

# UFC 床版の港湾空港施設への適用について

井上慎二\*・三井道雅\*\*・北山斉\*\*\*・鈴木紀慶\*\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所 所長

\*\*\*\* 国土交通省 関東地方整備局 東京空港整備事務所 係長

超高強度繊維補強コンクリート<sup>1)</sup> (UFC 床版) の構造と港湾空港施設への適用性について報告する。

キーワード: 床版構造, プレキャスト, 超高強度繊維補強コンクリート

## 1. はじめに

東京国際空港は、国内航空輸送ネットワークの要であり、既に能力の限界に達している。年間の発着能力を現在の29.6万回から40.7万回に増強するため、4本目の滑走路(D滑走路)を建設中である。D滑走路は、一部多摩川の河口域にあり、通水性を確保するため、栈橋構造とし、その他の部分については埋立構造としている。栈橋部のうち、滑走路及び誘導路等の外側のエリアには、超高強度繊維補強コンクリート(Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete, 以下UFCと称する)を用いたプレキャスト床版が採用されている(図-1)。

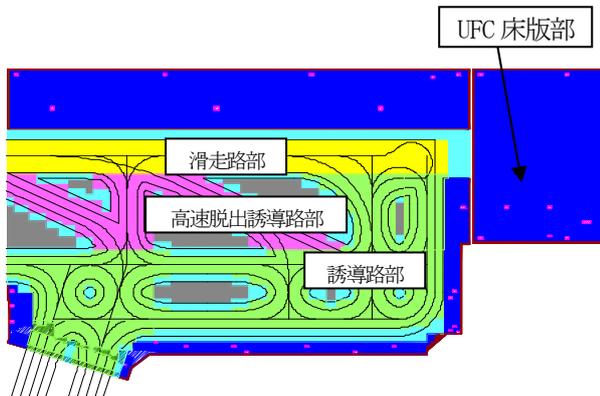


図-1 UFC 床版設置範囲図

本稿では、UFC の特性と UFC 床版の港湾空港施設への適用について報告する。

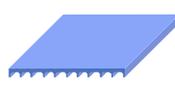
## 2. UFC の特性について

UFC は、セメント、シリカフェーム、珪砂等の粉末、補強用特殊鋼繊維及び専用減水剤とで構成されており、通常のコンクリートに比べて、高強度・高靱性、高耐久性かつ高い耐磨耗性の特性を有するコンクリートである。

## 2.1 高強度・高靱性

UFC 床版は、圧縮強度が  $180\text{N/mm}^2$  以上と非常に高く、特殊鋼繊維を混入することにより、ひび割れの伸展や幅の拡大が抑制されるため、曲げ強度も  $45\text{N/mm}^2$  と非常に高い靱性を有している。D滑走路で採用された UFC 床版と普通コンクリートプレキャスト床版の比較を表-1 に、UFC 床版の曲げ強度試験の例を図-2 に示す。

表-1 UFC 床版と普通コンクリートプレキャスト(PC)床版の比較<sup>2)</sup>

	UFC 床版 (設計基準強度 $180\text{N/mm}^2$ )	PC 床版 (設計基準強度 $50\text{N/mm}^2$ )
構造	 W=97kN/枚	 W=221kN/枚
平均版厚 (床版のみ)	135mm	320mm
平均死荷重 (間詰分も含む)	$3.83\text{kN/m}^2$	$7.84\text{kN/m}^2$

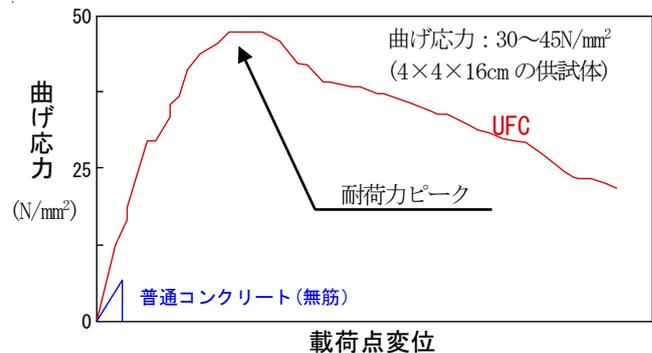


図-2 UFC 床版の曲げ試験結果の例<sup>2)</sup>

## 2.2 高耐久性

UFC は生成物中の空隙を極限まで抑えた最密充填による高緻密な構造であり、塩分の浸透（塩素イオンの浸透深さ）が一般のコンクリート（W/C45%）に比べ1/10程度と非常に高い耐久性を有している。図-3にUFCの構造イメージ図を示す。

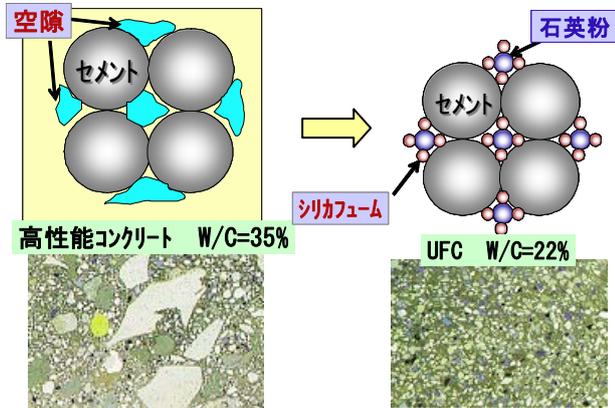


図-3 UFCの構造イメージ図<sup>2)</sup>

UFC と一般のコンクリートの遮塩性能の比較を図-4に示す。

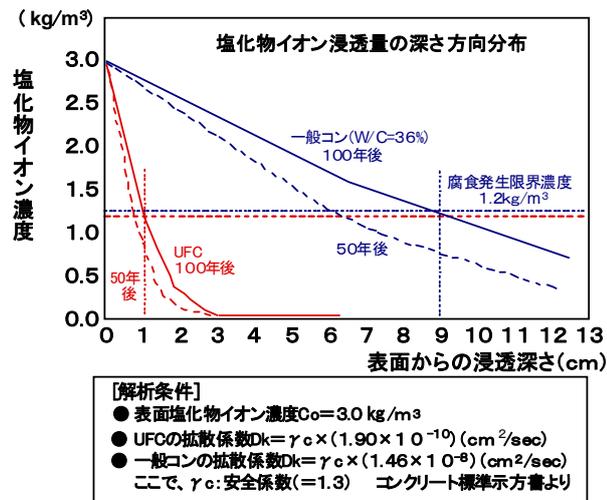


図-4 UFCの遮塩性能<sup>2)</sup>

この図は、コンクリートが著しい腐食環境にさらされて50~100年経過した後に、どの深さまで塩化物イオンが浸透するかを求められたものである。図中の塩化物イオンの表面からの浸透深さと濃度の関係によれば、腐食発生限界濃度  $1.2 \text{ kg/m}^3$  を基準とした場合、100年後のUFC内部への塩化物イオンの浸透は約1cm程度であり、一般コンクリートの約9cmに比べて小さい値を示している。

## 3. UFC床版の港湾空港施設への適用について

### 3.1 UFC床版の適用

先述のごとく、UFC床版は従来のコンクリートと比較して構造性能と耐久性が格段に優れている。また高い耐磨耗性（一般のコンクリートの6倍程度）を有しており、近年この特性を生かし、ダムの水叩きやトンネルのライニング材等として使用されている。

### 3.2 東京国際空港再拡張事業における適用



図-5 UFC床版の東京国際空港再拡張事業での適用位置

東京国際空港再拡張事業においても、この優位性を最大限活用し、コンクリートの軽量化によるトータルコストダウンと、海上の著しい腐食環境における長期的な耐久性を維持する目的で、D滑走路の栈橋部の床版および係留施設、エプロン整備事業のGSE橋梁に採用されている(図-5)。

特に、港湾空港施設においてD滑走路のように栈橋部の床版として大規模にわたり使用された事例は国内ではなく、適用にあたっては様々な試験及び検討が実施され採用されている。

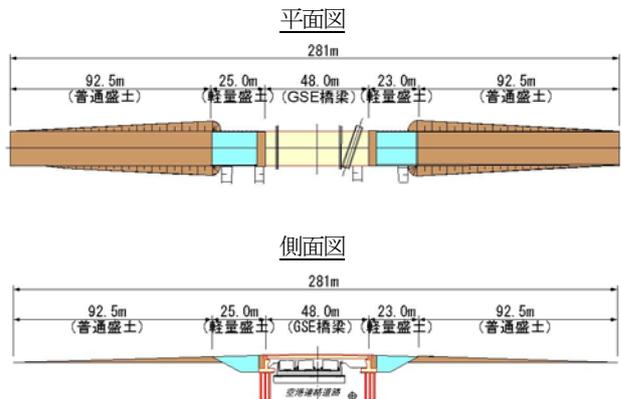


図-6 GSE橋梁部概略図<sup>3)</sup>

GSE橋梁部の上部構造の検討において、基本設計段階で、UFC桁、一般PC桁、鋼製桁の工事費及びライフサイクルコストを比較した結果、UFC桁が採用されている(図-6)。

(単位 : mm)

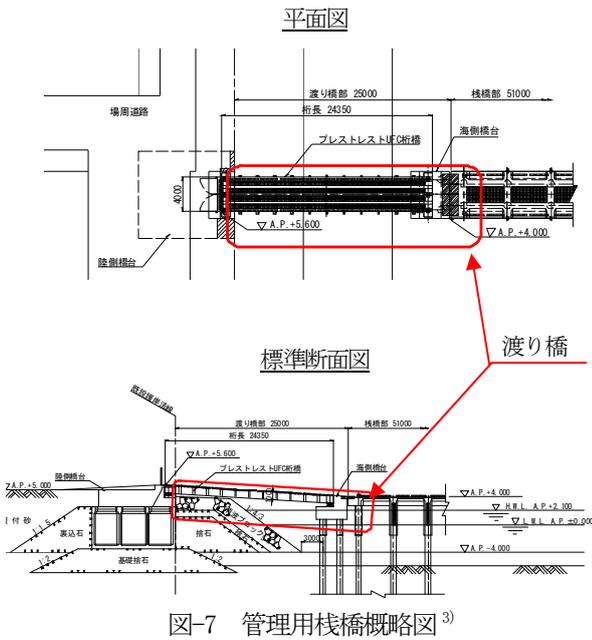


図-7 管理用棧橋概略図<sup>3)</sup>

係留施設の渡り橋に、桁高さ、波浪による揚圧力への抵抗及び厳しい塩害対策等を考慮し、UFC床版が採用されている(図-7)。

(1) UFC 床版の使用目的

D滑走路の棧橋部については、UFC の特性を最大限に活用し、以下の理由により適用されている。

- ①床版の軽量化(死荷重 51%低減)が可能となり、ジャケットの鋼材量及び鋼管杭の重量が低減でき、建設費の低減が図れる。
- ②長期耐久性に優れるため、維持管理費の低減が図れる。
- ③2004 年 9 月に土木学会より、「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)」(以下、UFC 指針と称する)が発刊され、要求される性能に対する客観的な照査が可能となっている。

(2) UFC 床版の構造

D滑走路における UFC 床版適用範囲の要求性能は、表-2 のように規定されており、「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)」に基づき、UFC の物性値等を設定し、3次元弾塑性FEM解析により断面形状が設定されている。以下に UFC 床版の構造を図-8 から図-12 に示す。

表-2 要求性能

使用限界状態 (自動車荷重載荷時)	終局限界状態 (航空機荷重載荷時)
UFC にひび割れや損傷を生じさせない	ひび割れの発生は許容するが、早急に取替えや補修を必要となるような損傷を生じさせない

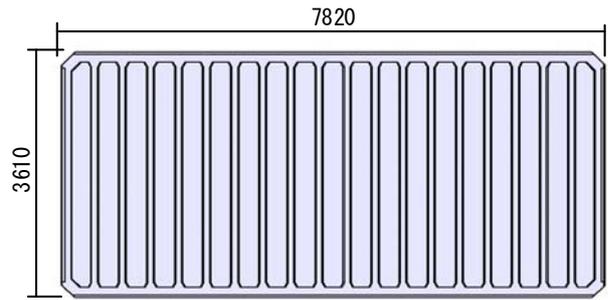


図-8 UFC 床版平面図

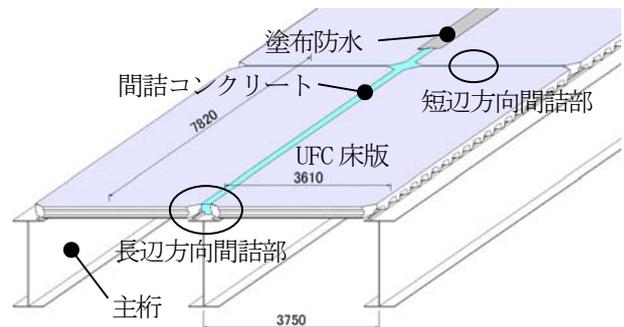


図-9 UFC 床版構造図

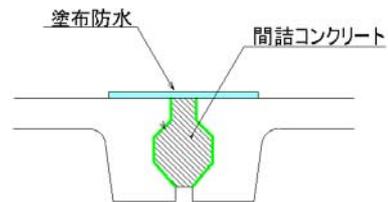


図-10 短辺方向間詰図

間詰コンクリートにより、せん断を伝達させる機能を有する構造である。

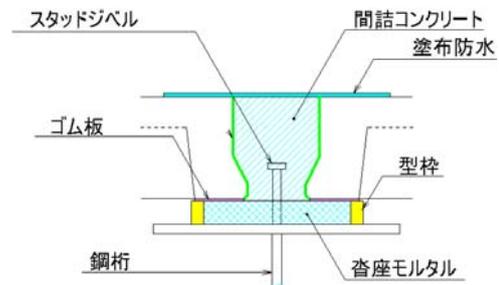


図-11 長辺方向間詰図

スタッドジベルを介し、UFC 床版端部の浮き上がりを押さえる構造とし、床版の僅かな乾燥収縮や、温度変化に伴う膨張収縮をこの間詰構造で吸収する。

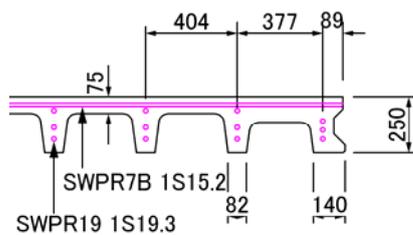


図-12 UFC床版断面形状図

### (3) UFC床版の載荷実験

UFC床版が、所定の耐荷力(要求性能)を有していることを確認するため、以下の①～③の項目について、羽田再拡張D滑走路建設工事JVにより実物大床版模型を用いて載荷実験が実施された。

- ①自動車荷重の3回繰り返しに対して、ひび割れが発生しないこと。
- ②航空機荷重の2回繰り返しに対して、PC鋼材が降伏しないこと。
- ③航空機最大荷重の載荷に対して、有意な残留変位が生じないこと。

なお、載荷実験の輪荷重配置は、終局断面力が最大となるB777-200ERで実施されている。

載荷実験結果より、①の自動車荷重においては、ひび割れは生じず、変位・ひずみは3次元弾塑性FEM解析結果と一致しており、UFC床版の使用限界状態に対する要求性能を満足していることを確認した。また、②、③の航空機荷重においても、PC鋼線が降伏せず、有意な残留変位が残らなかったことから、UFC床版の終局限界状態に対する要求性能を満足していることをあわせて確認した。

### (4) UFC床版の解析

UFC床版の載荷実験結果が3次元弾塑性FEM解析結果と同等の応答を示していることを確認するため、UFC床版の実験の再現解析が実施された。

解析モデルは、UFC材料試験結果を基にUFC指針に記されている上限値と下限値を用いたモデルと、床版厚さによる影響を考慮したモデルを設定した。

3次元弾塑性FEM解析の結果、それぞれのモデルにおいて、荷重と変位の関係が載荷実験と同等の結果であったことから、解析の妥当性を確認した。

### (5) UFC床版の適用

UFC床版は、載荷実験と3次元弾塑性FEM解析結果から、UFC指針に基づき照査することにより、港湾空港施設への適用が確認できた。

UFC床版の港湾空港施設への適用は、UFCの優れた構造性能と耐荷性を活用し、その性能を最大限生かすことにより、建設費の低減と維持管理費の低減を図ることが可能である。

## 5. おわりに

本稿は国土交通省関東地方整備局東京空港整備事務所発注による「東京国際空港再拡張事業空港基盤施設技術評価及び設計検証業務」での検討の一部を取りまとめたものであり、本業務では、東京国際空港D滑走路建設工事の実証実験及び実施設計について技術検証を行っている。

なお、本報告書で使用した図表等については、東京空港整備事務所及び羽田再拡張D滑走路建設工事JVより提供されたものである。

### 参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，平成16年8月
- 2) 高橋正美・白谷宏司：第1回 東京国際空港D滑走路建設工事 技術報告会資料，平成18年9月
- 3) 渡辺典男：第4回 東京国際空港D滑走路建設工事 技術報告会資料，平成19年12月