

RC 構造物の地震時損傷を考慮した機器配管系基部アンカーの定着性能に関する一検討

電力中央研究所 正会員 ○永田 聖二  
 電力中央研究所 正会員 松尾 豊史  
 関西電力 正会員 両角 浩典  
 セレス 森 敦史

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）地中構造物が機器配管系を支持する場合、基部の定着には頭付きアンカーボルトなど（以下、アンカー）がよく用いられる<sup>1)</sup>。これらの設計では、地震時にアンカー定着部で破壊が生じないように配慮されているが、筆者らは、最近の耐震性能評価技術の高度化を踏まえて、アンカー定着部の終局挙動に関する検討を行っている<sup>2)</sup>。本研究では、RC 構造物の地震時損傷がアンカー周辺に及んだ場合を想定したアンカーの定着性能について実験的検討を行った。

2. 試験体および実験条件

試験体は、図-1 に示すようにアンカーを定着させた RC 部材である。アンカーとしては、重要機器類を支持する場合を想定し、4 本の頭付きアンカーボルト JIS B 1198（ボルト長：250mm，ボルト径：22mm，ヘッド径：35mm）を用いる。コンクリートの設計基準強度は 24MPa，主筋の鋼材種別は SD345 である。アンカー系の設計指針<sup>3)</sup>に基づく耐力計算によると、許容耐力はアンカーの降伏で決まり、値としては 43.0kN である。

表-1 と図-2 は実験ケースと実験条件を示している。同一仕様の試験体 3 体に対して、初期損傷：無および有の場合の静的実験（ケース S-0 とケース S-1）。初期損傷：有の場合の動的实验（ケース D-1）を実施する。ここで、初期損傷は RC 部材の地震時損傷を想定しており、スパン延長治具を介した 4 点曲げにより主筋が降伏するまで載荷し、アンカー付近に曲げひび割れを導入する。静的実験では、試験体上に鋼製サポートと錘（質量 2ton）を設置し、錘重心位置に水平荷重を与える。載荷変位をサポート基部からの高さで除した値を変形角と定義し、変形角を 0.5%刻みで 3%まで漸増させ、その後 1%刻みで漸増させる。動的实验では、鋼製サポートと錘を設置した状態で水平一軸の振動台実験を行う。入力波としては、海水管ダクトの耐震性能照査例<sup>1)</sup>における床応答波を用いる。入力倍率は 20%を初期値として 40%，60%と 20%ずつ増加させる。なお、振動台の加振限界（入力倍率 200%）を与えても損傷が顕著ではない場合、再度入力倍率 200%の加振を行う。

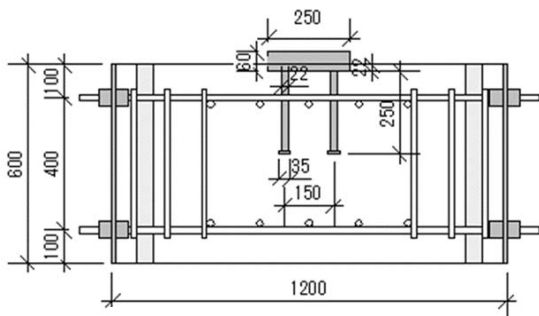


図-1 試験体（単位：mm）

表-1 実験ケース

ケース名	実験方法	初期損傷
S-0	静的実験	無
S-1		有
D-1	動的实验	有

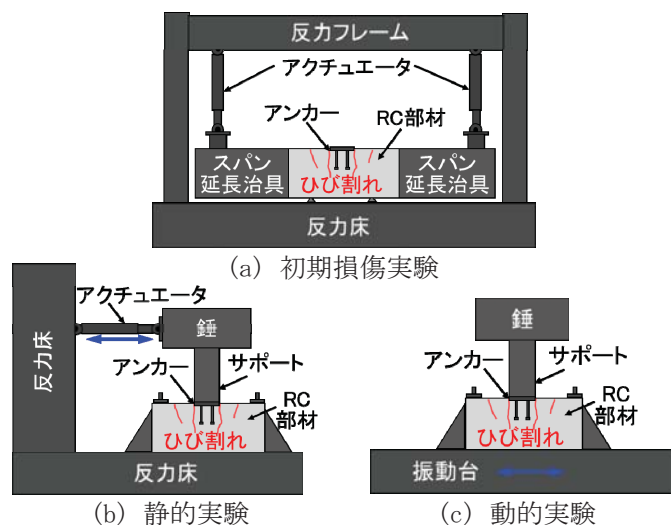


図-2 実験条件

キーワード RC 部材，地震時損傷，曲げひび割れ，機器配管系，アンカー，定着性能

連絡先 〒270-0021 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財) 電力中央研究所 地球工学研究所 TEL04-7182-1181

### 3. 静的実験に基づく定着性能

静的実験における損傷状況を図-3に示す。初期損傷が無いケース S-0 の損傷は、アンカープレート  
の支圧などによるコンクリート表面の剥離のみであった。初期損傷があるケース S-1 では、初期  
損傷実験後にひび割れ幅 2mm~3mm の曲げひび割れ (青線) が生じたのに対して、静的実験によ  
っては、顕著なひび割れの進展は認められず、新たな損傷はアンカープレート周辺のコンクリート表  
面の剥離 (赤線) のみに留まった。

図-4 は、静的実験における水平荷重-水平変位の履歴曲線である。初期損傷が無いケース S-0 で  
は、アンカー系設計指針<sup>3)</sup>に基づく許容値を上回る最大耐力を発揮しており、ポストピークにおい  
ても安定したねばり強い履歴特性が得られている。これに対して、ケース S-1 の結果でも、最大耐力  
は許容値を上回っており、初期損傷が無いケース S-0 の結果と比較しても遜色ない耐力やねばり強  
さを発揮している。

### 4. 動的実験に基づく定着性能

動的実験 D-1 (初期損傷：有)における水平荷重-水平変位の履歴曲線を図-5に示す。ここでは、  
錘重心位置で計測した水平加速度に対して錘の質  
量 (2ton) を乗ずることで慣性力を算出し、これ  
を試験体に作用した水平荷重とみなしてプロット  
している。なお、入力倍率 100%, 200% (1 回目と 2 回目) の結果を、前出の静的実験 S-1 (初期損傷：有) と  
重ねて図示している。これらの履歴曲線によると、初期損傷がある場合の動的実験による最大耐力は、アンカ  
ー系設計指針<sup>3)</sup>に基づく許容値を上回るとともに、加振の繰り返すごとに応答変位が増大しても粘り強さを発  
揮している。また、動的実験 D-1 と静的実験 S-1 の履歴特性はよく対応している。このことは、静的実験に基  
づいて履歴特性を把握することで動的な地震応答を予測可能であることを示唆している。

5. まとめ

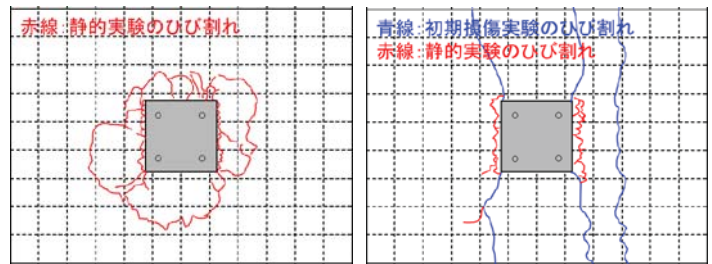
本研究では、RC 構造物の地震時損傷を考慮したアンカーの定着性能に関する実験的検討を行い、RC 部材の  
損傷が主筋降伏程度であれば、損傷が無い場合とほぼ同程度の耐力やねばり強さを発揮することを、静的なら  
びに動的な荷重作用下で確認した。今後は、RC 部材のひび割れ発生状況とアンカーの定着性能の関係につい  
てより詳細に分析するために、解析的検討を実施する予定である。

### 謝辞

本研究は、電力9社、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による原子力リスク研究  
センター共通研究として実施した。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル，2005
- 2) 永田聖二，松尾豊史，審浩年，重光信宏：機器配管系基部におけるアンカーの定着性能に関する一検討，土  
木学会第72回年次学術講演会講演概要集，pp.141-142，2017.9
- 3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，第4編 各種アンカーボルト設計指針・同解説，2010



(a) S-0 (初期損傷：無) (b) S-1 (初期損傷：有)

図-3 静的実験における損傷状況

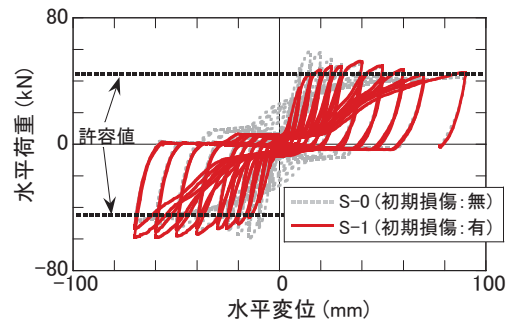


図-4 静的実験における履歴特性

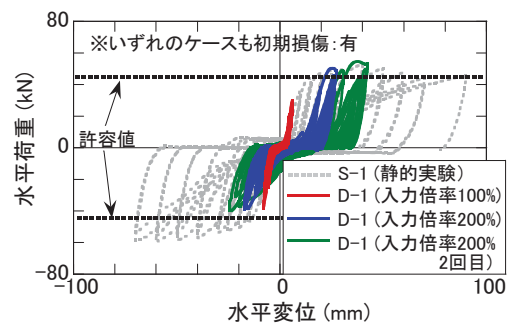


図-5 動的実験における履歴特性