

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO THIẾT BỊ GIÁM SÁT THI CÔNG CỌC CÁT XDCAT - 01

Phan Thái Trung¹

Tóm tắt: Gia cố đất yếu bằng giếng cát, cọc cát là giai đoạn quan trọng trong thi công đường cao tốc tại Việt Nam. Thiết bị giám sát thi công sử dụng các cảm biến công nghiệp, có thể đo đạc chính xác các đại lượng chiều sâu ống sinh, dung tích cát, áp suất khí nén vào ống, cường độ dòng điện búa rung, nhiệt độ và điện áp máy, cung cấp số liệu trực quan cho tư vấn giám sát, nhà thầu chính, thầu phụ và chủ đầu tư. Ứng dụng công nghệ tia la de cho việc đo đếm chính xác dung lượng cát trong gầu là công nghệ đầu tiên và duy nhất được áp dụng ở Việt Nam hiện nay trong thi công cọc cát. Ngoài việc phản ánh khối lượng, chất lượng thi công, thiết bị còn được thiết kế tối ưu, ổn định, quá trình giám sát không ảnh hưởng đến thời gian thi công, người lái máy có thể kết hợp thao tác trong khi lái máy, làm tăng năng suất và tận dụng nhân lực, cạnh tranh với các thiết bị cùng loại trên thị trường.

Summary: Foundation consolidation using sand drain, sand compaction piles plays an important part in highway construction in Vietnam. The equipment for execution monitoring using the industrial class sensors, is able to measure installation depth, sand volume, air pressure into pile, power amperage for vibration hamer, device inside temperature and voltage, provides visual data for consultants, main and sub contractors and the investor. The application of the laser technology for accurate sand volume measuring in the bucket is the first and unique technology in Vietnam nowadays in sand drain installation. In addition to report the quantity and quality of construction, the equipment is designed with optimizing and stability, independence with the working process, the driver can operate directly while driving the pile machine, in order to improve productivity and save human resource, competitive to the other equipments in the market.

1. Yêu cầu chức năng

Máy đóng cọc cát hiện nay tại Việt Nam chủ yếu sử dụng các loại máy cơ sở bánh xích như PD-100, DH 408, DH 508... hoặc loại máy cơ sở chân rô bốt của các nhà thầu nước ngoài, sử dụng búa rung để đóng cọc ống sinh xuống nền đất sâu lên đến 40 mét. Gầu đóng cát theo dung tích nhất định, thường từ 1,2 đến 2,5 mét khối một lần, qua phễu gắn tại cửa sổ thân ống để đổ cát vào ống. Dùng áp suất khí nén kết hợp với rung và rút ống từ từ để tạo một "cọc cát" hoặc "giếng cát".

Trên cơ sở yêu cầu đo đạc các đại lượng:

- Chiều sâu cọc cát;
- Tốc độ đóng cọc xuống; Tốc độ rút ống lên;
- Thể tích cát được nhồi vào ống; Áp lực khí nén vào ống;
- Cường độ dòng điện búa rung;

¹KS, Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: phanthaitrung@nuce.edu.vn

Nhóm tác giả đã thiết kế và chế tạo thành công, đưa vào thương mại hoá thiết bị có chức năng đo được các đại lượng trên, đồng thời phát triển hệ thống phần cứng và phần mềm để lưu giữ, truyền nhận, xử lý, kết xuất dữ liệu ra thành nhật ký thi công và báo cáo khối lượng cuối kỳ.

Hệ thống gồm 3 mô đun riêng biệt, có thể truyền thông tin qua cáp hoặc qua sóng vô tuyến tới lán trại, đảm bảo độ ổn định trong môi trường rung lắc. Hệ thống có chế độ sao lưu dữ liệu ở 2 đầu thu phát, có khả năng nội suy trong điều kiện rung chới và hiệu chuẩn các thông số kỹ thuật theo điều kiện thực tế, đảm bảo bảo toàn dữ liệu được một cách chính xác nhất.

Nhóm tác giả đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ tia la de để đo bề mặt gầu cát một cách chính xác, nhanh chóng, không phụ thuộc vào các điều kiện thời tiết bên ngoài.

Đặc biệt dễ thuận tiện nhất cho người sử dụng chính là lái máy, từ hộp kỹ thuật đặt sau ca bin, thiết bị được nối qua dây cáp tới hộp điều khiển phụ nằm ngay trước mặt lái máy, có các nút điều khiển cần thiết nhất để lái máy có thể kết hợp thao tác ngay trong quá trình vận hành máy đóng cọc.

2. Cơ sở lý thuyết và thiết kế chế tạo

2.1 Đo chiều sâu ống sinh

Đo chiều sâu ống sinh bằng cảm biến encoder là phương pháp phổ biến hiện nay. Có hai loại encoder thường được sử dụng, một là loại tự chế tạo dựa trên cảm biến quang, hai là loại mua sẵn của các hãng tự động hoá. Encoder được gắn vào bánh xe pulley của tời ống sinh, hoặc sử dụng ròng rọc chạy dọc ống sinh.

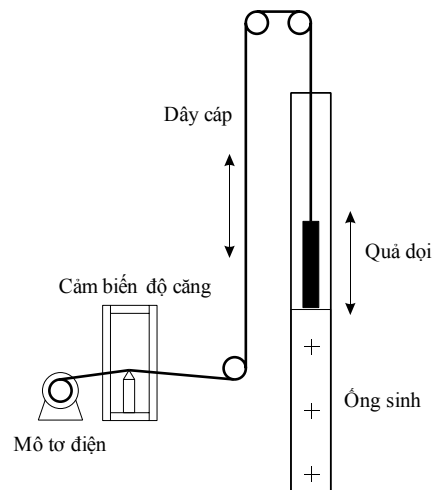
Encoder thường trả về số xung nhất định cho mỗi vòng quay. Với thiết bị XDCAT-01, nhóm tác giả dùng cảm biến encoder có 300 xung mỗi vòng quay, là loại cảm biến công nghiệp có khả năng làm việc ở môi trường ngoài trời.

2.2 Tốc độ đóng cọc xuống và rút ống lên

Căn cứ vào độ sâu đóng cọc và thời gian thi công, phần mềm tính được tốc độ đóng cọc xuống và rút cọc lên, phục vụ cho yêu cầu báo cáo giám sát.

2.3 Đo thể tích cát được nhồi vào ống

a. Phương pháp dùng quả dọi



Hình 1. Sơ đồ đo mực cát trong ống bằng quả dọi

Hiện nay trên thị trường có một số phương pháp đo thể tích cát nhồi vào ống. Phương pháp cổ điển hiện nay là sử dụng quả dọi (quả tạ) được treo trên dây cáp và được mô tơ thả xuống lòng ống. Quả dọi có khối lượng khoảng 20 kg. Khi quả dọi chạm vào bề mặt cát hoặc bị vật cản trong ống, quả dọi dừng lại, sức căng của dây cáp sẽ giảm và cảm biến công tắc hành trình nhận biết được thời điểm quả dọi dừng lại từ đó tính được thể tích của mực cát có trong ống.

Ưu điểm:

- Đo tương đối chính xác thể tích cát trong ống;
- Kết quả đo bằng các tương tác vật lý, không phụ thuộc vào môi trường.

Nhược điểm: Phương pháp này thể hiện rất nhiều nhược điểm xảy ra trong thực tế thi công như sau:

- Do ảnh hưởng của bùn bắn lên và áp suất của khí nén trong ống, kết quả đo bề mặt cát có thể không chính xác.
- Dây cáp dòng lên độ cao rất lớn, dễ bị đàn hồi và ảnh hưởng của gió, rung lắc tác động đến kết quả đo.
- Quả dọi bị tác động của cát đổ vào ống, của bùn, nước trong ống và các ma sát khác dễ gây kẹt dọi và đứt cáp. Trong trường hợp đứt cáp, quả dọi bị chôn vùi dưới hồ cát phải thay thế quả dọi khác gây tốn kém hoặc không có sẵn tại công trường, ảnh hưởng tới tiến độ thi công. Thay thế toàn bộ dây cáp lựa bị đứt với chiều dài khoảng 100m rất tốn kém về mặt chi phí.
- Mô tơ hoạt động liên tục với công suất lớn, thường đảo chiều và phanh gấp, dễ bị nóng, cháy hỏng.
- Thời gian chờ đợi cho ròng rọc kéo thả cáp lâu, khiến cho tiến độ thi công bị ảnh hưởng.

b. Phương pháp đo gầu cát bằng cân điện tử (loadcell)

Với gầu cát ở công trường có khối lượng cát tối đa từ 1,2 tấn đến 2,5 tấn tùy loại máy cơ sở, ta có thể sử dụng cân điện tử loại treo (loadcell) với khả năng cân tối đa 5 tấn.



Hình 2. Cân điện tử loại treo hình chữ S

Để rút ngắn khoảng cách dây tín hiệu, người ta thường treo cân điện tử tại đầu trên cùng của ròng rọc treo gầu.

Ưu điểm:

- Đo chính xác khối lượng cát trong phạm vi dung sai cho phép;
- Khả năng làm việc ổn định, ít hỏng hóc.

Nhược điểm:

- Chỉ đo được khối lượng nhưng thể tích của cát thì biến động phụ thuộc vào độ ẩm, thời tiết, cấp phối cát...
- Giá trị đo được bị ảnh hưởng của thời tiết, ma sát, lực quán tính, sức gió tác động lên dây cáp...

c. Phương pháp hình học sử dụng cảm biến la de

Phương pháp này được nhóm tác giả nghiên cứu chế tạo thành công và lần đầu tiên được áp dụng tại công trường thi công đường cao tốc Hà Nội - Hải Phòng số 5B.



Hình 3. Lắp ráp cảm biến la de tại công trường



Hình 4. Hộp chống nước cho cảm biến la de

Cơ sở của phương pháp này là sử dụng cảm biến đo khoảng cách bằng tia la de, gắn cảm biến trên cáp treo gầu và đo khoảng cách từ cảm biến xuống bề mặt cát trong gầu. Số lượng cảm biến sử dụng từ 1 đến 5 chiếc tùy thuộc vào diện tích bề mặt gầu và hình dáng hình học của thân gầu cát.

Cảm biến la de loại công nghiệp, đầu ra theo chuẩn công nghiệp RS-232 và RS-485 được nhập từ nước ngoài có độ bền cao. Độ chính xác tới mm. Thực tế từ khi lắp đặt có độ ổn định hoạt động rất tốt.

Ưu điểm:

- Đo chính xác bề mặt cát và tính thể tích cát trong gầu với sai số không đáng kể;
- Thời gian đo rất nhanh, không ảnh hưởng tới quá trình thi công, đẩy nhanh tiến độ thi công;
- Thao tác đơn giản, người lái máy có thể kết hợp thao tác sử dụng thiết bị mà không cần bố trí thêm người, tiết kiệm được nhân lực.
- Lắp đặt thuận tiện neo ngay trên dây cáp treo gầu, không cần phải cắt cáp.

Nhược điểm:

- Thiết bị cảm biến la de loại công nghiệp không có sẵn ở Việt Nam, cần phải nhập từ nước ngoài.
- Là thiết bị điện tử hoạt động trên môi trường rung lắc, thời tiết ngoài trời nên cần phải gắn kín trong hộp và bảo dưỡng định kỳ.

2.4 Đo cường độ dòng điện búa rung

Cường độ dòng điện được đo thông qua cảm biến dòng điện (T.I) sử dụng loại 200 Ampe và đồng hồ đo 200A, kết hợp với biến dòng cho ra 4-20mA để đi vào mạch xử lý tín hiệu số.

Thực tế cho thấy cường độ dòng điện thường vọt lên vào lúc khởi động máy hoặc những lúc gặp nền đất chồi. Những lúc búa chạy không tải khi ống sinh rơi tự do, hoặc khi rút ống, cường độ dòng điện giảm đáng kể.

2.5 Đo áp suất khí nén trong ống

Áp suất khí nén được đo bằng cảm biến khí nén lắp trực tiếp vào van bình nén khí, cũng cho ra dòng 4-20mA để đi vào mạch xử lý tín hiệu số.

3. Sản phẩm thiết bị giám sát thi công cọc cát XDCAT-01

Thiết bị được lắp đặt trong hộp kỹ thuật chất lượng cao, hình thức đẹp. Mạch điện sử dụng bo mạch Arduino UNO [2] cho phép lập trình linh hoạt. Có bộ giám chấn chuyên dụng sử dụng vòng cáp do nhóm tác giả tự chế tạo.

Tay điều khiển được chế tạo bằng máy phay CNC cho độ chính xác cao.



Hình 5. Bề mặt hộp điều khiển cắt bằng máy phay CNC



Hình 6. Bộ khung giám chấn dùng cáp phi 6mm



Hình 7. Sản phẩm phiên bản 1



Hình 8. Sản phẩm phiên bản mới nhất lắp ráp tại công trường

Sản phẩm đã được lắp đặt cho nhiều đơn vị thi công và đã được triển lãm, chào bán tại triển lãm Techmart 2012.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Uyên (2008), *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng*, Nxb Xây dựng.
2. Arduino Team (2010), *Arduino UNO Reference Design*, arduino.cc hardware.