

Thiết kế phương án quan trắc độ lún các nhà máy điện gió thực nghiệm quan trắc nhà máy điện gió Hòa Bình 5

Design the procedure of settlement monitoring for wind power plants, experiment monitoring of Hoa Binh 5

Ngô Xuân Thế⁽¹⁾, Phạm Xuân Quyết⁽²⁾

Tóm tắt

Bài báo có nội dung trình bày giải pháp thiết kế, phương án xây dựng hệ thống mốc chuẩn và mốc quan trắc độ lún cho các trụ tua bin dự án nhà máy điện gió. Phần thực nghiệm báo cáo kết quả quan trắc độ lún cho nhà máy điện gió Hòa Bình 5 tại huyện Hòa Bình, tỉnh Bạc Liêu.

Từ khóa: Quan trắc lún, thủy bình độ chính xác cao

Abstract

The paper presents design solution, building method of the base benchmarks and settlement marks for monitoring the settlement tubing of the wind power project. Empirical Report the result of settlement monitoring of Hoa Binh 5 wind power project in Hoa Binh district, Bac Lieu province.

Key words: Settlement monitoring, High tolerant leveling

1. Tổng quan

Việt Nam đang phải đối mặt với tình trạng thiếu hụt năng lượng, đặc biệt là ở miền Nam, nơi có nhu cầu về năng lượng và tốc độ tăng trưởng cao, trong khi các nguồn thủy điện lớn đã khai thác hết, các thủy điện nhỏ không đảm bảo lợi ích mang lại so với thiệt hại môi trường mà nó gây ra. Bên cạnh đó, trước sự biến động của giá dầu thế giới, sự cạn kiệt của nhiên liệu hóa thạch, thì điện gió được xem là nguồn tài nguyên dồi dào ở miền Nam với nhiều ưu điểm và có thể triển khai nhanh chóng. Là một trong những quốc gia chịu tác động nghiêm trọng từ biến đổi khí hậu. Trong mười năm trở lại đây, Việt Nam đã quan tâm đầu tư sản xuất điện gió nhằm đáp ứng nhu cầu năng lượng trong nước đang tăng vọt, giảm lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính. Tính đến thời điểm này tại Việt Nam đã có khoảng hơn 100 dự án điện gió và khoảng hơn 80 dự án đã đưa vào sử dụng.

Trong quá trình sử dụng, hoạt động của các trụ điện gió luôn ở trạng thái động, rung lắc mạnh do vậy công tác quan trắc biến dạng (lún và chuyển dịch ngang) cần phải được quan tâm để theo dõi biến động của nền móng công trình cảnh báo cho Chủ đầu tư tránh gây các sự cố đáng tiếc có thể xảy ra. Bài báo này đưa ra phương án thiết kế chung công tác quan trắc lún và chuyển dịch ngang cho các dự án điện gió và báo cáo kết quả thực nghiệm quan trắc cho dự án điện gió Hòa Bình 5.

2. Thiết kế phương án quan trắc cho các trụ điện gió

2.1. Đặc điểm của các trụ điện gió

Các dự án điện gió nói chung đều có dạng tuyến các trụ cách nhau từ 300 đến 400m, trải dài hàng cây số hoặc có thể hàng chục cây số.

Kết cấu móng các trụ điện gió là kết cấu móng bê tông cốt thép hình trụ côn móng cọc đóng hoặc ép

2.2. Thiết kế hệ thống mốc chuẩn quan trắc

Căn cứ vào đặc điểm về mặt bằng và kết cấu móng của các trụ điện gió, căn cứ vào mục 6.1.2 và 6.1.4 của Tiêu chuẩn Việt nam 9360:2012 thì đối với công trình điện gió thì hệ thống mốc chuẩn phải được thiết kế theo kết cấu mốc chuẩn loại A với chiều sâu ít nhất là bằng chiều sâu móng cọc thiết kế.

Về mật độ mốc chuẩn theo TCVN 9360:2012 thì số lượng mốc chuẩn ít nhất là 3 mốc và khoảng cách từ mốc chuẩn đến Trụ từ 50 đến 100m. Tuy nhiên với đặc điểm vị trí của các trụ điện như đã nói ở phần trên thì như thế sẽ không bảo đảm được khoảng cách nếu chỉ dùng 03 mốc chuẩn, ngược lại với khoảng cách 100m từ mốc chuẩn đến công trình thì như vậy với số lượng trụ điện càng nhiều càng dài trải nhiều km thì khối lượng mốc chuẩn phải xây dựng mốc chuẩn rất nhiều rất tốn kém về kinh tế.

Tổng hợp từ các vấn đề nêu trên, Tác giả đề xuất phương án xây dựng hệ thống mốc chuẩn như sau:

- Kết cấu mốc chuẩn là mốc loại A với chiều sâu mốc tương đương với chiều sâu cọc thiết kế cho móng.
- Khối lượng mốc chuẩn sẽ được xây dựng theo từng cụm mốc chuẩn 3 mốc.

2.3. Thiết kế hệ thống mốc quan trắc

Theo mục 6.2.12. trong tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9360:2012 “Đối với các công trình loại ống khói, si lô, lò luyện gang, công trình dạng tháp, máy nâng, kho thóc... mốc được đặt tối thiểu bốn chiếc theo chu vi...”.

Với các Tuabin trụ gió có kết cấu móng thường có dạng hình tròn đường kính trung bình khoảng 6-8m phương án tối ưu nhất là gắn 4 mốc tại 4 vị trí theo đúng hướng Đông, Tây, Nam Bắc, với cách bố trí này có thể tính toán được độ nghiêng

(1) ThS, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Email: <ngothebst@gmail.com>

(2) KS, Công ty CP Khảo sát và thiết kế Việt Nam, Email: <pxquyet82@gmail.com>



Hình 1. Hình ảnh một số nhà máy điện gió

của kết cấu móng trụ nếu trường hợp xảy ra lún lệch. Kết cấu móc quan trắc lún thường được làm bằng thép đường kính 18-20mm được mạ kẽm chống gỉ (Hình 5)

2.4. Phương án quan trắc

Phương pháp xác định độ cao của các móc đo lún là phương pháp thủy chuẩn hình học tia ngắm ngắn theo tiêu chuẩn TCVN 9360:2012 “Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học”. Quá trình quan trắc lún tiến hành theo các chu kỳ, mỗi chu kỳ đo được tiến hành theo 2 bước:

Bước 1 - Đo lưới chuẩn: Lưới chuẩn là lưới nối các móc chuẩn với nhau. Mục đích của việc đo lưới chuẩn là kiểm tra độ ổn định của các móc chuẩn. Việc đo lưới chuẩn được đo bằng thủy chuẩn hình học chính xác theo hai chiều đo thuận và đo ngược.

Trong quá trình đo đặc lưới cơ sở tuân thủ các hạn sai do tiêu chuẩn quy định đối với đo lún hạng I.

Sai số khép vòng:

$$(fh)_{gh} = \pm 0.3 \sqrt{n(mm)}, \quad n \text{ số trạm máy (1)}$$

Sai số trung phương trạm máy:

$$m_h \leq 0.15mm / \text{trạm (2)}$$

Bước 2 - Dẫn độ cao từ các móc chuẩn vào các móc đo lún: Mục đích của việc dẫn độ cao vào các móc đo lún là để xác định độ cao thực tế của các móc trong chu kỳ hiện tại. Việc dẫn độ cao vào các móc đo lún được thực hiện bằng thủy chuẩn hình học chính xác theo một chiều.

Trong quá trình đo đặc cần tuân thủ các hạn sai do qui phạm quy định đối với đo lún hạng II với một số chỉ tiêu kỹ thuật chủ yếu như sau:

Chiều dài tia ngắm không vượt quá 30m.

Chênh lệch khoảng cách từ máy đến mìa trước và mìa sau không được vượt quá 1m.

Chênh lệch về chênh cao trên một trạm máy xác định theo thang chính và thang phụ của mìa Invar (hoặc theo 2 lần đọc số) không được vượt quá 0.3 mm.



Hình 2. Mặt bằng nhà máy điện gió 7A tỉnh Ninh Thuận

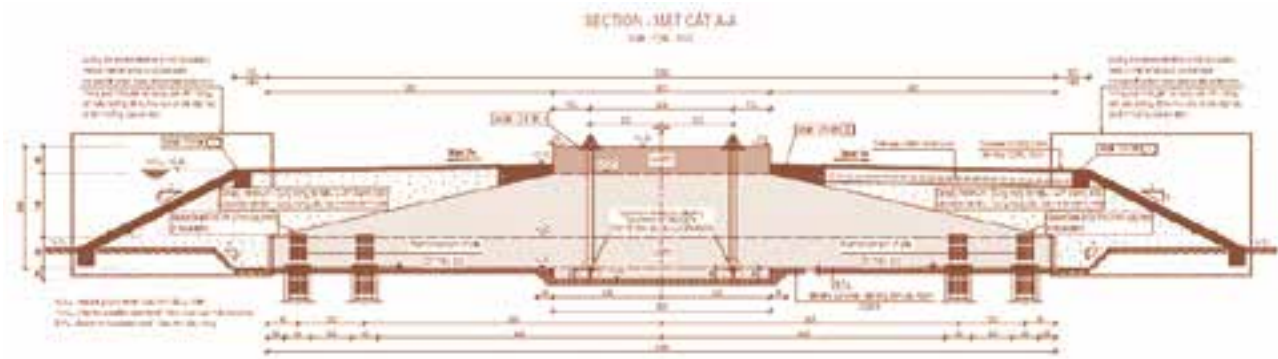
Sai số khép vòng:

$$(fh)_{gh} = \pm 0.5 \sqrt{n(mm)}, \quad n \text{ số trạm máy (3)}$$

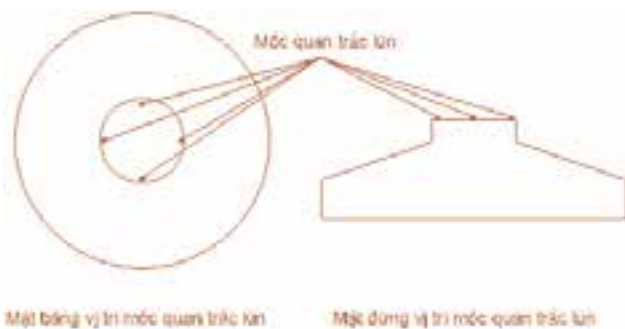
Sai số trung phương trạm máy:

$$m_h \leq 0.25mm / \text{trạm (4)}$$

Với hệ thống trụ tua bin riêng lẻ nên sơ đồ quan trắc sẽ bố trí theo



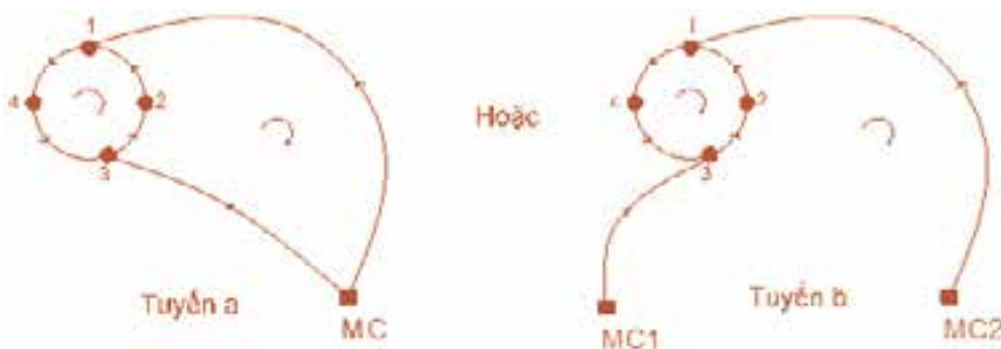
Hình 3. Mặt bằng thông thường kết cấu móng trụ điện gió



Hình 4. Bố trí mốc quan trắc lún



Hình 5. Hình ảnh mốc quan trắc lún



Hình 6. Sơ đồ thiết kế bố trí tuyến quan trắc

đồ hình từng trụ riêng biệt với 1 chiều đi và về từ mốc chuẩn đến mốc quan trắc (hình 6).

2.6. Ước tính độ chính xác theo phương án quan trắc

Với thiết kế hệ thống mốc chuẩn, mốc quan trắc và sơ đồ quan trắc như trên và sử dụng phần mềm HHMAP 2019 để ước tính sai số trung phương độ cao cho điểm yếu nhất sau đó tính toán sai số tính toán độ lún theo công thức 5

$$m_h = \sqrt{(m_{h1}^2 + m_{h2}^2)} \quad (5)$$

Trong đó: m_h là sai số tính toán độ lún

m_{h1} , m_{h2} là sai số độ cao của điểm cần tính độ lún giữa 2 chu kỳ

Sử dụng phần mềm HHMAP 2019 ước tính sai số độ cao của điểm yếu nhất với sơ đồ lưới tuyến a hình 6, giả định với trường hợp mốc chuẩn ở xa nhất cách trụ 500 dẫn đến công trình tức là 10 trạm máy. Với chiều dài dẫn từ mốc chuẩn đến mốc quan trắc 10 trạm, ta tính được sai số độ cao điểm yếu nhất là 0.59mm. Từ đó tính được sai số độ lún m_h .

$$m_h = \sqrt{(0.6^2 + 0.6^2)} = 0.84\text{mm} < 1\text{mm}$$

Với kết quả ước tính như trên thì phương án thiết kế đảm bảo được độ chính xác theo yêu cầu quan trắc lún cấp 2 cho hệ thống trụ điện gió theo TCVN 9360:2012.

3. Thực nghiệm quan trắc lún cho nhà máy điện gió Hòa Bình 5 – Giai đoạn 1

3.1. Tổng quan về nhà máy điện gió Hòa Bình 5

Dự án Nhà máy Điện Gió Hòa Bình 5 - giai đoạn 1, là một trong những dự án điện gió trong đất liền; được phê duyệt chủ trương đầu tư tại Quyết định số 298/QĐ-UBND ngày 17/9/2020 của Ủy ban nhân dân tỉnh, do Công ty Cổ phần Năng lượng Hacom Bạc Liêu làm chủ đầu tư; Quy mô công suất 80 MW với 26 tua bin gió của hãng Envision - Trung Quốc (gồm 06 tua bin gió có công suất 3,3MW/tua bin và 20 tua bin gió có công suất 3,0MW/tua bin). Một số thông tin về dự án:

- Tên dự án: Nhà máy điện gió Hòa Bình 5 – Giai đoạn 1
- Chủ đầu tư: Công ty CP Năng lượng Hacom Bạc Liêu
- Vị trí xã Vĩnh Thịnh và xã Vĩnh Hậu, huyện Hòa Bình,

tỉnh Bạc Liêu

- Diện tích: 27,7 ha
- Quy mô công suất: 80MW
- Sản lượng điện: 280.000 MWh/năm
- Tổng vốn đầu tư: Khoảng 3.700 tỷ đồng
- Ngày vận hành COD: 31/10/2021

3.2. Phương án quan trắc lún nhà máy điện gió Hòa Bình 5

Dựa trên các tiêu chuẩn hiện hành và yêu cầu của Chủ đầu tư, công tác quan trắc lún các trụ tuabin nhà máy điện gió Hòa Bình 5 – Giai đoạn 1 đang được thực hiện. Nội dung các công tác thực hiện quan trắc lún như sau:

3.2.1. Hệ thống mốc chuẩn

Với thiết kế tổng thể gồm 26 trụ tua bin gió được dàn trải theo dạng tuyến. Hệ thống mốc chuẩn được bố trí gồm 11 mốc chuẩn ký hiệu từ MC1 cho đến MC11 chạy dọc theo tuyến thi công. Chiều sâu các mốc chuẩn được xây dựng tương đương với chiều sâu cọc đóng của trụ tua bin gần mốc nhất. Sau đây là bảng tổng hợp chiều sâu các mốc chuẩn đã được xây dựng.

3.2.2. Hệ thống mốc quan trắc lún

Tổng thể 26 trụ tua bin được lắp đặt mỗi trụ 4 mốc tổng gồm 104 mốc. Vị trí lắp đặt các mốc trên mỗi trụ đúng hướng Đông Tây, Nam, Bắc.

3.3. Kết quả quan trắc lún nhà máy điện gió Hòa Bình 5

Nhà máy điện gió Hòa Bình 5 Chính thức vận hành vào ngày 31 tháng 10 năm 2021. Đến nay theo phương án quan trắc đã thực hiện đến chu kỳ 04. Các công tác quan trắc lún đã được thực hiện theo đúng yêu cầu của phương án kỹ thuật và các tiêu chuẩn hiện hành. Sau đây là bảng tổng hợp kết quả quan trắc đến chu kỳ 04. Do thời lượng bài báo có hạn nên Tác giả chỉ đưa ra kết quả quan trắc của một số trụ đặc trưng. (Bảng 2)

Nhận xét về kết quả quan trắc lún sau chu kỳ 04: Sau kết quả quan trắc lún 26 trụ chu kỳ



Hình 7. Hình ảnh tổng thể nhà máy điện gió Hòa Bình 5



Hình 8. Mặt bằng tổng thể bố trí hệ thống mốc chuẩn

4 nhận thấy:

- Quá trình quan trắc lún đã được thực hiện đúng Quy phạm và tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.
- Giá trị độ lún các trụ nhỏ, dao động trong khoảng từ 1-10mm tùy thuộc từng trụ.

Bảng 1. Bảng thống kê khối lượng mốc chuẩn đã thực hiện

STT	Tên mốc chuẩn	Chiều sâu khoan	Cao độ miệng hố khoan	Trụ tuabin gần nhất	Lớp địa chất
1	MC1	48,0	1,44	WT6	Sét trạng thái dẻo cứng
2	MC2	48,0	0,79	Giữa WT3,4	Sét dẻo cứng đến nửa cứng
3	MC3	54,0	1,12	Giữa WT1,2	Sét dẻo cứng
4	MC4	48,0	1,50	WT9	Sét dẻo cứng đến nửa cứng
5	MC5	48,0	0,90	WT12	Sét dẻo cứng
6	MC6	48,0	1,11	Giữa WT14,15	Sét dẻo cứng đến nửa cứng
7	MC7	54,0	0,50	WT17	Sét dẻo cứng đến nửa cứng
8	MC8	54,0	0,83	Giữa WT19,20	Sét dẻo cứng đến nửa cứng
9	MC9	48,0	1,19	Giữa WT21,22	Cát chặt vừa hoặc sét dẻo cứng
10	MC10	42,0	0,60	Giữa WT24, 25	Sét dẻo cứng hoặc cát rất chặt
11	MC11	54,0	1,08	Giữa WT23, 26	Sét dẻo cứng đến nửa cứng

Bảng 2. Thống kê kết quả quan trắc lún 1 số trụ nhà máy điện gió Hòa Bình 5

Trụ WT-01								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	26-08-2021		04-10-2021		03-12-2021		14-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT01-1	3,30007	0,00	3,29432	-5,75	3,28692	-13,15	3,28052	-19,55
MWT01-2	3,30589	0,00	3,30025	-5,64	3,29235	-13,54	3,28807	-17,82
MWT01-3	3,29445	0,00	3,28935	-5,10	3,27985	-14,60	3,27536	-19,09
MWT01-4	3,30255	0,00	3,29727	-5,28	3,28802	-14,53	3,28097	-21,58

Trụ WT-04								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	20-08-2021		01-10-2021		03-12-2021		14-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT04-1	3,34987	0,00	3,34880	-1,07	3,34744	-2,43	3,34693	-2,94
MWT04-2	3,39986	0,00	3,39898	-0,88	3,39784	-2,02	3,39871	-1,15
MWT04-3	3,38414	0,00	3,38317	-0,97	3,38179	-2,35	3,38186	-2,28
MWT04-4	3,33240	0,00	3,33128	-1,12	3,32951	-2,89	3,32803	-4,37

Trụ WT-09								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	12-09-2021		21-10-2021		04-12-2021		15-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT09-1	3,36879	0,00	3,36757	-1,22	3,36753	-1,26	3,36599	-2,80
MWT09-2	3,36841	0,00	3,36700	-1,41	3,36691	-1,50	3,36609	-2,32
MWT09-3	3,37380	0,00	3,37236	-1,44	3,37204	-1,76	3,37178	-2,02
MWT09-4	3,38016	0,00	3,37881	-1,35	3,37784	-2,32	3,37514	-5,02

Trụ WT-13								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	04-10-2021		30-10-2021		05-12-2021		16-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT13-1	3,39133	0,00	3,39023	-1,10	3,38876	-2,57	3,38733	-4,00
MWT13-2	3,37870	0,00	3,37697	-1,73	3,37616	-2,54	3,37559	-3,11
MWT13-3	3,36152	0,00	3,36004	-1,48	3,35917	-2,35	3,35884	-2,68
MWT13-4	3,39511	0,00	3,39394	-1,17	3,39177	-3,34	3,39072	-4,39

Trụ WT-18								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	01-10-2021		30-10-2021		06-12-2021		17-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT18-1	3,29469	0,00	3,29433	-0,36	3,29063	-4,06	3,28693	-7,76
MWT18-2	3,28506	0,00	3,28452	-0,54	3,28133	-3,73	3,27846	-6,60
MWT18-3	3,30394	0,00	3,30358	-0,36	3,29984	-4,10	3,29688	-7,06
MWT18-4	3,31467	0,00	3,31436	-0,31	3,30981	-4,86	3,30583	-8,84

(xem tiếp trang 24)

do chưa kể tới ảnh hưởng của các cọc hiện hữu đã thi công trước; (v) điều kiện mực nước dưới đất ở thời điểm thi công không quá bất lợi như trong mô hình tính toán.

Một vấn đề khác mà ta quan tâm là lún bề mặt trong tính toán mô hình 2D là 5.0 cm, chuyển vị này có xu hướng tăng dần khi đi ra xa hố đào trong phạm vi 30m. Các quan trắc lún bề mặt và lún công trình lân cận cho thấy giá trị lún lớn nhất là 4.0 cm. Hệ số ổn định tổng thể từ tính toán $Msf = 1.68 > 1.5$ nên hố đào được xem là ổn định và phù hợp với yêu cầu của dự án.

5. Kết luận

Với các hố đào có độ sâu rất lớn lên tới 6 tầng hầm trong điều kiện xây chen tại trung tâm thành phố Hà Nội có mặt bằng xây dựng thường không quá lớn, xung quanh lại nhiều các công trình thấp tầng được xây dựng từ lâu, có kết cấu yếu thì phương án semi top-down là một trong những gợi ý tốt về giải pháp thi công hầm sâu.

Kết quả khảo sát bằng mô hình hóa trong Plaxis 2D để tính toán ổn định hố đào sâu tại dự án 22-24 Hàng Bài cho kết quả chuyển vị ngang của tường vây cơ bản phù hợp với các kết quả quan trắc trên công trường nhất là khi sử dụng

mô hình Hardening Model và đặc biệt là khi ta sử dụng mô đun $E_{50} = 350 c_u / I$.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Bá Kế (2012), *Thiết kế và thi công hố móng sâu. Nhà xuất bản xây dựng*
2. Brinkgreve R. B. J. (2005), *Selection of Soil Models and Parameters for Geotechnical Engineering Application, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE;*
3. Janbu N., (1963) *Soil compressibility as determined by oedometer and triaxial tests. In: Proceedings of European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Wiesbaden; 1963. p. 19-25;*
4. Schanz T., Vermeer P. A., Bonnier P. G. and Brinkgreve R. B. J. (1999), *Hardening Soil Model: Formulation and Verification, Beyond 2000 in Computational Geotechnics, Balkema, Rotterdam, pp. 281-290;*
5. Strom, R. W., Ebeling, R. M. (2001) *State of the practice in the design of tall, stiff, and flexible tieback retaining walls. Technical Report ERDC/ITL TR-01-1, U.S. Army Corps of Engineers.*

Thiết kế phương án quan trắc độ lún các nhà máy điện gió...

(tiếp theo trang 18)

Trụ WT-23								
Tên điểm	Chu kỳ 1		Chu kỳ 2		Chu kỳ 3		Chu kỳ 4	
	11-07-2021		12-09-2021		07-12-2021		18-02-2022	
	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)	Độ cao (m)	Độ lún (mm)
MWT23-1	3,43091	0,00	3,42939	-1,52	3,42878	-2,13	3,42833	-2,58
MWT23-2	3,43097	0,00	3,42940	-1,57	3,42860	-2,37	3,42863	-2,34
MWT23-3	3,43547	0,00	3,43443	-1,04	3,43241	-3,06	3,43254	-2,93
MWT23-4	3,45085	0,00	3,44957	-1,28	3,44772	-3,13	3,44652	-4,33

- Trong 1 trụ độ lún lệch nhỏ dao động nhiều nhất là khoảng 3mm.

Tuy nhiên từ khi vận hành đến giờ mới được 06 tháng nên khả năng chưa đánh giá hết được giá trị độ lún tổng thể nên cần phải quan trắc thêm theo đúng đề cương và quy trình bảo trì theo thiết kế.

4. Kết luận

Đối với các công trình điện gió thì công tác quan trắc độ lún trong quá trình vận hành là yêu cầu bắt buộc, thời gian quan trắc ít nhất là 5 năm (Tham khảo quy định bảo trì của một số nhà máy).

Hệ thống mốc chuẩn nên được xây dựng theo mật độ ít nhất 03 mốc trên 1 cụm, khoảng cách tối đa từ mốc chuẩn đến trụ quan trắc xa nhất là 300 để đảm bảo độ chính xác quan trắc cấp 2 theo TCVN 9360:2012.

Hệ thống mốc quan trắc được gắn mỗi trụ 04 mốc theo đúng hướng Đông, Tây, Nam, Bắc sẽ dễ dàng cho việc đánh giá và tính toán độ nghiêng nếu có.

Do đặc điểm của công trình điện gió nên hệ thống mốc chuẩn nhiều khi phải xây dựng rất nhiều dẫn đến tốn kém về mặt kinh tế, vì vậy tùy thuộc vào từng dự án, từng mặt bằng vị trí các trụ tua bin mà thiết kế, bố trí hệ thống mốc chuẩn cho hợp lý nhất.

Tài liệu tham khảo

1. *Bài giảng quan trắc công trình xây dựng theo phương pháp Trắc địa*, Nhà xuất bản xây dựng, 2016
2. TCVN 9398: 2012 “*Công tác trắc địa trong xây dựng – Yêu cầu chung*”
3. TCVN 9360:2012 “*Quy trình kỹ thuật quan trắc lún nhà và công trình công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học*”
4. <https://tapchicongthuong.vn/bai-viet/dien-gio-tai-viet-nam-nhan-dien-thach-thuc-va-de-xuat-giai-phap-phat-trien-86192.htm>
5. http://gizenergy.org.vn/media/app/media/Bao%20cao%20nghien%20cuu/Status_of_wind_power_development_and_financing_of_these_projects_in_Vietnam_VN_09042012.pdf
6. <http://www.hacomholdings.vn/vi/du-an/nha-may-dien-gio-hoa-binh-5-giai-doan-1>