

風車の大型化と耐震設計への考察

～最近のモノパイル検討例から～

令和4年2月17日



一般社団法人

日本埋立浚渫協会

技術委員長 野口 哲史

風車設備の主要諸元

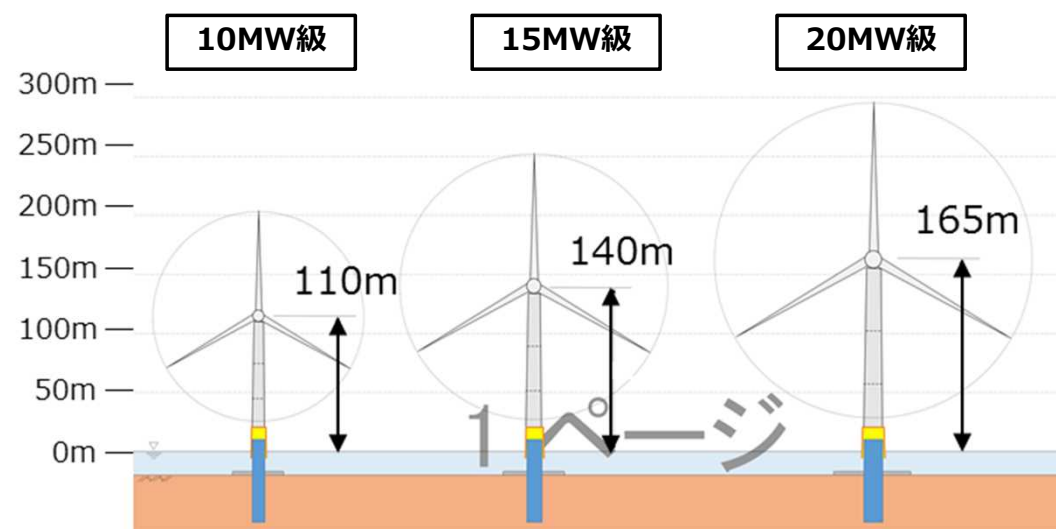
● 主要諸元

【 風車 】	10MW級	15MW級	20MW級
ハブ高さ	110m	140m	165m
ローター径	180m	220m	270m
タワー径(下端)	6.5m	9.0m	10.5m
タワー重量	600t	900t	1,300t
部材の総重量比	1.0	1.4	1.8
【 MP式基礎 】	10MW級	15MW級	20MW級
MP直径	7.5m	9.5m	11.0m
MP長さ	70m	70m	70m
MP重量※	1.100t (~1,300t)	1.500t (~1,800t)	1.800t (~2,200t)
TP重量	300t	400t	500t

赤枠：高シナリオ 緑枠：懸念シナリオ

● 重量・ハブ高さに伴うサイクルタイム

風車	10MW	15MW	20MW
重量比率	1.0	1.3	1.5
4基/サイクル	8.2日	10.0日	11.0日
サイクル比率	1.00	1.18	1.29

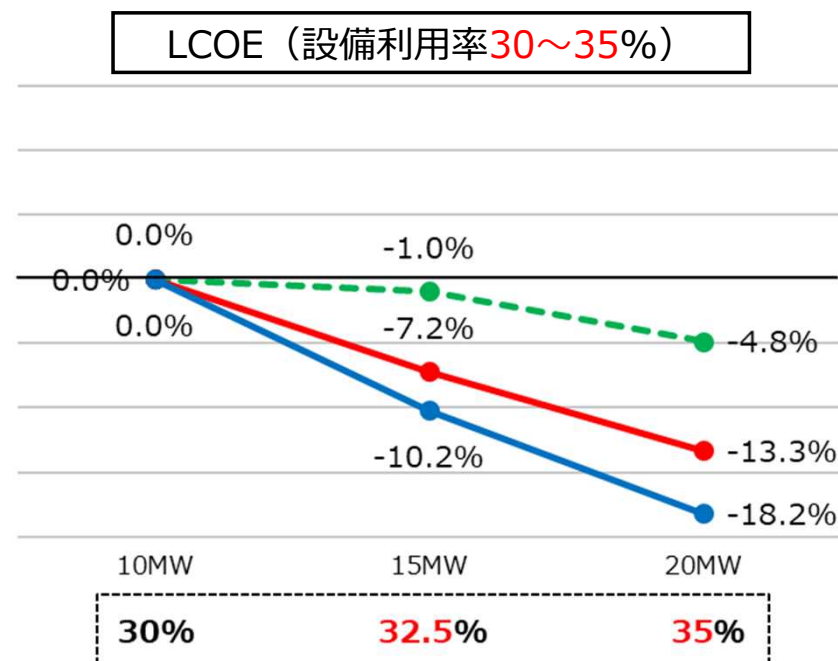
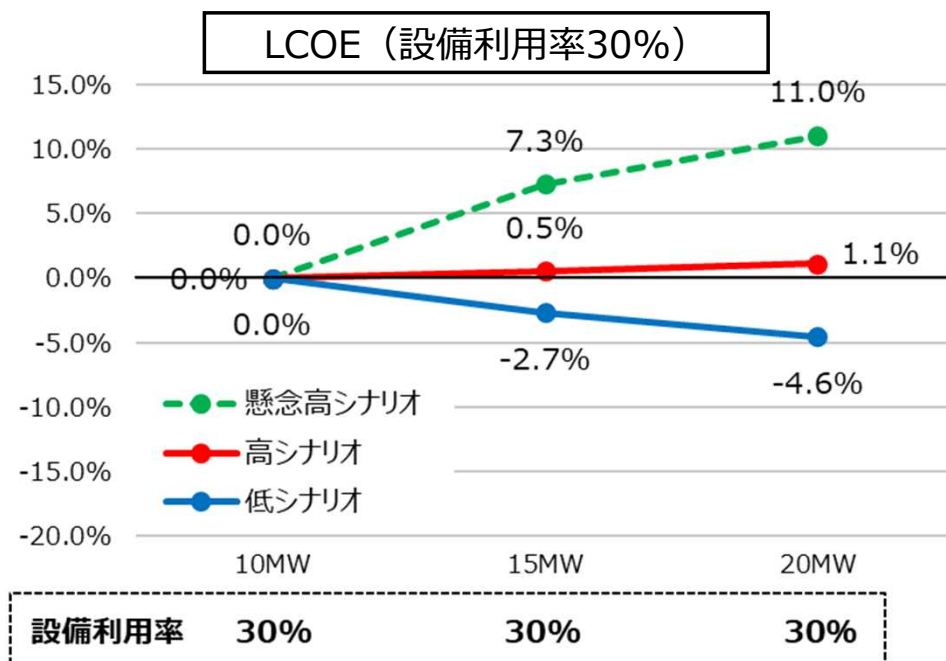


風車設備の寸法イメージ

出典：第1回「基地港湾のあり方に関する検討会」令和3年5月18日 資料4
(一社) 日本埋立浚渫協会資料より抜粋

基礎 (MP・TP)	10MW	15MW	20MW
重量比率	1.0	1.3	1.5
3基/サイクル	12.5日	15.5日	17.5日
サイクル比率	1.00	1.24	1.40

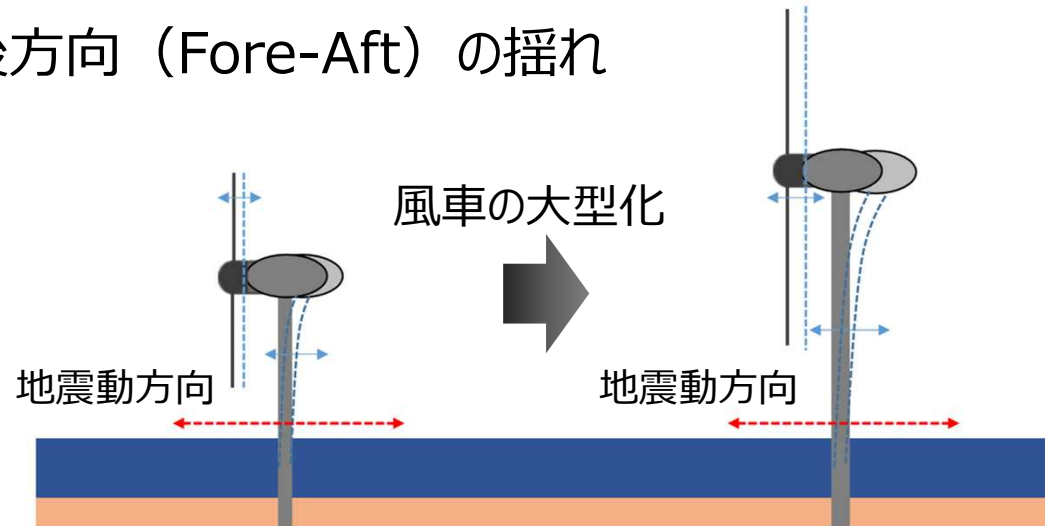
大型化によるLCOE



【結論】

- 設備利用率の向上が期待できれば、大型化に伴い10~20%近いコストダウンが見込める。
- しかしながら、大型化することによる落雷や強風による被災復旧の時間増が懸念され、これにより設備利用率が上がらなければ、5~10%程度のコスト増となる可能性がある。

前後方向（Fore-Aft）の揺れ



大型化すると揺れが大きくなり、大きな曲げモーメントが基礎に伝わる。

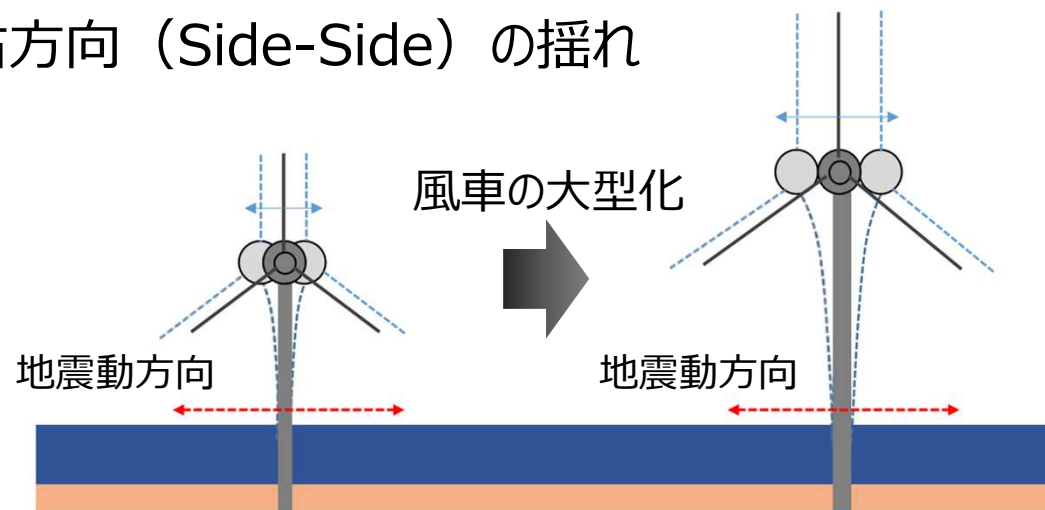


前後方向揺れは減衰が大きい。左右方向は減衰が小さく、揺れが収まりづらい。

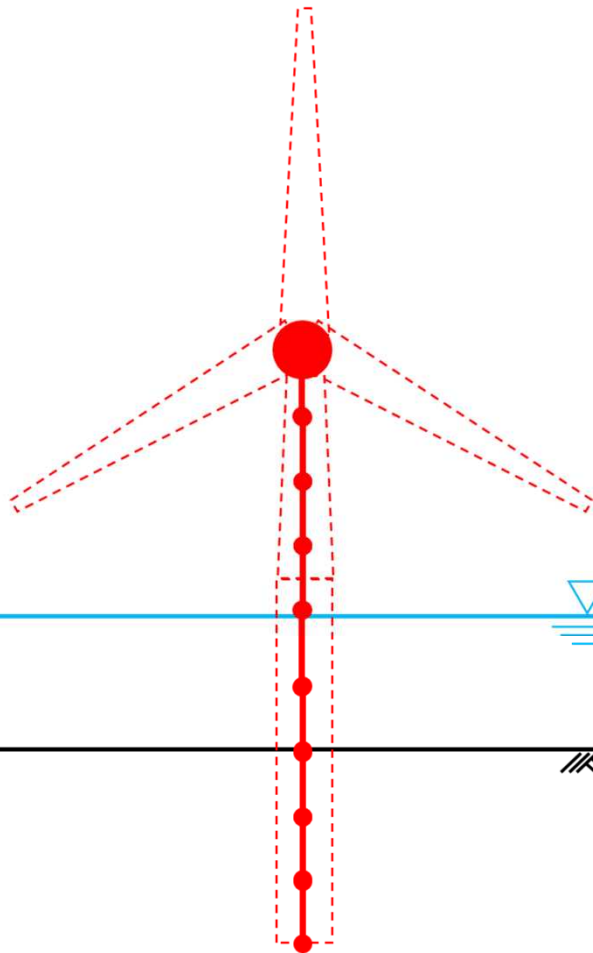


揺れの方法と減衰を考慮した計算モデルが必要。

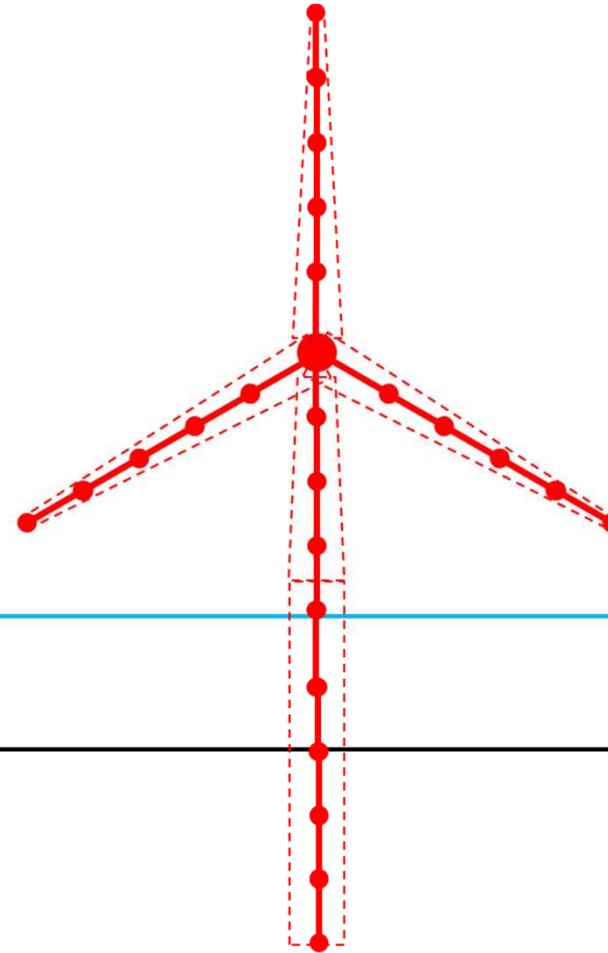
左右方向（Side-Side）の揺れ



1質点系モデル



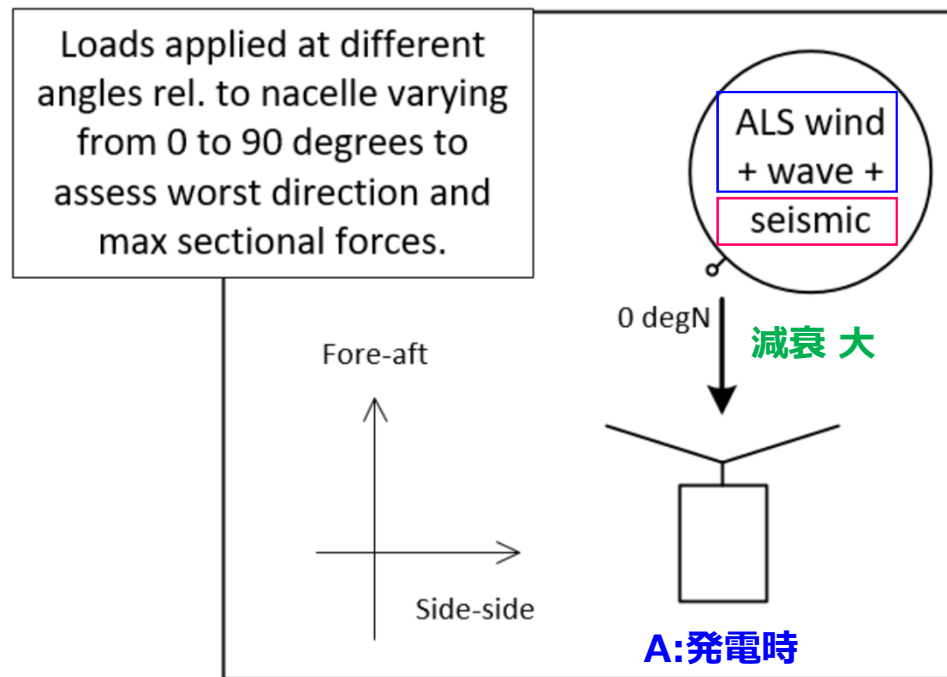
多質点系モデル



ロータ・ナセル・ブレードを
多質点系モデルに変える
ことで、

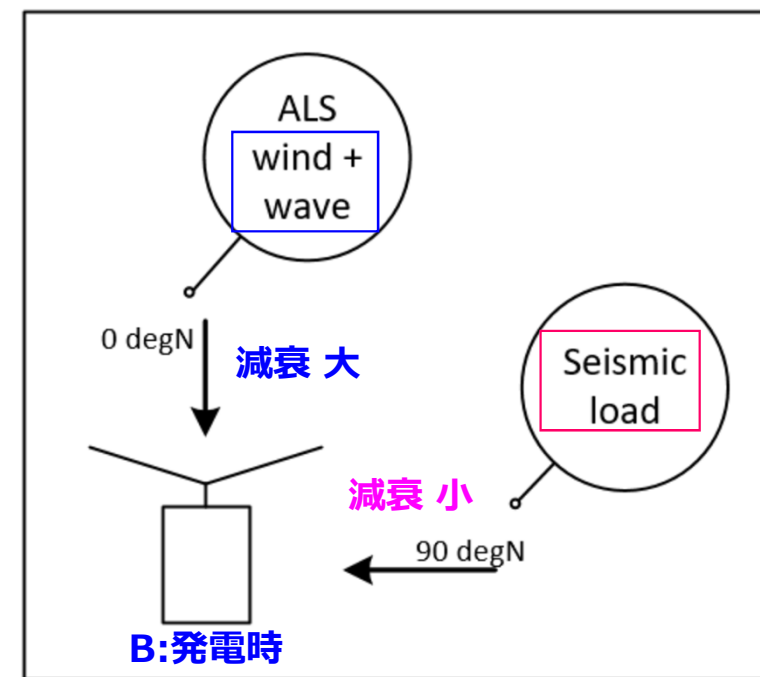
- 外力の方向性を考慮した計算ができる
- 空力減衰を精度よく適切に考慮できる

1質点系モデルによる支配外力



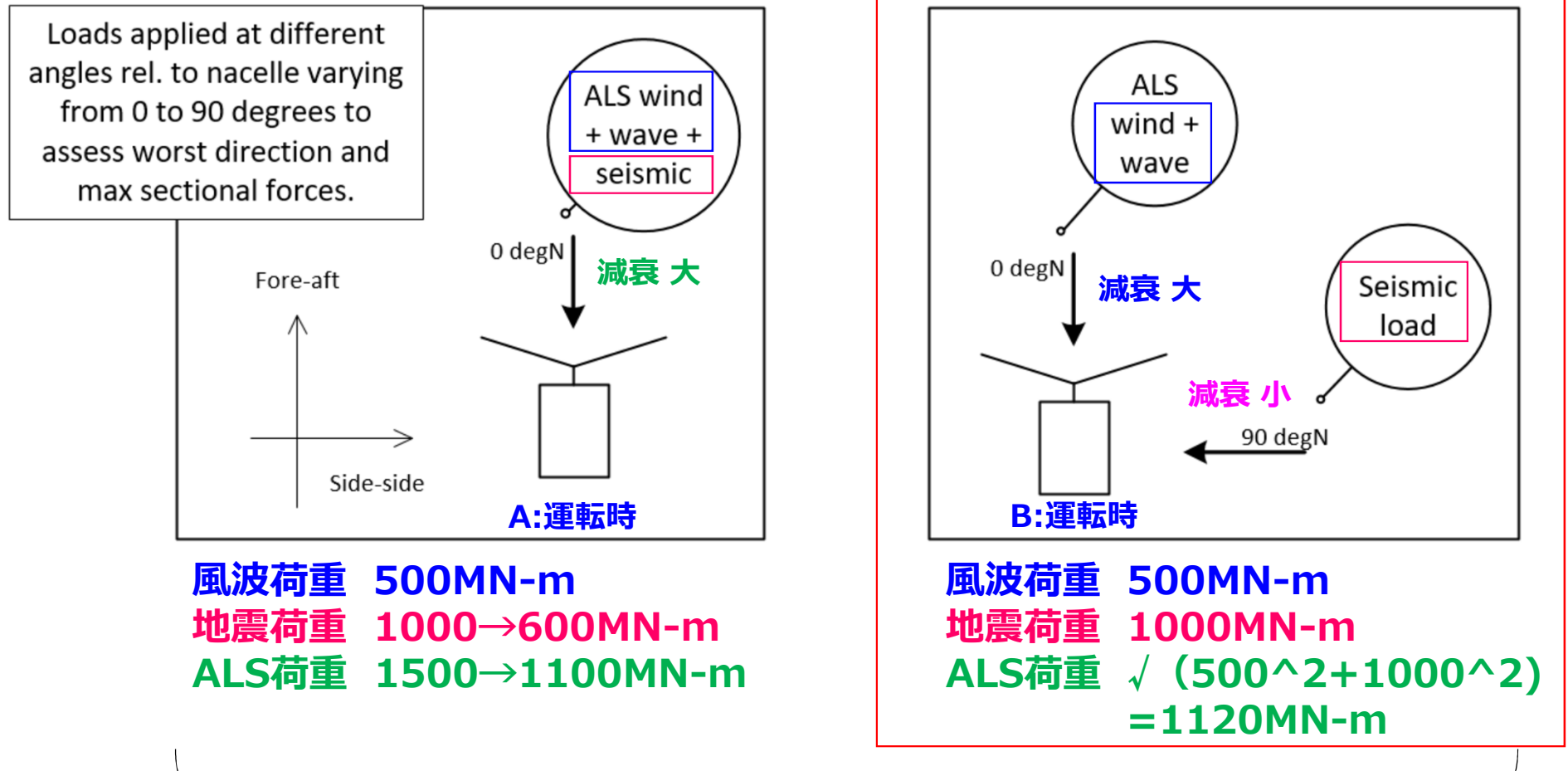
- ・大きな空力減衰により地震荷重は**大幅減**
(風波荷重 + 地震荷重(空力減衰なし)は**過大**)

多質点系モデルによる支配外力



- ・空力減衰が小さいため地震荷重は大きい
- ・風波荷重0°と地震荷重90°の合力

風波力と地震力の連動解析（15MW機の例）



出典：石原孟、飯田芳久：風車支持構造物に作用する風と地震の組み合わせ荷重の数値予測 その1 荷重最大となる組み合わせの検証、第75回土木学会年次学術講演会講演概要集 2020

ALS荷重 1120MN-m
→ $1120/1500 = 0.75$ ∴ 25%減

- 15MW機は10MW機に比べてMPが30%増しの重量、施工サイクルタイムで1.24倍と見積もっていた。
- しかし、解析手法の精度向上で曲げモーメントは従来増分の75%であると計算できる。
単純比率で重量増も $1.00 + 0.3 \times 0.75 = 1.225$ 倍程度であるとする、サイクルタイム増分も1.15～1.20倍程度と予想される。
- 風車が20MW機になった場合は、別次の揺れモード
(例：波打つような揺れ) が顕著になる可能性もあり、より精緻なモデルによる解析が求められる。
- このように風車部と基礎部の解析、設計は各々が影響を与え合い、その重量増は基地整備、据付、OMコストに直結する。
- 基礎の設計手法は、最新の技術動向を踏まえたものになるよう検討を深化させるべきである。

