

BRI NEWS



Epistula

えびすとら

建設省建築研究所
Building Research Institute

Vol. 8

発行： 1995.4

ハイブリッド構造

香港に建つ中国銀行ビル (Bank of China)、プリズム形状のデザインのこの建物は、その外観のすばらしさで有名であるだけでなく、メガストラクチャーによるハイブリッド構造としての特徴を鮮明に持った構造的にも新鮮味のある建築である。

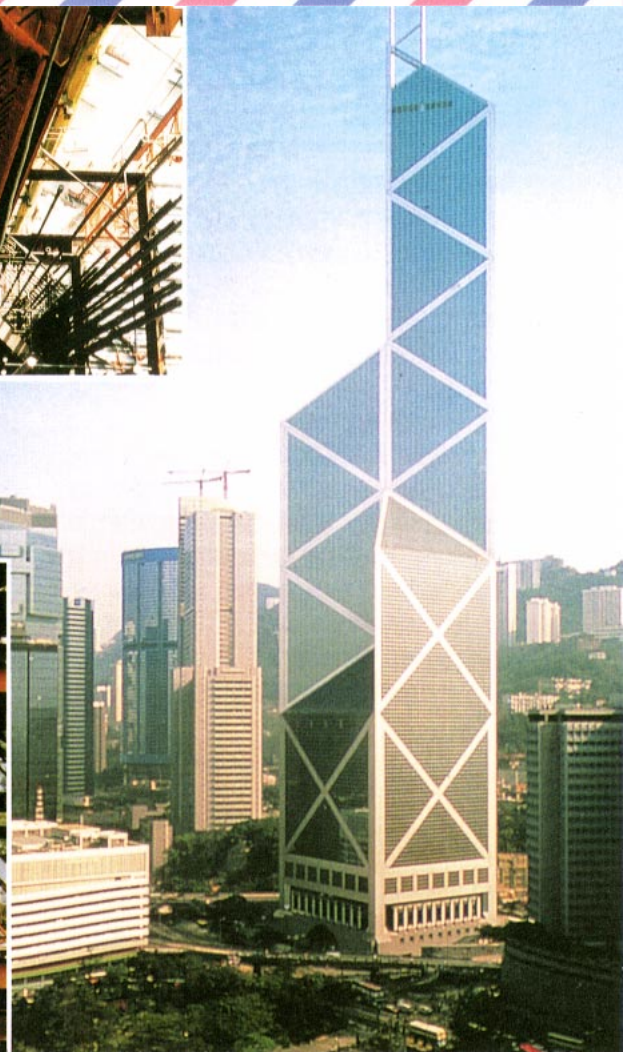
四隅の巨大な柱は、いわゆるSRC造の柱であるが、この巨大な柱の断面を覗いて見ると、直交する2つの構面の側柱に相当する鉄骨柱は、相互に構造的に直接接合されているわけではない。これら各々の鉄骨柱は、周囲に打設・設置されるコンクリート・帯筋により、一体性を保っているに過ぎないのだ。また、メガストラクチャーのプレース部分には、箱形断面の鉄骨プレースの中にコンクリートが充填されており、やはりハイブリッド部材となっている。

この建物の水平力に対する構造強度は、耐風設計により決まっており、その大きさは日本における地震力よりも小さいので、このハイブリッド構造技術をそっくりそのまま日本に適用することはできない。しかし、巨大な建築物を構築する際に常に問題となる鉄骨造における接合部の問題(巨大な溶接等の問題)を、鋼とコンクリートを上手に組み合わせることにより解決する方法は、今後、日本における大型建築物の設計の新しい展開を示唆するものだ。

このようなハイブリッド構造の耐震設計法の実現に向けた慎重かつ果敢な研究開発が進められつつある。構造材料や構造形式の複合化技術であるハイブリッド構造の耐震設計法の実現は、建築の構造形式選択の幅をより広げることとなり、より多様で洗練された豊かな建築空間の創造を可能とするであろう。



▲ コンクリート打設前の四隅の巨大な柱
全景 ▶
▼ 四隅の巨大な柱



香港中国銀行(写真提供：(株) 熊谷組)

特集

ハイブリッド構造

構造材料・構造形式の複合化の動向

Composite &  ybrid Structure

特集 ハイブリッド構造

構造材料・構造形式の複合化の動向

従来、木(W)造・鉄骨(S)造・鉄筋コンクリート(RC)造のような単一構造によって、建築物は造られてきた。しかし、最近、この単一構造による建築物という殻を打ち破って、**種々の構造を組み合わせた建築物(ハイブリッド構造)が模索され始めている。**この新しい構造の現状と今後の動向について考えてみたい。

はじめに

「ハイブリッド構造」とは何か。それは、異なる材料や異なる構造形式をそれらの長所を生かしながらひとつの建築物の中で合理的に組み合わせた構造を総称したものである。

従来、一般的に用いられてきたRC造・S造・鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造などは、その力学的および施工的な特徴により、建物の目的や用途などに応じて選択されてきた。しかし、いずれの構造も長所と短所を合わせ持っており、RC造を例えにとれば、耐火・耐風といった防災性および気密・断熱・遮音といった居住性に優れ、しかも建設費の低減も図れる反面、梁型枠の支持のためのサポ-トが必要となり工期が長期化するなどの欠点がある。

このような欠点を補う構造としてハイブリッド構造があり、構造部材の適材適所の利用による合理的な構造形式の実現、型枠工事の省力化による工期の短縮や熟練技能工の不足・高齢化に対する対処、大型化・多様化する建築物への無理のない適用(大型の建築物では過大な溶接や極厚断面部材の靱性などの問題がある)結果として建設費の大幅な低減が可能といったメリットがある。

建築学会や土木学会では、このような構造をこれまで合成構造・複合構造などと呼んでいたが、これらの用語から構造技術者は狭義のハイブリッド構造しかイメ-ジ

ない。例えば、建築技術者は、「合成構造」という言葉から、SRC造あるいは合成梁を有するS造のみを想像してしまう。このような先入観がなく、広く異種材料・異種構造を組み合わせた構造を意味する用語として、建築研究所では5~6年前より、「ハイブリッド構造」という言葉を用いている。最近では、この言葉も市民権を得て来たので、ここでもこれを使わせて頂くこととした。

ハイブリッド構造の3つの構造形態

具体的には、どのようなハイブリッド構造があるのか。以下、3つに分類して示す。

第1は、部材レベルのハイブリッドである。このレベルのハイブリッドの代表例には、あまりにも一般的ではあるが、SRC造がある。この構造がハイブリッド構造の範疇にはいるのは、鉄骨を鉄筋コンクリートが囲む形で両者が複合された部材が用いられているためである。同じように、鋼管コンクリート部材や繊維補強コンクリート部材等も部材レベルのハイブリッドに分類される。

第2は、骨組みレベルのハイブリッドである。このレベルのハイブリッドの代表例には、ショッピングセンターなどの用途として有力視されている、柱がRC造で梁がS造よりなる構造がある。この構造では、個々の部材はハイブリッドとはなっていないが、これらの部材より構成される平面骨

組みが鉄骨と鉄筋コンクリートの組み合わせであるためにハイブリッドとなっている。

最後は、システムレベルのハイブリッドである。このレベルのハイブリッドの例には、センター-コアがRC造で周囲フレームがS造のような層内で異なる構造形式が混用されたもの、低層部がRC造で高層部がS造のような高さ方向に異なる構造形式が併用されたもの、などがあげられる。

以上の3分類は、部材レベルのハイブリッドが一次的、骨組みレベルのハイブリッドが二次元的、そしてシステムレベルのハイブリッドでは立体架構を考えているので三次元的、であることに対応している。

単一構造とハイブリッド構造のコスト比較例

柱がRC造で梁がS造よりなるハイブリッド構造が、なぜ最近ではやされているのかについて、定性的ではなく、やや定量的に考えてみたい。

検討対象としたのは、3階建の事務所ビルである。平面形は3×3スパンとした。ここで、建物の短辺方向の各スパンを6mに固定し、これに直交する方向の各スパンを8m、10m、12m、14mの4種類に変化させて、S造、RC造、そしてハイブリッド構造として設計した。ハイブリッド構造の設計法はまだ確立されていないので、ここでは仮に既存のS造およびRC造の設計法を準用して構造設計を行なった。構造設計においては、事務所ビルとしての空間の有用性が、室内面積だけでなく室内有効高さにもよることを考慮し、設計された各建物の室内有効高さが共通となるように行った。つまり、同じ階高であれば梁丈が大きいくらい室内有効高さが小さくなってしまふので、梁丈が大きい場合には、その分だけ

階高を大きくして室内有効高さが等しくなるようにして設計を行った。

このようにして設計された建物(基礎梁も含めた構造骨組みのみ考慮)について、建物総重量、建物高さ、および使用した鉄骨・鉄筋・コンクリート量などを相互に比較した。

建物総重量は、杭などの基礎の設計と関連しており、これが小さいほど(軽いほど)基礎の設計は容易となるし、耐震的にも有利である。

建物高さは、建築可能な建物層数などと関連している。つまり、試設計において建物高さが大きいものを高さ制限などがある地域に適用すると、建築可能な建物の層数が減り、土地価格が大きい都市部などにおいては、建設費の実質的な上昇につながる。また、建物高さが大きいと外装材の面積も増えるので、その分だけコスト上昇にもなる。

試設計結果によれば、ハイブリッド構造は、S造に比べて、1)建物総重量はほとんど変わらず基礎構造への負担が小さい、2)建物高さはほとんど変わらずスパンが大きくなっても極端には階高は大きくならない、3)使用鉄骨重量を大幅に低減できる、4)説明図には示されていないが、建物の水平剛性をRC造とS造との中間程度まで改善できる、等の利点を有していることがわかった。また、RC造に比べ、1)建物総重量を大きく低減(軽量化)でき、基礎構造に必要な費用を大幅に低減できる、2)スパンが大きい場合に建物高さを低くすることができる、等の利点があった。

以上は、ハイブリッド構造の有するメリットの一端を柱がRC造で梁がS造というハイブリッド構造を例にした検討より示したものであるが、目的や用途に応じた適切なハイブリッド構造の利用により、その長所はより大きく活かされるものと予想される。

ハイブリッド構造の研究動向

日本建築学会大会学術講演梗概集に発表されたハイブリッド構造(SRC造を除く)に関する論文を調べると、80年代前半まではほとんどなかったが、80年代後半より急激に増加しており、1990年以降は100編を越え、1992~1994年にはその数は200編に接近している。この論文数は、最近数年間の平均で新築建築物の延べ床面積においてトップの位置を占めているS造に関する研究論文に肩を並べるものであり、この点を見ても構造分野においてハイブリッド構造がいかに期待されているかがよくわかる。各論文の内訳を見ると、当初は鋼管コンクリート部材に関する研究が中心であったが、90年代に入ると、柱がRC造で梁がS造よりなる構造についての研究も加わり、全体としての研究論文数が急増している。前者は、部材のハイブリッド研究、後者は骨組みのハイブリッド研究に分類される。このほかに、ごく最近では、システムのハイブリッド研究も少しずつ増えており、ハイブリッド構造に関する研究もバラエティ-豊かになりつつある。

また、各論文の著者に着目すると、従来の多くの研究が、大学や公的研究機関を中心としていたのに対して、ハイブリッド構造に関する研究では、建設会社を中心とした民間による開発研究へと移り変わっていることもわかる。しかも、論文数の増加に伴って研究実施する会社数も飛躍的に増加しており、ハイブリッド構造研究の底辺の広がりも見られ、今後、当面はハイブリッド構造の研究ブ-ムがつつきそうである。

実用化をめざして

以上に述べたように、ハイブリッド構造を上手に利用すれば、これまで一般的であった単一構造に比べてより有用で合理的な構造となるし、工夫(新たな組み合わせ)により可能性を膨らませていけることがわかる。

しかしながら、ハイブリッド構造は従来より一般的であったW造、S造およびRC造が、それぞれ独自で完結した設計法を有しているのに対して、各構造に関する構造設計法を横断的に利用しなければ構造設計が実施できないという難しい側面を有している。しかも、そのような手法は、世界中の国を見ても確立されていないのが現状である。そのために、実際問題として新しいハイブリッド構造を実施建築物に適用する際には、個別に構造安全性を照査する必要があり、優れた点が多くあるにもかかわらず普及が進んでいないのが実情である。

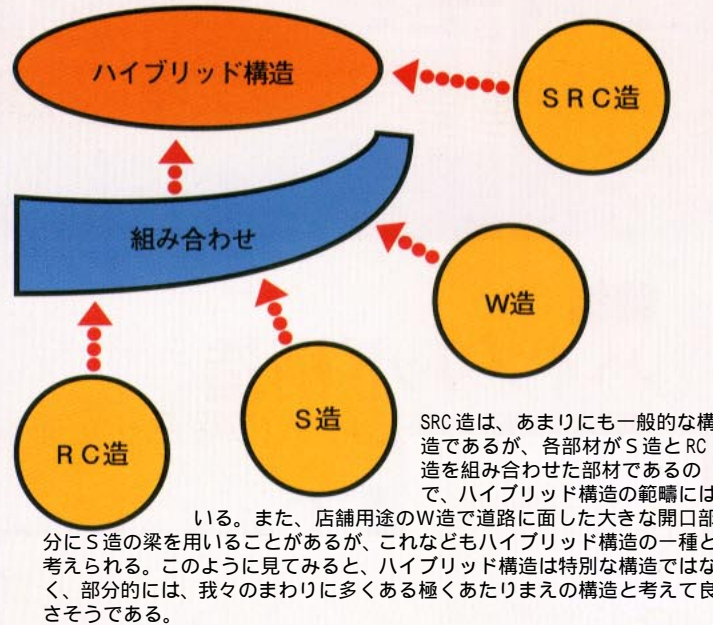
そこで、1993年度より、建築研究所ではこの種の構造に関する日米共同構造実験研究を実施している。そこでは、前述の各レベルのハイブリッド構造よりそれぞれ具体的な1つのタイプの構造を対象として研究を実施し、それぞれの構造の設計法を確立するとともに、その検討を通して得た構造設計上の知見を用いてより包括的なハイブリッド構造の設計法の実現をめざしている。

これと同時に、これまでの鉄やコンクリートと言った建築材料に取って代わり得る新たな材料の利用可能性についても検討を進めている。建築材料のバリエ-ションの増加は、必然的にハイブリッド構造の飛躍的なバリエ-ションの拡大を意味している。このように、3つのレベルでは分類しきれない構造の可能性についてもトライしてみる価値があるということで、これらを幅広く検討する研究もこの中に含めている。

おわりに

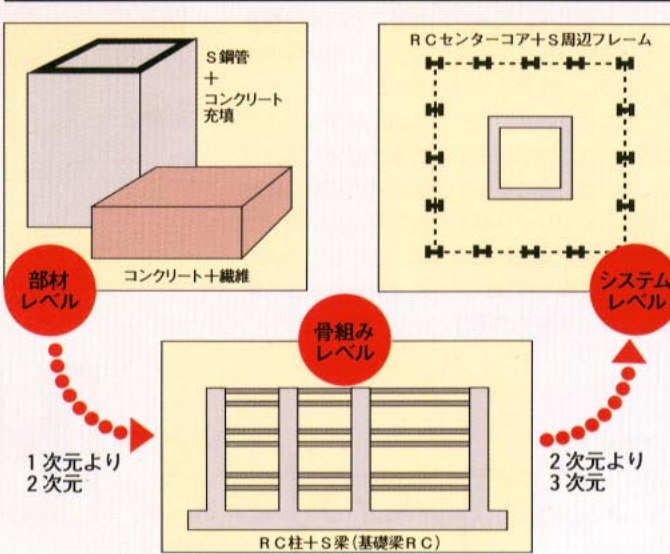
ハイブリッド構造は、従来にない構造であるという点で、その開発には相当の熱意と努力が必要である。しかし、それが実現されれば、建築物の構造設計の自由度は飛躍的に拡大されるし、その構造設計から生まれる建築空間の自由度もこれまで以上に洗練されたものとなる可能性がある。21世紀が、ハイブリッド構造のような新しい構造の宝庫となることを望みたい。

既存の構造とハイブリッド構造との関係

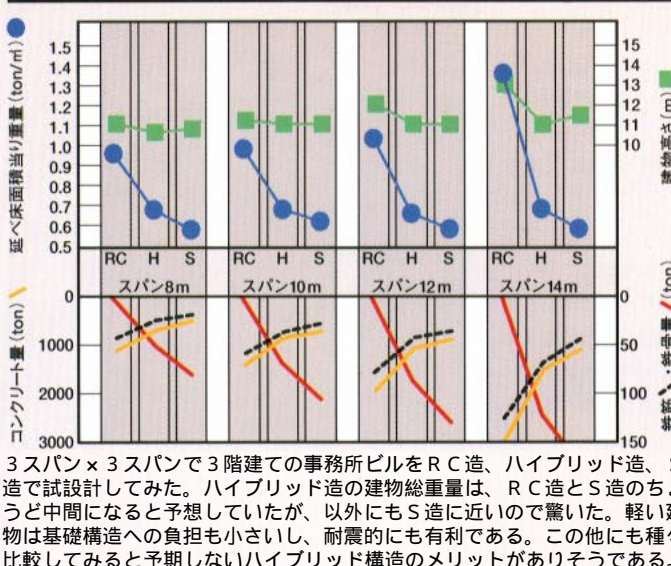


Composite & Hybrid Structure

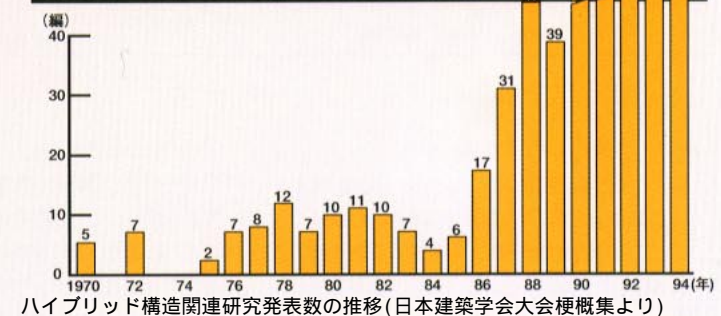
ハイブリッド構造の分類



試設計によるハイブリッド構造のメリットの検討



実用化をめざした研究



21世紀はハイブリッドの時代?

兵庫県南部地震への 建築研究所 対応について

1 建築物応急危険度判定支援

建築物を対象に応急危険度判定が行われた。46,000棟。判定結果を赤、黄、緑紙で表示。

全国地方自治体から延べ6,000人の判定士が参加。

建築研究所は判定士に対する指導を担当。

建築研究所の参加は徳島班他・大阪本部として1月18日から2月13日まで、延べ27人を派遣した。

2 建築研究所による被害調査

1次調査は1月18日から20日まで、住宅局・都市局調査団及び現地参加により調査した。

2次調査は1月25日から29日まで、構造・材料グループ及び都市防災・防火グループにより調査した。

2次調査補足は2月2日から12日まで都市防災・防火グループ及び木造班により調査した。

またこの被害調査結果などにより、報告書「平成7年兵庫県南部地震被害調査報告(速報)」を発行した。

平成7年度 春季研究発表会の 開催について

建設省建築研究所の春季研究発表会が平成7年5月22日(月)から26日(金)までの5日間の日程で行われる。下記に春季研究発表会のスケジュールについて紹介する。

なお、詳細については、企画部企画調査課情報管理係(電話=0298-64-2151)まで

	午前	午後
5月22日(月)	第6研究部(画像棟) 基準認証センター (2F講堂)	第1研究部(画像棟) 第5研究部 (2F講堂)
5月23日(火)	(総プロ等)	
5月24日(水)	(地震関連)	
5月25日(木)	第2研究部	第4研究部
5月26日(金)	国際地震工学部	第3研究部

平成7年度組織の内示

4月1日付けで建築研究所長に三村由夫が就任された。また建築研究所の建築試験室が廃止され、新たに基準認証研究センターが設置され、基準認証研究センター長が認められた。

編集後記

より合理的な構造を求め、最近、ハイブリッド構造に関する研究が多い。しかし、研究の成果として実際に建設された建築物はそれほど多くない。この理由として評定・評価の存在を指摘する人もあるが、施工・建設方法に対する現場サイドからの抵抗もあると聞く。このような状況の下、各研究者は手探り状態で研究に取り組んでいるというのが実情であろう。また、研究開発においては、コスト低減がキーワードとなり、ハイブリッド構造という新しい構造設計ツールが構造設計者に提供されるという側面について、あまり言及されていない気がする。より多くの構造形式についての設計法というツールを持つことは、構造設計者の設計自由度を飛躍的に高めることになる。研究者がツールの実現・提供を行い、構造設計者がそれを利用して、より有効な利用方法を見つけ出すことにより、より洗練された建築空間を実現することを望む。

この原稿の最終取りまとめの段階で平成7年兵庫県南部地震(阪神大震災)が発生した。罹災された方々には大変お気の毒であり、いち早い復興を望むばかりであるが、高速道路などの被害を見るにつけ、構造技術者としてよりグレードの高い社会資本を将来に残すことの重要性を強く感じる。

(I.N)



1981 HERBOS
Epistula

第8号

平成7年4月1日発行

発行: 建設省建築研究所企画部企画調査課

〒305 茨城県つくば市立原1

Tel.0298-64-2151 Fax.0298-64-2989