

3DFEM によるホイールトラッキング試験の解析

石川工業高等専門学校専攻科 ○学生員 横川尚佳
石川工業高等専門学校 正会員 西澤辰男

1. 序論

わが国ではアスファルト混合物の塑性変形性能あるいは対わだち掘れ性能をホイールトラッキング試験によって評価している¹⁾。しかしながらホイールトラッキング試験は材料試験であり、試験結果と実際の舗装構造におけるわだち掘れ量との関係は力学的に明確ではない。本研究では、ホイールトラッキング試験を3次元有限要素法(3DFEM)によって解析することにより、FEMに必要な入力値を求め、それを実際の舗装の構造解析に用いてわだち掘れを予測するシステムの開発を目標としている。今回はその基本モデルの構築を試みた。

2. 3DFEM モデル

ホイールトラッキング試験を3DFEM²⁾によって解析する際、次のようなモデル化を行った。まず、図-1に示すような $30 \times 30 \times 5$ cmの供試体を8節点ソリッド要素に分割した。その周辺には鉄製の枠を配置し、アスファルト混合物の供試体との間に境界要素をはさみ、鉄枠とアスファルト混合物の境界面の接着状態を再現するようにした。底面は完全固定とした。荷重は接地面 5×2 cm、686 kNの長方形等分布荷重とした。その荷重を供試体中心に沿って一定の速度で1往復させ、往路の走行後に生じた供試体中心の変形を1回の走行による残留変形とした。

アスファルト混合物の粘弾性的性状を図-2に示す4要素のBurgerモデルで表現した。この図において、 C_G, C_K はMaxwell成分のせん断および体積コンプライアンス、 η_G, η_K はMaxwell成分のせん断および体積粘性係数である。添え字に1がついているのは、Voigt成分の同様のパラメータである。本研究ではMaxwell成分とVoigt成分で同じ値とした。このような材料モデルを組み込んで、動的な粘弾性解析を行うこととした。

計算条件としては、走行速度を舗装試験法便覧¹⁾にある16.2 cm/sec、およびその2倍の32.4 cm/secとした。材料パラメータとしては、弾性係数を980 MPa、9800 MPaの2種類、粘性係数を9.8 MPa*sec、980 MPa*secの2種類とした。これらの計算条件をすべて組み合わせて、計8ケースの計算を行った。

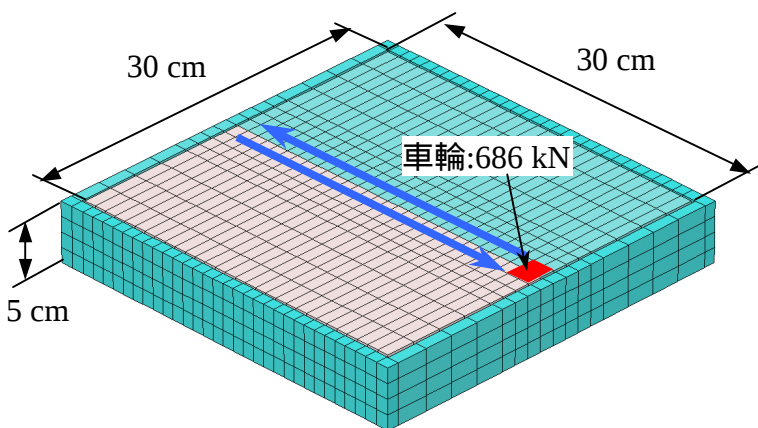


図-1 ホイールトラッキング用供試体の要素分割

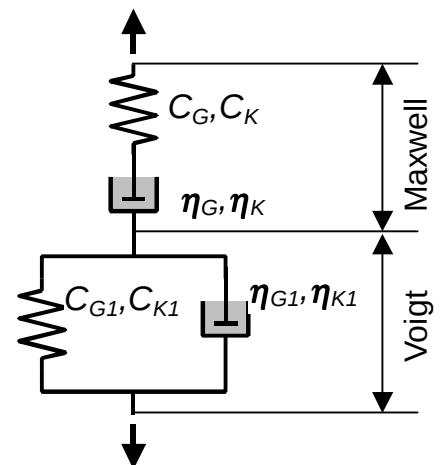


図-2 Burger モデル

3. 解析結果

図-3は車輪が供試体中心を通過したときの変形状態および鉛直方向のひずみ ε_z の分布を示す。表面部分のひずみが大きいことが分かる。

図-4は、車輪が1往復する際の供試体中心における表面たわみの時間的変化である。走行速度が16.2 cm/secの場合、表面たわみのピーク値は、弾性係数が小さいほど、粘性係数が小さいほど大きい。往路と復路のたわみに大きな差はない。また、荷重が通過した後の残留変形は粘性係数が大きいほど大きい傾向がある。走行速度が32.4 cm/secの場合も同様の傾向を示すが、全体的にたわみ量はかなり小さい。また、往路よりも復路のたわみのほうが大きい。これは、速度が速いので、往路の変形が戻る前に復路の車輪が通過するためである。

キーワード：ホイールトラッキング試験，3DFEM，粘弾性解析，バーガーモデル，わだち掘れ
連絡先：〒929-0392 河北郡津幡町北中条 環境都市工学科，TEL/FAX076-232-4034

粘性係数が $9.8 \text{ MPa}\cdot\text{sec}$ と極端に小さいと、残留変形は非常に小さい。一方、粘性係数が $980 \text{ MPa}\cdot\text{sec}$ の場合には、車輪が1往復した後も変形がかなり残留する。この残留変形は弾性係数が小さいほど大きい。

これらの変形のうち、往路の車輪が通過して再び復路の車輪が通過する間の変形の最小値を1回の車輪通過による残留変形としてまとめたものが表-1である。表-1にはその残留たわみから計算した動的安定度 DS も示している。残留たわみは、弾性係数の大きいほうが小さいが、粘性係数が大きいほうが大きくなる。速度が速くなると、粘性係数が小さい場合は大きくなり、粘性係数が高いと逆に小さな値となった。弾性係数が大きく粘性係数が非常に小さい場合、ダッシュポットはほとんど力を受け持たないため、ほとんど弾性的に挙動し残留たわみが残らない。今回の計算からは粘性係数は $980 \text{ MPa}\cdot\text{sec}$ 程度が現実的な値といえそうである。

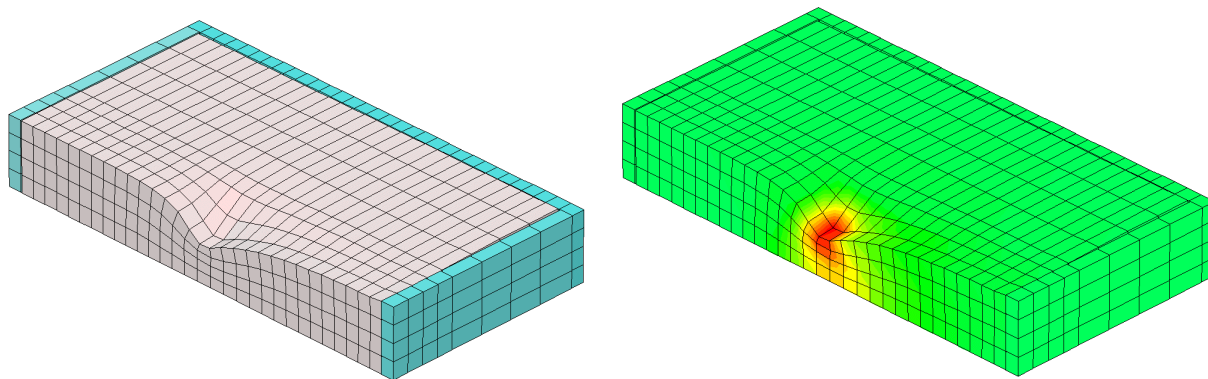


図-3 荷重による供試体の変形状況

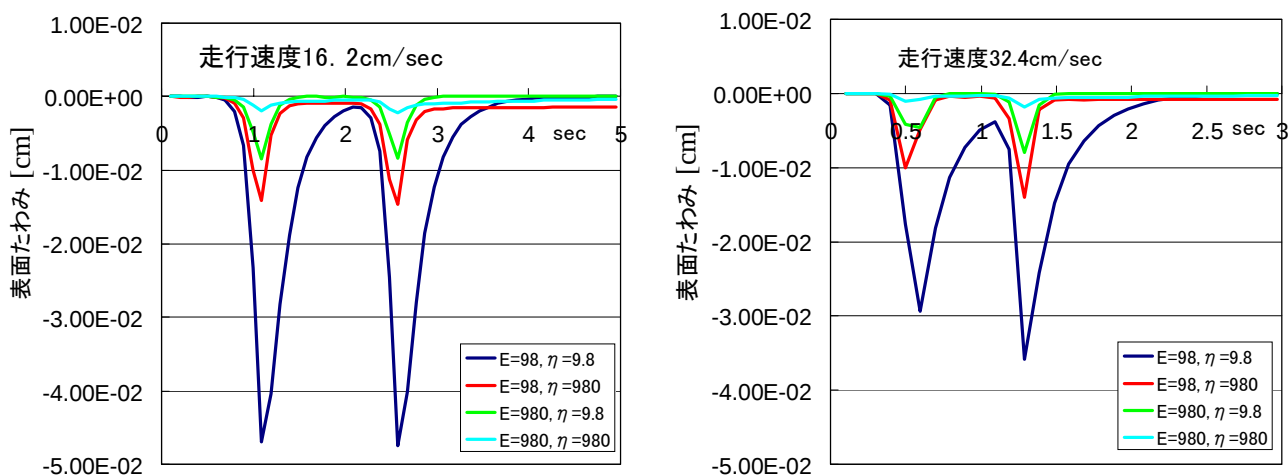


図-4 供試体中心における表面たわみの時間変化

表-1 残留たわみと動的安定度 DS

弾性係数 [MPa]	粘性係数 [MPa·sec]	残留たわみ [cm]		DS [回/mm]	
		16.2 cm/sec	32.4 cm/sec	16.2 cm/sec	32.4 cm/sec
98	9.8	0.00144	0.00372	70	27
98	980	0.000828	0.000438	121	228
980	9.8	0.0000174	0.0000223	5752	4477
980	980	0.000465	0.000319	215	314

4. まとめ

3DFEM を用いた動的粘弾性解析によってホイールトラッキング試験をシミュレートすることを試みた。その結果、極端に小さな粘性係数では、一般の試験結果と矛盾する計算結果が出た。このモデルにおいては、レオロジーパラメータの値の決定が非常に重要である。今回は概略値を用いたため、必ずしも定量的な評価を行うまでには至っていない。また、車輪の走行も非常に単純な一定速度を仮定しているが、厳密にいうと実際の往復運動では速度は一定ではない。このようにいろいろな課題があるが、これまでわが国で蓄積したホイールトラッキング試験結果を力学的に評価しうる手法として更に研究を進めたい。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：ホイールトラッキング試験方法，舗装試験法便覧，pp.539-555，1988。
- 2) 西澤辰男：3次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発，土木学会舗装工学論文集，Vol.5，2000。