

温度条件を考慮したリフレクションクラック試験の検討

Study on reflection crack tests considering conditions of test temperature

北海学園大学工学部 ○学生員 高橋 健 (takeshi takahashi)
 北海学園大学工学院 学生員 猪股賢太 (kenta inomata)
 北海学園大学工学部 正員 武市 靖 (kiyoshi takeichi)
 世紀東急工業株式会社 非会員 吉野敏弘 (toshihiro yoshino)

1. はじめに

リフレクションクラック試験は旧建設省（現独立行政法人）土木研究所で約 20 年前に考案されたものである。現在では車両交通の増大等に伴い、アスファルト混合物（以下、アスコン）の耐久性は当時と比較し飛躍的に向上した。そのため、評価法の測定時間が長くなり、今までの評価方法では観測者が常時目視で確認しなければならないことやヘアークラックの様な微細なクラックを判断するため個人差が生じやすい。また、土木研究所やその他の研究機関が行ってきたクラック試験では 25℃程度での試験が多く、低温での評価は行われていない。そのため、低温域ではアスコンの粘弾性体の性質の発現効果が低減し、走行輪数が少ない段階でクラック貫通まで到達する可能性があると考えられる。

そこで、本研究では測定方法の合理化や精度を向上させるための新たな評価法としてビデオカメラを設置して観測を行った。また、-5℃、5℃、10℃、15℃、25℃での試験を行い、クラック貫通までに要した時間と走行輪数を測定した。その際に、クラック貫通には変位が大きな要因であることが確認されたため、変位量も測定した。

2. リフレクションクラック試験

2.1 発生メカニズム

クラックを有する舗装の上にオーバーレイを行った場合のリフレクションクラックの発生メカニズムを図-1の模式図に示した¹⁾²⁾。リフレクションクラックは交通荷重によって下層のクラックが垂直方向に動く。これにより、オーバーレイ舗装の底面に発生したクラックが表面へ進行する。つまり、リフレクションクラックは曲げが作用しながらせん断が加わることの繰り返しによって発生する。

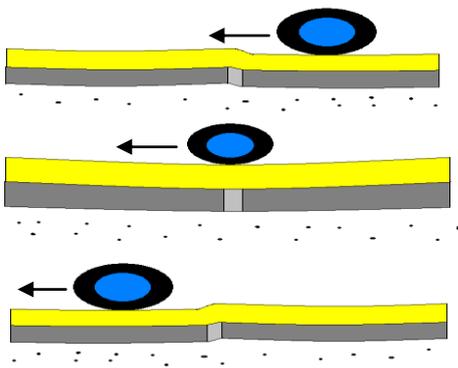


図-1 リフレクションクラックの発生メカニズム

2.2 供試体および型枠

(1) 供試体

供試体の概要を表-1、写真-1、2 に示した。また、1枚のアスコン供試体（縦 30cm×横 30cm）から 4 個の試験用供試体を切り出しているため、端部と中央部の供試体が 2 本ずつできる（図-2）。アスコン供試体作製において端部と中央部では締固め度が異なることを考慮し、それぞれ 1 本ずつ測定に用いた。また、25℃では端部と中央部を 2 本ずつ、それ以外の温度では 1 本ずつについて試験を行った。

表-1 供試体の概要

| 舗装名 | 密粒度混合物(13) ストレートアスファルト60/80 締固め度96% |
|---------|---|
| 表層供試体寸法 | 長さ 幅 厚さ 290×60×20 |



写真-1 供試体（側面）



写真-2 供試体（上面）

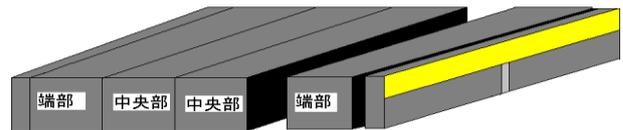


図-2 4 個の試験用供試体

(2) 型枠

型枠の概要を写真-3 に示し、供試体を設置した模式図を図-3 に示した。また、柔らかいゴムを型枠と供試体の間に用いたのは、車輪走行方向の軸力による拘束力を低減して、クラック発生を促進を図るためである。



写真-3 型枠

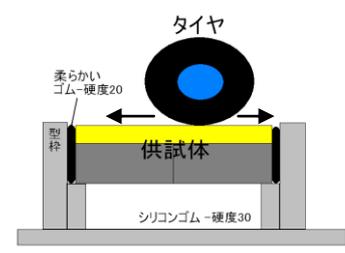


図-3 型枠と供試体の模式図

2.3 試験方法

(1) ホイールトラッキング試験機

リフレクションクラックを再現する室内実験として写真-4 に示すホイールトラッキング試験機を用いた。本試験は供試体の上をタイヤが走行することにより、クラックの発生過程と貫通までの走行輪数を評価する試験である。



写真-4 ホイールトラッキング試験機

(2) クラック貫通の測定方法

本試験では、写真-5 に示したようにビデオカメラをホイールトラッキング試験機の近くに設置し、走行状況を録画する方法を用いた。なお、測定開始から 10,000 回走行、時間にして約 4 時間経過してもクラックが貫通しなかった場合は評価法として多くの時間を要するため、試験を終了した。



写真-5 ビデオカメラで観測時の様子

2.4 試験条件

試験条件を表-2 に示した。また、荷重が 100kgf (0.785MPa) で試験を行ったのは、大型車荷重の 70kgf (0.630MPa) ではクラック貫通に時間を要するためである。

表-2 試験条件

| | |
|------|-------------------------------|
| 試験温度 | -5°C, 5°C 10°C, 15°C, 25°C |
| 荷重 | 100kgf(0.785MPa) |
| 走行距離 | 200mm |
| 走行速度 | 42±1回/分 |
| 底面 | シリコンゴム-硬度30 |
| 端部 | 軟質ゴム-硬度15 |
| 確認方法 | ビデオカメラ |

2.5 クラック貫通の試験結果と考察

クラック発生から貫通までの走行輪数を図-4 と図-5 に示した。図より本試験の条件下では走行輪数が一番少ない回数でクラックが貫通する温度は 25°C となった。

なお、25°C と 15°C ではすべての供試体でクラック貫通が確認されたが、-5°C では 10000 回走行でも中央部、端部ともにクラック貫通が確認されず、10°C と 5°C では

端部のみしかクラック貫通が起きなかった。同様に 25°C と 15°C の端部と中央部の走行輪数も大きな差があることが確認された。このように切り出した 4 本の供試体の端部と中央部で大きく差があるのは締固め度が異なり、端部の方が締固めが緩いため、オーバーレイ舗装は締固め度に依存することが確認された。そのため、試験を行う際には締め固め度を均一にする必要がある。

また、試験中の様子から目視で確認する限り、25°C では変位が大きいのにに対し、低温になっていくのに伴い、変位は小さくなることが確認された。よって、本試験における、クラック貫通には変位が影響していることが確認された。

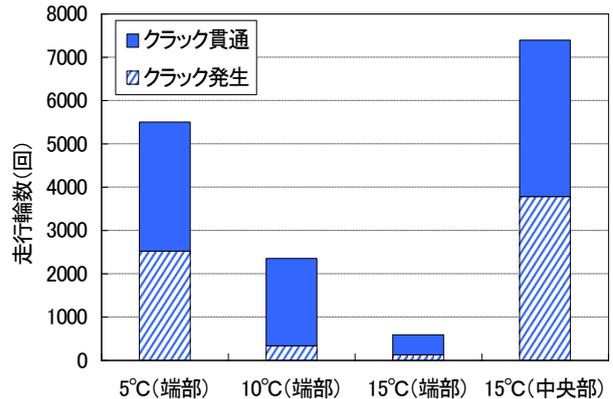


図-4 5°C (端部), 10°C (端部), 15°C (端部と中央部) の貫通までの走行輪数

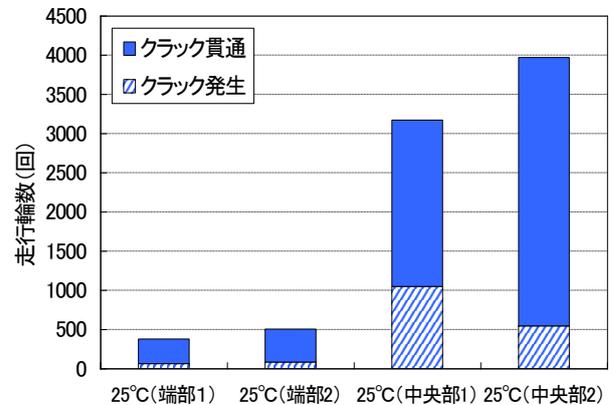


図-5 25°C (端部と中央部) の貫通までの走行輪数

3. 変位量と温度の関係

クラック貫通に変位量が影響していることが確認されたため、変位量を測定し、温度の違いによる比較検証を行った。

3.1 変位量の確認方法

変位量の測定はビデオカメラを用いて、以下のような手順で実施した。

- 1) 供試体を設置している型枠に糸を張り、ビデオカメラを設置した。(写真-6)
- 2) 供試体の横に定規を設置し、ホイールトラッキング試験機を走行させた。
- 3) パソコンに取り込んだ動画を用いて画像処理を行い、

変位量を測定した。

最初に供試体横に設置した定規から 1mm のピクセル数を計測した。画像処理の結果から 1mm は 12 ピクセルであることが確認されたため、1 ピクセル=0.083mm とし、最後に糸から供試体までの間のピクセル数を計測し、変位量を式 (1) および (2) から算出した。

$$0.083\text{mm (1ピクセル)} = \frac{1\text{mm}}{12\text{ピクセル}} \quad \text{式 (1)}$$

$$\text{変位量 (mm)} = \text{ピクセル数} \times 0.083\text{mm} \quad \text{式 (2)}$$

クラック貫通までの走行輪数の違いにより、25℃と15℃（端部）では走行輪数 210 回毎、15℃（中央部）、10℃、5℃、-5℃では 420 回毎に変位量を測定した。

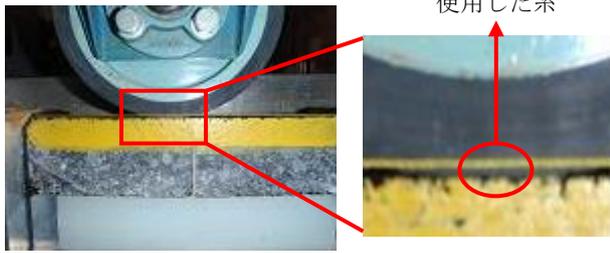


写真-6 糸を使った変位量の測定状況

3.2 変位量の試験結果による考察

-5℃から 25℃までの試験温度における変位量を図-6 から図-8 までに示し、クラック発生時の変位量を表-3、貫通時の変位量を表-4 に示した。クラックが発生しなかった供試体については表で示していない。図-5 および図-7 に示すように-5℃では約 1mmの変位があるのに対して、25℃では約 3.5mmで 3 倍近い差があった。したがって、高温になるに伴い、変位量は増加していくことが確認された。また、変位量が大きくなれば少ない回数でクラック貫通が起きることが明らかになり、変位量が貫通には起因していると考えられる。また、切り出した 4 本の供試体の端部と中央部では変位量が異なり、中央部のほうが締固め度が高いことが明らかになった。

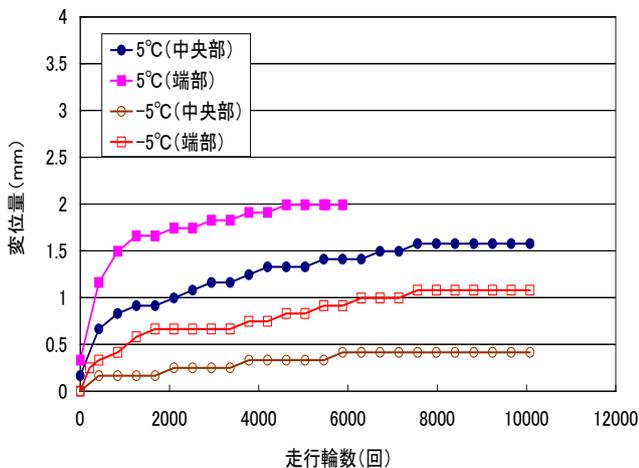


図-6 5℃と-5℃の変位量 (mm)

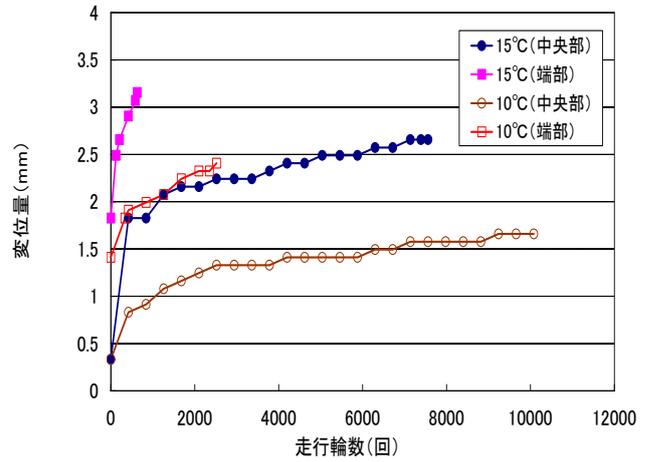


図-7 15℃と10℃の変位量 (mm)

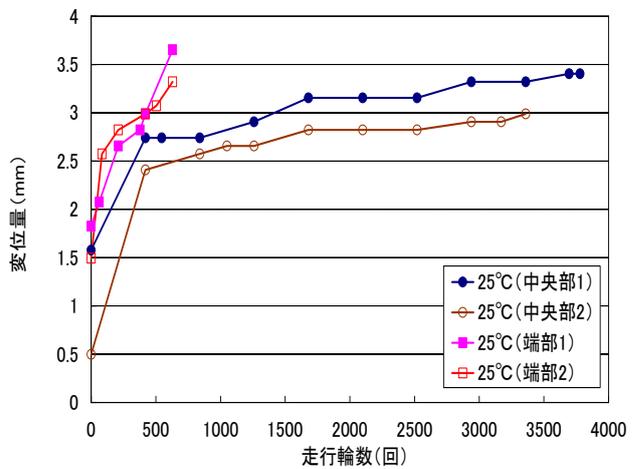


図-8 25℃の変位量 (mm)

表-3 クラック発生時の変位量

| | クラック発生(走行回数) | クラック発生時の変位量(mm) |
|-----------|--------------|-----------------|
| 25℃(中央部1) | 546 | 2.739 |
| 25℃(中央部2) | 1050 | 2.656 |
| 25℃(端部1) | 63 | 2.075 |
| 25℃(端部2) | 84 | 2.573 |
| 15℃(中央部) | 3780 | 2.324 |
| 15℃(端部) | 126 | 2.49 |
| 10℃(端部) | 336 | 1.826 |
| 5℃(端部) | 2520 | 1.743 |
| -5℃(端部) | 210 | 0.249 |

表-4 クラック貫通時の変位量

| | クラック貫通(走行回数) | クラック貫通時の変位量(mm) |
|-----------|--------------|-----------------|
| 25℃(中央部1) | 3696 | 3.403 |
| 25℃(中央部2) | 3171 | 2.905 |
| 25℃(端部1) | 378 | 2.822 |
| 25℃(端部2) | 504 | 3.071 |
| 15℃(中央部) | 7392 | 2.656 |
| 15℃(端部) | 588 | 3.071 |
| 10℃(端部) | 2352 | 2.324 |
| 5℃(端部) | 5502 | 1.992 |

3.3 変位量とクラック貫通時間の問題点

変位量が大きくなれば少ない回数でクラック貫通が起きることが試験結果から確認されたが、実際の現場においては舗装が 3mm 以上の大きな変位を示すことは考えにくい。

そのため、本試験での結果は現場での状態を再現した試験法とは異なるが、リフレクションクラック試験の加速度試験方法としては評価できると考えられる。

3.4 温度条件によるクラック進行の違いと考察

クラック進行状況が温度条件によって異なることが本試験から確認された。高温域ではクラックが Y 字のように貫通するのに対し低温域では直線に貫通することが多い。写真-7、8 および 9 では 25°C での典型的な貫通状況を、写真-10 には 5°C の貫通状況を示した。

このように、高温と低温での違いが表れるのは変位による要因があると考えられる。高温では変位が大きく供試体が変形するのに対し、低温では変位が小さく供試体があまり変形しないためと測定結果から考察できる。

また、写真-11 には高温域特有の貫通状況を示した。高温ではボトムアップクラック進行中に上部からもトップダウンクラックが発生する現象がまれに起きることが確認された。これは上部にせん断力がかかったためと考えられる。



写真-7 クラック発生



写真-8 クラック進行過程



写真-9 クラック貫通



写真-10 5°Cでの
クラック貫通



写真-11 高温域特有の貫通状況 (15°C)

4. まとめ

本研究で得られた結果をまとめると以下の通りである。

- 1) クラック貫通までの走行輪数が最も少ない温度条件は 25°C であった。また、-5°C や低温域において、中央部の供試体では 10000 回の走行輪数でもクラック貫通が起きないことが明らかになった。
- 2) 温度の違いにより変位量の差が大きいことが示され、25°C と -5°C では約 3 倍の差があった。このことから、クラック貫通には変位量が重要な要因であることが示された。
- 3) クラックの貫通状況が高温と低温では異なることが本試験から確認された。また、クラック進行にも変位量が大きな影響を与えると考えられる。
- 4) 走行輪数、変位量ともに、1 枚の供試体から切り出した 4 本ある供試体の端部と中央部で差が見られ、オーバーレイ舗装は締固め度に依存することが確認された。
- 5) ビデオカメラを用いた測定方法は、クラック貫通と変位量の測定を同時に行うことができることや目視などの問題点を解決できるため、新たな評価法として用いることができると考えられる。

5. おわりに

本試験では、変位量が大きくなれば少ない回数でクラック貫通が起きることが試験結果から確認されたが、実際の現場においては舗装が 3mm 以上の大きな変位を示すことは考えにくい。

したがって、今後は輪荷重や温度、さらにクラック発生、貫通および変位量等を合理的に判断できる評価法を検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 安崎裕，池田拓哉：ひび割れ防止材の室内実験による評価，第 17 回日本道路会議一般論文集，pp584～585，日本道路協会，1987
- 2) 池田拓哉：室内試験によるひび割れ防止剤の評価方法-試験方法を定めるまでの過程-，道路建設，pp61～67，1978
- 3) 大塚敬三，野中 正直，小島 逸平：ホイールトラッキング曲げ試験によるひび割れ評価，第 20 回日本道路会議一般論文集，pp468～469，日本道路協会，1993
- 4) 峰岸順一：第 2 回舗装のリフレクションクラックに関する国際会議（その 2），アスファルト舗装技術研究グループ・第 25 回報告，pp55～58，1996
- 5) 社団法人 計量管理協会：SI 単位の活用ハンドブック，コロナ社，pp51～55，1983