

羽田空港 GSE 橋梁 桁間ジョイント部の要素実験

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○ 武者 浩透
 国土交通省 関東地方整備局 竹田 康雄
 国土交通省 関東地方整備局 鈴木 竜彦
 大成建設(株) 土木設計部 正会員 渡辺 典男

1 はじめに

羽田空港 GSE 橋梁 (仮称) は、東京国際空港再拡張事業における国際線地区エプロン等整備等事業で建設される GSE 通行のための橋梁である。GSE とは Ground Support Equipment の略称で、空港の地上業務や航空機への支援業務に使用される機材のことをいう。本橋はエプロン等整備等事業区域内において、北側エプロンと南側エプロンを繋ぐため空港連絡道路の上空に架設される (図 1.1)。

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 型形状の桁には新材料の超高強度繊維補強コンクリート (Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete : UFC) を用いた桁が採用されている。この UFC 材料は、圧縮強度の特性値 f_{ck} が 180N/mm^2 と超高強度であるのに加え、従来のコンクリートに比べて数十倍もの耐久性を持つ材料で、近年、橋梁を初めとして様々な構造物へ適用されている。本橋では、その UFC 桁の採用により、総質量 50 t ものトロ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 (図 1.2) を確保しながら、端部桁高を 1.86m と桁高スパン比 $H/L=1/24.7$ に抑えてアプローチ部の土工量を削減するとともに、維持管理の負荷が少ない高耐久な橋を実現している。

しかしながら、UFC は新しい材料であるためその実績は歩道橋を中心に 10 橋程度であり、本橋のような規模の橋梁への適用は初めてであることから、床版と U 桁の接続部や桁間ジョイント部などの構造確認実験が実施された。

本稿では、構造確認実験のうち、桁間ジョイント部の要素実験について報告する。

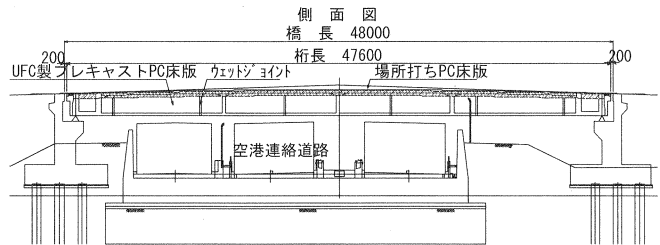


図 1.1 GSE 橋梁 概要図

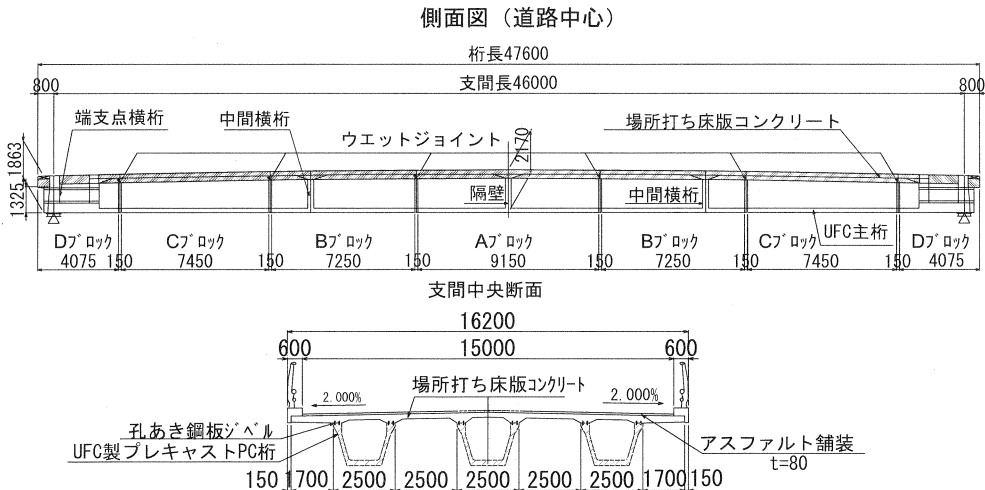


図 1.2 GSE 橋梁 構造一般図

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型形状の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)で結合している(図1.2:下図, および図2.1)。このPBLによる結合方式は、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れるのが通常であるが、UFC橋においてはコンクリート同士であるUFC桁と床版との結合構造として開発され、歩道橋¹⁾や道路橋²⁾に採用されている。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7分割されている(図1.2:上図)。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の場所打ちにより桁間ジョイント部が間詰め充填され、プレストレスの導入により橋体が一体化される。

2-2 ウェットジョイントの構造

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型の窪みを設け(図2.1)、UFCの場所打ち部側に凸形状のせん断キーを設置し、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であり、酒田みらい橋³⁾を初めとして数橋¹⁾に採用されている。

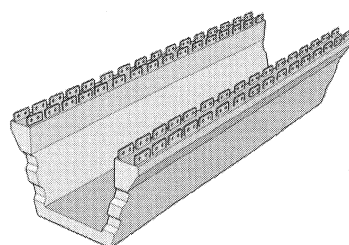


図 2.1 UFCプレキャスト桁

2-3 ウェットジョイント部の照査方法

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)⁴⁾(以下、UFC指針)の「参考資料8: UFCを用いた構造物の設計例」に示されている。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。

$$V_{yd} = V_{cwd} + V_{ped} \quad (1)$$

ここに、 V_{cwd} : 設計せん断伝達耐力

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

σ_{nd} : せん断面に垂直に作用する平均圧縮応力度

P'_c : 部材の圧縮側断面に作用する軸方向力

A_{cc} : せん断面の圧縮側面積

β : 面形状を表す係数 (0.4)

μ : 固体接触にかかる平均摩擦係数 (0.45)

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

このせん断伝達耐力算定式における、摩擦の分担 $\tau_c \cdot A_{cc}$ の算定においては、UFC指針の設計例では指針の参考資料5に示されている要素実験の結果を用

いて、面形状を表す係数 β を0.4と設定している。また、せん断キーの分担する V_k についても、その要素実

表 2.1 UFC橋 構造比較

	酒田みらい橋	GSE橋梁
構造形式	単純1室箱桁橋 (全外ケーブル方式)	単純合成3室箱桁橋 (内ケーブル方式)
UFC材料	ダクトル	ダクトル
橋種	歩道橋	道路橋
支間長	49.35m	46.00m
総幅員	2.4m	16.2m
桁高	0.55~1.56m	1.83~2.17m
荷重	群集荷重	B活荷重 トーントラクター荷重 (総質量50tの運行荷重)
ウェブ厚	80mm	150~220mm
せん断キー形状	15mm × 60mm	75mm × 300mm
ウェット ジョイント 部	幅	30mm
	圧縮強度	180N/mm ²
	プレストレスによる 圧縮応力度	30N/mm ²
		150mm
		120N/mm ²
		10N/mm ²

験結果により妥当性の検証を行っている。

しかしながら、UFC 指針の要素実験は酒田みらい橋³⁾をモデルとして実施した実験であり、表 2.1 に示すように載荷荷重やジョイント部の幅、プレストレスによる圧縮応力など、GSE 橋梁の条件とは異なるため、GSE 橋梁の設計においてこの算定式を用いるには、改めて要素実験により、その適用の妥当性の確認が必要とされた。

3 実験概要

3-1 実験の目的

本実験は UFC 桁間ウェットジョイント部の設計において、UFC 指針の設計例で示されている面形状を表す係数 β 値 0.4 と、およびせん断伝達耐力算定式の適用についての妥当性の検証を目的としている。そのため、2 タイプの試験体を用意し、以下の項目の確認を行った。

表 3.1 試験体タイプおよび確認項目

	試験体タイプ1:せん断キー無し	試験体タイプ2:せん断キー有り
確認項目	形状をあらわす係数 β 値が0.4以上であること	せん断キーによる耐力増分
目	ジョイント面でのすべりの有無	ひび割れ状況、および破壊状況
	ひび割れ状況、耐力および破壊状況	

3-2 試験体

試験体図を図 3.1 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 面せん断として載荷を行った (図 3.2)。試験体の各寸法は GSE 橋梁の実寸法 (表 2.1) により決定され、部材厚およびウェットジョイント幅は 15 cm 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は 10N/mm^2 であるため、試験体においても PC 鋼棒により同等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 120N/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。

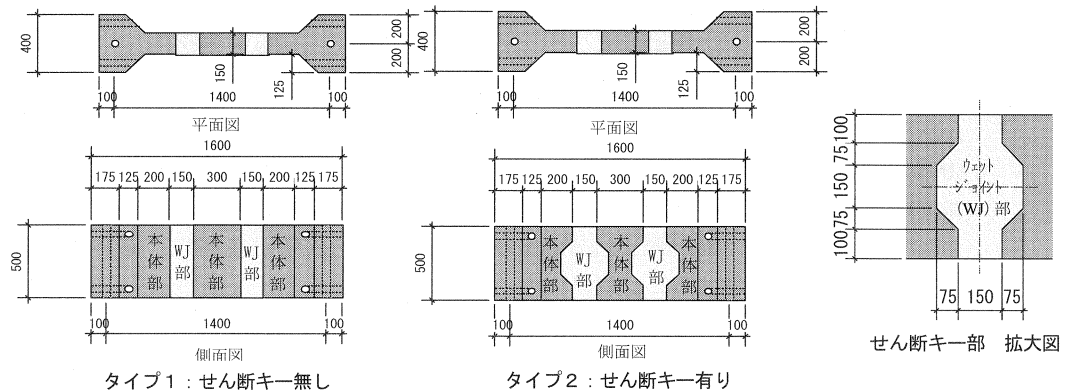


図 3.1 試験体構造図

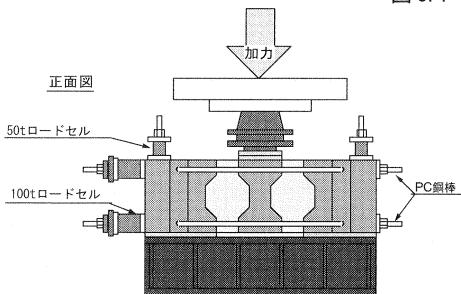


図 3.2 載荷方法

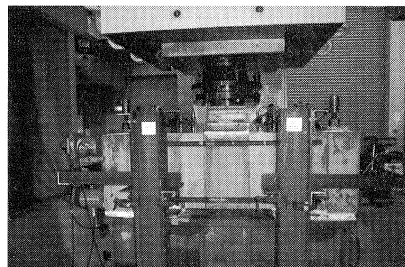


写真 3.1 載荷状況

3-3 実験結果

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 3.3 および図 3.4 に示す。

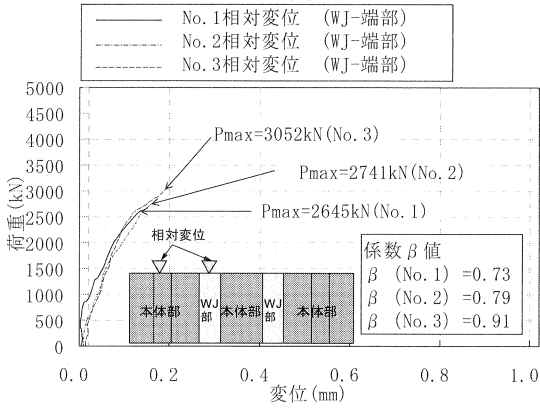


図 3.3 タイプ1 (キー無し) : 荷重-変位図

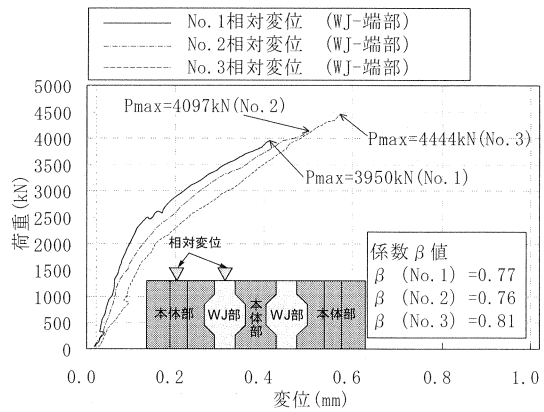


図 3.4 タイプ2 (キー有り) : 荷重-変位図

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 : せん断キー無しにおいて
 - 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はごく僅かであり, 破壊形態は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 : せん断キー有りタイプにおいて
 - 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。
 - 荷重-変位の勾配に多少のばらつきが確認された。これは, せん断キーにより試験体内部の発生応力の方向が複雑となっている点, およびせん断キーの角部に応力集中している点などが考えられるが, 最終耐力が十分に高い事や変位が 1 mm 以下と微細である点から, 構造にはまったく問題ないと判断される。
- ・ 6 試験体の全てにおいて
 - 荷重 $P = 1600\text{kN}$ もしくは $P = 1700\text{kN}$ 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。

4 まとめ

羽田空港 GSE 橋梁のウェットジョイント構造は, GSE 車両等の大きな荷重でも十分なせん断伝達耐力を有し, UFC 指針に準ずることにより十分に安全側の設計が可能であることが分かった。また, UFC の超高強度と繊維補強効果により, せん断ひび割れが生じた後も幅が広がることなく分散し, ジョイント部のずれも僅かであり, このジョイント構造は GSE 橋梁において耐力のみならず優れたせん断伝達性能を有することが確認された。

参考文献

- 1) 細谷, 武者, 安部, 信夫: 「赤倉温泉ゆけむり橋」の施工-超高強度繊維補強コンクリートを使用した PC 歩道橋-, プレストレストコンクリート, Vol. 46, No. 3, プレストレストコンクリート技術協会, pp16-23, 2004 年 5 月
- 2) 岩崎, 大熊, 黒岩, 西川: 超高強度繊維補強コンクリートを用いた国内初の道路橋, 第 14 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, pp107-110, 2006. 10.
- 3) 武者, 大竹, 児玉, 小林: 超高強度繊維補強コンクリート「ダクタル」を用いた PC 橋梁の設計・施工-酒田みらい橋- プレストレストコンクリート, Vol. 45, No. 2, 2003 年 3 月
- 4) 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