

交通流解析による路面のわだち掘れ 予測・管理手法

笹岡弘治*・内田喜太郎**・峰岸順一***

街路舗装の路面のわだち掘れは、車両の制動・停止の発生機会が高い流入部において顕著であり、安全・円滑な交通の妨げとなっている。そこで本研究は、信号交差点流入部での交通流解析を通して制動・停止の影響を把握し、それとわだち掘れ量との関連を定量的にとらえ、さらにそれらの結果を用いて簡易に将来わだち掘れ量を予測することを中心とした路面の管理計画のあり方等について述べている。

Key Words: rutting, pavement management, intersection approach, traffic delay

1. 研究の視点

本研究は大型車混入率の高い重交通街路におけるアスファルト舗装のわだち掘れについて、その発生箇所や形態等の特質と街路交通流の性質との関連の把握という点に重点をおいて考察している。従って本研究では、舗装体と交通荷重との力学的・材料学的考察に関連するものは論述の過程上必要なものを除き、極力基本的な事柄に限っている。

このような視点のもとに本研究は、わだち掘れ量と交通荷重の載荷時間との関係を定性的・定量的に分析し、かつそれらの知見に基づき交通流解析を主としたわだち掘れ量の簡易で合理的な予測手法とそれを用いた管理のあり方について提言している。

2. 研究の目的と内容

アスファルト舗装は路床土の支持力と交通荷重に見合った構造設計がなされていても、構造体の寿命による破壊以前に、アスファルト混合物の変形や局所的な破損によるわだち掘れ、縦断凹凸、及びひび割れ等により路面の機能低下が起こる。このような路面性状の変化はやがては構造体の安定性・耐久性の低下につながるが、それ以前に走行車両の安全性・快適性に多大な影響を及ぼす。

これらのうち、わだち掘れは自動車のタイヤの走行軌跡に沿って生じた帯状のくぼみで、自動車や二輪車の走行を不安定にするほか、特に街路では雨天時での歩行者への水跳ねの原因の一つともなり、円滑な交通流や安全・快適な歩行環境を低下させる要因となっている。

構造破壊を伴わないわだち掘れの発生原因は、①アス

ファルト舗装の表・基層混合物の流動変形とスパイクタイヤ等の摩耗による変形、②路床を含めた舗装全体の変形に大別することができ、近年では①を原因とした修繕が路面修繕の約8割程度を占めているという直轄国道の報告¹⁾がある。また東京都内の重交通街路においても、主として流動変形によると思われるものが交差点の流入部側において際立って多く確認されている。わだち掘れは自然条件、舗装構造、道路条件、交通条件等が複雑に影響して発生する²⁾ものであるが、流動変形によるわだち掘れは室内実験等から、気温の高い状態で載荷時間の長い荷重を受けた場合のアスファルト混合物の永久ひずみの一種として説明されている³⁾。

従って交差点流入部でのわだち掘れは、赤信号による車両の停止に伴う交通荷重の載荷時間増大による流動変形が主であることが認識されている⁴⁾。

安全・円滑な交通を確保するためには常に路面を適正に管理していかなければならない。そのためには、わだち掘れについては現況の把握とともに将来のわだち掘れ量を事前に予測し、かつ計画的に改良・維持修繕する必要がある。しかしながらわだち掘れ量の予測は多くの手法^{5)・6)}はあるものの、発生要因としての様々な条件の変化を考慮せねばならず、必ずしも簡易なものとはいえないのが現状である。特に発生要因のひとつである載荷時間の把握については、特に交差点流入部での簡易で合理的な方法は見当たらない。また路面のわだち掘れ、縦断凹凸、及びひび割れを用いて総合的に維持修繕計画を立案する方法^{7)・8)}もあるが、綿密なデータベースの構築が必要であり、実用性の面からみると現時点では一般的でないため、維持修繕の割合の高いわだち掘れを中心とした管理計画としての利用は難しい。

これらの所見を踏まえながら本研究は、街路のアスファルト舗装の簡易で合理的なわだち掘れ管理(改良・維持修繕)を行うための基礎とすることを目的として、以

*正会員 東京都土木技術研究所主任研究員
(〒136 江東区新砂 1-9-15)

**正会員 東京都土木技術研究所主任研究員(同上)

***正会員 東京都土木技術研究所研究員(同上)

下の諸点について考察している。まず街路におけるわだち掘れの特徴を定性的な観点から整理し、大型車の載荷時間が最もわだち掘れに影響を及ぼす要因であることを示している。次に大型車の載荷時間とわだち掘れ量との関係を定量的にとらえ、この関係を基本としたわだち掘れ管理のあり方について述べている。さらに交通流解析を主とした載荷時間の把握方法とそれに基づくわだち掘れ量の予測について、簡易な手法を提言している。そして、これらの結果を用いて特に交差点流入部での実際のわだち掘れ量と予測値を比較し、本予測手法の妥当性を示すとともに、維持修繕に当たっての考え方等についても簡単に触れている。

3. 路面のわだち掘れと載荷時間

(1) 街路のわだち掘れの特徴

都市内道路である街路は互いに道路網を形成しており、それゆえに道路網密度に応じて街路の路線には交差点が形成されている。交通量の少ない支線や裏通りとの交差の場合以外は、通常、交差点はその交通が信号制御されているため、流入部においては必然的に載荷時間が長くなるのが想定できる。ここでは以下に東京都の街路におけるわだち掘れの発生状況や特質等について、実際に試験的舗装を行った区間等の資料に基づき分析する。

アスファルト舗装要綱⁹⁾では、舗装設計に利用する荷重は基本的には全ての通過荷重を5t(以下トンという)に換算した5トン換算輪数を用いることとしているが、輪荷重の測定が手間を要するため5トン換算輪数を大型車交通量に換算して、実際には大型車交通量を用いて舗装構造等を決定するようにしている。つまり舗装に関しての荷重は大型車のみを考えればよいということになっている。

このように、大型車交通量のみを考慮することはほぼ妥当と考えられる。図-1は累積大型車台数とわだち掘れ量との関係を調べたもので、東京都内の環状8号線のある区間(両端を信号交差点ではさまれた交差点間、世田谷区内)においての単路部、流入部のほぼ5年間にわたる追跡調査結果の平均値を示したものである¹⁰⁾。ここで単路部のわだち掘れ量は、交差点間のほぼ中間あたりでの値を示したものであり、また流入部は信号交差点の停止線からほぼ上流側30mの区間でのわだち掘れ量の平均値を示したものである。この図より、流入部のわだち掘れ量が同じ累積交通量、外的条件にもかかわらず単路部のそれを上回っていることが分かり、車両の停止に伴う交通荷重の載荷時間増加がわだち掘れに影響を及ぼしていることを実際に確認できる。

しかしながら図-1は幹線道路との交差点での区間の調査結果であるので、車両の停止に伴う載荷時間増加がわだち掘れに及ぼす影響の一般性を検討する必要がある。

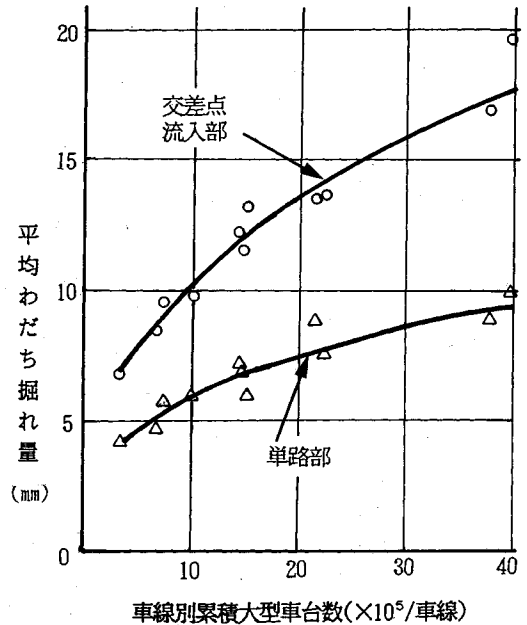


図-1 わだち掘れ量と累積大型車台数

そのためにある重交通の街路の路線上に存在する全ての信号交差点について、停止線からの距離に対応させてわだち掘れ量の変化の状況を調べてみた。

図-2は東京都内の主要地方道6号線(通称名:青梅街道)の起点(新宿区)から、高密度な街路網が形成されている23区・三多摩境までの約12.7kmを対象としてわだち掘れ量の状況をまとめたものである¹¹⁾。(0~20m)と(20~40m)の区間との平均値には差が認められるが、対象区間全長にわたって舗装構造、道路・交通条件が異なることから、統計的にわだち掘れ量の違いを検定するために、隣り合う区間の個々のわだち掘れ量の差の正・負の符号に着目して次のように符号検定を行った。わだち掘れ量の差における正・負の符号の出現の仕方に違いはないという帰無仮説を、二項分布を規準正規分布で近似した次式¹²⁾により検定した。

$$Z = \frac{x - np}{\sqrt{np(1-p)}} \quad \text{----- (1)}$$

- ここで Z: 規準正規分布である確率をあたえる変数
- n: 符号の総数(差がゼロの場合は除く)
- x: 下流側の区間のわだち掘れ量から上流側の区間のわだち掘れ量の差の正符号の数
- p: xという事象が発生する確率
(この場合は1/2)

片側で2.5%の確率をあたえるZの値は1.96であるから、図-2の上段に示すように、(0~20m)のわだち掘れ量が(20~40m)のものより大きな値であるということが2.5%の危険率で判断できる。そして停止線からほぼ30m

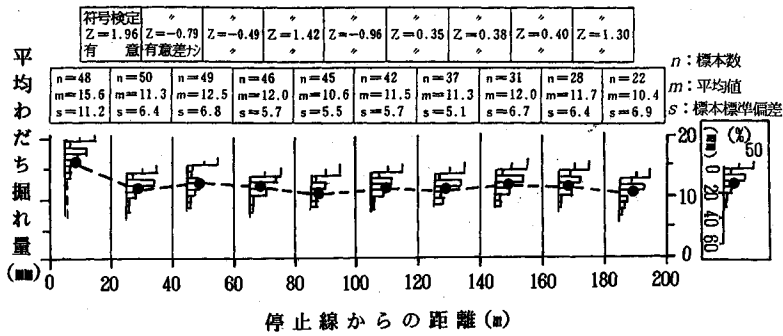


図-2 停止線から上流の距離別わだち掘れ量

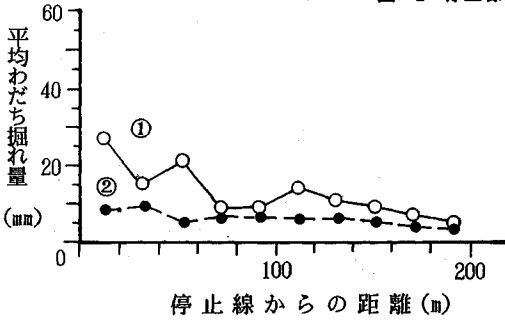


図-3 停止線からの距離とわだち掘れ量

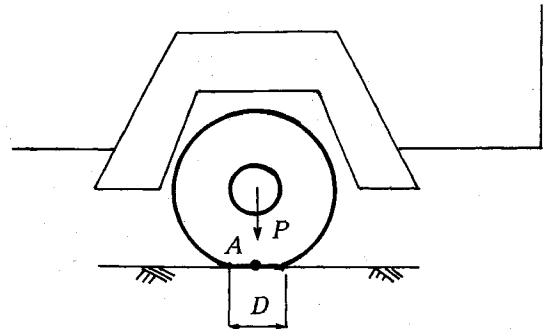


図-4 車輪の接地径の定義

以内の流入部にわだち掘れが集中しやすいということを一般的に確認することができる。一方、渋滞発生 of 著しい交差点においては、停止線から上流側 30m 以上にもわだち掘れが顕著になっていることをみかける。そこで図-3 は停止線から上流側にわだち掘れ量がどのように変化しているかを調べるとともに、交差する道路の格によるわだち掘れの発生状況をみるために、図-2 と同じ路線のなかで大型車交通量のほぼ等しい 2 交差点間において停止線から上流側への距離に対応してわだち掘れ量を示したものである¹³⁾。区間①は幹線道路(都道環状 8 号線)との交差点であり、停止線から上流側に 50m 程度までわだち掘れ量の大きさが著しいことが分かる。これに対して②は非幹線である裏通りとの交差点であり、停止線から上流側 30m 以内でのわだち掘れ量は余り顕著でないことが分かる。また交差点から 100m 以上上流側では二つの交差点間とも流入部と比較すると概ねわだち掘れ量は等しく、このことは赤信号による停止時間やそれに伴う待行列長の長さ等交通条件の質的な面が強く影響を及ぼしていることが分かる。

また環状 7 号線の全線にわたってわだち掘れ量を外的基準とし、説明変数を①表層材料の種類②路盤材料の種類③昼間 12 時間交通量④昼間 12 時間大型車交通量⑤供用日数⑥停止線からの距離⑦地盤表面の地形分類として、数量化理論 I 類により統計処理した結果、寄与の大きいのは④⑤⑥の順であった¹⁴⁾。

これらのことから、街路舗装のわだち掘れは交通荷重の載荷時間に影響を受け、特に流入部は赤信号による減速・停止によりさらに載荷時間が大きくなり、よりわだち掘れ量が増大しているという形態になっている。

(2) 載荷時間とわだち掘れ量の関係の定量化

上記のような認識のもとに、ここでは交通荷重の載荷時間について、その把握方法及びわだち掘れ量との関係について定量的にとらえることを試みる。

路面のある位置における交通荷重の載荷時間とは、自動車の輪荷重がその位置に存在する時間のことで、図-4 に示すように点 A に車輪の接地径 D が存在した時間のことである。なお竹下¹⁵⁾ によれば、輪荷重 P のタイヤの接地径は $D=2(12+P)$ と表せる。実際の観測に当たっては点 A を含む一定区間 L での車両 1 台当たりの平均旅行速度(旅行時間)が分かれば、次式によって輪荷重 P の 1 走行当たりの平均的な載荷時間を求めることができる。

$$t = 0.036 \frac{D}{V} = 0.072 \frac{12+P}{V} \quad \text{----- (2)}$$

$$t = D \frac{T}{100L} = 0.02 T \frac{12+P}{L} \quad \text{----- (3)}$$

ここで t: 求めようとする載荷時間(sec)

D: 車輪の接地径(cm) $D=2(12+P)$

P: 車輪の輪荷重(ton)

V：車両の旅行速度(km/h)

L：一定区間長(m)

T：車両の旅行時間(sec)

これらの式は、交通荷重の載荷時間は輪荷重の大きさと車両の旅行時間(または旅行速度、以下旅行時間のみを使用する)に左右されることを表している。わだち掘れに影響を及ぼす交通荷重は大型車のみを考えればよいので $P=5$ トンと一定にすれば、載荷時間は旅行時間のみで左右される。

このように交通荷重の平均的な載荷時間はある区間を設定してそこでの平均旅行時間を基に算定することができる。例えば、流入部・単路部の区別をしなければ、ある交差点間の平均的な載荷時間は、道路交通センサ等の資料より簡単に求めることができる。また、対象区間を一定間隔に区間分割し、各区間での旅行速度を求めれば停止線から上流側に向かって載荷時間が変化していく様子を知ることができる。

図-5はこのような考え方で、環状8号線(世田谷区内)の試験舗装区間において信号交差点流入部の停止線から上流側に10mごとに10区間分割して、そこで実際に各区間ごとの旅行時間を測定し、経年的に調査しているわだち掘れ量との関係を示したものである^{16), 17)}。

累積載荷時間は次のように求めた。

①ある時間帯の交通流をビデオ観測し、区間長10mごとの全車両を対象とした1台当たりの平均旅行時間を求め、それをういて大型車の1台当たりの平均載荷時間を算出した。

②それに、道路交通センサ等の資料より交通量の時間的・経年的変化を考慮して供用開始からわだち掘れ測定日までの累積大型車交通量を乗じて、各区間ごとの累積載荷時間を算出した。

この図-5より、個々の箇所での舗装構造や使用材料の性質・経年等により相違はあるものの、大型車の累積載荷時間を知ることによりわだち掘れ量を予測することが可能であるといえる。また図-5はある舗装構造のものでのものであるが、後述するように舗装構造が異なる場合も補正が可能である。

4. 予測・管理手法の基本的な考え方

交通荷重を直接的に受ける舗装の供用予定期間は、他の半永久的な土木構造物に比較すると非常に短く、特にアスファルト舗装は舗設時から概ね10年を供用予定期間目標として考えている¹⁸⁾。そしてその間はメンテナンスフリーではなく、局部的・小規模な破損や変形等は常に維持修繕を行う必要がある。適正な維持修繕は実際に構造物としての寿命を延ばしており、また安全・円滑な交通を確保するために欠くことのできないものである。本研究の流動変形によるわだち掘れは構造物の耐用年数に

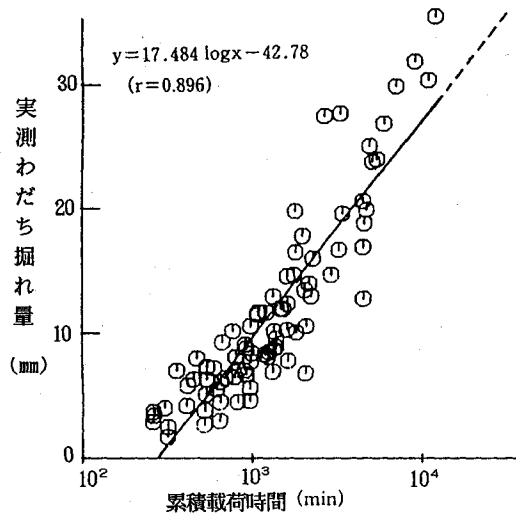


図-5 わだち掘れ量と累積載荷時間

前に生ずる路面の機能低下であり、上記のような意味から日常の重要な管理行為のひとつとして位置づけることができる。

街路は信号交差点が多く、潜在的にわだち掘れが発生しやすい場である。従って、街路舗装路面の管理はわだち掘れ対策に重点をおく必要があると言える。このような認識のもとに、累積載荷時間からわだち掘れ量を予測することを中心とした管理計画の概念を示したものが図-6で、その考え方と特徴は以下のとおりである。

- ①道路や地域の状況に応じて限界わだち掘れ量を決定することにより、累積載荷時間から維持修繕が必要な年次・サイクル等を算出し、計画的に管理できる
- ②工法、構造の決定は、他の路面性状、財政状況、工事による損失(社会的費用)等を勘案して決める。
- ③改良・新設等で交差点流入部を予め耐わだち掘れ効果の高い構造・材料にする場合、交通流解析に基づく資料から、停止線から上流に向かってその対策長を決定できる。

ここで限界わだち掘れ量は、対象区間の存する地域や沿道の状況に応じて決まるものである。交通量の多い一般道路では、要維持修繕の観点から目標値は30~40mmとされているが¹⁹⁾、歩行者や二輪車の多い街路交差点では限界わだち掘れ量はこれ以下に抑えることが必要であろう。また③の対策長は、これまでその定義等が漠然としていた流入部の長さを限定して表現し得るものである。従来まではこの長さを一律に30m程度としていたが、流入部は車両の制動・停止による載荷時間が多くなる区間であり、交通流解析によりその区間長を設定することができることになる。そして、この設定された流入部内のわだち掘れ量の平均値を「流入部でのわだち掘れ」として扱うことが可能となる。

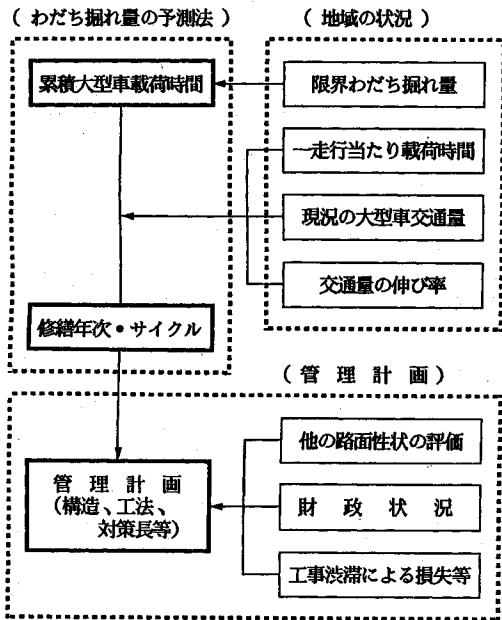


図-6 わだち掘れ量の予測と管理計画の概念図

また交通流解析によるわだち掘れ予測法は次のような利点を有するといえる。

- ① 走行速度や旅行時間等交通流に関して利用し得る既存の資料は、道路交通センサをはじめとて多い。
- ② 新たに交通流に関する調査を行う場合も、既存の確立された調査方法によって比較的簡易に行える。
- ③ 道路状況や交通管制等の変化は荷荷時間に影響を及ぼすが、それらの変化にたいしての追従が可能で予測値に反映できる。

従って交通流解析による予測値を用いて維持管理計画等に適用することは、十分実用に耐え得るものと考えられ、そのためには累積荷荷時間をいかに簡易・効率的にとらえるかがポイントになると思われる。

5. わだち掘れ量の予測の手法

(1) 1台当たりの平均荷荷時間の推定

わだち掘れ量の予測は、累積荷荷時間が分かれば道路の区間のどの場所でも可能であるが、流入部については荷荷時間を簡易に求める方法はこれまでに示されていない。赤信号による車両の制動・停止の影響を考慮して大型車の荷荷時間を求めるには、旅行時間や待行列長等に関する調査を行う必要があるが、個々の交差点ごとに直接的に行うことは煩雑で手間を要し、そのことは図-5を解析する際に著者らは経験済みである。よって本研究では簡易な手法の開発ということを念頭におき、以下の方法で流入部の長さを限定し、累積荷荷時間を算出する。

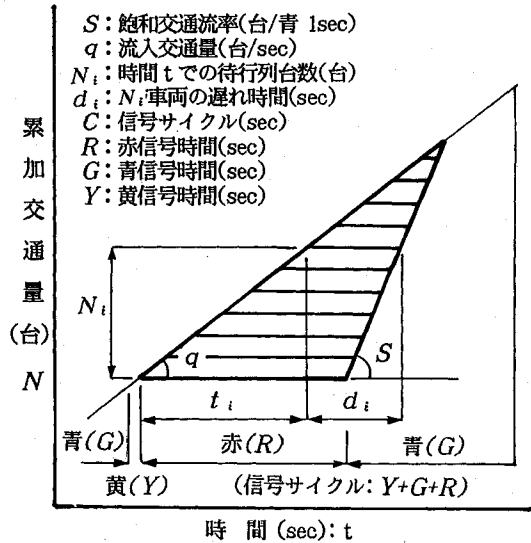


図-7 流入部での交通流の概念図

図-7は信号交差点における交通流の概念図である。ここで赤信号による影響がなければ N_i 番目に到着した車は時刻 t_i に停止線を通過できるが赤信号により d_i という遅れを伴って停止線を通過することになる。この遅れ時間は停止・発進のための加・減速に要する時間も含まれるが、殆ど停止時間とみなしても差し支えないといえる^{20)~22)}。それゆえに N_i は時刻 t_i での待行列台数として考えることができる。また図-7の S と q は実際は一樣ではないが、簡易な方法の開発という本研究のねらいから考えると一樣な直線とみなしても差し支えない²³⁾と判断できる。これらから、遅れ時間がゼロとなる車が出現する時間(t_{a1-0})とその時間での待行列台数(N_{a1-0})は以下のとおりである。

$$t_{a1-0} = \frac{SR}{S-q} \quad \text{----- (4)}$$

$$N_{a1-0} = \frac{SqR}{S-q} \quad \text{----- (5)}$$

1サイクル当たりの総遅れ時間 W は図-7の三角形の面積に相当し、また1台当たり平均遅れ時間を w とすると、それぞれ次のように表せる。

$$W = \frac{SqR^2}{2(S-q)} \quad \text{----- (6)}$$

$$w = W \cdot \frac{1}{qC} = \frac{SR^2}{2C(S-q)} \quad \text{----- (7)}$$

次に1サイクル当たりの待行列台数に車両の平均車体長 λ を乗ずると、次式のように待行列車による荷荷時間増大の影響を受ける流入部長 L を得ることができる。 λ の値は大型車混入率の程度により異なってくるが、著者

らの調査によると大型車混入率が10~30%の範囲内では $\lambda = 6 \sim 7$ であった²⁴⁾。

$$L = \frac{S q R}{S - q} \cdot \frac{1}{C} \cdot \frac{S R}{S - q} \cdot \lambda = \frac{S^2 q R^2}{C(S - q)^2} \cdot \lambda \quad (8)$$

このようにして L が求まれば、つぎのような考え方で区間 L での平均旅行時間 T を求めることができる。

(平均旅行時間) = (平均遅れ時間) + (平均走行時間)
平均走行速度を V_r (km/h) とすると、 T は以下のようになる。

$$T = \frac{S R^2}{2C(S - q)} + \frac{3.6L}{V_r} \quad (9)$$

この L と T を (3) 式に代入すれば、1 台当たりの平均乗荷時間 t を算出することができる。なお、平均走行速度 V_r は待行列に加わらない車両群を対象として求められる。

(2) 累積乗荷時間の推計とわだち掘れ量の予測

このように主として交通量と信号サイクルを調査することにより、流入部長とその区間での 1 台・1 走行当たりの平均乗荷時間を求めることができ、それを基にある供用期間における大型車の累積乗荷時間は次のように求められる。

$$\tau = t \cdot Q / 60 \quad (10)$$

ここで

τ : 累積乗荷時間 (min)

t : 1 台当たり乗荷時間 (sec/台)

Q : 供用期間における累積大型車交通量 (台)

ここで得た τ をもとに図-5 からわだち掘れ量を推定することができる。

次に図-5 の関係はある舗装構造 (以下 I 型舗装という: アスコン層 20cm, 高強度セメント処理混合物層 20cm, 粒状碎石層 25cm, 砂層 25cm) のものであるため、これを別の舗装構造に適用するためには上記で求めたわだち掘れ量を補正しなければならない。

補正の考え方としては、弾性理論やその他の方法²⁵⁾ 等によりある条件のもとでの I 型舗装の変形量を計算しておき、次に同じ方法で対象とする舗装構造の変形量を求め、次式により補正係数を算出する方法によるものとする。

$$\theta = \Delta H / \Delta H_0 \quad (11)$$

ここで

θ : 補正係数

ΔH : 対象とする舗装のアスコン層の変形量 (mm)

ΔH_0 : I 型舗装のアスコン層の変形量 (mm)

本研究での $\Delta H, \Delta H_0$ は、アスファルト混合物のクリップ特性と多層弾性理論による層構造解析よりアスコン層の永久変形量を求める SHELL の方法^{26), 27)} によって算定した。表-1 はその計算結果であり、対象とした舗装

表-1 補正係数の算出例

	累積 5 トン 換算 輪 数		
	10 ⁵ (輪)	10 ⁶ (輪)	10 ⁷ (輪)
ΔH	2.6mm	5.4mm	12.8mm
ΔH_0	1.9mm	3.9mm	9.2mm
$\theta : \Delta H / \Delta H_0$	1.37	1.38	1.39

構造はアスコン層 28cm, 碎石層 25cm, 砂層 25cm である。輪数の多少に拘らず、補正係数は同等であった。このことについては他の舗装構造についても同様の傾向が得られた²⁸⁾ ため、補正係数を算出する場合は特に輪数の多寡については本計算法はこだわる必要がないといえよう。補正係数は道路の新設・拡幅や舗装新設等の時点で算出しておけば、その後の維持修繕等の計画時に役立てることができる。

(3) 予測の計算例

ここでは実際の道路を対象として本予測法によりわだち掘れ量を計算し、実測値と比較してみることにする。対象とした道路区間は東京都内の主要地方道 304 号線 (中央区勝どき 1 丁目地先) の下り線側で、舗設後 3 年間毎年 1 回定期的に各車線ごとのわだち掘れ量を観測している。表-2 はその実測値と本予測法によるわだち掘れ量の計算結果を示したものである。この表で④を除いた①から③までの値は舗設時の実測値で、⑥⑦⑧はそれらを用いて計算した結果である。そして各年ごとの累積乗荷時間は⑨から⑪までの値に供用日数を乗じて得られたもので、これから予測わだち掘れ量を求めている。

今回の試算では交通要因は 3 年間変わらないものとしているが、これは道路交通センサスの資料により、本路線及び近傍の道路区間での交通需要、大型車混入率等に変化が見られなかったことと、本区間を含む周辺区域の道路網形態に新設・拡幅等による変化がなかったために、単純に舗設からの経過日数 (供用日数) を乗じている。また信号サイクル、交通量、走行速度は一日のうちの平均的な時間帯を選んでおり、24 時間交通量換算率はその時間帯を基準にしている。本予測法のわだち掘れ量の精度は累積乗荷時間の推定精度に依るため、様々な資料等により交通状況の変化を正確に把握する必要がある。

表-2 の予測わだち掘れ量をみると、全体的に実測値より 0.4mm~10mm (約 3~60% 程増加) 大きい値であるが、わだち掘れ管理計画を立案するうえでは、殆ど支障のない予測値であると言える。また⑥の平均走行速度より、流入部内の平均走行時間を計算すると、第 1 車線では、3.9sec、第 2 車線 9.8sec、第 3 車線 6.6sec となり、⑦の平均旅行時間はこれらの値に対して 3.3~5.6 倍となって

表-2 わだち掘れ量の予測値と実測値

車線 項目		対象車線		
		第1車線	第2車線	第3車線
道 路 交 通 要 因	①サイクル長(sec): C	140	140	140
	②赤信号時間(sec): R	63	63	74
	③平均的な交通量(台/sec): q	0.1148	0.1895	0.1190
	④飽和交通流率(台/青1sec): S	0.5	0.5	0.417
	⑤平均走行速度(km/h): V_r	35	35	35
	⑥流入部長(m): L	38	96	64
	⑦Lでの平均旅行時間(sec): T	22.2	32.7	33.8
	⑧平均載荷時間(sec/台): t	0.19	0.11	0.17
	⑨平均的な大型車交通量(台/h)	57	125	75
	⑩24時間交通量換算率	13.5	13.5	13.5
⑪舗装構造による補正係数: θ	1.38	1.38	1.38	
1 年 目	供用日数(日)	380	380	380
	累積載荷時間(min): τ	926	1224	1147
	予測わだち掘れ量(mm)	12.1	15.4	14.7
	実際わだち掘れ量(mm)	7.5	15.0	13.6
2 年 目	供用日数(日)	773	773	773
	累積載荷時間(min): τ	1883	2489	2333
	予測わだち掘れ量(mm)	19.9	22.9	22.2
	実際わだち掘れ量(mm)	11.3	20.3	14.9
3 年 目	供用日数(日)	1177	1177	1177
	累積載荷時間(min): τ	2868	3762	3552
	予測わだち掘れ量(mm)	24.3	27.2	26.6
	実際わだち掘れ量(mm)	19.2	24.0	16.6

(注) 第1車線:直進・左折, 第2車線:直進, 第3車線:右折専用

いる。このことは、制動・停止の影響を受ける区間(流入部)での平均載荷時間がそれらの影響を受けない区間(単路部)での載荷時間より3.3~5.6倍多いということになり、これを図-5を用いてわだち掘れ量の大きさに換算すると、流入部のわだち掘れは単路部の1.7~2.1倍程度となり他の研究結果(1.7~2.2倍)^{20), 30)}と一致している。

またこの路線において、この交通状況が今後も大きく変化することがないと判断したうえでわだち掘れ対策を考えるとすれば、耐わだち掘れ効果の高い材料・構造を施す流入部長は、各車線ごとに表-2の⑥の長さだけ行えば十分となる。しかしながら、同一流入部において車線ごとに対策長を変化させることが施工上望ましくないとと思われる場合は、最長の長さに合わせて行えば良いと考えられる。なお計算された流入部長が30m以内の場合は、右・左折車線確保のための車線の絞り込み等、走行区分をより明確化している路面標示が停止線から30mで

あることを考慮して、一律に30mとしておくことが妥当であろう。

また工法、構造については財政状況に最も強く左右されるが、著しく耐久性の低下が予想されるような場合(例えば亀甲状のひび割れが発生)には、全断面打換えによる改良が必要となろう。それ以外の場合は、オーバーレイや部分断面打換えで十分であろう。

6. まとめと今後の課題

本研究によって得られた成果は以下のとおりである。

- ①重交通街路舗装のわだち掘れは、自然条件や舗装構造等のほかに交通荷重の載荷時間による影響を強く受けて、信号交差点の多い道路区間では、車両の制動・停止の影響により交通荷重の載荷時間が長い流入部のわだち掘れがそれ以外の区間に比較してより顕著である。
- ②上記の点に着目して、交通荷重の載荷時間を直接調査・分析し、大型車の累積載荷時間とわだち掘れ量の関係を定量的にとらえることができた。
- ③その定量的な関連を軸として、わだち掘れ量の予測を中心とした管理計画のあり方について、考え方と手順を整理できた。
- ④交通量、大型車交通量、及び信号サイクル等の道路交通要因から簡易な計算により制動・停止の影響を受ける流入部の長さを限定しかつその区間での平均的な載荷時間を求める方法を開発した。
- ⑤これらの結果より、将来の交通状況を加味した大型車の累積載荷時間から、わだち掘れ管理計画レベルで実用的に問題のない予測値を算出できる目途を立てることができた。

わだち掘れ対策計画を立案するうえでその基本となる精度の高い予測値を得るためには、累積載荷時間の推定を正確に把握しなければならない。そのためには1日のうちの平均的な信号サイクルと交通需要を示す時間帯の選択と、予測期間中の交通状況の変化を的確に把握することが大切であり、これを簡易かつ合理的に行うための資料収集・分析方法等を確立することが、今後の課題と考える。

参考文献

- 1) 安崎 裕:道路舗装の維持管理, 道路1990-12, pp. 32~33, 1990年12月.
- 2) 菅原照雄:アスファルト舗装の流動によるわだち掘れ, 道路建設, No.395, pp.44~50, 1980年12月.
- 3) 菅原照雄ほか:アスファルト舗装の Rutting に関する基礎的研究-第1報, 土木学会24回年次学術講演会概要第IV-134, pp.315~316.
- 4) 松野三郎・西沢辰男・高野啓吾:加熱アスファルト

- 混合物の目標とすべき動的安定度について(2), 舗装, Vol.18, No8, p.16, 1983年 9月.
- 5) 小田桐直幸・田中徹夫・山崎泰生：高架橋上のわだち掘れ予測, 道路建設, No466, pp.70~77, 1986年11月.
 - 6) 牛尾俊介：アスファルト舗装のわだち掘れ予測方法に関する研究, 土木学会論文報告集, 第323号, pp.151~163, 1982年7月
 - 7) 菊川 滋・猪股和義：舗装のライフサイクルコストについて, 土木学会第41回年次講演会 V-28, pp.55~56.
 - 8) 菊川 滋・猪股和義：舗装の長期修繕計画システムの開発, 土木技術資料29-1, pp.19~24, 1987年1月.
 - 9) (社)日本道路協会：アスファルト舗装要綱, 1988年.
 - 10) 連下文一・内田喜太郎：構造面からみたアスファルト舗装のわだち掘れ対策について, 昭58.都土木技研年報, pp.41~46, 1983年10月.
 - 11) 笹岡弘治：街路におけるわだち掘れの特性について, 昭58.都土木技研年報, pp.31~39, 1983年10月.
 - 12) P・G・ホーエル(浅井晃・村上正康訳)：初等統計学, 培風館, p.175, 1969年
 - 13) 文献11)に同じ.
 - 14) 田中輝栄・内田喜太郎：開粒アスファルト混合物の耐わだち掘れ効果について, 昭60.都土木技研年報, pp.37~43, 1985年10月.
 - 15) 竹下春見：新編・道路工学, 金原出版, p.2, 1963年
 - 16) 内田喜太郎・小沢孝吉：わだち掘れに及ぼす車両載荷時間の影響, 昭62.都土木技研年報, pp.29~34, 1987年10月.
 - 17) 内田喜太郎：わだち掘れに及ぼす車両載荷時間の影響, 第17回日本道路会議論文集, pp.320~321, 1987年10月.
 - 18) 文献9)に同じ
 - 19) (社)日本道路協会：道路維持修繕要綱, p.68, 1978年, 7月.
 - 20) (社)交通工学研究会：平面交差の計画と設計-基礎編一, (社)交通工学研究会, p.225, 1984年7月.
 - 21) (社)交通工学研究会：交通工学ハンドブック, 技研堂, p.157, 1984年1月.
 - 22) 笹岡弘治：信号交差点での車両の遅れについて, 昭61.都土木技研年報, pp.49~54, 1986年10月.
 - 23) 文献22)に同じ
 - 24) 笹岡弘治：街路舗装のわだち掘れと交通流の性質による影響について, 昭59.都土木技研年報, pp.39~47, 1984年10月.
 - 25) 文献5)に同じ
 - 26) 文献6)に同じ.
 - 27) Shell International Petroleum Company : Shell Pavement Design Manual, 1978.
 - 28) 文献16)に同じ
 - 29) 建設省道路局企画課・建設省土木研究所：アスファルト舗装の塑性流動に関する調査研究, 第32回建設省技術研究会報告, pp.217~234, 1978年.
 - 30) 文献4)に同じ, p.17.

(1992.8.27 受付)

A METHOD OF PREDICTION ABOUT RUT DEPTHS OF STREET PAVEMENT BY TRAFFIC FLOW ANALYSIS

Koji SASAOKA, Kitaro UCHIDA and Junichi MINEGISHI

Asphalt pavement rutting are found markedly at signalized intersection approaches on heavy traffic streets. It is known that main cause of the rutting is the long time track loading due to the deceleration and stopping. From this fact, we quantified the relation between rut depths and cumulative track loading times of heavy vehicles, and develop the easy surveying of the loading times to predict the rut depths by researching a traffic delays and running times. On the basis of these results, this paper discusses the maintenance and rehabilitation planning system which is subject to the rutting.