

# 舗装の耐久性に関する分析

保全施設部 保全技術課 瀬戸口嘉明  
大阪第三建設部 新淀川工事々務所 岩永巧

## 要 約

舗装の損傷は、わだち掘れやクラック等の路面性状に代表され、阪神高速道路でも主として上記2項目の点検結果に基づき補修の要否を決定しているが、連続した高架道路という特殊性から、環境要因なども含まれ、必ずしも損傷要因と補修の関連性が明確でなかった。しかし、最適な補修計画立案には、まずライフサイクルを明らかにする必要がある。

本稿は、過去の補修実績をもとに、今後の舗装のパフォーマンス（供用性の履歴）検討に必要な舗装補修の実態の解析結果を紹介するものである。

## はじめに

舗装は、交通荷重や気象条件などの外的作用を常に受け、交通量の累積とともに損傷が進み、やがては円滑かつ安全な交通に支障をきたすようになる。これを防止するためにはつねに路面の状態を把握し、適切な補修を行う必要がある。

阪神高速道路では毎年、舗装の定期点検を実施し、これらの結果を集積すると共に、判定基準を設けて、舗装補修区間設定の参考としている。しかし、舗装補修は主として通行止工事や1車線ごとのロング規制によって行なわれているものの、損傷要因と補修の関連性には、環境要因も含まれているため十分に把握されていないのが現状である。

舗装のライフサイクルコストを低減させ、かつ、

円滑な利用交通を確保するためには、舗装の耐久性を向上させ補修サイクルを長くすることが最重要である。本文は阪神高速道路の補修データに基づいた補修サイクルと舗装構成・補修回数などの関係や舗装損傷に与える線形、構造および交通量の影響を通じて、このライフサイクルの検討に必要な舗装の耐久性等を知るために種々分析した結果を紹介する。

## 1 舗装管理の状況と補修実績

阪神高速道路は、そのほとんどが高架構造で、鉄筋コンクリート床版上の標準的な舗装断面は図-1のようになっている。

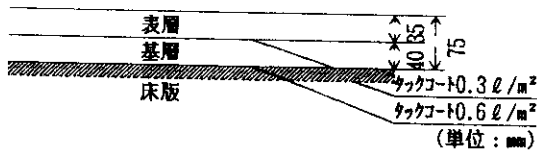


図-1 舗装断面（鉄筋コンクリート床版部）

表層、基層に使用する材料は、舗装設計基準の変遷により、表層は修正トベカから密粒度アスコンへ、基層は粗粒度アスコンから密粒度アスコンへ変更されてきた。さらに、わだち掘れが生じ易い箇所には、耐流動性舗装として、表層、基層ともに改質アスファルトを用いた密粒度アスコンを使用することとしている。

表-1 舗装構成の現況

| No. | 表層     | 基層   | 比率    |
|-----|--------|------|-------|
| 1   | 密粒     | 粗粒   | 20.1% |
| 2   | 密粒改質   | 密粒改質 | 12.2% |
| 3   | 修正トベカ  | 粗粒   | 10.3% |
| 4   | 密粒ギャップ | 粗粒   | 9.2%  |
| 5   | 密粒     | 粗粒   | 8.0%  |
| 6   | 密粒ギャップ | 密粒   | 5.3%  |
| 7   | 密粒改質   | 粗粒   | 4.9%  |
| 8   | 密粒     | 密粒改質 | 4.0%  |
| 9   | 密粒改質   | 密粒   | 3.9%  |
| 10  | 密粒ギャップ | グース  | 3.9%  |
| 11  | その他    |      | 18.2% |

設計基準の変遷や補修工事によって現在表-1に示すような多様な舗装タイプを有し、260万㎡を管理している。

舗装補修は昭和48年度以降本格的に実施され、昭和62年度までに累計16,719スパン\*（面積約148万㎡）を行っている。

スパン\* = 各車線ごとのレーンスパン

昭和48年度から現在の供用延長、維持修繕費および補修スパンの推移を図-2に示した。

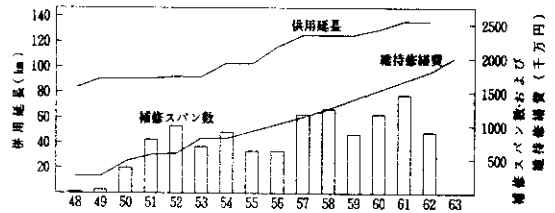


図-2 供用延長と補修スパンの推移年度

## 2 点検と判定基準

舗装の定期点検は、路面撮影車によって行い、交通量に応じ1~2年に1回を原則としているが、新規供用区間や交通止めによる補修した区間については、舗設後2~3年は対象としていない。

アスファルト舗装面の健全度判定手法としては、各点検項目ごとの測定値を用い総合的に判定する、供用性指数（PSI）、維持管理指数（MCI）等がある、しかし、橋面舗装においては個々の点検項目が重要な損傷要因となることが多いので、各項目ごとの判定によって舗装面の健全度を評価している。

点検の結果については、表-2に示す判定基準

表-2 舗装の判定基準と判定結果

| 項目    | 判定区分 | 基準値       | 面積比率(%) |
|-------|------|-----------|---------|
| わだち掘れ | A    | 20mm以上    | 3.7     |
|       | B    | 10~20mm未満 | 64.4    |
|       | C    | 3~10mm未満  | 32.0    |
|       | OK   | 3mm未満     | 0.0     |
| ひびわれ  | A    | 15%以上     | 0.3     |
|       | B    | 5~15%未満   | 4.3     |
|       | C    | 0~5%未満    | 42.6    |
|       | OK   | 0%        | 52.8    |

(注) A：損傷が著しく、補修する必要がある場合  
 B：損傷があり、必要に応じて補修する場合  
 C：損傷は軽微である場合  
 D：上記以外の場合

に基づき判定を行い、打ち替え補修についてはさらに、現地調査のコア採取結果より基層の損傷程度、室内試験および、コア観察状況を総合的に評価し、図-3, 4により補修を決定している。

表-3 補修前の路面性状実態

| 項目    | 判定区分 | スパン数 | 比率(%) |
|-------|------|------|-------|
| わだち掘れ | A    | 347  | 9.5   |
|       | B    | 2285 | 62.7  |
|       | C    | 1013 | 27.8  |
|       | OK   | 0    | 0.0   |
| ひびわれ  | A    | 72   | 2.0   |
|       | B    | 574  | 15.7  |
|       | C    | 1224 | 33.6  |
|       | OK   | 1775 | 48.7  |

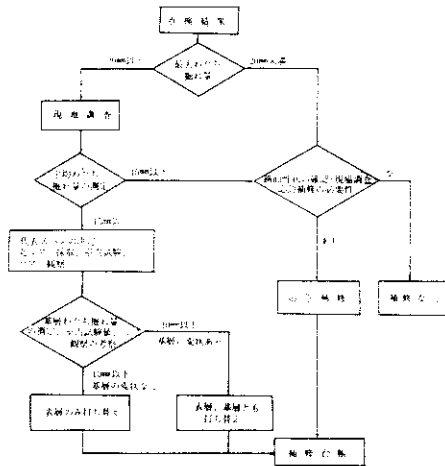


図-3 わだち掘れが要因の場合の流れ図

### 3 路面性状の推移

一般に路面性状の進行は、施工条件、経年数、交通量、舗装構造等の要因と深い関係があるといわれている。しかし、現実的には路面性状に影響を及ぼすすべての要因を設定することは困難であり、たとえ設定できても、データの収集、定量化等には限度がある。ここでは神戸西宮線について、経年数別にみた路面性状の推移を図-5, 6に示

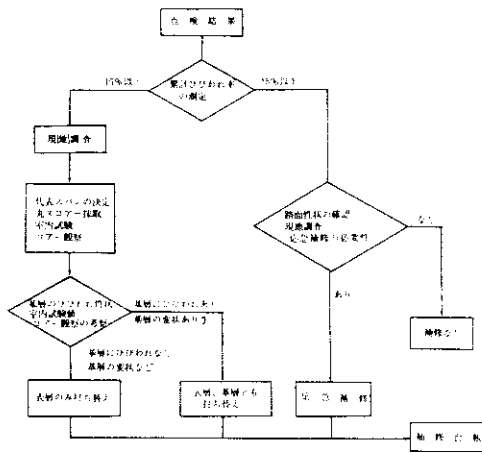
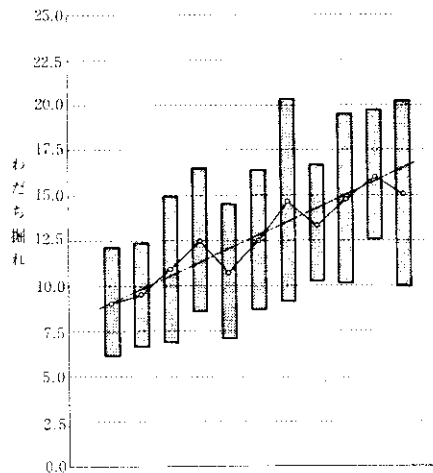


図-4 ひびわれが原因の場合の流図

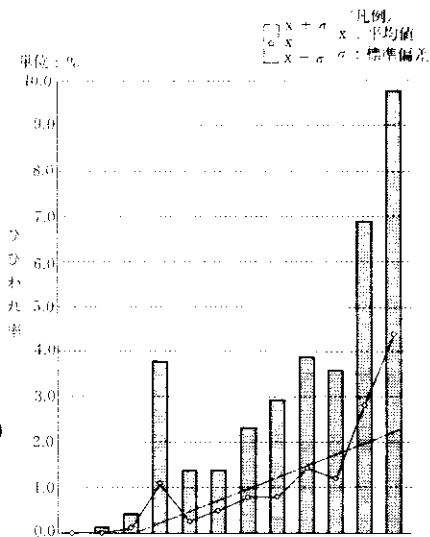
表-3には、昭和59~61年度に補修を実施したスパンを抽出し、その前年度(昭和58~60年度)のひびわれ、わだち掘れの判定区分を集計した。補修1年前の路面性上は、ひびわれBランク以上は72%であることから、わだち掘れが原因で補修しているスパンが多い。

単位: mm  
 $\bar{x}$ : 平均値  
 $\sigma$ : 標準偏差



|         | 1年  | 2年  | 3年   | 4年   | 5年   | 6年   | 7年   | 8年   | 9年   | 10年  | 11年  |
|---------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ○平均値(%) | 9.1 | 9.5 | 10.9 | 12.5 | 10.8 | 12.5 | 14.7 | 13.4 | 14.8 | 16.1 | 15.1 |
| 標準偏差(%) | 3   | 2.9 | 4.1  | 4    | 3.8  | 3.9  | 5.6  | 3.2  | 4.7  | 3.6  | 5.2  |

図-5 わだち掘れ(最大)経年推移(神戸西宮線)



|         | 0年 | 1年  | 2年  | 3年  | 4年  | 5年  | 6年  | 7年  | 8年  | 9年  | 10年 | 10年以上 |
|---------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| ○平均値(%) | 0  | 0   | 0.1 | 1.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 1.4 | 1.2 | 2.8 | 4.4   |
| 標準偏差(%) | 0  | 0.1 | 0.3 | 2.7 | 1.1 | 0.9 | 1.5 | 2.1 | 2.5 | 2.4 | 4.1 | 5.4   |

図-6 ひびわれ経年推移（神戸西宮線）

した。

この結果によると、全般的にはひびわれ、わだち掘れともに、経年数が大きくなるにつれて損傷割合も大きくなる傾向がみられる。

ひびわれは、経年数3年で発生箇所が多くなり始め、年間0.3%程度増加し、経年数1年で約1%になっている。わだち掘れは、経年数1年で約9mmであり、年間0.7mm程度増加し、経年数7年で約15mmになっている。

#### 4 補修実績による耐用年数

本解析は過去の補修実績に基づき、舗装種別、路線別、補修回数別に補修時の平均耐用年数について検討したもので、使用したデータ数は表-4に、解析結果を表-5に示す。また、解析では現在供用中のスパンも加味した耐用年数で、補修は、点検標準に基づいて補修を行ったという前提であり、補修時の原因等は考慮していないため、耐用年数はマクロ的（平均的）な数値である。舗装構成については今後の管理上の重要性を考慮して4種別に限定した。

表-4 補修回数別ズパン数

| 補修回数 | ズパン数   | 比率    |
|------|--------|-------|
| 未補修  | 6,996  | 41.8% |
| 1回補修 | 7,083  | 42.4% |
| 2回補修 | 2,476  | 14.8% |
| 3回補修 | 154    | 0.9%  |
| 4回補修 | 10     | 0.1%  |
| 計    | 16,719 | 100%  |

表-5 補修時の平均経年数

| 舗装種別      | 全体     | 8.7 | 路線     | 耐用年数 |
|-----------|--------|-----|--------|------|
| 密粒・密粒     | 9.8    | 路   | 空港線    | 6.7  |
|           |        |     | 環状線    | 15.2 |
|           |        |     | 大阪守口線  | 8.1  |
|           |        |     | 森小路線   | 10.1 |
| 密粒改質・密粒改質 | 4.5    | 線   | 大阪東大阪線 | 11.4 |
|           |        |     | 大阪堺線   | 7.3  |
| 密粒改質・密粒   | 4.9    | 別   | 西大阪線   | 8.5  |
|           |        |     | 湾岸線    | 10.9 |
| 密粒・粗粒     | 8.7    | 別   | 大阪松原線  | 7.6  |
|           |        |     | 大阪西宮線  | 6.0  |
| 補修回数別     | 第1回補修時 | 9.9 | 神戸西宮線  | 9.8  |
|           | 第2回補修時 | 6.3 |        |      |

解析結果から以下のことが言える。

- ① 供用中のスパンも加味した耐用年数は、約9年である。なお、この年数は昭和62年度までの値であることから、今後伸びて行くことが想定される。
- ② 補修回数別の耐用年数は、第1回補修時（建設後の耐用年数）が9.9年、第2回補修時（補修後の耐用年数）が6.3年と顕著な差があり、補修後の耐用年数は短い傾向を示している。

これは、<sup>1)</sup>交通条件の厳しい都市内重交通

表一6 分析対象スパン数 (大阪堺線の上り)

|        |      |      |      |     |     |       |
|--------|------|------|------|-----|-----|-------|
| 補修回数   | 0回   | 1回   | 2回   | 3回  | 4回  | 合計    |
| スパン数   | 142  | 373  | 240  | 57  | 6   | 818   |
| 比率 (%) | 17.4 | 45.6 | 29.3 | 7.0 | 0.7 | 100.0 |

道路では補修工事に対する制約条件が多いため、与えられた施工条件の悪さが一因となって新設舗装よりも供用性の低下が速くとなると考えられる。

- ③ 舗装タイプ別では密粒改質を使用した舗装構成の補修サイクルが短くなっているが、これは供用後まだ5年程度であることから、その効果は評価することができなかった。したがって、密粒改質のデータは参考データである。また、DSの高い改質アスファルトの使用はライフサイクルコストを考慮した場合、重交通部では経済的であるという報告<sup>2)</sup>からも今

後の点検結果を追跡して行く必要がある。

### 5 舗装補修の要因分析

舗装補修箇所を調査した結果、同一箇所でも最大4回も補修していることがわかった。また、補修後の耐用年数は補修回数が増すごとに短くなることを考えれば今後は、同一スパンの補修回数が多くなることが予想される。そこで、補修回数の多いスパンを抽出し、床版構造、スパン長等による要因分析を行いその原因を検討した。

舗装補修に影響する要因としては、線形、構造

表一7 補修回数の要因分析結果

| 分類            | 要因              | 区分          | N    | C <sub>1</sub> | V     | R    | C <sub>2</sub> |
|---------------|-----------------|-------------|------|----------------|-------|------|----------------|
| 線形条件          | スパン長 (L) (m)    | 25 > L      | 264  | 0.07           | -0.04 | 0.06 | 0.04           |
|               |                 | 25 ≤ L < 30 | 422  |                | -0.02 |      |                |
|               |                 | 30 ≤ L      | 132  |                | 0.02  |      |                |
|               | 平面線形 (L) (m)    | 600 > R     | 112  | 0.14           | -0.18 | 0.33 | 0.14           |
|               |                 | 600 ≤ R     | 304  |                | -0.15 |      |                |
|               |                 | R = ∞       | 402  |                | -0.07 |      |                |
|               | 縦断勾配 (i1) (%)   | -1 ≥ i1     | 92   | 0.13           | 0.19  | 0.23 | 0.10           |
|               |                 | -1 < i1 < 1 | 584  |                | -0.04 |      |                |
|               |                 | 1 ≥ i1      | 142  |                | 0.05  |      |                |
|               | 横断勾配 (i2) (%)   | 2 ≥ i2      | 640  | -0.04          | 0.00  | 0.00 | 0.00           |
| 2 < i2        |                 | 178         | 0.00 |                |       |      |                |
| 車線区分          | 走行              | 409         | 0.45 | -0.39          | 0.78  | 0.50 |                |
|               | 追越              | 409         |      | -0.39          |       |      |                |
| 分合流           | 通常部             | 774         | 0.07 | 0.00           | 0.02  | 0.01 |                |
|               | 合流部             | 44          |      | -0.02          |       |      |                |
| 構造条件          |                 | S・M・I・CO    | 580  | 0.24           | 0.09  | 0.92 | 0.31           |
|               |                 | S・M・B・CO    | 16   |                | 0.20  |      |                |
|               |                 | S・M・B・SD    | 6    |                | 0.24  |      |                |
|               |                 | C・M・I・NC    | 6    |                | -0.02 |      |                |
|               |                 | C・M・B・SD    | 18   |                | 0.35  |      |                |
|               |                 | S・POS・I・CO  | 80   |                | -0.09 |      |                |
|               |                 | S・POS・T・NC  | 100  |                | -0.57 |      |                |
|               |                 | C・Dyb・B・NC  | 12   |                | -0.07 |      |                |
| 交通条件 (T) (万台) | 800 > T         | 256         | 0.27 | -0.25          | 0.56  | 0.34 |                |
|               | 800 ≤ T < 1,200 | 328         |      | -0.31          |       |      |                |
|               | 1,200 ≤ T       | 234         |      | -0.16          |       |      |                |
| 重相関係数         |                 |             |      | 0.62           |       |      |                |

(注) N : データ数  
C<sub>1</sub> : 相関係数  
V : スコア  
R : レンジ  
C<sub>2</sub> : 偏相関係数

|      |                    |
|------|--------------------|
| 桁連続  | S : 単純桁            |
|      | C : 連続桁            |
| 桁種類  | M : 綱桁             |
|      | POS : PCポステン桁      |
|      | Dyb : PCデビダーク桁     |
| 桁型式  | I : I型             |
|      | B : 箱型             |
|      | T : T型             |
| 床版種類 | SD : 綱床版           |
|      | CO : コンクリート床版(合成)  |
|      | NC : コンクリート床版(非合成) |

表-8 要因別の補修回数

| 分類   | 要因              | 区分          | スパン数 | 補修回数  |      |       |      |       | 平均補修回数(回) |       |      |       |      |
|------|-----------------|-------------|------|-------|------|-------|------|-------|-----------|-------|------|-------|------|
|      |                 |             |      | 0回    | 1回   | 2回    | 3回   | 4回    |           |       |      |       |      |
|      |                 |             | スパン数 | 比率(%) | スパン数 | 比率(%) | スパン数 | 比率(%) | スパン数      | 比率(%) | スパン数 | 比率(%) |      |
| 線形条件 | スパン長(L)(m)      | 2.5>L       | 264  | 6.3   | 23.9 | 106   | 40.2 | 74    | 28.0      | 21    | 8.0  | 0     | 0.0  |
|      |                 | 2.5≤L<3.0   | 422  | 6.0   | 14.2 | 211   | 50.0 | 129   | 30.6      | 21    | 5.0  | 1     | 0.2  |
|      | 平面線形(R)(m)      | 6.00>R      | 112  | 1.9   | 17.0 | 62    | 55.4 | 25    | 22.3      | 6     | 5.4  | 0     | 0.0  |
|      |                 | 6.00≤R      | 304  | 5.6   | 18.4 | 105   | 34.5 | 103   | 33.9      | 34    | 11.2 | 6     | 2.0  |
|      | 縦断勾配(i1)%       | -1≥i1       | 92   | 1.2   | 13.0 | 34    | 37.0 | 32    | 34.8      | 10    | 10.9 | 4     | 4.3  |
|      |                 | -1<i1<1     | 584  | 9.8   | 16.8 | 287   | 49.1 | 169   | 28.9      | 30    | 5.1  | 0     | 0.0  |
|      | 横断勾配(i2)%       | 1≤i2        | 142  | 3.2   | 22.5 | 52    | 36.6 | 39    | 27.5      | 17    | 12.0 | 2     | 1.4  |
|      |                 | 2<i2        | 640  | 11.2  | 17.5 | 281   | 43.9 | 197   | 30.8      | 44    | 6.9  | 5     | 0.9  |
|      | 車線区分            | 走行          | 409  | 2.9   | 7.1  | 139   | 34.0 | 185   | 45.2      | 51    | 12.5 | 5     | 1.2  |
|      |                 | 追越          | 409  | 11.3  | 27.6 | 234   | 57.2 | 55    | 13.4      | 6     | 1.5  | 1     | 0.2  |
| 分合流  | 過渡部             | 774         | 13.0 | 16.8  | 350  | 45.2  | 235  | 30.4  | 53        | 6.8   | 6    | 0.8   |      |
|      | 合流部             | 44          | 1.2  | 27.3  | 23   | 52.3  | 5    | 11.4  | 4         | 9.1   | 0    | 0.0   |      |
| 構造条件 |                 | S・M・I・CO    | 580  | 7.1   | 12.2 | 278   | 47.9 | 182   | 31.4      | 48    | 8.3  | 1     | 0.2  |
|      |                 | S・M・B・CO    | 16   | 2     | 12.5 | 6     | 37.5 | 7     | 43.8      | 1     | 6.3  | 0     | 0.0  |
|      |                 | S・M・B・SD    | 6    | 2     | 33.3 | 0     | 0.0  | 2     | 33.3      | 0     | 0.0  | 2     | 33.3 |
|      |                 | S・M・I・NC    | 6    | 1     | 16.7 | 4     | 66.7 | 1     | 16.7      | 0     | 0.0  | 0     | 0.0  |
|      |                 | S・M・B・SD    | 18   | 6     | 33.3 | 0     | 0.0  | 3     | 16.7      | 6     | 33.3 | 3     | 16.7 |
|      |                 | S・POS・I・CO  | 80   | 13    | 16.3 | 47    | 58.8 | 20    | 25.0      | 0     | 0.0  | 0     | 0.0  |
|      |                 | S・POS・T・NC  | 100  | 44    | 44.0 | 32    | 32.0 | 22    | 22.0      | 2     | 2.0  | 0     | 0.0  |
|      |                 | C・Dyb・B・NC  | 12   | 3     | 25.0 | 6     | 50.0 | 3     | 25.0      | 0     | 0.0  | 0     | 0.0  |
| 交通条件 | 累積大型車交通量(T)(万台) | 800>T       | 256  | 6.0   | 23.4 | 140   | 54.7 | 56    | 21.9      | 0     | 0.0  | 0     | 0.0  |
|      |                 | 800≤T<1,200 | 328  | 3.9   | 11.9 | 120   | 36.6 | 126   | 38.4      | 37    | 11.3 | 6     | 1.8  |
|      |                 | 1,200≤T     | 234  | 4.3   | 18.4 | 113   | 48.3 | 58    | 24.8      | 20    | 8.5  | 0     | 0.0  |
| 計    |                 |             | 818  | 14.2  | 17.4 | 373   | 54.6 | 240   | 29.3      | 57    | 7.0  | 6     | 0.7  |

交通、環境、施工条件などが考えられる。このうち環境条件、施工条件はデータの収集が難しいこと、また分析が複雑になることから、環境、施工条件がほぼ一定であると考えられる特定路線に限定して分析することとした。対象路線は、分析の対象となる補修回数が多い区間が含まれていること、交通量データが整備されていることを選定理由として、大阪堺線の上り区間を対象とした(表-6)。

分析は補修回数を目的変数とし、線形、構造および交通条件を説明変数とする多変量解析を行った、その結果を表-7に示す。

これによれば、補修回数に対する各要因の影響度合を示す偏相関係数(C<sub>2</sub>)が大きいのは、車線区分(0.5)、累積大型車交通量(0.34)、構造条件(0.31)などである。また、補修回数が3回以上の箇所を抽出し(表-8)、特徴をあわせてまとめると以下の通りである。

① 走行車線の補修が多い。

- i) 平均補修回数は、走行車線が1.7回、追越車線が0.9回であり、走行車線は追越車線に比べ約2倍の補修を実施している。
- ii) 補修3回以上の箇所(63スパン)の内、56スパン(89%)は走行車線である。

② 大型車交通量の多い方が補修が多い。

- i) 大型車交通量の多い走行車線は、追越車線に比べ補修が多い。
- ii) 補修3回以上の箇所はすべて累積大型車交通量1000~1300万台である。

③ 鋼箱桁鋼床版の補修が多い。

- i) 鋼箱桁鋼床版は、平均補修回数が2.0回であり、全スパン(24スパン)の内11スパン(46%)が3回以上補修している。
- ii) 4回補修の箇所(6スパン)の内、5スパンが鋼箱桁鋼床版の箇所である。
- iii) 鋼床版は、基層にグースアスファルトを用いているため、施工性、夏期高温時の安定性等の影響が関係しているものと推定される。

④ 線形条件の影響は少ない。

- i) 平面線形、縦断勾配がやや影響ある程度で、スパン長、横断勾配、分合流による影響はほとんどない。

あとがき

今回の分析により、補修サイクルの実態と、補修回数に与える各種の要因について、おおむね把握することができた。しかし環境性などにより物理的な耐用年数とは関係なく、舗装補修を実施す

ることもあり、厳密な意味で舗装の損傷要因と補修の関連性を捉えることは難しいが、現場における実測データを積み重ね、さらに舗装の供用性の履歴を明らかにし、ライフサイクルを考慮した、新材料の開発とともに、合理的な舗装管理システムの開発が必要である。

最後に、御指導を賜った「舗装の耐用に関する検討委員会」（委員長新子延博）の委員の方々に深謝し、またデータ収集や分析を担当された南沢氏ら(株)パスコの方々に感謝の意を表す次第である。

### 参考文献

- 1) 田井文夫ほか：ライフサイクルを考慮した修繕舗装の検討。第18回本道路会議特定課題論文集
- 2) 青板武ほか：ライフサイクルを考慮した修繕計画の手法。第18回日本道路会議特定課題論文集