

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH BẾN TRE
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

VIỆN KHTL VIỆT NAM
VIỆN THỦY CÔNG

BÁO CÁO TÓM TẮT TỔNG KẾT NHIỆM VỤ KH&CN

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CỨNG HÓA Bùn NẠO VẾT PHỤC VỤ XÂY DỰNG NỀN CÁC CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG NÔNG THÔN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH BẾN TRE



Chủ nhiệm đề tài

PGS.TS. PHÙNG VĨNH AN

Hà nội, tháng 4 năm 2025

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH BẾN TRE
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

VIỆN KHTL VIỆT NAM
VIỆN THỦY CÔNG

BÁO CÁO TÓM TẮT TỔNG KẾT NHIỆM VỤ KH&CN

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CỨNG HÓA BÙN NẠO VẾT
PHỤC VỤ XÂY DỰNG NỀN CÁC CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG
NÔNG THÔN TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH BẾN TRE

CHỦ NHIỆM NHIỆM VỤ KH&CN

Phùng

Phùng Vĩnh An

CƠ QUAN QUẢN LÝ

CƠ QUAN CHỦ TRÌ



Nguyễn Chí Thanh

Hà nội, tháng 4 năm 2025

DANH SÁCH NHỮNG NGƯỜI THỰC HIỆN

TT	Họ và tên	Đơn vị công tác	Ghi chú
1	Phùng Vĩnh An, PGS.TS	Viện Thủy công	Chủ nhiệm đề tài
2	Trần Quốc Lĩnh, Ths	Viện Thủy công	Thư ký khoa học
3	Phan Trường Giang, TS	Viện Thủy công	Thành viên chính
4	Nguyễn Đình Hải, Ths	Viện Thủy công	Thành viên chính
5	Tô Quang Trung, Ths	Viện Thủy công	Thành viên chính
6	Đỗ Thế Quỳnh, TS	Viện Thủy công	Thành viên chính
7	Nguyễn Thị Thu Nga, Ths	Viện Thủy công	Thành viên chính
8	Dương Bích Hợp, Kỹ sư	Viện Thủy công	Thành viên chính
9	Nguyễn Huy Trường, Kỹ sư	Viện Thủy công	Thành viên chính
10	Lê Hoàng Quốc Huy, Kỹ sư	Phòng Kinh tế Hạ tầng huyện Thanh Phú	Thành viên chính
11	Nguyễn Thiên Phúc, Kỹ sư	Học viên cao học, Trường Đại học Bách Khoa TP. HCM	Thành viên chính

MỤC LỤC

1. MỤC TIÊU, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	8
1.1 Mục tiêu	8
1.2 Đối tượng	8
1.3 Phương pháp nghiên cứu.....	8
1.3.1 Nghiên cứu lý thuyết.....	8
1.3.1.1 Tài liệu trong nước	8
1.3.1.2 Tài liệu ngoài nước	9
1.3.2 Nghiên cứu thực nghiệm.....	10
1.3.2.1 Nghiên cứu thực địa, tìm hiểu hiện trạng nạo vét bùn, đường giao thông nông thôn và tình hình sử dụng vật liệu nạo vét	10
1.3.2.2 Nghiên cứu cơ sở khoa học xử lý vật liệu nạo vét.....	11
1.3.2.3 Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ xử lý vật liệu nạo vét để làm nền đường GTNT và san lấp mặt bằng	13
1.3.2.4 Dự thảo quy trình công nghệ xử lý vật liệu nạo vét.....	16
1.3.2.5 Xây dựng hướng dẫn các bước khảo sát thiết kế, thi công, kiểm tra nghiệm thu và định mức đơn giá tại tỉnh Bến tre.....	18
1.3.2.6 Xây dựng mô hình thử nghiệm	20
2. DANH MỤC KẾT QUẢ, SẢN PHẨM KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐẠT ĐƯỢC VỚI SỐ LƯỢNG, CHỦNG LOẠI VÀ CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG, YÊU CẦU KHOA HỌC CHÍNH.....	23
2.1 Các loại báo cáo	23
2.2 Kết quả dạng I, II, III	23
2.3 Kết quả dạng III	26
2.4 Tình hình đăng ký bảo hộ quyền sở hữu công nghiệp, quyền đối với giống cây trồng	27
3. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG KẾT QUẢ CỦA ĐỀ TÀI VÀO CÁC LĨNH VỰC VÀ THỰC TIỄN XÃ HỘI.....	27
3.1 Khả năng ứng dụng kết quả của đề tài	27
3.2 Phạm vi ứng dụng kết quả của đề tài	28
4. KINH PHÍ	28
5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	28
5.1 Kết luận	28
5.2 Kiến nghị.....	30
TÀI LIỆU THAM KHẢO	31

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 - Hội thảo tại huyện Thanh Phú đề xin ý kiến vào tháng 04/2024	9
Hình 1.2 - Các vị trí tiến hành điều tra và lấy mẫu thí nghiệm.....	10
Hình 1.3 - Sơ đồ nguyên lý và quy trình xử lý vật liệu nạo vét.....	12
Hình 1.4 - Các loại công nghệ đề xuất: a- Công nghệ trộn khối và b- Gàu đào có răng.	13
Hình 1.5 - Sơ đồ thi công sử dụng gàu trộn bê tông gắn trên máy xúc lật	14
Hình 1.6 - Sơ đồ thi công dạng tịnh tiến	14
Hình 1.7 - Sơ đồ thi công của đường được phân thành nhiều ô	15
Hình 1.8 - Sơ đồ thi công xử lý VLNV từng lớp: a) CN gàu có răng; b) CN trộn khối	15
Hình 1.9 - Lưu đồ thí nghiệm trộn thử trong phòng xác định vật liệu và hàm lượng ..	16
Hình 1.10 - Quy trình thi công xử lý VLNV theo 02 công nghệ đề xuất	17
Hình 1.11 - Vị trí mô hình thử nghiệm	21
Hình 1.12 - Thí nghiệm trong phòng và kiểm tra CBR trên hiện trường.	22

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1 - Các loại báo cáo	23
Bảng 2.2 - Các kết quả dạng I.....	23
Bảng 2.3 - Các kết quả dạng II.....	24
Bảng 2.4 - Các kết quả dạng IV	26
Bảng 2.5 - Sản phẩm đăng ký sáng chế	27

LỜI MỞ ĐẦU

Bến Tre là tỉnh thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long, được hình thành bởi các cù lao do phù sa của các nhánh sông Tiền, Ba Lai, Hàm Luông và Cổ Chiên bồi tụ. Hệ thống sông ngòi chằng chịt đóng vai trò quan trọng trong tưới tiêu và giao thông thủy. Do đặc thù vận tốc dòng chảy rất chậm, nên bồi lắng rất lớn. Vì vậy, hoạt động nạo vét kênh mương hàng năm tạo ra hàng triệu m³ bùn, gây áp lực về diện tích bãi thải và tác động tiêu cực đến môi trường.

Trong khi đó, nhu cầu sử dụng vật liệu san lấp cho các công trình giao thông nông thôn, đê bao và mặt bằng tại Bến Tre rất lớn. Do đó, việc nghiên cứu tận dụng bùn nạo vét làm vật liệu xây dựng là một giải pháp có ích, vừa giảm ô nhiễm môi trường, vừa tiết kiệm tài nguyên đất nông nghiệp, và xét trong bối cảnh chung của đồng Bằng sông Cửu Long hiện nay việc khai thác cát làm gia tăng sụt lún, trượt lở và xâm nhập mặn thì trong tương lai gần, đây sẽ là giải pháp cơ bản để giảm áp lực khai thác cát.

Nhằm cụ thể hóa Nghị quyết số 13-NQ/TW về phát triển kinh tế - xã hội vùng đồng bằng sông Cửu Long, UBND tỉnh Bến Tre đã ban hành Quyết định số 1164/QĐ-UBND ngày 31/05/2023, cho phép thực hiện đề tài nghiên cứu giải pháp cứng hóa bùn nạo vét để làm nền đường giao thông nông thôn.

Mục tiêu chính của đề tài là xây dựng luận cứ khoa học cho phương pháp cứng hóa bùn nạo vét, gồm hai nhiệm vụ: (1) Đề xuất giải pháp cứng hóa bùn để xây dựng nền đường và (2) Ứng dụng kết quả vào thực tiễn địa phương. Nghiên cứu dựa trên điều kiện thực tế khai thác bùn tại Bến Tre và khả năng áp dụng công nghệ phù hợp với điều kiện địa phương. Hai phương pháp xử lý chính được đề xuất:

- Đối với tuyến đường dài, sử dụng công nghệ xử lý khối, kết hợp xi măng, vôi và chất độn (như cát) để tăng cường tính kết dính.
- Đối với tuyến đường ngắn, tận dụng thiết bị và nhân công địa phương để thi công. Đây là giải pháp nhằm phổ biến rộng rãi công nghệ đến người dân, để họ có thể tự giải quyết những vấn đề của chính thôn ấp, xã nơi sinh sống.

Đề tài đã tiến hành khảo sát thực địa, lấy mẫu thí nghiệm, xây dựng quy trình thiết kế, thi công và kiểm tra nghiệm thu. Thử nghiệm trên tuyến đường dài 75 m, rộng 2,5 m, với tải trọng tương ứng cấp C cho thấy chất lượng tốt (thực tế dài 78m, rộng 2,5m).

Mặc dù có khó khăn do thay đổi vị trí mô hình thử nghiệm và thủ tục thầu, nhưng công trình đã hoàn thành trong khoảng 1 tháng thi công, cần tiếp tục theo dõi chất lượng công trình trong thời gian tới.

Đề tài đã đăng ký 02 sở hữu trí tuệ về xử lý mặt đê (bờ bao) và phương pháp xử lý vật liệu nạo vét. Công bố 01 bài báo quốc tế, 01 bài báo trong nước và hướng dẫn 01 học viên cao học, để phát triển công nghệ rộng rãi ở Đồng bằng sông Cửu Long.

NỘI DUNG CHÍNH BÁO CÁO

1. MỤC TIÊU, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1.1 Mục tiêu

Mục tiêu chung: Xây dựng được bộ luận cứ khoa học và thực tiễn cho các giải pháp cứng hóa bùn nạo vét (VLNV) phục vụ xây dựng nền công trình giao thông nông thôn.

Cụ thể:

- Đề xuất được giải pháp cứng hóa bùn nạo vét (VLNV) phục vụ xây dựng nền công trình giao thông nông thôn.
- Áp dụng được kết quả nghiên cứu vào thực tiễn sản xuất.

1.2 Đối tượng

- Mọi loại vật liệu nạo vét khai thác từ kênh, mương, sông tự nhiên, công trình thủy lợi, v.v...trong vùng mặn, lợ, ngọt với mọi hàm lượng hữu cơ bất kỳ.
- Nền đường GTNT (Giao thông nông thôn) và san lấp mặt bằng.

1.3 Phương pháp nghiên cứu

1.3.1 Nghiên cứu lý thuyết

1.3.1.1 Tài liệu trong nước

- Quyết định số 932/QĐ-BGTVT ngày 18/07/2022 của Bộ Giao thông Vận tải, về việc hướng dẫn thực hiện tiêu chí về nông thôn thuộc bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới/ xã nông thôn mới nâng cao và huyện nông thôn mới /huyện nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025.

- TCVN 4054:2005, Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế.
- TCXDVN 104:2007, Đường đô thị- yêu cầu thiết kế.
- TCVN 10380:2014, Đường Giao thông nông thôn - Yêu cầu thiết kế.
- TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế
- TCCS 39:2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.

- QCVN 41:2019/BGTVT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về báo hiệu đường bộ;

- TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm – các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.

- Phùng Vĩnh An, Nguyễn Đình Hải và nnk (2015), “Nghiên cứu giải pháp công nghệ xử lý nền đất yếu bằng công nghệ trộn đất tại chỗ với chất kết dính vô cơ phục vụ xây dựng công trình thủy lợi”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN và PTNT.

- Nguyễn Quang Chiêu và Phạm Huy Khang (2006), “Xây dựng mặt đường ô tô” Nhà xuất bản giao thông vận tải, 2006.

- Đỗ Minh Toàn (1992), “Sự hình thành đặc tính DCCT của các thành tạo trầm tích Holocen, nguồn gốc biển-đầm lầy ở Bắc Bộ và khả năng sử dụng chúng trong mục đích

xây dựng”, Luận án Tiến sĩ.

- Lê Huy Cự (2007), “Nghiên cứu gia cố đất bằng các phụ gia vô cơ để xây dựng công trình”, Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ đề tài, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam.

- Phùng Vĩnh An và nnk (2010) “Nghiên cứu ứng dụng giải pháp xử lý nền móng công trình thủy lợi trên đất yếu trên vùng ĐBSCL bằng cột đất xi măng khoan trộn sâu”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN và PTNT.

- Ngô Anh Quân và nnk (2022) “Nghiên cứu công nghệ cứng hóa đất bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước.



Hình 1.1 - Hội thảo tại huyện Thanh Phú để xin ý kiến vào tháng 04/2024

1.3.1.2 Tài liệu ngoài nước

- F. Al-Ajmi, H. Abdalla, M. Abdelghaffar, and J. Almatawah (2016), “Strength Behavior of Mud Brick in Building Construction”, Open J. Civ. Eng., vol. 6, no. 3, p. 482.

- Y. Yi, C. Li, S. Liu, and M. Asce (2010), “Alkali-Activated Ground-Granulated Blast Furnace Slag for Stabilization of Marine Soft Clay”, J. Materail Civ. Eng., vol. 11, no. 4, pp. 246–250.

- Z. Liu, C. S. Cai, F. Liu, and F. Fan (2016), “Feasibility Study of Loess Stabilization with Fly Ash–Based Geopolymer”, J. Mater. Civ. Eng., vol. 28, no. 5, p. 4016003.

- Kunal, R. Siddique, A. Rajor, and M. Singh (2016), “Influence of Bacterial-Treated Cement Kiln Dust on Strength and Permeability of Concrete”, J. Mater. Civ. Eng., vol. 28, no. 10, p. 4016088.

- J. B. Croft (1967), “The Influence of Soil Mineralogical Composition on Cement Stabilization”, Géotechnique, vol. 17, no. 2, pp. 119–135.

- J. G. Laguros and D. T. Davidson (1963), “Effect of chemicals on soil-cement stabilization”, Cem. soil Mix. 10 reports Present. 42nd Annu. Meet. - January 7-11, 1963., pp. 172–208.

- M. D. Liu and S. Pemberton (2010), “A study of the strength of lime treated soft clays”, Int. Symp. Exhib. Geotech. Geosynth. Eng. Challenges Oppor. Clim. Chang.,

no. December, pp. 245–251.

- R. Snellings, G. Mertens, and J. Elsen (2012), “Supplementary Cementitious Materials”, Rev. Mineral. Geochemistry, vol. 74, no. 1, pp. 211–278.
- L. De Windt, D. Deneele, and N. Maubec (2014), “Kinetics of lime/bentonite pozzolanic reactions at 20 and 50 C: Batch tests and modeling”, Cem. Concr. Res., vol. 59, pp. 34–42.
- P. F. Luckham and S. Rossi (1999), “The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions”, Adv. Colloid Interface Sci., vol. 82, no. 1, pp. 43–92.
- W.-I. Hung, K.-C. Chang, Y.-H. Chang, and J.-M. Yeh (2015), “Advanced Anticorrosive Coatings Prepared from Polymer-Clay Nanocomposite Materials”
- I. Kögel-Knabner (2002), “The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter” Soil Biol. Biochem., vol. 34, no. 2, pp. 139–162.
- G. Lagaly (1986), “Interaction of alkylamines with different types of layered compounds,” Solid State Ionics, vol. 22, no. 1, pp. 43–51.

1.3.2 Nghiên cứu thực nghiệm

1.3.2.1 Nghiên cứu thực địa, tìm hiểu hiện trạng nạo vét bùn, đường giao thông nông thôn và tình hình sử dụng vật liệu nạo vét

Tháng 9/2023, Viện Thủy công tổ chức đoàn công tác thu thập số liệu nạo vét tại Bến Tre. Tỉnh có bốn nhánh sông lớn, chia thành ba vùng nước: ngọt, lợ, mặn, ảnh hưởng đến đặc tính vật liệu nạo vét (VLNV). Đoàn nghiên cứu đã lấy mẫu VLNV tại các vùng điển hình để đánh giá đặc tính cơ lý và khả năng xử lý. VLNV sau khi nạo vét chủ yếu được phơi khô để giảm phèn, mặn trước khi sử dụng vào mục đích nông nghiệp hoặc san lấp. Một số khu vực do thiếu kinh phí nên xã và người dân cùng đóng góp để thực hiện nạo vét. Công nghệ thi công phổ biến là dùng máy đào trên xà lan hoặc máy đào đứng trên bờ. Nhìn chung, nhu cầu khối lượng nạo vét hàng năm rất lớn, nhưng kinh phí hạn chế, nên còn nhiều khối lượng chưa thực hiện được. Việc sử dụng đòi hỏi giải pháp tối ưu cho xử lý và tái sử dụng VLNV.



Hình 1.2 - Các vị trí tiến hành điều tra và lấy mẫu thí nghiệm

Như vậy có thể thấy, các đặc điểm nạo vét chính là: (+) Công tác thi công vật liệu nạo vét (VLNV) chủ yếu phục vụ kênh mương nông nghiệp có quy mô vừa và nhỏ; (+) Công nghệ thi công phổ biến là dùng máy cạp, có thể đặt trên xà lan hoặc di chuyển dọc hai bên bờ; (+) VLNV có khối lượng không lớn, phân bố rải rác, thường để tại chỗ lâu dẫn đến sạt lở trở lại.

Đặc điểm tính chất cơ, hóa lý VLNV: (+) VLNV chứa nhiều bùn non, hữu cơ, khó sử dụng; (+) Thành phần chủ yếu là hạt mịn, cần bổ sung hạt thô; (+) Độ pH bất lợi cho xi măng, cần dùng vôi trước để cải thiện môi trường.

Đặc điểm giao thông nông thôn (GTNT): (+) Loại 1 tương đối dài, thuận tiện vận chuyển thiết bị; (+) Loại 2, đường ngắn, đông dân cư, khó vận chuyển thiết bị lớn. Đây là loại phổ biến nhất.

Đặc điểm tự nhiên - xã hội: (+) Người dân chủ yếu làm nông, quen với máy móc đơn giản, thu nhập trung bình.

Từ đó định hướng lựa chọn thiết bị thi công: (+) Không sử dụng thiết bị trộn hiện đại, công kênh, nhiều phụ trợ; (+) Ưu tiên thiết bị sẵn có, dễ tiếp cận, phù hợp với điều kiện địa phương. Đề xuất: Chọn hệ thống trộn khối cho đường loại 1; Loại gàu đào cho đường loại 2.

Định hướng lựa chọn chất kết dính, chất độn: (+) Cần bổ sung hạt thô, sử dụng cát, tro xỉ, v.v....; (+) Độ pH bất lợi cho xi măng, cần dùng vôi trước để cải thiện môi trường; (+) Bước đầu sử dụng xi măng, tro bay làm chất kết dính. Sau đó sẽ thay bằng tro trấu, rơm rạ, v.v...nhằm giảm giá thành.

1.3.2.2 Nghiên cứu cơ sở khoa học xử lý vật liệu nạo vét

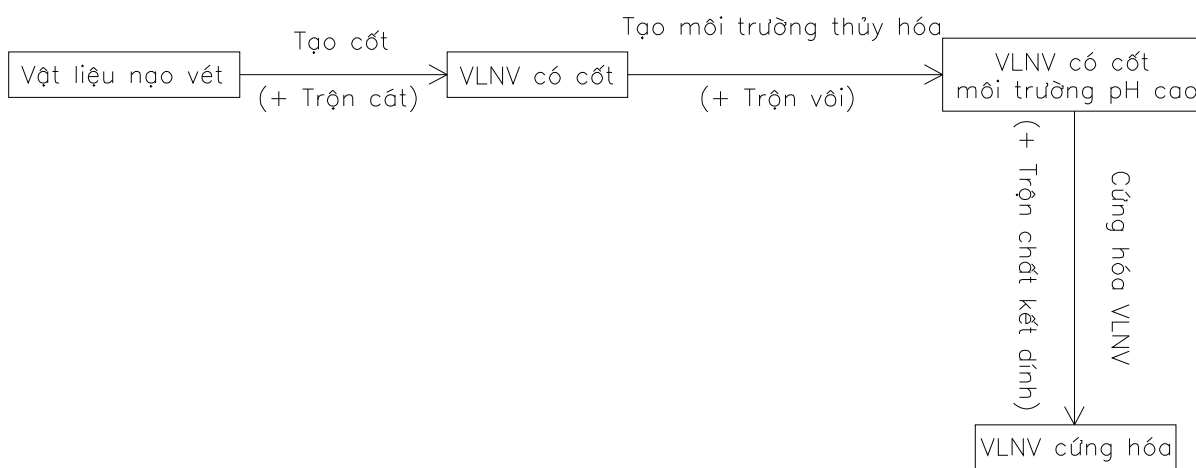
Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá đặc tính cơ lý và khoáng hóa của VLNV tại các vùng nước mặn, nước lợ và nước ngọt của tỉnh Bến Tre. Sử dụng định hướng về vật liệu xử lý trong nội dung trước, tiến hành thí nghiệm để xác định loại, và hàm lượng vật liệu xử lý. Phương pháp nghiên cứu bao gồm: (+) Khảo sát thực địa và lấy mẫu VLNV từ các kênh thủy lợi và sông tự nhiên; (+) Thí nghiệm trong phòng theo các tiêu chuẩn TCVN, bao gồm các chỉ tiêu về độ ẩm, thành phần hạt, khối lượng thể tích, sức kháng cắt, chỉ số dẻo, độ pH và thành phần hóa học; (+) Thực nghiệm xử lý VLNV, sử dụng các chất kết dính như xi măng, vôi, tro bay, xỉ lò cao và cát để cải thiện tính chất cơ lý. Xác định được tính chất của VLNV của từng vùng. Cụ thể: (+) Vùng nhiễm mặn (huyện Ba Tri, Bình Đại, v.v..) có: Thành phần chủ yếu là bùn sét, hàm lượng hữu cơ cao; Độ ẩm lớn (trung bình 78,7%), độ pH thấp (4,86-5,22), dễ bị phèn hóa. Cần xử lý để tăng độ pH trước khi sử dụng VLNV làm nền đường; (+) Vùng nước lợ (huyện Giồng Trôm, Thạnh Phú, v.v...) có: Thành phần bùn sét pha cát, hàm lượng hữu cơ trung bình; Độ ẩm khoảng 66,7%, pH từ 5,9-6,24; Cần xử lý để tăng độ pH trước khi sử dụng VLNV làm nền đường; (+) Vùng nước ngọt (huyện Chợ Lách, Mỏ Cày Nam, v.v...) có: Thành

Chủ yếu là bùn sét, ít cát hơn so với vùng lợ; Độ ẩm trung bình 70,5%, pH từ 6,3-7,1; Có khả năng kết hợp tốt với các chất kết dính để tăng cường độ chịu lực.

Từ kết quả thí nghiệm đề ra giải pháp dùng vật liệu cứng hóa như sau: **(+) Sử dụng xi măng, vôi, cát:** (*) Với vùng nhiễm mặn, cần hàm lượng xi măng 10-15% và vôi 4-8% là thích hợp; (*) Với vùng nước lợ, có thể dùng 5-15% xi măng, 4-8% vôi; (*) Với vùng ngọt, xi măng 5-10% và vôi 4-8% là thích hợp. Cát tạo cốt thích hợp 5-15%; **(+) Sử dụng tro bay, xỉ lò cao** (Xỉ lò cao có tác dụng tăng độ cứng và cường độ kháng nén cho VLNV. Tro bay có tác dụng cải thiện tính liên kết, nhưng nếu sử dụng >5% có thể làm giảm cường độ): (*) Vùng mặn: 10-15% xi măng + 3-7% tro bay + 3-7% xỉ lò cao; (*) Vùng lợ: 5-15% xi măng + 3-7% tro bay + 3-7% xỉ lò cao; (*) Vùng ngọt: 10-15% xi măng + 3-7% tro bay + 3-7% xỉ lò cao.

Từ các kết quả trên đề xuất nguyên tắc và quy trình cứng hóa: quá trình nghiên cứu nhận thấy nếu trộn xi măng + vôi + VLNV cùng thời điểm thì thấy rằng cường độ VLNV sau cứng hóa vẫn tiếp tục tăng trong thời gian khá dài. Điều này gây ra 02 điểm hạn chế: (+) Kéo dài thời gian thi công cũng như đưa công trình vào vận hành; (+) Vẫn còn tồn tại một lượng xi măng không được thủy hóa do độ pH của đất thấp. Đặc biệt là đất nhiễm phèn. Để khắc phục điều này, nhóm nghiên cứu đề xuất quy trình xử lý VLNV bằng cách trước hết trộn vôi với VLNV (vôi bột hoặc dạng dung dịch đều được), nhằm thay đổi môi trường thủy hóa bằng cách tăng độ pH > 11. Với độ pH lớn sẽ giúp cho xi măng thủy hóa nhanh và hoàn toàn mục đích làm tăng nhanh cường độ VLNV sau xử lý.

Kết hợp với nguyên tắc trộn một lượng chất độn như đã đề xuất trong nội dung trên, nhóm nghiên cứu đề xuất nguyên lý và quy trình xử lý VLNV như sau:



Hình 1.3 - Sơ đồ nguyên lý và quy trình xử lý vật liệu nạo vét

Trong điều kiện cụ thể của địa phương, chọn xi măng, vôi, cát là các vật liệu phổ biến và quen thuộc với người dân địa phương như sau:

Bước 1 - Bước tạo cốt: Sử dụng cát (cát hạt thô; cát hạt mịn), hàm lượng 5 ÷ 10 % trộn với VLNV. Có thể rải cát đều lên bề mặt VLNV với chiều dày < 30 cm, tùy thuộc điều

kiện thực tế. sau đó dùng các loại gàu đào hoặc các loại gàu có răng để trộn. Hoặc có thể sử dụng thiết bị của Allu để trộn. Nếu VLNV tương đối khô, cũng có thể dùng các loại máy trộn dung tích $< 0,7 \text{ m}^3$ để trộn.

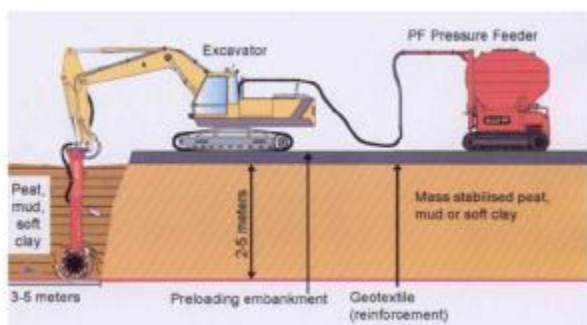
Bước 2 - Bước tạo môi trường thủy hóa: Sử dụng vôi dạng bột rải đều, vừa rải vừa trộn bằng gàu trộn. Nếu dùng thiết bị của Allu thì trộn vôi + xi măng theo tỷ lệ cho vào thùng phối liệu để tiến hành trộn. Nếu VLNV sau khi trộn cốt có thể tiếp tục cho vôi vào trộn, như trộn với bước tạo cốt. Có thể sử dụng dung dịch vôi để trộn, tuy nhiên khuyến cáo không nên sử dụng phương án này vì VLNV vốn gần như bão hòa hoàn toàn 100%.

Bước 3 - Bước thủy hóa tăng cường độ: Sử dụng xi măng rải đều, vừa rải vừa trộn bằng gàu trộn. Nếu dùng thiết bị của Allu thì trộn xi măng theo tỷ lệ cho vào thùng phối liệu để tiến hành trộn. Hoặc có thể dùng các loại máy trộn dung tích $< 0,7 \text{ m}^3$ để trộn đều xi măng với VLNV đã được tạo cốt và tạo môi trường thủy hóa.

Bước 4: Chờ sau 14 hoặc 28 ngày VLNV đã được cứng hóa, khi đủ cường độ q_u theo thiết kế thì có thể thi công tiếp phần kết cấu phía trên.

Kết luận: Nghiên cứu cho thấy việc xử lý và tái sử dụng VLNV là khả thi và có nhiều lợi ích về kinh tế, môi trường. Việc triển khai các giải pháp xử lý này sẽ góp phần giải quyết vấn đề bùn nạo vét tồn đọng, đồng thời cung cấp nguồn vật liệu xây dựng bền vững cho địa phương. Các kết quả thí nghiệm chỉ ra rằng VLNV có thể được sử dụng để làm nền đường khi được xử lý bằng xi măng, vôi, tro bay và xỉ lò cao với tỷ lệ thích hợp như nội dung đã nêu trên. Đặc biệt, tại vùng nước lợ có điều kiện thuận lợi nhất để áp dụng các phương pháp cứng hóa VLNV. Trong điều kiện đặc thù của địa phương, bước 1: nên chọn loại vật liệu sẵn có là xi măng, vôi, cát để làm vật liệu cứng hóa. Bước 2: thay thế 50% xi măng bằng tro trấu hoặc tro rơm rạ và thay cát bằng tro đáy của lò đốt rác thải sinh hoạt, nhằm giảm giá thành đầu tư. Đối với san nền: do không có yêu cầu quá cao về cường độ so với trường hợp làm nền đường giao thông. Đề xuất chọn hàm lượng xi măng tối thiểu 50 kg/m^3 ; Nếu sử dụng vôi thì tối thiểu 75 kg/m^3 .

1.3.2.3 Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ xử lý vật liệu nạo vét để làm nền đường GTNT và san lấp mặt bằng

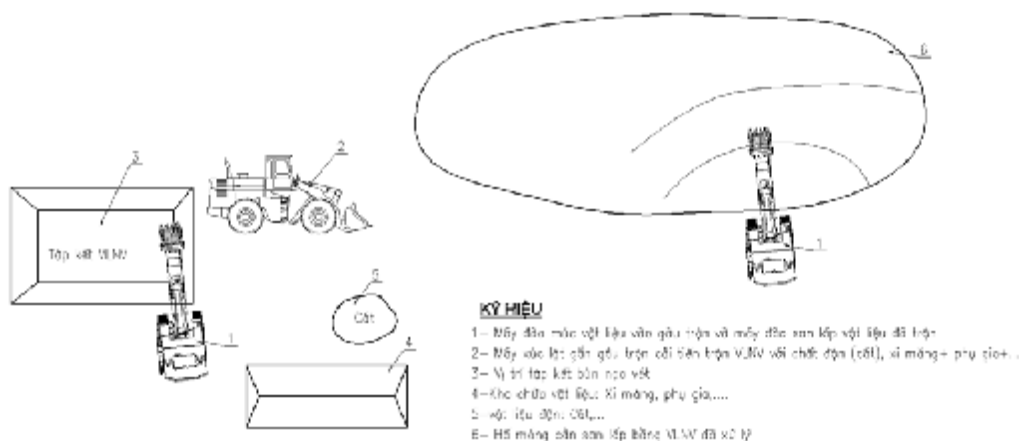


Hình 1.4 - Các loại công nghệ đề xuất: a- Công nghệ trộn khối và b- Gàu đào có răng.

Việc đề xuất giải pháp công nghệ xử lý vật liệu nạo vét để làm nền đường

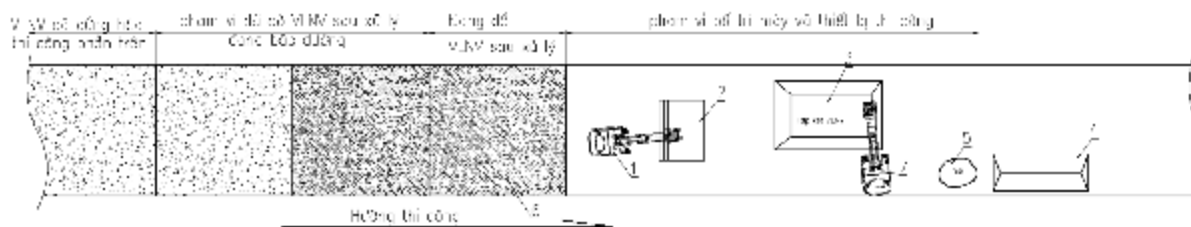
GTNT và san lấp mặt bằng dựa trên các cơ sở:

Pháp lý và yêu cầu kỹ thuật phải tuân thủ các tiêu chuẩn: (*) Nền đường GTNT: Quyết định 932/QĐ-BGTVT (2022), TCVN 4054:2005, TCVN 10380:2014, TCCS 38:2022/TCĐBVN; San nền: Quy chuẩn xây dựng QCVN 01:2008, TCVN 4447:2012, TCVN 4091:1985.



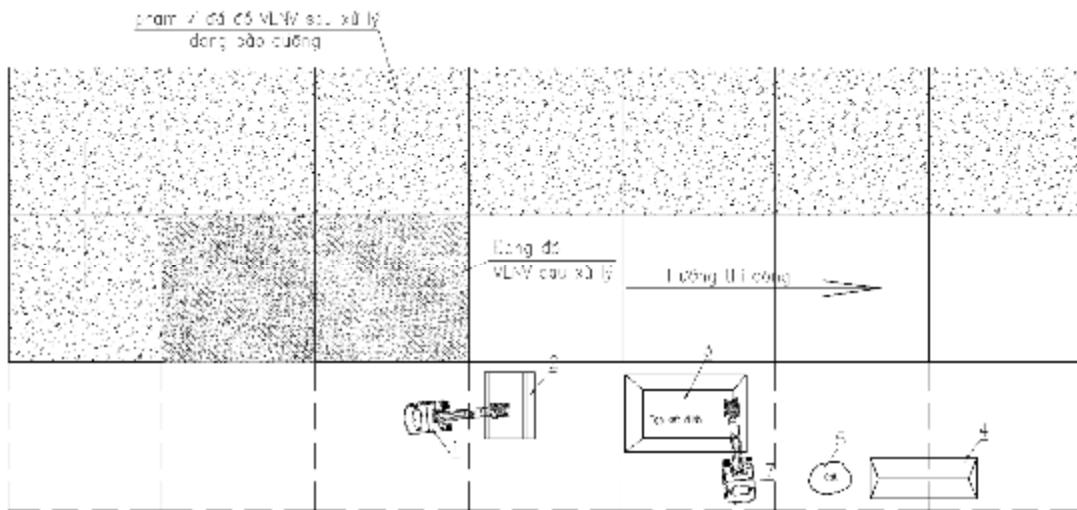
Hình 1.5 - Sơ đồ thi công sử dụng gàu trộn bê tông gắn trên máy xúc lật

Các yêu cầu kỹ thuật chính đặt ra đối với nền đường và san nền: (*) Ổn định nền đường: Phải chịu được tải trọng và tác động môi trường; (*) Độ chặt nền: Không nhỏ hơn 90%, với đường có mặt rải, lớp trên cùng cần đạt 93-95%; (*) Thoát nước: Hệ thống rãnh biên, rãnh đỉnh đảm bảo tiêu thoát nước tốt; (*) Độ dốc mái đường: Phụ thuộc vào loại vật liệu, từ 1:1,5 đến 1:0,5.



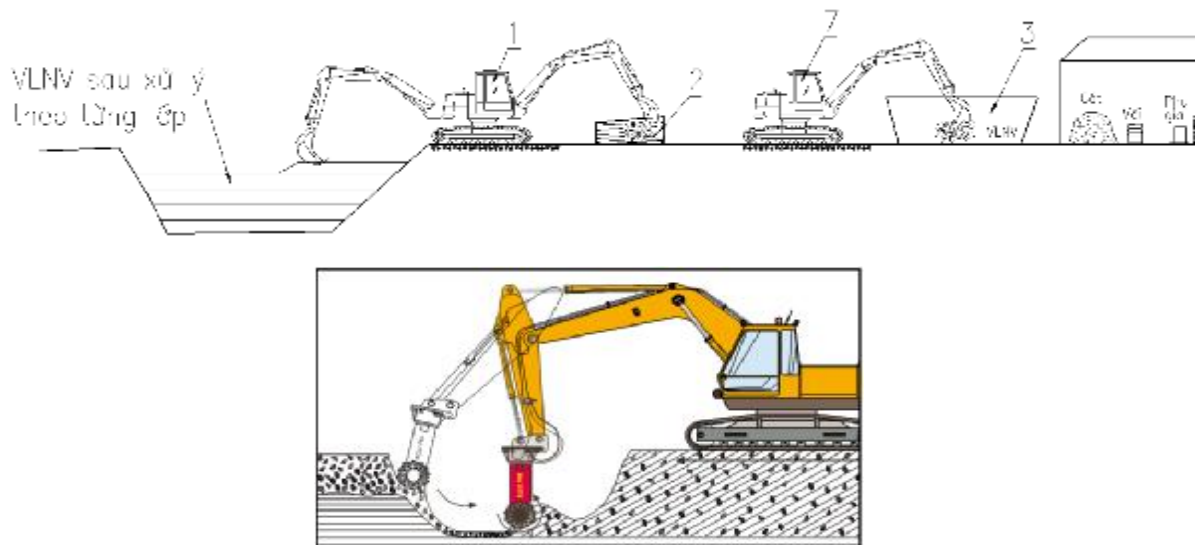
Hình 1.6 - Sơ đồ thi công dạng tịnh tiến

Công nghệ thi công phù hợp với đặc điểm TN-XH: Hai giải pháp chính được đề xuất: (*) **Sử dụng thiết bị trộn tại chỗ bằng công nghệ trộn khô:** Phù hợp với các tuyến đường dài, khối lượng xử lý lớn. Loại này phù hợp với chất kết dính xi măng, chất thay đổi pH môi trường là vôi và chất độn là cát; (*) **Sử dụng máy đào gàu sấp (các loại gàu đào có răng):** Phù hợp với tuyến đường ngắn, điều kiện thi công khó khăn, mặt bằng thi công hẹp như trong các ngõ áp. Để áp dụng đại trà vì địa phương có thiết bị sẵn có.



Hình 1.7 - Sơ đồ thi công của đường được phân thành nhiều ô

Phương pháp thực hiện: (*) Gia cố theo từng lớp: Trộn chất kết dính và VLNV theo từng lớp 20-30cm. Áp dụng khi VLNV được đổ thành khối có chiều dày lớn; **Gia cố theo từng ô:** Phù hợp với nền đường đắp bằng VLNV có bề rộng lớn; **Gia cố theo phương pháp tịnh tiến:** Áp dụng cho đường GTNT có chiều dài ngắn, mặt bằng chật hẹp



Hình 1.8 - Sơ đồ thi công xử lý VLNV từng lớp: a) CN gàu có răng; b) CN trộn khối

Kết luận: VLNV tại Bến Tre có thể tái sử dụng hiệu quả nếu chọn được vật liệu và công nghệ xử lý phù hợp. Từ yêu cầu lựa chọn công nghệ thi công phải linh hoạt, phù hợp với điều kiện thực tế, đề xuất chọn, công nghệ toàn khối và công nghệ gàu có răng để phù hợp với từng loại đường. Riêng đối với san lấp thì có thể sử dụng cả 02 công nghệ trên. Từ đó đề xuất 04 sơ đồ thi công xử lý vật liệu nạo vét để làm nền đường GTNT và san lấp mặt bằng. Cũng cần phải thi công 01 mô hình theo các giải pháp công nghệ xử lý vật liệu nạo vét đã trình bày, để đánh giá tính hợp lý của nó trong thực tiễn.

1.3.2.4 Dự thảo quy trình công nghệ xử lý vật liệu nạo vét

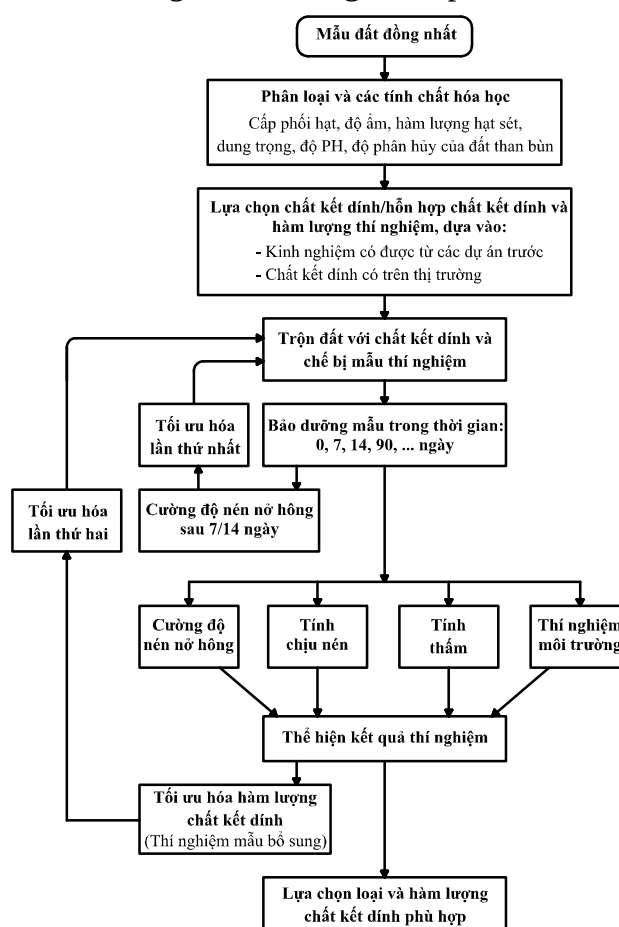
Để nghiên cứu khả năng ứng dụng giải pháp công nghệ và giải pháp vật liệu xử lý VLNV trong điều kiện đặc trưng về tự nhiên-xã hội riêng của tỉnh Bến tre, đề tài đã dự thảo một quy trình với các bước sau:

Giai đoạn 1: Khảo sát và thu thập dữ liệu

- **Xác định nguồn gốc VLNV:** Tách biệt VLNV theo vùng nước (mặn, lợ, ngọt).
- **Phân tích thí nghiệm:** Xác định thành phần hóa học, độ pH, hàm lượng hữu cơ, v.v...
- **Khảo sát địa chất:** Đánh giá khả năng chịu tải, tính kết dính của VLNV.

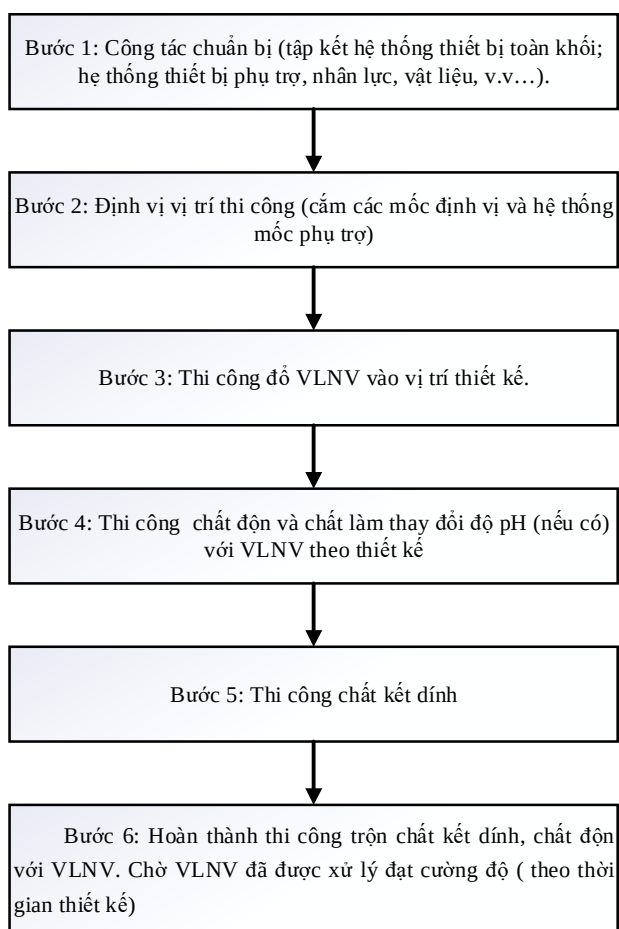
Giai đoạn 2: Thiết kế xử lý VLNV

- Xử lý và ổn định VLNV: Sử dụng cơ chế vật lý và hóa học nhằm đạt mục tiêu đề ra.
- Giảm độ ẩm: Phơi khô hoặc bổ sung chất độn (cát, tro xỉ, v.v..).
- Tăng độ pH: Dùng vôi 4-8% để trung hòa axit.
- Gia cố bằng chất kết dính:
 - o Xi măng: 10-15% tăng khả năng chịu tải.
 - o Tro bay/xi lò cao: 3-7% nâng cao độ bền.
 - o Cát: Giảm độ ẩm, tăng ma sát, tăng độ xốp tạo điều kiện cho thi công.



Hình 1.9 - Lưu đồ thí nghiệm trộn thử trong phòng xác định vật liệu và hàm lượng

Giai đoạn 3: Thi công nền đường bằng VLNV



Hình 1.10 - Quy trình thi công xử lý VLNV theo 02 công nghệ đề xuất

- **Bước 1: Công tác chuẩn bị:** chuẩn bị mặt bằng, tập kết máy móc thiết bị thi công, tập kết vật liệu.
- **Bước 2: Tiến hành thi công thử nghiệm (nếu cần):**
- **Bước 3: Trộn VLNV với chất kết dính:** chốt thông số thi công và giải pháp kiểm tra chất lượng thi công, điều chỉnh giải pháp thi công (nếu cần).
- **Bước 4: Thi công cứng hóa bùn:** Sử dụng công nghệ thi công toàn khối (thiết bị trộn tại chỗ) hoặc công nghệ gàu đào có răng và trộn trong hố móng hoặc thùng trộn; Đầm nén và bảo dưỡng bằng thiết bị thủ công hoặc thiết bị chuyên dụng. Tùy thuộc vào độ ẩm và môi trường xung quanh để quyết định có phun nước giữ ẩm hay không. Nếu giữ ẩm thì giữ trong 7-14 ngày. Cần căn cứ vào chất lượng khối VLNV đã xử lý để thi công tiếp giai đoạn tiếp theo mà không cần phải có thời gian chờ.
- **Bước 5. Kiểm tra chất lượng thi công:** thông qua các thí nghiệm hiện trường, thí nghiệm trong phòng, và kích thước hình học. Kiểm tra cường độ kháng nén: thí nghiệm mẫu và CBR đáp ứng tiêu chuẩn nền đường. Theo dõi chất lượng sau 1-6 tháng.

Giai đoạn 4: Nghiệm thu và bàn giao để thi công giai đoạn tiếp theo

Thực hiện các thủ tục nghiệm thu và bàn giao để thi công giai đoạn tiếp theo.

Kết luận: Nghiên cứu đã đề xuất quy trình giải pháp công nghệ xử lý vật liệu nạo vét (VLNV) để làm nền đường giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng tại Bến Tre, theo quy trình gồm 05 bước. Kết quả khảo sát đồng thời cho thấy VLNV có thể được cứng hóa bằng cách sử dụng xi măng, vôi, tro bay và xỉ lò cao với tỷ lệ phù hợp theo quy trình đề xuất. Các thí nghiệm trong phòng và thực địa khẳng định tính khả thi của phương pháp xử lý này, đặc biệt là ở vùng nước ngọt, lợ. Để phổ biến rộng rãi công nghệ xử lý vật liệu nạo vét (VLNV) để làm nền đường giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng cần xây dựng hướng dẫn các bước khảo sát thiết kế, thi công, kiểm tra nghiệm thu và định mức đơn giá.

1.3.2.5 Xây dựng hướng dẫn các bước khảo sát thiết kế, thi công, kiểm tra nghiệm thu và định mức đơn giá tại tỉnh Bến tre

Như đã trình bày trong nội dung mục 1.3.2.1 và các nội dung liên quan, để phù hợp với điều kiện tự nhiên- xã hội tại tỉnh Bến Tre. Nghiên cứu tập trung vào việc đề xuất hai công nghệ xử lý VLNV làm nền đường giao thông nông thôn:

1. Công nghệ toàn khối: Cho những tuyến đường có khối lượng xử lý lớn, yêu cầu chất lượng cao và tương đối thuận tiện cho phương tiện thi công.
2. Công nghệ sử dụng gàu đào có sẵn: Mục đích chính là phổ biến cho người dân địa phương để tự xử lý lấy những đoạn đường phục vụ dân sinh, trong các thôn ấp, hoặc nơi sản xuất. Sử dụng nhân công và các thiết bị sẵn có tại địa phương.

a. CÁC BƯỚC KHẢO SÁT, THIẾT KẾ, THI CÔNG CÔNG NGHỆ TOÀN KHỐI

- Khảo sát hiện trường:

- o Xác định nguồn VLNV: Đánh giá vị trí khai thác, khối lượng và đặc tính cơ lý.
- o Xác định tuyến đường: Lựa chọn tuyến phù hợp với địa hình, tránh các vùng yếu.
- o Khảo sát địa chất: Lấy mẫu đất và VLNV để đánh giá độ ổn định.

- Thiết kế xử lý:

- o Thiết kế cấp phối VLNV: Sử dụng xi măng, vôi, tro bay hoặc xỉ lò cao để ổn định VLNV.
- o Thiết kế kết cấu nền đường: Độ chặt yêu cầu đạt từ 90-95%.
- o Thiết kế hệ thống thoát nước, và các nội dung khác: Đảm bảo an toàn khi khai thác.

- Thi công xử lý nền đường bằng xử lý VLNV:

- o Chuẩn bị mặt bằng: Dọn dẹp tuyến đường, định vị cọc mốc.

- o Trộn VLNV với chất kết dính: Sử dụng thiết bị trộn chuyên dụng.
- o Đổ và đầm nén VLNV: Thi công theo 1 trong 04 sơ đồ đã đề xuất, hoặc tổ hợp 02 trong 04 sơ đồ nêu trên.
- o Bảo dưỡng nền đường: Tùy thuộc điều kiện thực tế, có thể bảo dưỡng hoặc không. Nhưng tốt nhất là giữ ẩm trong 7-14 ngày để đạt cường độ tối ưu.

b. CÁC BƯỚC KHẢO SÁT, THIẾT KẾ, THI CÔNG CÔNG NGHỆ SỬ DỤNG GÀU ĐÀO CÓ SẴN

- Khảo sát hiện trường:

- o Đánh giá khả năng tiếp cận thiết bị: Xác định tuyến thi công thuận lợi.
- o Xác định tuyến đường: Lựa chọn tuyến phù hợp với địa hình.
- o Khảo sát địa chất: Lấy mẫu đất và VLNV để đánh giá độ ổn định.
- o Xác định đặc tính VLNV: Kiểm tra độ ẩm, độ bền và mức độ tạp chất.

- Thiết kế xử lý:

Tương tự như công nghệ toàn khối. Tuy nhiên có 02 lưu ý thêm: (+) **Lựa chọn phương pháp thi công phù hợp:** Loại gàu đào có răng phổ biến nhất tại địa phương; (+) **Thiết kế mặt cắt nền đường:** Phù hợp với điều kiện địa phương.

- Thi công xử lý nền đường bằng xử lý VLNV:

Tương tự như công nghệ toàn khối. Tuy nhiên cần lưu ý thêm một số vấn đề sau:

- o Nạo vét và vận chuyển VLNV: Dùng gàu đào để xúc VLNV lên bãi phơi hoặc cho trực tiếp trong hố móng.
- o Trộn và xử lý VLNV: Trộn trước với cát để tạo độ xốp khi thi công. Tiếp theo trộn vôi để tạo ra môi trường có pH cao (9-12) thuận lợi cho việc thủy hóa chất kết dính. Sau 24 giờ thì trộn xi măng tại chỗ.
- o Đắp VLNV vào nền đường: Đầm chặt từng lớp 25-30 cm.
- o Bảo dưỡng nền đường: Tùy thuộc điều kiện thực tế, có thể bảo dưỡng hoặc không. Nhưng tốt nhất là giữ ẩm trong 7-14 ngày để đạt cường độ tối ưu.

c. DỰ THẢO ĐỊNH MỨC THI CÔNG XỬ LÝ VẬT LIỆU NẠO VÉT

- Công nghệ toàn khối

- o Định mức vật liệu: 5-15% xi măng, 4-8% vôi, cát < 10% hoặc 3-5% tro bay, 3-7% tro xỉ, 5-15% xi măng.
- o Định mức nhân công: 3-5 công nhân/m³ VLNV.
- o Định mức thời gian: 3-5 ngày/100m nền đường bằng VLNV sâu H < 7 m.

- Công nghệ gàu đào

- o Định mức vật liệu: 5-15% xi măng, 4-8% vôi, cát < 10% hoặc 3-5% tro bay, 3-7% tro xỉ, 5-15% xi măng.
- o Định mức nhân công: 5-9 công nhân/m³ VLNV.
- o Định mức thời gian: 5-7 ngày/100m nền đường sâu H < 2 m.

d. SƠ BỘ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ VÀ MÔI TRƯỜNG

- **Về hiệu quả kinh tế: (+) Công nghệ toàn khối:** Chi phí cao hơn nhưng tốc độ thi công nhanh, nền đường có chất lượng tốt, bền vững, có thể làm nền đường cấp cao; **(+) Công nghệ gàu đào:** Đơn giản hơn, chi phí thấp hơn, có thể phổ cập rộng rãi đến người dân. Tuy thời gian thi công kéo dài hơn, nhưng người dân có thể tự làm cho đường của mình mà không cần đòi hỏi cao về trình độ nhân công, cũng như thiết bị đặc chủng; **(+)** Có thể so sánh về giá như sau: hiện tại cát vàng trên địa bàn 380.000 đ/m³ (không tính vận chuyển đến chân công trình). Khi xử lý 1 m³ VLNV để đạt chỉ tiêu xử lý, cần xi măng 15% tương đương 486.000 đ; vôi 4% tương đương 72.000 đ; cát 10% tương đương 19.000 đ. Như vậy, giá xử lý 1 m³ VLNV bằng gàu đào cần 577.000 đ, **nhiều hơn so với phương án đắp cát khoảng 15%**. Nếu sử dụng phương án tro trấu thay 50% xi măng và tro đáy nhà máy đốt rác thay 50% cát thì giá thành xử lý 1 m³ VLNV bằng gàu đào cần xi măng 243.000 đ; vôi 36.000 đ; cát 9.500 đ. Như vậy, giá xử lý 1 m³ VLNV bằng gàu đào cần 288.500 đ, **rẻ hơn so với phương án đắp cát 7,5%**.

- **Hiệu quả môi trường: (+) Công nghệ toàn khối:** Giảm ô nhiễm không khí, nước, tận dụng VLNV hiệu quả; **(+) Công nghệ gàu đào:** Hạn ô nhiễm nước, nhưng cần diện tích thi công lớn hơn. Và nhìn chung việc sử dụng cả 02 xử lý VLNV làm hạn chế ô nhiễm môi trường, hạn chế tác động môi trường do việc khai thác cát từ đó làm hạn chế trượt lở bờ sông, biển cũng như xâm nhập mặn.

Kết luận: Nhằm phổ biến công nghệ rộng rãi, tiếp theo bước xây dựng quy trình. Đề tài đã xây dựng hướng dẫn đầy đủ từ công tác khảo sát, thiết kế, thi công và kiểm tra nghiệm thu. Đồng thời bước đầu xây dựng định mức đơn giá của công nghệ cho địa phương để áp dụng rộng rãi. Sau một thời gian áp dụng có thể điều chỉnh cho phù hợp. Nhìn chung, việc áp dụng hai công nghệ xử lý VLNV giúp giảm giá thành đầu tư, tận dụng hiệu quả tài nguyên, giảm chi phí san lấp và bảo vệ môi trường. Tuy nhiên, tùy vào điều kiện công trình thực tế, có thể lựa chọn 01 trong 02 công nghệ nói trên để triển khai cho phù hợp. Đồng thời, cần nghiên cứu phương án thay 50% xi măng bằng tro trấu, hoặc tro rom rạ và thay cát bằng tro đáy của nhà máy đốt rác, nhằm giảm giá thành đầu tư xây dựng.

1.3.2.6 Xây dựng mô hình thử nghiệm

- Giới thiệu mô hình: Công trình thử nghiệm là đường dẫn vào trụ sở nhà văn hóa ấp An Khương, giáp huyện lộ 92 xã Mỹ An, huyện Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre. Theo phê duyệt, mô hình có chiều dài x rộng 75x2,5 m. Thực tế đã thi công 78x2,5m.



Hình 1.11 - Vị trí mô hình thử nghiệm

- Giải pháp thiết kế xử lý VLNV làm nền đường:

- **Mục đích và yêu cầu thiết kế**

Phần đáy nền đường đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo độ bền và ổn định công trình. Yêu cầu: (+) Đảm bảo khả năng chịu lực của nền đường; (+) Giảm hiện tượng lún và nứt gãy do tải trọng xe; (+) Đáp ứng yêu cầu thoát nước và ổn định lâu dài.

- **Cấu tạo lớp đáy nền đường:** (+) Lớp gia cố ban đầu: Sử dụng VLNV đã xử lý với vôi để tăng pH, giúp xi măng thủy hóa hoàn toàn. Trộn VLNV với 15% xi măng, 4% vôi và 10% cát để tăng cường độ chịu lực. (+) Lớp đầm chặt sát mặt đường: Đảm bảo độ chặt $K \geq 93-95\%$ để hạn chế lún nền.
 - **Tải trọng tiêu chuẩn:** (+) Xe tải trọng trục đơn: 2.5 tấn; (+) Xe tải trọng trục kép: 6 tấn; (+) Hệ số xung kích: 1.2.
 - **Ảnh hưởng của tải trọng lên nền đường:** (+) Tải trọng bánh tiêu chuẩn: 1250 kg; (+) Tải trọng bánh tính toán: 1500 kg. Kết quả tính toán cho thấy, ứng suất kéo uốn tối đa: 18.3 daN/cm^2 , nhỏ hơn ứng suất cho phép $29.75 \text{ daN/cm}^2 \rightarrow$ nền đường đảm bảo chịu lực.
- Nhận xét về chịu tải trọng trục: (+) Với tải trọng xe thiết kế, nền đường không phát sinh biến dạng dẻo; (+) Ứng suất tối đa nhỏ hơn ứng suất cho phép, đảm bảo khả năng chịu tải; (+) Nền đường ổn định dưới tác động tải trọng động và nhiệt độ môi trường.
- **Độ dày lớp móng:** (+) **Lớp móng dưới:** 30 cm, đất tại chỗ gia cố xi măng 20%; (+) **Mặt đường:** 20 cm, bê tông M250; (+) **Lớp đáy nền đường:** VLNV cứng hóa với chất kết dính, chất thay đổi pH và chất độn.
 - **Hệ số an toàn và độ lún tính toán:** (+) Hệ số an toàn $K = 1.45$, đạt yêu cầu theo TCVN $K \geq 1.4$; (+) Độ lún $\Delta y = 8 \text{ cm}$, nhỏ hơn giới hạn cho phép 40 cm. Do đó, nền đường đảm bảo an toàn về ổn định và lún.
 - **Dự toán thiết kế:** (+) Căn cứ Dự thảo định mức thi công xử lý vật liệu nạo vét theo công nghệ toàn khối và công nghệ gàu đào trên địa bàn tỉnh Bến tre và Nghị định

10/2021/NĐ-CP ngày 09/02/2021 của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng và các quy định khác có liên quan, v.v...; (+) Xác định dự toán hạng mục chính: Xử lý nền móng: 57.199.006 đồng; Thi công lớp móng dưới: 99.517.442 đồng; Thi công lớp móng trên và mặt đường: 97.406.157 đồng; Tổng dự toán: 414.234.000 đồng (gồm cả xử lý sạt mái ao thủy sản, kiểm tra đánh giá chất lượng, quan trắc).

- **Thi công mô hình thử nghiệm:** (+) Chuẩn bị hiện trường: (*) Dọn dẹp phá dỡ tấm BT cũ, xác định tuyến đường, đánh dấu cao độ; Đào móng, xử lý nền đất yếu bằng VLNV đã gia cố; (+) Thi công nền đường: (*) Rải lớp cát tạo cốt (5-10%) trộn đều với VLNV; (*) Trộn vôi 4% với VLNV, để tăng pH; (*) Sau 24 giờ, trộn xi măng (10-15%); (*) San phẳng, đầm chặt đạt $K \geq 93\%$ (*) Chờ 72 giờ để nền đường đạt cường độ yêu cầu; (*) Thi công lớp móng trên và mặt đường: Rải lớp geocell dày 10 cm. Đổ bê tông M250 dày 20 cm. Cắt khe giãn nở, bảo dưỡng trong 7 ngày.

- **Công tác giám sát, kiểm tra đánh giá chất lượng:**

Giám sát quá trình thi công

- o Kiểm tra chất lượng vật liệu đầu vào (VLNV, xi măng, vôi, cát,...).
- o Giám sát tỷ lệ trộn vật liệu và độ đồng đều của lớp móng.
- o Đánh giá độ chặt của nền đường sau đầm nén.

Kiểm tra nghiệm thu

- o Thử nghiệm sức chịu tải: Đánh giá khả năng chịu lực của nền đường thông qua thí nghiệm hiện trường CBR.
- o Kiểm tra độ bền mẫu VLNV sau xử lý: Lấy mẫu và thí nghiệm trong phòng.



Hình 1.12 - Thí nghiệm trong phòng và kiểm tra CBR trên hiện trường.

Kết luận: Mô hình thử nghiệm xử lý VLNV làm nền đường giao thông nông thôn tại Bến Tre đáp ứng đầy đủ yêu cầu về kết cấu và tải trọng theo tiêu chuẩn TCVN. So với

phương án sử dụng cát tự nhiên (theo truyền thống), phương pháp này có kinh phí hợp lý hơn, tận dụng hiệu quả các loại vật liệu sẵn có tại địa phương, giúp thi công thuận lợi. Hiện tại, công trình ổn định, không phát sinh lún cục bộ hay hư hỏng bề mặt. Tuy nhiên, cần tiếp tục theo dõi trong thời gian dài để đánh giá khả năng chịu tải và độ bền của nền đường dưới các điều kiện thực tế.

2. DANH MỤC KẾT QUẢ, SẢN PHẨM KHOA HỌC CÔNG NGHỆ ĐẠT ĐƯỢC VỚI SỐ LƯỢNG, CHỦNG LOẠI VÀ CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG, YÊU CẦU KHOA HỌC CHÍNH

2.1 Các loại báo cáo

Bảng 2.1 - Các loại báo cáo

Tên tài liệu	Số lượng	Thời gian giao nộp
Báo cáo định kỳ tình hình thực hiện đề tài	2	Tháng 6 và 12 hàng năm
Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật đề tài	1	03/2025
Báo cáo tóm tắt đề tài	1	03/2025

2.2 Kết quả dạng I, II, III

Bảng 2.2 - Các kết quả dạng I

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học dự kiến	Kết quả đạt được
1	Đoạn đường GTNT cấp C (sử dụng VLNV làm nền)	- Theo quy định QĐ 932/QĐ-BGTVT ngày 18/07/2022: - Đảm bảo hệ số an toàn $k=1,4$; - VLNV sau khi xử lý đạt trạng thái dẻo cứng ($0,25 < B < 0,5$), cường độ đạt $q_u \geq 0,5 \text{ kg/cm}^2$. - Hệ số đầm chặt đối với nền đường phía trên (lớp móng trên) bằng đất tại chỗ hoặc VLNV đã xử lý, $K \geq 0,95$. - Hệ số đầm chặt đối với nền đường phía dưới (lớp đáy móng) VLNV đã xử lý, $K \geq 0,93$	Công trình xử lý dài 75 m, rộng 2,5 m (thực tế 100x2,5m). Đáp ứng: - Theo quy định QĐ 932/QĐ-BGTVT ngày 18/07/2022; - Đảm bảo hệ số an toàn $k=1,4$; - VLNV sau khi xử lý đạt trạng thái dẻo cứng ($0,25 < B < 0,5$), cường độ đạt $q_u \geq 0,5 \text{ kg/cm}^2$. - Hệ số đầm chặt đối với nền đường phía trên (lớp móng trên) bằng đất tại chỗ hoặc VLNV đã xử lý, $K \geq 0,95$.

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học dự kiến	Kết quả đạt được
			- Hệ số đầm chặt đối với nền đường phía dưới (lớp đáy móng) VLNV đã xử lý, $K \geq 0,93$

Bảng 2.3 - Các kết quả dạng II

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học dự kiến	Kết quả đạt được
1	Báo cáo đánh giá thực trạng về thành phần vật chất của các loại bùn nạo vét trên các hệ thống luồng lạch, kênh mương thuộc địa bàn tỉnh Bến Tre	- Đánh giá được thành phần vật chất của các loại bùn nạo vét trên hệ thống luồng lạch, kênh mương ở địa phương. - Định hướng được loại chất kết dính, chất độn sử dụng để cứng hóa.	- Đánh giá được thành phần vật chất của các loại bùn nạo vét trên hệ thống luồng lạch, kênh mương ở địa phương. - Định hướng được loại chất kết dính, chất độn sử dụng để cứng hóa.
2	Báo cáo cơ sở khoa học của giải pháp cứng hóa bùn trên địa bàn tỉnh Bến Tre.	- Các kết quả thí nghiệm VLNV (ngot, mặn, lợ) với chất kết dính và chất độn với các tỷ lệ khác nhau. - Kiến nghị được tỷ lệ chất kết dính, chất độn thích hợp cho các mục đích xây dựng (làm nền đường GTNT; san lấp mặt bằng).	- Các kết quả thí nghiệm VLNV (ngot, mặn, lợ) với chất kết dính và chất độn với các tỷ lệ khác nhau. - Kiến nghị được tỷ lệ chất kết dính, chất độn thích hợp cho các mục đích xây dựng (làm nền đường GTNT; san lấp mặt bằng).
3	Báo cáo đề xuất các giải pháp cứng hóa bùn phục vụ công tác xây dựng công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng.	- Nêu được đặc điểm nguồn VLNV, nguồn vật liệu kết dính và chất độn; điều kiện thi công của địa phương; nhu cầu sử dụng VLNV cho mục đích xây dựng. - Phân tích, đề xuất được giải pháp xử lý VLNV	- Nêu được đặc điểm nguồn VLNV, nguồn vật liệu kết dính và chất độn; điều kiện thi công của địa phương; nhu cầu sử dụng VLNV cho mục đích xây dựng.

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học dự kiến	Kết quả đạt được
		phù hợp với đặc điểm của địa phương.	- Phân tích, đề xuất được giải pháp xử lý VLNV phù hợp với đặc
4	Dự thảo quy trình cứng hóa bùn nạo vét làm nền đường công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng.	- Quy trình lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng, công tác khảo sát hiện trường đối với công nghệ cứng hóa bùn nạo vét làm nền đường công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng phù hợp với đặc tính của công nghệ. - Quy trình thiết kế, thi công và nghiệm thu công nghệ cứng hóa bùn nạo vét làm nền đường công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng phù hợp với đặc tính của công nghệ.	- Quy trình lấy mẫu thí nghiệm và thí nghiệm trong phòng, công tác khảo sát hiện trường đối với công nghệ cứng hóa bùn nạo vét làm nền đường công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng phù hợp với đặc tính của công nghệ. - Quy trình thiết kế, thi công và nghiệm thu công nghệ cứng hóa bùn nạo vét làm nền đường công trình giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng phù hợp với đặc tính của công nghệ.
5	Dự thảo quy trình các bước khảo sát thiết kế và thi công công nghệ cứng hóa bùn nạo vét phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn.	- Hướng dẫn khảo sát thiết kế (lấy mẫu; thí nghiệm mẫu) công nghệ cứng hóa bùn nạo vét phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn khả thi. - Hướng dẫn thiết kế, thi công, nghiệm thu công nghệ cứng hóa bùn nạo vét phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn khả thi.	- Hướng dẫn khảo sát thiết kế (lấy mẫu; thí nghiệm mẫu) công nghệ cứng hóa bùn nạo vét phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn khả thi. - Hướng dẫn thiết kế, thi công, nghiệm thu công nghệ cứng hóa bùn nạo vét phục vụ xây dựng đường giao thông nông thôn khả thi.

TT	Tên sản phẩm	Yêu cầu khoa học dự kiến	Kết quả đạt được
6	Hồ sơ khảo sát thiết kế mô hình thử nghiệm (Đoạn đường GTNT cấp C, sử dụng VLNV làm nền)	- Đáp ứng các yêu cầu đường GTNT cấp C. - Khả thi để thi công.	- Đáp ứng các yêu cầu đường GTNT cấp C. - Khả thi để thi công.
7	Báo cáo phân tích hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của mô hình sử dụng VLNV làm đường GTNT cấp C	- Đánh giá được hiệu quả của mô hình sử dụng VLNV làm nền đường so với giải pháp truyền thống.	- Đánh giá được hiệu quả của mô hình sử dụng VLNV làm nền đường so với giải pháp truyền thống.

2.3 Kết quả dạng III

Bảng 2.4 - Các kết quả dạng IV

TT	Tên sản phẩm	Nơi công bố	Kết quả
1	Hỗ trợ đào tạo Thạc sỹ (hoặc Tiến sỹ) ngành Xây dựng công trình thủy hoặc ĐKT	Trường Đại học Thủy lợi; Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.	- 01 Học viên cao học với luận văn thạc sỹ tại Đại học Thủy lợi. Tên đề tài: Nghiên cứu xử lý vật liệu nạo vét để làm nền đê bao kết hợp đường giao thông nông thôn. Áp dụng cho đoạn D3 huyện Thạch phú tỉnh Bến tre theo QĐ số....ngày....tháng 03 năm 2024.
2	Ít nhất 01 bài báo khoa học	Đáp ứng yêu cầu của một công trình khoa học có phản biện.	Đã xuất bản 02 bài, trong đó có 01 bài báo khoa học trong nước và 01 bài quốc tế. Cụ thể là các bài: -Giải pháp cải tạo vật liệu nạo vét từ hệ thống công trình thủy lợi để làm nền đường giao thông nông thôn và san lấp mặt bằng trên địa bàn tỉnh Bến tre trên tạp chí Khoa học Công

TT	Tên sản phẩm	Nơi công bố	Kết quả
			nghệ Thủy lợi (ISSN 1859-4255) số 87 tháng 12-2024. - Experimental methods of soil-cement materials testing: A typical study trên tuyển tập hội nghị khoa học quốc tế Cơ học đá- VietRock2024 - Vietnamese National Congress of Rock Mechanics and Rock Engineering - an ISRM Specialized Conference (ISBN 987-604-357-308-4)

2.4 TÌNH HÌNH ĐĂNG KÝ BẢO HỘ QUYỀN SỞ HỮU CÔNG NGHIỆP, QUYỀN ĐỐI VỚI GIỐNG CÂY TRỒNG

Bảng 2.5 - Sản phẩm đăng ký sáng chế

Số TT	Tên sản phẩm đăng ký	Kết quả		Ghi chú (Thời gian kết thúc)
		Theo kế hoạch	Thực tế đạt được	
1	Sáng chế: Giải pháp xử lý mặt đê hư hỏng khi kết hợp làm đường giao thông.	01	02 Chấp nhận và công bố đơn giải pháp hữu ích	Số đơn: 2-2022-00004; ngày công bố đơn 15/04/2022
2	Sáng chế: Giải pháp xử lý vật liệu nạo vét để làm nền giao thông nông thôn, đắp bờ bao (đê bao).		Chấp nhận và công bố đơn giải pháp hữu ích	Số đơn: 2-2024-00942; ngày công bố đơn 05/08/2024

3. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG KẾT QUẢ CỦA ĐỀ TÀI VÀO CÁC LĨNH VỰC VÀ THỰC TIỄN XÃ HỘI

3.1 Khả năng ứng dụng kết quả của đề tài

Kết quả nghiên cứu về xử lý vật liệu nạo vét (VLNV) để làm nền đường giao thông nông thôn có tính ứng dụng cao trong điều kiện đặc thù của tỉnh Bến Tre và Đồng bằng sông Cửu Long. Giải pháp này phù hợp với đặc điểm tự nhiên và kinh tế - xã hội của

khu vực, tận dụng nguồn VLNV sẵn có để giảm chi phí xây dựng và hạn chế khai thác cát tự nhiên. Công nghệ thi công đơn giản, phù hợp với thiết bị hiện có tại địa phương và khả năng triển khai của người dân. Ngoài ra, việc tái sử dụng VLNV giúp giảm thiểu tác động môi trường, hạn chế bồi lắng lòng sông, cải thiện giao thông thủy và giảm nguy cơ sạt lở do khai thác cát. Đây là giải pháp bền vững, có thể mở rộng và nhân rộng trong các dự án hạ tầng giao thông nông thôn ở ĐBSCL.

3.2 Phạm vi ứng dụng kết quả của đề tài

Kết quả nghiên cứu có phạm vi ứng dụng rộng rãi trong điều kiện đặc thù của tỉnh Bến Tre và Đồng bằng sông Cửu Long, nơi có hệ thống kênh rạch dày đặc và khối lượng lớn vật liệu nạo vét cần xử lý. Giải pháp tận dụng VLNV làm nền đường giao thông nông thôn phù hợp với điều kiện tự nhiên và kinh tế - xã hội của khu vực, giúp giảm chi phí so với phương án dùng cát tự nhiên. Công nghệ thi công đơn giản, tận dụng vật liệu và thiết bị có sẵn tại địa phương, dễ áp dụng với lực lượng lao động địa phương. Bên cạnh lợi ích kinh tế, phương án này còn góp phần giảm tác động tiêu cực đến môi trường, hạn chế xói lở do khai thác cát, cải thiện hệ thống thủy lợi và giao thông thủy, mang lại hiệu quả bền vững cho khu vực ĐBSCL.

4. KINH PHÍ

- Giá trị hợp đồng đề tài: 2.100.000.000 đ
- Tổng kinh phí đã cấp: 1.940.766.000 đ
- Kinh phí đã giải ngân đến 02/2024: 1.477.001.118 đ
- Kinh phí giải ngân (dự trù đến hết 30/04/2025): 2.066.450.000 đ

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1 Kết luận

1. Đề tài đã hoàn thành các nội dung trong đề cương về chất lượng cũng như khối lượng.

2. Nhu cầu tái sử dụng VLNV để làm vật liệu xây dựng công trình dạng khối đắp như làm đường GTNT, san lấp mặt bằng, v.v... nhằm làm giảm tác động đối với môi trường - xã hội, tiết kiệm được diện tích đất nông nghiệp là việc làm có lợi về nhiều mặt, đáp ứng được yêu cầu cấp bách trước mắt và lâu dài đối với các tỉnh Đồng bằng sông Cửu long nói chung và tỉnh Bến Tre nói riêng. Đặc biệt, đối với tỉnh Bến Tre trong tương lai khi phải nạo vét những hệ thống kênh, sông lớn thì vấn đề này sẽ có ý nghĩa quan trọng hơn.

Dựa trên số liệu điều tra khối lượng VLNV trên hiện trường cho thấy, tại Bến Tre tốc độ dòng chảy trong các con kênh là nhỏ, vì thế khả năng bồi lắng rất mạnh, thường chỉ khoảng 2÷3 năm đã phải tiến hành nạo vét. Tuy nhiên, do kinh phí bố trí cho công tác

nao vết có hạn, nên trữ lượng VLNV hàng năm (chỉ tính với kênh, nương thủy lợi) chỉ đạt mức độ nhất định. Tuy nhiên, vì không có khối lượng VLNV lớn tập trung ở một vị trí, mà chủ yếu rải rác (dọc theo vị trí kênh được nao vét), việc vận chuyển đường bộ đến vị trí đến công trình nhìn chung là không thuận lợi. Ngoài ra tùy thuộc vào khu vực mà VLNV có thể có đặc tính của 03 khu vực mặn, lợ, ngọt và đặc tính hàm lượng hữu cơ cao của sông tự nhiên.

Dựa trên kết quả thí nghiệm trong phòng cho thấy, do VLNV ở đây mang đặc tính 03 khu vực mặn, lợ, ngọt. Hơn nữa trong thành phần hạt thì chủ yếu là hạt mịn, hàm lượng hữu cơ cao $> 10\%$. Do đó hỗn hợp vật liệu gồm chất kết dính là xi măng từ $5\div 15\%$, chất tăng độ pH là vôi $4-8\%$, chất độn làm tăng tỷ lệ hạt thô là cát từ $10\div 20\%$ tùy từng trường hợp cụ thể là hỗn hợp xử lý hợp lý nhất (có thể xử lý được mọi loại VLNV có ở địa phương, kể cả đối với kênh, sông tự nhiên và đạt được cường độ gia cố yêu cầu).

Đặc điểm công trình dạng khối đắp trên địa bàn của tỉnh theo quy mô có 2 dạng: (1) Dạng thi công tập trung có diện tích đắp lớn hoặc chiều dài lớn, cả 2 loại hình này đều dẫn đến khối lượng đắp lớn; và (2) dạng thi công phân tán có đặc điểm ngược lại với loại thứ 1, dạng này thường có điều kiện đi lại khó khăn, mặt bằng thi công chật hẹp, nằm sâu trong các xã, ấp. Có tải trọng tác dụng lên công trình nhỏ. Để phù hợp với đặc điểm xây dựng nêu trên của địa phương, đã lựa chọn 2 công nghệ thi công phù hợp: (1) Đối với dạng 1 chọn công nghệ thi công trộn khối; và (2) Đối với dạng 2 chọn thiết bị thi công là các loại gầu đào có sẵn tại địa phương, nhân công địa phương. Cả 2 loại công nghệ này đều thi công với hỗn hợp vật liệu đã đề xuất ở trên, theo một quy trình xử lý đã đề xuất.

Từ các kết quả trên, đã tiến hành xây dựng quy trình và các hướng dẫn thiết kế, thi công và nghiệm thu sử dụng VLNV để làm nền đường GTNT, san lấp mặt bằng. Đồng thời xây dựng dự thảo định mức cho từng loại công nghệ để bước đầu áp dụng trong thực tế.

3. Để có cơ sở áp dụng kết quả nghiên cứu vào thực tiễn sản xuất, đề tài đã xây dựng một mô hình thử nghiệm quy mô dài 75 m rộng 2,5 m (Vật liệu VLNV sau khi xử lý đạt đạt trạng thái dẻo cứng ($0,25 < B < 0,5$), cường độ đạt $q_u \geq 0,5 \text{ kg/cm}^2$), và dựa trên cơ sở này để phân tích hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của mô hình sử dụng VLNV làm đường GTNT. Kết quả bước đầu cho thấy, VLNV sau xử lý đạt yêu cầu làm nền đường GTNT và có hiệu quả kinh tế-kỹ thuật nhất định. Tuy nhiên, cần tiếp tục theo dõi và áp dụng trong một thời gian nhất định để tiếp tục đánh giá và hiệu chỉnh các thông số kỹ thuật, cũng như định mức kinh tế-kỹ thuật.

4. Việc áp dụng hai công nghệ xử lý VLNV do đề tài đề xuất, giúp làm giảm giá thành đầu tư công trình, tận dụng hiệu quả tài nguyên, và bảo vệ môi trường do việc khai thác cát. Từ đó làm hạn chế trượt lở bờ sông, biển cũng như xâm nhập mặn, v.v... Tuy nhiên,

tùy vào điều kiện thực tế, mỗi địa phương có thể lựa chọn công nghệ phù hợp để triển khai vào công trình cụ thể, sao cho thuận lợi nhất.

5.2 Kiến nghị

1. Mặc dù việc quan trắc, đánh giá mô hình thử nghiệm cho thấy hiệu quả bước đầu. Tuy nhiên, do thời gian thi công và đánh giá quan trắc ngắn (chỉ trong khuôn khổ của một đề tài nghiên cứu), nên cũng có thể chưa đánh giá được hết khả năng làm việc của công trình trong thực tế điều kiện tại địa phương. Vì vậy, đề nghị các cấp quản lý tiếp tục theo dõi, đánh giá để có những nhận định đúng đắn hơn.

2. Do đây mới chỉ là một mô hình có quy mô rất nhỏ, mang tính chất thử nghiệm bước đầu, do đó có thể chưa có khả năng phản ánh hết những điều kiện của công trình với nhiều loại quy mô trong thực tế. Vì vậy, các cơ quan quản lý nên cho tiếp tục một dự án sản xuất thử nghiệm (dự án P) hoặc cho áp dụng trong thực tế một số dự án trong một thời gian nữa để tiếp tục đánh giá và hiệu chỉnh các thông số kỹ thuật, cũng như hiệu chỉnh định mức kinh tế-kỹ thuật cho phù hợp.

3. Ngoài ra, để giảm giá thành xử lý VLNV đề nghị tiếp tục cho nghiên cứu thay thế bốt 50 ÷ 70 % hàm lượng xi măng bằng tro trấu, tro rơm rạ và thay cát bằng tro đáy thải của nhà máy đốt rác (tương lai sẽ rất phổ biến).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Phùng Vĩnh An, Nguyễn Đình Hải và nnk (2015), “*Nghiên cứu giải pháp công nghệ xử lý nền đất yếu bằng công nghệ trộn đất tại chỗ với chất kết dính vô cơ phục vụ xây dựng công trình thủy lợi*”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN và PTNT.
- [2] Nguyễn Quang Chiêu và Phạm Huy Khang (2006), “*Xây dựng mặt đường ô tô*” Nhà xuất bản giao thông vận tải, 2006.
- [3] Đỗ Minh Toàn (1992), “Sự hình thành đặc tính DCCT của các thành tạo trầm tích Holocen, nguồn gốc biển-đầm lầy ở Bắc Bộ và khả năng sử dụng chúng trong mục đích xây dựng”, Luận án Tiến sĩ.
- [4] Lê Huy Cú (2007), “*Nghiên cứu gia cố đất bằng các phụ gia vô cơ để xây dựng công trình*”, Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ đề tài, Liên hiệp các hội khoa học và kỹ thuật Việt Nam, Tổng hội Địa chất Việt Nam.
- [5] Phùng Vĩnh An và nnk (2010) “*Nghiên cứu ứng dụng giải pháp xử lý nền móng công trình thủy lợi trên đất yếu trên vùng ĐBSCL bằng cột đất xi măng khoan trộn sâu*”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN và PTNT.
- [6] Ngô Anh Quân và nnk (2022) “*Nghiên cứu công nghệ cứng hóa đất bùn nạo vét để sử dụng trong san lấp mặt bằng thay thế cát*”. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước.
- [7] TCVN 11820-9:2023 Tiêu chuẩn Việt Nam. Công trình cảng Biển- Yêu cầu thiết kế. Phần 9: nạo Vét và Tôn Tạo
- [8] Quyết định số 932/QĐ-BGTVT ngày 18/07/2022 của Bộ Giao thông Vận tải, về việc hướng dẫn thực hiện tiêu chí về nông thôn thuộc bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới/ xã nông thôn mới nâng cao và huyện nông thôn mới /huyện nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025;
- [9] TCVN 4054:2005, Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế;
- [10] TCXDVN 104:2007, Đường đô thị- yêu cầu thiết kế;
- [11] TCVN 10380:2014, Đường Giao thông nông thôn - Yêu cầu thiết kế;
- [12] TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm - các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế;
- [13] TCCS 39:2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông;
- [14] QCVN 41:2019/BGTVT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về báo hiệu đường bộ;
- [15] TCCS 38:2022/TCĐBVN, Áo đường mềm – các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.
- https://diaochongthai.com/ban-do-ben-tre/#Thanh_pho_Ben_Tre
- <https://qacons.com/san-lap-mat-bang-tieu-chuan-thiet-ke-thi-cong-va-giam-sat/>
- [16] Thông tư số 13/2021/TT-BXD ngày 31/08/2021 của Bộ Xây dựng hướng dẫn

phương pháp xác định các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và đo bóc khối lượng công trình

[17] Phương án phát triển kết cấu hạ tầng giao thông vận tải tỉnh Bến Tre thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến 2050, Sở Kế hoạch và Đầu tư tỉnh Bến Tre.

[18] Nghiên cứu cải tạo đất yếu (bùn sét hữu cơ) phân bố ở huyện Gò Quao và Giồng Riềng tỉnh Kiên Giang bằng xi măng kết hợp với phụ gia (Vôi), đánh giá khả năng sử dụng chúng trong xây dựng công trình thủy lợi. Viện Thủy Công, Hà Nội 2013.

[18] Nguyễn Huy Phương, Đỗ Minh Toàn, Tạ Đức Thịnh (2005). Các phương pháp tính toán và công nghệ cải tạo, xử lý nền. Bài giảng cao học, Trường Đại học Mở địa chất.

Tiếng Anh

[19] F. Al-Ajmi, H. Abdalla, M. Abdelghaffar, and J. Almatawah (2016), “Strength Behavior of Mud Brick in Building Construction”, *Open J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. 3, p. 482.

[20] Y. Yi, C. Li, S. Liu, and M. Asce (2010), “Alkali-Activated Ground-Granulated Blast Furnace Slag for Stabilization of Marine Soft Clay”, *J. Materail Civ. Eng.*, vol. 11, no. 4, pp. 246–250.

[21] Z. Liu, C. S. Cai, F. Liu, and F. Fan (2016), “Feasibility Study of Loess Stabilization with Fly Ash–Based Geopolymer”, *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 28, no. 5, p. 4016003.

[22] Kunal, R. Siddique, A. Rajor, and M. Singh (2016), “Influence of Bacterial-Treated Cement Kiln Dust on Strength and Permeability of Concrete”, *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 28, no. 10, p. 4016088.

[23] J. B. Croft (1967), “The Influence of Soil Mineralogical Composition on Cement Stabilization”, *Géotechnique*, vol. 17, no. 2, pp. 119–135.

[24] J. G. Laguros and D. T. Davidson (1963), “Effect of chemicals on soil-cement stabilization”, *Cem. soil Mix. 10 reports Present. 42nd Annu. Meet. - January 7-11, 1963.*, pp. 172–208.

[25] M. D. Liu and S. Pemberton (2010), “A study of the strength of lime treated soft clays”, *Int. Symp. Exhib. Geotech. Geosynth. Eng. Challenges Oppor. Clim. Chang.*, no. December, pp. 245–251.

[26] R. Snellings, G. Mertens, and J. Elsen (2012), “Supplementary Cementitious Materials”, *Rev. Mineral. Geochemistry*, vol. 74, no. 1, pp. 211–278.

[27] L. De Windt, D. Deneele, and N. Maubec (2014), “Kinetics of lime/bentonite pozzolanic reactions at 20 and 50 C: Batch tests and modeling”, *Cem. Concr. Res.*, vol. 59, pp. 34–42.

[28] P. F. Luckham and S. Rossi (1999), “The colloidal and rheological properties of

bentonite suspensions”, *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 82, no. 1, pp. 43–92.

[29] W.-I. Hung, K.-C. Chang, Y.-H. Chang, and J.-M. Yeh (2015), “Advanced Anticorrosive Coatings Prepared from Polymer-Clay Nanocomposite Materials”

[30] I. Kögel-Knabner (2002), “The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter” *Soil Biol. Biochem.*, vol. 34, no. 2, pp. 139–162.

[31] G. Lagaly (1986), “Interaction of alkylamines with different types of layered compounds,” *Solid State Ionics*, vol. 22, no. 1, pp. 43–51.