

A E 測定による引張型アンカーの破壊メカニズムの検討

山口大学大学院 学生会員 ○佐伯英敬
山口大学工学部 正会員 石田 毅
(株) エスイー 非会員 田中周次

山口大学大学院 学生会員 牧瀬 弘太
(株) エスイー 非会員 市川真佐史

1. はじめに

我が国は国土の大半が急峻な地形であり、かつ地震などの自然災害も多いことから、国民生活の安全を保証する防災工事は社会的要請である。このような要請に対し、アンカー工法は法面の崩壊防止や構造物の基礎補強に極めて有効であるとともに、工期の短縮・工事費の削減等の経済性に優れた工法である。しかし、その需要が増加する反面、アンカー工法はその作用機構が十分解明されていない。本研究では、室内実験を行い、摩擦引張型アンカー(SEEFF 70 型)の破壊メカニズムを A E (Acoustic Emission) 測定により検討した。

2. 実験方法

実験に使用したモルタル供試体は、図-1 に示すような内側に 114mm、深さ 1630mm の円孔を有する外径 300mm、高さ 2000mm の円柱体である。この円孔内に先端に長さ 1000mm の定着体を固定した約 1200mm のアンカーケーブルを挿入し、セメントミルクを孔口から 100mm の所まで充填した。

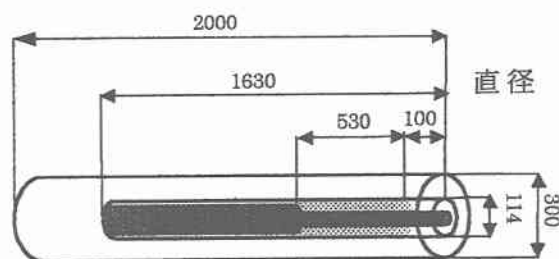


図-1 供試体

実験はモルタル供試体を水平に置き、供試体前方にロードセルと油圧ジャッキを、その先端にダイヤルゲージを設置した。荷重方法は、モルタル供試体に埋設された定着体から伸びるケーブルを油圧ジャッキで引っ張ることにより荷重を加えた。荷重は、1分間に 20kN 荷重し、5分間そのまま維持した後、1分間で 20kN 荷重を増大させ、5分間維持するという荷重パターンを繰り返す。破壊するまで荷重を増大させていった。測定はモルタル供試体表面に 18 個の A E センサーを設置し、海陸電波 A E 測定器と OYOAE 測定器の 2 つの特徴の違うシステムを使用した。それぞれのシステムの特徴は、海陸システムは 1 秒間に 132 個(5 秒間に 660 個)に対し、OYO システムは 5 秒間に 1 個 A E イベントを収録できるシステムである。同時に、ひずみゲージを定着体表面とモルタル供試体表面にそれぞれ 6 枚ずつ貼り付け、ひずみ測定も行った。

3. 結果と考察

3-1 引張荷重及び A E 発生頻度の経時変化

図-2 に引張荷重と A E 発生頻度の経時変化を示す。破壊は経過時間 79 分 45 秒に起こり、荷重時間曲線が示すように、破壊時に 320kN であった荷重が急激に低下している。A E 発生頻度は破壊時の直前 79 分 10 秒付近にて、発生のピークを示している。つまり、まず急激に A E が発生し、その後破壊とともに圧力が低下した。

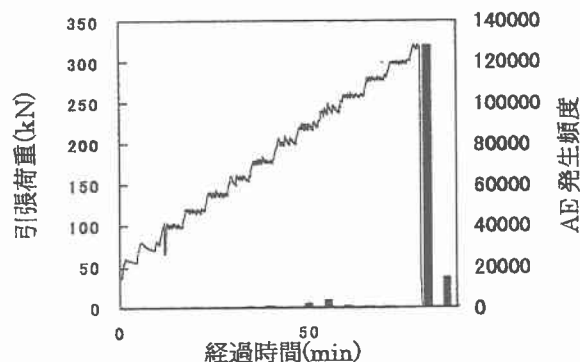


図-2 引張荷重と A E 発生頻度の経時変化

3-2 ひずみ測定の結果

図-3 にひずみゲージの設置位置を示す。図のようにゲージは、アンカー定着部に 6 枚、モルタル供試体表面に 6 枚貼り付けた。図-4 に定着体に貼り付けたひずみゲージの経時変化を示す。定着体上部に貼り付けたゲージ N o. ①と②が時間に比例して、直線的に大きなひずみを生じている。それに比べて、ゲージ N o. ③と④は実験開始から終了時まで、ほとんどひずみを生じていない。特にゲージ N o. ⑤と⑥にいたっ

ては、全くひずみを生じていない。これらのことより、定着体上端に集中的に荷重がかかり、中間と下端部ではほとんど荷重はかからなかったと推測できる。

3-3 AE 震源の空間分布図

AE 震源は、供試体の P 波速度の異方性を考慮し、各センサーへの P 波初動の到達時間の差から求めた。考慮の対象とした AE 震源は、P 波初動の読み取れたセンサー数（データ数）5 以上、走時残差の標準偏差 $10\mu\text{s}$ 以下などの条件を満たした震源のみであり、震源決定の誤差は数 mm 程度、最大でも 30mm 程度である。本実験で波形が測定された AE イベント数は、海陸システムは 818 個、OYO システムは 190 個であった。このうち上述の条件を満たした計 72 個の AE 震源を図-5 の空間分布図を示す。上図が XY 平面図、下図が XZ 平面図である。●印は海陸システムで測定された AE 震源であり、△印は OYO システムで測定された AE 震源である。図中の長方形はアンカー定着部を示す。上図に示すように、AE 震源は定着体上端付近に多く分布し、下部付近にも少し分布している。このことは、ひずみ測定の結果とも合理的に対応し、引張型アンカーの破壊は定着体上端付近から発生したと推測される。

3-4 AE 震源の時空間分布図

震源の Y 方向への移動を検討するため、図-6 に横軸に経過時間を取り、縦軸に AE 震源の Y 座標をとった AE 震源の時空間分布を示す。破壊時の 79 分 45 秒付近に AE の発生が集中している。また、海陸システムの AE イベントは定着体上端付近に集中していることが分かる。これらのことより、破壊は定着体上端で瞬間的に起こったものと思われる。しかし、今回の実験は工場で行われたため、実際の現場とは違い、供試体の側面（周面）が地盤に拘束されていない。今回の実験では瞬間的に起こったと思われるが、現場における破壊の様子は異なる可能性がある。したがって、将来は現場実験を行って、供試体の側面が拘束された状態での破壊の様子を調べる必要がある。

4. おわりに

本研究の結果、AE 測定では AE 震源は定着体上端付近に分布し、破壊時に多く発生した。ひずみ測定では定着体上端付近に大きくひずみが発生し、中間部・下部付近ではほとんどひずみが生じないことが分かった。以上のことより、今回の実験では、荷重は定着体上端付近にかかり、破壊は同位置より瞬間的に起こったと思われる。今後の課題として、モルタル供試体の設置が直線状でなかったために、曲げ荷重が作用した可能性があり、モルタルにおけるひずみ測定には改善の必要があると思われる。また、AE 測定は 2 つの特徴の違うシステムを使用したために、AE 測定結果に影響を与えた可能性がある。したがって、1 つのシステムによる測定が必要と思われる。そのためには供試体のサイズを小さくするなど、実験条件を改善することが必要と思われる。

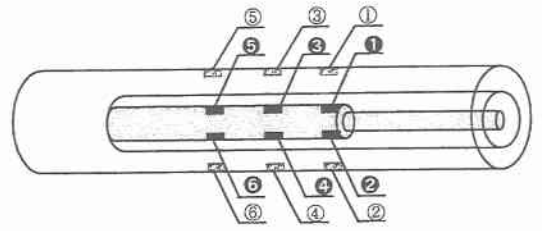


図-3 ひずみゲージ配置図

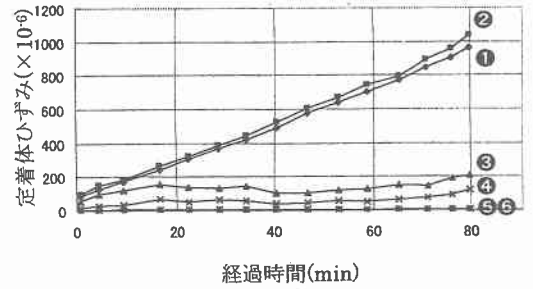


図-4 定着体ひずみの経時変化

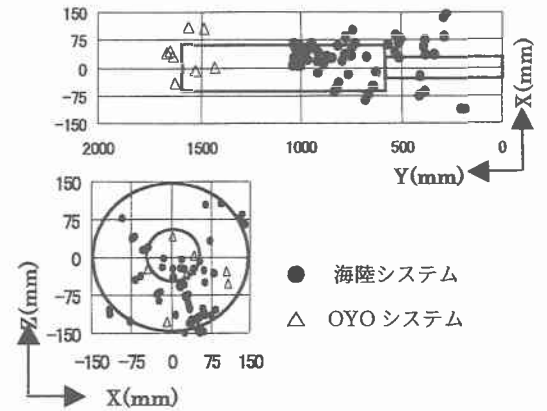


図-5 AE 震源の空間分布図

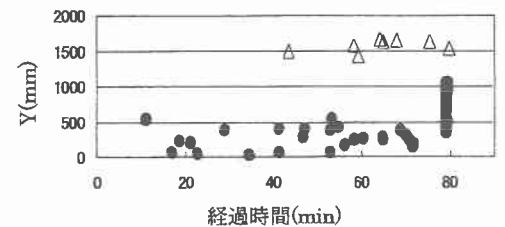


図-6 AE 震源の時空間分布図