

日本鉄道建設公団 正員 保坂 鐵矢<sup>\*</sup> 石川島播磨重工業 正員 岡田 誠司<sup>\*\*\*\*</sup>  
 日本鉄道建設公団 正員 堀地 紀行<sup>\*\*</sup> パシフィックコンサルタンツ 正員 松尾 仁<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
 早稲田大学 フェロー 依田 照彦<sup>\*\*\*</sup>

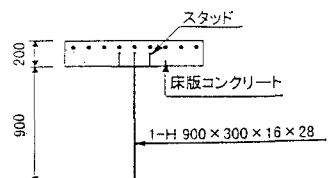
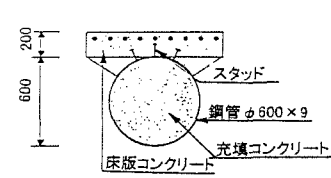
1. まえがき 経済性の追求や設計上の利点を活かして、連続合成I桁橋の中間支点で鋼（上部工）とコンクリート（下部工）を一体とした構造（以下、上下部一体構造と呼ぶ）の研究が盛んに行われている。上下部一体構造では上部工の断面力をどのように下部工に伝えるかが重要項目であり、スタッド、スティフナー等の配置を条件として伝達機能・方法を課題にした研究は多い。しかし、主桁上の床版コンクリートも考慮した研究は少ないのが現状である。本研究は、活荷重を想定した断面力時における床版部のコンクリートのひび割れ幅と荷重の関係、梁-柱部の剛結部の断面力の伝達、および柱部の応力機構、さらに破壊に至るまでのメカニズムを解明するため、床版を考慮した合成桁タイプの上部工とRC橋脚を一体とした模型供試体による載荷試験、及び供試体をモデル化した立体有限要素解析を行ったので報告する。

3. 実験概要 実験供試体はI断面合成桁と新しい複合構造として開発した充填鋼管合成桁に着目した試験体である。それ

表1 供試体桁断面

単位；cm

らは試設計を行い断面形状を決定した。これまでの研究では、前者の上下部一体構造では剛結部の下フランジの下面において、応力集中による

|       | I断面                                                                                | 充填鋼管断面                                                                              |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|       |  |  |
| $A_s$ | 305.8 (鋼桁断面のみ)                                                                     | 192.9 (鋼管断面のみ)                                                                      |
| $I_s$ | 404,000 (鋼桁断面のみ)                                                                   | 118,208 (鋼管断面のみ)                                                                    |
| $I_v$ | 489,694 (鋼桁断面+鉄筋)                                                                  | 181,196 (鋼管断面+鉄筋+充填コンクリート)                                                          |

コンクリートの圧壊現象が確認

されている<sup>1)</sup>ので、本試験では床版を含めた実構造に近い供試体で、剛結部の施工性を考慮したアンカービーム形式、アンカーフレーム形式の2つの形式を用いた。これらの桁及び剛結部の組み合わせにより表2の4タイプの供試体で実験を行った。載荷方法は設計活荷重状態を想定するため、張り出した桁部先端に集中荷重を載荷した。

表2 供試体タイプ

| 供試体タイプ    | 桁断面          | 剛結形式     |
|-----------|--------------|----------|
| ① Type1-1 | 合成I断面        | アンカービーム  |
| ② Type1-2 | 合成I断面 (①の補強) | アンカービーム  |
| ③ Type1-3 | 合成I断面        | アンカーフレーム |
| ④ Type2-1 | 充填鋼管断面       | アンカービーム  |

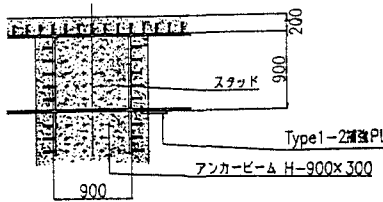


図1 アンカービーム形式

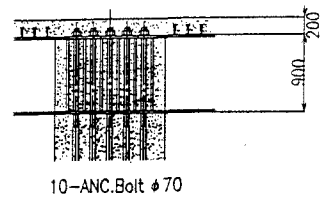


図2 アンカーフレーム形式

キーワード：中間支点、上下部一体構造、合成構造、複合ラーメン、床版のひび割れ

\* 〒100-0014 東京都千代田区永田町2-14-2 Tel 03-(3506)-1860 Fax 03-(3506)-1860  
 \*\* 〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄1-6-14 Tel 052-(231)-2855 Fax 052-(231)-0036  
 \*\*\* 〒169-0072 東京都新宿区大久保3-4-1 Tel 03-(5286)-3399 Fax 03-(3200)-2567  
 \*\*\*\* 〒135-8322 東京都江東区毛利1-19-10 Tel 03-(3846)-3152 Fax 03-(3846)-3345  
 \*\*\*\*\* 〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-7 Tel 03-(3344)-0712 Fax 03-(3344)-0806

3. 解析概要 前述の供試体Type1-1及びType1-2について立体有限要素解析を行った。その要素分割図を図3に示す。コンクリート断面はソリッド要素を用いて、床版の厚さ方向を4層に分割し、床版内部の配力鉄筋は梁要素を用いて配置した。桁断面及びアンカービーム断面はシェル要素を用いた。なお、スタッドは鉛直・水平バネで考慮した。このようなモデル化を行い実験値と比較した。

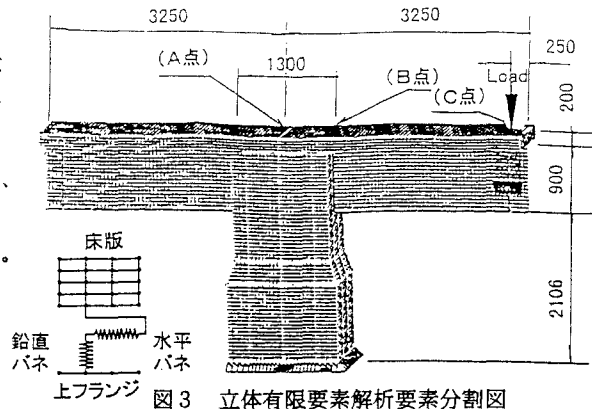


図3 立体有限要素解析要素分割図

4. 実験結果 ①耐力 各供試体の耐力を表3に荷重-変位曲線を図4に示す。桁断面がI断面(Type1)の供試体は桁-柱の剛結部近傍の桁断面が塑性化し、最終的にはその個所の床版コンクリートが破断し、鋼製板下

端の座屈が原因となり最終耐力となっている。充填鋼管断面(Type2)の供試体は上記の個所

表3 供試体耐荷力

|   |         | 耐荷力 ( ) は変形量       |
|---|---------|--------------------|
| ① | Type1-1 | 178.8tf (57mm)     |
| ② | Type1-2 | 184.7tf (51mm)     |
| ③ | Type1-3 | 187.1tf (69mm)     |
| ④ | Type2-1 | 103.6tf (122mmで終了) |

において座屈現象が発生したが、耐荷重はゆるやかに増加し続け、端部たわみ角が試験機能力の限界値に達したため試験を終了した。なお、供試体は表1に示すようにI<sub>c</sub>に大きな差があるため、供試体Type2(充填鋼管桁)をType1(I断面桁)と同じ条件として、両者を同じ剛性とした仮想供試体Type2-2(⑤)を机上で比較してみると、図4に示すように大きな耐力評価が推定できる。

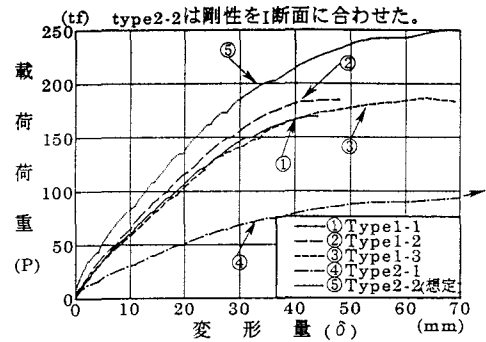


図4 荷重-変位曲線(載荷点)

②床版の劣化状況 供試体Type1-2の設計活荷重断面力時( $P=25.4\text{tf}$ 時)の断面力時の床版上面のひび割れ状況を図5に示す。床版上面のひび割れは、桁-柱の剛結部近傍において初期ひび割れが発生し、図に示すように①~⑤の順序で発生し、また

この位置は鉄筋と同間隔に近いものであった。しかし使用限界値と想定される0.2mmの開口量は設計活荷重断面力の2倍の荷重でも確認されなかった。

③柱コンクリートの劣化現象

Type1-1、Type1-2に比べType1-3は柱部に曲げ・せん断ひび割れが多

数発生した。加えてType1-3のみに圧縮側の桁下フランジ直下で圧壊現象が確認された。

5. まとめ 本試験においては、中間支点上の床版のひび割れに対する使用限界上の安全性及び、脚断面への力の伝達の面で、アンカービーム形式が使用に耐えかつ、アンカーフレーム形式に対する優位性が確認できた。今後疲労耐力の実験や解析等により深度化し、シンプルな最適構造を選定したいと考えている。

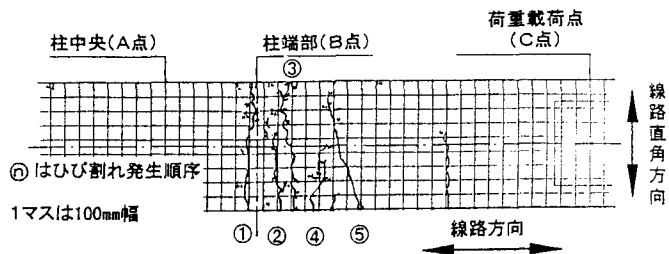


図5 活荷重相当断面力時の床版のひび割れ状況

参考文献 1) 松田哲夫、湯川保之、和田信良、石崎 茂、松井繁之：鋼桁とRC橋脚を剛結した複合ラーメン橋剛結部の曲げ耐力と変形性能、土木学会第51回年次学術講演会、pp.912-913。