

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# 構造物の異種部材をつなぐ

構造物は種々の部材から構成されています。例えば、ラーメン高架橋は、柱、はり、スラブ、くいの部材から構成され、部材に使用される材料もコンクリート、鋼材などさまざまなものがあります。構造物は、これらの異なる種類の部材(以下、異種部材)をつないで構成されます。部材と部材をつなぐ部分(以下、接合部)は、構造形式、部材の形状や使用材料などに応じてさまざまな構造があります。本稿では、異種部材の接合部について、構造の事例を紹介し、設計の基本的な考え方を概説するとともに、接合部に関する最近の研究成果を紹介します。

## はじめに

鉄道構造物は、柱、はりなどの種々の部材をつないで構成されています。「部材」については、これまで、照査法や補修・補強などの各種検討が実施されてきました。一方、部材と部材をつなぐ部分、すなわち「接合部」については、部材と比べて多くの構造があるものの検討事例は少なく、いまだ技術的には発展途上です。実際に構造物の設計の際に、接合部が課題となる例も少なくありません。

最近、多種多様な構造形式が増え、さまざまな接合部の構造が開発・適用されつつあります。新設構造物のみならず、既設構造物においても、既存の部材同士をつなぐ構造や、新規の部材を既存の部材につなぐ構造も検討されています。このような中で、接合部の構造や設計はどうあるべきかについて意識が高まりつつあります。

## 異種部材をつなぐ接合部とは

異種部材をつなぐ接合部(以下、異種部材の接合部)の例としては、高架橋の場合、柱とはり、柱とフーチング、フーチングとくいのなどの接合部があります(図1)。このうち本稿では、使用される材料が異なる部材をつなぐ構造を主として対象とします。例えば、鉄筋コンクリート部材のはりとコンクリート充填鋼管部材(☞参照)の柱の

### ☞ コンクリート充填鋼管部材

円形あるいは矩形の鋼管の内部にすき間なくコンクリートを完全に充填した部材をいいます。略して「CFT部材」といいます。

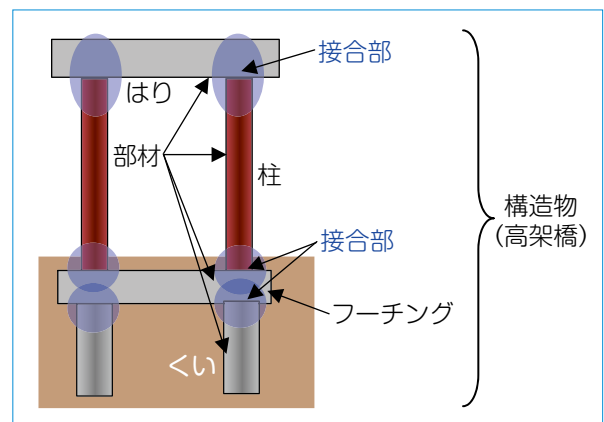


図1 高架橋における異種部材の接合部



**池田 学**  
Manabu Ikeda  
構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
室長  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造



**斉藤 雅充**  
Masamichi Saito  
構造物技術研究部  
鋼・複合構造研究室  
副主任研究員  
[専門分野] 鋼構造, 複合構造

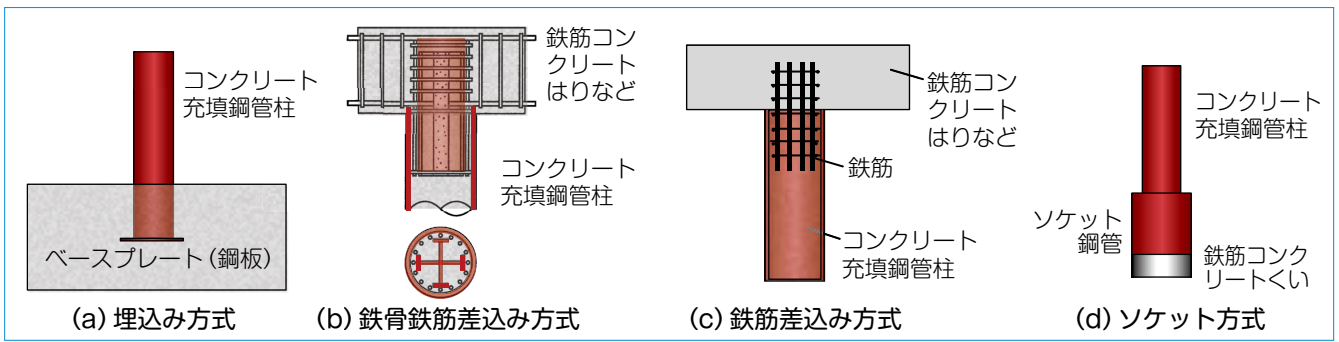


図2 コンクリート充填鋼管部材と鉄筋コンクリート部材の接合部の例

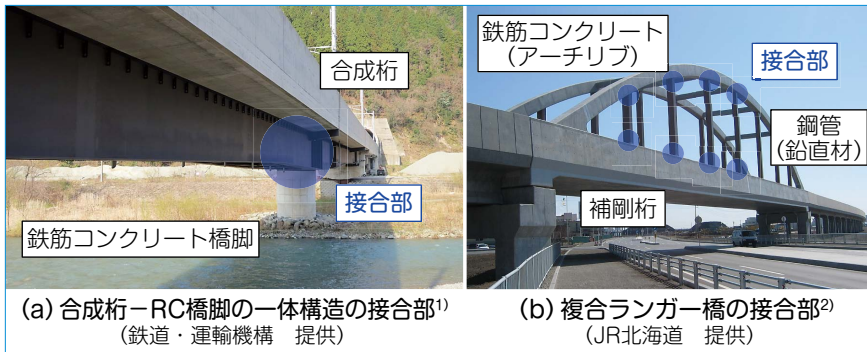


図3 最近の異種部材の接合部の例

### 接合部の構造を考える

異種部材の接合部はどのような構造がいいのでしょうか。ここでは、コンクリート充填鋼管部材の柱と鉄筋コンクリート部材のはりをつなぐことを考えます(図4)。

まず重要なことは、鋼管を鉄筋コンクリートにどのようにつなげるかです(図4(a))。コンクリート内に鋼管を埋め込めばよさそうなのが容易に考え付きます。しかし、埋め込むだけでは、鋼管がコンクリートに十分に固定されず、鋼管に力が加わるとコンクリート部材内部から抜け出す可能性があります(図4(b))。柱には地震時などに大きな力が作用しますので、これらに対して鋼管が抜け出さないようにする必要があります。鋼管をしっかりと固定するために、鋼管端部に鋼板(ベースプレート)を設ける構造が考えられます(図4(c))。当然ながら、鋼管を埋め込んだ周囲のコンクリートが破壊しないように鉄筋を配置して補強する必要があります。この方式が、「埋込み方式」といわれるものです(図2(a))。

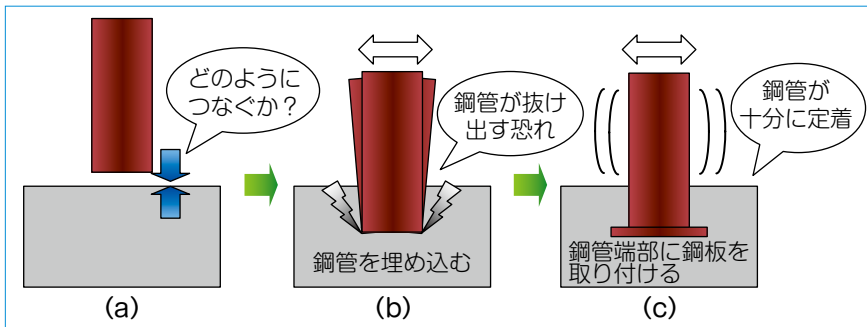


図4 コンクリート充填鋼管部材と鉄筋コンクリート部材のつなぎ方の例

接合部、鉄筋コンクリート部材のフーチングと鋼管のくいの接合部などです。

### 異種部材の接合部の例

異種部材の接合部について具体的な事例をいくつか紹介します。

鉄道構造物の一般的な構造形式として、ラーメン高架橋があります。多くは鉄筋コンクリート部材のみで構成されますが、中には、施工上の制約や地盤条件などに応じて、柱にコンクリート充填鋼管部材、あるいはくいに鋼管が用いられる場合があります。このよ

うな場合に、柱とはりの接合部、柱とフーチングの接合部、くいとフーチングの接合部などが、異種部材の接合部になります(図1)。また、例えばコンクリート充填鋼管部材と鉄筋コンクリート部材の接合部の中にもさまざまな構造があり、一例を図2に示します。事例はまだ多くありませんが、合成桁と鉄筋コンクリート橋脚を結合した上下部一体構造や、複合ランガー橋においても、異種部材の接合部があります(図3)。

また、鋼管をコンクリート中に埋め込む十分なスペースがない場合には、鋼管内部でつなぐことを考えます。例えば、鋼管の内部に、鉄骨や鉄筋を差し込んで定着を図る構造があります。このとき、鋼管と内部のコンクリートがずれないようにずれ止めが用いられ

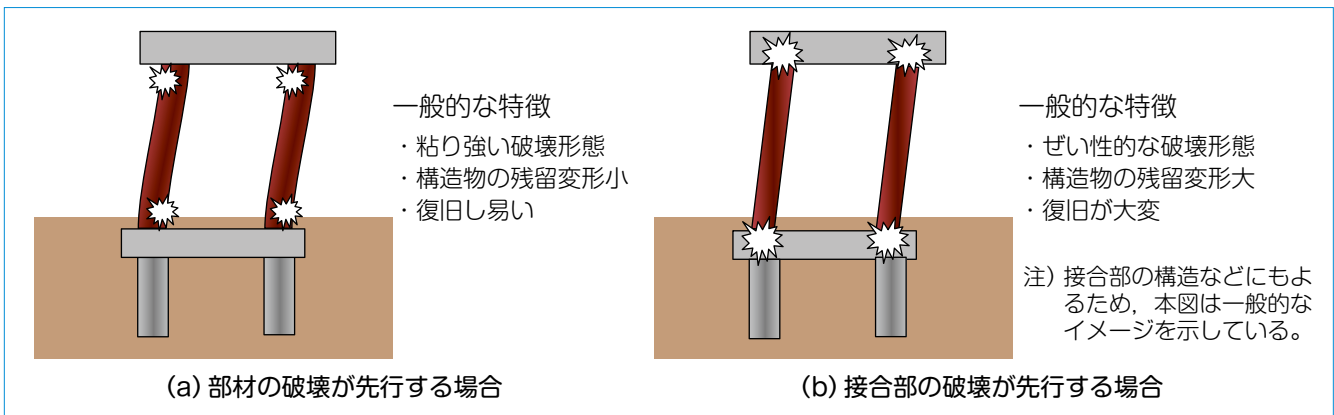


図5 部材の破壊先行と接合部の破壊先行の違い(イメージ)

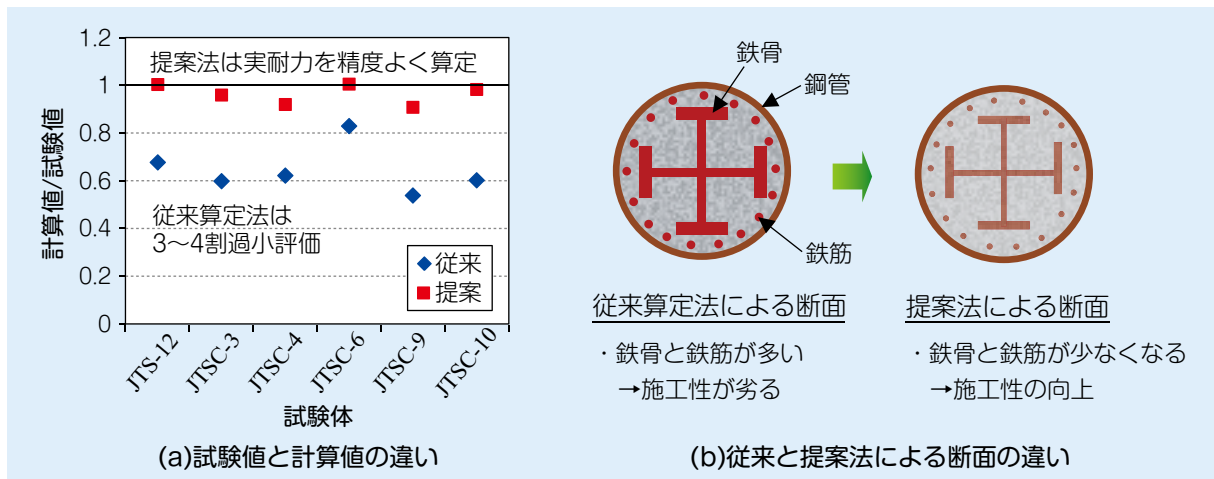


図6 鉄骨鉄筋差込み方式の曲げ耐力の算定式の改良

ます。鉄骨と鉄筋の両方を差し込む構造を「鉄骨鉄筋差込み方式」、鉄筋のみを差し込む構造を「鉄筋差込み方式」といいます(図2(b), (c))。「鉄筋差込み方式」は、鋼管くいのくい頭部とフーチングの接合部に一般に用いられている構造と同様です。

その他、鋼管くいや場所打ちくい(鉄筋コンクリート部材)との接合部には、「ソケット方式」が用いられることがあります(図2(d))。この方式は、コンクリート充填鋼管部材をこれより一回り大きい鋼管の中に差し込み、そのすき間をコンクリート充填して一体化した構造です。

このように、鋼とコンクリートの異種部材の接合部の構造を考える際には、鋼とコンクリートをどのようにつなげ

て両者の力をいかに伝達できるようにするかが重要です。

### どのように設計しているか

構造物の設計では、「部材」については、一般に数値計算などを行い詳細に照査しています。一方、「接合部」については、特に同種部材の接合部では、構造細目などで定められた仕様を満足するように構造詳細を決めるのみで、詳細な照査まで行うことは少ないようです。この方法では異種部材の接合部には適用できず、また新たな接合部への応用も困難であるため、接合部の設計はどうあるべきか議論する意識が高まっています。

土木学会複合構造標準示方書<sup>3)</sup>では、異種部材の接合部の設計の基本的な考

え方が示されています。これを受けて、近々に改訂予定の「鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼とコンクリートの複合構造物)」(以下、複合標準)にも、異種部材の接合部に関する照査の基本的な考え方を示すとともに、具体的な接合部7形式について照査法のブラッシュアップを図りました。

接合部は、各々の部材に働く力を相互に伝達できるようにする必要があります。このため、接合部の設計の基本的な考え方としては、

- ・地震時などの想定される外力に対して接合部が破壊しないこと
- ・部材より先に破壊しないこと
- ・剛(変形が微小)であることが一般に求められます。一方で、大規

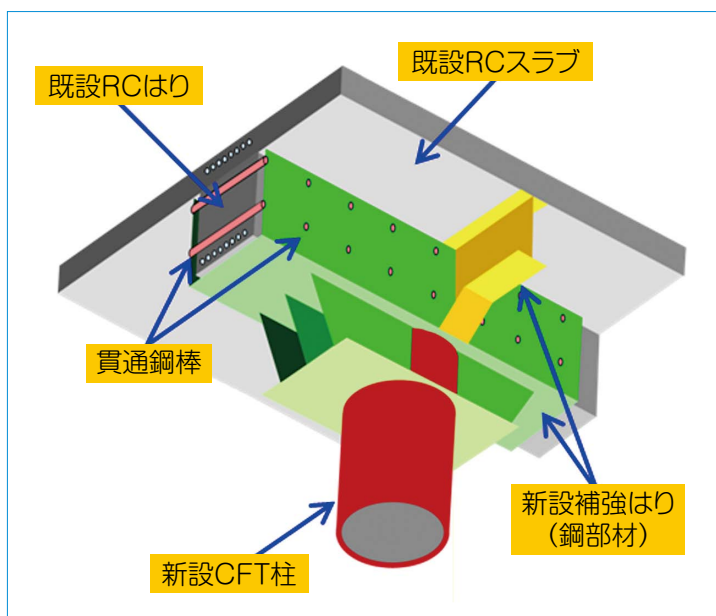


図7 既設高架橋への接合部の構造の例<sup>5)</sup>

模地震に対しては、接合部において軽微な損傷や変形を許容する方が、接合部のみでなく部材もコンパクト化できるという考え方もあります。

では、なぜ一般に接合部が部材より先に破壊しない方がいいのでしょうか？理由としては、接合部の破壊はぜい性的となる可能性があること、複数の部材が集まる部位であるため接合部の破壊が構造物の不安定化をもたらす可能性があること、損傷した場合に復旧しにくいことなどが挙げられます(図5)。

なお、新たな接合部を採用する際には、実験や詳細な解析による検討を行い、構造を決めることが多いです。

### 最近の研究成果の紹介

鉄道総研において、コンクリート充填鋼管部材を用いた異種部材の接合部の研究成果のうち、2つの事例を紹介します。

#### 鉄骨鉄筋差込み方式

鉄骨鉄筋差込み方式は、15年ほど前に検討され、すでに実用化されています。しかしながら、鋼管の中に鉄骨

と鉄筋を差し込む構造のため、接合部の耐力を確保するために必要となる鋼材量が多くなり、鋼管内におさまらない、あるいは施工性が著しく悪くなるなどの課題がありました。

そこで、過去の載荷試験結果を再整理し、最近の知見を用いて接合部の耐力の算定法を見直しました。その結果、従来の算定法では実際の耐力を3～4割程度過小評価していたのですが、実耐力を精度よく算定できるようになりました(図6(a))<sup>4)</sup>。このことから、鋼管内に差し込む鉄骨と鉄筋の量を減らすことができコンパクト化が可能となりました(図6(b))。

#### 既設高架橋への接合形式

鉄道総研では、既設の鉄筋コンクリート高架橋の各種リニューアル工法を検討しています。その中で、高架下空間をできるだけ拡大し有効活用できるように、既設の鉄筋コンクリート柱を撤去し、別の場所に新たにコンクリート充填鋼管柱を既設高架橋に接合できる構造を開発しました。図7のように、新規のコンクリート充填鋼管柱を既存の鉄筋コンクリートはりに接合

する構造で、鋼管と一体となったU形断面の鋼部材を既存のはりにはさみ込み、内部に鋼棒を貫通することによって定着する構造です。

また、既設の鋼橋について、鋼橋の支点部近傍の桁端をコンクリートで固めて、鋼橋、橋台および盛土を一体化する構造も開発しています<sup>6)</sup>。この桁と橋台の接合部も、異種部材の接合部といえます。

### おわりに

鉄道構造物の各設計標準は性能照査型に移行しつつあります。性能照査型設計法では、照査の自由度が高く、任意の構造が設計しやすくなります。そのため、新設・既設問わず、さまざまな構造が考えられ、異種部材の接合部のニーズがより高くなることが予想されます。

今後も「異種部材の接合部の望ましい構造とは?」、「その最適な設計とは?」を念頭に置きながら、接合部に関する研究開発を進めていきます。**RRR**

### 文献

- 1) 日本鋼構造協会：ハイブリッド構造における接合部の技術開発に関する調査研究報告(土木編)、JSSCテクニカルレポート、No.63、2004
- 2) 川村、枝松、古道、小幡、佐藤、土井：星が浦海岸通架道橋の設計と施工、橋梁と基礎、2008
- 3) 土木学会：複合構造標準示方書、丸善、2009
- 4) 池田、福本、谷口：鉄骨鉄筋差込み接合方式の耐力算定法の改良、鉄道総研報告、Vol.28、No.1、pp.35-40、2014
- 5) 上村、斉藤、谷口、北川、西村、依田、桜井：複合構造物を活用した既設鉄道RC高架橋のリニューアルに関する基礎的研究、構造工学論文集、Vol.59A、pp.908-918、2013
- 6) 神田、須賀、横山、舘山、杉本：鋼桁・橋台・盛土一体化による旧式橋梁の耐震補強、鉄道総研報告、Vol.26、No.4、pp.29-pp.34、2012