

交通地盤工学における リスク低減

横浜国立大学大学院
都市イノベーション研究院

早野公敏

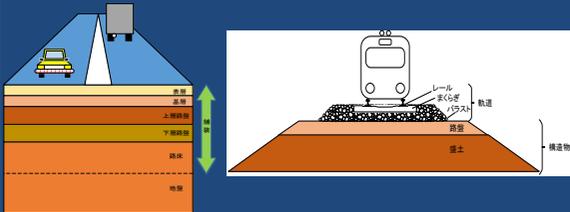


プレゼンテーションの内容

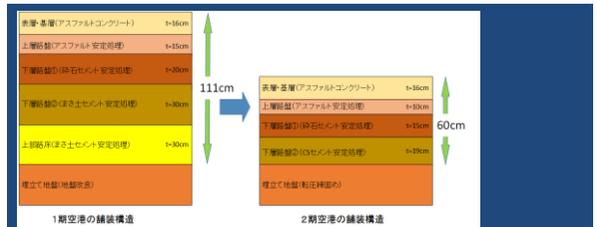
- 1)交通地盤工学について
- 2)交通地盤工学におけるリスク
- 3)リスク低減の試みの事例
 - ・空港アスファルト舗装
 - ・鉄道バラスト軌道
- 4)まとめ

1) 交通地盤工学について

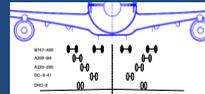
舗装工学・鉄道工学と地盤工学の境界領域を主に扱う。



自動車や航空機、列車等の観点から、必要な材料特性や構造を追求



関西空港の舗装構造

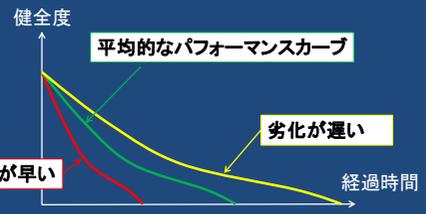


航空機荷重を考慮した走行荷重試験

2) 交通地盤工学におけるリスク



供用中の劣化に伴うリスク増加に特徴



劣化速度のばらつき



- ・ばらつきを考慮した劣化速度の評価
- ・早期劣化箇所の検知や予測
- ・劣化が遅い(ベストプラクティス)材料や構造

3) リスク低減の試みの事例

- ・ 空港舗装の剥離探査技術
早期劣化個所を迅速に検知する。
- ・ 鉄道バラスト軌道の座屈防止
地震による劣化進行を予測する。

7

空港舗装の剥離



走行安全性
エンジンへの吸引

2000年7月2日名古屋空港
RWY末端の表層5cmが離陸時に破損

8

舗装内の水分

1. アスコン温度の上昇
2. 表層が空隙が小さく透しにくい状態
3. アスコン内水分の水蒸気化
4. 水蒸気圧の上昇

ブリスタリング

滑走路における損傷箇所

1. アスコン温度の上昇

2. 表層が空隙が小さく透しにくい状態

3. アスコン内水分の水蒸気化

4. 水蒸気圧の上昇

時間・人数
作業環境

打音調査

低温部

放射冷却
夜間における放射冷却

劣化個所の早期検出

赤外線カメラによる検知

低温部

日射ランプ

赤外線カメラ

気象環境シミュレーション

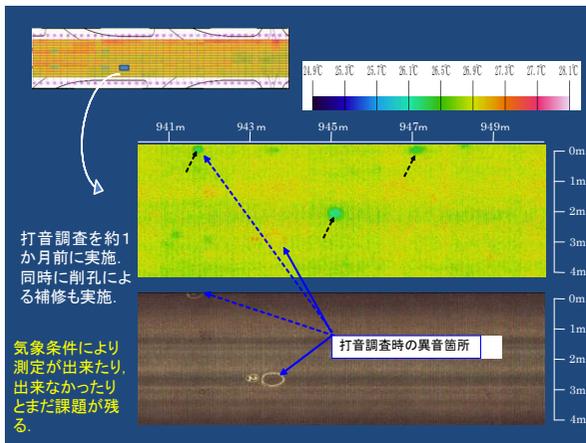
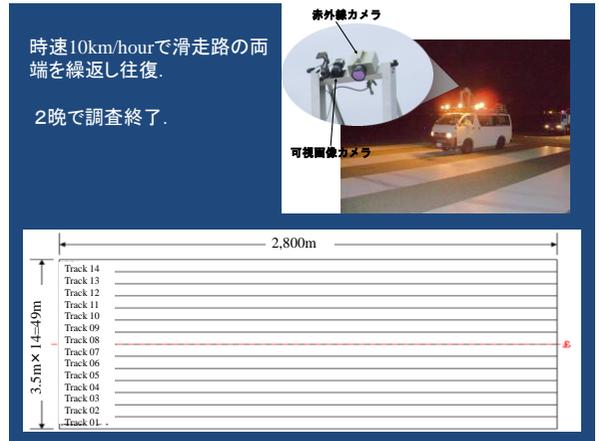
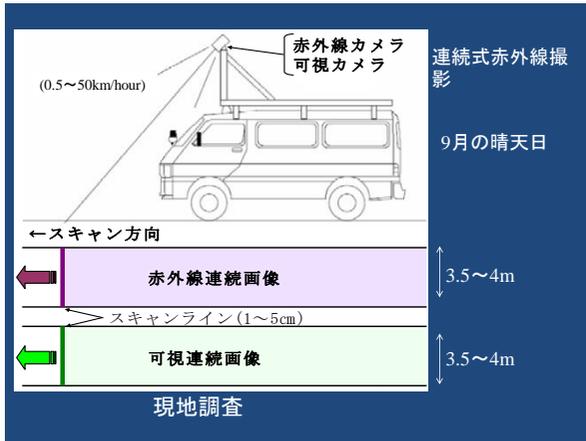
赤外線画像 22:00.

赤外線画像 4:00.

舗装の温度分布

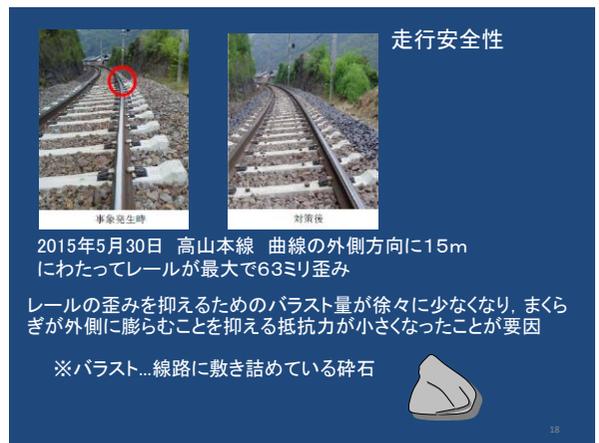
深度18cmになると剥離箇所は検出できない。

調査時間の経過とともに検知しづらくなる。



- ### プリスタリングに対する対策例
- ①改質アスファルトの使用
 - ・供用後の交通荷重による空隙率の低下を防ぐ。
 - ②表層を厚層化(8cm)
 - ・アスコン重量が重くなる。(曲げ)変形抵抗性が上がる。
 - ・舗装温度が低くなる。
 - ③改質タックコートの使用。
 - ・速乾性, 付着性の向上

- ### 3) リスク低減の試みの事例
- ・空港舗装の剥離探査技術
早期劣化個所を迅速に検知する。
 - ・鉄道バラスト軌道の座屈防止
地震による劣化進行を予測する。



レールの温度上昇による軸力によって、軌道を座屈させようとする力が、道床の横抵抗力を上回ると座屈が発生する。

道床横抵抗力

レール温度上昇による軸力

道床...路盤とまくらぎの間の層で、砕石等を敷き、列車荷重を路盤に広く分散させ、軌道に弾性を与える役割を持つ。

橋台裏盛土の変状

座屈発生

…過去の地震被害
 > 軌道を支持する下部構造物に変状がなくても、地震動で軌道のみが変状する場合があります。

地震動による低下...

座屈

レール温度上昇による軸力

道床横抵抗力

地震時に座屈発生リスクが更に高まる

道床横抵抗力試験

道床横抵抗力

最終道床横抵抗力

まくらぎ横変位

座屈に対する道床横抵抗力は、まくらぎを水平方向に静的載荷する道床横抵抗力試験で評価

傾斜試験の概要

水平加速度 $K_x = g_x/g$

傾斜角度

1/5スケール 小型軌道模型

傾斜角度 20°

小型模型の概要

【直線形状】 カント無

【曲線形状】 カント有

【まくらぎ1本】

【まくらぎ3本】 軌きょう

●地震中の道床横抵抗力を検討するため、小型模型を傾斜させ、準静的な慣性力を与えた条件下で道床横抵抗力試験を行った。

道床横抵抗力 (kN)

まくらぎ水平変位 (mm)

まくらぎ1本_0度(常時)

まくらぎ3本_0度(常時)

まくらぎ3本_20度 (水平加速度357gal相当)

まくらぎ1本_20度 (水平加速度357gal相当)

まくらぎ水平変位と道床横抵抗力(まくらぎ1本あたり)の関係(曲線部)

■ 実物大模型を用いた加振試験

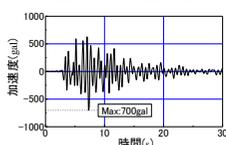
【大型振動台試験の概要(曲線部)】



【試験条件】

| 試験ケース | 道床形状 | まくらぎ本数 | まくらぎNo. | 引張り荷重 | 道床横抵抗試験 | 加振ステップ |
|-------|------|--------|---------|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ケース1 | 直線部 | 1本 | 1 | 2kN | — | ①正弦波200gal ②正弦波400gal ③中継波600gal ④中継波700gal ⑤正弦波600gal ⑥正弦波700gal ⑦正弦波800gal |
| | | | 2 | 4kN | — | |
| | | | 3 | 6kN | 加振前 | |
| | | | 4 | 0kN | 加振後 | |
| ケース2 | 曲線部 | 1本 | 1 | 2kN | — | |
| | | | 2 | 4kN | — | |
| | | | 3 | 6kN | 加振前 | |
| | | | 4 | 0kN | 加振後 | |
| ケース3 | 直線部 | 3本 | 1 | 11kN | 加振前 | |
| | | | 2 | 0kN | 加振後 | |

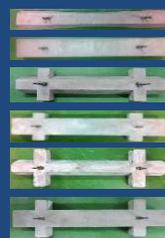
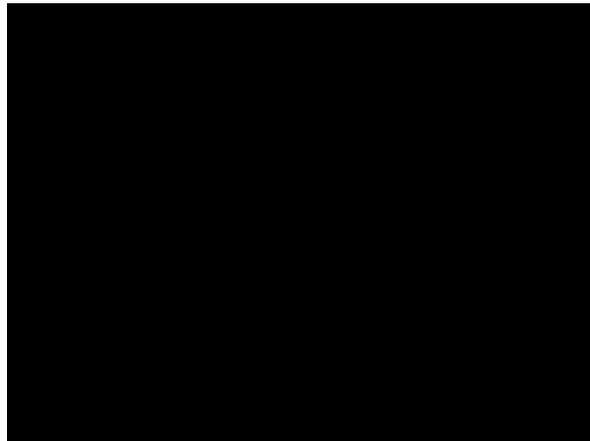
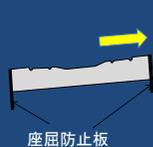
地震波形(中継地震)



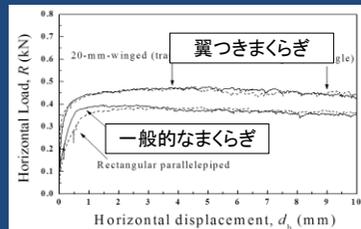
無対策 (正弦波700gal)



座屈防止板 (正弦波700gal)



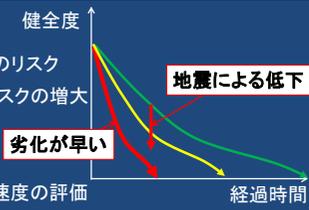
まくらぎ形状の工夫による対策



道床横抵抗力測定のための模型試験

4) まとめ

- ◆交通地盤工学の見地からのリスク
 - ・施設供用の劣化に伴うリスクの増大
- ◆劣化リスク
 - ・ばらつきを考慮した劣化速度の評価
 - ・早期劣化箇所の検知や予測
 - ・劣化が遅い(ベストプラクティス)材料や構造
- ◆地震時のリスク
 - ・パフォーマンスの低下(道路陥没・段差の発生なども)
 - ・耐震性の検討・設計が未整備



謝辞

本発表は、港湾空港技術研究所や鉄道総合技術研究所との共同研究の成果を中心に紹介したものです。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 早野公敏, 前川亮太, 鈴木哲雄, 橋爪秀夫, "連続式赤外線撮影による空港アスファルト舗装の層間剥離探査の試み", 地盤工学ジャーナル, Vol.3, No.1, pp. 13-23, 2008.
- 2) 早野公敏, 前川亮太, 鈴木哲雄, "連続式赤外線撮影を用いた空港アスファルト舗装の層間剥離の試験調査", 舗装, Vol.43, No.3, pp. 3-7, 2008.
- 3) Yohei Koike, Takahisa Nakamura, Kimitoshi Hayano and Yoshitsugu Momoya, "Numerical method for evaluating the lateral resistance of sleepers in ballasted tracks", Soils and Foundations, Volume 54, Issue 3, Pages 502-514, 2014.
- 4) 中村貴久, 桃谷尚嗣, 早野公敏, 小川隆太, 地震時におけるバラスト軌道の道床横抵抗力特性, 土木学会論文集 E1(舗装工学), Vol.70, No.3(舗装工学論文集第19巻), 1_79-1_86, 2014.

ご清聴ありがとうございました。

31

