

Hội thảo toàn quốc lần thứ 30 của Hội Kết cấu và Công nghệ xây dựng Việt Nam “Công nghệ xây dựng hướng tới sự phát triển bền vững”

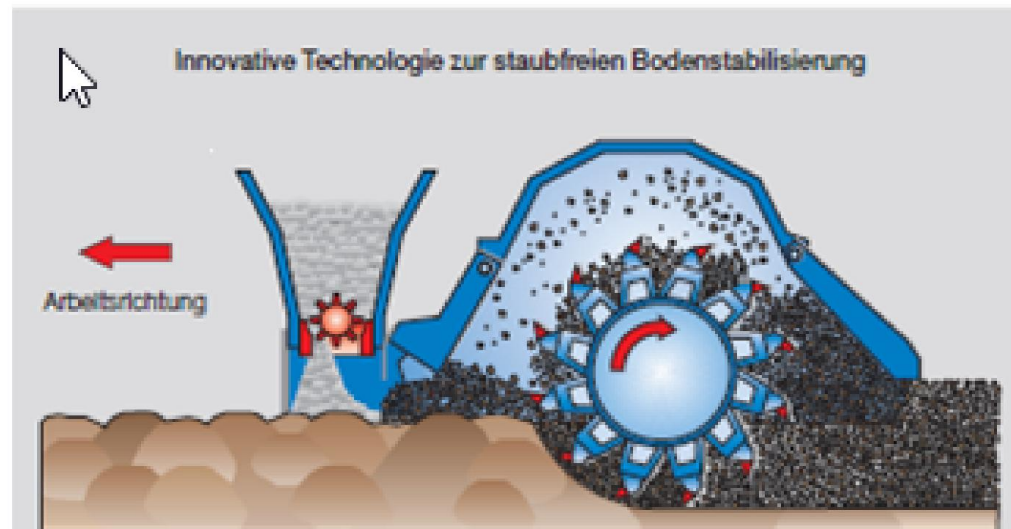
## NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHỤ GIA ROADCEM TRONG XÂY DỰNG ĐƯỜNG GIAO THÔNG NÔNG THÔN

GS.TS Nguyễn Quốc Dũng; TS. Vũ Bá Thao:

*Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam*

TS. Ngô Thị Thanh Hương:

*Trường ĐH Công nghệ GTVT*



Hà Nội, ngày 15 tháng 12 năm 2017

# **NỘI DUNG**

- 1. Xây dựng đường GTNT bằng vật liệu đất tại chỗ**
- 2. Nguyên lý gia cố đất xi măng của RoadCem (Rovo)**
- 3. Công trình thử nghiệm tại Mộc Châu**
- 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên**
- 5. Kết luận**

# Các công nghệ mới để làm đường GTNT

Những thành tựu chủ yếu tập trung vào việc sử dụng **vật liệu tại chỗ** (đất, đá) gia cố thêm các chất kết dính vô cơ (vôi, xi măng, tro bay, nhũ tương nhựa đường để làm kết cấu áo đường.

## Công nghệ vật liệu sử dụng Phụ gia HRB:

Vật liệu liên kết thủy hóa vô cơ HRB, thay thế xi măng Pooc- lăng trong gia cố nền móng công trình. HRB có thể được trộn trực tiếp với đất, cát, sỏi đá để tạo ra các hỗn hợp vật liệu làm lớp kết cấu đường với các yêu cầu kỹ thuật cần thiết. Áp dụng tại: Hưng Yên, Sơn La, Hải Dương,...

## Công nghệ vật liệu sử dụng Phụ gia DZ33:

DZ33 đưa các cation hữu cơ vào trong đất và trung hòa điện tích âm trên các phân tử sét. Thông qua quá trình lu lèn, liên kết đa phương của các phân tử đất hình thành một cấu trúc khối bền chắc, cải thiện đáng kể sức chịu tải và hệ số thấm của kết cấu vật liệu. Để cải tạo, tận dụng và tái sử dụng nguyên vật liệu làm đường.

# Công nghệ làm áo đường bằng đất tại chỗ + XM + Phụ gia

- Công nghệ vật liệu sử dụng Phụ gia DB500:

Bằng công nghệ polymer hóa các hợp chất có tính liên kết hóa sinh cao. Khi trộn hợp chất phụ gia DB500 với đất và đất hỗn hợp làm tăng các chỉ tiêu cơ lý như: Mô đun đàn hồi, khả năng chịu uốn, nén, chỉ số CBR...

- Mặt đường Đất tại chỗ + XM + Phụ gia nhập ngoại (**Con-aid, Stein, Pemazai, HRB, LSF, ISS, ....**) được thử nghiệm từ năm 1998 đến 2005 ở Bắc Ninh, Hà Nội, Hưng Yên, Lạng Sơn, Lào Cai, Thanh Hóa, Quảng Nam, Đồng Tháp, Bà Rịa – Vũng Tàu, đường tuần tra biên giới, ....
- Một số dự án thành công, nhưng cũng nhiều dự án thất bại

Thi công đường bằng phụ gia HRB tại Hưng yên (năm 2009)



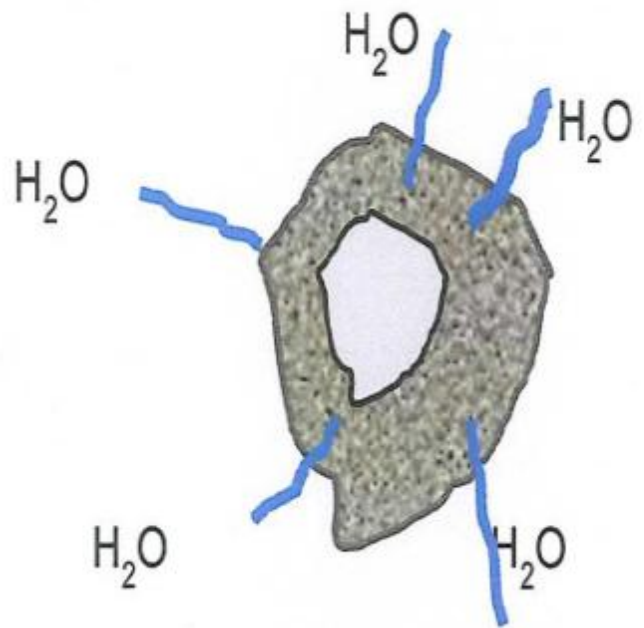
# Nguyên nhân thất bại và khó nhân rộng công nghệ mới

Tại sao Công nghệ làm áo đường GTNT kiểu mới không nhân rộng được, mặc dù giá thành chỉ bằng 60% đến 70% so với đường bê tông ??

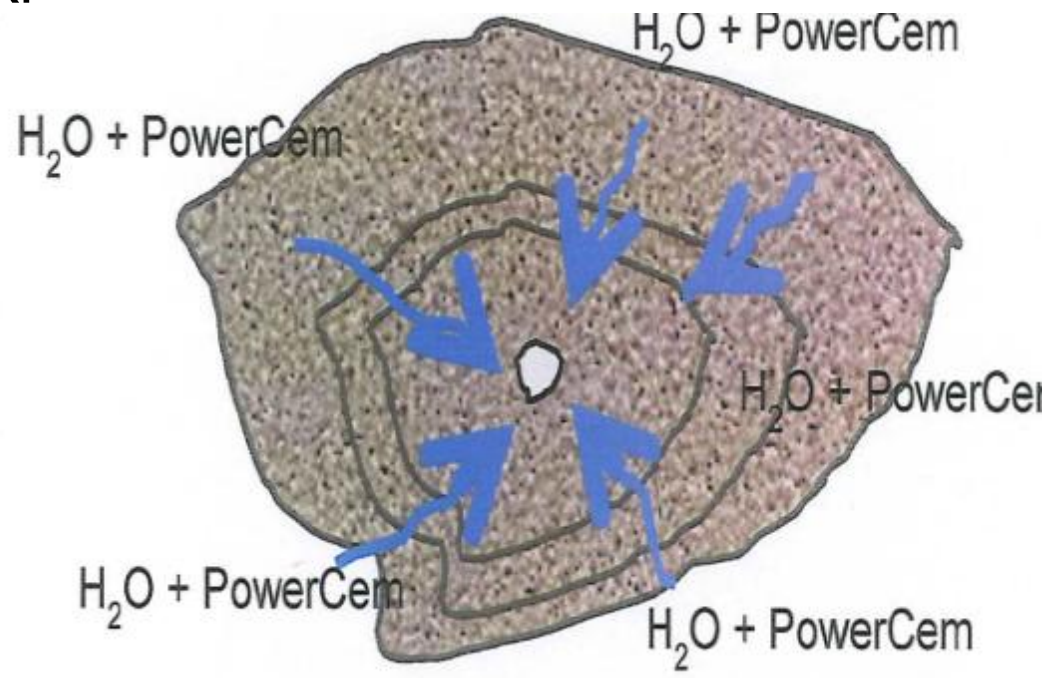
- **Chất lượng phụ gia:** không khẳng định được trong thực tế (điều kiện ngập nước) như quảng cáo của nhà sản xuất.
- **Thiết bị thi công:** chủ yếu là thiết bị phay trộn đất sử dụng máy nông nghiệp nên trộn không đều, không đúng quy trình (không đạt độ ẩm tối ưu, gặp mưa, lu lèn không đủ, ...)
- **Lớp phủ mặt đường:** Nhiều đoạn đường thử nghiệm không được phủ nhựa trên mặt nên không bền dưới tác động của xâm thực do nước mưa;
- **Vượt tải:** Mặt đường bị hư hỏng do tải trọng khó kiểm soát, vượt tải 2 ~ 3 lần;
- **Thói quen đường BT.** Chủ trương hỗ trợ xi măng của các tỉnh + Huy động sức dân để làm đường là chính.
- **TCVN:** Thiếu tài liệu hướng dẫn duy tu, sửa chữa khi các loại đường này bị xuống cấp.

# 2. Nguyên lý gia cố đất xi măng của RoadCem (Rovo)

Do tác dụng của Rovo, nước tác dụng triệt để với hạt xi măng để hình thành Silicat Can xi



Phản ứng nước – xi măng



Phản ứng nước – xi măng - Rovo



ROVO sẽ chọc thủng màng ngăn tạo ra bởi xi măng và hạt đất, làm cho xi măng được thủy hóa mạnh mẽ hơn, tạo ra các liên kết có dạng sợi trong cấu trúc nên tính chất cơ học của mặt đường sẽ được cải thiện hơn. **Tăng  $R_n$  và  $R_k$ .**

## Tác dụng phá vỡ màng ngăn giữa xi măng và hạt đất



ROVO thay đổi cấu trúc sợi vô cơ kết tinh co đặc để gắn chặt các vật liệu khác, điều này dẫn đến sự tăng cường về độ bền và độ dẻo của sản phẩm.



Phản ứng nước – xi măng,  
Tính giòn cao



Phản ứng  
nước – xi măng – Rovo  
Tạo thành liên kết dạng sợi,  
tăng tính bền và dẻo



# MỘT SỐ ƯU ĐIỂM CỦA LOẠI ĐƯỜNG NÀY ĐÃ ĐƯỢC KHẲNG ĐỊNH TRÊN THẾ GIỚI

| Sample number | Volume mass       | Dynamic stiffness | Bending strength | Breaking strain |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
|               | Kg/m <sup>3</sup> | MPa               | MPa              | μm/m            |
| 1             | 1520              | 4634              | 1,5              | 2054            |
| 2             | 1514              | 4522              | 1,63             | 1980            |
| 3             | 1522              | 4975              | 1,81             | 2114            |

TABLE 2.1 MECHANICAL PROPERTIES OF TREATED SLUDGE.  
OF TREATED SLUDGE.

| Flexural strength (MPa) | Breaking strain $\epsilon_b$ (μm/m) | Dynamic Elastic modulus (MPa) |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 3,67                    | 505                                 | 7265                          |
| 3,46                    | 579                                 | 5975                          |

TABLE 3. RESULTS SANDY SOIL AFTER 28 DAYS



FIGURE 2.7. EXAMPLE NO CRACKS  
HIGH FLEXIBILITY

## Cải thiện được đất bùn

| Sample number | Days after stabilization | Result MPa |
|---------------|--------------------------|------------|
| 1             | 1                        | 4,29       |
| 2             | 6                        | 5,0        |
| 3             | 14                       | 7,5        |

TABLE 2.2 RESULTS COMPRESSIBILITY MODULE  
FOR 35% HUMUS



FIGURE 2.5 EXAMPLE CROATIA

## Không có vết nứt trong đất cát



FIGURE 2.11 FLOOD OVER A ROAD/CEM ROAD



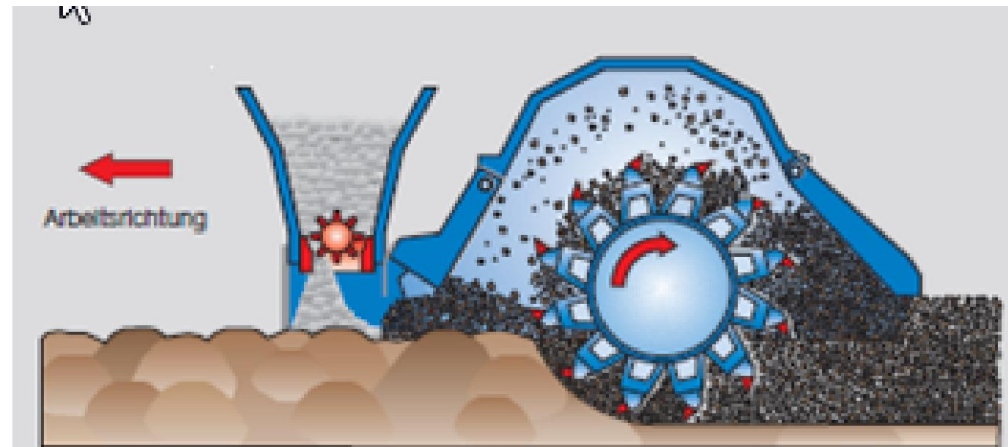
FIGURE 2.12 NO DAMAGE AFTER A FLOOD ON THE ROAD

## Cải thiện được đất hữu cơ

## Chịu được ngập nước

## 2. Nguyên lý gia cố đất xi măng của RoadCem (Rovo)

- **Tại sao Viện Thủy công chọn RoadCem để triển khai:**
  - ❖ Phụ gia này là loại có **nguồn gốc vô cơ, hoạt tính mạnh**. Sản phẩm đã được khẳng định qua 4 km đường làm tại Mộc Châu từ năm 2007 đến nay chất lượng vẫn tốt;
  - ❖ Phía đối tác hỗ trợ thiết bị thi công hiện đại, cho phép bảo đảm chất lượng trộn đều đất – XM – Phụ gia;
  - ❖ Ngoài ra, là sự hỗ trợ về tài liệu tiêu chuẩn, thiết bị kiểm tra chất lượng, quy trình thiết kế & thí nghiệm phục vụ thiết kế.



### 3. Công trình thử nghiệm tại Mộc Châu 2007



**Đường cũ**



**San tạo khuôn đường**



**Rải RoadCem**



**Phay trộn lần 1  
(+ tưới ẩm)**



**Rải Ximăng**



**Phay trộn lần 2**



**Lu lèn đạt dung trọng thiết kế**

### 3. Công trình thử nghiệm tại Mộc Châu 2007



**Đường làm từ năm 2007, nhưng đến năm 2013 vẫn sử dụng tốt. Đặc biệt trên 4 km thử nghiệm không xuất hiện ổ gà, ổ trâu như đường nhựa thông thường.**



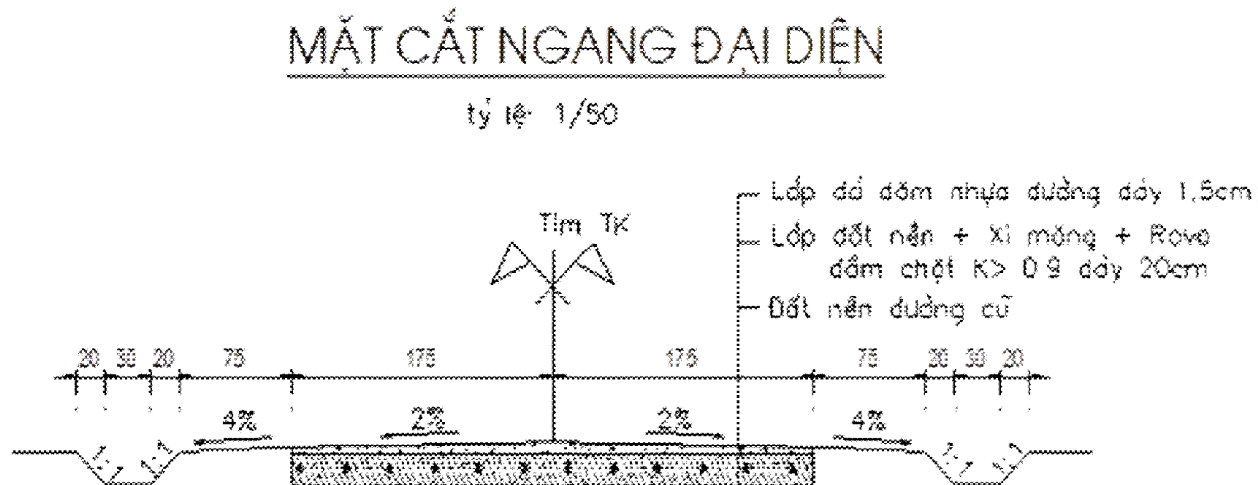
# 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên 2/2016

Thông số kích thước tuyến đường

- Tải trọng xe < 10 Tấn.
- Lượng xe qua hàng ngày:  $n = 20$  xe/ngày đêm.
- Bề rộng mặt đường:  $B = 5.0$  m.
- Bề rộng nền đường:  $b = 3.0$  m.
- Chiều dày của nền đường:  $h = 20$  cm.



Hiện trạng của dự án



## 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên 2/2016

Thiết kế tỷ lệ trộn giữa các thành phần trong hỗn hợp

- Vật liệu được sử dụng:

+ Đất sét pha dăm sạn.

+ Xi măng PCB40: 8% đến 10% trọng lượng đất khô

+ Phụ gia Roadcem: 1% xi măng.

- TN 4 tỷ lệ xi măng với 4 hàm lượng RoadCem (4 cấp phối).

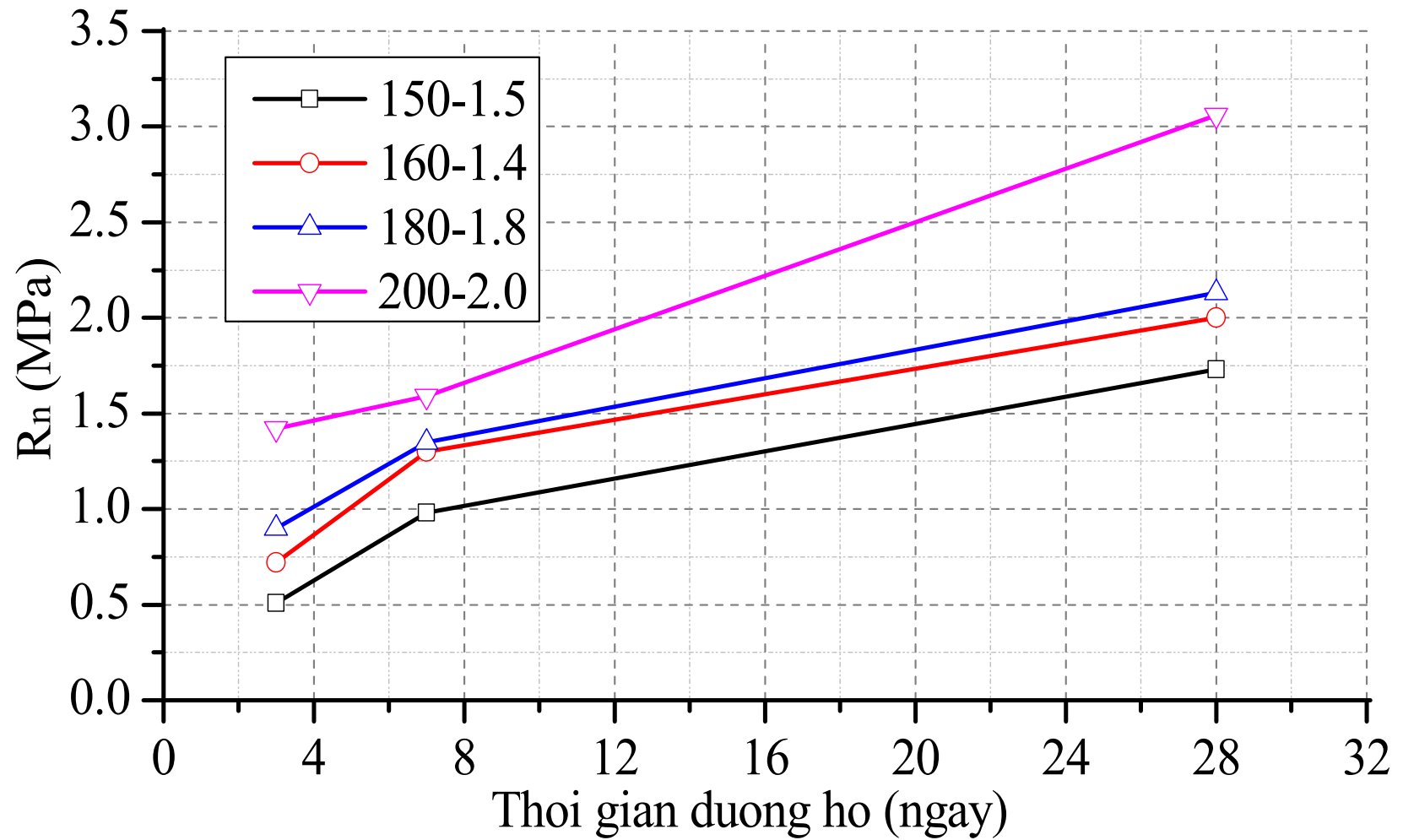
| STT | Đơn vị tính       | Xi măng | RoadCem |
|-----|-------------------|---------|---------|
| 1   | Kg/m <sup>3</sup> | 150     | 1.5     |
| 2   | Kg/m <sup>3</sup> | 160     | 1.4     |
| 3   | Kg/m <sup>3</sup> | 180     | 1.8     |
| 4   | Kg/m <sup>3</sup> | 200     | 2.0     |

# Thí nghiệm cấp phối



# 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên 2/2016

- Kết quả thí nghiệm*

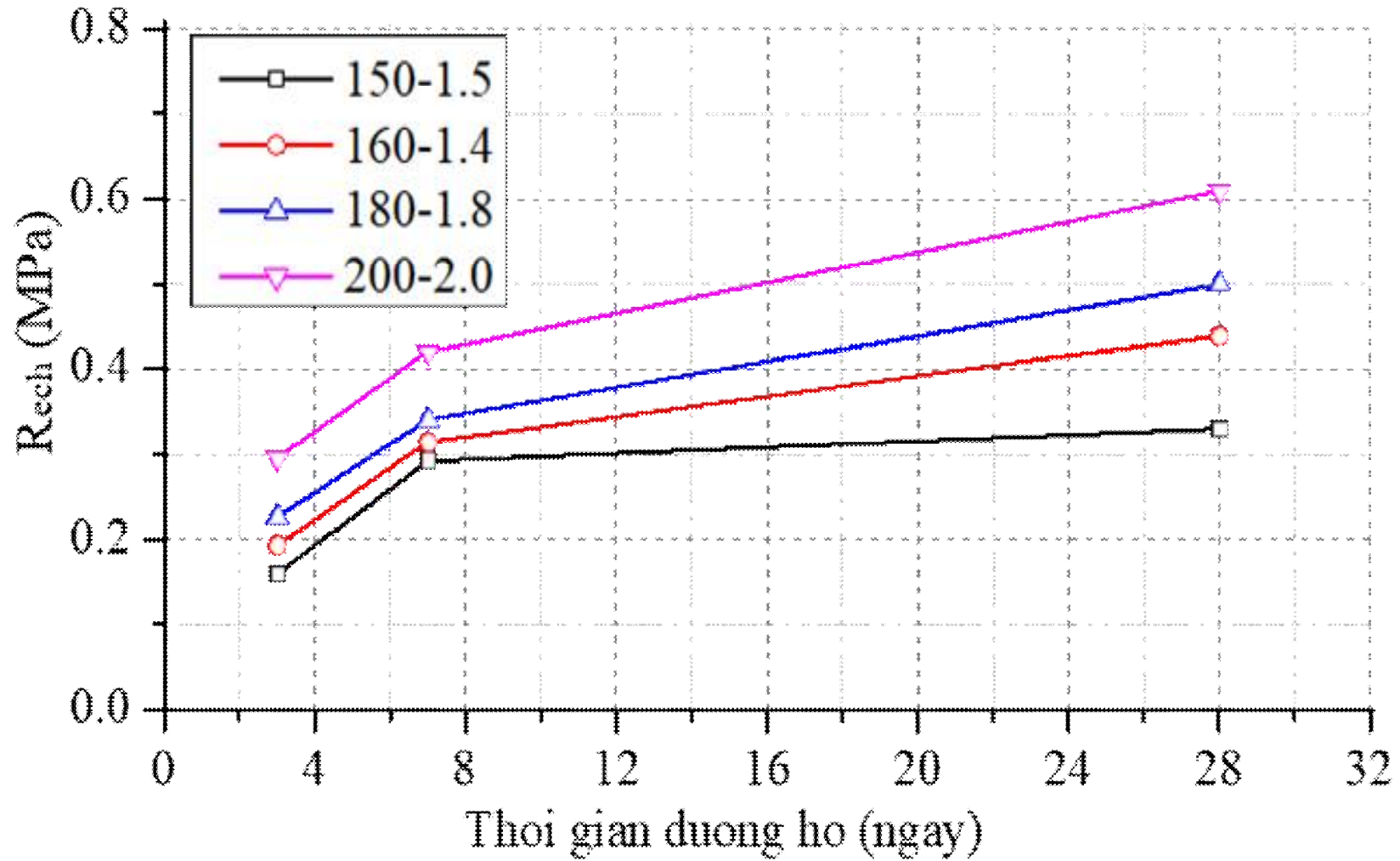


**Cường độ kháng nén**



## 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên 2/2016

- *Kết quả thí nghiệm Cường độ*



**Cường độ kháng kéo uốn**

## 4. Công trình thử nghiệm tại Hưng Yên 2/2016

### Nhận xét:

- Khi cho thêm Roadcem, cường độ ép chỉ bằng khoảng 0,3 lần  $R_n$ , cao hơn rất nhiều so với đất gia cố xi măng, chỉ khoảng 0,1.
- Thông qua chỉ số CBR nền đường tại hiện trường; tải trọng xe; cường độ của hỗn hợp đất gia cố xác định bằng thí nghiệm trong phòng thì tỷ lệ tối ưu giữa đất, xi măng và RC được lựa chọn lần lượt là **160 kg/m<sup>3</sup>** và **1,4 kg/m<sup>3</sup>**. Cường độ kháng nén trung bình  $R_n^{28} = 2,0 \text{ MPa}$ , cường độ kháng kéo uốn  $R_{ku}^{28} = 0,45 \text{ MPa}$ , Mô đun đàn hồi  $E^{28} = 350 \text{ MPa}$ . Thỏa mãn TCVN về đường đất gia cố chất kết dính.

# Thi công thử nghiệm công trình



Bước 1: Tạo phẳng nền đường bằng máy ủi.



Bước 2: Cắm mốc, nắn tuyến và chia đoạn thi công



Bước 3: Rải phụ gia ROADCEM theo tỷ lệ đã định ở các ô thi công



Bước 4: Phay trộn lần 1 gồm đất + phụ gia ROADCEM, chiều sâu phay 2/3 chiều sâu thiết kế. Phay lần 1, sâu 0,15 m, rộng 2,5 m + 0,5 m, tưới nước 80 l/m<sup>2</sup>

# Thi công thử nghiệm công trình



Bước 5: Lu tạo phẳng 1 lượt



Bước 6: Rải xi măng theo tỷ lệ đã định ở các ô thi công



Bước 7: Phay trộn hỗn hợp lần 2 sâu 0,2 m, rộng 2,50 m + 0,5 m



Bước 8: Lu tạo phẳng bề mặt



Bước 9: Tưới nước bảo dưỡng bề mặt (4 tiếng/lần) trong vòng 24h, sau đó giảm dần.



Bước 10: Công tác làm lớp mặt đường chống mài mòn (2 lớp đá dăm + nhựa đường)

# Thi công thử nghiệm công trình



(a) Đường nguyên trạng



(b) Máy phay tơi đất



(c) Hiện trường thi công



(d) Kết cấu dao máy phay đất

# Thi công thử nghiệm công trình



(e) Rải và trộn xi măng với đất



(f) Đúc mẫu hiện trường



(g) Sau khi lu lèn



(h) Hoàn thành

Hình 6. Hình ảnh thi công đường RoadCem tại xã Lương Tài tỉnh Hưng Yên

# Thí nghiệm kiểm định lớp đất gia cố

Sau khi công trình đưa vào vận hành, tiến hành khoan lấy mẫu theo quy định trong TCVN 10379-2014:

- Cứ 1000 m dài phần xe chạy khoan 6 mẫu.
- Đường kính và chiều dài mẫu nén và mẫu ép chẻ là 101 mm.
- Các mẫu được gia công phẳng hai đầu rồi ngâm trong nước 96h trước khi tiến hành thí nghiệm.
- Quá trình thí nghiệm do Trung tâm Thí nghiệm đường bộ của Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải.

# Thí nghiệm kiểm định lớp đất gia cố



a) Thí nghiệm CIV



b) Khoan mẫu



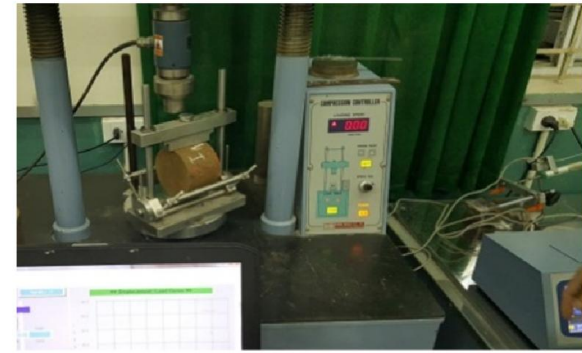
c) Gia công mẫu



d) Mẫu sau khi gia công



e) Thí nghiệm nén



f) Thí nghiệm ép chẻ

Hình ảnh khoan mẫu hiện trường và thí nghiệm trong phòng

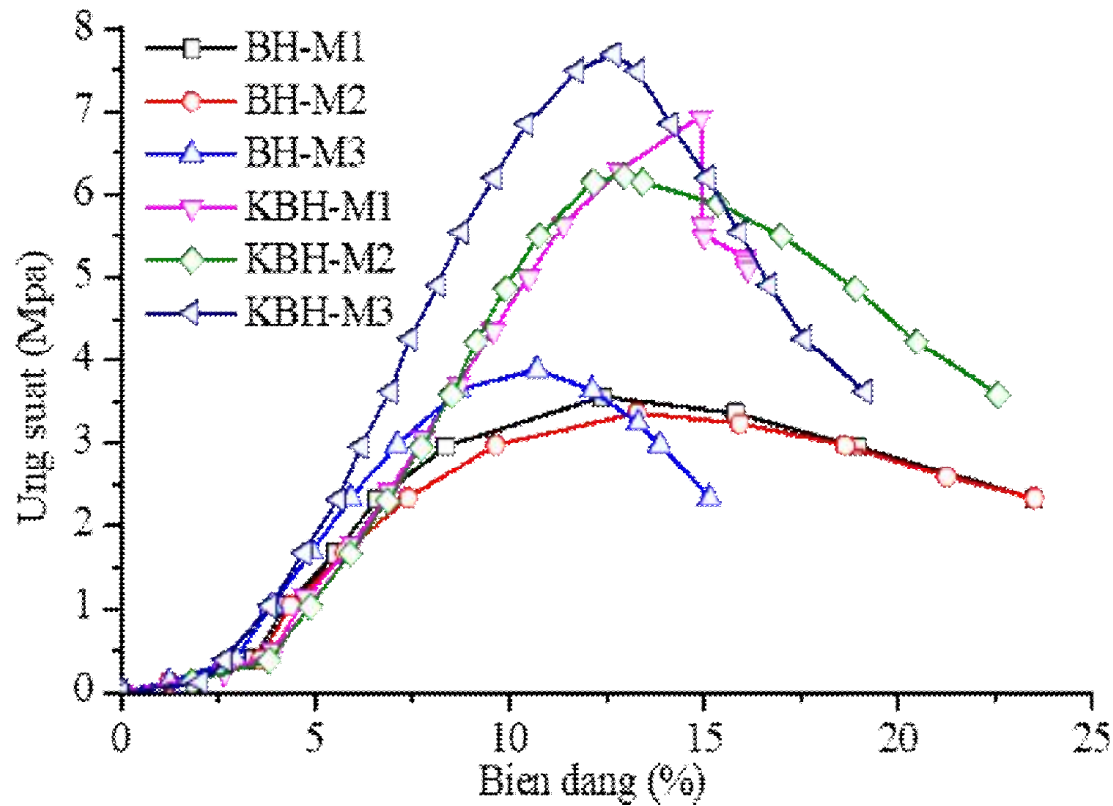


## Tổng hợp kết quả thí nghiệm cường độ sau thi công

| Cấp phối<br>(kg/m <sup>3</sup> đất khô) |  | $R_n^{28bh}$<br>(MPa)      | $R_{ku}^{28bh}$<br>(MPa)   | $E_{đh}$<br>(MPa)          |
|---|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Thí nghiệm kiểm tra sau khi thi công    |  |                            |                            |                            |
| Ngâm bão hòa                            |  | 3,63                       | 1,18                       | 425                        |
| Không ngâm BH                           |  | 6,95                       | 1,64                       | 630                        |
| TCVN 10379-2014                         |  | 1,0/2,0/3,0 <sup>(*)</sup> | 0,0/0,8/1,2 <sup>(*)</sup> | 200/350/400 <sup>(*)</sup> |
| Nhận xét                                | Tất cả các chỉ tiêu cường độ khi thí nghiệm kiểm tra đều cao hơn cường độ thiết kế, đồng thời đều đạt cấp độ bền cấp II trở lên. |                            |                            |                            |

## Thí nghiệm kiểm định lớp đất gia cố

Hình 2.10. Quan hệ ứng suất – biến dạng trong kết quả nén một trục nở hông (BH: ngâm bão hòa, KBH: không ngâm bão hòa)



### Nhận xét:

- Cấp phối 160 kg xi măng và 1,4kg RoadCem trong 1 m<sup>3</sup> đất là hợp lý để tạo thành lớp đất gia cố mặt đường thỏa mãn độ bền cấp II quy định tại TCVN 10379-2014, tức  $R_n^{7bh} \geq 1,0MPa$ ,  $R_n^{28bh} \geq 2,0MPa$ ,  $R_{ech}^{28bh} \geq 0,8MPa$ ,  $E \geq 350MPa$ .
- Thi công và vận hành tốt, đảm bảo yêu cầu TCVN của đoạn đường mẫu dài 1,45 km tại Xã Lương Tài, Huyện Văn Lâm, Tỉnh Hưng Yên chứng minh tính khả thi áp dụng của công nghệ trong điều kiện xây dựng đường giao thông tại Việt Nam.

# So sánh hiệu quả kinh tế

## GIÁ XÂY LẬP TRỰC TIẾP 1M2 MẶT ĐƯỜNG CÔNG NGHỆ MỚI.

| <u>Nội dung công việc</u>   | <u>Đơn vị</u>  | <u>Đơn giá</u> |
|---|----------------|----------------|
| <u>Phay trộn đất + xi măng + Phụ gia Ro Vo</u>                        | m <sup>2</sup> | 259,366        |
| <u>Láng nhựa mặt đường một lớp bằng nhựa đặc tiêu chuẩn 2,4kg/1m2</u> | m <sup>2</sup> | 88,884         |
| <u>Tổng công</u>  | m <sup>2</sup> | <b>348,250</b> |

## GIÁ XÂY LẬP TRỰC TIẾP 1M2 MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG

|  |                |                |
|--|----------------|----------------|
| <u>Bê tông sản xuất bằng máy trộn - đổ bằng thủ công, bê tông lót móng, đá 4x6, chiều rộng &gt;250 cm, mác 100</u>           | m <sup>2</sup> | 57,384         |
| <u>Bê tông sản xuất bằng máy trộn - đổ bằng thủ công, bê tông mặt đường, đá 1x2, chiều dày mặt đường &lt;=25 cm, mác 200</u> | m <sup>2</sup> | 332,233        |
| <u>Ván khuôn cho bê tông đổ tại chỗ, ván khuôn gỗ, sân bãi, mặt đường bê tông, mái taluy và kết cấu bê tông tương tự</u>     | m <sup>2</sup> | 29,150         |
| <u>Tổng công</u>   | m <sup>2</sup> | <b>418,767</b> |

| <b>Chi phí trực tiếp</b>   | <b>Đường bê tông</b> | <b>Đường CN mới</b>  |
|--|----------------------|----------------------|
| Chi phí cho 1km đường rộng 3m chưa bao gồm công tác san gạt tạo nền cơ sở và các công tác liên quan khác | <b>1,256,300,331</b> | <b>1,044,751,098</b> |

# So sánh tổng hợp các yếu tố

|   | Tiêu chí so sánh                                | Đường Rovo   | Đường Bê tông          | Ghi chú                                      |
|---|---|--|------------------------|--|
| 1 | Độ bền (không nứt, vỡ, không ổ gà, ...)         | 10 đến 20 năm  | 5 đến 10 năm           | Đã minh chứng qđường làm ở Mộc Châu năm 2017 |
| 2 | Thẩm mỹ   | Như đường nhựa   | Kém                    |  |
| 3 | Độ êm thuận cho giao thông                      | Như đường nhựa   | Không tốt              |  |
| 4 | Giá xây lắp trực tiếp                           | Tạm tính, cho đường khổ 3m, xe tải trọng 12T, 20 xe/ng-c |                        |  |
| a | Tính cho công trình Lương tài (Hung Yên)        | <b>1,044,751,098</b>                                     | <b>1,256,300,331 đ</b> | Giảm 17%                                     |
| b | Tại những vùng giá cát vàng, đá dăm cao hơn 30% | <b>1,093,939,470</b>                                     | <b>1,458,401,121 đ</b> | Giảm 25%                                     |
| c | Tại những vùng giá cát vàng, đá dăm cao hơn 60% | <b>1,141,169,700</b>                                     | <b>1,660,502,151</b>   | Giảm 35%                                     |
| 5 | Tốc độ thi công                                 | 5 ngày/1km   | 20 ngày/1km            |  |

## 5. Kết luận

- **Tăng cường độ kháng kéo.** Roadcem tăng cường độ, đặc biệt là cường độ kháng kéo của đất gia cố xi măng.
- **Áo đường mềm, thân thiện môi trường.** Công nghệ làm mặt đường GTNT bằng đất tại chỗ rất thích hợp với đường GTNT vì nó góp phần tạo nên nét đẹp cho những con đường mới, góp phần cải tạo môi trường vì không phải vc nhiều vật liệu;
- **Chất lượng đảm bảo.** Chất lượng, độ bền đã được khẳng định qua công trình đã làm tại Việt nam;
- **Kinh phí xây dựng hạ.** Giá thành hạ 15 đến 30% so với đường bê tông, đặc biệt cho những vùng không có sẵn vật liệu xây dựng (xi măng, cát, đá) hoặc phải vận chuyển từ xa đến;
- **Áp dụng.** Các điều kiện cần thiết cho việc chuyển giao công nghệ đã được Viện Thủy công chủ động xúc tiến và sẵn sàng chuyển giao thành công: quy trình kỹ thuật, tiêu chuẩn, định mức, kỹ sư tư vấn thiết kế, chỉ đạo thi công, nguồn nhập khẩu, máy móc nhập khẩu, v.v... **đã có TCCS.**