

連結浮体の運動計測用大型係留台車の製作

安永, 誠
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/14027>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 9, pp.147-159, 2008-03. Research
Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
バージョン :
権利関係 :

連結浮体の運動計測用大型係留台車の製作

九州大学応用力学研究所技術室 安永 誠

1. はじめに

当研究所、界面動力学分野の研究テーマの一つに、自由表面上での浮体と海洋波の相互作用がある。数年前、研究所に縁があった方からの紹介と言う事で某企業から浮棧橋の研究を委託された。この研究の目的は、港湾施設のヨットハーバに係留されているプレジャーボートなど小型船に乗降するための通路および小型船を係留する浮棧橋において、湾外から入って来る波に起因する浮棧橋の運動を小さくし、さらに波下側での波を抑えることができる浮体形状を開発することにある。またこの浮棧橋は、海面から海底に打ち込まれた杭に係留する形式であり杭に沿って上下方向には自由に動けるが水平方向には動けない。今回、人の通行、船の接岸、係留、などの安全性を増すために浮体の形状改良を試みた。

開発は、実機に対応する縮尺比固定の2次元模型を数種類作製することから始め、作製した個々の模型の波に対する応答性、波下側の消波効率などを界面動力学分野が所有する2次元水槽において実験検証する。続いて、実験で得た結果を受け実機の寸法比に対応した3次元模型を3機製作する。この3機を連結した実情に近い3次元実験を共同利用施設である深海機器力学実験水槽（長さ：65m、幅：5m、深さ：7m）を使用して行う。この水槽には、幅方向に10分割されたプランジャー式で規則波、不規則波、方向波を発生することができる造波機、0.05m/s以上の速度制御（ $\pm 2.0\text{mm/s}$ 以内安定度）ができる曳航装置などの諸設備がある。

3次元実験の計測項目は、中央に位置する模型の波に対する動揺、浮棧橋を留めるため海底に打ち込んだ杭に加わる波力、浮棧橋の波上側および波下側の波高である。

3連結された模型の長さは水槽幅に近く、実情を忠実に再現した係留方法で実験を行うことは既存の装置では不可能である。したがって新たに連結模型に係留し、近似的に実機の状況を再現するための装置を作る必要が生じた。このレポートは、この装置の製作について述べるものである。

2. 製作にあたっての留意点

通常、深海機器力学実験水槽（以後、深海水槽と言う）において模型船を使用した実験を行う場合、その準備作業は深海水槽内の作業フロア（8m四方）で行う。所定の吃水で浮くようにウエート調整された模型船は1隻用の専用台車（長さ：1.5m、幅：0.5m、以後模型台車と言う）に載せ、定格荷重：1.5 ton、稼働範囲：30mのクレーンを使用し深海水槽に浮かべてい

る。浮棧橋係留装置（以後、係留装置と言う）は、これら深海水槽内の諸条件を留意し設計する必要があった。以下、設計にあたり注意点を列記する。

- ・係留装置の全重量は 1.0 ton 以内に収める。
- ・係留装置駆体の材料は軽量の鋼管バタ、単管パイプを使用する。
- ・係留装置自体をクレーンで吊れる構造体にする。
- ・クレーンの稼働範囲が決まっているので係留装置自体が走行レール上を移動出来る構造にする。
- ・陸上で浮棧橋浮体模型（重量：95kg、長さ：1.6m、以後浮体と言う）を連結した場合、模型台車は使用できない。したがって一隻ごと水槽内に運び係留装置に係留し、すべての浮体係留が完了した後連結しなければならない。その作業を人が行えるスペースを係留装置に確保する必要がある。
- ・係留装置は最終的に走行レール上に固定する必要があるが、直接レールに固定すると装置を動かすような力が加わった場合、レールの直線精度が狂いかねない。したがって水槽壁を利用した方法で固定する。
- ・係留装置の駆体製作作業は 1 人で行える組立式の構造体にする。組立式にすると実験終了後に機材保管場所が確保しやすい。

3. 組立架台

組立架台は、鋼管バタ、単管パイプを 1 人で駆体構造物に組上げる際に絶対に必要なもので、図 1 にその形態を示す。

組立架台は、係留装置駆体を水槽のレール上に設置した状態を模擬し、水面からレールまでの距離、レール幅などを考慮し木材で製作にあたった。図 1 中、右上の突出しているレールと同等幅の角材をレールに見なしている。左下の木口が見える角材の上面は、水面から 15cm の高さに相当する（以後、下段梁と言う）。また組立架台には、組立時両端に配置する 2 台のレール面での高さを平行にするために、高さ調整用アジャスタ、係留装置駆体を載せたまま移動できるようにするためのキャスターを装備した。アジャスタはメッキ処理が施された M12、耐荷重：1ton の部材で、接地部をゴムでコーティングされている。キャスターは車輪方向自在の低床式・重荷重用のウレタン車輪で許容荷重：300kg、車輪径：65mm、高さ：90mm である。



図1 組立架台

4. 係留駆体移動用台車



図2 係留駆体移動用台車

係留装置は水槽の中央付近の実験位置に移動し設置しなければならない。図2で示すように組立架台に載っているのが係留駆体移動用台車である（以後、台車と言う）。本体はアルミチャンネル(100×50×5)を使用し長さは1.3mである。本体には車輪に車輪方向固定のキャスター（組立架台と同じもの）、係留駆体を持ち上げるためのジャッキ代わりにアジャスタ、台車の蛇

行を抑えるためのガイドローラー、台車どうしを繋ぐ鋼管バタの位置決め用ピンボルトおよび固定する金具などを装備している。

アルミチャンネルの空間部には、空間部に一致する寸法の木製角材を挿入し木ネジで固定することで補強した。この処理によって係留装置を固定する際の安定度が向上する。



図3 移動台車の設置用枕木

係留装置を固定するとき、台車とレールの間に枕木を敷く必要がある。図3はその様子を示している。この作業を行うには係留装置をアジャスタで持ち上げて枕木を差し込み、アジャスタを元に戻すことで行う。当然、アジャスタはレールを傷つけない接地部がゴムでコーティングされているものを使用する

ガイドローラーは台車の蛇行によってローラーがレールに当たってもレールに損傷を与えないプラスチックの中荷重ベアリングで代用した。許容荷重は 60kg/300r.p.m である。ベアリングを支える金具は厚み 10mm のアルミアングルを加工して製作した。この金具に取り付けるローラーの位置は、レールとの隙間が 1mm 程度のところに調整している。この金具を台車に取り付ける場合、図4を見ても判るようにローラーと台車の位置に距離があり、台車側だけで金具を支えたときローラーがレールと強く接触した際、その衝撃で金具や台車が歪む恐れがある。この状況の回避と台車の補強のため金具を取り付け位置に厚み 15mm のアルミ板を加工した隔壁を設け、金具、隔壁、台車をボルト締めで一体化した。

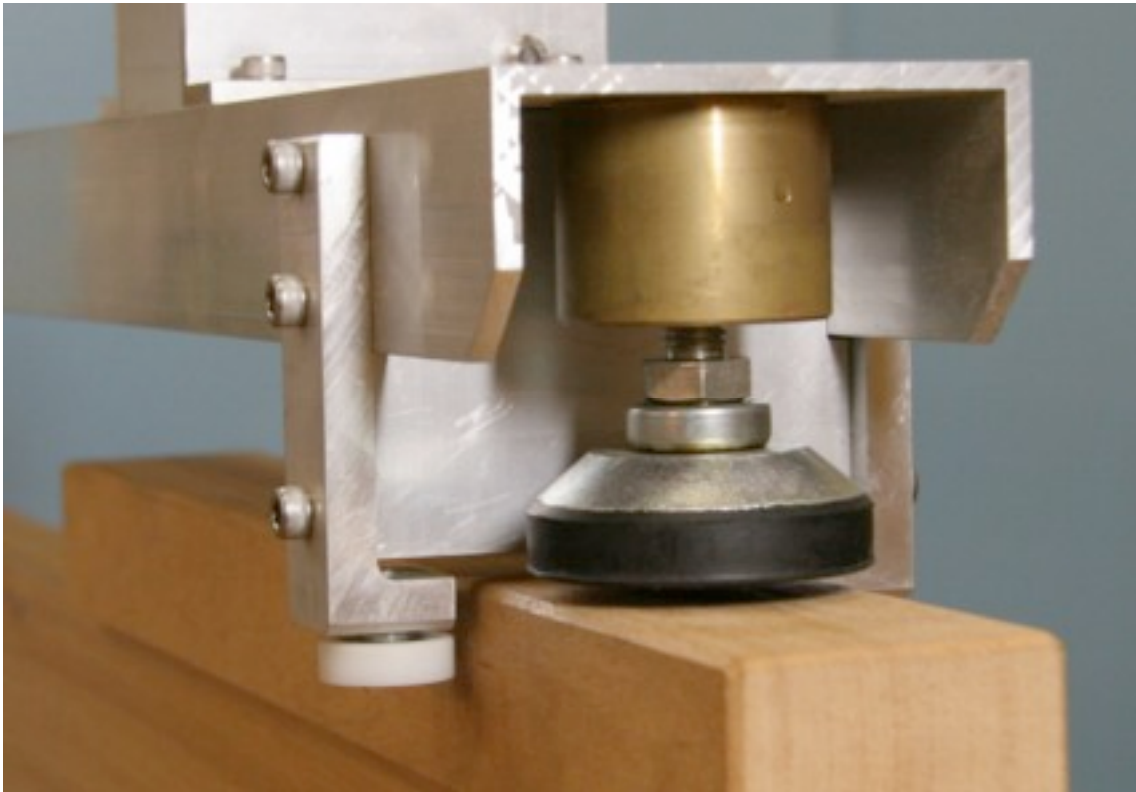


図4 移動台車のガイドローラー

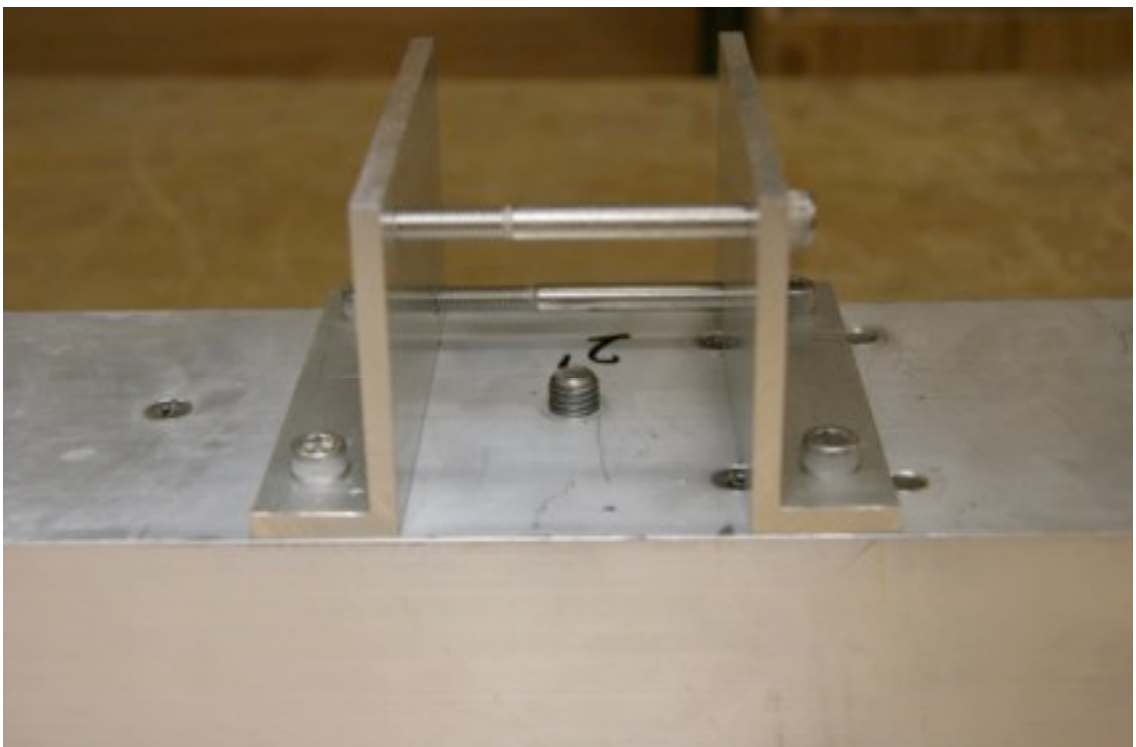


図5 係留駆体と移動台車の固定金具

図5は係留駆体材の鋼管バタと台車を固定する金具と固定位置決め用のピンボルトを示している。ピンボルトの目的は、鋼管バタの中心に水槽のレールセンター間と同じ長さの位置にピンボルトと同径の穴を開けその穴をピンボルトに通して台車を連結し金具で固定することで、台車を正確に水槽のレール上に乗せることにある。またピンボルトは台車1台に係留作業スペース0.8mを見込んだ間隔で2ヶ所設けた。

5. 係留装置

ここでは2.で述べている項目に留意設計した係留装置本体組立および必要パーツについて述べる。

5.1 駆体

水槽のレール上に設置した係留装置の駆体前面形状を図6、駆体後面形状を図7に示す。この駆体前面と駆体後面の間が係留作業スペースである。

係留装置の駆体材料は、自重の軽減を目的として建築資材のメッキ処理がされた鋼管バタ角（ $60 \times 60 \times 2.3$ 、重量〔kg/m〕：4.06kg）と単管パイプ（径：48.6、肉厚：2.4、重量〔kg/m〕：2.73kg）を使用する。両資材とも最大長さは6mで水槽幅に丁度よい長さである。

余談であるが、通常この手の資材を大学に納めている会社には6mの物がなく製造会社からの取寄せになる。その場合、輸送運賃が別途かかり安価な資材でも総額が高値になる場合がある。

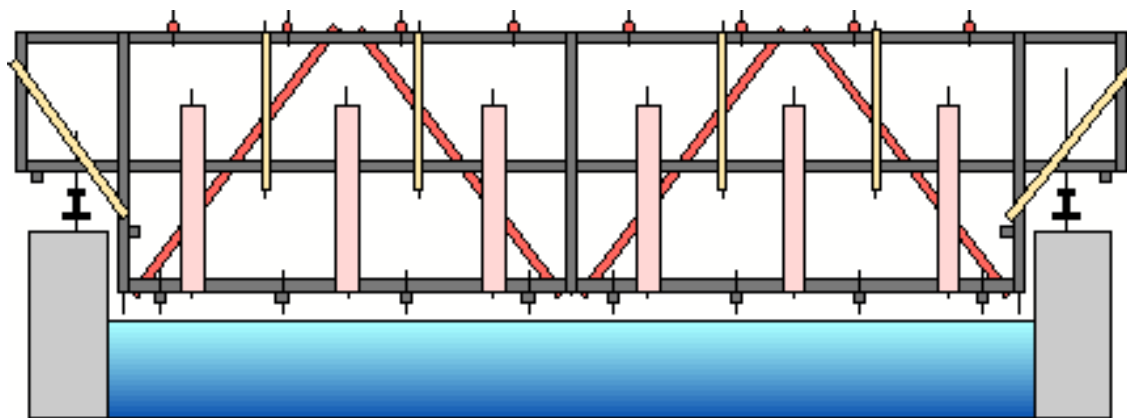


図6 係留駆体前面

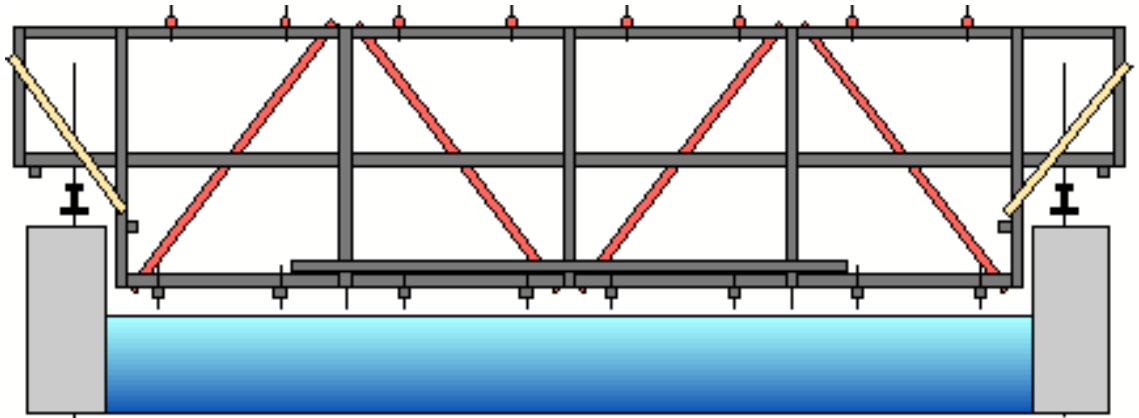


図7 係留駆体後面

駆体材料を係留装置に組立てるに際して使用するクランプを図8に示す。
クランプは、ガタのない直角固定の直交タイプと若干ガタがあり自由度のある自在タイプが製造されている。パイプクランプの種類は使用するパイプ資材によって決める必要がある。今回は自由度のある自在タイプの角クランプと角・丸クランプを使用した。



図8 角クランプと角・丸クランプ

以下駆体組立を行う手順を示す。

- ① 組立架台のレールに見立てた角材上に台車を乗せてピンボルトの穴を開けている管バタを台車のピンボルトに差し込み金具で固定する。
- ② 下段梁上に鋼管バタを置く。
- ③ 縦方向の繋ぎ支柱の鋼管バタを①と②の鋼管バタにクランプする。
- ④ 縦方向の繋ぎ支柱の鋼管バタ上端に横方向の繋ぎ鋼管バタをクランプする。
- ⑤ 横方向の鋼管バタの両端に縦方向の繋ぎ支柱の鋼管バタをクランプする。
- ⑥ 前面駆体と後面駆体を鋼管バタおよび単管パイプで繋ぎクランプする。
- ⑦ 駆体補強用に単管パイプの筋交いで繋ぎクランプする。

組み上がった駆体は、幅：6m、高さ：1.8m、奥行：0.9m になった。また組立後に感じた事だが、直角に交わる箇所は直交タイプのクランプを使用したほうが良いと思われる。自在タイプのクランプは若干ガタがあるので駆体を揺らす力が加わった時、ガタによる金属音を発し多少不快感を覚えた。

5.2 アルミ構造材と鋼管バタの締付け金具

係留部材取付けには市販されているアルミ構造材を利用する。以後この目的で使用するアルミ構造材を構造材 (A) と呼ぶ。これを係留駆体材の鋼管バタに取付けるための金具は市販品に無い形状であるので新規に製作する必要がある。金具はアルミ製品の板とチャンネルを加工し製作する事にした。

構造材 (A) は鋼管バタに対して直角にしなければならない。取付け方法は、構造材 (A) にチャンネル材を加工した金具によって鋼管バタを挟み、構造材(A) が直角になるよう調整し金具を固定する。つぎに加工した板をチャンネルに固定し板に付けたボルトを廻し締上げて完了する。図 9 は構造材 (A) を鋼管バタに取付けた状態を示している。



図9 アルミ構造材と鋼管バタの締付け金具

5.3 アルミ構造材と検力計



図10 アルミ構造材と検力計

実機は海底に打込んだ杭に係留する。実験ではステンレスパイプ（内径：80mm）を杭に見立てアルミ丸棒を加工して作ったフランジを介しアルミ構造体に取り付け代用とする。以後この目的で使用するアルミ構造材を構造材(B)と呼ぶ。杭に加わる波力を計測する検力計の取付けも専用のフランジを作り、構造材(B)およびステンレスパイプに取り付ける。構造材(A)と構造材(B)の取付けも直角にしなければならない。アルミ構造材製造メーカーでは、アルミ構造材とアルミ構造材をジョイントするための金具が多種多様に用意されている。今回は、キャストプレート、T型プレートブラケット、ブラケットを使用して正確かつ強固に組立てた。図10にその様子を示す。

アルミ構造材を使用した装置を作る場合、設計図面から必要寸法を洗い出して専門メーカーに発注する方が良い。納品された構造材は専用切断機で切られているから、断面は直角かつ非常に綺麗でありしかも寸法に狂いも無い。御勧めである。

6. 組立てた係留装置の様子

図11が組み立てられた係留装置、図12が浮棧橋模型に係留した状態を示す。



図 1 1 組立架台上の係留装置

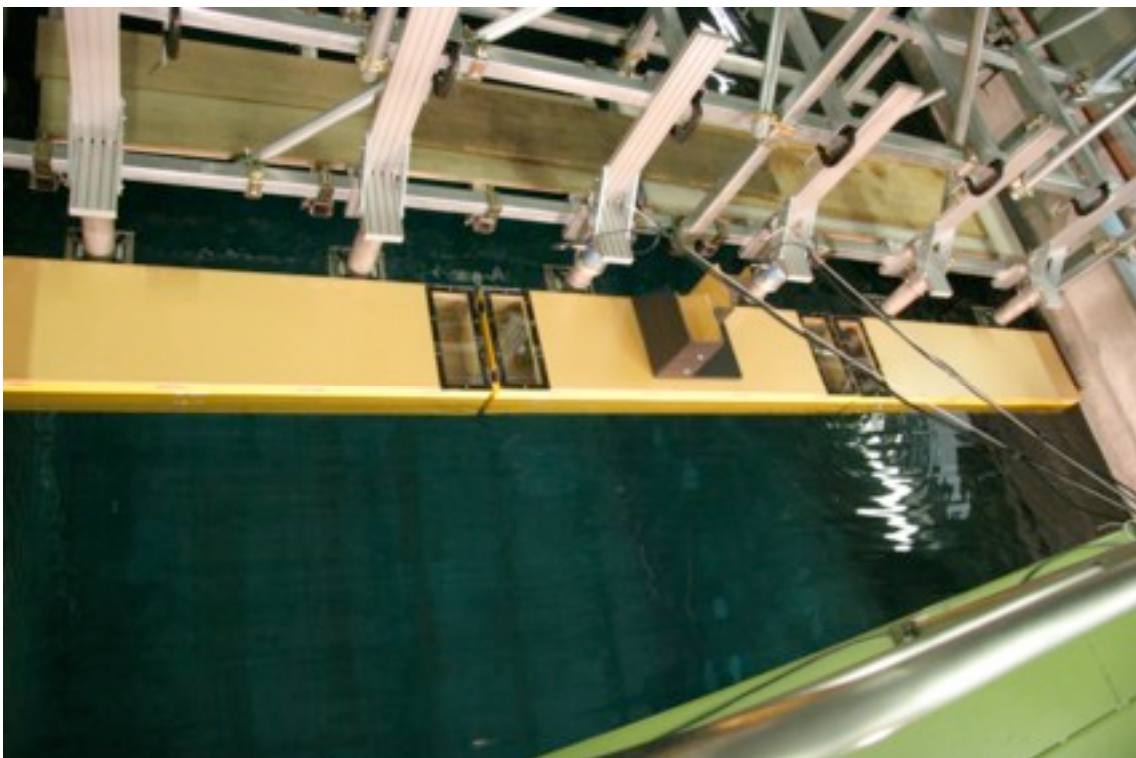


図 1 2 浮棧橋模型の係留

図 1 3 は係留作業スペース、図 1 4 は係留駆体と移動台車の固定部の様子を示す。



図13 係留作業スペース

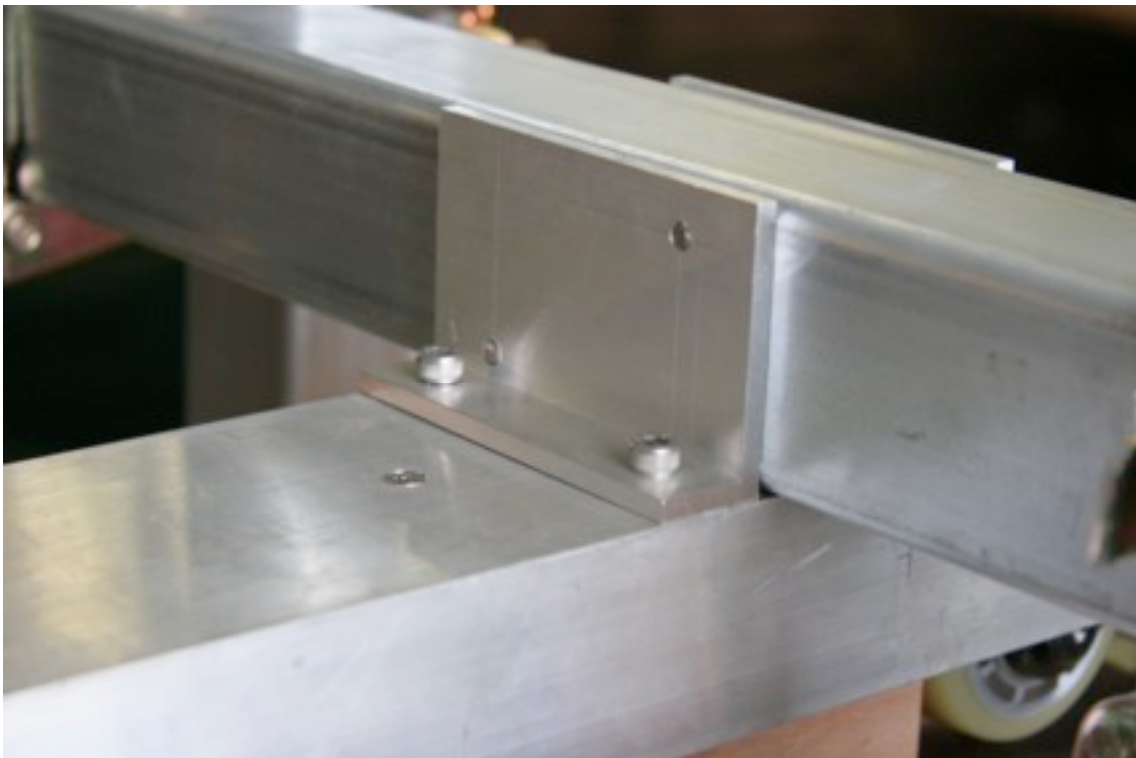


図14 係留駆体と移動台車の連結

図15は係留装置を水槽壁に固定した様子を示す。



図15 係留装置の固定

7. まとめ

今回のような大型装置を1人で製作、設置するにあたり重要なことは、既存設備、工作機械、既製品（資材、部品）などを考慮して設計することである。特に今回は装置の組立てと設置を重視して組立架大、移動台車などの製作を工夫した。結果、駆体の組立は容易に行えしかも正確に出来上がった。また完成した係留台車も水槽のレール上に狂い無く収まり、軽い力を加えるだけでスムーズに設置場所まで移動出来た。そして固定も容易に出来た。

謝辞

本装置の製作にあたり、金属加工において工作機械全般の指導していただいた牛原武司氏に深く感謝いたします。また製作の機会を与えて頂いた界面動力学分野の柏木正教授に対し深く感謝いたします