

PHÂN LOẠI KHOÁNG VẬT SÉT THEO THÍ NGHIỆM METHYLENE BLUE HẤP PHỤ (MBA)

Phan Thị San Hà⁽¹⁾, Lê Minh Sơn⁽²⁾, Nguyễn Hoàng An⁽¹⁾

(1) Trường đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(2) Công ty TNHH Tư vấn-Khảo sát-Thiết kế H.A.I, TPHCM

(Bài nhận ngày 20 tháng 12 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 04 tháng 08 năm 2007)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày kết quả thí nghiệm theo phương pháp Methylene Blue hấp phụ để xác định khả năng trao đổi cation của đất. Phương pháp này có cơ sở lý thuyết vững chắc, thiết bị và qui trình thí nghiệm đơn giản, kết quả đáng tin cậy nên được sử dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới. Ứng dụng phương pháp MBA cho tầng đất sét yếu ở quận Bình Tân và huyện Bình Chánh - TPHCM nhằm xác định mối quan hệ giữa khả năng trao đổi cation (CEC) của đất theo thí nghiệm MBA với chỉ số dẻo (I_p) và hàm lượng hạt sét ($< 2 \mu\text{m}$); mối quan hệ giữa giới hạn chảy (LL) với chỉ số dẻo (I_p) của đất và hàm lượng hạt sét.

1. GIỚI THIỆU

Hàm lượng hạt sét (có kích thước $< 2 \mu\text{m}$) và thành phần khoáng vật có trong đất quyết định tính dẻo, tính trương nở, khả năng trao đổi cation của đất sét. Để xác định hàm lượng và loại khoáng vật sét có mặt trong đất, người ta thường sử dụng phương pháp nhiễu xạ tia X và phương pháp BET (Brunauer-Elmet-Teller). Phương pháp nhiễu xạ tia X cho biết thành phần khoáng vật có trong đất và giúp xác định một cách tương đối hàm lượng tính bằng phần trăm của những khoáng vật đó. Trong khi đó, phương pháp BET lại cung cấp thông tin về tỉ bề mặt của hạt. Để quan sát hình thái của từng hạt sét và sự sắp xếp giữa chúng với nhau, người ta còn dùng kính hiển vi điện tử quét. Những phương pháp này đòi hỏi nhiều thời gian và chi phí cao nên cần có một phương pháp thí nghiệm khác nhanh và rẻ hơn để xác định tính chất của khoáng vật sét, từ đó dự đoán được hành vi ứng xử của đất nói chung.

Phương pháp vết hay "Thí nghiệm Methylene Blue hấp phụ" hứa hẹn là một phương pháp có khả năng thay thế phần nào các phương pháp thí nghiệm đất tiền và rất phức tạp kể trên. Quả vậy, trong suốt 15 năm nghiên cứu về phương pháp thí nghiệm Methylene Blue hấp phụ, Phòng thí nghiệm cầu đường Paris (LCPC) [6] cho thấy:

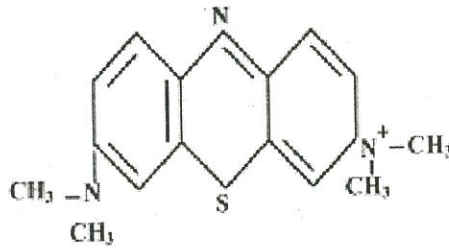
- a. Tồn tại một mối quan hệ giữa trị số Methylene Blue (MB) hấp phụ với chỉ số dẻo và giới hạn chảy của đất;
- b. Trị số MB hấp phụ có thể dùng để biểu thị hoạt tính của sét;
- c. Trị số MB hấp phụ có thể dùng để phân loại đất một cách hiệu quả.

Ngoài ra, phương pháp MB hấp phụ còn có một số ưu điểm khác như: 1) quy trình thí nghiệm của phương pháp MB hấp phụ đơn giản; 2) thời gian thí nghiệm cho một mẫu đất khá nhanh, chỉ mất khoảng 5 đến 15 phút; 3) chi phí thí nghiệm khá rẻ, vì không cần các thiết bị tinh vi, phức tạp và đắt tiền.

2. THÍ NGHIỆM METHYLENE BLUE HẤP PHỤ

Thí nghiệm Methylene Blue có thể xác định khả năng trao đổi cation của mẫu đất bằng cách đo lượng MB cần để bao phủ tổng diện tích bên ngoài và bên trong các hạt sét có trong mẫu đất. Phương pháp thí nghiệm này dựa trên hiện tượng trao đổi cation giữa khoáng vật sét với các cation MB khi hòa tan trong nước.

Methylene Blue là một phân tử hữu cơ $C_{16}H_{18}N_3SCl$ (Methylene Blue Chloride), có khối lượng phân tử là 319,9 g. Khi tồn tại dưới dạng ngậm nước ($C_{16}H_{18}N_3SCl \cdot 3H_2O$ - Methylene Blue Hydrochloride) trong điều kiện tự nhiên, khối lượng phân tử của MB là 373,9 g. Phân tử MB có dạng hình chữ nhật, kích thước xấp xỉ $1,7 \times 0,76 \times 0,325$ nm. Khi hòa tan trong nước, MB sẽ phân ly tạo ra một cation MB^+ là $C_{16}H_{18}N_3S^+$. Cation MB^+ được hấp phụ trên bề mặt của khoáng vật sét mang điện tích âm. Nếu hai mẫu có hàm lượng sét như nhau thì khả năng hấp phụ của đất sẽ phụ thuộc vào loại khoáng vật sét có mặt trong đất. Hàm lượng MB bị hấp phụ sẽ phụ thuộc vào điện tích âm trên những bề mặt hạt sét và tỉ lệ bề mặt của hạt sét.



Hình 1. Cấu tạo cation Methylene Blue

Theo Tiêu chuẩn ASTM [7], khi tiến hành thí nghiệm MB, mẫu đất được sấy ở nhiệt độ $105^\circ C$ trong thời gian 12 giờ. Sau đó mẫu đất được nghiền bằng chày có đế cao su rồi rây qua sàng $0,075$ mm. Lấy 2 g đất khô đã qua rây cho vào cốc, thêm vào 30 ml nước cất tạo thành huyền phù đất.

Dung dịch MB có thể được chuẩn bị bằng cách cho 3 g thuốc thử Methylene Blue Chloride đã sấy khô vào một lượng nước cất vừa đủ để tạo thành 1 lít dung dịch MB có nồng độ 3 g/l. Trong khi thí nghiệm, dung dịch MB được thêm từ từ vào huyền phù đất theo hàm lượng và khoảng thời gian đã quy định. Ngoài ra, hỗn hợp huyền phù đất và dung dịch MB phải được khuấy liên tục trong suốt quá trình thí nghiệm.

Sau khi đã khuấy đều đúng thời gian quy định, dùng que thủy tinh chấm vào hỗn hợp dung dịch đất đã hòa tan MB và nhỏ một giọt lên giấy thấm, quan sát vết tròn màu xanh đen/xanh sẫm trên giấy. Lúc bắt đầu cho dung dịch MB vào đất, đất sẽ hấp phụ toàn bộ lượng MB cho vào nên màu của vết để lại trên giấy thấm là màu xanh đen/xanh sẫm. Bao xung quanh vết xanh đen là vết loang trong suốt của nước. Tiếp tục cho dung dịch MB vào trong đất cho đến khi đất không thể hấp phụ MB thêm nữa. Thời điểm này được nhận biết khi vết thử màu xanh sẫm trên giấy được bao quanh bởi một quầng xanh sáng (chính là lượng MB thừa). Vì các giọt hỗn hợp đất và MB tạo thành một vết tròn màu xanh sẫm trên giấy thấm, nên phương pháp thí nghiệm này còn có tên gọi là phương pháp vết.

Dựa vào giá trị V_B (thể tích dung dịch MB bị hấp phụ tại điểm kết thúc trao đổi cation), có thể xác định giá trị MBA và chỉ số MIB cho 100 g đất khô có kích thước $< 0,075$ mm.

$$MBA = \frac{C \times V_B / 1000}{m_s / 100} = 0,15V_B \text{ (g/100g)} \tag{i}$$

$$MIB = \frac{C \times V_B}{M_{MB} \times m_s / 100} = 0,47V_B \text{ (meq/100g)}$$

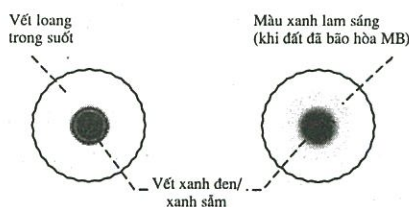
trong đó:

- MBA là lượng MB bị hấp phụ, g/100g.
- MIB là khả năng hấp phụ cation, meq/100g.
- V_B là thể tích dung dịch MB cho vào tại điểm kết thúc, ml.
- m_s là khối lượng đất khô dùng để thí nghiệm (có kích thước < 0,075 mm) = 2 g.
- C là nồng độ dung dịch MB = 3 g/l.
- M_{MB} là khối lượng phân tử MB = 319,9 g (đối với tinh thể MB khan) hoặc là 373,9 (đối với tinh thể MB ngậm nước).

Khả năng trao đổi cation của đất được xác định theo công thức sau:

$$CEC = MIB \times P_{0,075} \text{ (meq/100g)} \quad (2)$$

trong đó, $P_{0,075}$ là hàm lượng hạt < 0,075 mm, %.



Hình 2. Thí nghiệm vết màu

Bảng 1 trình bày giá trị đặc trưng của MBA và CEC cho các khoáng vật sét phổ biến [8]. Các khoảng giá trị này có thể được dùng để đánh giá hành vi ứng xử của hạt sét có trong đất.

Bảng 1. Giá trị đặc trưng của MBA và CEC cho các khoáng vật sét phổ biến

Khoáng vật sét	MBA (g/100g)	CEC (meq/100g)
Kaolinite	2 ~ 5	5 ~ 15
Illite	5 ~ 15	15 ~ 40
Montmorillonite	15 ~ 40	40 ~ 100

Dựa trên kết quả thí nghiệm Methylene Blue, LCPC (1990) đã đề nghị công thức tính hệ số hoạt tính A_{CB} và sử dụng hệ số này để đánh giá hoạt tính của đất (Bảng 2). Hệ thống phân loại này chi tiết hơn hệ thống phân loại hoạt tính của đất theo A_C do Skempton đề nghị vào năm 1963.

$$A_{CB} = \frac{100 \times MBA}{P_{0,002}} \text{ (g/100g)}$$

$$A_{CB} = \frac{100}{2,67} \frac{CEC}{P_{0,002}} \text{ (g/100g), đối với MB khan} \quad (3)$$

$$A_{CB} = \frac{100}{3,13} \frac{CEC}{P_{0,002}} \text{ (g/100g), đối với MB ngậm nước}$$

trong đó, $P_{0,002}$ là hàm lượng hạt sét (< 0,002 mm), %.

Bảng 2. Hệ thống phân loại đất theo A_{CB} do LCPC đề xuất, 1990

Nhóm đất		A_{CB} (g/100g)
1.	Không chứa hạt sét (Non-clay)	< 1
2.	Không có hoạt tính (Non-sensitive)	1 ~ 3
3.	Hoạt tính yếu (Slight sensitive)	3 ~ 5
4.	Hoạt tính trung bình (Medium sensitive)	5 ~ 8
5.	Hoạt tính cao (High sensitive)	8 ~ 13
6.	Hoạt tính rất cao (Very high sensitive)	13 ~ 18
7.	Độc hại (Noxious)	> 18

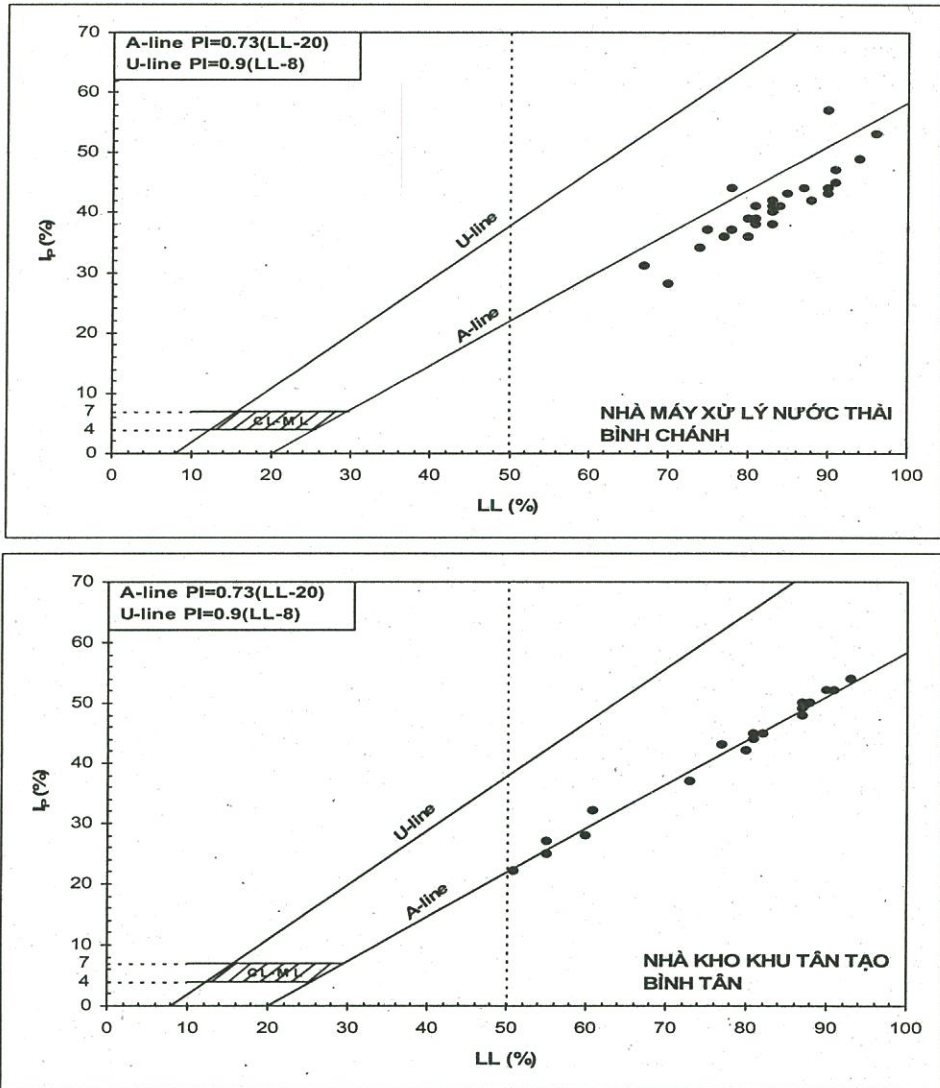
3. CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA TẦNG ĐẤT SÉT YẾU Ở HUYỆN BÌNH CHÁNH VÀ QUẬN BÌNH TÂN, TPHCM

Mẫu đất thí nghiệm được lấy trong tầng sét yếu tuổi Holocene của khu vực TPHCM, tại hai công trình: Nhà máy xử lý nước thải thuộc huyện Bình Chánh (NMBC) và Nhà kho khu Tân Tạo (NKBT) thuộc xã Tân Tạo, quận Bình Tân. Tại khu vực công trình NMBC, tầng đất sét yếu có đặc điểm địa chất gần giống với khu Nam thành phố, gồm đất bụi sét-sét có tính dẻo cao, màu xám đen, đôi chỗ xen kẹp hoặc lẫn các ổ cát hạt mịn, phân bố ở độ sâu từ 0 đến 25-30 m. Tại khu vực công trình NKBT, tầng đất sét yếu có đặc điểm địa chất gần giống với khu Tây thành phố, gồm đất bụi sét-sét có tính dẻo cao, màu xám xanh-xám đen, phân bố ở độ sâu từ 0 đến 22-24 m. Giá trị đặc trưng của các tính chất vật lý của các mẫu thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Các đặc trưng của tầng đất sét yếu (theo tiêu chuẩn ASTM)

Các đặc trưng	Đơn vị	Công trình	
		NMBC	NKBT
Giới hạn chảy LL	%	67 ~ 104	51 ~ 97
Giới hạn dẻo PL	%	33 ~ 55	28 ~ 45
Độ sét B	—	0,68 ~ 0,97	0,57 ~ 1,32
$P_{0,075}$	%	81,1 ~ 99,9	88,1 ~ 99,8
$P_{0,002}$	%	18,4 ~ 41,9	15,3 ~ 53,2
Hệ số rỗng e	—	1,690 ~ 2,824	1,454 ~ 2,757

Hình 3 biểu diễn tính dẻo của các mẫu đất trên biểu đồ dẻo Casagrande cho hai công trình nói trên.



Hình 3. Vị trí các mẫu đất trên biểu đồ dẻo Casagrande

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM MBA

Kết quả thí nghiệm MBA cho công trình NMBC (42 mẫu trong 5 hố khoan) cho thấy, sự thay đổi giá trị CEC của đất theo chiều sâu tại khu vực này là có quy luật: CEC của đất có khuynh hướng tăng từ trên xuống dưới đến độ sâu 10~15 m rồi bắt đầu giảm dần (Hình 4a).

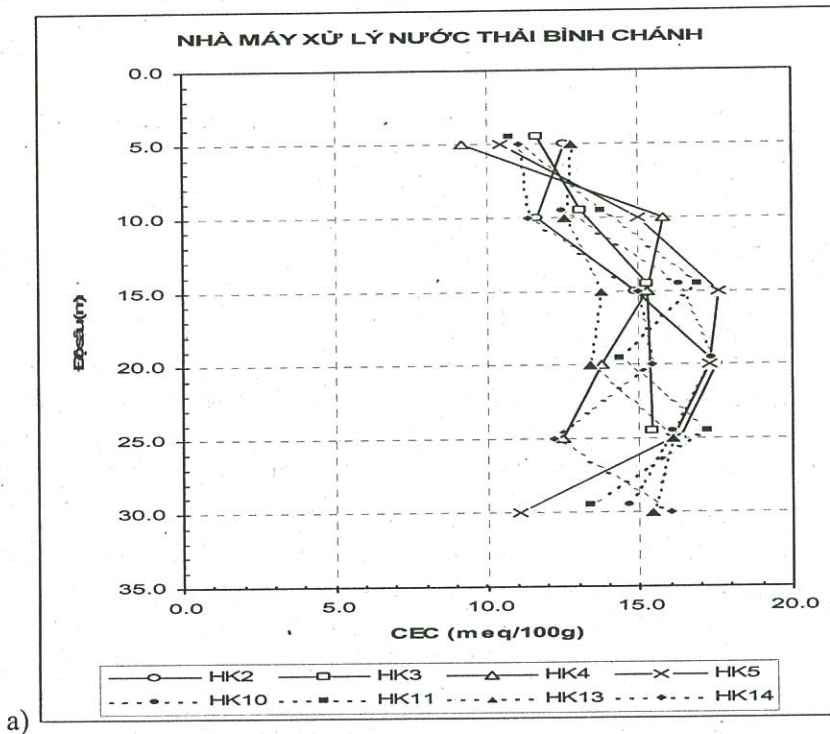
Tại độ sâu 5 và 15 m, hệ số hoạt tính A_{CB} thay đổi mạnh theo diện (Hình 4b). Kết quả thí nghiệm nhiễu xạ tia X (XRD) của mẫu đất ở độ sâu 5 m tại hố khoan HK11 cho thấy, khoáng vật sét chiếm ưu thế là Illite (40,4 %) và Kaolinite (27,9 %); Smectite và Chlorite có hàm lượng tương đối thấp (13,3 % và 13,0 %); hàm lượng Illite-Smectite rất ít (5,4 %). Với giá trị MBA và CEC lần lượt là 4,1 g/100g và 10,8 meq/100g, khoáng vật sét của mẫu đất này được xác định là Kaolinite (theo Bảng 1). Tại các độ sâu 10, 20, 25 và 30 m, đất có mức độ hoạt tính cao-rất cao và hệ số hoạt tính A_{CB} ít thay đổi theo diện. Kết quả thí nghiệm XRD của mẫu đất ở độ sâu 25 m tại hố khoan HK2 cho thấy, khoáng vật sét chiếm ưu thế là Illite (37,7 %),

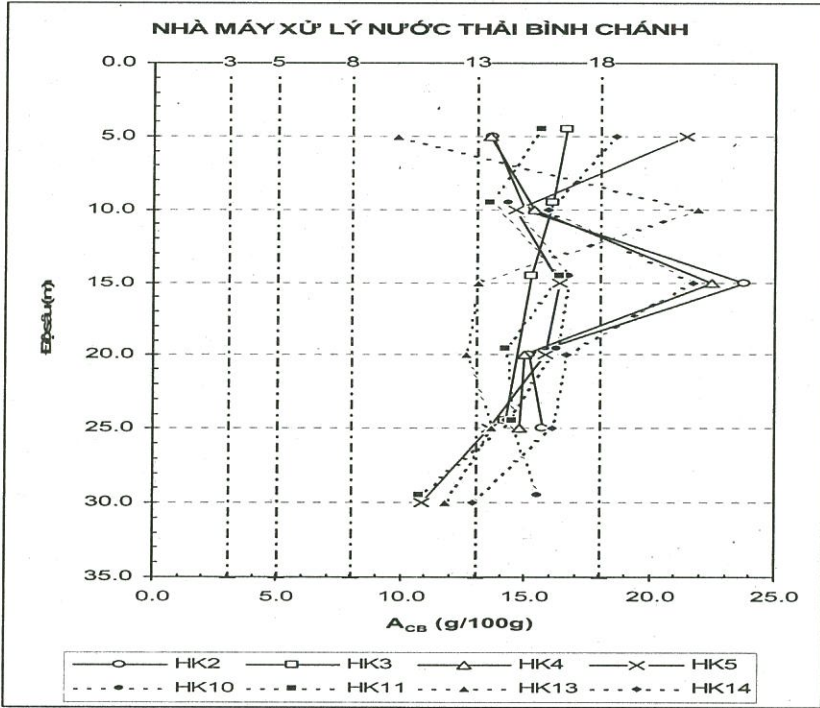
Kaolinite (30,9 %); hàm lượng Smectite và Chlorite tương đối thấp (11,3 % và 16,7 %); hàm lượng Illite-Smectite rất ít (3,5 %). Với giá trị MBA = 5,3 g/100g và CEC = 16,3 meq/100g, mẫu đất này được xếp vào nhóm Illite, phù hợp với kết quả thí nghiệm XRD.

Kết quả thí nghiệm MBA cho công trình NKBT (34 mẫu trong 3 hồ khoan) cho thấy: trong khoảng độ sâu từ 4~8 m, sự thay đổi giá trị CEC của đất theo chiều sâu rất mạnh (ngoại trừ HK1). Trong khoảng độ sâu từ 10 m đến 22~24 m, mức độ thay đổi giá trị CEC của đất ít hơn so với khoảng độ sâu 4~8 m (Hình 5a). Tuy nhiên, hệ số hoạt tính A_{CB} thay đổi tương đối mạnh theo diện ở độ sâu 6~14 m (Hình 5b). Vì thiếu kết quả phân tích XRD của các mẫu đất ở công trình NKBT nên không thể so sánh sự tương quan giữa thí nghiệm XRD và thí nghiệm MBA.

Tổng hợp cả hai công trình NMBC và NKBT (ngoại trừ HK1) cho thấy, giá trị CEC có khuynh hướng tăng dần từ mặt đất đến độ sâu khoảng 10 m, sau đó hầu như không thay đổi. Vì vậy, tầng đất sét yếu tuổi Holocene ở hai khu vực này có thể được phân thành hai nhóm: nhóm 1 phân bố từ mặt đất đến độ sâu khoảng 10 m; nhóm 2 có độ sâu phân bố trên 10 m. Khoáng vật sét ưu thế trong nhóm 1 và nhóm 2 lần lượt là Kaolinite và Illite (phân loại theo trị số MBA hoặc CEC ở Bảng 2).

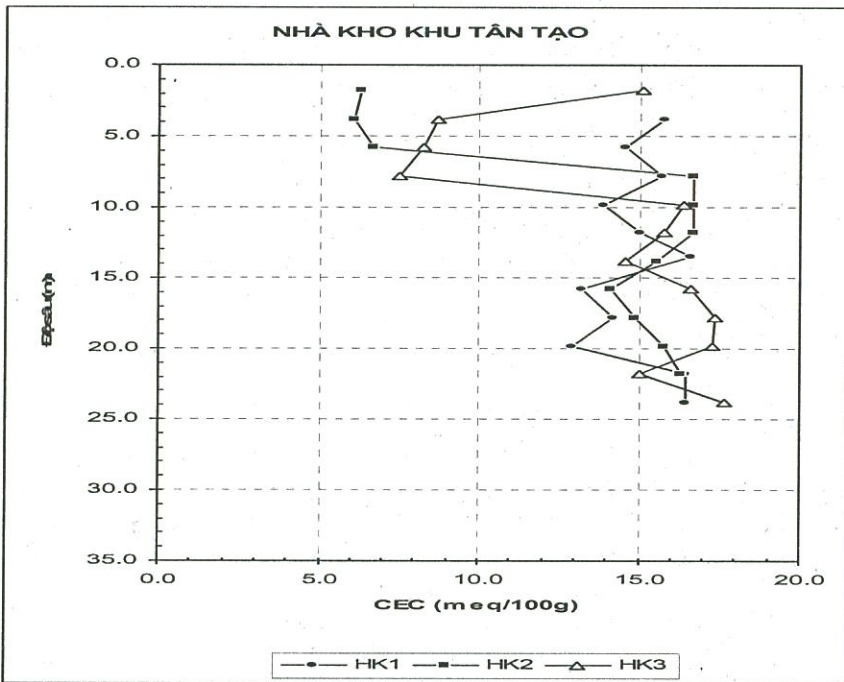
Theo các tài liệu nghiên cứu lịch sử thành tạo trầm tích Holocene ở TPHCM, tại khu vực nghiên cứu, trầm tích Holocene thuộc hai hệ tầng Cần Giờ và Bình Chánh. Trong đó, trầm tích bùn sét của hệ tầng Cần Giờ thường có nguồn gốc sông-đầm lầy; của hệ tầng Bình Chánh có nguồn gốc biển. Do vậy, hàm lượng khoáng vật sét Montmorillonite có trong trầm tích bùn sét hệ tầng Bình Chánh thường cao hơn so với trầm tích bùn sét hệ tầng Cần Giờ. Sự khác biệt về thành phần khoáng vật sét giữa nhóm 1 và nhóm 2 dựa theo trị số MBA có liên quan đến sự thay đổi môi trường trầm tích ứng với các hệ tầng Cần Giờ và Bình Chánh hay không? Vấn đề này cần được chú ý trong các nghiên cứu tiếp theo ở khu vực này.



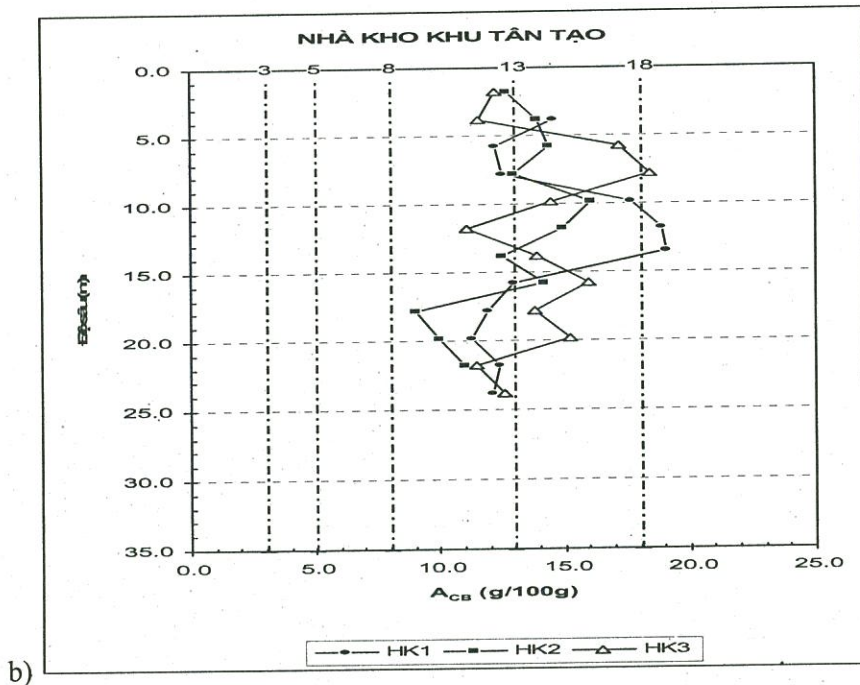


b)

Hình 4. a) CEC của đất; b) hệ số hoạt tính ACB của đất theo độ sâu (công trình Nhà máy xử lý nước thải - huyện Bình Chánh)



a)



Hình 5. a) CEC của đất; b) hệ số hoạt tính A_{CB} của đất theo độ sâu (công trình Nhà kho khu Tân Tạo - quận Bình Tân)

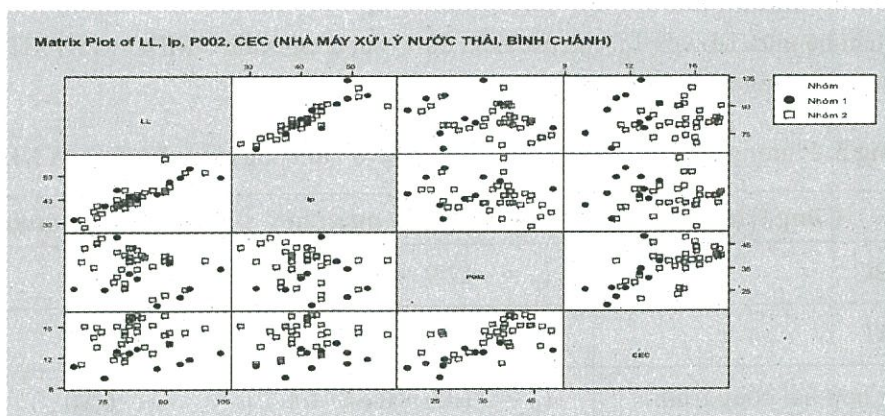
Bảng 4 trình bày các giá trị đặc trưng về hàm lượng hạt sét ($P_{0,002}$), các giá trị Atterberg, khả năng trao đổi cation (MBA, CEC và A_{CB}) của hai nhóm đất. Có thể thấy rằng, nhóm 2 có hàm lượng hạt sét, giá trị MBA, CEC, A_{CB} cao hơn nhóm 1. Tuy nhiên, sự khác biệt về giá trị A_{CB} giữa hai nhóm đất ở cả hai công trình là không đáng kể. Vì vậy, khi khảo sát mối quan hệ giữa các giới hạn Atterberg và khả năng trao đổi cation, các tác giả chỉ xem xét giá trị CEC chứ không xem xét giá trị A_{CB} . Ngoài ra, cũng cần lưu ý là các mẫu đất của công trình NMBC có hoạt tính cao hơn, mặc dù hàm lượng hạt sét của chúng thấp hơn so với các mẫu đất của công trình NKBT.

Bảng 4. Hàm lượng hạt sét, giới hạn Atterberg và khả năng trao đổi cation của hai nhóm đất

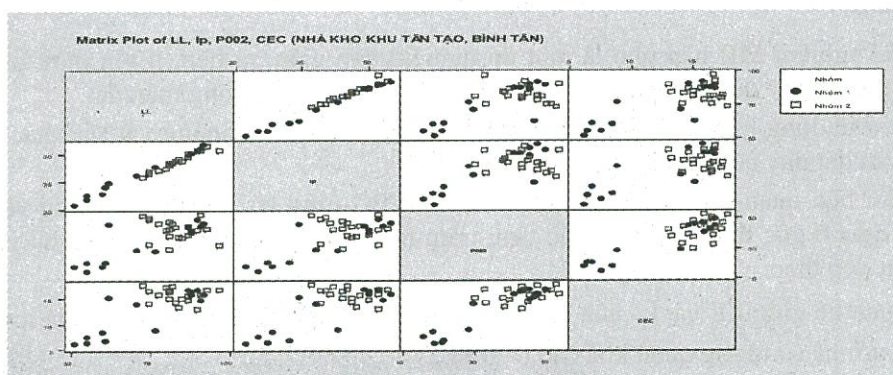
Công trình	Nhóm	$P_{0,002}$ (%)	LL (%)	PL (%)	I_P (%)	MBA (g/100g)	CEC (meq/100g)	A_{CB} (g/100g)
NMBC	Nhóm 1 (≤ 10 m)	30	86	42	44	4.1	11.8	15.3
	Nhóm 2 (> 10 m)	37	82	42	40	5.0	14.9	15.6
NKBT	Nhóm 1 (≤ 10 m)	33	73	34	39	4.0	12.0	13.8
	Nhóm 2 (> 10 m)	43	83	38	45	5.1	15.6	13.9

5. MỐI QUAN HỆ GIỮA GIỚI HẠN ATTERBERG VỚI KHẢ NĂNG TRAO ĐỔI CATION CỦA ĐẤT

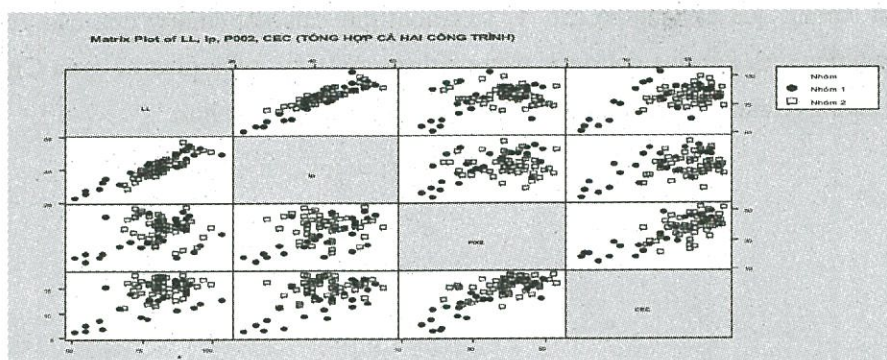
Hình 6 trình bày mối quan hệ giữa hàm lượng hạt sét, các giới hạn Atterberg và giá trị CEC của hai công trình NMBC và NKBT. Một số nhận xét được rút ra từ Hình 6:



a)



b)



c)

Hình 6. Quan hệ giữa hàm lượng hạt sét, các giới hạn Atterberg và CEC của công trình a) Nhà máy xử lý nước thải, Bình Chánh; b) Nhà kho khu Tân Tạo, Bình Tân; c) Tổng hợp cả hai công trình

- Mối quan hệ giữa LL với I_p là quan hệ tuyến tính, được thể hiện rất rõ trên các biểu đồ quan hệ. Tuy nhiên, quan hệ giữa I_p với hàm lượng hạt sét ($P_{0,002}$) là không rõ.

- Mối quan hệ giữa CEC với LL, I_p , $P_{0,002}$ không thể hiện rõ.

- Hai nhóm đất ở hai công trình NMBC và NKBT phân bố ở hai vùng tách biệt rõ rệt trên các biểu đồ quan hệ.

Mối quan hệ giữa LL với I_p của các mẫu đất ở hai công trình NMBC và NKBT được biểu diễn bằng các phương trình sau (Bảng 5):

Bảng 5. Phương trình quan hệ giữa LL với I_p ở hai công trình NMBC và NKBT

Công trình	Phương trình quan hệ	Hệ số tương quan R^2
NMBC	$I_p = - 12.9 + 0.650 LL$	0,78
NKBT	$I_p = - 13.5 + 0.716 LL$	0,97
Tổng hợp hai công trình	$I_p = - 10.6 + 0.647 LL$	0,80

6. KẾT LUẬN

- Thí nghiệm MB hấp phụ là một thí nghiệm đơn giản, rẻ tiền, ít tốn thời gian. Có thể dùng thí nghiệm này để xác định sơ bộ khoáng vật sét ưu thế có trong mẫu đất.

- Có thể dùng giá trị CEC để phân biệt các nhóm đất có khoáng vật sét khác nhau mặc dù các nhóm đất này có tính dẻo giống nhau.

- Mối liên quan giữa sự khác biệt về trị số CEC (ứng với các loại khoáng vật sét khác nhau) với nguồn gốc thành tạo của các tầng trầm tích là một vấn đề cần được chú ý trong các nghiên cứu tiếp theo.

- Quan hệ giữa LL và I_p của các nhóm đất ở cả hai công trình khảo sát là mối quan hệ tuyến tính với hệ số tương quan khá cao ($> 0,8$).

- Hàm lượng hạt sét ($P_{0,002}$) và loại khoáng vật sét có trong đất sẽ ảnh hưởng đến tính dẻo của đất (thông qua các giá trị LL, I_p) và hoạt tính của đất (thông qua các giá trị CEC, A_{CB}). Tuy nhiên, với kết quả đạt được trong nghiên cứu này, mối quan hệ giữa CEC với LL, I_p , $P_{0,002}$ không rõ ràng. Vấn đề này cần được nghiên cứu chi tiết hơn.

CLASSIFICATION OF CLAY SOILS BY USING METHYLENE BLUE ADSORPTION TEST

Phan Thi San Ha⁽¹⁾, Le Minh Son⁽²⁾, Nguyen Hoang An⁽¹⁾

(1) University of Technology, VNU-HCM

(2) H.A.I company, HCMc

***ABSTRACT:** This paper describes the application of the Methylene Blue Adsorption Test for determining the cation exchange capacity of soils. This method has been used in many countries in the world because of (i) its reliable theoretical background, (ii) using simple apparatus and easy procedure and (iii) confident results. This study applies the Methylene Blue Adsorption Test for soft soils in Binh Tan and Binh Chanh districts - Ho Chi Minh city. The results from this study indicate the existing of a) a relationship between cation exchange capacity of soils (CEC) with plasticity index (I_p) and percentage of clay-size fraction ($< 2 \mu\text{m}$); b) a relationship between liquid limit (LL) with plasticity index (I_p) and percentage of clay-size fraction.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Công ty Tư vấn-Khảo sát-Thiết kế H.A.I. Báo cáo khảo sát địa kỹ thuật của Nhà máy xử lý nước thải, huyện Bình Chánh - TP.HCM, (2005).
- [2]. Công ty Tư vấn-Khảo sát-Thiết kế H.A.I. Báo cáo khảo sát địa kỹ thuật của Nhà kho khu Tân Tạo, xã Tân Tạo, quận Bình Tân - TP.HCM, (2006).
- [3]. Chiappone A., S. Mareello, C. Scavia and M. Setti, *Clay Mineral Characterization through the Methylene Blue Test: Comparison with Other Experimental Techniques and Application of The Method*. Canadian Geotechnical Journal, 41(6):1168-1178, (2004).
- [4]. Santamarina J.C., K.A. Klein, Y.H. Wang and E. Prencke, *Specific surface: Determination and Relevance*, Canadian Geotechnical Journal, 39:233-241. 2002, (2002).
- [5]. Chiappone E. *Relationship between Methylene Blue Value, Initial Soil Suction and Swell Percent of Expansive Soils*. Turkish J. Eng. Env. Sci., 26:521-529, (2002).
- [6]. Tran Ngoc Lan, *L'essai au bleu de methylene. Un progrès dans la mesure et le contrôle de la propriété des granulats*. Bull. Liaison Labo. P. et Ch., 107, Mai-Juin, pp 130-135, (1980).
- [7]. Tiêu chuẩn ASTM C837-99, *Standard Test for Methylene Blue Index of Clay*, (2003).
- [8]. Verhoef P.N.W, *The Methylene Blue Adsorption Test Applied to Geomaterials*. Memoirs of the Centre of Engineering Geology in the Netherlands, 101, (1992).