

大阪市立大学 学生員 ○菅 祐太郎
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

大阪市立大学大学院 学生員 黒木 唯真
 大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明

1. はじめに

アンカーリング方式を採用している基礎(図-1)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粉体(スラッジ)が噴出し、数 mm から数 cm 沈下する現象が国内外で確認されている。その要因解明のため、著者ら¹⁾は水の浸入と施工時に発生すると考えられるベースプレート下面に生じる空隙に着目して繰返し載荷実験を行い、空隙の存在が疲労摩耗の促進に影響することを示した。しかし、模擬した空隙が実際に生じていると考えられる形状とは異なっており、空隙形状による影響については明らかにされていない。また、Mai²⁾によっても検討がなされており、水セメント比(W/C)を低くすることでコンクリート損傷の進展が緩和されることが示されている。しかし、作用荷重が暴風時の場合であり、また、空隙に対する検討はなされておらず、更なる検討が必要である。

そこで、本研究では模型実験により、空隙と水の浸入の両者が存在する条件でのコンクリートの疲労摩耗に及ぼす水セメント比の影響と、空隙形状の影響について明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

供試体は図-2に示すように、文献1)と同様にアンカーリング接合部の一部をモデル化した。表-1にパラメータを示す。水の浸入を模擬するためにコンクリートとアンカーリングの界面に水槽を設けた。繰返し載荷はPC鋼棒でコンクリート部を下側で固定し、アンカーリングを図-2の上側孔部でピン支持として行った。文献1)より、最大粗骨材15mmのコンクリートとし、ベースプレート下面の面積に対する空隙の割合は30%に統一した。空隙形状は円形(直径20mm×高さ5mm：図-2右下)と、文献1)の形状である角形(幅10mm×高さ5mm：図-2右上)の2種類について等間隔に配置した。ただし、空隙の存在において損傷がしやすいと思われる凸部の角の長さを同程度にしている。

なお、空隙の存在する圧縮側のみに着目した実験と

した。載荷荷重は、参考とした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(圧縮時:0.16)から設定した。支圧強度比とは、コンクリートの圧縮強度に対するベースプレート下面に作用する支圧応力の比である。引張時の荷重は実験の都合上、空隙に水を循環させるために15kNを一定として載荷している。載荷速度は、風車の固有周期と文献2)および引張側を考慮しないことより1Hzとし、繰返し回数20万回を目途に実験を実施し、アンカーリングとコンクリートの相対変位を計測した。

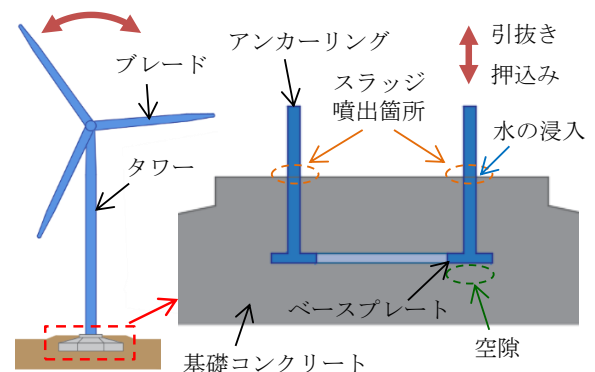


図-1 アンカーリング方式基礎接合部概略図

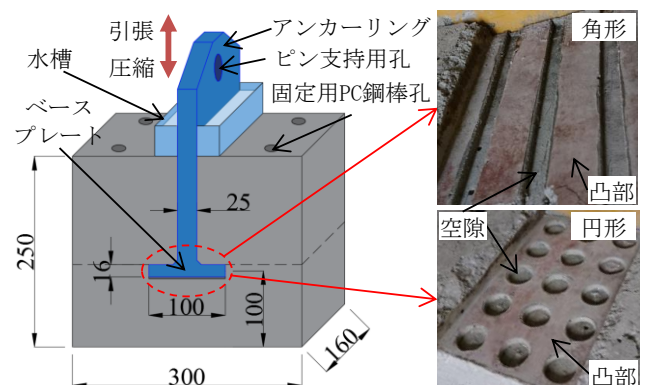


図-2 供試体概略図

表-1 実験パラメータ

供試体名称	空隙形状	水セメント比 W/C [%]	圧縮強度 [N/mm ²]	載荷荷重 [kN]
30-S-W45	円形	45	56.7	143.3
30-S-W55		55	48.4	122.4
30-S-W65		65	41.7	105.4
30-Sq-W45	角形	45	57.3	144.9
30-Sq-W55		55	52.1	131.7
30-Sq-W65		65	43.1	109.0

3. 実験結果

3-1. 沈下量による比較

図-3 に全 6 ケースに対して、最大荷重時の変位(繰返し回数 1 回目を 0 とする)を沈下量として示す。引張を正としており、全供試体ともに変位の進展が見られた。W/C=45%の供試体は、空隙形状に関わらず変位の進展が極めて遅くなり、他のケースとは明らかに違う挙動を示した。一方で W/C=55, 65%の供試体には、W/C および空隙形状ともに明確な差異が見られず、載荷開始後速やかに変位が進展した。したがって、空隙がある場合でも文献 2) 同様、W/C=50%程度を境としてコンクリートの疲労摩耗への影響が異なることが考えられる。

3-2. 損傷過程の考察

図-4 に空隙間凸部の断面イメージ図を示す。W/C が低くなると、セメントペースト内のゲルの占有率が高くなり緻密になる。この緻密さが水による擦り磨きや凸部角折れ、くさび効果への抵抗に起因していると考えられる。W/C=45%の場合、他よりもコンクリートが緻密な組織を構成したため、スラッジが発生しにくくエロージョン作用(固体粒子を含んだ水による削り取り)は生じにくかったと推測できる。その結果、図-3 のように初期損傷期間では緩やかな進展となった。

2 次損傷期間では、表層および角部が削られ粗骨材が剥き出しになり、支圧力を粗骨材のみで受ける状況になる。そして、繰返し荷重によって微細な損傷が連続して生じ、急激に変位が進展したと考えられる。

3 次損傷期間では、載荷後のコンクリートの様子を示した図-5 のように、凸部も低くなり粗骨材とモルタルが一体になり支圧を受けるが、モルタルが摩耗損傷に抵抗し、緩やかに変位が進展している。

以上より、モルタルの特性によって耐摩耗性は変化し、W/C=45%であれば効果は極めて高いと言える。

3-3. 損傷機構の考察

図-5 を見ると、凸部は粗骨材が露出し平坦になっており、コンクリートが削られていることが分かる。しかし、空隙面に着目するとモルタルの削り取りはほとんど見られなかった。堀口³⁾によると、摩耗現象の多くは単一の摩耗機構によるものではなく、複数の摩耗機構が複雑に作用していると述べられている。本条件でのコンクリートの損傷機構においてもエロージョンの影響だけでなく、ベースプレートからの支圧による

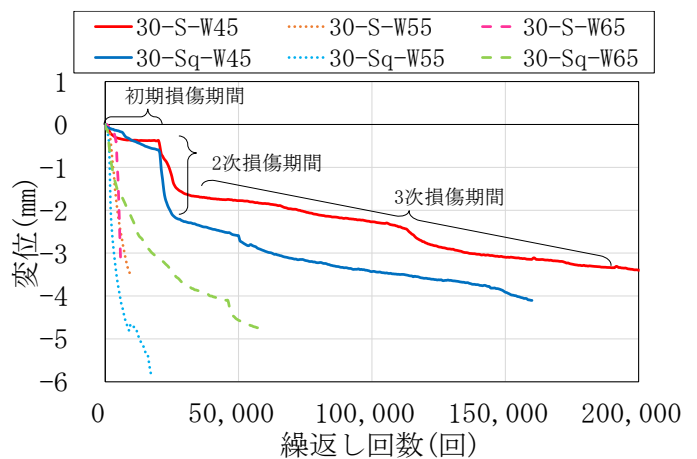


図-3 変位-繰返し回数

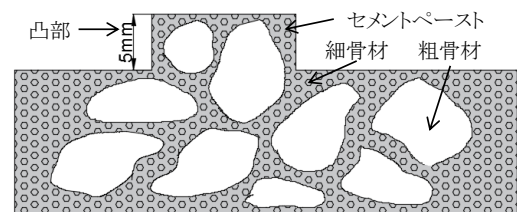


図-4 コンクリート断面イメージ図

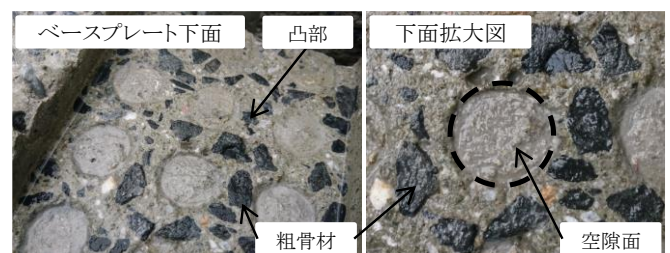


図-5 載荷後のコンクリートの様子 (W/C=45%)

衝撃摩耗の 2 つの機構によって生じると考えられる。

4. まとめ

- 1) 疲労摩耗に及ぼす影響は水セメント比が支配的であり、空隙形状による差異は見られなかった。
- 2) 水セメント比が 45% の場合、疲労摩耗の進展を緩和させることが出来る。特にモルタル部の損傷は水セメント比の影響を受けやすい。
- 3) スラッジの移流に伴うエロージョンによる摩耗と、支圧による衝撃摩耗の 2 つの損傷機構が伴うことでコンクリートは疲労摩耗すると考えられる。

参考文献

- 1) 黒木, 角掛, 江田, 村川: 風力発電塔基礎接合部における沈下現象に関する基礎的研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.16, pp.455-460, 2016
- 2) Mai, 千々石, 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
- 3) 堀口: コンクリートの摩耗に関する研究の現状, コンクリート工学, Vol.31, No.10, pp.17-27, 1993