主桁間隔の狭い鉄道 PCI 形桁に適用する外ケーブル定着体の実験的検討

西日本旅客鉄道(株)　正会員　○湯淺　康史　　神戸大学大学院　正会員　森川　英典
ｼﾞｪｲｱｰﾙ西日本ｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ(株)　正会員　福田　圭祐　　(株)エスイー　松岡　勤

1．背景・目的

主桁間隔の狭い鉄道 PCI 形桁に外ケーブル補強する場合，一般に用いられる主桁ウェブ側面に構築する定着体が施工できない．そこで，このような桁に適用できる外ケーブル定着体（以下，桁間定着方式）の開発を行っており[例えば 1)]，本稿では，実物大の供試体による載荷実験を行ったので，その結果について報告する．

2．実験概要

実験は，桁長 12m の 2 つの主桁を端横桁で連結し，主桁間に桁間定着方式による定着体を構築した供試体により行った．実験概要図を**図-1** に示す．なお，主桁は実橋をモデルとし，床版，上フランジは省略した形状とした．定着体は主桁間にコンクリート製の定着装置を施工し，緊結用 PC 鋼材の緊張により，圧縮力を下フランジハンチ面に作用させ，この面のせん断伝達力によって，外ケーブル張力に抵抗する構造としている．このため，本定着体とのコンクリート界面となるハンチ面は，ショットブラストによる表面処理，主桁ウェブ側面・下フランジ側面は定着体と縁を切る仕様としている．また，本定着体は耐力の評価を行うため，実橋での適用を考えている定着体に対し，橋軸方向長さを 1/3 程度に短縮し，滑動しやすいものとした．

載荷は，定着体の構築後，緊結用 PC 鋼材に所定の張力(867kN/本）を導入し，外ケーブルを緊張する(最大張力 0.9Py≒4600kN)ことにより行った．本試験で用いた主な材料の物性値を**表-1，2** に示す．

表-1　コンクリート物性値

部位	f_c N/mm²	E_c kN/mm²
主桁	57.8	35.5
定着体	75.5	40.0

※　f_c：圧縮強度，E_c：弾性係数

3．実験結果

緊結用 PC 鋼材に所定の張力を導入して実験を行った結果，外ケーブルの最大張力を載荷しても，定着体の滑動変位がほとんど生じなかった．このため，その後緊結用 PC 鋼材の緊張力を 25%ずつ低減し，外ケーブルを再載荷するケースを順次繰り返して実験を継続した．ここで，初回以降の実験は前載荷の損傷の影響を受けるが，耐力等を安全側に評価できるものと考えられる．定着体の横桁側前面ハンチ付近の変位と載荷荷重の関係を**図-2** に示す．緊結用 PC 鋼材の張力を 75%，50%に低減させた場合，ある荷重段階から，緩やかにハンチ面のズレ変位が生じたが，急激な滑動は生じなかった．そして，緊結用 PC 鋼材の張力を 25%に低減して，4350kN を載荷したときに，荷重低下を伴い急激に滑動した．

実験終了後の損傷状況を**図-3** に示す．定着体には多数のひび割れが発生するとともに，ハンチ付近に発生したひび割れに段差が生じている状況であった．すな

表-2　ＰＣ鋼材物性値

	種別	本数 径	f_{py} N/mm²	f_{pu} N/mm²	E_p kN/mm²
緊結用 PC 鋼材	SWPR7BL	7 本 φ12.7	1711	1864	199
外ケーブル	SWPR7BL	19 本 φ15.2	2189	2224	196

※　f_{py}：0.2%耐力，f_{pu}：引張強度，E_p：弾性係数

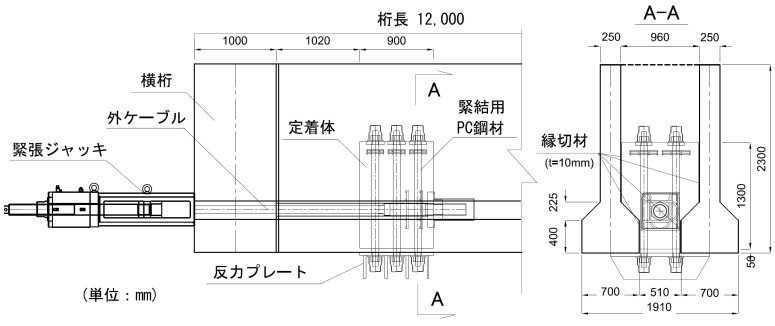

図-1　実験概要図

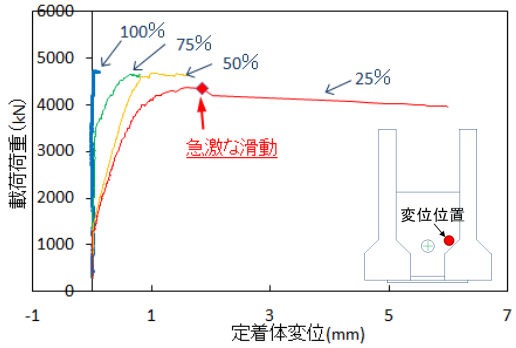

図-2　荷重変位関係

キーワード　外ケーブル定着体，せん断伝達耐力，鉄道橋，PCI 形桁
連絡先　〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 2F　西日本旅客鉄道（株）構造技術室

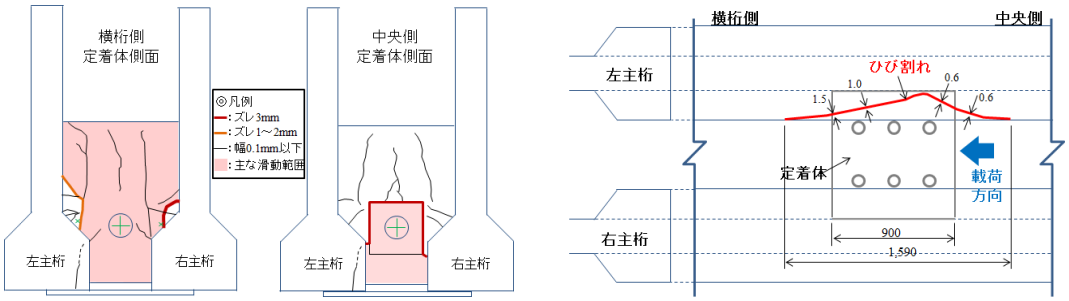

図-3　損傷状況（左：定着体，右：主桁下フランジ下面）

わち，定着体はハンチ全幅で均一に滑動したのではなく，定着体がひび割れてブロック化し，定着体内部で部分的に滑動する破壊形式であったと推察される．また，載荷終了後に，反力プレートを撤去したときに，主桁下フランジにひび割れが確認された．ここで原因を推察するため，主桁開き量の挙動を**図-4** に示す．主桁の開き量は主桁側面で計測した変位計より求めた．主桁の開き量は，緊結用 PC 鋼材の張力が 100%～50%の場合は 1mm 未満と小さく，本定着体が主桁の面外変形に与える影響は比較的小さいと考えられる．しかし，定着体の滑動時には急激に開き量が増加する挙動が認められた．主桁下フランジに発生したひび割れは，この定着体滑動時の主桁が開く挙動を，下面反力プレートが拘束することにより発生したものと推察される．

4．評価式との比較

桁間定着工法の設計方法の検討にあたり，実験値と現行の外ケーブル工法定着体の設計 [2]で用いられる各設計値との比較を行った．

現行の設計においては，弾性限界荷重は摩擦係数 0.6 として算出する [2]．ここで，**図-2** から推定した弾性限界荷重の実験値とハンチ面に垂直に作用するプレストレスの関係を**図-5** に示す．すべてのケースで摩擦係数 0.6 を上回っていることが認められる．

次に，最大耐力については，現行の設計ではコンクリート標準示方書のせん断伝達耐力式 [3]を用いて算出する．ここで，実験値と耐力式との比較を**表-3** に示す．なお，耐力式では，面性状を表す係数 b は打継面（処理あり）に対応した値（0.5）とし，安全係数はすべて考慮していない．**表-3** より，実験値は耐力式を大きく上回ることが確認できる．したがって，現行の設計方法を用いることによって，桁間定着工法の定着体の性能を安全側に評価できると考えられる．

5．結論

・限られた実験結果であるが，桁間定着工法の定着体

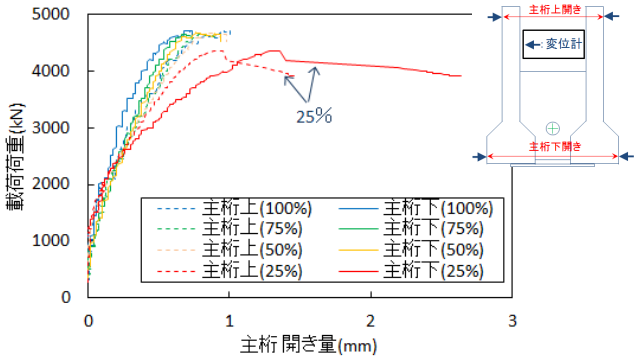

図-4　主桁開き量の挙動

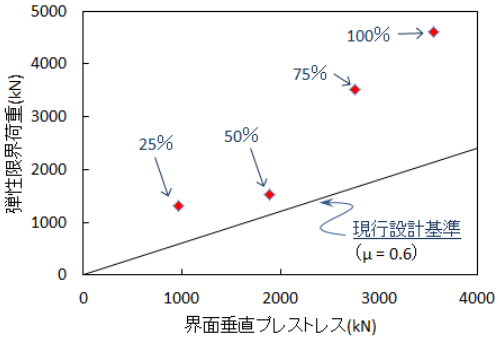

図-5　弾性限界荷重とハンチ面に垂直なプレストレス

表-3　最大耐力の比較

緊結用 PC 鋼材の所定張力に対する割合	界面垂直応力 N/mm²	実験値 kN	耐力式 kN	実験値／耐力式
25%	1.70	4350	2320	1.88

は十分な定着性能を有し，現行の設計方法により安全側に評価できる．

・破壊形式は，定着体がひび割れてブロック化し，定着体内部で部分的に滑動する破壊形式であった．

・本定着体が主桁に与える影響は小さいと想定されるが，今後解析により詳細に検討する予定としている．

参考文献

1) 湯淺ら：主桁間隔の狭い PCI 形桁における外ケーブルの桁間定着に関する実験的検討，第 22 回ﾌﾟﾚｽﾄﾚｽﾄｺﾝｸﾘｰﾄの発展に関するｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ論文集，2013.10

2) 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル（案），2007.4

3) 土木学会：コンクリート標準示方書［設計編］，2012.3