



## 建築工学科第2講座(鈴木研究室)

鈴木 計 夫\*

### はじめに

建築工学科第2講座(建築構造学)は建築物を構造的な面からとらえた教育と研究を行うことを目的として昭和22年構築工学科の新設とともに設けられた。昭和41年にはこの構築工学科が拡充改組されて土木と建築に分かれたがそのまま建築の第2講座として現在に至り構造材料学、鉄筋コンクリート構造学、プレストレストコンクリート構造学等の教育と研究を行っている。

本研究室の現在の職員構成は、鈴木計夫教授、大野義照助手、中塚佑助手、中川隆夫技官、三浦加代子事務補佐員の5名であり、また当研究室所属の学生・研究生数は、大学院後期(博士)課程学生1名(タイ国留学生)、前期(修士)課程2年学生5名、1年学生2名、学部学生11名および研究生1名の計20名である。

われわれの周囲には、建築物はじめ種々の構築物に広くコンクリートが用いられているが、日本も含めて世界各地で発生する大きな地震によって、コンクリート構築物の様々な被害が今以って報じられている。

当研究室の目下の目標を一言で表現するならば、必要な耐久性と使用性を供え、大地震時にも充分安心してその中に居れる合理的かつ経済的なコンクリート構築物を創り出し、全世界に広めることである。以下に、現在行っている主要な研究の内容と特徴を要約した。

### 1. コンクリートの単軸圧縮、曲げ圧縮時の応力度—ひずみ度曲線に関する研究

すべての構築物はその素材の応力度とひずみ度との関係がその力学的挙動の基本をなすとして扱われる。コンクリートも同様ではあるが、最大応力度以後のいわゆるひずみ軟化域の性質は、その急激な破壊性状故に測定が困難であっ

たことやコンクリート部材の変形よりも耐力性状に研究の重点がおかれていたこともあって、コンクリートの研究の歴史は古いにも拘らず明らかにされていなかった。このひずみ軟化域の測定には試験機の剛性を極端に大とするか素早く油圧を下げるかすればよいが、それには多大の費用(例えば1000万円程度)が必要となる。当研究室では以前の本誌\*にも報告したように高強度の鋼材を数本試験体に並列に配置してひずみ軟化域の剛性の減少を補足するという極めて単純明快なまたその費用も僅か数万円で済む方法を開発し、以来10余年この領域を主対象としたコンクリートの全応力度—ひずみ度曲線の研究を行ない多くの成果を得ている。

しかし、やはり、柱等実際のコンクリート部材では上記のような単軸圧縮状態ではなく曲げ圧縮の状態にあるので、単軸圧縮状態の性状を基本とし、これが種々の曲げ圧縮の性状へ如何に遷移して行くかの研究が必要とされる。この曲げ圧縮に関する内外の研究では、地震荷重に対応するくり返し载荷が極めて困難な2点载荷法を採っているので、試験体および装置の大幅な改良による1点载荷法を考案してこれを解決し、同時に前記単軸圧縮の場合と同様補剛材を添えて従来不可能であった曲率軟化域の性状説明を可能とした。これによって曲げ圧縮状態での応力度—ひずみ度曲線の性状のほか、部材軸に沿う破壊領域の大きさやひずみの再分配の状況等、多くの新しい知見を得ている。

### 2. 大変形能力をもつコンクリートに関する研究

コンクリートは引張に弱いが圧縮には強いとよくいわれる。しかしその圧縮に対する強さも

\*鈴木計夫(Kazuo SUZUKI), 大阪大学, 工学部, 建築工学科, 教授, 工学博士, 建築構造学

\*鈴木計夫; コンクリートの変形能力とその改善;  
生産と技術 Vol. 30 No. 1, '78新春号

一旦破壊が始まると脆い壊れ方となる。実際のコンクリート部材では鉄のねばり強さがよく現われるような用い方をしてはいるが、コンクリートの脆さはそのまま残されているのでくり返し荷重などの特別な荷重条件ではねばり強い管の部材も脆くなりやすい。

この研究はコンクリート部材中のコンクリートそのものをねばり強いものとするために、圧縮力を受けるコンクリートを円形のスパイラル鉄筋で囲んでその内部を三次元応力状態としたもの、すなわちコンファインドコンクリートについての研究であり、前記の報告\*にも述べているようにこのような簡単な補強によってコンクリートの耐力や特に変形能力およびくり返し荷重に対する抵抗性が変革的に改善される。大地震時のコンクリート構造物を破壊から守る最も有効な手段は、柱、はり等のコンクリート部材の変形能力を充分大として地震エネルギーを楽々と吸収出来るようにすることであり、そのためにはこのコンファインドコンクリートの利用が最も効果的であり、簡単かつ安価である。実際の部材への応用と研究については後の4項に述べるが、補強方法を種々に変えたコンファインドコンクリートの単軸圧縮および曲げ圧縮状態時の応力度とひずみ度との関係、および寸法効果等につき興味ある知見が得られている。今後はくり返し荷重時の性状にも焦点をあて、また長方形補強の効果とも関連させて幅広く深く研究を行ってゆく予定である。

### 3. プレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) のひびわれ、クリープ挙動の研究

プレストレスト鉄筋コンクリート構造 (PRC 構造ともいう) は、鉄筋コンクリート (以下 RC と略記) とプレストレストコンクリート (以下 PC と略記) を両極端としてこれら両者をつなぐ中間の位置にある新しい構造である。われわれの周囲にある大多数の建物は RC 構造であるが、10m 程度以上の柱間隔とするのは難しい上、そのコンクリートの半分は断面に生じたひびわれのため構造設計上利用できず無駄なものとなっている。他方 PC 構造はすべてのコンクリートが有効利用され、柱間隔も 40m

程度まで可能であるが、経済性などに難点がある。PRC 構造は建物の耐久性、使用性に関するひびわれ幅やたわみのほか経済性などに対する RC, PC 両構造の得失を巧く調整できるものであり、従って鉄とコンクリートの材料特性を最も効率よく生かすことができ、その結果設計上の自由度も拡大される上、経済性への配慮も可能となるので最近特に強く関心が持たれ、実施例も増えて将来の飛躍的発展が見込まれている。この PRC 部材の性質を特徴づけ、また実際の設計上の重要な指標となるのは、常時使用状態時に生じているひびわれの幅である。

この幅が小さければ PC 構造に近づき、逆に大きければ RC 構造に近づくことになる。従ってこのひびわれ幅をより正しく算定することが設計上のかなめとなるが、従来よりコンクリート部材のひびわれ幅に関する研究および算定のための提案式は多かったにも拘らず適用範囲や精度および複雑さなどのために実用設計上有用な算定法はなかったといつてよい。

当研究室では、従来より提示されている種々の算定式をその適用範囲、正確さ、使いやすさなどの諸点から充分検討し、内外の実験データに基づいた検証も行って RC に対しても可能な極めて適用範囲の広い、新たな算定式を導き、またそれに基づいた簡便な計算図表を作成して即座に実用上十分な正確さでひびわれ幅を算定できる方法を開発することができた。これは内外に例を見ない方法であって、このたび新しい規定として日本建築学会から発刊される同構造の設計施工指針において採用されることになっている。

一方コンクリート構造物におけるひびわれの発生およびその幅が問題とされるのは、建物の美観が損われることはとも角として、ひびわれから浸入する雨水や湿気による鉄筋の発錆、すなわち建物の耐久性が低下するためであり、したがって部材表面のひびわれ幅、およびこれと内部特に鉄筋近傍のひびわれ幅との関係、さらにはその幅と発錆および耐久性との関係などを明らかにすることが必要となる。この点に関する新しい手法を用いた研究も昨年より着手し、新しい貴重なデータが得られている。

#### 4. プレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) の破壊終局域の挙動に関する研究

大地震時においても、コンクリートの建物が人命にかかわるような崩壊を生じないようにするためには、大変形のくり返し荷重に対してもねばり強く抵抗するコンクリート部材を作る必要がある。当研究室では従来の RC 構造および PC 構造において採られて来た手法には 把われず、というよりも従来内外で行われている方法では根本的に限界があり、無理であると断じて前報\* のように円形のスパイラル補強をしたコンファインドコンクリートを建物の要所に効果的に利用することを基本方針として種々の研究

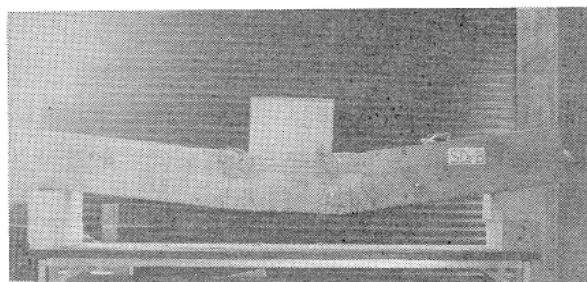


写真1 曲げ圧縮側（上側）をスパイラル補強したはりの曲げ試験結果——大変形の状態を示す。

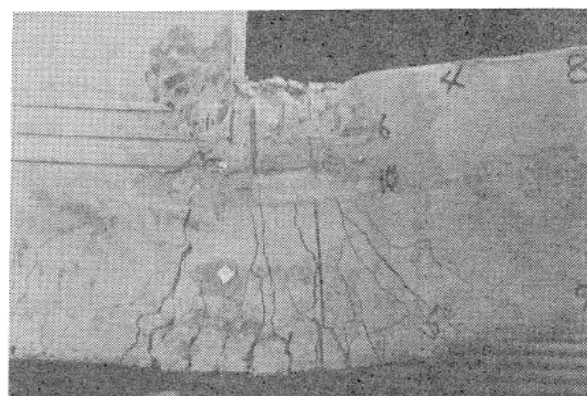


写真2 写真1の大きく湾曲した部分のクローズアップ

を行っている。具体的な利用の方法としては、架構骨組の主要部材であるはり材に対しては塑性ヒンデとなる部分の曲げ圧縮側に円形スパイラル補強を行い、また柱材では全長に亘り全断面をスパイラル補強することになる。

研究は目下はり材を対象として実験と解析の両面から終局域の挙動としての曲げモーメント (M) と曲率 ( $\phi$ ) との関係を系統的に明らかにするべく行っており、多くの貴重な成果が得られているが、この研究の大きな特徴の一つは、上記 M- $\phi$  関係において最大 M 点を以って破壊とせずそれ以後に現われる曲線の下り勾配部分、すなわち曲率の軟化域をも部材の設計法の中に積極的に取り入れようとしている点である。

コンファインドコンクリートの利用はそのための手段であり、また曲率軟化域の大変形領域に物理的にも明確な意味を持つ終局限界点と名付ける破壊の指標点を見出しこの点の M,  $\phi$  の値を簡単に算定する方法を提示していることも特筆すべき成果であると考えている。すなわちこの終局域限界点は、コンクリート部材の変形能力を設計の段階で容易に算定し得るので、将来コンクリート構造の変形能力設計、したがってじん性率設計を可能にするものである。

なおはり部材の変形能力を大きくする方法、すなわち曲げ圧縮側にスパイラル補強のコンファインドコンクリートを用いる方法も、前述の日本建築学会から発刊される PRC 構造設計施工指針の中に採り入れられることになっている。

以上、種々行っている研究を 4 項目に分けて概説したが、RC 構造から PRC 構造を経て PC 構造に至るコンクリート構造の設計体系を統一するための弾塑性設計理論の確立も当面の緊急課題である。