

(S2) 次世代の合成構造の可能性

南 宏一¹

¹ 正会員 福山大学 工学部建築・建設学科（〒729-0292 広島県福山市学園町1番地三蔵）
福山大学構造材料開発研究センター
E-mail:minami@fucc.fukuyama-u.ac.jp

本論では、鋼とコンクリートによって構成される部材、構造物を総称するものとして、合成構造を定義し、その合成構造の発展過程を日本建築学会の SRC 規準および関連する規準の変遷に基づいて分析し、将来の合成構造の展望を述べた。

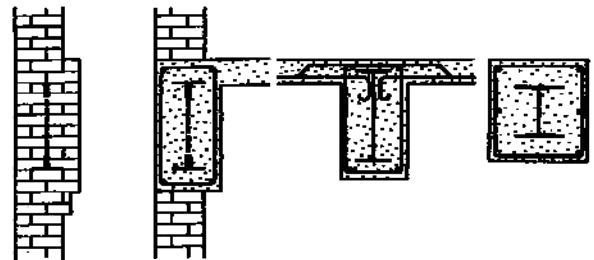
Key Words : Steel Concrete Composite Structures, SRC Structures, CFT Structures, RCS Structures, RCST Structures, SRC Structural Standards, Research Activity, Structural Design

1. はじめに

SRC 構造の原形は、明治末期から大正初期にかけて、鉄骨レンガ造として輸入されたのが始まりである。その鉄骨レンガ造のレンガの部分コンクリートあるいは鉄筋コンクリートで被覆し、関東大震災以後、最も優れた耐震耐火構造として用いられるようになった。今日の合成構造として発展する過程で、いろいろな展開がなされたが、まず、合成構造の展望を考える前に、日本建築学会の鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準〔SRC 規準と称する〕をはじめ、関連する基・規準が果たした役割を概観してみよう。

2. 第1の発想の展開〔1950 年以前〕

図-1 に示すように 1900 年の初期に、鉄骨レンガ構造にかわって SRC 構造が我国で登場したが、当初は鉄骨を火災から保護し、壁面をつくることを目的としたもので、それまでのレンガにかわって鉄筋コンクリートで被覆したものである。しかし、1923 年の関東大震災において、鉄骨レンガ構造は大きな被害を受けたのに対して、SRC 構造、特に RC 耐震壁を配置した建物の被害が少なかったことを契機にして SRC 構造の耐震性能が見直された。単に鉄骨の周りに鉄筋コンクリートがあるのではなく、両者が一体となることで、部材の剛性、耐力が増加することが注目されたのである。図-2 に示すように、当初の SRC 構造の鉄骨は、今日で言う充腹形式のものであり、かつ、鉄骨コンクリートに近い形のものであったが、その後、建設コストを下げるために、鉄骨を減らして鉄筋を増やすことが求め



(a) 鉄骨で囲まれた鉄骨梁 (b) RC で被覆された鉄骨梁 (a) 大梁 (b) 柱

図-1 SRC構造の起源

図-2 日本興業銀行の柱・梁の断面例

られた。

1950 年以前の SRC 柱の断面計算について、鉄筋コンクリート柱として計算するもの、鉄筋をその位置において鉄骨と見なして計算するもの、圧縮力の 1/3 と曲げモーメントの全てを鉄骨計算法によって計算し、圧縮力の 2/3 を鉄筋コンクリートに負担させて計算するもの、さらに、ほとんどは鉄筋コンクリート計算法によるが、一部の圧縮力に対しては、鉄骨のみによって抵抗させ、曲げモーメントに対しては鉄筋にのみによって抵抗させるとした計算法など、設計者の判断によって種々の計算法が考案されていた。一方、SRC 梁の計算法についても、鉄骨を鉄筋とみなして鉄筋コンクリートとして計算するもの、鉄筋をその位置において鉄骨とみなして鉄骨として計算するものなどがあり、さらに、せん断力に対する計算法としては、コンクリ

ートとスタラップに頼るもの、コンクリートとタイプレートに頼るもの、コンクリートとスタラップとタイプレートに頼るものなど、いろいろな考え方が示されていた。

3. 第2の発想の展開 [1950年 - 1970年]

1950年代に、戦後の復興では、SRC構造の建物が必要とされる場合、建設コストの面から、合理化が求められたが、その方向の一つとして、鉄骨主材に山形鋼を用い、腹材に帯板による格子形式あるいはラチス形式の非充腹形の鉄骨を用いて、かつ、鉄筋量を鉄骨量に対して50%程度にする非充腹形のSRC構造を建設するように転換が図られた。今日においても、この非充腹形のSRC構造が兵庫県南部地震では中間層の崩壊を含めて大きな被害を受けたことは記憶に新しいが、この山形鋼を主材としたSRC構造は、日本独自の研究と設計技術によって開発されたものである。

1958年に発表されたSRC規準・第1版では、鉄骨部分と鉄筋コンクリート部分のそれぞれの許容耐力に基づく累加強さ式計算法（日本建築学会方式の累加強さ式計算法と呼ばれるもの）を全面的に採用し、図-3に示すように鉄骨量に応じて安全率を変動させ、かつ、許容耐力のもつ安全率は、終局耐力に対して検討することによって、その手法の合理性を与えるものであった。これは、SRC分科会発足後に実施された実験的研究によって、SRC構造の性状が次第に明らかにされ、その結果を端的に表わせば、

- a) SRC構造部材の終局強さは鉄骨を鉄筋とみなした場合とほぼ等しい。
- b) 鉄骨量が多くなると構造物の崩壊時に靱性が著しく増大する。

の2点に集約される。この2点から考えれば、設計式としては鉄筋コンクリートの終局強さ式を用い、鉄筋に比べて鉄骨の量が多くなるに従って靱性を考慮して安全率（荷重係数）を低減していく方式をとるのが最も合理的方法であると考えられていた。しかしながら、SRC構造として実施されている構造の鉄骨と鉄筋の比率は極めてまちまちであるから、この方式を採用すれば、鉄骨が鉄筋にくらべ極端に少なく実質上鉄筋コンクリートと同じような場合には、当時の鉄筋コンクリート規準による計算と全く違った答えを出すことになり、実際の運用上に大きな混乱を招くことになるので、このような事態を避けるために、梁の設計においては次のような方式を採用することになった。

- a) 断面が鉄骨とコンクリートだけで構成される場合に実質上終局強さ式に近い耐力を得るように

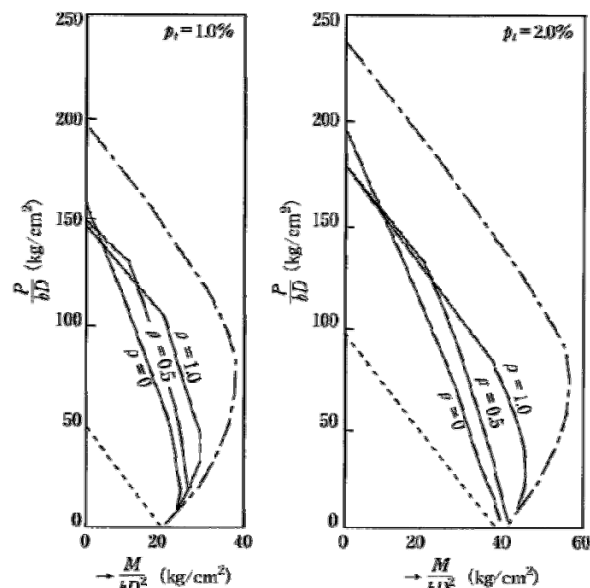
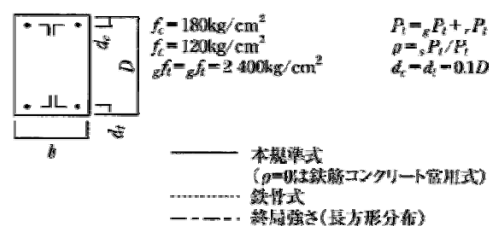


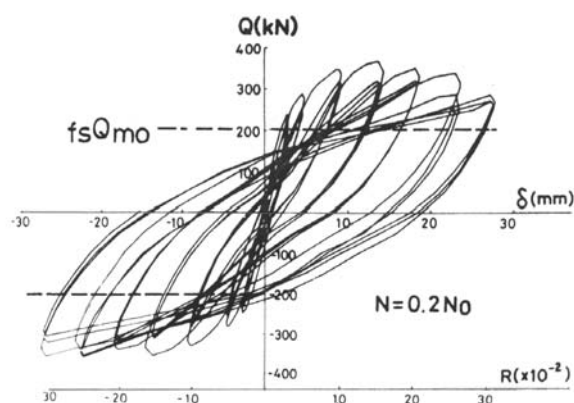
図-3 SRC規準制定時のSRC柱の許容耐力と終局耐力
(鉄骨量 ρ の値が大きくなるほど、柱の許容耐力は大きく評価できるようになっている)

設計式を調整する。

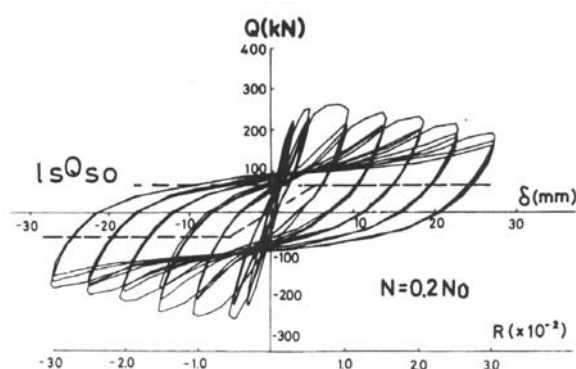
- b) 断面が鉄筋とコンクリートだけで構成される場合には、鉄筋コンクリート規準をそのまま適用する。
- c) 上記の a), b) の中間にある SRC は累加強さ式とする。

すなわち、鉄骨量が多くなると終局強さ式に近づき、少なくなると鉄筋コンクリート規準式に近づき、その間の鉄骨による安全率の変動は自動的に計算されるという便利な方式であった。さらに、許容応力度は、鉄骨、鉄筋、コンクリートのいずれに対しても、鉄筋コンクリートおよび鉄骨のそれぞれの規準の値をそのまま採用するから、当時の規準体系を崩すものではないと考えられていた。

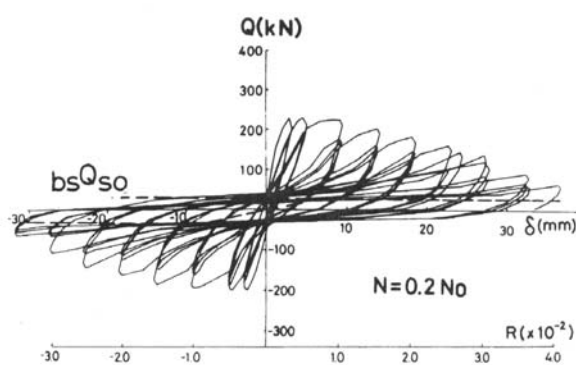
SRC規準・第1版では、この累加強さ式の考え方を柱、梁の断面の耐力ばかりではなく、他の部分の部材耐力の算定にも適用している。しかし、せん断力に対する算定では、鉄筋コンクリートの終局せん断破壊強度そのものが十分に解明されていない状況にあり、かつ、このせん断破壊が建物の崩壊の直接の原因になり



(a) 充腹形



(b) ラチス形



(c) 格子形

図-4 SRC柱のせん断破壊による履歴特性

易いことから、十分な安全性を見込むことを主眼して、格子形の鉄骨に対しては従来の鉄筋コンクリートの慣習的な算定式を踏襲して、短期荷重時で、 $\tau < f_s$ ($= F_c/15$) (コンクリートの短期許容せん断応力度) であればせん断補強筋の算定は不要とするものであった。ただし、鉄筋をトラス梁式に組んだり、ウェブ板を配置した場合には、この鉄骨の耐力を活用できるようにしてあった。

SRC 規準が制定された以降は、ほとんどの SRC 構造の設計法は、規準によって行なわれているが、一部では、鉄筋コンクリート式の計算法が用いられていた。

しかし、この規準によって実務上の構造設計で大きく変わった点は、帯板形式の梁は少なくなり、ラチス形式の梁が用いられるようになった事であるが、これは、SRC 規準によったもので、規準作成者の意図に一致したものであったが、柱材については、格子形のものが多く用いられて、構造設計上の変化はあまりなかった。また、SRC 規準制定当時では、格子形 SRC 部材では、鉄骨の主材は主筋に、帯板はあばら筋あるいは帯筋と同じ働きをするものとして扱われているが、主材と腹材は、リベットによって機械的に結合されているため、RC 構造に比して、より優れた耐震性能を有する構造として考えられていた。

4. 第3の発想の展開 [1970年 - 1980年]

1970年代になると、我国においても H 形鋼が生産されるようになり、かつ、高力ボルトによる接合法が普及するようになったが、それに伴って、SRC 構造の構法もそれまでのものと異なってきた。すなわち、山形鋼をリベット接合によって組立てた SRC 構造にかわって、H 形鋼と高力ボルト接合を使用した SRC 構造にかわってきた。また、単一 H 形鋼を桁行方向に使用した集合住宅の構造形式に用いることも行われるようになった。さらに、1) 梁の鉄筋・型枠、支保工が不要になる、2) 柱梁接合部における配筋が簡便になる、3) 建物が軽量になる、などの SRC 構造の合理化の観点から柱 SRC・梁鉄骨の合成構造としての SRC 構造が用いられるようになった。すなわち、柱 SRC・梁 SRC とする均質な SRC 構造から、柱 SRC・梁鉄骨の不均質な SRC 構造へと発想の展開がなされたことが、その後の合成構造に大きな影響を与えることになった。

1963年に SRC 規準の第1次改定が行なわれたが、その基本的な内容は、第1版のものと同じである。

SRC 規準では、RC 部分については、RC 規準が、鉄骨部分については鋼構造規準がそれぞれ適用されているので、1970年に鋼構造規準が、1971年に RC 規準がそれぞれ改定されたために、SRC 規準・第2版では不都合な内容が生じてきた。特に RC 規準では、せん断力を受ける部材の設計法が大幅に改定されたために、それに伴って著しい混乱が設計者の間で生じた。この事が、SRC 規準・第3版の改定に対する大きな要因になった。

すなわち、格子形 SRC 構造として出発した SRC 構造の耐震性能について危惧される 1968年の十勝沖地震が起きた。この地震の被災地では1棟のみの格子形 SRC 造建物が建設されていたのみで、かつ、その建物では耐震壁のみが損傷を受けただけで、特に、その時

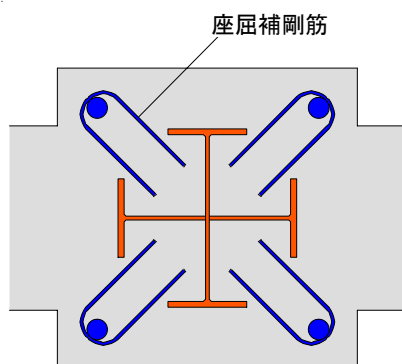


図-5 SRC 配筋指針(案) (1994)

には、格子形 SRC 造建物の耐震性について、設計者の間では特に疑われるような事はなかった。しかしながら、RC 造建物の短柱のせん断破壊による崩壊が生じ、コンクリート系建物である SRC 造建物についても、同様のせん断破壊によって建物の崩壊が生ずる可能性のある事が、当時の研究者によって指摘され、格子形 SRC 造建物の耐震性能を見直すための組織的研究が、日本建築学会・SRC 構造運営委員会 でなされ、図-4 に示すような研究成果に基づいて、1975 年に SRC 規準・第 3 版の大幅な改定がなされることになった。

上述の実験的研究で明らかにされた事は、大変形時の繰返し載荷については、鉄骨とコンクリートの付着が切れてしまうことが多いために、SRC 規準・第 3 版の部材のせん断設計では、コンクリートと鉄骨との付着を期待しないでも良いような設計式に変更されたことが、大きな特色になっている。鉄骨とコンクリートとの付着を見込まない考え方に立つと、格子形の鉄骨部材は、フィレンディール形式の部材として取り扱うことになるから、鉄骨部分のせん断耐力は極めて小さく評価されることになり、その事が格子形 SRC 部材のせん断破壊に対する脆弱さを生ずる要因となる。規準作成者の意図としては、SRC 構造としての耐震性能を確保していくためには、靱性のない格子形 SRC 柱の設計をやめて、靱性の期待できるラチス形あるいは充腹形の鉄骨を用いた柱を設計するように、それまでの設計の慣習を変えて行くことにあった。

5. 第 4 の発想の展開 [1980 年 - 1990 年]

さらに、1980 年代になると、構造部材を適材適所に用いる柱 SRC・梁鉄骨の合成構造の考え方をさらに発展させて、柱の鉄骨をなくして柱を RC 構造として、梁を鉄骨とする RCS 構造と呼ばれる合成構造が出現するようになった。この RCS 構造は、それまでの柱および梁の鉄骨に、原則として柱梁接合部の鉄骨を介して

高力ボルトあるいは溶接で接合するという考え方を覆して、コンクリートを介して梁の鉄骨の応力伝達を可能であることを示したところに従来の考え方を根本的に展開を求めたもので、合成構造に新たな展開がなされる契機となった。なお、RCS 構造は柱 SRC・梁鉄骨とする構造に比して、1) 柱鉄骨の材料、加工が不要になる、2) 柱梁接合部の鉄骨加工および溶接量が少ない、3) 柱鉄筋工事が容易になる、などの理由から経済性を図れるものであった。

1987 年に SRC 規準・第 4 版が出版された。この規準は、前述の従来の梁も柱も SRC とする均質な SRC 構造である狭義の SRC 構造ばかりではなく、梁を鉄骨、柱を SRC とする不均質な SRC 構造 (1975 年の SRC 規準・第 3 版では、今日のような SRC 構造としての市民権は得られていなかった。) や、梁を鉄骨、柱を鋼管コンクリート構造 (充填被覆形、被覆形、充填形を含む) などの合成・混合構造を含む広義の SRC 構造を適用範囲としていることが、第 3 版までの規準と比べて大きな特色となっている。このように、適用範囲が拡大された理由は、実施設計で採用される構造形式が多様化してきたために、規準もこれに対応することが必要になってきた事、規準化を図るための基礎的な研究資料も整備・蓄積されてきた事である。特に、合成構造の構造としての成否のキーポイントは、異種構造部材の結合部あるいは接合部の合理的な設計法にあるが、そのために、従来の設計者の判断に任されていた柱梁接合部、継手、柱脚のいわゆる接合部の設計法について具体的な設計式が、第 4 版では示されたことに大きな特色がある。さらに、それぞれの設計式において鋼とコンクリートによる合成構造の特色を生かして、たとえば継手については、RC 部分と鉄骨部分の「てこ作用」に基づいて、鉄骨部分の弱点を RC 部分で補強する方法、非埋込み柱脚では、アンカーボルトによる応力伝達を積極的に評価する方法、また、埋込み柱脚についても、合理的に鉄骨部分の耐力を評価できる手法を示している。さらに、第 4 版の特色は、耐震壁の設計法として具体的な手法が示されたことである。その適用範囲としては、柱を SRC とした場合には、それに接続する梁は、SRC はもとより、RC でも鉄骨でも良く、それらの異種構造部材で構成される骨組に内蔵される耐震壁は、RC 壁版の他、平鋼や形鋼の筋かい入りの合成壁版や鋼板入りの合成壁版の組合せを可能にしているものである。このような適用範囲の拡大にともなって、合成構造、混合構造の有する特性ができる限り反映されるようにするために、関連の深い RC 規準や鋼構造規準に準拠して、SRC 規準を構成するという基本

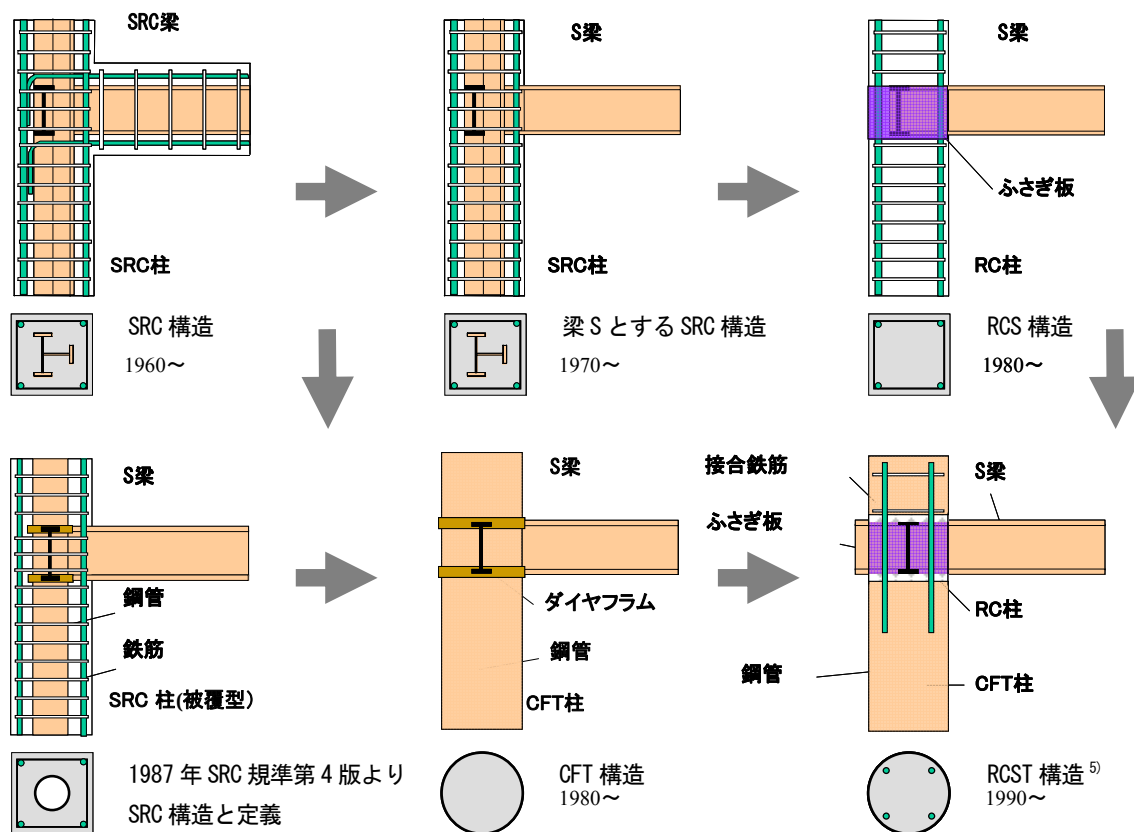


図-6 SRC構造から派生した合成構造（ものづくり大学・坂口昇教授の資料より）



図-7 RCST 構造の建設状況（福山市にて）

的な姿勢を守りながらも、少しずつ具体的な規定については、合成構造としての特性を生かして、RC 規準や鋼構造規準とは異なった規定が盛り込まれている。

さらに、この SRC 規準・第 4 版では、6 章として鋼管コンクリートの設計法も含まれている。鋼管コンクリート構造規準の制定は、1967 年に行なわれ、1980 年に鋼管コンクリート規準の第 2 版が出版されているが、これらの鋼管コンクリート構造の力学的特性は、SRC 構造の力学的特性に類似していることが多いので鋼管コンクリートも含めて、合成構造の規準として、第 4 版が出版されている。しかしながら、充填被覆形およ

び被覆形の鋼管コンクリート構造は充腹形 SRC 構造として位置づけて設計体系が構築されているが、充填形鋼管コンクリート構造は、SRC 構造とは異なった特性をもつものとして位置づけられている。

2001 年 1 月に SRC 規準・第 5 版が出版された。この改定では、鉄筋コンクリート規準の 1999 年の改定に対応させること、1994 年に制定された鉄骨鉄筋コンクリート造配筋指針（案）・同解説および 1997 年に制定されたコンクリート充填鋼管構造設計施工指針に整合させることを意図して改定が行われた

6. 第 5 の発想の展開 [1990 年代以降]

一方、1960 年代より、鉄骨として円形鋼管を用いた鋼管コンクリート構造が用いられるようになった。この鋼管コンクリートは、当初は円形鋼管が用いられていたが、その後、角形鋼管も用いられるようになったが、鉄筋コンクリートを被覆する被覆形、鋼管内部にコンクリートを充填する充填形、さらに、鋼管の内部にコンクリートを充填し、さらに外側を鉄筋コンクリートで被覆する充填被覆形など種々の形式のものが、それぞれの構造の機能および性能に基づいて用いられるようになった。

1967 年に「鋼管コンクリート設計規準・同解説」が

出版された。この規準では、円形鋼管を用いる場合を対象にして、被覆形、充填形および充填被覆形の3形式を総括的に含んだ適用範囲になっている。この構造は、その用途も力学的性状もSRC構造に近いものである。この規準では、12条として鋼管コンクリートの施工がとりあげられ、充填コンクリートおよび被覆コンクリートの施工について、注意すべき点について記述されていることが特色の一つとしてあげることができる。

その後、鋼管コンクリート構造は、広く高層建築に使用されるようになったが、1975年に改定されたSRC規準・第3版との整合性が必要になってきたこと、さらに、鋼管コンクリート規準・第1版では、円形鋼管のみを対象にしていたが、角形鋼管の使用も一般的になってきたなどの理由から1981年に鋼管コンクリート規準は改定された。初版では、充填被覆形の場合には、鋼管の外側の被覆のRC部分と鋼管内部の充填コンクリート部分は一体になって挙動することを前提としたものであったが、SRC規準・第3版に準じて、短期荷重時のせん断設計では鋼管とコンクリートとの付着を見込まないものとしたために、被覆RC部分、充填コンクリート部分、それに鋼管部分は、それぞれ独立に設計応力に抵抗するものとして体系化された。さらに、鋼管コンクリート長柱の設計式では、断面強度に関する累加強度式を応用・拡張した長柱に関する累加強度式によって長柱の耐力を算定する方法に、全面的に改定された。

なお、同規準の付録として、2軸曲げを受ける柱材の断面算定を、1軸曲げを受ける柱材の断面算定に適用されていた累加強度式を拡張して適用する方法が示された。これらの長柱および2軸曲げの柱材への累加強度式の拡張は、当時のSRC規準に先立つものであったが、これらの設計手法はSRC規準・第4版では全面的に取り入れられる事になった。

1990年代になると高層集合住宅の構造法として、充填鋼管コンクリート柱と梁鉄骨とするCFT構造が合成構造の新たな発展を促すものとして用いられるようになった。充填鋼管コンクリート柱は、1900年の初めより鋼管によって拘束されたコンクリートは、耐力および変形性能が向上することは知られていたが、その充填するコンクリートの耐力および変形能力の評価を具体的な設計に導入することによって、より合成構造の展開がなされるようになった。このCFT構造は、1) 柱

型枠、鉄筋工事が不要、2) 柱コンクリートの打設のために型枠工事が不要で、かつ、コンクリート打設が一気に行える、3) 鋼管構造に比して鋼管の厚みを薄くできる、4) 耐火被覆を少なくできる、の特性が示されるが、その中で特に、充填されたコンクリートによって、耐火性能が向上し、鋼管の外側に耐火被覆を施さなくてもよいことは、合成構造としての大きな展開がなされることになった。

1997年に「コンクリート充填鋼管構造設計施工指針」(CFT構造設計指針と呼ぶ)が制定されることとなった。この指針では、充填形鋼管コンクリート構造の設計・施工を行うに際して最新の情報を提供するとともに、研究状況の報告書の役割を持たせ、SRC規準・第4版を補完することを意図するものであった。

この指針にともなって、SRC構造の一つとして位置づけられていた、充填形鋼管コンクリート構造は、鋼管構造の一つとして扱われる方向に転換し、鋼管の中にコンクリートを充填する効果を含めた特性が、SRC構造の有する特性と対比されるとともに、純鋼管構造の有する特性とも対比されるようになった。また、CFT構造において、その構造の特性を大きく左右するのは、鋼管の内部に充填されたコンクリートの評価である。充填されたコンクリートは、鋼管の拘束によって、その強度は増大することは、以前より知られていたが、その充填コンクリートが、実際の施工の状態で、信頼性のあるものとして取り扱うことができるか否かによって取り扱いが異なるが、本指針では、積極的に鋼管とコンクリートの相互作用効果によるコンクリート強度の割増しを考慮できるようにしているのが一つの特徴である。

一方、柱をSRC、梁をSとする混合構造は、今日では、通常のSRC構造として市民権を得ており、柱と梁の鉄骨量のバランスが確保できていれば、特に構造的に問題となることはない。しかしながら、どの程度の鉄骨量のバランスが確保されていれば良いのかについて、議論がなされたのは、SRC規準・第3版からである。この鉄骨量のバランスについては、柱と梁の鉄骨部分の曲げ耐力比が、ある値以内におさまっていれば、特に、梁から柱への応力伝達に対する検討を特に必要としないもので、その値を超える場合には、応力伝達を検討して、支障なければ良しとするものであった。そのような状況の中で、圧縮力に強いRC部材を柱に用い、曲げやせん断に優れ、かつ軽量であるS部材を梁に用いる混合構造は、構造に叶ったものであるが、柱の鉄骨量が零となるために、SRC構造運営委員会では、1992年4月に混合構造小委員会を設置して柱RC



図-8 「木に石を接ぐ」 大胆な発想を！
(ものづくり大学・坂口昇教授の資料より)

梁 S とする混合構造の柱梁接合部の合理的な設計法を確立することを主眼として調査研究を開始した。しかしながら、この構造では、柱梁接合部における応力伝達機構は複雑であること、柱梁接合部のディテールが多岐にわたるため、設計規準の形でまとめることは困難であるために、設計における「考え方」や「要点」を中心に研究の現状をできる限り広く紹介することに力点をおいた「鉄筋コンクリート柱・鉄骨梁混合構造の設計と施工」(2001) が 2001 年 1 月に出版された。

7. 次世代への合成構造

図-6 に示すように、SRC 構造から RCS 構造、さらに、CFT 構造と合成構造は、いくつかの発想の展開の中で発展してきた。RCS 構造は、RC 部材と鉄骨部材をつなぎ合わせたところに新しい試みがみられるが、これは、従来の鉄骨構造の鉄骨柱脚を鉄筋コンクリートの基礎梁に結合する手法と共通するもので、目新しいものではないが、柱の鋼管、梁の H 形鋼は溶接接合とはせず、鋼管の内部に鉄筋を挿入して一体化を図る、RCST 構造〔図-6、図-7 参照〕は新たな合成構造の展開を可能とするものである。適材適所の発想の中から、部材レベル、架構レベルなど、様々な合成化が考えられるが、その中では過去に既に示されたものに対して、も異なった視点に立って、これらの構造技術を見直し、新しい息吹を吹き込むことで、新しい発想が生まれ、次への合成構造への発想につながると考えられる。

次世代の建築構造として、合成構造の展開が期待されているが、その発展の基礎となる SRC 構造の長所、短所について考えてみると、長所は、建築物の性能面での評価が高いこと、短所は設計、施工の煩雑さとコスト高を考えることができる。特に、コスト高は SRC 構造の普及を阻害しており、そのために前述したよう

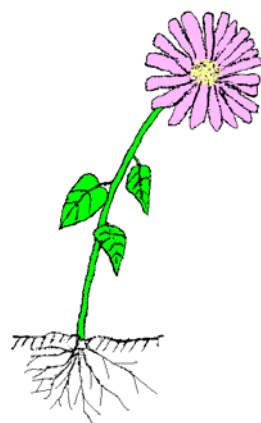
に柱 SRC・梁鉄骨構造、柱 RC・梁鉄骨構造(RCS 構造)が展開されるようになったのはこの理由からである。しかし、建築物の性能の面では、RC 構造、鉄骨構造の両面を併せもっており、防災性、居住面において優れた面を有している。したがって、これらの性能を性能ポイントに対する単位当たりのコストとしたコスト評価が可能になることが望まれる。また、保険・金融等の建築物をとりまく社会制度もこの性能に関連したものに改良されていけば、SRC 構造を含む合成構造の発展、ひいては、建築物の性能向上に良い影響を与えることになるであろう。

本論では、合成構造として鋼とコンクリートとの組合せを主に取り扱ってきたが、コンクリートと木材、木材と鉄骨、鉄骨とガラスなどによる合成構造が建築物のデザイン性、機能性から今後、展開されると考えられる。また、新素材としてのスティール・ファイバー、グラス・ファイバー、カーボン・ファイバーなどを活用することによって、より合理的な合成構造が可能となることが考えられる。

さらに、合成構造は、鉄骨構造フレーム、RC 構造フレーム、SRC 構造フレームなどを混合して用いて、新しい形式の合成構造が展開される可能性は現実的になってきている。

特に、最近では、従来の耐震構造システムに対して、制震構造システムや免震構造システムが採用される気運が高くなっているが、このような構造システムの合理化では構造部材の適材適所の考え方はますます進められるので、その観点からも新しい合成構造が展開されることが期待される。

今後は、ますます建築構造、土木構造のいずれを問わず、合成構造の実用化に向けて、産・官・学のそれぞれの立場で積極的な議論がなされることになるだろうが、その議論が有効で、かつ前向きなものになるためには、



植物の根は、地中深くもぐりこんで、最終的には土と一体となる。これは、異種構造材の結合の極意といえるだろう。このような、A の材料から B の材料へと連続的に変化していく材料は、傾斜材料とよばれるが、このような傾斜材料が合成構造において開発されることが望まれる。

図-9 傾斜材料の開発

コンクリートと鋼，建築と土木とのそれぞれの垣根を越えて，融合的で，かつフレキシビリティのある考え方ができることが一番大切であるように思う。また，合成構造は，フレキシビリティがあるために，その根幹となる構造の本質を見落としがちなので，注意すること，論理的な考え方を構築することが肝心である。そのためには，既存の合成構造の発展過程を正しく認識し，既往の研究成果を継承しつつその成果を再構築していく姿勢が大切であろう。図-8 は，合成構造の発展においては，逆転の発想が必要であると坂口昇教授が述べられたものである。すなわち，合成構造の構造技術を開発していくためには，既存の技術のみに固守していたのでは，大きな変革は望み得ない。しかしながら，変革を期待するものが，アクロバットの如くであっては，革新的・合理的な構造技術になりえないのは当然である。いろいろな合成構造の試行錯誤的な構造開発技術の中でその本質をとらえることが，まさに，合成構造の発展において不可欠な条件になろう。

最後に，筆者の合成構造への展開として期待していることを述べる。図-9 は，傾斜材料に関して示したものである。合成構造の展開では，異種構造部材の結合が，合成構造の成否に関して極めて重要な役割を果たすことになる。この異種構造部材の結合について，現在の技術では，それぞれの異種部材を結合する技術の中で展開されてきている。しかしながら，本来は，鉄骨部材をコンクリート部材と結合するためには，合成耐力が鉄骨からコンクリートへと，徐々に応力伝達が図れる仕組みを考えていけば，円滑に異種構造部材を結合できることが可能になるだろう。

さらに，本論で紹介した，SRC 構造を基礎とした合成構造はわが国独自の研究技術開発によって展開されたものであるが，最近では中華人民共和国において SRC 規準が制定され，合成構造も今後，国際的な視野に立って，積極的に展開されることを期待したい。

謝辞

本論の作成にあたっては，福山大学大学院博士課程 根口百世さんの御協力を得た。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) The Council on Tall Building and Urban Habitat as part of the Monograph on the Planning and Design of Tall Buildings, Chapter SB-9, Mixed Construction, Part 1-Composite Construction, Part 2-Mixed Steel-Concrete Systems, ASCE, 1979
- 2) 日本建築学会・構造委員会鋼コンクリート合成構造運営委員会：鋼コンクリート合成構造の設計・研究の動向と 21 世紀への期待，鋼コンクリート合成構造運営委員会創設 50 周年記念シンポジウム，2002.11
- 3) 日本建築学会・構造委員会・SRC 分科会・SRC 構造特性ワーキンググループ：SRC 構造の特性を考える—合成構造の問題点とその展望—，Vol.97, No.1201, 1982.12, Vol.97, No.1202, 1983.1
- 4) 南宏一：わが国における合成・混合構造の研究の動向，コンクリート工学，Vol.30, No.10, pp.5-12, 1992.10
- 5) 小川彰宏，高瀬雄一，中西啓二，山野辺宏治：RCST 構法の開発（その 3），（その 4），日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1, pp.1253-1256, 2000.9
- 6) 日本建築学会・SRC 構造部門パネルディスカッション：混合構造の現状とその展望，建築雑誌，Vol.107, No.1330, pp.152-154, 1992.8
- 7) 日本建築学会 SRC 構造運営委員会：鉄骨鉄筋コンクリート構造における配筋の問題と合理的配筋法を探る，1991 年度大会 SRC 部門パネルディスカッション資料，1991.9
- 8) 岡田恒男，稲田泰夫，池田尚治，石橋忠良，藤森照信，松井繁之，南宏一，渡辺邦夫：座談会 合成・混合構造に見るコンクリート技術の現状と将来（新年号特別規格・より自由な構造をめざして），日本コンクリート工学，Vol.33, No.1, pp.13-30, 1995.1
- 9) 中華人民共和国建設部：型鋼混凝土組合構造技術規定（JGJ 138-2001），2001

TRENDS AND POSSIBILITY OF STEEL CONCRETE COMPOSITE STRUCTURES IN JAPAN

Koichi MINAMNI

As results of satisfying the requirements related to the efficiency of construction and economics in addition to structural safety, steel concrete composite structures including SRC structures have been widely used in Japan. This report introduce trend and possibility of steel concrete composite structures in Japan since 1900 as well as reviews of structural standards and the state of arts report published as AIJ. Further research needs also suggested.