

積雪寒冷地における舗装の耐久性向上及び補修に関する研究

研究成果報告会

局所的な破損(ポットホール)発生メカニズム

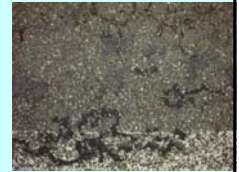
平成22年6月18日(金)14:05~14:20

立命館大学 非常勤講師 鍋島益弘

ポットホールの発生メカニズムの種類

1. 降雨と交通荷重の繰返応力で発生するケース

特徴: 一般的な亀甲ひび割れから進展する



2. RC床版上面の砂利化により発生するケース

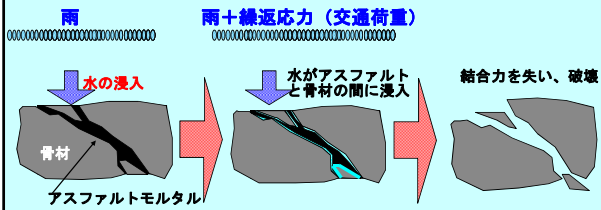
特徴: 遊離セメントが亀甲ひび割れ部に溶出する



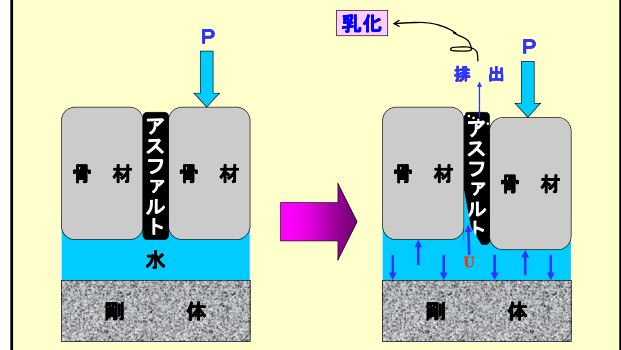
1. 降雨と交通荷重の繰返応力で発生するケース

・阪神高速道路の報文(1995年)より

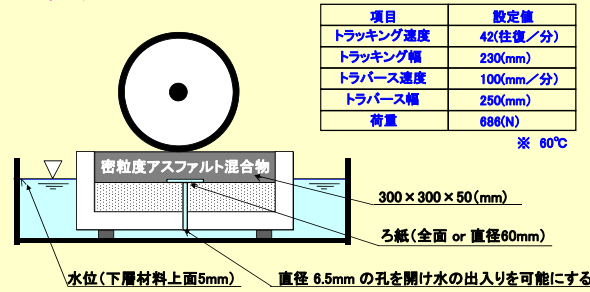
阪神高速道路における調査では、平成5年度のアスファルト舗装の破損の発生数681カ所のうち、ポットホールは239カ所。ポットホールは水平部において高い頻度で発生している。これは、**排水の悪い路面勾配に起因するものと考えられ、路面勾配が水平な場所**に使用する混合物は、はく離抵抗性を考慮する必要がある。



大阪市立大学 山田名誉教授の報文(1982年)より はく離のメカニズム=Stripping



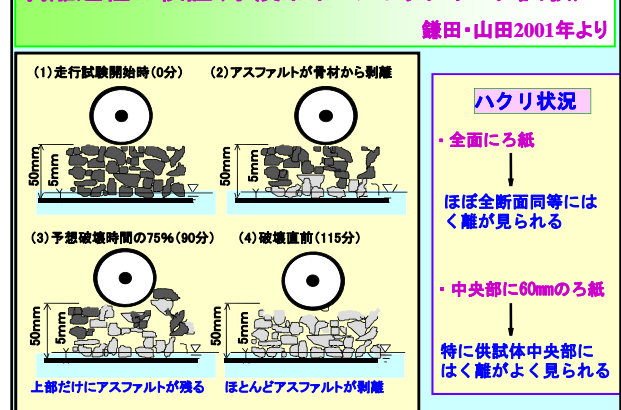
再現実験(水浸ホイールトラッキング試験) 鎌田・山田 2001年より



・2水準の境界条件

- 条件1 全面にろ紙を敷設
- 条件2 中央部に直径60mmのろ紙を敷設、他部分は乳剤を塗布

剥離過程の検証(水浸ホイールトラッキング試験) 鎌田・山田2001年より



破壊直後の断面 (水浸ホイールトラッキング試験)

鎌田・山田2001年より

全面ろ紙

中央60mmろ紙

中央部にはのみはく離が見られた

∴ 舗装下面の滞水が、ポットホールの原因となる

高機能

旧表層

表層

基層

基層部のはく離と乳化 (提供: NEXCO西日本本松調整役)

破壊時間の定義 (水浸ホイールトラッキング試験)

鎌田・山田2001年より

破壊時間 (分)

潜伏期 進展期 加速期 劣化期

時間 (分)

0 30分 30分

破壊点 (最大曲率点)

破壊点における割線交角

変形量 (mm)

使用不能

走行速度と変形量および浸漬時間と破壊までの時間

鎌田・山田2004年より

△ A-60/80密粒As 走行速度: 21往復/分

○ A-改質密粒As 走行速度: 21往復/分

▲ A-60/80密粒As 走行速度: 42往復/分

● A-改質密粒As 走行速度: 42往復/分

結果① 走行速度が早く (交通量が多く) なるに従い、同一距離でも変形量は大きくなる

結果② 改質アスファルトを用いた混合物の変形量は、ストレートアスファルトを用いた混合物と比較して小さくなる

結果③ 走行前の浸漬時間 (滞水時間) が長くなるほど破壊時間が短くなる

水位の変化と破壊までの時間

鎌田・山田2004年より

水位の変化と破壊までの時間の関係

破壊時間 (分)

水位 (供試体下面より) (mm)

項目	単位	設定値
走行試験前の浸漬時間	時間	15
試験軸荷重	N	686
試験温度	°C	60
走行速度	往復/分	42
走行距離	mm	230
トラバース速度	mm/分	100
トラバース幅	mm	250
供試体寸法	mm	300 × 300

結果① 密粒度アスコンは、水位を上げてても破壊時間は排水性アスコンほど大きく変化しない。これは、密粒度アスコンがほぼ不透水 (10-cm/sec) であるため、舗装体中に滞水しにくいからであると考えられる。

結果② 一方、排水性アスコンは、水位の上昇に敏感で、5mm水位の破壊時間を基準とすると、20mmの場合はその40%、40mmの場合はその僅か10%と破壊までの時間が大きく低下する。

境界条件と破壊時間

鎌田・山田2004年より

各供試体の破壊時間

△ A-60/80密粒As

● B-60/80密粒As

◆ A-改質密粒As

乳剤散布による破壊時間の変化 (下層はコンクリート)

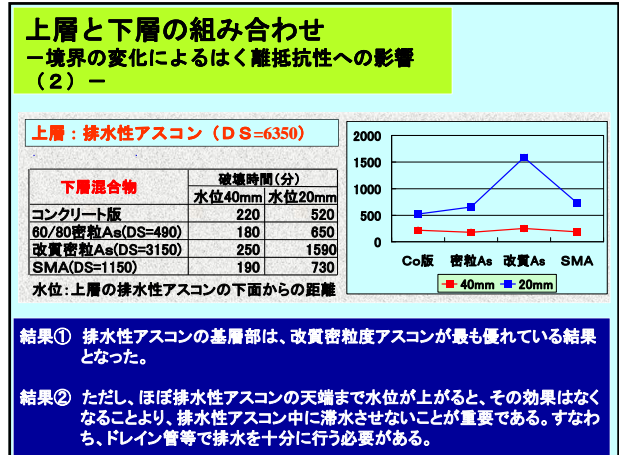
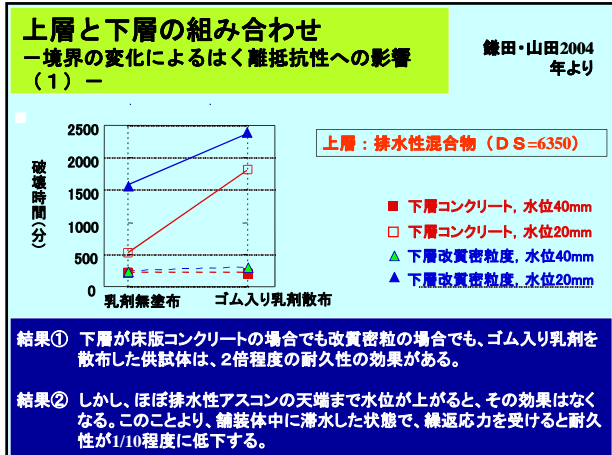
青: 無散布

赤: 乳剤散布

破壊時間 (分)

結果① 各供試体の破壊までの時間は、ストレートアスファルトより改質アスファルトを用いた供試体が約2.5倍と長く、水浸下でも耐久性の大きいことが分かる。

結果② 基層 (この場合はコンクリート) との境界条件は、乳剤を散布したものが約2倍の耐久性を示す。これは、繰返応力を受けた場合、基層との接着性能が耐久性に影響するからである。



供試体厚さと破壊までの時間

鎌田・山田2004年より

混合物種類	供試体呼び名称	破壊時間(分)	
		供試体厚40mm	供試体厚50mm
密粒度アスコン	A-80/80	110	220
	A-改質	160	560
排水性アスコン	A-排水	1210	3000以上

・水位は密粒度アスコンが下面より5mm、排水性アスコンが下面より20mm

結果① 供試体厚を1cm増加させると、密粒度アスコンも排水性アスコンも破壊までの時間が2倍以上になる。

結果② 特に、改質密粒度アスコンは、供試体を1cm増加しただけで3.5倍の耐久性を示した。

※ 以下の実験では、密粒度アスコンの場合の供試体厚さを5cm、排水性アスコンの供試体厚さを4cmとした

- ### 1. 降雨と交通荷重の繰返応力で発生するケース
- #### まとめ 1
- ① 阪神高速道路の調査において、ポットホールが水平部に高い頻度で発生していることから、この破壊は、排水の悪い現場条件に起因するものと考えられた。
 - ② 水浸ホイールトラッキング試験において、下方からはく離現象の進行により、ポットホールが発生することを確認できた。
 - ③ つまり、剥離のメカニズムは、水と繰返し応力の相互作用により発生することが分かる。

- #### まとめ 2
- ④ 走行速度が早くなるに従い、同一距離でも変形量は大きくなる。すなわち、交通量の大小が変形量に影響する。また、改質アスファルトを用いた混合物の変形量は、ストレートアスファルトを用いた混合物と比較して小さくなる。
 - ⑤ 走行前の浸漬時間が長くなるほど、破壊時間が短くなる。この理由は、密粒度アスコンは疎水性であるため、降雨程度では滞水しない。しかし、強制的に滞水させると、骨材間に少しずつ水が浸入する。
 - ⑥ しかし、密粒度アスコンは、水位を上げて排水性アスコンほど大きく破壊時間が変化しない。これは、密粒度アスコンがほぼ不透水(10-6cm/sec)であるため、舗装体中に滞水しにくいからであると考えられる。また、改質密粒度アスコンは密粒度アスコンと比較して約2.5倍の耐久性を示すことが分かる。

- #### まとめ 3
- ⑦ 一方、排水性アスコンは、水位の上昇に敏感で、5mm水位の破壊時間を基準とすると、20mmの場合はその40%、40mmの場合はその僅か10%と破壊までの時間が大きく低下する。排水性アスコン中に滞水させないことが重要である。
 - ⑧ 基層(この場合はコンクリート)との境界条件は、乳剤を散布したものが約2倍の耐久性を示す。これは、繰返応力を受けた場合、基層との接着性能が耐久性に影響するからである
 - ⑨ さらに、ゴム入り乳剤 > 乳剤 > 塗布なしの順に耐久性が高いことが分かった。すなわち、界面の接着性能は、ゴム入り乳剤が優れていることが分かる。
 - ⑩ また下層は、アスコン > コンクリート版の順に耐久性の高いことが分かった。

まとめ 4

⑪さらに、上部が排水性アスコンの二層構造で実験した場合、その基層部は、改質密粒度アスコンが約3倍優れている。

⑫ただし、ほぼ排水性アスコンの天端まで水位が上がると、その効果はなくなることより、排水性アスコン中に滞水させないことが重要である。

⑬供試体厚を1cm増加させると、密粒度アスコンも排水性アスコンも破壊までの時間が2倍以上になる。特に、改質密粒度アスコンは、供試体を1cm増加しただけで3.5倍の耐久性を示した。

2. RC床版上面の砂利化により発生するケース

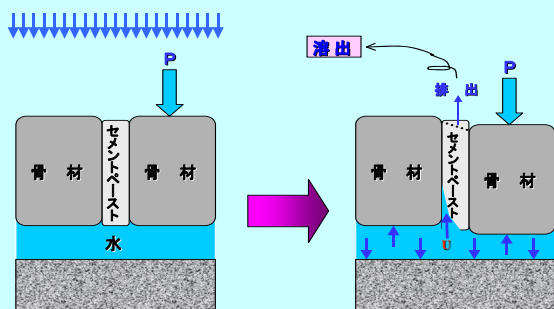
亀甲状のクラックの発生状況 (RC床版の砂利化によるポットホール)



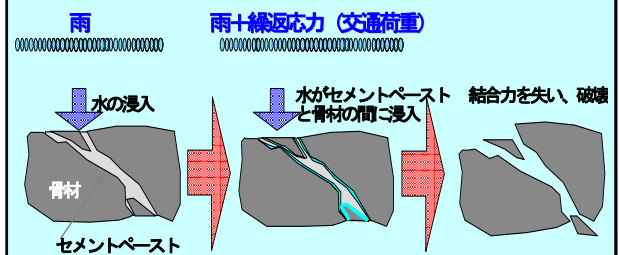
コンクリートからストリップしたセメント分が溶出

砂利化の原因

- ①水の進入
- ②繰り返し荷重



砂利化の原因

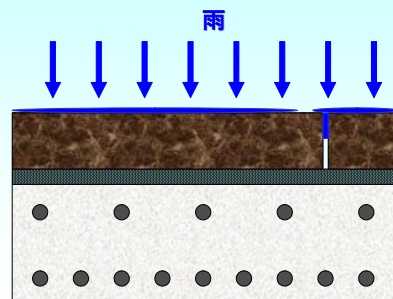


切削後の現状

- ①被りコンクリート(4cm)がなくなっている
- ②上筋下部も砂利化している
- ③上筋下部のコンクリート強度=13 MPa



(1)降雨がジョイント・施工目地から浸入する



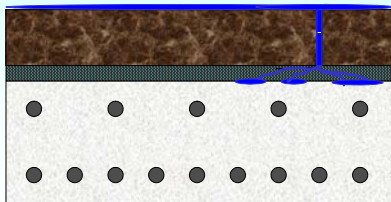
施工目地の状況 (その1)



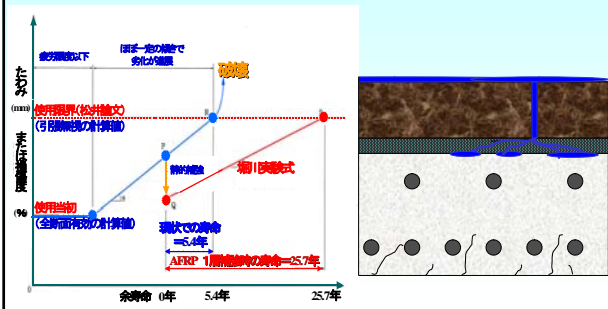
伸縮ジョイント (その2)



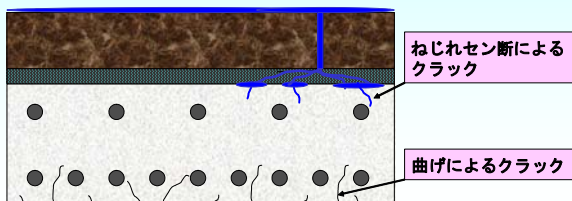
(2) 防水層の破損部から防水層下面へ浸入する



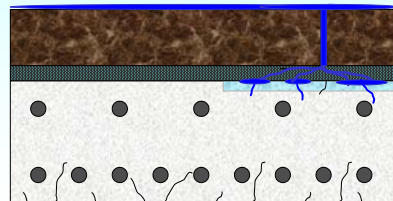
(3) 長年の交通荷重により床版が疲労し始め、下面よりクラックが発生する



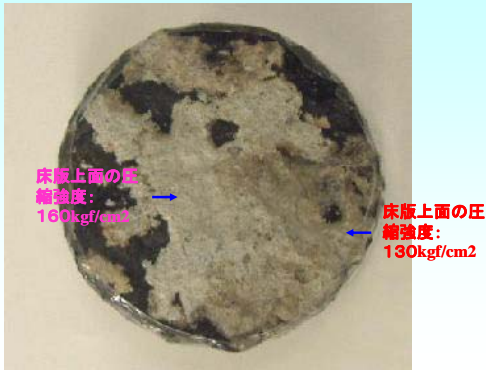
(4) 水浸部のコンクリートが膨潤し、繰り返し荷重によりセメント分が遊離 (Stripping) し始める。その結果、強度が落ち、ねじれせん断応力により上部にクラックが発生する



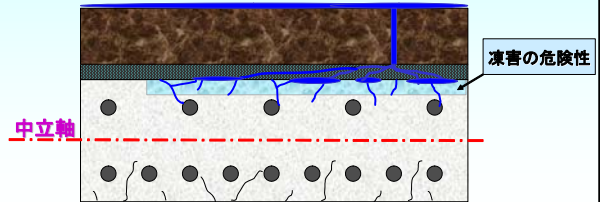
(5) クラックがすり磨き現象で太くなり、セメント分が遊離しコンクリート上面部が劣化し始める (砂利化の始まり)



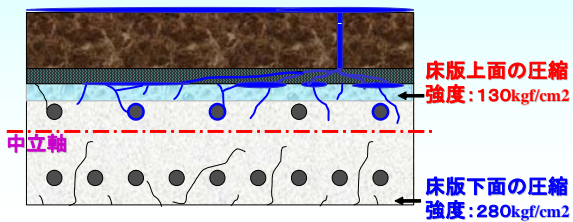
床版下面へ漏水部分の上面のコアー



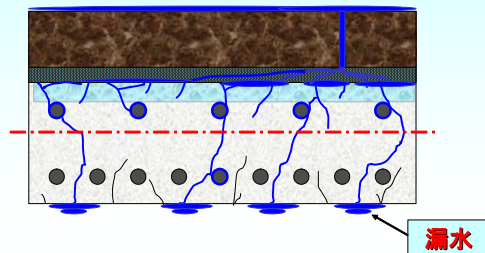
(6) 徐々にコンクリート上面の劣化の領域が広がるとともに、上面のクラックが上鉄筋まで伸びる。寒冷地では、凍害が発生し始める。



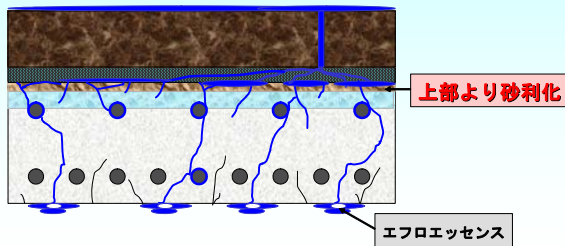
(7) 鉄筋まで水がまわると、鉄筋の周囲がすり磨がかれて、鉄筋の拘束力が落ちる。さらに、凍結防止剤の撒布により、鉄筋の不導態皮膜が浸食され、酸素の供給があれば、錆び始める。このころには、下面からの曲げクラックが伸張し、中立軸を押し上げる。砂利化はさらに進む。



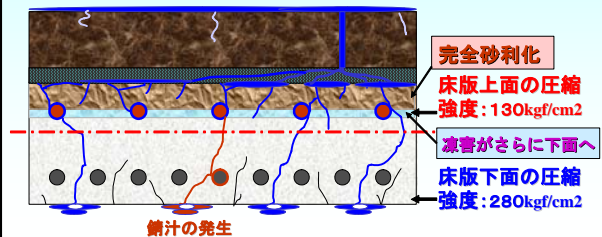
(8) 中立軸が押し上がることにより、圧縮部のコンクリート厚が薄くなることにより、ねじれせん断応力が大きくなり上部のクラックが伸張する。その結果、貫通クラックを発生させて、床版下面より漏水が始まる。



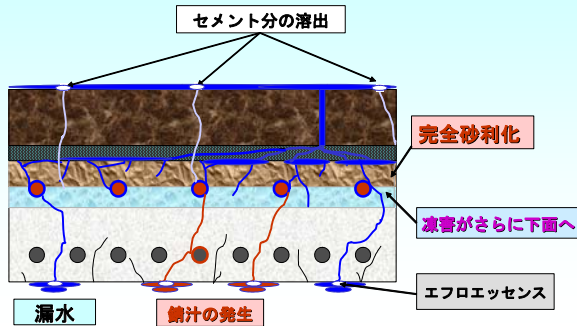
(9) 被りコンクリートの上部が完全に砂利化する。床版下面からエフロエッセンスが発生する。



(10) 被りコンクリートが全面に浮き、舗装上部にクラックが発生する。アスファルト舗装はコンクリートと比較して弾性係数が小さいことから、輪荷重により上面よりクラックが発生する。このころには、鉄筋も錆び始める。



(11) 舗装下部にも曲げによるクラックが発生して貫通クラックとなり、路面には亀甲状のクラックが発生し、セメントが溶出する



2. RC床版上面の砂利化により発生するケース

まとめ

- ①床版防水工の防水機能の低下により、床版コンクリートからセメントペーストが Stripping(剥離)し、砂利化する。
- ②床版下面の曲げクラックと床版上面のねじれせん断クラックにより、床版に貫通クラックが入り、床版下面より漏水が発生する。
- ③経年により砂利化が上被り鉄筋より下方(床版上面より6cm程度)まで進行するため、構造的にも深刻化する。
- ④床版上部が砂利化することにより、アスファルト舗装にも亀甲クラックが発生する。また、同時にセメント成分が舗装面上に溶出する。 → **ポットホールの発生**