

# Hiện tượng sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn, tỉnh Quảng Ninh và các giải pháp giảm thiểu tác động tiêu cực của nó đến các công trình xây dựng

- **TS. PHÍ HỒNG THỊNH** - Trường Đại học Giao thông vận tải  
 ■ **TS. TRẦN QUỐC CƯỜNG** - Viện Địa chất  
 ■ **TS. VĂN TIẾN HÙNG** - Sở Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

**TÓM TẮT:** Hiện tượng sụt lún mặt đất đã và đang diễn ra tại khu vực Cẩm Sơn, tỉnh Quảng Ninh không chỉ gây hư hỏng công trình, thiệt hại kinh tế mà còn gây hoang mang cho nhân dân địa phương. Nguyên nhân chính gây sụt lún mặt đất là sự tồn tại không gian ngầm Karst, các hệ thống đứt gãy, sự tồn tại của các lớp đất dễ bị rửa trôi trên bề mặt đá gốc, sự dao động mực nước ngầm và tải trọng linh từ lớp đất san lấp và công trình xây dựng. Cơ chế sụt lún mặt đất rõ nhất là cơ chế "sinkhole". Kết quả phân tích đá phân chia khu vực nghiên cứu thành ba vùng có nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất thấp, trung bình và cao. Một số giải pháp đã được đề xuất nhằm phục vụ công tác quản lý và quy hoạch xây dựng.

**TỪ KHÓA:** Sụt lún mặt đất, Karst, đứt gãy kiến tạo, đá vôi, Cẩm Sơn

**ABSTRACT:** The land subsidence has been taking place in Cam Son area of Quang Ninh province, not only causing damage to the construction works, economic damages but also causing confusion for the local people. The main causes of land subsidence are due to the existence of Karst underground space, the fault systems, the existence of easily eroded soil layers which lie on the original rock, the fluctuation of groundwater level and static load from the filling soil and construction works. The most obvious mechanism of land subsidence is the sinkhole. The analysis results have divided the study area into three areas with low, medium and high risk of the land subsidence. A number of solutions have been proposed to serve construction management and planning.

**KEYWORDS:** Land subsidence, Karst, faults, limestone, Cam Son area.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cẩm Sơn là một phường thuộc TP. Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh (Hình 1.3). Phường Cẩm Sơn có diện tích

10,84 km<sup>2</sup>, dân số năm 2019 là 35.280 người, mật độ dân số đạt 3.073 người/km<sup>2</sup>.

Thời gian gần đây, trên địa bàn phường Cẩm Sơn xảy ra hiện tượng sụt lún mặt đất với tần suất dày, quy mô lớn, đã làm cho một số công trình xây dựng trên địa bàn bị hư hỏng, không chỉ gây thiệt hại về kinh tế mà còn làm cho nhân dân địa phương hoang mang (Hình 1.1). Nghiên cứu hiện tượng sụt lún mặt đất và đề xuất giải pháp giảm thiểu tác động tiêu cực của nó đến các công trình xây dựng khu vực Cẩm Sơn là cần thiết và cấp bách, nhằm giảm thiểu tai về kinh tế, ổn định tinh thần của nhân dân địa phương.

Hiện tượng sụt lún mặt đất đã được quan tâm nghiên cứu ở Việt Nam như các công trình nghiên cứu của Viện Địa chất về tai biến sụt đất ở các địa phương như của Trần Trọng Huệ và nnk (2006); Đinh Văn Toàn và nnk (2008); Phạm Tích Xuân và nnk (2007, 2009); Nguyễn Xuân Huyền và nnk (2008); Đỗ Minh Đức và nnk (2012); Trần Quốc Cường và nnk (2014); Phí Hồng Thịnh và nnk (2013, 2015) [1, 3-8]. Trong các công trình này, nguyên nhân sụt đất đều được xác định là do hai nhóm yếu tố: các yếu tố tự nhiên và các yếu tố nhân sinh. Cụ thể là các yếu tố địa chất - thạch học, địa mạo - tần kiến tạo, yếu tố địa chất thủy văn - địa chất công trình được xem như là điều kiện "cần", các yếu tố làm thay đổi đồng thời tự nhiên của nước dưới đất và yếu tố tác động trên bề mặt là điều kiện "đủ".

Hiện tượng sụt lún mặt đất tại Cẩm Sơn được ghi nhận đã xuất hiện rải rác trong thời gian dài từ năm 2007 đến 2010, bùng phát trong các năm từ 2012 tới 2014 và kéo dài đến nay. Hầu hết các hố sụt xuất hiện vào thời điểm từ tháng 3 - 10 hàng năm, trong đó tháng 7 và tháng 8 là thời điểm xuất hiện nhiều hố sụt nhất (Hình 1.2).





nguyên cứu tiến ra biển chịu ảnh hưởng bởi quá trình đổ thải ven biển và san lấp dần sinh. Tại đây, đường bờ chính là ranh giới của bãi đổ thải ven biển hoặc của vùng san lấp dần sinh. Phần lớn các vị trí sụt đều nằm sát bờ biển và có xu hướng gần các nôm phòng vật. Sự thay đổi từ môi trường biển ven bờ sang môi trường lục địa (do san lấp, đổ thải) đã ảnh hưởng tới cấu trúc địa chất tầng phủ, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sụt lún mặt đất phát triển.

**\* Đặc điểm thủy văn và địa chất thủy văn (ĐCTV)**

- **Dòng chảy mặt:** Trong khu vực nghiên cứu có hệ thống dòng chảy mặt ngắn (suối Hóa Chất) theo phương Bắc - Nam, từ mỏ Đèo Nai - Cọc Sáu ra biển. Hiện nay, dòng chảy mặt tự nhiên này đã được kè và ngăn bằng đập bê tông, trở thành mương thoát nước cho khu vực và xả thải của các mỏ khai thác than. Khu vực xảy ra sụt lún mặt đất có phạm vi xuất hiện gần hệ thống dòng chảy mặt này.

- **Đặc điểm nước dưới đất (NDD):** Khu vực nghiên cứu tồn tại hai tầng chứa nước: tầng chứa nước lỗ hổng trong các trầm tích bờ rời Đệ tứ và tầng chứa nước Karst trong trầm tích carbonat hệ tầng Bắc Sơn. Nước trong tầng vận động theo hướng Bắc - Nam và Tây Bắc - Đông Nam, phù hợp với phân bố của địa hình vùng nghiên cứu. Sụt lún mặt đất trong khu vực xảy ra trong diện lộ của hai tầng chứa nước Đệ tứ và tầng chứa nước Karst.

- **Dao động mực NDD:** Phân tích dao động mực NDD theo tương quan với lượng mưa và thủy triều tại thời điểm xảy ra sụt đất tại Thủy Sơn (3h ngày 29/7/2014) cho thấy, trước một ngày xảy ra sụt đất, mực nước tại các điểm quan trắc giảm mạnh từ 24 đến 31 cm kèm theo có mưa với lượng mưa đạt tới 77 mm/ngày, đồng thời trùng vào khoảng thời gian thủy triều có biên độ triều lớn nhất của tháng 7. Từ đó có thể kết luận rằng, sự dao động mực nước dưới đất theo chiều hướng đúng và đặc biệt theo chiều ngang có vai trò quan trọng trong gây ra sụt đất tại Cẩm Sơn.

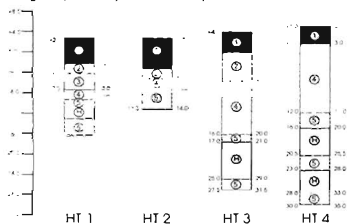
**\* Địa tầng và tính chất cơ lý của đất đá:**

Địa tầng tổng hợp tại khu vực nghiên cứu bao gồm các lớp đất đá sau (Hình 2.2):

- Lớp 1: Đất lấp (phế thải xây dựng lẫn cát san và than cặn), dày 3,0 đến 5,5 m.
- Lớp 2: Cát lẫn san sỏi và vỏ sò biển, màu xám đen, kết cấu chặt vừa, dày 1,5 đến 5,5 m.
- Lớp 3: Cát pha lẫn san sỏi và vỏ sò biển, màu xám đen, xám vàng, trạng thái dẻo, dày khoảng 3,0 m.
- Lớp 4: Sét pha lẫn san sỏi, màu xám vàng, nâu đỏ, nâu vàng, trạng thái dẻo mềm, dày 2,0 đến 14,0 m.
- Lớp 5: Đá vôi, màu xám sáng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ mạnh. Trong lớp đá vôi tồn tại nhiều hang Karst ngầm với kích thước và độ sâu khác nhau. Khoảng cách từ trần hang tới mặt đá vôi từ 1,0 đến 3,5 m;
- Lớp 6: Bùn sét pha, màu xám vàng lẫn san sỏi, lấp nhét trong các hang Karst ngầm (H).

Nghiên cứu hiện trạng sụt lún mặt đất tại khu vực nghiên cứu cho thấy, các hố sụt chỉ xảy ra ở các vị trí mà trên bề mặt có đất lấp, đất rời, đất đã bị đào bởi san lấp (các lớp đất số 1, 2, 3 và 4) có chứa nước. Sự hình thành của các loại đất này trong quá trình phát triển đô thị Cẩm Phả kéo

theo sự hình thành tầng chứa NDD nông gần bề mặt có tác động tới quá trình phát triển hố sụt.



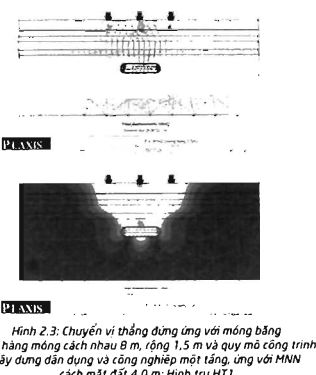
Hình 2.2: Trụ cắt các lỗ khoan điển hình

**\* Yếu tố khí tượng - hải văn**

Khu vực nghiên cứu có lượng mưa trung bình hàng năm khoảng 2.300 mm và phân làm hai mùa: mùa mưa nhiều và mùa khô. Mùa mưa nhiều tập trung từ tháng 5 đến tháng 10 với lượng mưa chiếm tới 85% tổng lượng mưa cả năm; mùa khô với lượng mưa rất nhỏ chỉ chiếm 15% tổng lượng mưa cả năm và kéo dài từ tháng 11 đến tháng 4 hàng năm. Bên cạnh đó, NDD trong khu vực bị ảnh hưởng của thủy triều theo ngày và theo tháng. Ảnh hưởng của thủy triều lặp đi lặp lại theo ngày, tháng và mùa đã tác động tới sự dao động mực nước NDD. Tương quan đồng thái NDD - điều kiện khí tượng (lượng mưa) - điều kiện hải văn (thủy triều) đã phần ảnh vai trò của yếu tố tự nhiên khí tượng - hải văn - ĐCTV trong tai biến sụt lún mặt đất tại khu vực nghiên cứu.

**\* Gia tăng tải trọng từ các công trình xây dựng:**

Hiện nay, trong khu vực phường Cẩm Sơn, các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp có quy mô từ 1 đến 5 tầng, chủ yếu sử dụng móng băng và móng bê.



Hình 2.3: Chuyển vị thẳng đứng ứng với móng băng có 3 hàng móng cách nhau 8 m, rộng 1,5 m và quy mô công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp một tầng, ứng với MNN cách mặt đất 4,0 m; Hình trụ HT1

Kết quả phân tích ảnh hưởng của tải trọng công trình đến sụt lún mặt đất trong khu vực được thực hiện bằng phần mềm Plaxis 8.2 ứng với hai loại móng là móng băng và móng bè với quy mô công trình từ 1 đến 5 tầng; mực nước ngầm cách mặt đất 4,0 và 34,0 m; địa tầng HT1 và HT4. Nhận thấy rằng, lún mặt đất do các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp gây ra tại khu vực nghiên cứu nhỏ, thay đổi từ 39,36 đến 287,62 mm, không có hiện tượng sập hang Karst (Hình 2.3).



PLAXIS



PLAXIS

Hình 2.4: Chuyển vị thẳng đứng mặt đất tại khu vực không xây dựng công trình khi MNN hạ thấp từ độ sâu 4,0 xuống 34,0 m; Hình trụ HT1 và HT4

Lún mặt đất do MNN hạ thấp từ độ sâu 4,0 xuống 34,0 m tại các khu vực không xây dựng công trình cũng nhỏ, thay đổi từ 110,90 đến 254,80 mm, không có hiện tượng sập hang Karst (Hình 2.4).

2.2. Cơ chế

Do vật liệu không đồng nhất tại khu vực Cẩm Sơn được dân qua các hang Karst, hệ thống khe nứt/đôi đập vỡ đá vôi nên không gian ngầm trong lớp phủ Đệ tứ có thể phát triển ngay trên nóc hang Karst hoặc không trực tiếp trên nóc hang Karst. Cơ chế này được gọi là "sinkhole" trong tiếng Anh.

2.3. Phân vùng dự báo nguy cơ sụt lún mặt đất tại Cẩm Sơn

Sơ đồ phân vùng dự báo nguy cơ sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn được thành lập dựa trên cấu trúc địa chất và kiến tạo, đặc điểm bề mặt đá vôi, cấu trúc địa chất công trình lớp phủ, vùng đập vỡ trên đá vôi ngầm. Nơi thuận lợi cho tai biến sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn từ góc độ cấu trúc địa chất là:

- Nơi phân bố đá vôi hệ tầng Bắc Sơn bị cắt phá, tại nơi giao cắt giữa các hệ thống đứt gãy phương vĩ tuyến, á vĩ tuyến, Đông Bắc - Tây Nam, Tây Bắc - Đông Nam, kinh tuyến và á kinh tuyến.



Hình 2.5: Sơ đồ nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn

- Nơi tầng phủ mỏng, mực nước ngầm dao động mạnh và chịu ảnh hưởng trực tiếp của thủy triều. Tuy nhiên, các yếu tố này chưa có điều kiện nghiên cứu chi tiết.

Căn cứ vào các cấu trúc địa chất thuận lợi cho sụt lún mặt đất nêu trên cho phép xây dựng sơ đồ nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn (Hình 2.5).

Tên sơ đồ này, các khu vực nằm trong góc phần tư phía Đông, Tây và Nam, được tạo bởi giao cắt giữa hệ thống đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam với hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam và á vĩ tuyến được khoan vào khu vực dự báo có nguy cơ sụt lún mặt đất cao (khu vực màu vàng sẫm). Các khu vực đá vôi hệ tầng Bắc Sơn (C-Pbs) được phủ bởi trầm tích Đệ tứ được đánh giá là khu vực có nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất trung bình (khu vực màu vàng nhạt). Các khu vực còn lại được đánh giá là khu vực có nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất thấp (khu vực màu xám).

3. THẢO LUẬN

Để khắc phục, giảm thiểu và phòng tránh sụt lún mặt đất, các giải pháp công trình và phi công trình sau có thể áp dụng.

3.1. Giải pháp về móng và kết cấu

Đối với nhà cao tầng, tải trọng lớn cần sử dụng giải pháp móng sâu và tuân thủ nghiêm ngặt quy trình thi công móng cọc trong khu vực có hang động Karst ngầm.

Đối với nhà thấp tầng cần sử dụng giải pháp móng bè tông cốt thép, móng băng giao thoa hoặc móng bè. Móng bè nên sử dụng cho các công trình có tải trọng lớn hơn. Việc sử dụng các biện pháp này nhằm tăng độ cứng của móng, chịu được sự xuất hiện hố sụt dưới đế móng, đảm bảo sự làm việc ổn định của các kết cấu bên trên.

Kết cấu công trình trong khu vực có khả năng xảy ra hố sụt phải đảm bảo độ cứng của công trình, nên xây dựng nhà có kết cấu khung dầm bè tông cốt thép.

3.2. Giải pháp phi công trình

- Công tác quản lý và quy hoạch đô thị: Các khu vực có nhiều hang động nằm dưới nên được bố trí làm khu cây

xanh, vườn hoa. Khu vực có ít hàng động có thể bố trí xây dựng công trình dân dụng. Cần nghiêm cấm hoạt động be bờ hút than tại lòng suối Hóa chất (khu vực Thủy Sơn).

- *Công tác giáo dục, tuyên truyền:* Tiến hành giáo dục, tuyên truyền trong nhân dân để nhân dân hiểu đúng về tai biến sụt lún mặt đất, cách nhận biết và cách giảm thiểu thiệt hại.

- *Công tác nghiên cứu khoa học và quan trắc:* Bên cạnh công tác mở rộng vùng nghiên cứu, nghiên cứu sâu hơn về tác động của các yếu tố kích thích.

#### 4. KẾT LUẬN

- Trong khu vực nghiên cứu các hồ sụt xảy ra đột ngột, tức thì trong khoảng thời gian ngắn. Trước khi xảy ra sụt lún mặt đất, trên bề mặt đất không có biểu hiện lún hay dấu hiệu báo trước rõ ràng. Các hồ sụt phân bố rải rác, không có quy luật rõ ràng nhưng có xu thế tập trung ở khu vực bằng phẳng, có khoảng cách ra tới biển ngắn hoặc rất gần các nón phóng vật. Chúng có xu thế phân bố theo phương Tây Tây Bắc - Đông Đông Nam.

- Nguyên nhân và cơ chế sụt lún mặt đất: Sự tồn tại của không gian ngầm Karst, trong đó quan trọng nhất là bậc hang Karst ngầm đầu tiên ngay dưới bề mặt đá vôi. Các hang Karst ngầm này có xu hướng tập trung nơi giao cắt của các hệ thống đứt gãy trong khu vực, đặc biệt tại nơi giao cắt giữa hệ thống đứt gãy phương Tây Bắc - Đông Nam với hệ thống đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam. Lớp xung yếu trong tầng phủ trên bề mặt đá gốc là lớp sét pha lẫn sạn sỏi, màu nâu vàng, nâu đỏ, xám vàng, trạng thái dẻo mềm đến dẻo chảy. Lớp này dễ bị lồi cuốn, rửa trôi vào trong không gian ngầm Karst thông qua các khe nứt và đới đáp vỡ của đá vôi. Dao động của NĐĐ và tải trọng tĩnh từ lớp đất san lấp và từ các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp là một trong các nguyên nhân kích thích quan trọng.

- Cơ chế sụt: Rô nhất là cơ chế "sinkhole".

- Phân vùng nguy cơ sụt lún mặt đất: Sơ đồ phân vùng nguy cơ sụt lún mặt đất khu vực Cẩm Sơn được thành lập dựa theo bốn yếu tố: Khả năng tồn tại hang Karst ngầm; Đới đáp vỡ tại bề mặt lớp đá vôi ngầm; Đặc điểm cấu trúc địa chất công trình; Đặc điểm bề mặt địa hình đá vôi. Kết quả nghiên cứu đã phân ra 3 khu vực có nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất thấp, trung bình và cao.

- Giải pháp khắc phục, giảm thiểu và phòng tránh sụt lún mặt đất gồm các giải pháp công trình và phi công trình cho các khu vực đã và có nguy cơ phát sinh sụt lún mặt đất.

**Lời cảm ơn:** Các tác giả xin trân trọng cảm ơn Đề tài nghiên cứu khoa học đột xuất phát sinh cấp Nhà nước mã số 105-ĐXP.S.01-2014 "Nghiên cứu xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp giảm thiểu sụt đất trên địa bàn TP. Cẩm Phả" đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Văn Bình (2015), *Nghiên cứu đặc điểm trầm tích Đệ tứ và môi trường liên quan với hiện tượng lún*

*mặt đất ở khu vực phía Tây TP. Hà Nội*, Luận án Tiến sỹ Địa chất, Học viện Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, 167 trang.

[2]. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (1999), *Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam, tờ Hạ Long (Hòn Gai) F-48-XXX, tỷ lệ 1:200.000*, Hà Nội, 1 trang.

[3]. Trần Quốc Cường và nnk (2014), *Nghiên cứu xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp giảm thiểu sụt đất trên địa bàn TP. Cẩm Phả*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học đột xuất phát sinh cấp Nhà nước mã số 105-ĐXP.S.01-2014, Viện Địa chất, Hà Nội, 147 trang.

[4]. Đỗ Minh Đức, Nguyễn Văn Bình và nnk (2012), *Nghiên cứu cơ chế hình thành các hồ sụt ở khu vực phân bố Karst ngầm (Lấy ví dụ cho khu vực Chợ Đồn tỉnh Bắc Kạn)*, Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 38/4-2012, tr.16-24.

[5]. Viện nghiên cứu Địa chất và Khoáng sản (2005), *Phát triển bền vững các vùng đá vôi ở Việt Nam*, Hà Nội, 32 trang.

[6]. Viện Địa chất (2004), *Nghiên cứu đánh giá tai biến trượt lở khu vực miền núi phía Bắc và các giải pháp phòng tránh, giai đoạn 2001 - 2003*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học, Hà Nội, 144 trang.

[7]. Thịnh Hong Phi, Ludmila Aleksandrovna Strokova (2013), *Prediction of land subsidence caused by groundwater exploitation in Hanoi, Vietnam, using multifactorial correlation analysis*, Journal of Sciences in Cold and Arid Regions, pp.644-653.

[8]. Thịnh Hong Phi, Ludmila Aleksandrovna Strokova (2015), *Prediction maps of land subsidence caused by groundwater exploitation in Hanoi, Vietnam*, Resource-Efficient Technologies 1 (2015), pp.80-89.

**Ngày nhận bài: 10/3/2020**

**Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2020**

**Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Châu Lân  
TS. Đặng Hồng Lam**