

アスファルト舗装面ひずみ測定による鋼床版疲労き裂検知手法に関する基礎的研究

京都大学大学院 正会員 ○橋本国太郎 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征
 京都大学大学院 (研究時) 学会員 金久 隆弘 阪神高速道路(株) 正会員 田畑 晶子
 (財)阪神高速道路保全技術センター 正会員 高田 佳彦 東京測器研究所(株) 正会員 岡野 晴樹

1. はじめに

本研究では、鋼床版の疲労き裂に着目し、き裂の有無を検知する方法として、アスファルト舗装面のひずみを測定することで疲労き裂を検知できるシステムを開発することを大きな目的としている。本提案システムは、検査車両を走行させることで、その橋梁の健全性を把握しようという試み¹⁾の一環で、鋼床版を有する橋梁上を載荷車両兼検査車両が走行すると同時に、鋼床版上のアスファルトのひずみ計測を行い、鋼床版の健全性を評価しようというものである。このシステムが確立できれば、毎回の目視点検を低減することができ、なおかつ効率的に損傷の有無の判定を行うことが可能である。そこで、本論文では、基礎的な検討として、鋼床版に疲労き裂が有る場合のアスファルト舗装表面に生じるひずみ変化量を解析的に検討した。まず、アスファルト舗装を含む鋼床版の解析モデルを作成し、その解析モデルの妥当性を検証するために、実測データとの比較を行った。次に、代表的な損傷事例としてデッキプレート貫通型の疲労き裂を導入して解析を行い、その疲労き裂がアスファルト舗装面上のひずみ変化量に及ぼす影響について検討した。

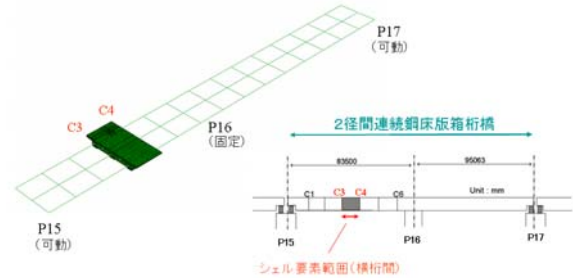


図-2.1 全体解析モデル

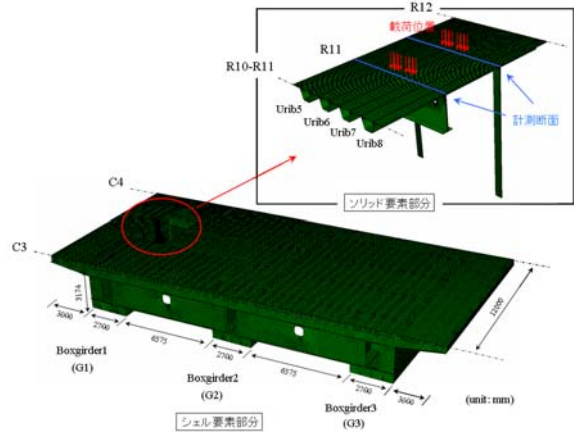


図-2.2 着目部分 (シェル要素およびソリッド要素部分)

2. 鋼床版応力評価のための解析モデルの構築

2.1 FEM 解析モデル

本解析では、2008年11月に試験車両による鋼床版の実働応力・ひずみ測定が行われた大阪府道高速湾岸線の2径間連続鋼箱桁橋を有限要素でモデル化し、静的弾性微小変位解析を行った。FEM解析には汎用の有限要素解析コードABAQUS²⁾を用いた。

2.2 解析モデルの概要

橋梁の全体挙動の影響を考慮し、全体解析モデルとして橋梁全体(P15-P17区間)のモデル化を行った。図-2.1に示すように、全体構造は梁要素でモデル化し、実働ひずみ測定が実施されたC3-C4区間については、着目部分(図-2.2)として、主にシェル要素によるモデル化を行った。C3-C4区間のアスファルト舗装部分および鋼床版の一部については、ソリッド要素によりモデル化した。また、試験車両概要を図-2.3に示す。また、アスファルトの要素分割は厚さ方向に6分割としている。

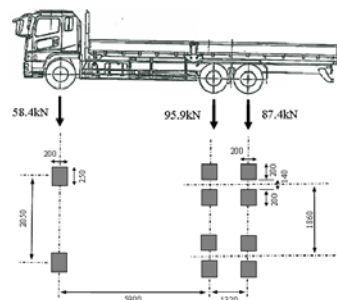


図-2.3 試験車両概要および荷面積

2.3 解析モデルの検証

解析モデルの妥当性検証のため、比較対象として、2008年11月、路面温度約13°Cの条件のもと、試験車両を用いて、図-2.4に示すように実働応力・ひずみ測定を行った。解析モデルを作成するにあたり、アスファルトの弾性係数が、アスファルトのひずみに大きく影響を及ぼすため、値を変化させて最なモデルを検討した。解析に用いたそ

キーワード 鋼床版, 疲労き裂, 検査, アスファルト舗装, 健全性評価

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL : 075-383-3162, FAX : 075-383-3163

の他の材料定数に関しては、アスファルトのポアソン比を0.35、鋼材の弾性係数を200GPa、ポアソン比を0.3とした。そして、表-2.1の計測値との比較により、アスファルトの弾性係数が3,500MPaのモデルを、き裂の無い健全な状態の基本解析モデルとした。

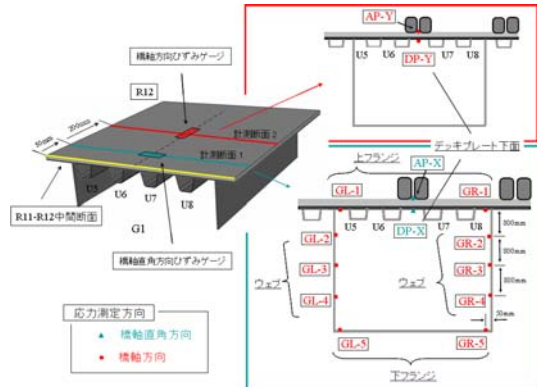


図 2.4 鋼床版応力および舗装ひずみ計測点

表 2.1 計測値と解析値の比較

項目	主軸応力 (N/mm ²)										デッキ応力 (N/mm ²)		舗装ひずみ (μ)		
	計測点	トランス	ウェブ	ウェブ	ウェブ	トランス	トランス	ウェブ	ウェブ	トランス	トランス	デッキプレート中央	デッキプレート中央	デッキプレート中央	デッキプレート中央
計測値	計測方向	縦軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸	横軸
	測り値	-2.70	-1.35	2.03	1.39	6.23	-5.99	-0.74	2.86	3.45	6.39	-1.75	6.94	-1.37	-1.67
解析値	E=2000	-3.65	-0.75	1.06	3.44	6.00	-5.58	-2.71	-0.09	3.13	7.05	-2.61	6.75	-1.76	-1.85
	E=2500	-3.63	-0.71	1.09	3.45	5.99	-5.77	-2.65	-0.04	3.16	7.04	-2.69	6.61	-1.68	-1.70
	E=3000	-3.62	-0.68	1.11	3.46	5.98	-5.99	-2.59	0.01	3.18	7.03	-2.67	6.54	-1.61	-1.58
	E=4000	-3.60	-0.65	1.13	3.47	5.97	-6.08	-2.52	0.06	3.20	6.97	-2.59	6.30	-1.54	-1.47
	E=4500	-3.59	-0.63	1.16	3.48	5.96	-6.13	-2.47	0.11	3.22	7.02	-2.49	6.30	-1.48	-1.39
E=5000	-3.58	-0.60	1.18	3.49	5.96	-6.13	-2.42	0.15	3.24	7.01	-2.36	6.31	-1.43	-1.31	
E=5000	-3.56	-0.58	1.20	3.49	5.95	-6.17	-2.37	0.19	3.26	7.00	-2.22	6.32	-1.38	-1.24	

3. き裂導入によるアスファルト舗装面の応力評価

3.1 疲労き裂を考慮したFEM解析

本論文では、デッキプレート貫通き裂を対象とし、き裂の有無以外の条件(材料特性、輪荷重載荷位置等)を等しく設定した2ケースの解析結果(アスファルト舗装面上のひずみ値)を比較することにより、き裂が及ぼす影響を考察した。なお、解析は、き裂長さ(50mm, 100mm)とき裂深さ(貫通:12mm, 未貫通:6mm)を変化させて計4ケース行った。

3.2 載荷位置

デッキ貫通き裂を最も開口させると考えられる載荷ケースとして、図-3.1に示すように後輪2軸間の中心が着目断面上に、ダブルタイヤの内側エッジが着目縦リブ溶接線上に位置するように載荷した。

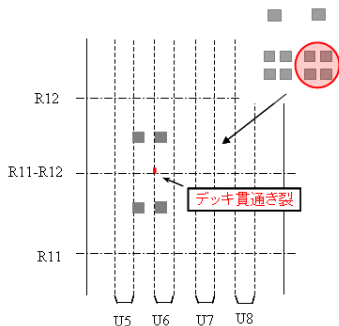


図 3.1 輪荷重載荷位置

3.3 解析結果

図-3.2に、き裂寸法が板厚方向6mm(未貫通状態)、橋軸方向50mmの解析ケースのアスファルト舗装面上における橋軸直角方向ひずみ量の分布を示す。大きなひずみ変化が生じており、特に、輪荷重載荷位置では、き裂近傍(右前側ダブルタイヤ)だけでなく、左前側ダブルタイヤの位置においても100μ以上の変化が生じている。また、左右のダブルタイヤが箱桁ウェブを跨いで走行した場合に引張状態(橋軸直角方向)になる箱桁ウェブ上の舗装面においても大きな変化が生じている。導入したき裂のタイプは未貫通であるにも関わらず、約70μとかなり大きなひずみ変化が生じている。また、G1桁ウェブ上で比較した場合には、輪荷重が載荷された断面よりもき裂を含む断面上における変化の方が大きい。この結果から、箱桁ウェブ上における橋軸直角方向のひずみ変化は、き裂を含む断面上で最も大きくなる可能性があると考えられる。したがって、橋軸方向については、輪荷重の載荷位置に関わらず、箱桁ウェブ上でひずみ変化が最大となった断面上にデッキ貫通き裂が存在する可能性があると考えられる。

橋軸方向のひずみは、最大で約60μのひずみ変化が見られた。また、その他のケースに関しても、同様の傾向が見られたが、き裂長さや深さが変わってもひずみ変化量はほぼ同程度であった。

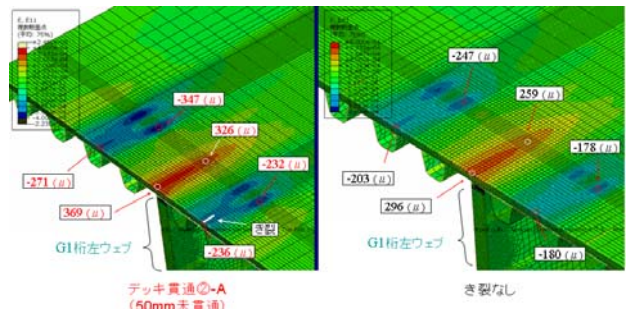


図 3.2 デッキ貫通き裂(橋軸直角ひずみ) 50mm 未貫通

4. 結論

本研究では、デッキ貫通型の疲労き裂が舗装面のひずみに与える影響について、き裂を考慮したFEM解析によって検討を行った。その結果、き裂が貫通した状態ではもちろんのこと、未貫通の状態でも舗装ひずみに大きな影響を及ぼすことがわかった。また、き裂の貫通量にもよるが、板厚の50%の貫通量のき裂であれば、舗装に生じるひずみ量は、貫通したものと同程度であることがわかった。

参考文献

1) 北垣 啓, 山口隆司, 北田俊行, 杉浦邦征, 狩野正人 : 走行車輛の応答による橋梁の損傷同定に関する解析的研究, 鋼構造年次論文報告集, Vol.15, pp.585-590, 2007.11.
 2) Dassault Systemes Simulia Corp. : ABAQUS / Standard User's Manual Volume I-III, Ver.6.7, 2007.