

工学博士武藤清君の「耐震構造に関する研究」に対する授賞審査要旨

武藤清君は、東京大学卒業直後の構造物振動論の研究にはじまり、以後東京大学の助教、教授として四十年におよぶ研究生活を通じ、その百数十篇の論文にも見られるように、終始一貫耐震構造に関する理論的、実用的研究を続け、昭和三十八年世界の地震国によつて新らしく組織された国際地震工学会の初代会長に推薦された。さらに昭和三十八年七月、ユーゴスラビアのスコピエにおける大地震にあつて、ユーゴ国からの要請により都市移転及び建物復旧の問題につき直接現地を視察、今後の対策を決定するなど今日この方面の世界的指導者である。

武藤君の研究は昭和三十八年七月出版された『耐震計算法』によつて代表され、この研究に基づいてわが国の一般建築物の耐震計算法の組織的体系が確立され、また、最近武藤君の推進した強震計、耐震計算用電子計算器（SERAC）などを活用し、将来建設されるであろう新しい種類の構造物の動的耐震設計法の方角まで示したものであつて、これらの研究は、今日わが国の耐震工学の水準を世界の指導国たる地位に高めたものである。

この著書の内容は、複雑な建築物に地震力が加わつた場合にその力が骨組の中をどのように流れるか、また、どのような撓みを起こすかを力学的に計算する方法を明らかにしたものである。建築物としては、鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの近代的構造の高層ビルのものでを対象とし、骨組としては梁、柱からなるラーメン構造とともに、これに併わせて複雑に耐震壁が配置されたものまでを含んでいる。その計算法は、この方面のわが国の先覚者によつて提案された剪断力分布係数の概念を数理的に発展させ、これを縦横に使用することによつて具体的な略算形式にまで発

展させたもので、この方法は現在建築界の標準計算法としてあまねく利用されているばかりでなく、広く海外にまで普及しているものである。

この計算法によつて設計された骨組については、その撓み量の係数である剪断力分布係数から建物の振動周期とその振動形が直ちに計算でき、さらに武藤君が最近開発したSERAC電子計算機にこれらの係数を導入することにより建物の塑性による影響をも取り入れ、実際の地震で観測された地動と同一波形の地震が大小種々の加速度で建物に作用したときに起こる振動を追跡し、如何なる地震で如何なる程度の被害が起こるかを知らることが出来る方法も示している。

本書に収められた内容は、すでに次のような形で発表され、耐震設計の実用に供された基礎をなす研究の集大成である。その大要を述べれば

- (一) ラーメンの特性の研究結果からまとめた「水平力をうける矩形ラーメンの略算法」は昭和八年（一九三三年）以来日本建築学会鉄筋コンクリート計算規準に採用され、ラーメンの耐震計算の標準法として実際の設計に実用されてきた。
- (二) 昭和二十六年（一九五一年）ラーメン、壁式ラーメン、耐震壁等に関する武藤君の計算方法をとりまとめ、D. W. Butler 氏と共著の「Lateral Force Distribution Coefficient and Stress Analysis of Walled Frame」を出版し世界の研究者に配布し海外の利用に供した。

(三) 昭和二十九年（一九五四年）建築学大系第一四巻「構造設計法」を刊行し、主として耐震設計法に関する著者

の応用的研究をとりまとめ、また新たに耐震計算基準（一九五四年）を作成してラーメン、壁式ラーメン、耐震壁などを含む建物の計算法の組織化を図り、一般の実用に供した。

(四) 昭和三十一年（一九五六年）、前記基準に改訂増補を加え、“Seismic Analysis of Reinforced Concrete Buildings (1956)”の題名で米国で開催された第一回世界地震工学会議に発表し、広く世界に紹介されるに至った。

(五) その後、塑性を含めた解析法や逆三角分布の地震力をうける場合のラーメンの略算法を開発し、世界各国の耐震規定に合致する計算として発展させ本著に収めた。

(六) 建物の高さ制限撤廃によりわが国においても将来実現可能になった超高層建物の耐震設計に関して示唆を与えた。

(七) なお、これらの内容はユネスコによる国際地震工学研究所 (International Institute of Seismology and Earthquake Engineering) で毎年講義されている。

なお、この他

(八) 昭和三十七年（一九六二年）イギリス王立機械学会よりの招待講義として日本に建設されたコールドーホール型原子炉の耐震設計について武藤君の理論を説明した。

次に本書の内容を概説する。

『耐震設計法』

第一章 総論

まず建物に加わる地震力の力学的取り扱いについて述べ、日本及び米国の耐震建築法規における震力規定について比較説明し、現行の耐震設計法について述べた。なお、国内における強震観測の体制及びS M A C強震計による観測結果を紹介し、また実際の強震加速度記録を用いその加速度に対して建物がどのように揺れるかを解析するいわゆる応答解析の一例として、強震応答解析器(S E R A C)による一〇階建鉄筋コンクリート造ビルディングの応答演算例について述べ耐震の実相と計算との関係を論じた。

つぎに地震力に対する構造要素として、ラーメン、壁式ラーメン、耐震壁及び筋違入骨組を考え、各々についてその力学的特性の概略を述べた。

第二章 分布係数による解法

骨組の各耐震要素(ラーメン、壁など)に水平力が作用する場合、各耐震要素の剛性(単位水平変化を起こすに必要な剪断力)を共通単位で表わし、これを剪断力分布係数と呼び、これに応じて外力を分配する基礎理論を述べた。

第三章 簡単なラーメンの解析

前章で述べた剪断力分布係数の意味をさらに明確にする目的で、簡単なラーメンに水平力が加わる場合についての計算方法を示した。

第四章 多層ラーメンの曲げモーメントの特性

多層ラーメンに水平力が作用する場合の曲げ応力について、無限均等ラーメンの柱一本分の骨組の性質を基調と

して、三モーメント式を誘導し、最上層・最下層の境界部分の影響を波及手段によつて修正する方法を示すと同時に、荷重分布が集中荷重、等分布荷重及び逆三角形荷重などの場合について、それらがラーメン柱の反曲点位置に及ぼす影響を検討した。また梁剛性、層高が種々変わった場合について、柱の反曲点位置の特性をも明らかにした。

第五章 多層ラーメンの撓みの特性

多層ラーメンに水平力が作用する場合の柱のかたむきはやはり曲げモーメントと同様に三項式で表わされることを示し、集中荷重、等分布荷重、正弦形荷重などの場合を比較して、荷重分布との関係を明らかにすると同時に剪断力分布係数をもつてラーメンの変形と応力との連関を表わしその特性を検討した。

第六章 変断面材をもつラーメン

変断面材をもつラーメンの解法に当たり、弾性体からなる接合部が如何なる撓角性を示すかを実験し、ラーメンの接合部、特にハンチがある場合の実用的解決として剛域による処理法について述べた。また、剛域を有するラーメン解法を論じ、剛域を有する一スパン多層ラーメンの曲げモーメント及び反曲点高を有限差分方程式を用いて解析し、図表によつてその数値を示した。

第七章 壁式ラーメン

大開口の厚い壁をそのまま梁、柱として作用させ、地震力に抵抗させる壁式ラーメンは柱、梁のせいが大きいために普通ラーメンの解法をそのまま適用することができないので、この壁式ラーメンの解法に必要な「剛域及び曲げ剪断変形を考慮したラーメン解法」を詳述した。

第八章 耐震壁の変形の特性

独立多層耐震壁の変形を剪断変形、曲げ変形、基礎の回転による変形および基礎の移動による変形の和として表わし、特に多層のものにおいては低層のものと比較して上層において曲げ変形が支配的となつて剪断力負担が著しく低下することを指摘した。ついで壁体にラーメンが隣接した場合の解法を種々の境界条件について概説した。

第九章 開口のある耐震壁

一般に耐震壁に開口がある場合には、その計算法として(一)小開口の場合には開口周比による剛性低下率を採用し、(二)大開口の場合には剛域等を考慮したラーメンに置換して曲げ、剪断、剛域を考慮したラーメン解法によつて計算し得ることを示した。また種々の開口を有する耐震壁のゴム模型実験結果について述べ、上述の計算法の合理性を証明した。

第二〇章 耐震壁の境界効果

一般にラーメンに接続する耐震壁の壁体とラーメンの境界部分の応力、変形はかなり複雑な解析的問題となつてくる。この章では種々の形式の壁体骨組について、その境界効果の解析手段を述べると同時に、次第に高層化していく建築物の耐震設計に当たつての壁体利用の合理化についての資料を提供した。

第二一章 床板変形と応力解析

床の変形が各耐震要素の横力分布に及ぼす影響について詳細に検討した。すなわち、一層建物について床板変形の影響の基礎的な検討を行ない、ついで高層に及び、さらに設計上遭遇する各種の壁配置の場合について中間部分

のラーメンの負担剪断力の補正計算法について述べた。

以上各章における壁体の剛性はいずれも剪断力分布係数の形に統一され、ラーメンと並用した場合の剪断力分布及び変形を容易に計算できる形に整理されている。

第二章 耐震計算規準

これは本研究の応用的結論ともいうべきもので、以上検討した各種耐震要素の力学的特性をとりまとめ、これらが建築物を複雑に構成する場合の耐震計算法の標準化を試みたものである。地震力は床の位置に集中して作用するものとし、同一層の柱、壁の撓みは相等しいという仮定に立ち、また各層の剪断力は、その構造要素（ラーメン及び壁）の剛性に基づいて算定された剪断力分布係数に比例するものとし、これによつて求められた剪断力を基にし、これに建物の振れ、床の変形等の影響を加味して、ラーメンその他の応力を算定するものである。

なお、海外諸国に適用する意図のもとに、新たに水平方向に逆三角形荷重分布を受けるラーメン柱の標準反曲点高の表を附してその利用に便じた。

第三章 計算例

著者の耐震計算規準によつて地上二四階地下五階の試作高層ビルについての計算を例示し、またその結果をそのまま利用して振動解析を行なう方法、また電子計算機（SERAC）に移して強震烈震時の弾塑性反応を求める方法を示した。

以上この著書の内容はそのままわが国における耐震設計法の発達を示すもので、極めて複雑な耐震設計理論を統一ある形にとりまとめこれを新らしい構造物にまで推し進め、さらに一般技術者が使いやすい設計法の形にまで整理し、広く技術者の利用に供したもので世界における耐震構造の発達に大きく寄与するものである。