

国際線エプロンにおけるGSE橋梁上部工構造確認実験  
 ～UFCを用いた接合部の構造実験～

国際線エプロンJV 武者浩透

キーワード: 超高強度繊維補強コンクリート, UFC, プレキャスト桁, 実験, ジョイント

1. まえがき

羽田国際線地区の南北エプロンを結ぶ GSE 橋梁は、図-1 および図-2 に示すように、空港連絡道路上を跨ぎ航空機の運行をサポートする車両・機材 (GSE : Ground Support Equipment) が走行する。本橋の床版部には従来の場所打ちコンクリートが用いられているが、プレキャストブロックで架設されるU形状の主桁には超高強度繊維補強コンクリート (Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete, 以下 UFC) を用いた桁を採用した (図-3, 4)。UFC 桁の採用により、総質量 50 t ものトーイングトラクターを連行荷重として考慮し、かつ 46.0m の支間長を確保しながら、端部桁高を 1.86m (桁高スパン比  $H/L=1/24.7$ ) と従来の約 80% に抑制、さらに、上部工重量を 60% に軽量化したことで、桁下に建築限界がある中でアプローチ盛土量の抑制し、下部工縮小も実現した。また、UFC は普通コンクリートに比べて遥かに高い耐久性 (塩素イオンの拡散は普通コンの  $1/10\sim 1/50$ ) を有しており、維持管理の負荷が少ない高耐久な橋を実現している。本橋への UFC の採用に際して、床版とU桁の結合部や桁間ジョイント部など様々な実験を実施し、それらの構造の実耐力が設計計算上の耐力より十分高く、安全であることを確認している。

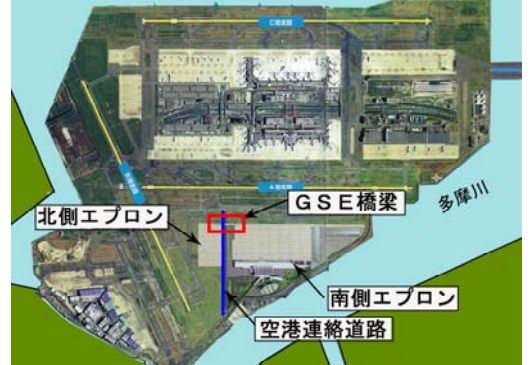


図-1 GSE 橋梁 位置図



図-2 GSE 橋梁 完成予想パース

側面図 (道路中心)

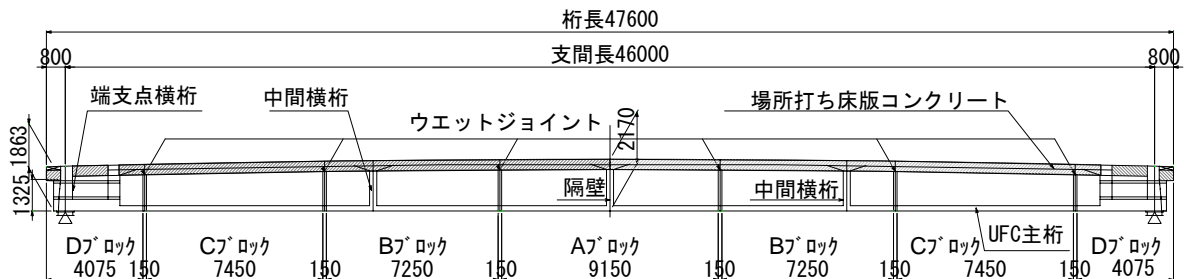


図-3 GSE 橋梁 構造概要図 (側面図)

2. GSE 橋梁の概要

2-1 GSE 橋梁の構造概要

GSE 橋梁は、橋長 48.0m のポストテンション UFC 単純合成 3 室箱桁橋であり、支間長は 46.0m である。断面構成は、U 形状の UFC プレキャスト桁 ( $f'_{ck} = 180 \text{ N/mm}^2$ ) と場所打ちのコンクリート床版 ( $f'_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ ) を孔あき鋼板ジベル (以下 PBL)

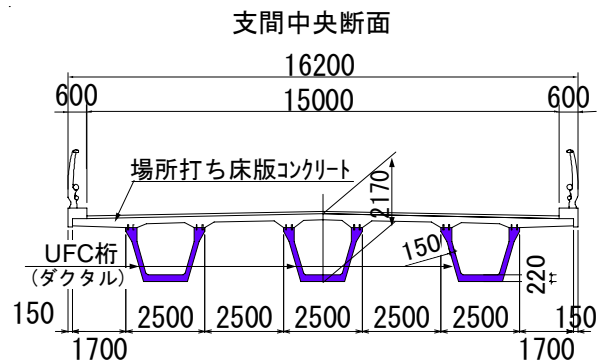


図-4 GSE 橋梁 断面図

で結合している（図-4，図-5）．このUFC桁とコンクリート床版を，鉄筋やアンカーボルト等で結合する方法も考えられるが，UFC桁は鋼並みの圧縮強度を有するため，それらを用いた場合，鋼材の断面剛性や断面積が足りず，鋼材が降伏してしまうため十分な耐荷性能が得られない．そのためUFC橋においては，通常は鋼桁とコンクリート床版といった鋼とコンクリートとの部材の合成に用いらてれるPBL結合を，UFC桁と床版との結合構造として開発して適用している．UFCのプレキャスト桁は，現場への運搬を考慮して断面の幅を2.5m，長さを10m以下とし，かつ重量を25t以下に抑えて主桁1本を7ブロックに分割している（図-3）．UFC桁は，架設地点の支保工上に架設された後，ウェットジョイントと呼ばれるUFCの桁間ジョイント部を場所打ちのUFCにより間詰め充填され，プレストレスの導入により橋体が一体化される．

## 2-2 GSE橋梁の特徴と構造検証項目

GSE橋梁はプレストレスコンクリート橋（以下，PC橋）であるが，UFCプレキャスト桁の採用により，従来のPC橋に比べて以下のような構造的な特徴がある．

- ① 桁の部材厚を従来の1/2程度に削減することができ，上部工全体で40%の軽量化を実現している．
- ② U形状のUFC桁を3本設置し上床版を場所打ちすることにより，16.2mといった広幅員の箱桁橋を構築する．
- ③ 上床版と桁の分離により，UFC桁を橋軸方向2m程度にスライスした従来のセグメントの形状ではなく，4～9mといった大きなブロック長とした．
- ④ UFC桁と場所打ちの上床版をPBLで結合している（図-5）．
- ⑤ UFC桁同士の接続は，UFCのウェットジョイントを採用している（図-5）．

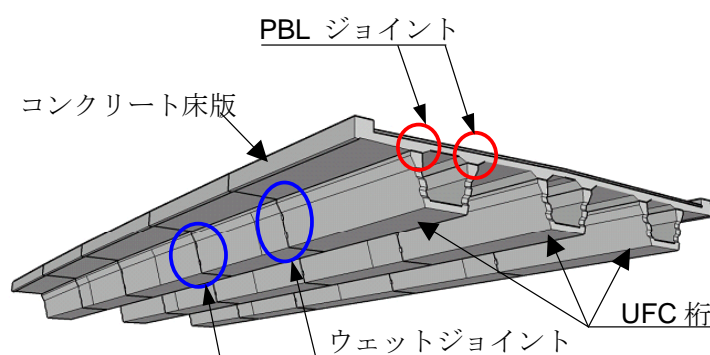


図-5 GSE橋梁 接合部位置図

これらの特徴があるGSE橋梁であるが，各部材の接合に特有の技術が導入されており，これらの技術をトーイングトラクターなどの大きな荷重を載荷する橋梁に適用するに際しては，それらの接合技術の検証を必要とした．具体的な検証項目は以下のとおりである．

検証項目-1：UFC桁と上床版のPBL結合部の耐荷性能

検証項目-2：UFC桁間のウェットジョイント接続部のせん断伝達性能

そのため，以下の構造実験を実施し，上記の接合部の検証を行った．

実験-1：床版-桁間ジョイント（PBLジョイント）実験

実験-2：桁間ジョイント（ウェットジョイント）実験

実験-3：縮小梁モデル実験

次頁より，各実験の概要を示す．

### 3. 床版-桁間ジョイント (PBL ジョイント) 実験

#### 3-1 PBL ジョイント構造

UFC 桁と床版との PBL 結合部は、図-6 のように張出し床版が長いので、橋軸直角方向の首振りモーメントによる鉛直方向の引抜力に対しても抵抗しなければならない。そのため、本橋では PBL を 2 列に配置した構造を採用した (写真-1)。PBL の鋼板は、床版側と UFC 桁側に半分ずつ埋設される (図-6)。床版側の PBL の孔には従来通り鉄筋が配置されるが、UFC 桁側は繊維補強であるため PBL の孔には鉄筋は配置しない。



写真-1 UFC 桁 PBL 配置状況

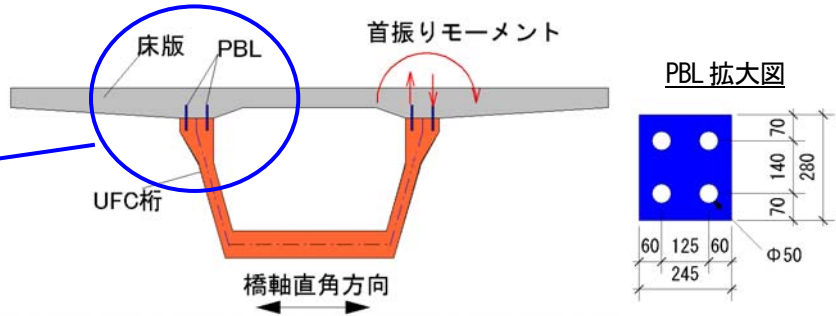


図-6 PBL 結合構造

#### 3-2 実験の目的

本実験の目的は、UFC 側の PBL の引抜抵抗力に対する性能を、以下の点で確認することである。

- 1) 設計で想定した能力以上にあること  
 使用限界状態 (荷重: 86 kN) においては接続構造が弾性挙動を示すこと  
 終局荷重状態においては接続構造が破壊しないこと
- 2) 脆性的な破壊をしないこと

#### 3-3 実験供試体

実験供試体は、図-7 のように接続構造とその周辺を切り出した形状とし、寸法は実寸、供試体数は、実験結果のばらつきを評価するために 3 体とした。

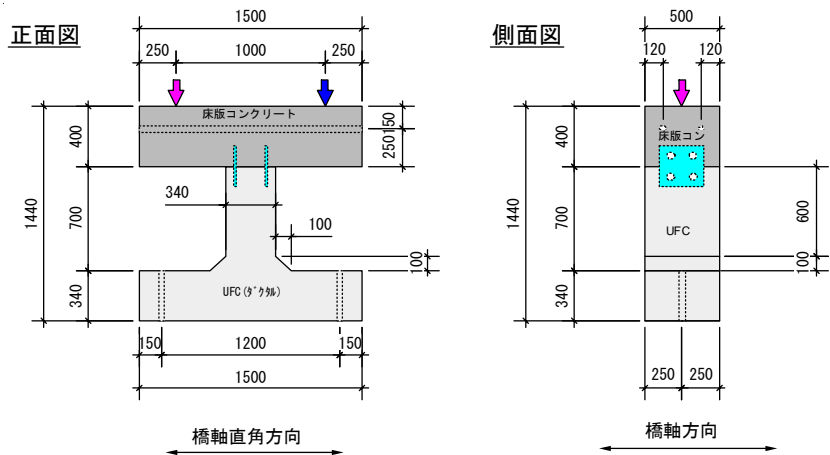


図-7 実験供試体

#### 3-4 荷重方法

荷重方法は、図-8 に示すように実験体の上部に荷重用のフレームを設置し、その荷重梁にセットした油圧ジャッキを用いて床版両端を鉛直下向きに荷重を載荷した。載荷荷重および載荷ステップは、まず設計における使用限界状態の荷重を 3 回の正負交番載荷し、その後、終局限界状態の荷重を 2 回載荷して、最後に部材が破壊するまで荷重を載荷した (図-9)。

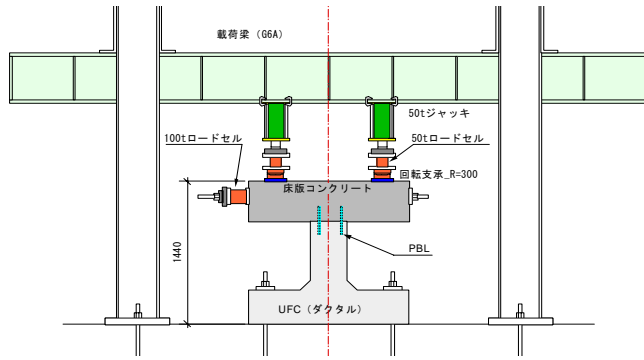


図-8 載荷装置

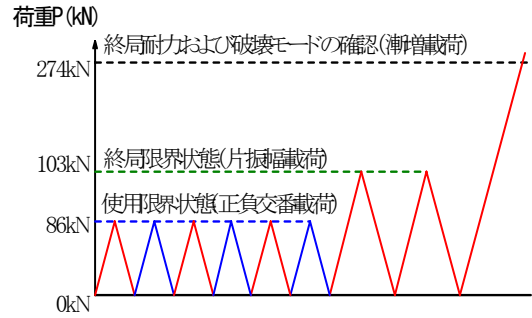


図-9 載荷ステップ

### 3-5 実験結果

実験時の UFC 強度を表-1 に、荷重-変位曲線（床版端部の鉛直変位）を図-10 に示す。以下に、実験結果の概要を実験の確認項目毎にまとめ示す。

表-1 実験時 UFC 強度（単位：N/mm<sup>2</sup>）

	圧縮強度			ひび割れ発生強度			引張強度		
	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
管理値	180N/mm <sup>2</sup> 以上			8N/mm <sup>2</sup> 以上			8.8N/mm <sup>2</sup> 以上		
強度	198	193	200	10.1	9.5	9.3	9.6	9.9	11.1
AVG	197			9.6			10.2		

#### 1) 設計で想定した PBL 結合部の耐荷性能について

- ・使用限界状態（荷重：86 kN）においてはひび割れが発生しないこと、また、3回の繰り返し載荷でもばらつきはなく、弾性的な挙動を示すことが確認された。
- ・終局荷重状態（荷重：103 kN）では、ひび割れの発生もなく健全で、設計終局荷重の2倍を上回る250 kNの荷重以降で UFC 部に微細なひび割れ（W=0.06mm）が確認された（図-10）。

#### 2) 最終の破壊性状について

荷重 250 kN を超えた付近から剛性が低下するが、UFC の繊維補強効果によりひび割れが分散するため、ひび割れ幅は増大せず（図-11）、脆性的な破壊は生じなかった。

以上より、計算上を上回る十分な耐力があり荷重ピーク後も脆性的な破壊しないことが確認できた。以上により、PBL による接合部の安全性が検証された。

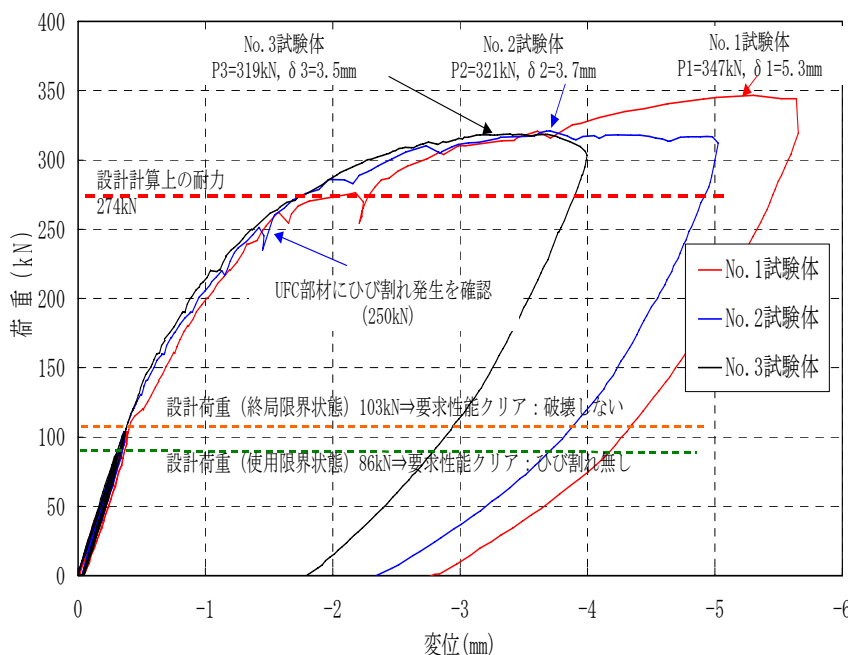
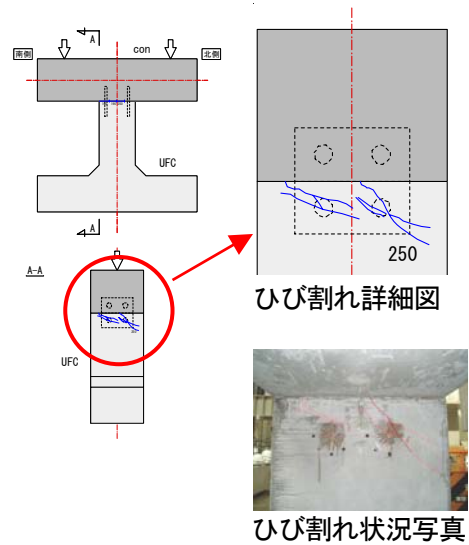


図-10 荷重-変位（床版端部の鉛直変位）関係



ひび割れ幅は 0.06mm 程度と微細なため、ひび割れをマジックで記入

図-11 ひび割れ発生状況（最大荷重載荷後）

## 4. 桁間ジョイント（ウェットジョイント）実験

### 4-1 ウェットジョイント構造

UFC 橋のウェットジョイント構造は、プレキャスト桁側にせん断キーの凹形の窪みを設け（写真-2）、UFC の場所打ち部側を凸形のせん断キー形状になるようにし、プレストレスによって生じる圧縮力による部材の摩擦と、せん断キーによってせん断力を伝達する構造としている（図-12）。これに対して、通常のコングリート橋梁（プレキャストブロック工法による）においては、一般的には接着剤を用いてプレキャスト桁同士を直接接続していく方法が用いられている。この直接接続方法を UFC 橋に適用する場合には、UFC 桁は部材厚が薄く、プレストレスにより導入される圧縮応力も高いことから、接合面の応力集中を防ぐために、非常に高い接合面精度が必要となる。しかしながら、GSE 橋梁のような大きな桁断面において高い接合面精度を確保するには、桁の製造設備を改良する必要があり、また製造過程で多くの作業が必要となるため経済的ではない。また、粉体量が多い UFC は、その材料の特性上、自己収縮量が大きく、接合面精度が確保しづらいという課題も抱えている。そのため開発されたのがウェットジョイント構造であり、このようにウェットジョイントを用いて桁を接続して行く構造は UFC 橋特有である。このウェットジョイント構造は、間詰め材を用いることにより UFC 桁の接合面の高い精度確保が必要とならない、UFC の高い流動性により確実に充填できる、間詰め材も高強度で鋼繊維補強の UFC であるため、強度のバランスが取れており脆性的な破壊を起こしにくい等の利点を有している。



写真-2 UFC プレキャスト桁

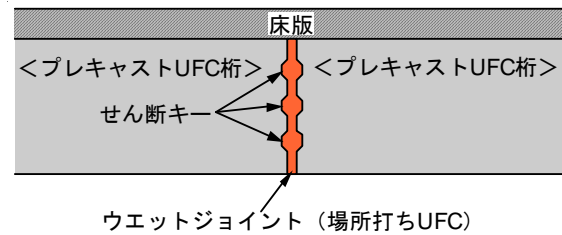


図-12 ウェットジョイント概念図

### 4-2 ウェットジョイント部の照査

ウェットジョイント構造の照査方法としては、土木学会コンクリートライブラリー113：超高強度繊維補強コンクリート設計・施工指針(案)<sup>1)</sup>（以下、UFC 指針）の「参考資料8：UFC を用いた構造物の設計例」に、ブロック継目の設計せん断伝達耐力の算定式として示されている。ジョイント部の照査では、この設計せん断伝達耐力が設計せん断力より大きいことを確認している。

ブロック継目としての設計せん断伝達耐力  $V_{yd}$  の算定式を以下に示す。

$$V_{yd} = V_{c wd} + V_{p ed} \quad (1)$$

ここに、

$V_{c wd}$  : 設計せん断伝達耐力

$$V_{c wd} = (\tau_c \cdot A_{cc} + V_k) / \gamma_b \quad (1-1)$$

$$\tau_c = \mu \cdot f'_{cd}{}^\beta \cdot \sigma_{nd}{}^{1-\beta}, \quad \sigma_{nd} = - (1/2) P'_c / A_{cc}$$

$\mu$  : 固体接触にかかる平均摩擦係数 (0.45),

$\sigma_{nd}$  : せん断面に垂直に作用する平均圧縮応力,  $A_{cc}$  : せん断面の圧縮側面積

$P'_c$  : 部材の圧縮側断面に作用する軸方向力,  $\gamma_b$  : 部材係数

$\beta$  : 面形状を表す係数

$V_k$  : せん断キーによるせん断耐力:  $V_k = 0.1 \cdot A_k \cdot f'_{cd}$

$A_k$  : せん断キーのせん断面における圧縮側部分の断面積

$f'_{cd}$  : コンクリート（ウェットジョイント部）の設計圧縮強度

$V_{ped}$  : 軸方向緊張材の有効引張力のせん断力に平行な成分

この式（1）における，第1項の  $V_{cwd}$  は，ブロック継目（GSE 橋梁ではウェットジョイント）のせん断伝達耐力を，第2項目の  $V_{ped}$  は主桁に導入されるプレストレスによるせん断抵抗力を示している．さらに，ブロック継目のせん断伝達力の式 (1-1) :  $V_{cwd} = (\tau_c \cdot A_{cc} + V_k)$  において， $\tau_c \cdot A_{cc}$  は接合面の摩擦によるせん断伝達耐力を， $V_k$  はせん断キーによるせん断伝達耐力を示している．つまり，この設計せん断伝達耐力の算定式の内，ウェットジョイントに関するせん断伝達耐力は，接合面の摩擦分担分と，せん断キーの分担分から構成されている．

#### 4-3 実験の目的

本実験の目的は，本橋のウェットジョイント部のせん断伝達耐力（性能）が，UFC 指針のせん断伝達耐力算定式から計算される耐力に比べて十分に高いことを確認することである．この算定式が，摩擦の分担分とせん断キーの分担分で構成されていることから，この実験においても，摩擦の分担分を確認するため試験体タイプ1（せん断キー無し）と，せん断キーの分担分を確認するため試験体タイプ2（せん断キー有り）を用いて実験を行った．なお，摩擦については算定式の中で用いられている「面形状を表す係数  $\beta$ 」がパラメーターとなっているため，具体的にはその  $\beta$  値が 0.4 以上であることを確認する．以下に，本実験の確認項目を示す．

- |  |
|--|
| <p>1) 試験体タイプ1（せん断キー無し）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>面形状を表す係数 <math>\beta</math> が 0.4 以上であること</li> <li>最終耐力および破壊状況</li> </ul> <p>2) 試験体タイプ2（せん断キー有り）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>せん断キーによる耐力増分</li> <li>最終耐力および破壊状況</li> </ul> |
|--|

#### 4-4 試験体

試験体を図-13 に示す．プレキャスト桁部と UFC 場所打ち部のせん断実験は，左右対称の2面せん断として载荷を行った（図-14，写真-3）．試験体の各寸法は GSE 橋梁の実寸法により決定され，部材厚および

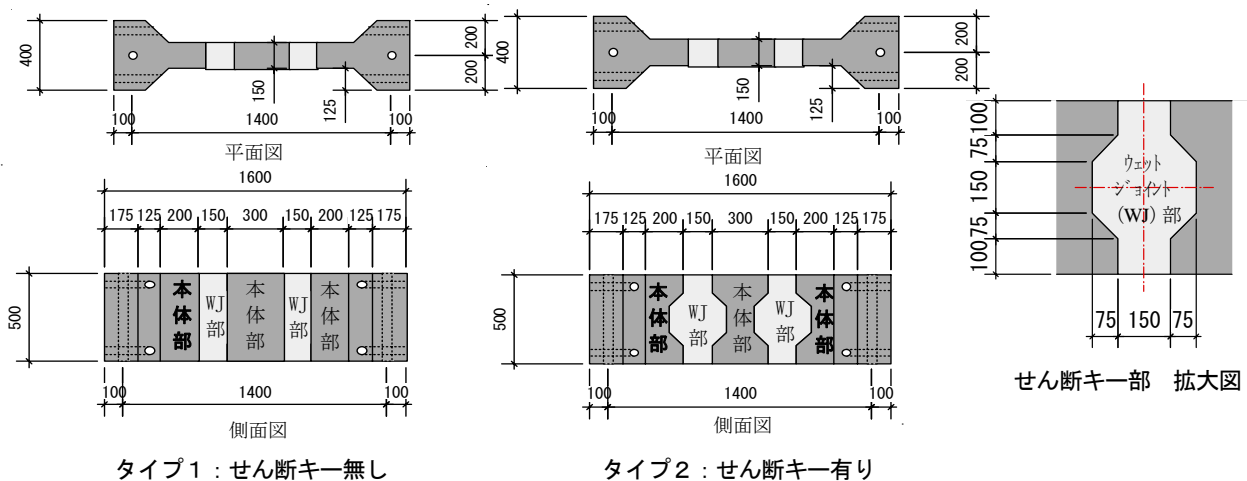


図-13 試験体構造図

ウェットジョイント幅は15cmである。また、プレストレスによってGSE橋梁のウェットジョイント部に生じる圧縮応力度は $10\text{N/mm}^2$ であるため、試験体においてもPC鋼棒により $10\text{N/mm}^2$ の圧縮力を導入した。ウェットジョイント部のUFC強度についても、本橋と同様の $120\text{N/mm}^2$ とした。

試験体は、ばらつきを評価するために3体準備し、全くの同一条件で実験を行った。

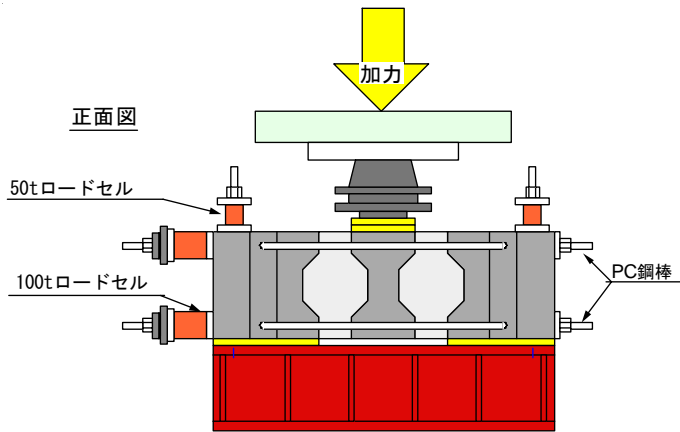


図-14 荷重方法



写真-3 荷重状況

#### 4-5 実験結果

荷重載荷実験から得られた要素実験の荷重-変位図（端部とウェットジョイント部の相対変位：せん断キー無し，せん断キー有り，各タイプ3体分）を図-15および図-16に示す。また、ひび割れ図を図-17および図-18に示す。

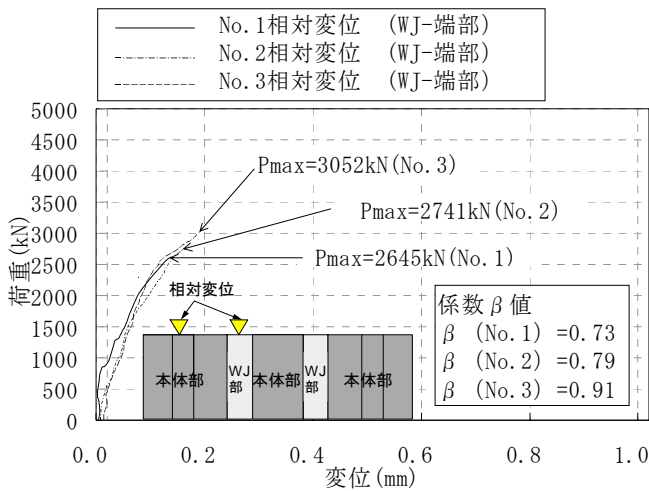


図-15 荷重-変位図：タイプ1（キー無し）

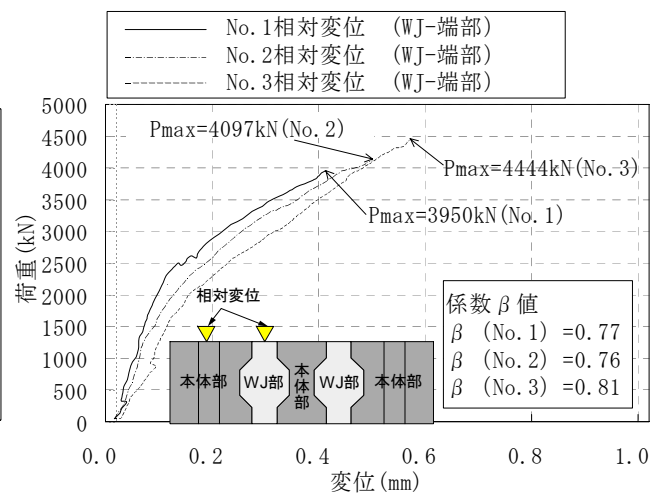


図-16 荷重-変位図タイプ2（キー有り）

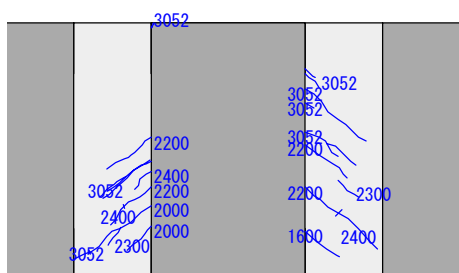


図-17 ひび割れ図（せん断キー無し：No.3）

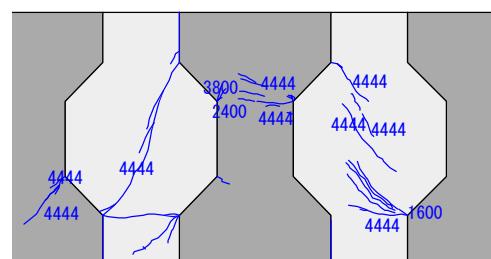


図-18 ひび割れ図（せん断キー有り：No.3）

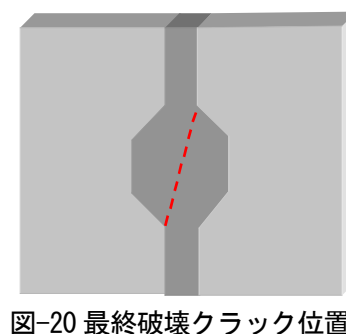
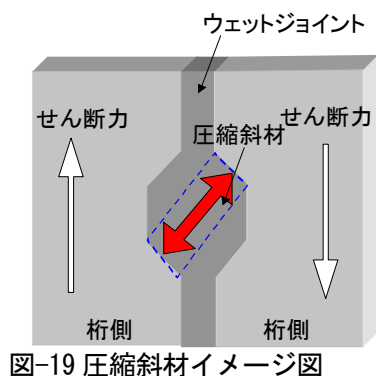
この荷重－変位関係および実験結果から確認された事項を以下に示す。

#### タイプ1：せん断キー無し（図-15、図-17）

- ・ 3体とも係数 $\beta=0.4$ を大きく上回る $\beta=0.7$ 以上の数値を示している。
- ・ ジョイント面のずれ（桁本体側とウェットジョイント部の相対変位）は、最大荷重時で3体とも0.2mm以下と、ごく僅かであった。
- ・ 最大荷重時でウェットジョイント部のひび割れ幅の増大が確認された。また、破壊形態はウェットジョイント部のせん断破壊であった。
- ・ 3体とも荷重－変位関係に大きなばらつきはない。

#### タイプ2：せん断キー有り（図-16、図-18）

- ・ 3体ともせん断キー無しに比べて30%以上の耐力増加が確認された。
- ・ 最終荷重付近までひび割れの発生は非常に少なかった。これは、せん断キーの形状により、図-19に示すような圧縮斜材が超高強度のUFCで形成されたことによると考えられる。
- ・ 最終破壊は、その圧縮斜材が斜め圧縮破壊したものと考えられた（図-20）。これは今回の3試験体全てに観測された<sup>2)</sup>。
- ・ 最大変位（桁本体側とウェットジョイント部の相対変位）は、0.6mm以下とごくわずかであった。



#### 6 試験体の全てにおいて

- ・ 荷重 $P=1,600\text{kN}$ もしくは $P=1,700\text{kN}$ 付近でウェットジョイント部に0.06mm程度の微細なクラックが観測されたが、荷重を増加させた場合でも鋼繊維の架橋効果によりひび割れは分散し、最終耐力直前まではひび割れ幅が拡大することはなかった。

せん断キー有りのケースでは、そして、斜材が、このウェットジョイント構造が破壊に至っており、以上、本実験で確認された要点を以下にまとめる。

##### 1) 試験体タイプ1（せん断キー無し）について

- ・  $\beta$ 値は0.7以上を示しており、摩擦による十分なせん断伝達性能を有している。

##### 2) 試験体タイプ2（せん断キー有り）について

- ・ せん断キーによる耐力増分は30%以上であり、破壊形態も斜め圧縮破壊であり、大きなせん断変形は生じなかった。

また、UFCの優れた繊維補強効果により、せん断試験であるにも関わらず、最終荷重までクラック幅は0.06mm程度とごくわずかであり、最後までせん断伝達性能を失うことはなかった。

以上より、UFCを用いたウェットジョイント構造は、優れたせん断伝達性能を有することが検証された。



## 5. 縮小梁モデル実験

### 5-1 実験の目的

本実験の目的は、先に実施された荷重実験で確認されたウェットジョイントのせん断伝達性能、耐荷力、ならびに破壊形態を、実橋の同様の箱桁構造で確認することである。具体的な確認項目を以下に示す。

- 1) 設計上の要求性能の確認
  - ・使用限界状態における荷重に対して、弾性挙動をすること
  - ・終局荷重状態における荷重に対して、せん断抵抗力を失わないこと
- 2) ジョイント構造の耐荷性能の確認
  - ・変形性能（変位—荷重曲線）の確認
  - ・最終破壊形態の確認

### 5-2 実験体の設計

実験の対象とするウェットジョイントは、実橋のジョイント部のせん断伝達耐力照査において、最も厳しい一番端部よりのジョイントを対象とする（図-21）。

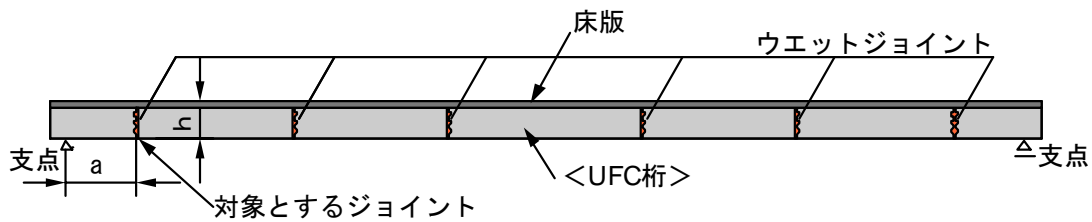


図-21 対象とするジョイント位置

実験体は桁の大きさや荷重設備の関係から、実橋では3室箱桁であるが1室箱桁とし、桁高や部材厚などの各部材寸法1/2とした1/2縮小モデルとした（表-2）。図-21に実験体構造図を示す。支間長は、曲げ梁としての挙動をするように、桁高の6倍以上の5,500mmとし、ジョイントの位置は実橋のジョイント位置とせん断支

表-2 部材寸法比較

		実橋寸法	実験体寸法	実験体/実橋
床版厚	mm	300	150	1/2
UFC桁高	mm	1525	763	1/2
ウェブ厚	mm	220	110	1/2
下床版厚	mm	220	110	1/2
支点からの位置	mm	3350	1675	1/2

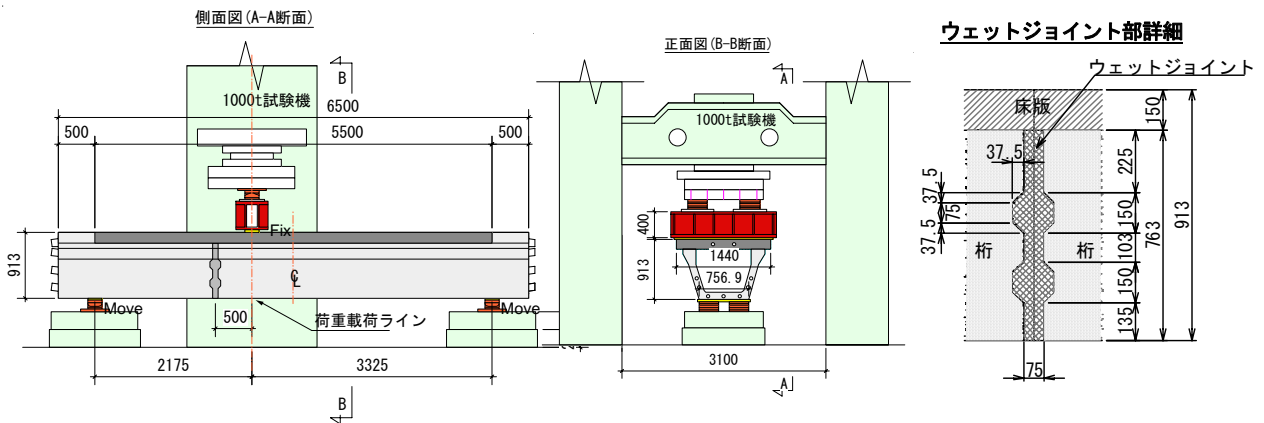


図-22 実験体概要および荷重概要図

間一桁高比  $a/h$  が等しくなるように、支点位置から 2,175mm の位置に設定した。また荷重載荷位置は、確認項目がせん断伝達性能であるためジョイントにおいてせん断破壊が先行するように、ジョイント位置から 500mm の位置とした。橋軸方向のプレストレス量は、実橋の永久荷重状態におけるウェットジョイント部の圧縮応力度を再現するように  $10\text{N}/\text{mm}^2$  と設定した。

実験体の設計においては、ウェットジョイント位置 (WJ 位置) におけるせん断伝達耐力の設計耐力/設計断面力の比が 1 となるようにした。そして、その際の載荷荷重  $P3=2,150\text{kN}$  を基準に、実橋の詳細設計における設計耐力と設計荷重 (使用時および終局時) の比を用いて、この実験体の各荷重を以下のように設定した。

設計荷重 (使用限界状態)  $P1=888\text{kN}$

設計荷重 (終局限界状態)  $P2=1,066\text{kN}$

設計耐力  $P3=2,150\text{kN}$

### 5-3 載荷ステップ

載荷ステップを図-23 に示す。まず、まず設計荷重時 (使用限界状態) の荷重を 3 回載荷し、その後設計荷重時 (終局限界状態) の荷重を 2 回載荷した。最後に最終耐力を確認した。載荷速度は、下縁応力度の変化速度を考慮して  $120\text{kN}/\text{min}$  とした。

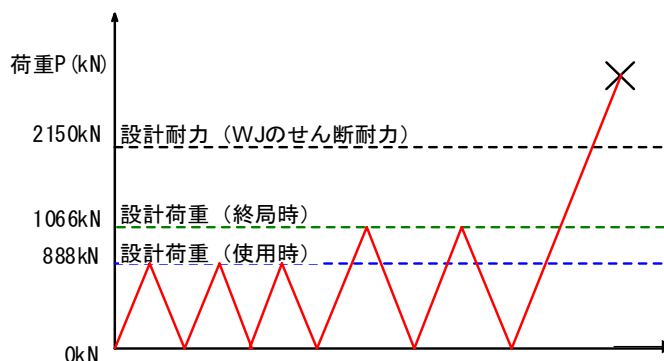


図-23 載荷ステップ

### 5-4 実験体強度

載荷試験時の各部の強度を表-3 に示す。

UFC の桁本体は標準熱養生 ( $90^\circ\text{C}$  で 48 時間) を実施しており、圧縮、ひび割れ発生、引張の各管理値、 $180\text{N}/\text{mm}^2$ ,  $8.0\text{N}/\text{mm}^2$ ,  $8.8\text{N}/\text{mm}^2$  を満足している。ウェットジョイント部は、現場施工であるため、UFC 桁本体のように  $90^\circ\text{C}$  の蒸気養生を実施できない。そのため、ウェットジョイント部の設計強度は、設計における必要強度と現場における養生環境を考慮して  $120\text{N}/\text{mm}^2$  と設定している。そのため、実験体のウェットジョイントにおいても、実橋における養生状態を再現して  $40^\circ\text{C}$  前後の温度にて養生を行い、同一養生のテストピースの強度試験を順次行って、設計強度  $120\text{N}/\text{mm}^2$  程度に達した時点で養生を終了している。ウェットジョイント部の養生終了時の強度は  $117\text{N}/\text{mm}^2$  であったが、UFC は常温 ( $20^\circ\text{C}$ ) で長期的には  $150\text{N}/\text{mm}^2$  程度まで強度が増進する材料であるため、養生終了後から載荷試験までの 12 日間で  $128\text{N}/\text{mm}^2$  まで増進したものと考えられる。なお、ウェットジョイントの設計では圧縮強度が用いられているため、圧縮強度のみを管理値としている。

表-3 実験体強度

単位:  $\text{N}/\text{mm}^2$

部材名称		圧縮強度			ひび割れ発生強度			引張強度		
		No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3	No.1	No.2	No.3
UFC (U桁本体)	強度	204	209	186	11.0	10.0	9.3	12.0	11.1	12.9
	AVG	200			10.1			12.0		
UFC (ウェットジョイント)	強度	131	123	131	/			/		
	AVG	128								

### 5-5 実験結果

実験の荷重-変位図を図-24 に示す。設計荷重の使用限界状態 ( $888\text{kN}$ ) および終局限界状態 ( $1,066\text{kN}$ ) 時において、ひび割れ等の変状は観測されず、荷重-変位関係も線形を維持している。その後も、ほぼ線形を維持したまま設計上の計算耐力  $2,150\text{kN}$  に至っている。ウェブに  $0.04\text{mm}$  程度のかろうじて肉眼で確認できるせん断クラックが生じたのは、荷重が  $2,800\text{kN}$  の時点であり、発生位置はウェットジョイント部ではなく、凸形のせん断キーの角部から UFC 桁本体側に生じている (図-26, 27 および写真-5, 6)。その後、載荷の継続によりクラックは伸展するが、UFC の鋼繊維補強の優れた架橋効果によりクラック幅の増大は

見られなかった。最終耐力は計算上の耐力 2,150kN を大きく超える 3,404kN を確認したが、その時点であつてもせん断クラック幅は 0.1mm 程度であつた。また最大変位は、5.5mのスパンにも関わらず、わずか 7.5mm であつた。荷重を除荷した後の残留変位は 0.5mm であり、荷重によりせん断の損傷を受けてはいるが、プレストレスと鋼繊維補強の効果により、十分な耐荷能力が残留しているものと考えられた。

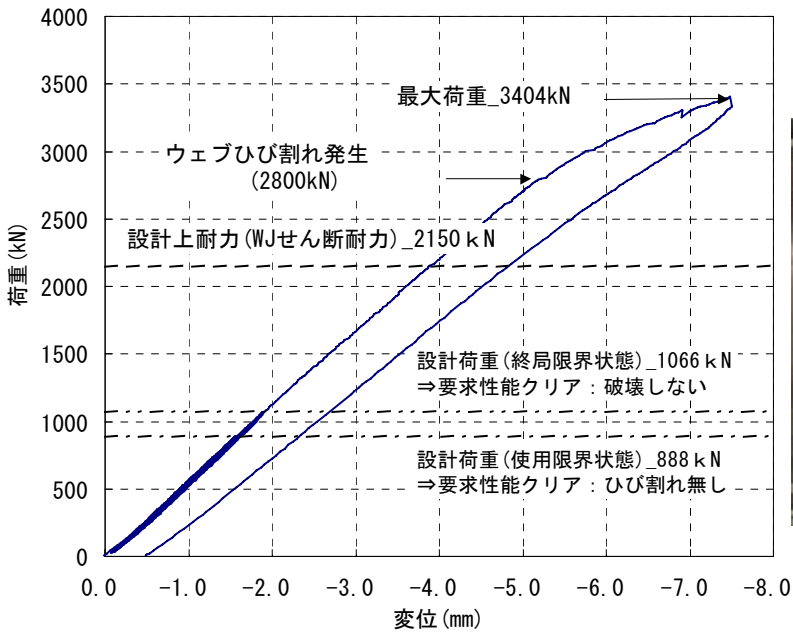


図-24 荷重-変位関係



写真-4 荷重状況

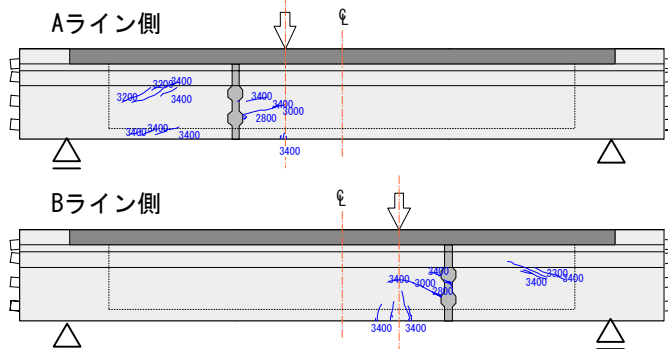


図-25 ひび割れ図 (両面)



写真-5 クラック状況 (Aライン側)

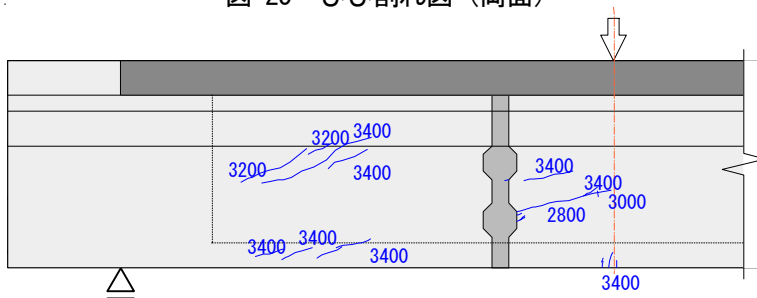


図-26 ひび割れ図：拡大 (Aライン側)



写真-6 クラック状況 (Bライン側)

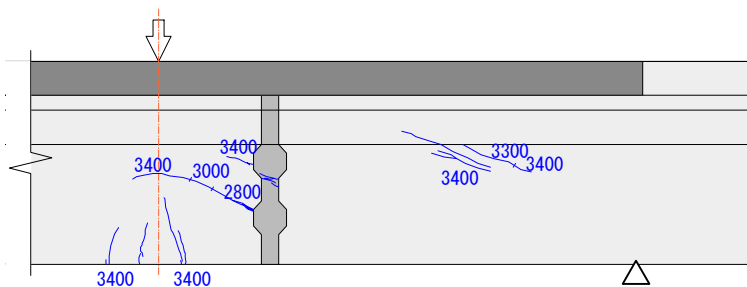


図-27 ひび割れ図：拡大 (Bライン側)

以上、本実験で確認された要点を以下にまとめる。

1) 設計上の要求性能の確認

- ・使用限界状態および終局荷重状態における荷重に対して、ひび割れの発生はなく、弾性挙動を示しており、せん断抵抗力が十分保たれている。

2) ジョイント構造の耐荷性能の確認

- ・設計上の計算耐力 2,150kN を大きく超える 3,404kN のせん断伝達能力が確認された。
- ・せん断が卓越する範囲にウェットジョイントが存在する場合においても、その部分は弱点とならず、主なせん断クラックの発生は UFC 桁本体であった。
- ・UFC の優れた繊維補強効果により、せん断試験であるにも関わらず最終荷重までクラック幅は 0.06 mm 程度とごくわずかであり、最後までせん断伝達性能を失うことはなかった。

以上より、このウェットジョイント構造は設計上の要求性能を十分満足しており、優れたせん断伝達性能を有することを確認した。

## 6. まとめ

GSE 橋梁において UFC 接合部の実験を実施した結果、UFC の接合部構造はいずれも優れた耐荷性能を有し、GSE 車両等の大きな荷重であっても UFC 指針に準ずることにより、十分に安全側の設計であることを確認した。また UFC 桁は、UFC の超高強度と繊維補強効果により、ひび割れが生じた後もその幅が広がることなく分散し、桁部材として曲げのみならずせん断荷重においても優れた耐荷性能を有することを確認した。

## 参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー第 113 号, 2004
- 2) 武者浩透, 竹田康雄, 鈴木竜彦, 渡辺典男：羽田空港 GSE 橋梁 桁間ジョイント部の要素実験，第 16 回プレストレストコンクリートシンポジウム論文集，プレストレストコンクリート技術協会, pp211-214, 2007. 10.