

米国におけるIC(インテリジェントコンパクション) に関わる活動状況

2008. 10. 24

1. アイオワ州で実施されたICワークショップについて
2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

酒井重工業(株) 技術研究所
内山

IC(インテリジェントコンパクション)について

米国FHWA (Federal Highway Administration; 連邦道路庁)の政府方針・指導に基づく活動。

IC Strategic Plan (2005. 4)

FHWAによるICの定義 ("IC Strategic Plan"より)

1. 転圧中にローラ側で材料剛性を測定(土、アスファルト)。
2. ローラ位置と材料剛性情報等を連続記録。
3. 剛性値と転圧回数等の締固め情報をリアルタイム表示(オペ・検査官用)。
4. 舗装管理システムのデータベースとリンク可能なこと。
5. 振動ローラの締固めパラメータ(振幅・振動数等)を自動制御可能。

- ・情報化によるより良いQC/QA
- ・締固め品質の均一化
- ・道路構造物の長寿命化
- ・コスト削減
- ・道路の維持管理

アイオワ州で実施されたICワークショップについて

- ・ワークショップ名： Intelligent Compaction for Soils and HMA
- ・ワークショップ開催目的
ICの普及推進事業の一部。(今年1月のDallas、TX州会議に続く2回目)
- ・日時： 2008年4月2－4日
- ・場所： アイオワ州 West Des Moines
- ・参加者： DOT(51)、FHWA(6)、コンサル(11)、舗装業者(10)、
大学研究機関(16)、
メーカー(12)： AMMAN(CASE)、Bomag、CAT、SAKAI、Trimble、
Leica、Sauer-Danfoss

1. ICワークショップ(アイオワ州)

日程

1日目

- ・大学研究機関（1）、FHWA（1）、DOT（2）、舗装業者（2）からの発表。

2日目

- ・ローラメーカー(4)からの発表。
- ・IC for Soils and Aggregate、IC for HMA、Design tools, Education/training, Specifications に関するディスカッション

3日目

- ・IC for Soils and Aggregate、IC for HMA、Design tools, Education/training, Specifications に関するディスカッション

Intelligent Compaction (IC) for Hot Mix Asphalt (HMA)

**Iowa
Intelligent Compaction
Workshop**

Lee Gallivan, HIPT

Federal Highway Administration



April 2, 2008

1. ICワークショップ(アイオワ州) (1) Intelligent Compaction for HMA –FHWA–

ICへの国家的努力

–NCHRP 21-09

“IC土工の利点と可能性に関する試験”

- ・FHWA、アイオワ大学、コロラド大学、各州DOT、ローラメーカー
- ・今年5月で試験終了。

–TPF #954

“路床・路盤・舗装工でのIC技術普及活動”

- ・FHWA、Transtec Group、アイオワ大学、各州DOT、ローラメーカー
- ・現在、進行中

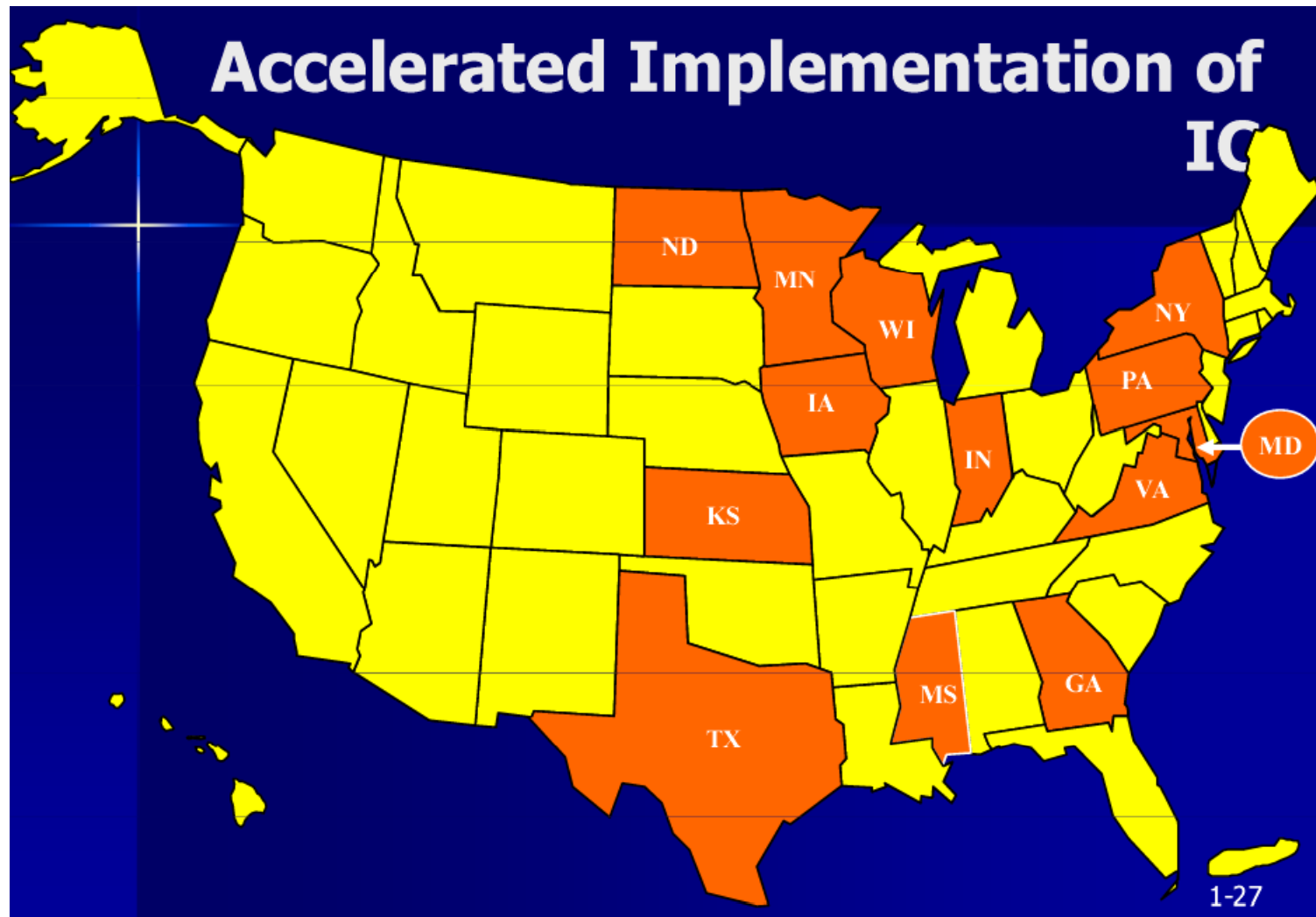


NCHRP 21-09
Phase One Project



1. ICワークショップ(アイオワ州) (1) Intelligent Compaction for HMA –FHWA–

TPF #954 へ参加するDOT



1. ICワークショップ(アイオワ州) (1) Intelligent Compaction for HMA –FHWA–

Bomag Tandem Drum IC Roller



BOMAG BW190AD-4AM double drum asphalt roller

Capabilities

- Stiffness (E_{VIB})
- Auto Feedback
- No GPS Mapping
- Strip Chart
 1. Temperature
 2. E_{VIB}
- Status: Available

Sakai Tandem Drum IC Roller



Sakai Intelligent Compaction equipped roller

Capabilities

- Stiffness (CCV)
- No Auto Feedback
- GPS Mapping
 1. CCV
 2. Temperature
 3. Roller Passes
- Status: Available

Caterpillar Tandem Drum IC Roller



Capabilities

- No Stiffness (CMV)
- No Auto Feedback
- GPS Mapping
 1. Temperature
 2. Roller Passes
- Status: Available

Dynapac Tandem Drum IC Roller



Capabilities

- No Stiffness (CMV)
- No Auto Feedback
- GPS Mapping
 1. Temperature
 2. Roller Passes
- Status: Available

1. ICワークショップ(アイオワ州) (1) Intelligent Compaction for HMA –FHWA–

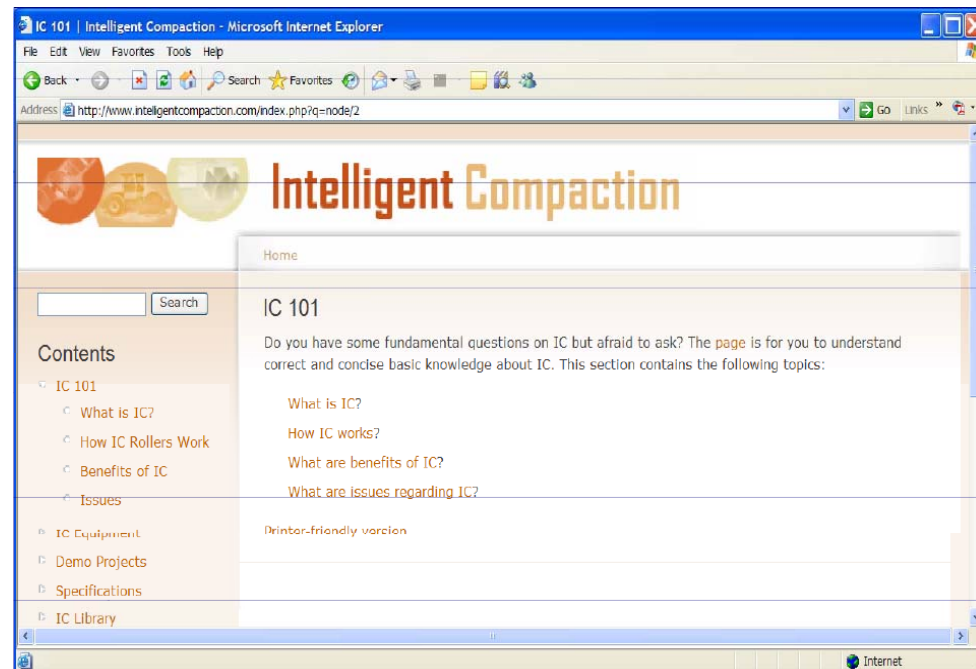
Ammann/Case Tandem Drum IC Roller



Capabilities

- Stiffness (kb) ?
- Auto Feedback
- GPS Mapping ?
- Status: Planned

www.intelligentcompaction.com



IOWA STATE UNIVERSITY

Civil, Construction & Environmental Engineering

Intelligent Compaction For Soils and Aggregate

Intelligent Compaction for Soils and HMA Workshop

West Des Moines, Iowa

April 2-4, 2008

David J. White, Ph.D.

Associate Professor

djwhite@iastate.edu



Dream it, Design it, Build it.

www.ccee.engineering.iastate.edu

Technology



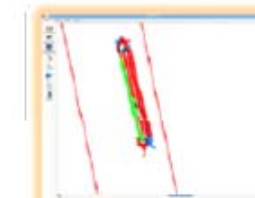
Caterpillar:
CMV, RMV, MDP



Dynapac:
CMV, Bouncing Value



Bomag: E_{VIB}



Sakai: CCV

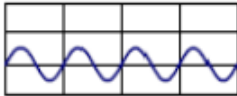
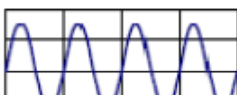
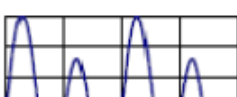
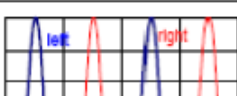
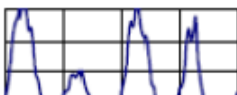


Case/Ammann: k_s

IC Measurement Values

Manufacturer	Roller-Integrated Measurement Features	
	Compaction Measurement	Feedback Control
Ammann	$k_s = 4\pi^2 f^2 \left(m_d + \frac{m_r r_c \cos(\varphi)}{A} \right)$	Adjusts amplitude and frequency
Bomag	$z_d = \frac{(1-\nu^2)}{E_{vb}} \cdot \frac{F_s}{L} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \left(1.8864 + \ln \frac{L}{B} \right)$ where, $B = \sqrt{\frac{16}{\pi} \cdot \frac{R(1-\nu^2)}{E_{vb}} \cdot \frac{F_s}{L}}$	Adjusts amplitude direction on the drum
Caterpillar	$\text{Geodynamik CMV} = C \left(\frac{A_{2\Omega}}{A_\Omega} \right)$ $\text{Geodynamik RMV} = \frac{A_{0.5\Omega}}{A_\Omega}$ $\text{MDP} = P_g - WV \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} \right) - (mV + b)$	Adjusts amplitude based on RMV
Dynapac	$\text{Geodynamik CMV} = C \left(\frac{A_{2\Omega}}{A_\Omega} \right)$ $\text{Bouncing Value} = \frac{A_{0.5\Omega}}{A_\Omega}$	Adjusts amplitude based on bouncing value
Sakai	$\text{CCV} = \left[\frac{A_{0.5\Omega} + A_{1.5\Omega} + A_{2\Omega} + A_{2.5\Omega} + A_{3\Omega}}{A_{0.5\Omega} + A_\Omega} \right] \times 100$	No

Influence of Drum Operating Mode

drum motion	Interaction drum-soil	operating condition	soil contact force	application of CCC	soil stiffness	roller speed	drum amplitude
periodic	continuous contact	CONT. CONTACT		yes	low	fast	small
	periodic loss of contact	PARTIAL UPLIFT		yes	↓	↑	↓
		DOUBLE JUMP		yes			
		ROCKING MOTION		no			
chaotic	non-periodic loss of contact	CHAOTIC MOTION		no			

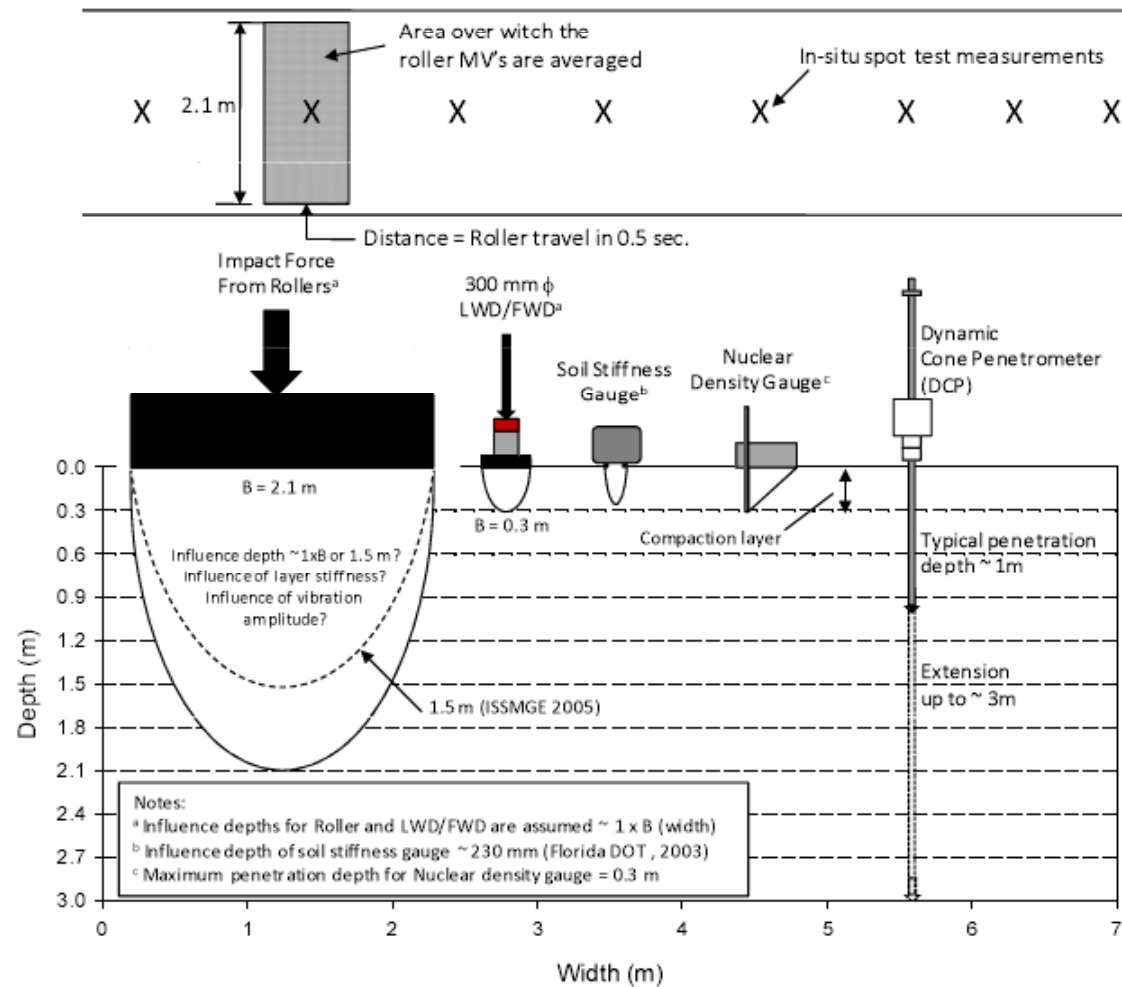
Summary of operating modes (from Adam and Kopf 2004)

Factors Affecting IC – MVs

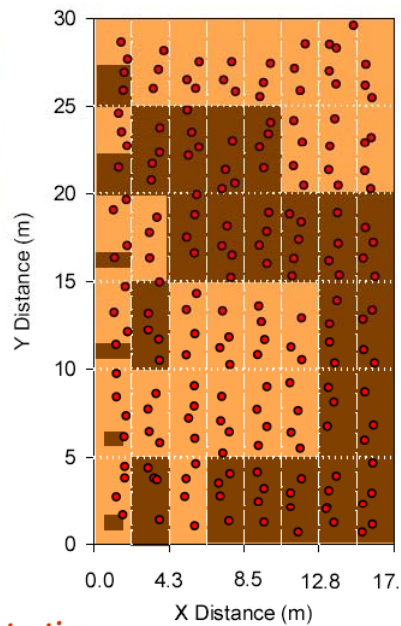
- Vibration Amplitude/Frequency 振幅／振動数
- Operating Speed 走行速度
- Roller Size ローラサイズ
- Soil Type 土質
- Soil Stratigraphy 多層構造
- In-situ Moisture Content 含水比

Measurement Influence Depth

評価深さ



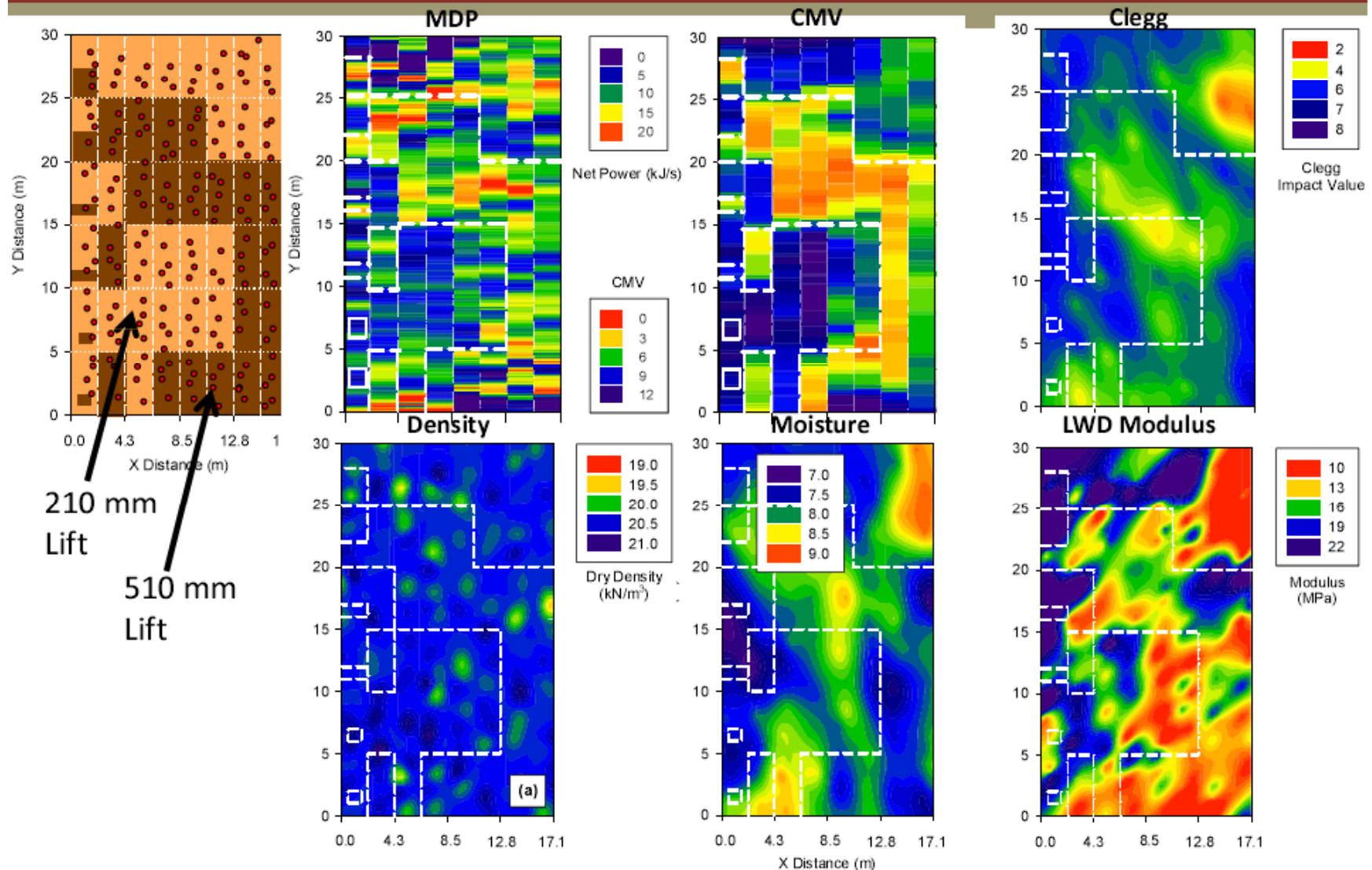
Spatial Testing



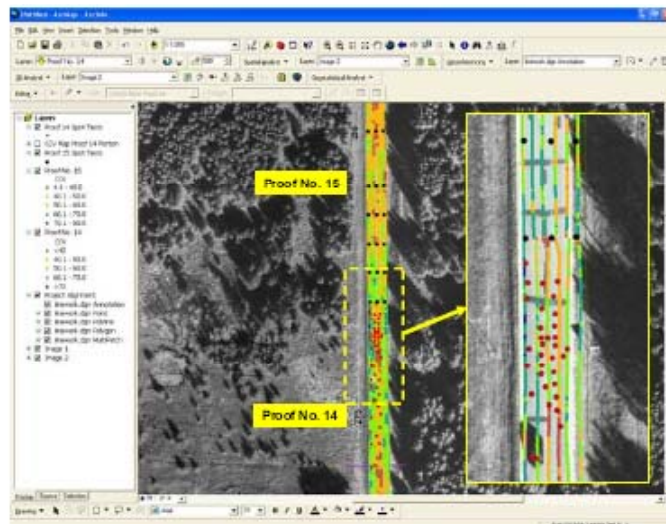
Design of spatial testing



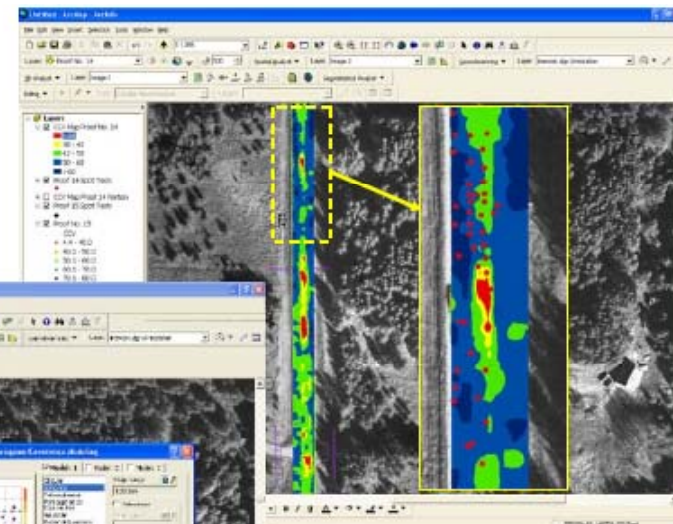
Spatial Comparison



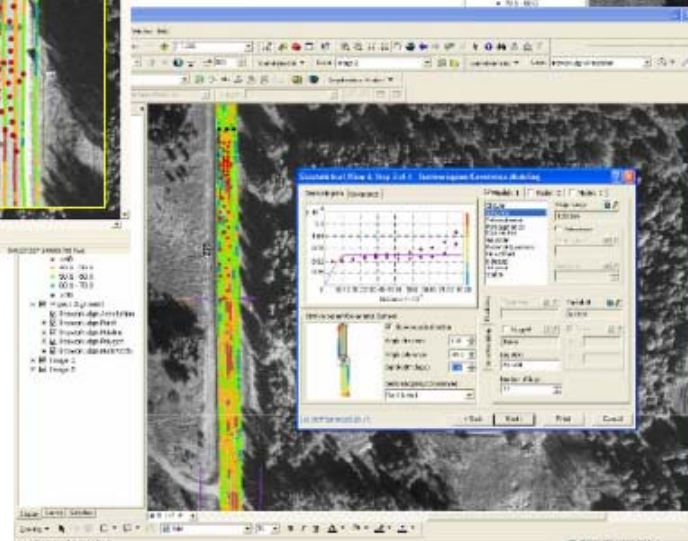
Data Management Using GIS



CMV and in-situ measurement values



Kriged surface map of CMV



Semi-variogram analysis of CMV

INTELLIGENT COMPACTION

*Where we are at and where we
need to be.*



PAYNE & DOLAN
INCORPORATED

INTRODUCTION

CONTRACTOR'S DEFINITION:

ICとは、リスクを減らしつつ、生産性を向上させる締固め管理システム

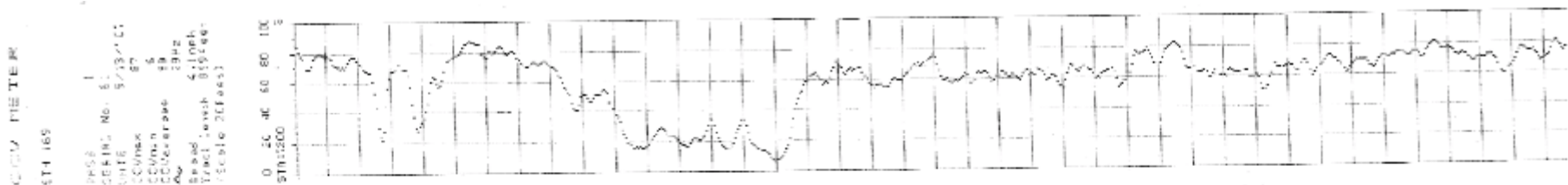
REGULATORY AGENCY'S DEFINITION:

Intelligent compaction is another means of measuring and recording the quality of compaction during the construction process.

EXPERIENCE

路盤工におけるIC活用

- ・CCVと密度の良好な相関関係。
- ・オーバローリング(オーバコンパクション)の減少。
- ・検査官とのコミュニケーション改善。
- ・QCテストの削減。
- ・軟弱領域の確認。→リスクの減少。
- ・全面管理。



EXPERIENCE

舗装工におけるIC活用

均一な締固め密度は、下記項目に依存。

- ・温度
- ・混合物の均一性
- ・均一な転圧パターン

現在のICモニタリング技術

- ・表面温度
- ・転圧パターン
- ・密度？





European Experience with ICS

- ICローラ(Bomag、Ammann製)導入後、従来の品確テストを80%省略。
- 各種の舗装材料、舗装層に対するICローラ運転条件(振幅、回数等)を標準化済み。



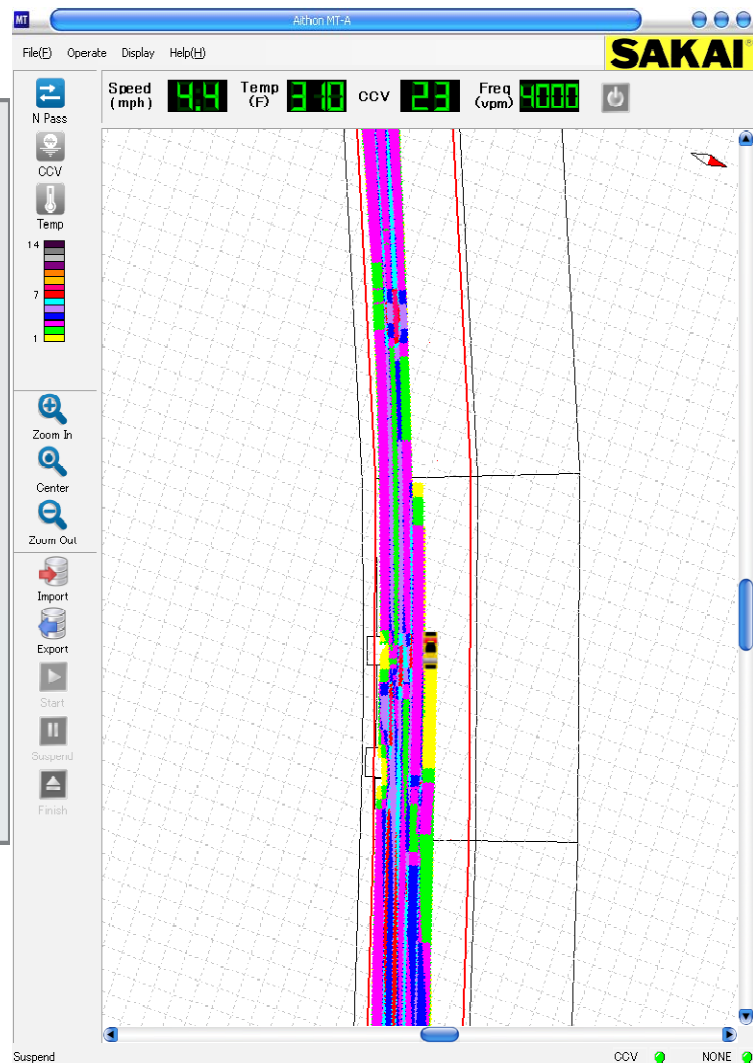
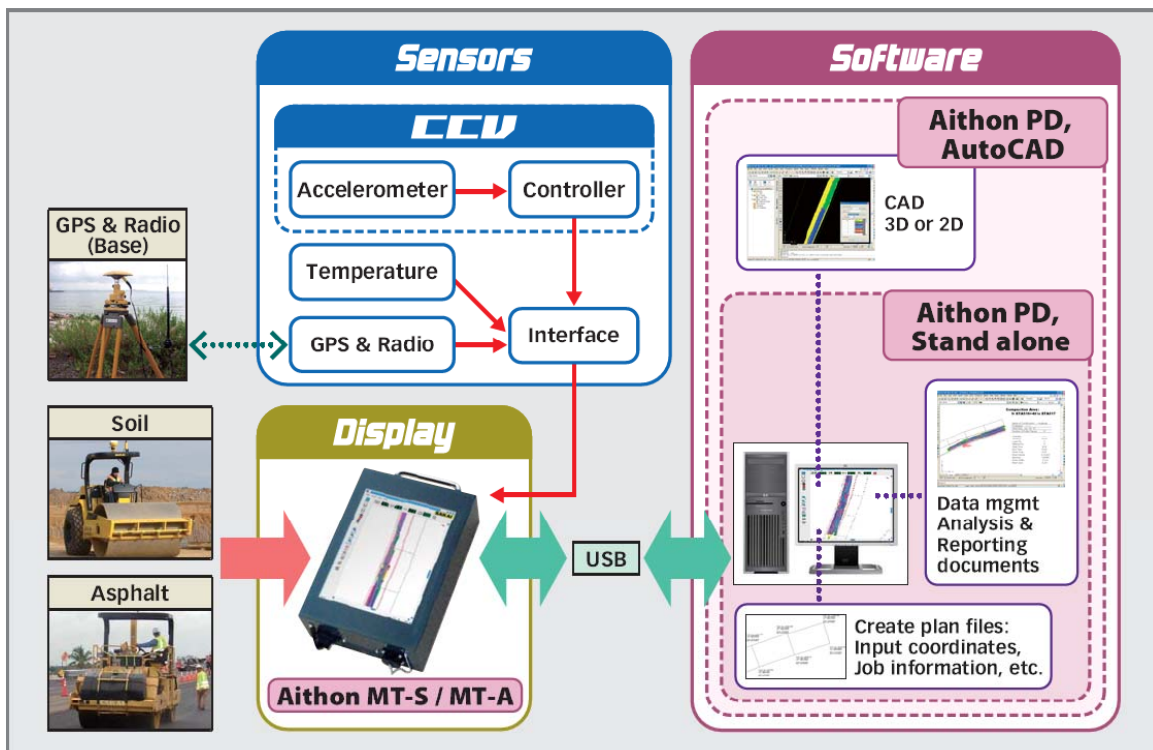
ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

(TPF #954 第1回)



2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

デモに使用したシステム CIS (Compaction Information System) について



2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

デモ概要

日時：2008年6月15－23日

場所：ミネソタ州 カンディヨヒ郡 郡道4号線

施工会社：Dunnik Brothers

工事区間：5.1 km（上り下り各1車線）

アスファルト混合物

基層：再生合材（30%）、厚さ 64mm

表層：再生合材（20%）、厚さ 38mm

ローラ仕様

名称 SW880

運転質量 13,410 kg

最大起振力 177 kN

最大振動数 4,000 vpm

締固め幅 2,000 mm

原位置試験

密度

コーンペネトロメータ

LWD

FWD



2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

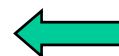
施工状況



Windrow paving (速度;11.6 m/min)



初期転圧(速度;4.8km/h)



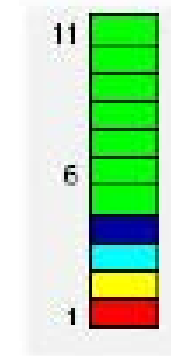
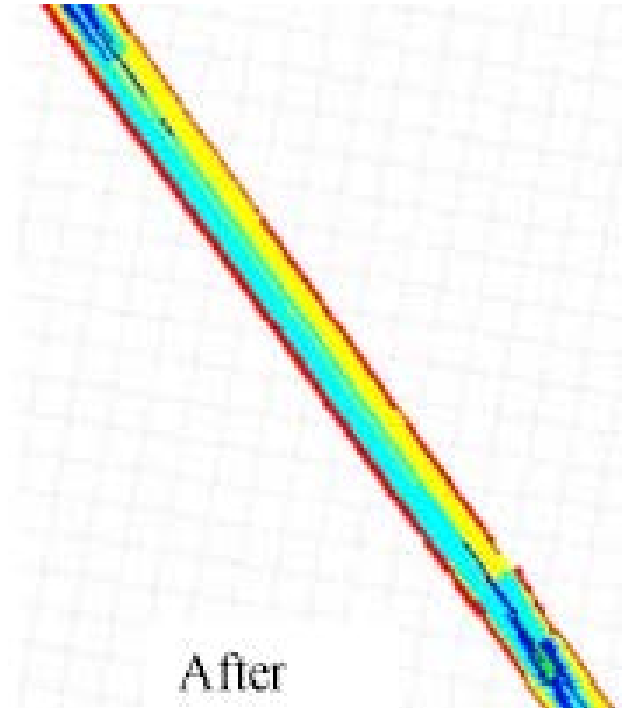
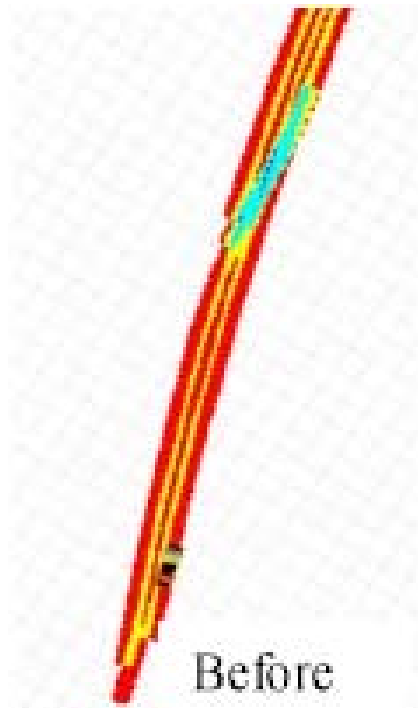
2次転圧

2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

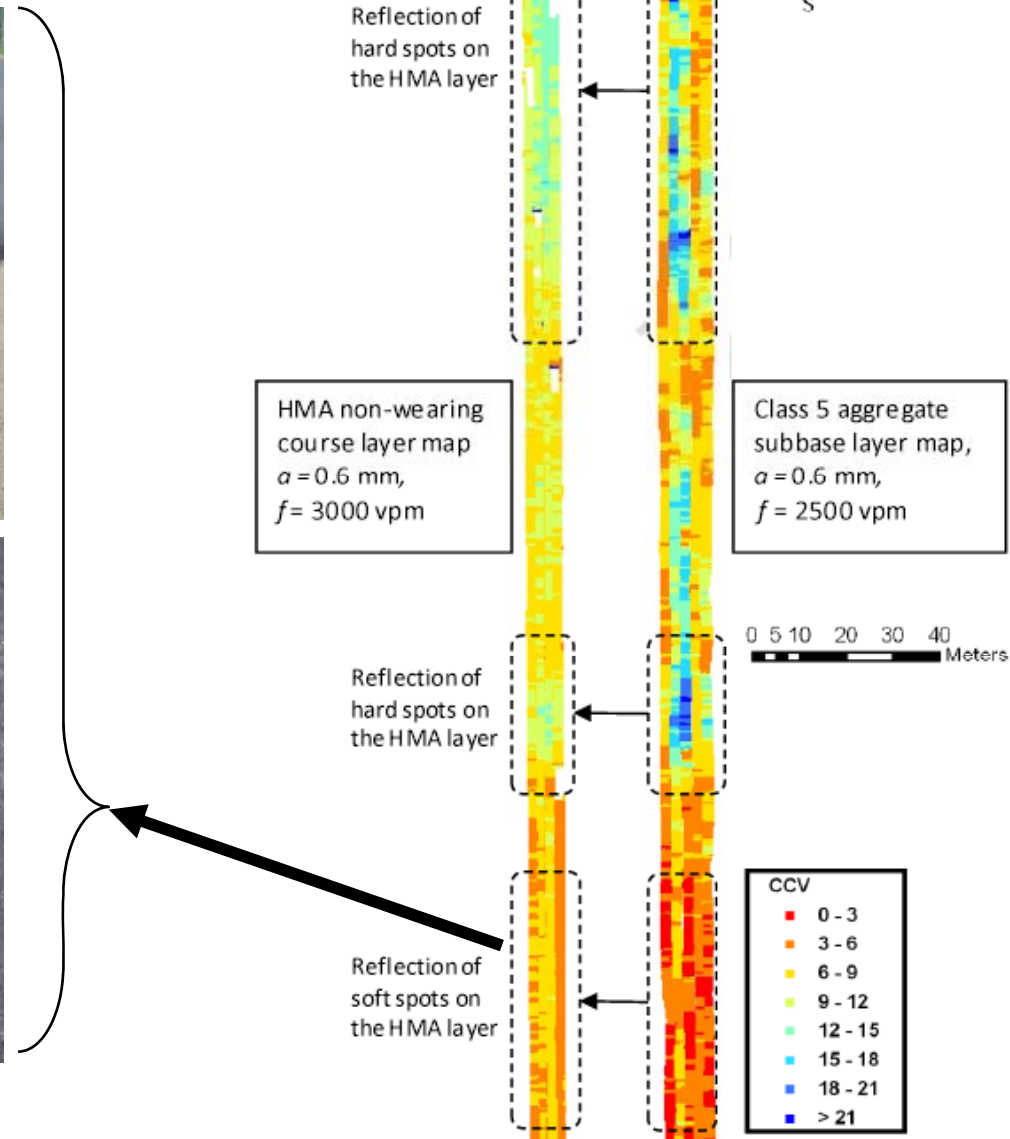
CISディスプレイの有無によるオペレータの転圧パターン

ディスプレイ無し

ディスプレイ有り

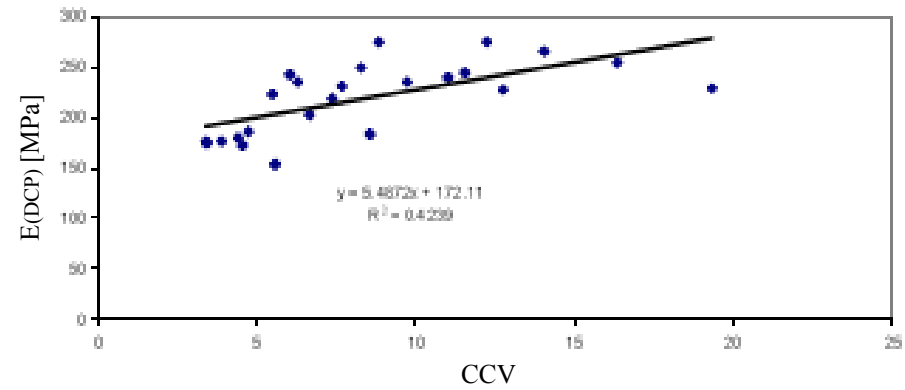
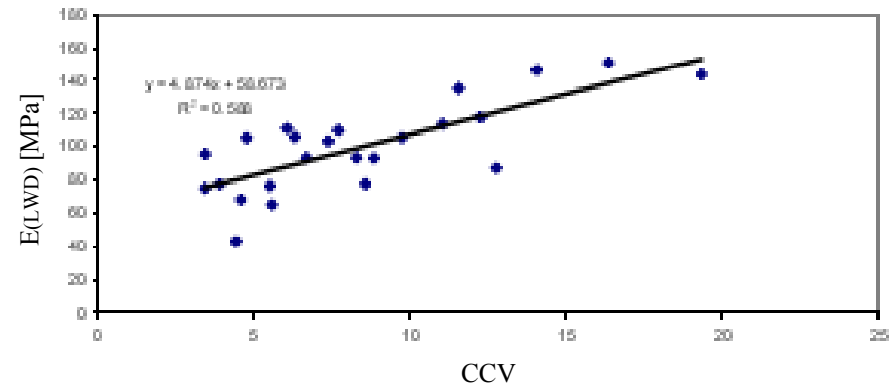


2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について



2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

路盤におけるCCVと計測値の相関



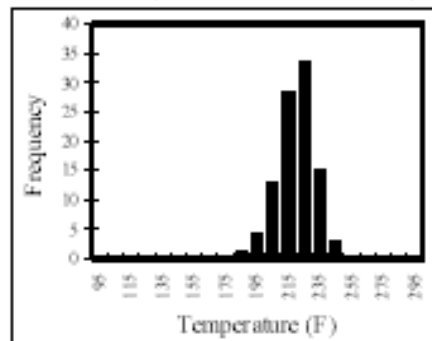
2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

アスファルト転圧時の表面温度

温度センサ



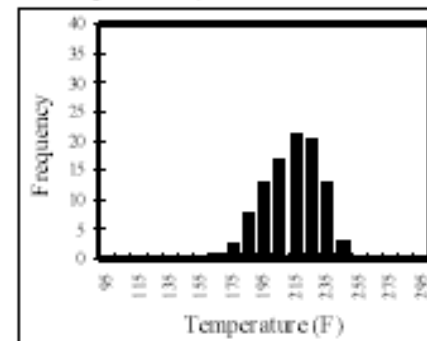
Base Course (Pass 1, Forward Travel)



N= 269185
Average= 219.7
Std. Dev.= 12.6

平均; 104.3 °C

Wearing Course (Pass 1, Forward Travel)



N= 390651
Average= 211.9
Std. Dev.= 18.6

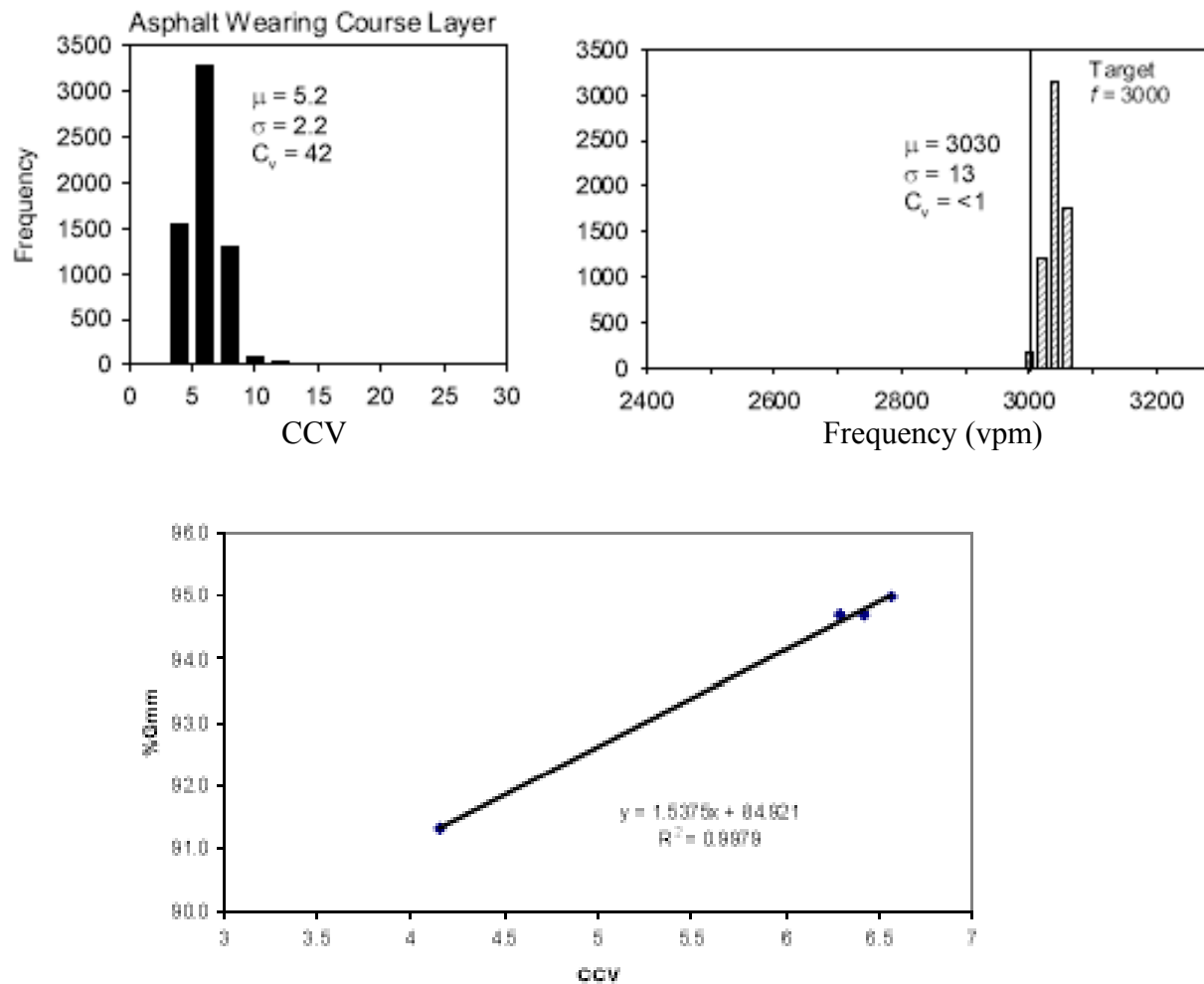
平均; 100.0 °C

Base Course (Pass 1, Reverse Travel)

Wearing Course (Pass 1, Reverse Travel)

2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について

CCVのヒストグラムおよびCCVと密度の相関



2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工について



The future is this moment

MnDOT, transportation pros receive first look at system that when implemented will create stronger, longer-lasting roads



Tribune photo by Carolyn Lange

The Sakai roller, designed in Japan and manufactured in Georgia, smooths asphalt and measures density and compaction Monday on County Road 4 near Green Lake. The roller uses computers and GPS mapping to ensure that roads have quality and uniform compaction.

By Carolyn Lange
clange@wctrib.com

SPICER — A three-mile stretch of road east of Green Lake is serving as an experimental station for the first-ever national study on intelligent compaction.

The data will help shape the future for constructing high-quality, uniform and longer-lasting roads in the United States, and the process should save fuel, time and money.

On Monday, Kandiyohi County Road 4 was filled with yellow and orange hard hats and vests as engineers, researchers and program coordinators from the Federal Highway Administration, the Transtec Group based in Texas, the Sakai laboratory in Japan, the Sakai manufacturing facility in Georgia, the Minnesota Department of Transportation's Maplewood and Willmar offices and the Kandiyohi County Highway Department observed the field demonstration.

Future/ Page A2

まとめ

1. アイオワ州で実施されたICワークショップ

- ・ローラ側で計測した材料剛性について、更なる試験解析を進める。
(従来の管理値との関係。各ローラメーカーのシステムから出力される材料剛性の関係。)
- ・FHWAは、TPFを通じてICの普及活動を進める。

2. ミネソタ州での当社製システムによるデモ施工

- ・オペに転圧回数分布を見せることにより、均一な転圧回数となる。
- ・路盤でCCVの低い場所において、アスファルトが破損。
- ・路盤におけるCCVとLWD、DCPには相関性がある。
- ・アスファルトにおけるCCVと密度の相関性は、今後データを蓄積する必要がある。