

曳航自沈式アンカー（ジャイロアンカー）の開発

ゼニヤ海洋サービス株式会社 水環境室 正会員 ○西田秀紀
大友英明、佐藤明久

1. はじめに

ダム湖等の水域における浮体構造物等を係留する際、最も一般的な水中アンカーはコンクリートブロックを用いた重力式のコンクリートアンカーブロックである。この方法はアンカーブロック自体のコストは他の工法に比較して安価であるが、沈設作業にクレーン台船等の仮設機材を必要とするためトータルコストが割高となる場合が多い。

また、沈設作業はクレーン台船上からアンカーブロックを吊下げ、潜水士の誘導によって沈設されるため着底精度は高いが、水深が深く濁りや水中照度が小さい場合は潜水士による目視作業には限界がある¹⁾。

このような背景のもと、著者らはこれらの問題を解決するため「曳航自沈式アンカー」（以降、ジャイロアンカー）を考案し、模型実験を基にジャイロアンカーの形状・構造および着底精度向上等に関する基本的な知見を得たので報告する。

2. ジャイロアンカーの構造と特長

ジャイロアンカーは、写真-1 に示すように、本体の周りに旋回翼を取り付けたもので内部は隔壁板により分割され、且つ自力で浮くための空気室を備えている。

ジャイロアンカーの特長は以下のとおりである。

- ①自力で浮くための空気室を具備させることにより小型作業船での曳航を可能としたため、大幅なコスト縮減が図れる。
- ②沈設作業はジャイロアンカー内部の空気室の空気を抜くことによって自沈させるため、潜水士が不要である。
- ③さらに、沈降中は旋回翼による回転力によって水抵抗を制御するため、極めて高い着底精度を有する。

3. 実験方法および条件

実験はジャイロアンカーの着底精度向上に寄与する最適な諸元を求めるため、以下に示す「沈降開始実験」および「沈降実験」の2種の模型実験を実施した。

○**枕降開始実験**：ジャイロアンカーが水平を保ちつつ沈降するためには沈降開始時の姿勢が重要である。そこで、ここでは浮上状態から沈降を開始するまでの実験を行い、ジャイロアンカーの姿勢を水平に保つための内部構造の検討を行った。

○**枕降実験**：沈降中の横滑りを最小限に抑えるためには、旋回翼によってジャイロアンカーに回転力を与えることが重要である。そこで、ここではジャイロアンカーの沈降開始から着底までの実験を行い、その沈降開始位置と着底位置の差（着底誤差）が最も小さい旋回翼形状の検討を行った。

(1) 実験方法

①**沈降開始実験**：図-1 にジャイロアンカーの模型を示す。図に示すように、模型は底部中心に1つの注水口と上面に4つの空気口を有し、内部は隔壁板により十字に分割されている。なお、内部の隔壁板の高さ(a)は任意に調整可能であり、気中重量は7.8kgである。

実験は、模型が浮上状態から沈降を開始する際の模型の傾きを画像処理により解析して行った。

②**沈降実験**：実験には、沈降開始実験に用いた模型の外周部に4つの旋回翼を等間隔に追加装備した模型を用いた。なお、旋回翼の形状は図-2 に示す2種の旋回翼を用いるとともに



写真-1 ジャイロアンカー概観

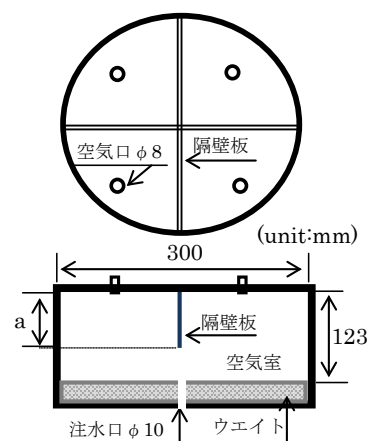


図-1 ジャイロアンカー模型

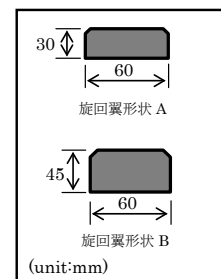


図-2 旋回翼形状

キーワード：自沈式、低コスト、着底精度、短工期、再浮上

連絡先：ゼニヤ海洋サービス(株) 東京都中央区八重洲 2-7-12 TEL. 03-3510-2631 FAX. 03-3510-2632

に、旋回翼の取付角度は水平状態を0度とした場合、全ての旋回翼角度は45度とした。

実験は、模型の沈降開始位置と着底位置の水平距離（着底誤差）を測定するとともに、模型が沈降開始から着底するまでの旋回数も記録した。なお、模型の縮尺は実機の1/7とし、水槽は水深1.6mの片面ガラス張水槽を用いた。

(2) 実験条件

①沈降開始実験：沈降開始時の姿勢は、注水に伴う模型の重心位置つまり模型内部の水塊の移動に深く関係する。このことから、隔壁板の高さ(a)をパラメータとし、表-1に示す模型1～3を用いた3種の実験を実施した。

②沈降実験：実験条件を表-2に示す。実験は図-2に示す2種の旋回翼形状を用い、3種の実験（実験4～6）を実施した。また、模型の隔壁板の高さ(a)は、沈降開始実験において最も高性能な結果を得た値とした。

4. 実験結果と考察

①沈降開始実験：表-3に各実験における沈降開始時の模型傾斜角を示す。表から、空気室に隔壁板のない場合は約40度の傾きをもって沈降が始めるが、隔壁板を設けた場合は10度以下の傾きであることが分かる。これは空気室内で水塊が一方向に偏る現象を隔壁板が抑制したためと考えられる。

一方、実験2および実験3を比較すると、実験3の方が模型の傾きは小さい。これは実験2では隔壁板により仕切られている各空気室の水位差が模型の傾きを発生させるのに対して、実験3は模型下部に隔壁板がなく模型下部全体で水面が同一となったためと考えられる。

②沈降実験：表-4に各実験における着底誤差および旋回数を示す。旋回翼を装備していない実験4と旋回翼形状Aを装備した実験5を比較した場合、着底誤差に大きな差はなく、旋回翼形状Aは着底誤差にほとんど寄与しないことが分かる。一方、実験5および実験6を比較した場合、実験6の着底誤差率（着底誤差/水深）は5.7%となり、着底誤差に大きな改善がみられる。

図-3に実験5および実験6を対象としたジャイロアンカーの旋回運動と着底誤差の関係を示す。図中の横軸「旋回運動ピッチ比」は、模型が一回旋回する間に沈降する距離を模型直径で無次元化した値であり、値が小さいほど模型はより多く旋回している。一方、縦軸は着底誤差を水深で無次元化した値であり、小さいほど着底誤差が小さいことを示している。図から、実験結果のプロットは左下がりの傾向を示し（図中の円内）、沈降中の模型の旋回数が増すほど着底誤差は小さくなること分かる。

5. おわりに

本実験により得られた結論を以下に示す。

- ①沈降開始時、隔壁板の高さを沈降開始水面とすることはジャイロアンカーの水平維持に有効である。
- ②沈降中、ジャイロアンカーの着底精度向上に寄与するためには、「旋回翼形状B」以上の展開面積が必要である。
- ③模型の旋回数が増すほど着底誤差は小さくなる。

本実験結果から、ジャイロアンカーを実運用するための十分なデータが得られた。今後は本実験の結果を基に、ジャイロアンカーの挙動を理論的に解明する予定である。

参考文献：1) 吉村和幸・高橋直陽・前川茂：湯田貯砂ダムの設備改良について、北上川ダム総合管理事務所報告書、2009。

表-1 実験条件（沈降開始実験）

実験	模型	模型形状の説明
実験1	模型1	模型内部の隔壁板を全て撤去した(a=0)
実験2	模型2	模型内部の隔壁板の高さを空気室の高さと同じとした(a=123mm)
実験3	模型3	模型内部の隔壁板の高さを模型が沈降を開始する水面の位置とした(a=86mm)

表-2 実験条件（沈降実験）

実験	模型	模型形状の説明
実験4	模型4	模型の旋回翼を全て撤去した
実験5	模型5	模型の旋回翼を全て旋回翼形状Aとした
実験6	模型6	模型の旋回翼を全て旋回翼形状Bとした

表-3 実験結果（沈降開始実験）

実験	傾斜角度(deg) (平均値)	傾斜角度(deg) (全結果)
実験1	41.5	40
		41
実験2	7.5	6
		9
実験3	2.5	2
		3

表-4 実験結果（沈降実験）

実験	着底誤差(mm) (平均)	着底誤差(mm) (全結果)	着底誤差率(%) (着底誤差/水深)	旋回数(回) (平均)	旋回数(回) (全結果)
実験4	290	269	18	0.01	0.03
		337			0.02
		263			0.03
実験5	241	238	15	0.18	0.19
		229			0.17
		256			0.17
実験6	91	67	5.7	0.35	0.35
		85			0.37
		122			0.34

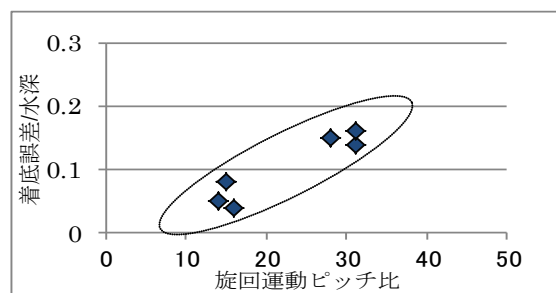


図-3 旋回運動と着底誤差の関係