

室内試験による UFC 床版上舗装の挙動確認結果およびバネ定数の同定

鹿島道路（株）

正会員

○田口翔大，横田慎也，鎌田 修

阪神高速道路（株）

正会員

濱崎浩太

鹿島建設（株）

正会員

一宮利通

JIP テクノサイエンス（株）

正会員

戸田圭彦

1. はじめに

軽量かつ耐久性の高い UFC（超高強度繊維補強コンクリート）を用いた道路橋床版が適用されている¹⁾。UFC 床版に適した舗装構造を検討するために、UFC 床版上舗装の挙動を FEM によって解析することとしたが、舗装と UFC の界面のバネ定数についてはこれまでに研究がされていない。そこで、本研究では、複合構造の曲げ試験により舗装の挙動を室内にて確認し、さらにその室内試験を FEM によってモデル化した線形粘弾性解析を実施することで、室内試験に適合するバネ定数を求めた。

2. 複合構造の曲げ試験による舗装の挙動の検討

(1) 試験用供試体

試験用供試体は、予め作製した UFC 平板（幅 100mm×長さ 400mm×厚さ 40mm）上に、表－1 に示す付着材を塗布し、アスファルト混合物（以下、As 混合物）を厚さ 35mm で舗設し作製した。舗装構成は、As 混合物は基層用混合物を想定し、ポリマー改質 As II 型を用いた密粒度 As 混合物（以下、改質密粒）を適用した 3 水準と、グース As 混合物（以下、グース）を適用した 2 水準とした。このうち、No.1 および No.2 は既存のコンクリート床版上舗装に適用実績がある舗装構成であり、No.3 は、UFC 床版そのものが高い水密性を有していることから防水層を省略した舗装構成、No.4 はコンクリート床版上に適用実績のある高耐久なグース（以下、改良グース）²⁾を、No.5 は鋼床版上舗装に適用実績の多い硬質 As を使用したグース（以下、通常グース）を基層に適用した計 5 種類の舗装構成とした。

(2) 試験方法

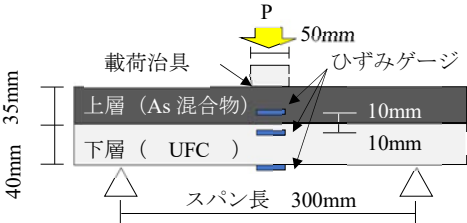
試験は図－1 に示すように、供試体を 3 点曲げ載荷した際の各箇所のひずみを測定することで、各構成における舗装の挙動を確認した。試験条件を表－2 に示す。供試体への載荷は、図－2 に示すようにハーバーサイン波で 10 サイクル載荷し、ばらつきがないことを確認した上で 10 サイクル目の結果を採用した。試験温度は 20℃および 40℃とし、設定応力は既往の知見³⁾をもとに、供試体が破損しない線形粘弾性領域内となるよう設定した。

(3) 試験結果

載荷時に発生した As 混合物の下部（以下、As 下部）、UFC の上部（以下、UFC 上部）、および UFC 底面のひずみのピークを整理することで、各舗装構成、舗装体温度による舗装の挙動を確認した。試験結果の一例を図－3 に示す。図の縦軸は供試体下面からの距離（0mm が UFC 底面、30mm が UFC 上部、50mm が As 下部）、横軸はひずみのピークを示している。20℃では、シート系防水を使用した供試体（No.2）のみ、As 下部に引張ひずみが発生し

表－1 舗装構成

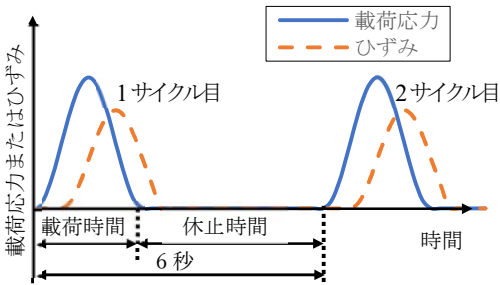
No.	As 混合物	付着材
1	改質密粒	As 系塗膜防水
2	改質密粒	シート系防水
3	改質密粒	As 系プライマー
4	改良グース	As 系プライマー
5	通常グース	As 系プライマー



図－1 試験概要図

表－2 試験条件

載荷時間 (秒)	サイクル数 (回)	試験温度 (℃)	設定応力 (MPa)
0.1, 0.05, 0.025	10	20	0.54
		40	0.27



図－2 載荷応力の設定条件

キーワード：UFC，道路橋床版，舗装，ひずみ，バネ定数
連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島道路（株）技術研究所 TEL.042-483-0541

ていることが確認された。40℃では、通常グース (No.5) 以外の供試体構成で As 下部に引張ひずみが発生していた。これは、20℃と比較し、40℃では As 混合物の剛性が低下し、すべりが発生しやすくなったためと考えられる。大きな引張ひずみが確認された No.1

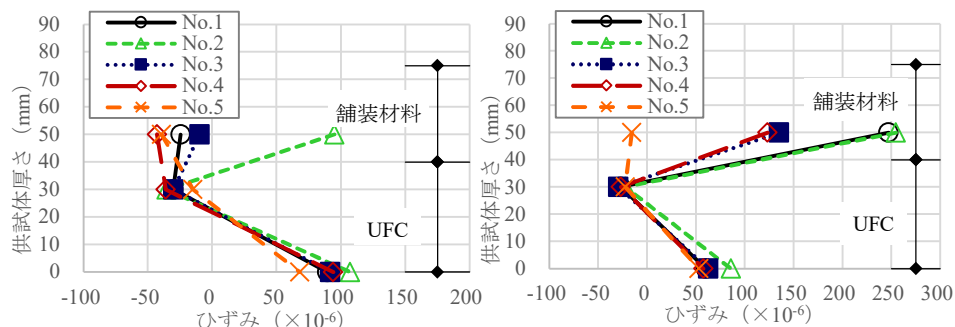


図-3 試験結果の一例 (0.1 秒载荷, 左: 20℃, 右: 40℃)

では、As 混合物と As 系塗膜防水材の双方の剛性の低下により、シート系防水 (No.2) と同程度の引張ひずみが発生したものと推察される。一方、As 下部に圧縮が発生していた通常グース (No.5) は、硬質 As を使用している混合物であり、40℃においても比較的高い剛性を有しているためと考えられる。当該試験より、舗装構成や舗装体温度によって、付着特性が異なることを確認した。なお、本研究の範囲においては、载荷時間によるひずみ挙動に大きな差異は認められなかった。

3. 解析的検討に資するバネ定数の同定

各舗装構成における界面のバネ定数は、室内試験を FEM でモデル化 (図-4) した粘弾性解析を実施し、室内試験結果と解析とのひずみが合うように同定した。粘弾性解析には DIANA10.4 (DIANA FEA 製) を用いた。As 混合物は Burger's モデル粘弾性体 (図-5) とし、各粘弾性定数は一軸圧縮試験法³⁾で求め、表-3 に示すとおりとした。なお、ポアソン比は 0.4 とした。UFC 平板は弾性体とし、弾性係数は 45,100N/mm²、ポアソン比は 0.2 とした。同定した界面のバネ定数を表-4 に示す。舗装構成や温度によってバネ定数に違いが認められた。さらに、図-6 に室内試験結果と、同定したバネ定数を用いて解析した舗装挙動とを比較した一例を示す。舗装構成や温度によって多少の違いは認められるものの、室内試験で得られた舗装の挙動を概ね再現できた。

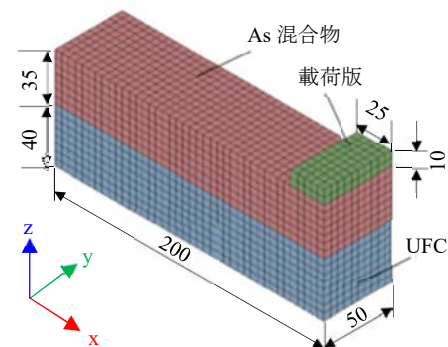


図-4 粘弾性解析モデル (1/4 モデル)

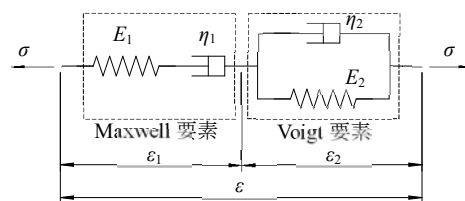


図-5 Burger's モデル粘弾性体の力学模型

表-3 As 混合物の粘弾性定数

定数	改質密粒		改良グース		通常グース	
	20℃	40℃	20℃	40℃	20℃	40℃
η_1 (Nmm ² ・s)	65,239	15,751	54,776	25,104	119,724	9,349
η_2 (Nmm ² ・s)	816	50	606	92	6,660	413
E_1 (Nmm ²)	8,422	1,129	6,838	1,395	13,131	2,975
E_2 (Nmm ²)	1,026	272	820	185	5,196	501

4. まとめ

室内試験によって複合構造供試体の载荷時の舗装挙動を確認し、それに基づいて粘弾性解析に資する界面のバネ定数の同定を行った。その結果、舗装構成、温度により付着特性が異なり、FEM に入力するバネ定数も異なる結果が得られた。

表-4 同定した界面のバネ定数

No.	As 混合物	付着材	バネ定数 (N/mm ³)	
			20℃	40℃
1	改質密粒	As 系塗膜防水	50	0.1
2	改質密粒	シート系防水	0.1	0.1
3	改質密粒	As 系プライマー	30	2
4	改良グース	As 系プライマー	100	1
5	通常グース	As 系プライマー	10000	50

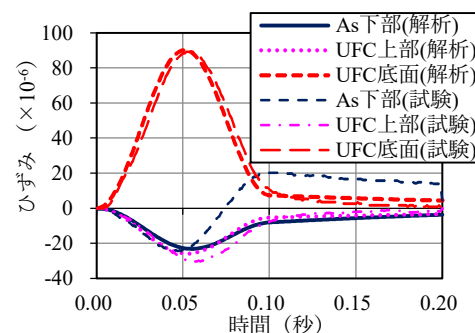


図-6 室内試験と粘弾性解析との比較例 (No.1, 20℃, 0.1 秒载荷)

参考文献

- 1) 村岸ほか：阪神高速道路信濃橋入路におけるワッフル型 UFC 床版の施工，コンクリート工学，pp.145-150，2020.2
- 2) 田中敏弘：新たなグースアスファルト混合物の開発ーコンクリート床版の耐久性向上に向けてー土木学会誌，pp.24-25，2018.5
- 3) 久利ほか：高温域を考慮したアスファルト混合物のスティフネス測定に関する研究，舗装工学論文集第 13 巻，pp.39-46，2008.12