえることを考えてみた。解
析は大変形理論による。また各力学系における諸数値は

表1 各力学系の諸数値

CROSS SECTIONAL AREA

COMPRESSION MEMBER	150.0 (cm ²)
TENSION MEMBER	50.0 (cm ²)
WEB MEMBER	100.0 (cm ²)
STIFFENER	
TYPE (A)	8.3 (cm ²)
TYPE (B)	8.3 (cm ²)
TYPE (C)	12.5 (cm ²)

MEMBER LENGTH

MAIN MEMBER	10.0 (m)
STIFFENER	
TYPE (A) P.S.	30.0 (m)
TYPE (B)	(0.9990%)
	(0.9995%)
C.T.M.	10.0 (m)
	(1.0015%)
TYPE (C) P.S.	10.0 (m)
	(0.9998%)
C.T.M.	10.0 (m)
	(1.0015%)

P.S. : PRE-STRESS MEMBER

C.T.M. : COMBINED TENSILE MEMBER

表1に示した。()内の%の前の数字は無載荷時の節
点間の距離とそこに結合するテンドン(stiffener)の
長さとの比であり、1以下の場合には系にプレストレス
が導入されることになる。C. T. M.は長さの異なる2本
以上のテンダンを節点間に配置する場合を示す。

漸増荷重に対する各々の系の上弦材の中央節点のたわ
みを図2に示した。図ではあまり明確でないが、補強系
(A)(B)(C)においてはいずれも荷重の増分に対するたわみの
増分は、荷重値の上昇とともに減少していることが分か
る。そして、引張材の応力度が降伏点以内という条件の
下では、最初からプレストレスを導入したものがたわみ
を少なくするだけの目的からは最も効果的なことが分かる。
しかしながら、(O)型のような系は引張部材に降伏が生じ
た後において、強大な荷重の作用の下での構造物の変形
挙動を制御する場合に効果を示すものである。従つて、
どのような荷重領域に対して構造物の応答を制御するの
かを定めた上で、とり組む必要がある。

今回示した補強系はいずれも施工の可能性を前提とし
て選定したものである。

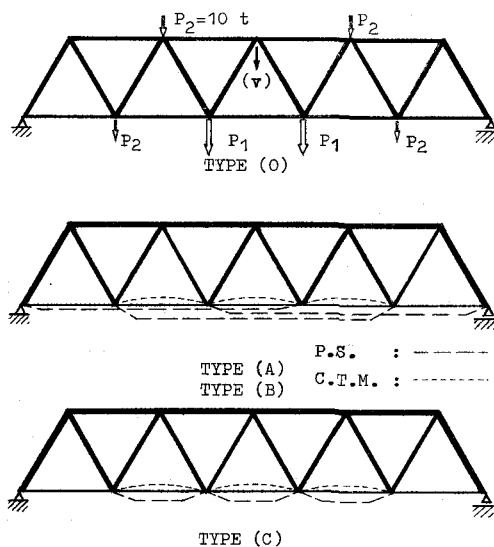
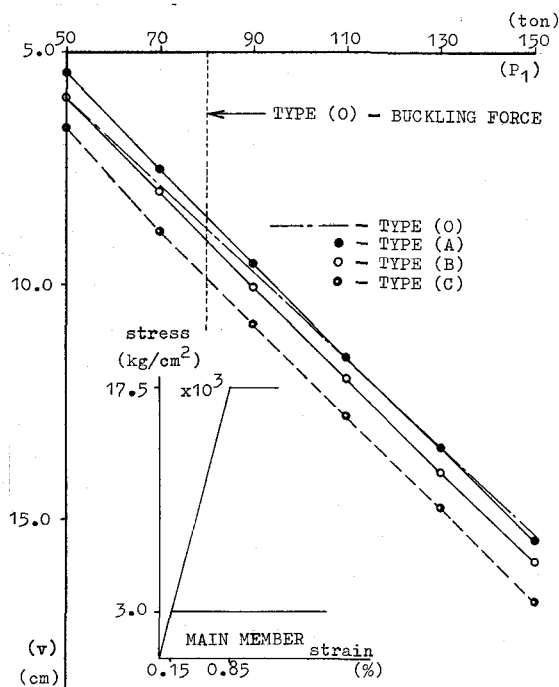
図1 テンダンによる5パネルワーレントラスの
各種補強形式 (全重量一定)

図2 各種補強系に対する上弦材節点たわみの比較