

液状水による風車基礎アンカー周りのコンクリート損傷の解析

法政大学大学院 学生会員 ○関根英人 正会員 藤山知加子 東京工業大学 正会員 千々和伸浩

1. 研究の目的

本研究は、風車基礎定着部における鋼コンクリート境界面への液状水浸入によるコンクリート損傷の再現解析を目的とする。同現象は既往の実験研究¹⁾において報告されているが、解析による再現は行われていない。

2. 研究方法

既往の実験研究¹⁾より供試体の再現モデルを3次元有限要素法解析ソフト「COM3D」を用いて作成する。解析上で液状水を表現するために、コンクリート要素を骨格と間隙水とで構成するモデルを使用する。また、コンクリートと鋼材(アンカーリング)との間に境界面要素を配置し、両者のずれや開口を考慮する。はじめに、静的引抜き载荷で実験と比較し、モデルの妥当性を検討する。その後、繰返し载荷解析を行い、液状水による鋼アンカーリング周辺のコンクリート損傷の再現性を検証する。また、载荷速度、コンクリートのW/C(空隙率,浸透性)の各種要因が及ぼすコンクリート損傷について分析する。

3. 解析モデル

作成したモデル(1/4モデル)を図1に示す。境界面要素配置図および特性値を図2、表1に示す。基準とする original では1ステップ時ですでに実験値より小さい剛性を示し、変形図を確認したところ、アンカーとコンクリートとの間で0.0003(mm)程度の隙間が生じていることがわかった。そこで、x軸方向よりアンカーに0.001mmの強制変位を与え、両者の接触摩擦が生じるようにした。また、アンカーとコンクリート間の隙間の有無を確認するために、境界面要素の開口時せん断剛性を1.0(N/mm²)から1000,3000(N/mm²)に上げ、接触時と同等の現象を表現し、剛性変化の確認をすることとした。

アンカー頂部より静的引抜き载荷した際の、荷重-変位関係を図3に示す。解析結果より、originalモデルは最大荷重が実験値と比較して90(kN)小さい結果となったが、他のモデルは初期のグラフの傾き、および最大荷重を概ね追跡している。よって、originalモデルが実験値を追跡できないのは、実験はアンカーとコンクリート間が接触しており、摩擦の影響が大きいと考えられる。しかし、での繰返し载荷荷重を30(kN)であり、実験との剛性の差は小さい範囲であると判断し、本解析においてoriginalモデルを採用した。

4. 液状水を用いた疲労载荷解析

疲労载荷ケースを表2に示す。検討するパラメータは間隙水の有無、载荷速度、W/Cの違いの3ケースとした。解析における液状水の表現について、図4に示したように骨格内に間隙水を考慮したモデル化を行っている。また、間隙水の特性値について、表3に示す。载荷荷重は、

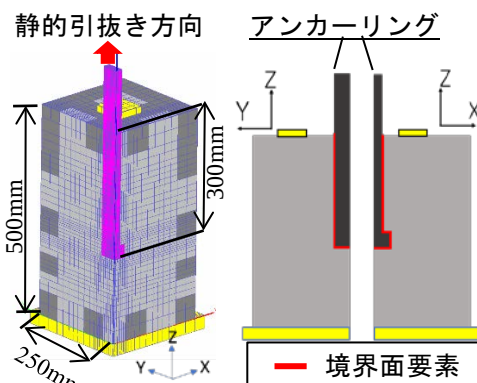


図1 モデル全体図 図2 境界面要素配置図
(1/4)

表1 境界面要素の特性値

	original
閉口時せん断剛性(N/mm ²)	11433
閉口時圧縮せん断(N/mm ²)	27440
開口時せん断剛性(N/mm ²)	1.0
閉口時圧縮剛性(N/mm ²)	2.0
せん断初期付着(N/mm ²)	0
圧縮初期付着(N/mm ²)	0
摩擦係数	0.3

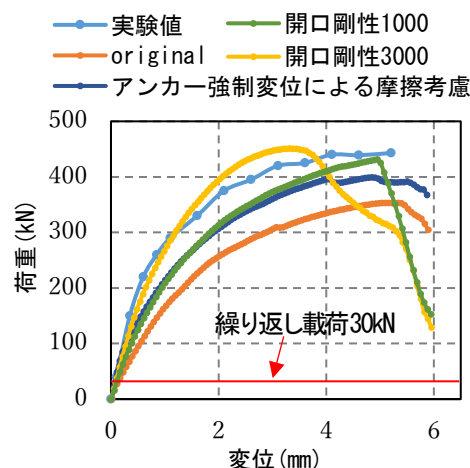


図3 静的引抜き载荷

表2 疲労解析ケース

モデル名	original	original-pore (WC62.4-0.5)	WC62.4 -0.1	WC40.2 -0.5
载荷方法	繰返し			
間隙水モデル	なし	あり	あり	あり
W/C	62.4%	62.4%	62.4%	40.2%
载荷速度(Hz)	0.5	0.5	0.1	0.5
荷重	コンクリートの28日圧縮強度			
支圧強度比(0.43)	30kN		51kN	

キーワード：風車基礎、合成接合部、アンカーリング、繰返し水圧、固液2相モデル

連絡先：東京都新宿区市ヶ谷田町 2-33 TEL 080-4687-9881

ベースプレート上面のコンクリートの支圧応力と圧縮強度(材齢 28 日)との比(支圧応力比)が 0.43(カットアウト風速相当)となるよう設定し、正負交番載荷を行った。また、アンカー頂部変位、ベースプレート端部上面のコンクリート要素を抽出し実験との比較を行った(表 2, 図 5)。

4.1 通常要素と間隙水考慮モデルの比較

通常要素(original)で約 300 万回載荷し、アンカー頂部の押し込み方向変位が 0.1(mm)程度を示した。間隙水を考慮したモデル(original-pore)では、載荷回数が増加してもアンカー頂部変位は一定の振幅を示したが、載荷回数が約 10 万回で引抜き変位が急増する結果となった(図 6-(a))。載荷 1 回目の最大主ひずみ値を比較すると、通常要素より 2 倍以上大きい値を示した。アンカー上面において支圧を受けたコンクリートでは、要素内の間隙水圧が増加し、これによって引張最大ひずみが増加したと考えられる(図 6-(b))。

4.2 載荷速度の違いによる比較

載荷速度が遅いモデル(WC62.4-0.1)では早いモデル(WC62.4-0.5)と比較して、早く疲労破壊する結果となり、実験とは異なる傾向を示した(図 6-(a))。抽出したコンクリート要素内の最大水圧は、WC62.4-0.5 で約 3.0(MPa)に対し、WC62.4-0.1 では約 2.5(MPa)と載荷速度が速いほど水圧が高い結果となった(図 6-(c))。解析上、水の移流によるペースト部分の浸食が考慮できていない為、実験とは異なる傾向を示したと考えられる。

4.3 W/C の違いによる空隙率および浸透性の比較

W/C が小さい、つまり空隙が密で透水性が小さいほど、水圧値を大きく示し、疲労寿命が短い結果を示した。しかし、回数の差自体はわずかである。実験では、鋼材とコンクリート間の付着切れより、鋼材周辺のみ水が浸透するが、解析では供試体のコンクリート要素全てにおいて間隙水で飽和している状態でモデル化を行っている。これらの相違より、実験とは異なる傾向を示したと考えられる。

5. 結論

通常要素を骨格と間隙水要素で構成することで、間隙水圧によるコンクリートのひずみ増加が確認でき、実験同様に液状水によるコンクリート損傷は再現できた。しかし、載荷速度、空隙率、浸透性をパラメータとした損傷分析について、液状水の浸透過程は解析で表現できていないことが問題である。今後、アンカーとコンクリート界面から侵入した液状水を考慮し、間隙水要素の領域について検討を行う予定である。

参考文献

1) Mai Thi Hong, 千々和伸浩, 岩波光保, 斎藤智久: "液状水に起因した風車基礎アンカリング周りのコンクリート損傷機構の解明"コンクリート工学年次論文集, Vol.37, p481-486, No.2, 2015

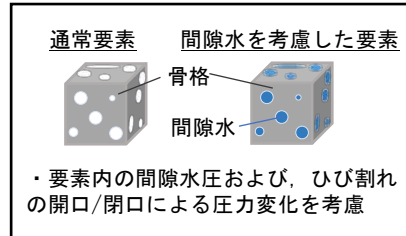


図4 通常要素と間隙水要素のモデル

表3 各 W/C の間隙水特性値

	W/C62.4	W/C40.2
圧縮剛性 (N/mm ²)	4400	4400
透水係数 (cm/sec)	1.05×10^{-10}	5.36×10^{-11}
初期空隙率	27%	25%
初期飽和度 (-)	1.0	1.0
間隙水密度 (g/cm ³)	1.0	1.0

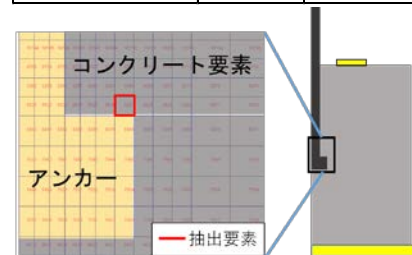


図5 要素の抽出箇所

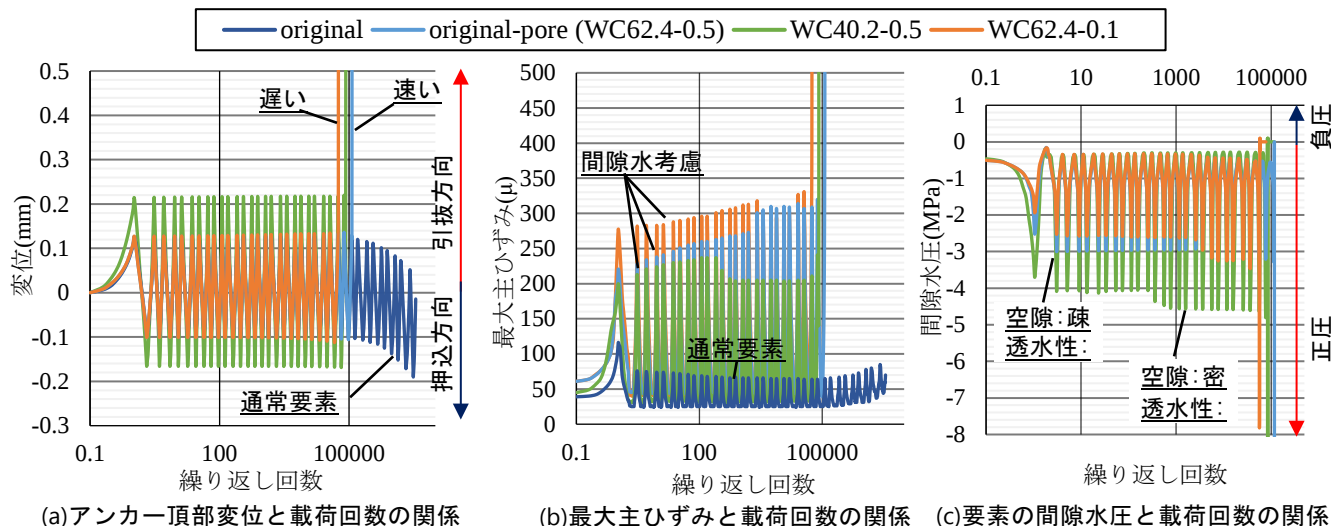


図6 各モデルの疲労載荷結果