風力発電塔基礎部におけるアンカーリングの沈下現象に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院	学生会員	○黒木	唯真
大阪市立大学大学院	正会員	角掛	久雄

1. はじめに

風力発電施設のタワーと基礎部の接合には,アン カーボルト方式とアンカーリング方式(図-1)がある. 現在,アンカーリング方式において,アンカーリン グとコンクリートの界面から水とコンクリート紛体 (スラッジ)が噴出し,アンカーリングが沈下・上下振 動する現象が国内外で確認されている.その要因と して,水の浸入によるコンクリートの疲労進展や施 工不良による影響などが考えられる. Mai ら¹⁾によっ ても検討がなされているが,施工不良による影響は 考慮されておらず,さらなる検討が必要である.

そこで本研究では、アンカーリングとコンクリー ト界面への水の浸入およびアンカーリング下面の充 填不足に着目し、模型供試体による繰り返し載荷実 験を行い、沈下現象の解明を試みた.

2. 実験概要

供試体は図-2 に示すように、アンカーリング接合 部の一部をモデル化した.実際は円筒形であるが、 直線形の供試体としている.また、アンカーリング モデル化についてはベースプレート部を風力発電実 機の 1/5 程度と想定し、コンクリートは呼び強度 21N/mm²、W/C 58%、最大骨材寸法 15mm としてい る.表-1 に供試体番号と実験パラメータを示す.施 工不良による欠損のない健全状態の供試体およびア ンカーリング下面の支圧面積が 30%欠損している供



試体をそれぞれ 2 体ずつ用意し,それぞれに対して 水の有無による影響を検討した.また欠損の割合に よる影響を見るために,欠損 50%の供試体も用意し, 水有りで実験を行った.欠損は図-2 で示すように, 奥行き方向に一様な幅 10mm×高さ 5mm 程度の空隙 をそれぞれ欠損割合に合わせて等間隔に設けた.

載荷荷重は,実機における運転時設計レベルを目 安とした支圧強度比(圧縮:0.16,引張:0.14)から圧 縮強度を基準に設定し,正負交番の繰り返し載荷を 行った.なお,荷重設定に断面の欠損は考慮してい ない.載荷速度は 0.5Hz とし,繰り返し載荷回数は 20万回を上限とした.載荷時には,鉛直方向および 水平横方向を鋼材と PC 鋼棒・寸切りボルトによって 固定・拘束した.また,供試体上面に変位計を 2 箇 所で固定し,鋼材とコンクリートの相対変位を計測 した.水有りのケースでは図-2 で示すように水槽を 設けて水の浸入を模擬し,前面および裏面は防水の ためシリコンシーラントで被覆している.

3. 実験結果

図-3に、全5ケースについて変位と繰り返し回数

表-1 供試体概要

供試体番号	N-0	W-0	N-30	W-30	W-50
水	-	0	-	0	0
欠損	-	-	30%	30%	50%

N:水無し,W:水有り - 0:健全, 30:欠損30%, 50:欠損50%



キーワード 風力発電塔基礎,アンカーリング,沈下,水中疲労,施工不良
連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL&FAX 06-6605-2723



の結果を示す.引張を正としてそれぞれ最大変位, 最小変位を合わせて示す.ただし,W-50の引張変位 は堆積したスラッジの影響を受けており最後まで計 測できていない.N-0およびN-30より,水の浸入が 無い場合,欠損の有無に関わらず変位の増加は見ら れなかった.一方,水の浸入がある場合,欠損の無 い健全状態(W-0)においても引張・圧縮ともに変位の 増加が見られた.これは水による洗い流し作用など による影響^{1),2)}であり,コンクリート表面のペースト が削り取られたと考えられる.図-4の左上図で示す ように,水槽内にはスラッジの噴出が確認された.

欠損および水の浸入の両者がある W-30, W-50 の 2 ケースでは,欠損無しと比較して早期に変位が増大 した.特に欠損の割合が多い W-50 は,欠損 30%の W-30 より早期に変位の増加が見られた.図-4の左下 図・右図は欠損・水有り(W-30)の試験後のベースプ レート下面の様子である.表面のペーストだけでな く,欠損を模擬した凸部分が削り取られていること が確認できる.凸部分の角部は特に水の流れによっ て削り取られやすいと考えられる.さらに,欠損の 割合が大きいほど実際に凸部分に作用する応力も大 きくなるため,早期に削り取られたと考えられる. また,引張側についても圧縮側の欠損がある方 (W-30)が変位の進展が早い.

図-5 に変位の生じた水有りの3ケースについて, 変位が 0.2, 0.5, 0.8mm に到達したときの繰り返し 回数と欠損割合の関係を示す. 横軸の繰り返し回数 は対数表示で示す. なお, 圧縮・引張ともに示す. 上記の通り, 欠損の割合が大きくなるほど変位の進



図-4 水によるコンクリートの削り取り



展は早いが,その関係は対数に対して比例で表現で きている.また,0.2mmから0.5mmより0.5mmから 0.8mm への変位の進展のほうが早い傾向も見られた. 水とともにスラッジが流れることで,エロージョン 作用¹⁾が大きくなり,よりコンクリートを削り取り やすくなったと考えられる.

4. まとめ

本実験において,水の浸入がない場合,欠損の有 無によらず繰り返し回数進展に伴う変位の増加は見 られなかった.しかし,水が浸入する場合は,欠損 の有無に関わらずコンクリートが削り取られ変位の 増加が見られた.ただし,水および欠損がある場合 はさらなる変位の増加が早期に生じ,沈下現象が生 じることを確認した.

謝辞:本研究を進めるにあたり,日建設計シビル川 満氏(研究時)には多大なご尽力をいただいきました. ここに感謝の意を表します.

参考文献

 Mai, 千々和, 岩波, 齊藤:液状水に起因した風車基礎アン カーリング周りのコンクリート損傷進展機構の解明, コンク リート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.481-486, 2015
2)菅田, 尾崎:各種コンクリートの疲労強度および疲労破壊性 状に関する研究, 土木学会論文集, No.669/V-50, pp.1-16, 2001