

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

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 審 浩年
 セレス 非会員 重光 信宏

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）製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¹⁾。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、本研究では、最近の耐震性能評価技術の高度化を踏まえて、アンカー定着部の地震時挙動について定量的な評価を試みる。具体的には、RC 部材に埋め込んだアンカーの定着性能を把握するための実験を、アンカーの降伏が卓越する条件およびコンクリートの破壊が卓越する条件で実施し、アンカー系の設計基準²⁾に基づく許容耐力と実験に基づく耐力の対応関係について検討を行う。

2. 試験体の概要

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。アンカーは 4 本の頭付きアンカーボルト JIS B 1198（ボルト径 22mm，ヘッド径 35mm）である。破壊形態の違いを検討するため、アンカーの長さは 250mm，100mm の 2 種類とする（以下、長アンカー，短アンカー）。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²⁾に基づく耐力計算によると、長アンカー，短アンカーの場合の許容耐力はそれぞれアンカーの降伏，コンクリートの破壊で決まる。

3. 実験の条件

本研究では、アンカー定着部の地震時挙動を把握するため、図-2 に示す実験装置によって静的実験と動的实验を行う。静的実験では、試験体上に片持ちばり型のサポートと錘（質量 2ton）を設置し、アクチュエータで水平力を錘重心位置に与える。载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、静的実験と同じ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、図-3 に示す海水管ダクトの耐震性能照査例¹⁾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。長アンカー試験体では、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かったため、再度入力倍率 200%の加振を行っている。

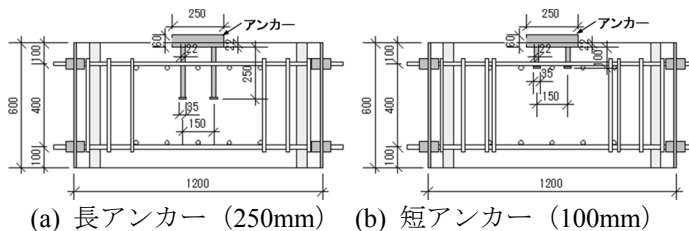


図-1 試験体の外形と寸法（単位：mm）

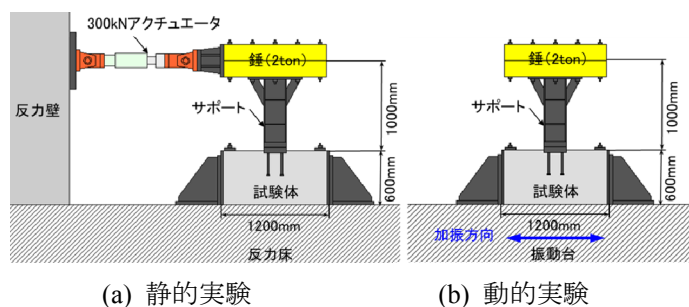


図-2 実験装置の概要

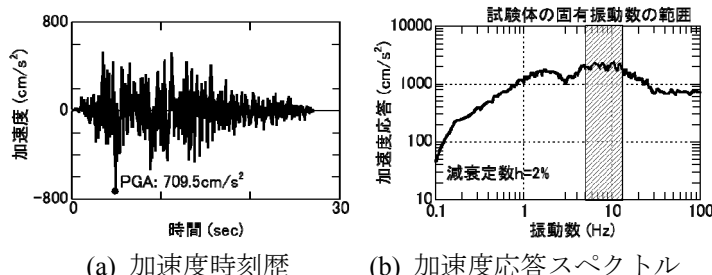


図-3 動的实验の入力地震動

キーワード 機器配管系，地中構造物，アンカー，コンクリート，定着性能，地震時挙動

連絡先 〒270-1194 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

4. 静的実験に基づく限界性能

図-4は、水平荷重-水平変位の関係であり、各試験体の最大耐力とアンカー系の設計基準²⁾に基づく許容耐力の値も示している。図-5は、各試験体の実験後の損傷状況である。長アンカー試験体の履歴曲線によると、最大耐力は許容耐力（アンカーの降伏で決まる）を上回っており、ポストピークでも安定したねばり強さを発揮している。外観上の損傷は、アンカープレートからの支圧などによるコンクリート表面の剥離のみに留まっている。

短アンカー試験体の履歴曲線によると、最大耐力は許容耐力（コンクリートの破壊で決まる）よりも約3倍の高い値となっている。ただし、ポストピークでは、長アンカーの場合と比較して明らかな耐力低下を伴う履歴特性を呈しており、外観上は、アンカープレートから放射状のひび割れが比較的広い範囲まで進展している。

5. 動的実験に基づく地震応答

図-6は、動的実験による長アンカーと短アンカーの試験体の水平荷重-水平変位の履歴曲線を示している。ここでは、錘重心位置で計測した水平加速度に錘質量を乗ずることで慣性力を算出し、これを水平荷重とみなした。長アンカー試験体では入力倍率100%、200%（1回目と2回目）の結果を、短アンカー試験体では入力倍率40%、160%、180%の結果を、それぞれ静的実験の結果と併せて示している。

長アンカー試験体の履歴特性は、全体的に静的実験の結果とよく対応している。最大耐力は、許容耐力（アンカー降伏で決まる）を上回っており、許容耐力を超過した後も安定した履歴特性を呈している。

短アンカー試験体の履歴特性も全体的に静的実験の結果とよく対応しており、最大耐力は、許容耐力（コンクリートの破壊で決まる）を約3倍上回っている。本実験では、入力倍率180%の加振時に顕著な耐力低下を伴う履歴特性を呈しているが、この時点ではアンカーが抜け出すなどの破壊状態には至らなかった。ここで、短アンカー試験体の許容耐力は、長アンカー試験体の時の半分以下となることから、本実験のように長アンカー試験体と同じ条件で加振すると、許容耐力内に収まる入力レベルも半分以下（入力倍率にして40%程度）となった。この点を考慮すると、入力倍率180%の加振に対しては短アンカーが抜け出すには至らなかったことは、コンクリートの破壊で決まる許容耐力に高い保守性があることを示している。

6. まとめ

本研究では、アンカー定着部の地震時挙動を把握するための実験を行い、アンカー系の設計基準²⁾に基づく許容耐力が保守性を有することを、静的ならびに動的な荷重作用下で確認した。今後は、より詳細な知見を取得するため、構造物の地震時損傷がアンカー周辺に及んだ場合の定着性能について検討する予定である。

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) 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

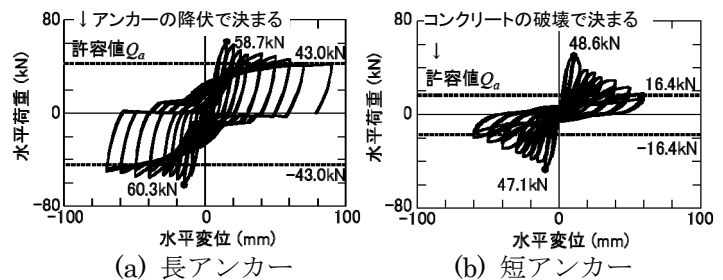


図-4 静的実験による水平荷重-水平変位の関係

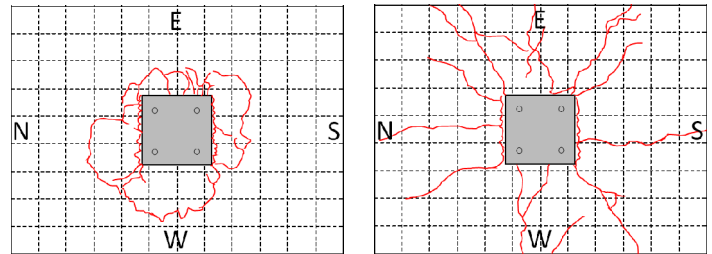


図-5 静的実験後のひび割れの状況

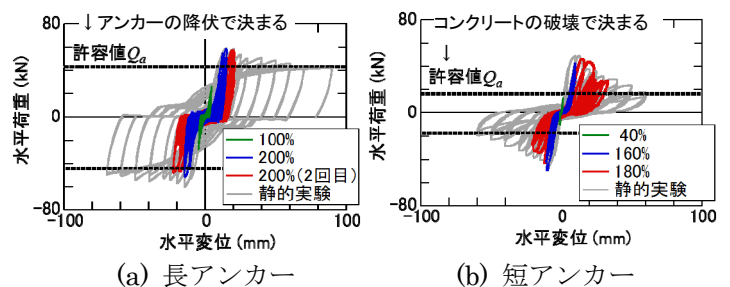


図-6 動的実験による水平荷重-水平変位の関係