

ストラット構造の拡幅床版施工におけるストラット下側接合部の実験について
 — 第二東名高速道路 村良第二高架橋上下線 —

(株)日本ピーエス	正会員	○月東 宏之
中日本高速道路(株)		金本 岳人
八千代エンジニアリング(株)		林田 雄二
(株)日本ピーエス		松本 正之

1. はじめに

村良第二高架橋は、第二東名高速道路の静岡県内の藤枝岡部 IC (仮称) に隣接して建設される PRC 2 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋である。本橋は、将来 3 車線完成断面への拡幅可能な構造としつつ暫定断面で施工が着手された。しかし、将来供用後の拡幅工事の難易度を考慮して、供用前に完成断面とする計画に変更となった。

計画見直しの判断時期は暫定断面での施工開始後であり、写真-1のようにストラット下側接合部は未対策のまま施工していた。そこで、同様な背景で施工中の中ノ合高架橋で採用された方法¹⁾である、ストラットと既設躯体間にプレキャスト受皿(以下、PCa 受皿と称す)を介する方法を本橋でも採用することにした。等断面(ストラット軸線と既設躯体接合面が直交するタイプの断面)における後施工接合部の構築は、中ノ合高架橋において既に開発されていたが、変断面(ストラット軸線と既設躯体接合面が直交しないタイプの断面)における適応例がなく、軸力による分力が発生するため、接合部の安全性の照査方法を確認する必要があった。



写真-1 ストラット下側接合部

本稿では、変断面における PCa 受皿を用いたストラット下端接合部の耐荷性能について行った実験について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の概要および諸元を以下に示す。

工 事 名：第二東名高速道路 村良第二高架橋 (PC 上部工) 工事

構造形式：PRC 2 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

架設工法：暫定断面：張出し架設工法

拡幅床版：拡幅移動作業車を用いた移動式支保工

橋 長：上り線 132.200m 下り線 153.344m

支 間 長：上り線 64.809+64.791m 下り線 75.360+75.384m

有効幅員：16.500m 桁 高：3.5m~6.5m

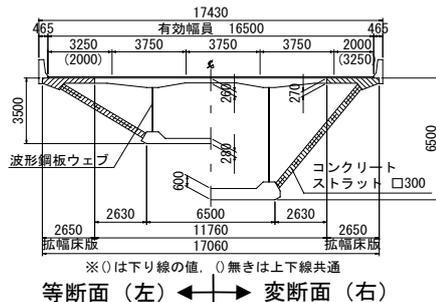


図-1 主桁断面図

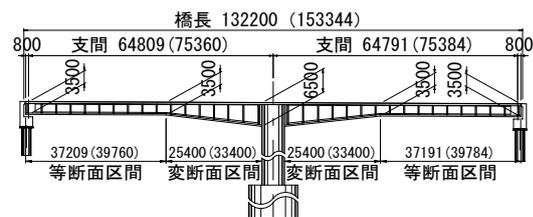


図-2 橋梁一般図

3. ストラット下側接合部の構造と実験の目的

ストラット下側接合部は中ノ合高架橋で採用された PCa 受皿のせん断キーを介して荷重を伝達する構造を採用した（図-3）。

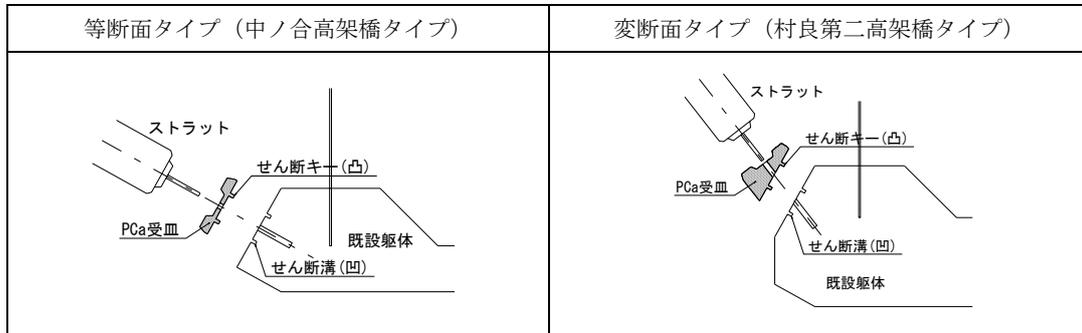


図-3 ストラット下側接合部構造図

本橋における変断面区間では、ストラット軸線と既設躯体の接合面が垂直とならず、ストラット軸力の分力が接合面にせん断力として作用する。そこで、本受皿を使用するためには下記の項目を実験により明らかにし、PCa 受皿と既設躯体の接合部せん断伝達メカニズム及び耐荷性能を明確にする必要があった。

- ① PCa 受皿と既設躯体の接合面摩擦係数（実験 Case1）
- ② せん断キーのみのせん断伝達耐力（実験 Case2）
- ③ せん断キー耐力と摩擦抵抗の分担率（実験 Case3）
- ④ 配置角度の変化による影響（実験 Case4）

4. 供試体および実験概要

供試体は、実験 Case1～3 の摩擦係数、せん断キーのせん断伝達耐力および分担率を推定することを目的とした要素実験用供試体と、実験 Case4 のストラット軸線と既設躯体との角度による影響を確認することを目的とした確認実験用供試体の2種類を製作した。図-4、5に要素実験、確認実験の装置概略図を示す。

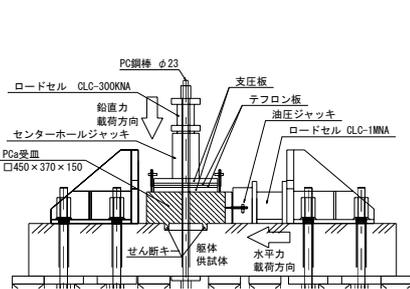


図-4 要素実験装置概略図

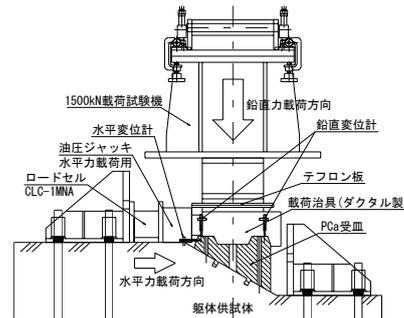


図-5 確認実験装置概略図

PCa 受皿は、超高強度繊維補強コンクリートを使用した。形状を図-6に示す。既設躯体供試体（以下、躯体供試体と称す）は、既設躯体に合わせて早強ポルトランドセメントを用い製作し、接合面表面処理はペーパーやすりにより行った。

実験ケースを表-1に示す。

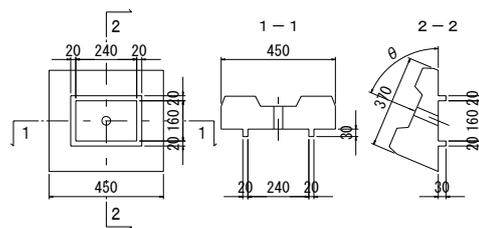


図-6 PCa 受皿寸法図

Case1 は、接合面の表面処理による摩擦係数を求めるためせん断キーを設けない PCa 受皿を使用し、鉛直荷重を変化させて実験を行った。

Case2 は、摩擦の影響を排除するため表面処理は行わず、グリスを塗布した。また、鉛直力による摩擦の影響を排除するため、鉛直力は載荷せず浮き上がりによる変位を拘束して実験を行った。

Case3 は、せん断キーと摩擦抵抗の分担率を求めるため、せん断キー付きの受皿を使用し、鉛直荷重を変化させて実験を行った。

Case4 は、ストラット軸線と既設躯体との角度を本橋の最大角度である 67° と等断面の角度と最大角度の間である 74°、さらに他工事への展開を考えて最大角度以上の 60° の 3 種類の角度を実物大で再現して実験を行った。

全ての実験はロードセルおよび変位計を用い、荷重-変位関係を記録した。

5. 実験結果および接合部の安全性の照査方法の提案

実験結果を以下にまとめる。

- ・ Case1 の鉛直荷重と最大水平荷重の関係を図-7 に示す。図からも分かるように、接合面の摩擦係数は $\mu=0.5$ 程度の値を示した。
- ・ Case2 の実験におけるせん断キーの破壊形態は、写真-2, 3 に示すように、PCa 受皿側がせん断破壊、躯体供試体側が斜圧縮破壊であった。
- ・ Case3 の実験においても、Case2 と同様な破壊形態となった。

表-1 実験ケース

Case	要素実験			確認実験
	1	2	3	4
配置角度 θ (度)	90	90	90	74,67,60
せん断キー※1	片効き	×	○	○
	両効き	×	-	○
表面処理	○	×	○	○

※1:せん断キーはせん断力作用方向に 2 箇所. 片効きとは、片方に遊びを取り、片方のみ抵抗させたもの。

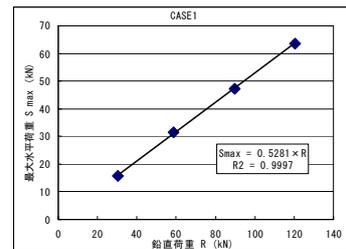


図-7 鉛直荷重-最大水平荷重の関係



写真-2 PCa 受皿側の破壊形態

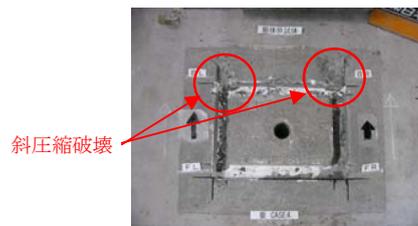


写真-3 躯体供試体側の破壊形態

Case2 と Case3 の破壊形態から、せん断破壊型の部分と斜圧縮破壊型の部分に分け、それぞれの抵抗部分を図-8, 9のように考えた。着色した A~E 部が抵抗面である。

さらに破壊形態ごとに、土木学会コンクリート標準示方書²⁾の式を用い、せん断キーのせん断伝達耐力 H_{uk} 式(1)(2)に示す式で算出した。

せん断破壊型 : $H_{uk} = 0.1 \cdot f_{cd}' \cdot A_k$ 式(1)・・・A,A',B,E 部

斜圧縮破壊型 : $H_{uk} = f_{wcd} \cdot A_k = 1.25 \cdot \sqrt{f_{cd}' \cdot A_k}$ 式(2)・・・C,D 部

f_{cd}' は設計基準強度, A_k はせん断抵抗面積, f_{wcd} は斜圧縮破壊強度である。

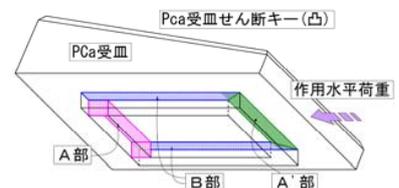


図-8 PCa 受皿抵抗面

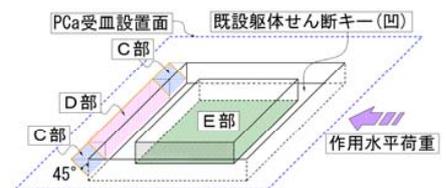


図-9 躯体供試体抵抗面

せん断伝達耐力は、片効き、両効きに関わらず、互いに抵抗する部位毎（例えばPCa受皿A部と躯体供試体D部）で耐力値の小さい方の合算値となると推定した。また、摩擦抵抗とせん断キー耐荷力の両要素が作用した場合、各要素の設計耐力を単純に足し合わせた値が実験値とほぼ一致した。ただし、せん断キーが両効きの場合、実験値は単純に合計した耐荷力の0.83~0.98程度となった（表-2）。

表-2 実験値と設計値の比較

単位：kN

Case	実験値	せん断キー		摩擦抵抗	設計値	比率
		片効き	両効き			
Case2(片効き)	180.8	158.9	—	—	158.9	1.14
Case3(片効き+摩擦抵抗)	223.6	158.9	—	45.5	204.4	1.09
Case2(両効き)	260.8	—	272.3	—	272.3	0.96

これは、図-10のグラフのように、両効きせん断キーの場合、ピークが2回現れていることから、PCa受皿や躯体供試体せん断キー（凹）等の製作精度によって二つあるせん断キーが同時に効くのではなく、一つのせん断キーが壊れ始めてから次が効き始めていると推定できる。

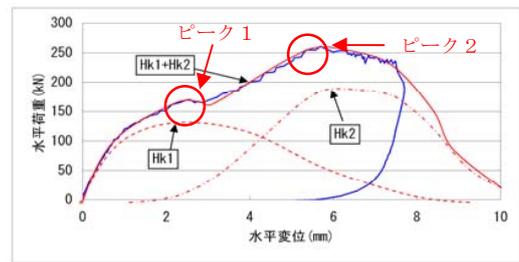


図-10 両効きせん断キーの荷重-変位関係

・Case4の確認実験（写真-4）においても、配置角度を変化させた場合でも、摩擦抵抗とせん断キー耐荷力を単純に足し合わせた値と実験値がほぼ一致した。よって耐力は、直角配置と同様な算出方法で算出して良いと考えられる。

・本実験で得られた結果から、配置角度を考慮したせん断伝達耐力 S_u の算定式は、式(3)となる（記号は図-11を参照）。

$$せん断伝達耐力 S_u = \frac{R \cdot (\mu/\gamma_{b1} \cdot \sin \theta - \cos \theta) + H_{uk}/\gamma_{b2}}{\sin \theta + \mu/\gamma_{b1} \cdot \cos \theta} \geq S \quad \text{式(3)}$$

γ_{b1} は、既設躯体のせん断キー（凹）の施工によるばらつきに対する部材係数、
 γ_{b2} は、PCa受皿の製品精度に対する部材係数で、各実験結果を踏まえ、それらの管理の程度により1.1~1.3とするのが望ましいと考えられる。



写真-4 確認実験装置（全景）

6. 結論

本実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) PCa受皿を用いたせん断伝達耐力は、せん断キーの耐荷力と摩擦抵抗の足し合わせで得られる。
- (2) せん断キーの耐荷力は、片効き、両効きに関わらず、互いに抵抗する部位毎で耐力値の小さい方の合算値となる。

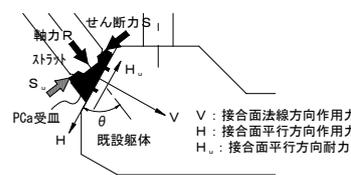


図-11 接合部作用力

7. 最後に

村良第二高架橋では、現在実験で確認された接合構造で施工中である（写真-5）。今後、本実験により得られた結果が同様な課題を持つ橋梁に役立てば幸いである。



写真-5 施工状況写真

参考文献

- 1) 長田, 岡戸, 京田, 弓家: 第二東名高速道路中ノ合高架橋における断面分割施工への取組みについて, 第16回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム, 2007年10月
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書[2002年制定]構造性能照査編, 2002