

ケミカルアンカの検査技術開発

Development of inspection method for chemical anchor

中部電力(株) 原子力安全技術研究所	熊野 秀樹	Hideki YUYA	Member
(株)中部プラントサービス	加古 晃弘	Akihiro KAKO	
原子燃料工業(株)	磯部 仁博	Yoshihiro ISOBE	Member

Chemical anchor is a glue-type anchor and it has been used to fix components to concrete structures in nuclear power plant. Decrease in adhesive power of glue is supposed to occur due to a construction failure or a long term use under various environments in actual plant. We have begun some internal researches and selected Acoustic Emission method (AE) as a non-destructive inspection tool among some methods. The AE method was selected by a comparison of some methods, and then the methodology was brushed up through successive mock-up tests, which are reported in this paper.

Keywords: Chemical anchor, Construction failure, Inspection, Adhesive glue, Acoustic emission

1. 緒言

原子力発電所では機器・構造物をコンクリート基礎に固定するため、様々なボルトが用いられている。具体的には、埋め込み基礎ボルトと後打ちアンカに大別される。後打ちアンカには、アンカとコンクリートを樹脂で固めて固定するケミカルアンカとアンカの打ち込みによってアンカ先端をテーパ化して固定するメカニカルアンカがある。

近年、新潟県中越沖地震、東北地方太平洋沖地震の発生したことにより、地震が原子力発電所の機器・構造物へ及ぼす影響の程度およびその判断方法への関心が高まっている[1]。また、40年を超えて運転する経年化プラントについては、原子炉圧力容器の基礎ボルトをはじめとして、ボルト類の健全性確認が必要になってきている。当社は平成20年頃から埋め込み基礎ボルトの減肉を検知する技術の開発に取り組み、減肉したボルトをフェーズドアレイUT (PA-UT) で検査すると遅れエコーが発生すること、その遅れエコーを指標にすれば減肉の有無が簡便に判定できるという手法を開発した[2]。一方、樹脂の劣化モードを有するケミカルアンカに対しては、PA-UTでは適用性に限界があることから、別の診断方法が必要であると考えた。そこで、本研究ではケミカルアンカの樹脂劣化の検知技術の探索に取り組んだので報告する。

連絡先:熊野秀樹 〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉5561 中部電力(株)原子力安全技術研究所 電話: 050-7772-8765、 E-mail:Yuya.Hideki@chuden.co.jp

2. 手法の探索

本研究では、実機ケミカルアンカの樹脂劣化や施工不具合を検知する手法を探索するため、共通試験体を製作し、検査技術・装置を保有する会社から提案された手法で測定試験を実施し、より適切な手法を選定した。各手法について以下に示す。

①手法A

アンカボルトの露出部をテストハンマーで打撃し、AE計測システムにより、ボルトより打音信号を受信し、その信号の周波数分布を評価することにより、不具合を検知する方法

②手法B

アンカボルトの露出部をテストハンマーまたは鋼球で打撃し、打撃音をマイクで受信すると共にコンクリート面の加速度計で打撃信号を受信し、その波形の振幅を評価することで不具合を検知する方法

③手法C

手法Bの逆で、コンクリートを打撃し、打撃音をマイクで受信すると共にボルト頭部の加速度計で打撃信号を受信し、その波形の振幅を評価することで不具合を検知する方法

試験の結果、手法Aでは、数kHz付近に特徴的な周波数ピークが見られ、健全でない場合はピーク周波数の低下が見られることが分かった。手法BとCの場合は、鋼球で打撃した場合、欠陥の性状とある程度の相関が得られた。手法の優劣を比較した結果、僅かではあるが手法Aの方法が適しているとの評価結果となった。

3. 試験と結果

3.1 試験体の製作

本研究では、図1に示すような施工不良模擬試験体と経年劣化模擬試験体を作製した。

施工不良模擬試験体	経年劣化模擬試験体
下向き樹脂量変化 80%、40%、20%	ボルト/樹脂間の剥離 80%、40%、20%
横向き樹脂量変化 80%、40%、20%	コンクリート ひび割れ
上向き樹脂量変化 80%、40%、20%	樹脂劣化 (バーナー加熱)
ななめ施工	コンクリート 強度低下

ケミカルアンカーボルト：M16、接着剤：Decoluxe社Rタイプ、ELタイプ

図1 試験体

3.2 試験

(1) 試験方法の特徴

AE法は、図2に示すようにセンサはナット側面に設置し、ハンマー等でボルト頭部を打撃する簡便な手法である。設置が容易で、周辺環境（騒音等）に依存しにくいという特徴を有し、検査対象の状態（重量や形状など）と周囲からの拘束の変化を検出する方法である。打音信号はセンサで取得し、図右に示すように、得られた信号を周波数解析し、最大強度の30%強度ラインを超える評価ピークについて周波数を判断することとした。本方法は検査員の熟練度に依存しない客観的な診断を可能とし、検査結果のデジタル保存・データベース管理により、検査合理化・保全計画策定に寄与すると考えられる。

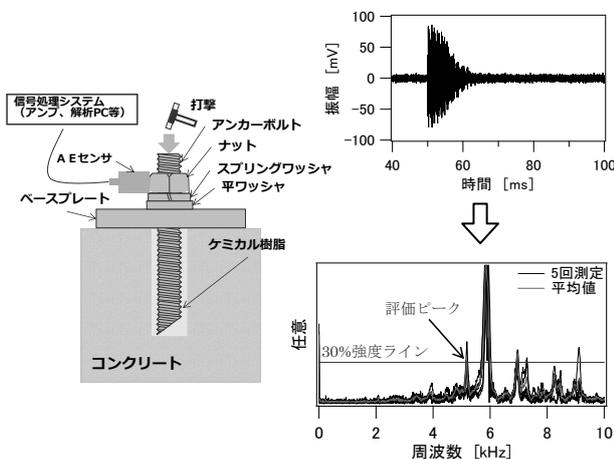


図2 測定・解析方法

(2) 結果

図3に試験結果をまとめて示した。周波数分布内の最強ピークと比較して30%以上の強度を持つピークを抽出し、かつ抽出したピークで最も低周波側ピークの周波数を「評価に用いた固有振動数」としている。健全なケミカルアンカに比べ、施工不良および経年劣化を模擬した試験体は、固有周波数が概ね低下した。

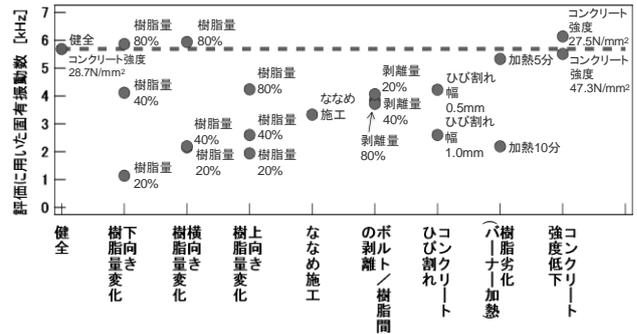


図3 試験結果

4. まとめと今後の展開

本研究では、ケミカルアンカを対象とした非破壊劣化診断技術についての探索を行い、AE法が有力であると判断した。引き続き、M16サイズのケミカルアンカをコンクリートに埋め込んだモックアップを対象に打音試験を行い、健全なケミカルアンカに比べ、施工不良および経年劣化を模擬した試験体は、固有周波数が概ね低下することを確認できた。

今後は、ケミカルアンカが実用上、どの程度引抜強度が低下しているかについて、信号低下との対応付けを行うとともに、現場で簡易に判断可能なツールの開発を行っていきたい。

参考文献

- [1] 小平小治郎他、“柏崎刈羽原子力発電所における中越沖地震後の原子力機器の健全性評価－基礎ボルトの超音波探傷技術の適用と開発－”、日本非破壊検査協会平成20年度秋季大会講演概要集、pp.33-36、(2008)
- [2] 熊野秀樹他、“基礎ボルトの減肉検査技術開発”、第7回保全学会講演概要集、pp.163-164、(2010)