



インターナショナル・メジャラー・マニュアル

H 節

ハル計測

H	ハル計測	
H.1	ハル形状計測	H 3
H.1.1	序文	H 3
H.1.2	基準系	H 3
H.1.3	ハル長さとは幅	H 5
H.1.4	ハル外形	H 7
H.1.4.1	簡易化したキール・ロッカー計測	H 11
H.1.5	ハル断面	H 14
H.1.5.1	テンプレートを用いる断面計測	H 14
H.1.5.2	チェーンのあるハルの断面計測	H 18
H.1.5.3	開発クラスの断面計測	H 19
H.1.5.4	モデル・テンプレートでのハル計測	H 19
H.1.5.5	一般的ハル計測：XYZ座標	H 20
H.1.6	ステム外形	H 21
H.1.6.1	ステム・テンプレート	H 21
H.1.6.2	ステムの傾き	H 21
H.1.7	トランサム	H 22
H.1.8	センターボード・スロット近くの計測値	H 22
H.1.9	チェーンの丸み	H 22
H.1.10	デッキ・キャンバー	H 22
H.1.11	シアー・ガード（防舷材）またはラビング・ストレイキ	H 22
H.1.12	内部計測	H 23
H.1.13	ハル表面がフェアであること	H 23
H.2	テンプレートでのハル計測：ケース・スタディー	H 23
H.2.1	工具一式	H 23
H.2.2	ベースライン	H 24
H.2.3	ハルのセットアップ	H 26
H.2.4	キール外形の計測	H 29
H.2.5	テンプレート計測	H 31
H.2.6	デッキの計測	H 32
H.2.7	FD級のハル計測システム	H 33
H.2.8	トーネード級ハル計測システム	H 36
H.2.9	「チェーン」ハルのハル計測：ライトニング級でのケース・スタディー	H 38
H.2.9.1	ハルのセットアップ	H 38
H.2.9.2	ハルの水平化と計測	H 39
H.3	ハル重量	H 46
H.3.1	ハル計測の状態	H 46
H.3.2	重量不足の艇と補正おもり	H 47
H.3.3	大きな大会での計測	H 47
H.4	重量配分	H 49
H.4.1	「ランボリー」スイング・テスト	H 50
H.4.2	重量配分と重心：実践	H 53
H.4.2.1	誤差とその縮小	H 56
H.4.3	スナイプ級スイング・テストとライトニング級バウンス・テスト	H 58
H.4.4	ドラゴン級スイング・テスト	H 60
H.4.5	スター級スイング・テスト	H 63
H.4.6	スチュアート 34級スイング・テスト	H 63
H.4.7	イングリッド級傾斜スイング・テスト	H 64
H.4.8	2本吊り試験	H 66
H.4.9	完全な艇	H 68
H.5	浮力	H 70
H.5.1	浮力装置	H 70

H.5.2	浸水浮力試験	H 71
H.5.3	浮力タンク・エア試験	H 71
H.5.4	浮力検査	H 72
H.6	超音波厚さ計での計測	H 72
H.6.1	序論	H 72
H.6.2	配慮点	H 73
H.6.2	はじめに	H 74
H.6.4	技術	H 75
H.6.5	データー	H 76
H.7	レーザー計測法	H 76
H.7.1	レーザー・トラッカー	H 76
H.7.2	トータル・ステーション	H 80

ハル計測は形状コントロールに限定されていない。ハル重量とその配分、スキヤントリング [材料寸法] (ハル・スキン厚さ、補強部材の寸法と位置)、浮力もクラス規則に規定されることもあり、したがって、メジャラーにより扱われなければならない。ERS 2013-2016 は、定義の標準セットを提供していないので、方法と器具での統一は不可能ではあるが、原理は大体同じであり、クラスは、少数のメイン・テーマの変形に従う。以下の小節のそれぞれは、ハル計測の主たる局面を詳細に扱う。

H.1 ハル形状計測

H.1.1 序文

ハル形状を高精度に決めるためのハルを計測する実用的方法を確立することは、おそらく優れた一組のクラス規則、特に目的がハル形状をできるだけ同一にすることであるワン・デザイン・クラス向け、を作るもっとも厳しい局面となる。この節はハル形状を決めるため用いる主要な方法とメジャラーのための適切な技術の概要を述べる。ただし、クラス規則に詳細が述べられている場合には、クラス規則に規定された方法で計測することが重要である。

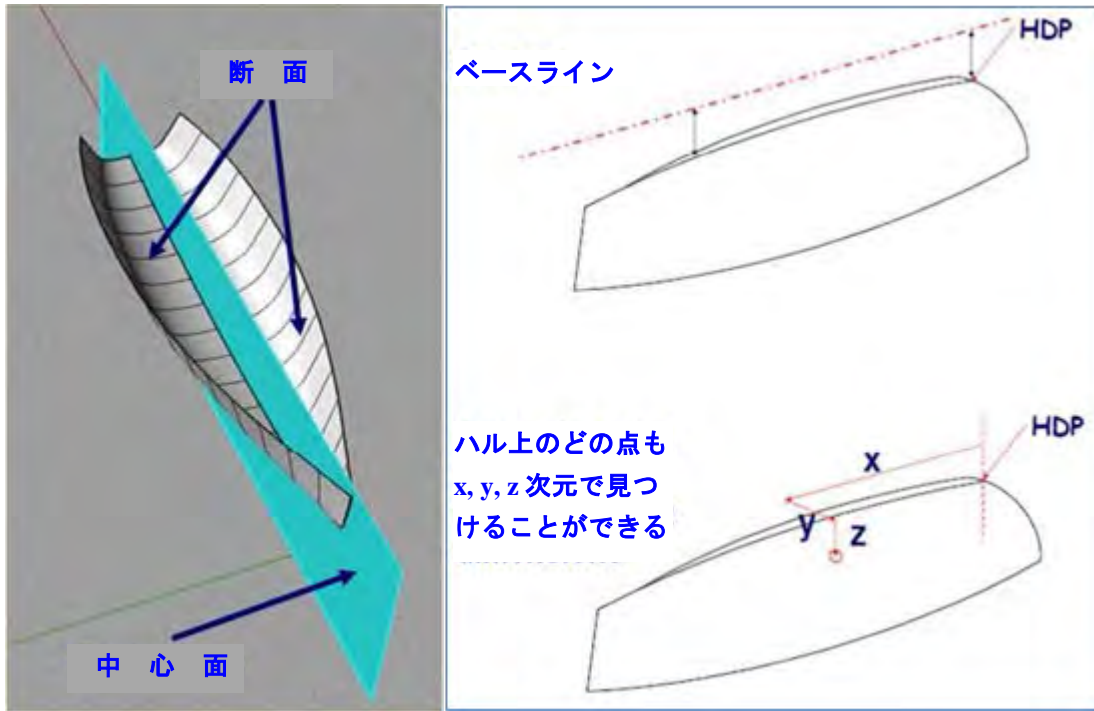
ハル形状計測は、ハルの外面の確かな寸法を得る手順であり、最終的にはハル形状を元の設計時の形状と比較する。後者は、ハルの特定の「断面」の「標準」形状の外形となる特別のテンプレートの使用を必要とすることがあり、またはハル形状がチャイン・ハルと認められる場合—XTZ オフセット一式との直接比較で達成することができる。

計測には通常、ハル長さ、ある点間の幅 (ビーム) 計測、キール外形形状 (キール・ロッカー)、バウとトランサム的外形、もちろん特定の断面 (ステーションまたは「フレーム」) でのハルの外形を含む。さらに、クラス規則は、コーナー、エッジ、ガンネルその他での内半径または外半径のようなその他の構造詳細を規定することがある。

H.1.2 基準系

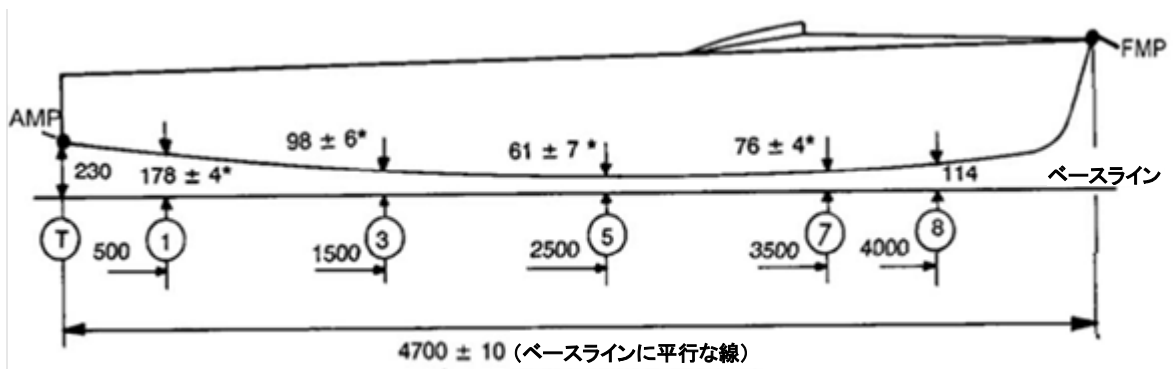
ハルを計測するために、計測値を取る起点であるハル基点と主軸：縦、垂直、横を定義するためのデカルト軸系を必要とする。これらはクラス規則で定義された「ベースライン」 (通常、設計喫水線に平行な仮想線) とハル中心面 (計測トリムでのハル) に関係している。基準系が定義され、実施されれば、計測「ステーション」は、クラス規則に従ってある縦の位置でのハルを通る横断面「カット」として定義することができる。

ERS H.3 には次のことが記述されている。艇については、別段の規定がない限り、「前」、「後」、「上」、「下」、「高さ」、「深さ」、「長さ」、「ビーム」、「フリーボード」、「船内」、「船外」といった用語は計測トリムでの艇を対象に使用されるものとする。これら、または同様な用語により表されるすべての計測は、3つの主軸の1つと平行に計らなければならない。

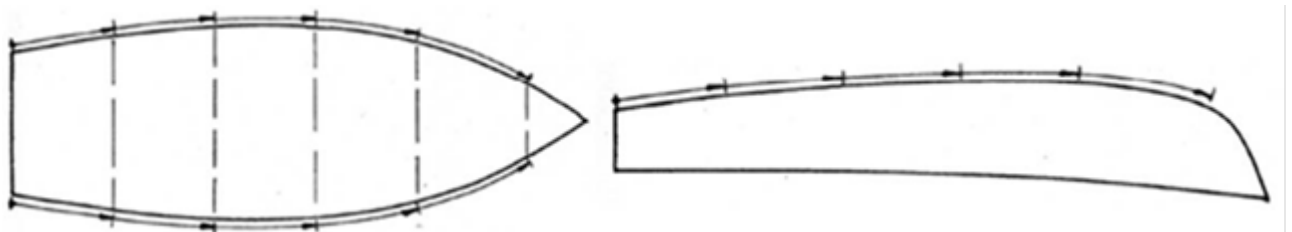


図H.1.2.1 基本用語

標準デカルト軸系は、「重力座標系」と呼ばれることもある。シアーラインとキールで計測ステーションの位置を決めることは、特殊器具を必要とし、確実に、精度よくセットするためには時間がかかる。したがって、クラスによっては、シアーラインとキールの曲線に沿ってあらかじめ定めた点で計測ステーションを定義し、ハルを精密な水平にする必要性を取り除く、別の手段を取った。これが「ハル座標系」である。



図H.1.2.2 重力座標系



図H.1.2.3 ハル座標系

「重力座標系」の大きな利点は、次にある。

- 設計ハル断面に対し精密に一致する。
- テンプレートが精密に並べられるので、ハルのねじれと曲げをコントロールする。

- キール・ロッカーは、テンプレートの位置により決められる。

大きな欠点は次にある。

- 精密な整列方式は、非常に高価である。
- 2004年にヨーロッパ級用に開発されたもののようなシステムは簡単に輸送することができるが、470級とフィン級用に過去に作られたもののようなシステムは扱いにくく、かさばっていた。
- しっかりした床を必要とする。
- セットするのにかなりの時間がかかる。
- ハルは、テンプレート系と注意して相対的に置かなければならないので、時間がかかる。

「ハル座標系」の大きな利点は次にある。

- ハルを水平にする必要はなく、非常に安定でもある（芝生の上で用いられた）。
- テンプレートを非常に早くセットできる。特に、テンプレートのリファレンス・マークがハルに恒久的に刻まれている場合に。
- テンプレートの位置決めをするためのフレームもハルを水平にするシステムも必要としない。
- テンプレートと計測器具は、簡単に輸送できる。

大きな欠点は次にある。

- テンプレートの面は、設計断面の面に精密に一致させることはできないが、ほとんどの場合このことは無視できる。
- ハル座標系の明らかな批判は、ハルがビームまたはキール・ロッカーにかなりの許容範囲がある場合には、シアラインまたは中心線まわりの既知の計測値に対し、テンプレートの前後位置は別のハルについては同一とはならない。リファレンス・マークがデッキ・モールドイングーそのすべてはマスター・プラグから得られる—にあるイングリング級とソリング級では、デッキ・フランジまわりの距離は、すべてのハルで基本的に同じであるとよいので、デッキでのテンプレート位置の再現性はよい。スター級では、それぞれの承認されたモールドでステーションの位置を決める距離が異なっているので、その問題が解決された。その場合、ハルは最初に重力座標系のベースラインを用いて水平にしたように、各ステーションは同じ位置にマークされる。

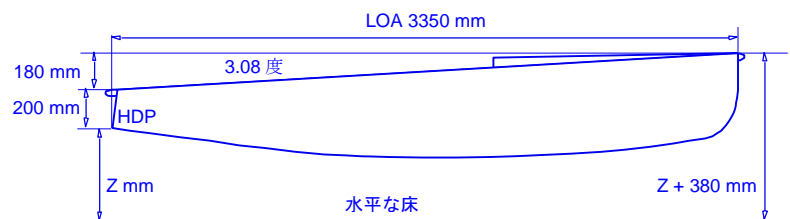
重力座標系とハル座標系の両方の要素を含む、混合系が用いられるイングリング級のようなケースもある。テンプレートの位置は、中心線ではなく、シアラインに沿っての計測により規定される。中心線に沿っての計測は、ベースラインに沿っての計測に置き換えられる。これは、少なくとも原理的に、レガッタでのテンプレート計測を実行困難にし、基本計測ではさらに多くの時間がかかる。

H.1.3 ハル長さと同幅

ハルの長さは、セーリング・ボートの性能に基本的な影響を与え、したがって、主要な計測の1つである。長さを精度よく計測するためには、正しい軸に沿って計測し、正確な終わりの計測点をはっきりさせることが重要である。

ワン・デザインでは、長さは通常、ベースラインに対し平行に計測する。しかしながら、ワン・デザイン・クラスによっては、長さは、計測を容易にするためにデッキに沿って計測する。この場合、計測の軸はベースラインに対し平行である必要はなく、巻尺が艀装品やデッキ上のブリクォーターにより直線から外れていることにより起こる誤差を避けるために、注意を払わなければならない。

後部計測点（AMP）、そこから長さを計測する（HDP またはハル基点）は、通常キール・ラインでのトランサムと中心線との交点である（図 H.1.3.1）。



図H.1.3.1 HDP

図H.1.3.2 デッキの重なり

ERS に従ってのハル長さには、デッキの重なりを含み、ハルの最前方点から最後方点までを艀装品を除いて、計測する（例、420 級）。しかしながら、クラス規則（例、ヨーロッパ級、470 級その他）で、デッキの重なりは除外すると規定することある（図 N.1.3.2）。クラス規則では、前方計測点（FMP）も定義することもあり、そのときは、ベースラインを水平にして、計測長さは、HDP と FMP を通る垂直面間の距離である。普通は、艀装品（トランサムのラダー艀装品のような）は全長計測から除く。

ディンギーの全長計測は、正しい位置にするか、またはひっくり返すかのいずれかのハルで実施される。水平面で作業する場合には、艇をひっくり返しているときに、全長を計測することが、より便利なが多い。ベースラインを水平にして、両端は、次いで下げ振りまたは垂直水準器を用いて計測点から床面に垂直に落とし、つけたマーク間で長さを計測する。

開発クラスでは、ベースラインと喫水線の位置がはっきりしないので、長さの計測は難しいことがある。ディンギーでは、利用できる長さからできるだけ多くの有利さを得るために、ステムとトランサムが垂直であるのが一般的である。メジャラーは、ステムとトランサムを垂直にして艇をセットする場合には、喫水線が想定した位置にないかもしれないので、艇が水平であるかどうか知る手段はない。

例えば、国際メートル級の1つのような大型艇を水平にする物理的問題はディンギーよりも大きいですが、喫水線の位置を決める問題はより簡単になる傾向にある。設計者は、設計段階の間にその位置を精度よく確立するために相当苦勞する。ヨットが初めて計測されている場合には、設計図がメジャラーに利用できるようにするか、または建造者がその位置を示すマークの位置決めを精度よくする。メートル級では、そのマークは喫水線のそれぞれの端に必要とされ、ヨットはこれらのマークで浮かべなければならない。

幅またはビームの計測は、ハルの横軸に平行に行う。クラス規則で、計測点をシアーライン（ハル表面とデッキとの交差部分）と規定することがあり、この場合ガンネル・ラビング・ストレージやデッキ・フランジを除外する。

H.1.4 ハル外形

中心線上のハル外形は、時にはキール・ロッカーとかハル・ロッカーと呼ばれ、通常ベースラインに垂直に計測される。ベースラインを水平にセットする場合には、すべての深さ計測は、垂直に行うことができる。

ベースラインを支持するには多くの方法があり、どんな方法が採用されても、ベースラインは精度よく、強固に支持されていることおよびベースラインのたるみは非常に小さいことでなければならない。細い、軽量の糸を用いてかなりの張力をかけて、たるみは無視できるほど小さくはなるが、たるみを完全に取り除くことはできない（図 H.4.1 と H.4.2）。たるみは、F 節で述べたように推定することはできるし、またレーザー光線で測定することができる。

メジャラーによっては、用いて満足のいく装置はビーム（角材）だけであると言い張っている。しかしながら、ビームも垂れ下がり、木製の場合はゆがんでいることもある。硬いアルミニウム製のビームは、大きな寸法の縦で常に用いることを勧め（図 H.1.4.3）、満足のいく結果を得られ、中央での最大垂直変形が一般的に 1 mm 以下で、さらにレーザー線/レーザー・レベルでその場でチェックすることができる。

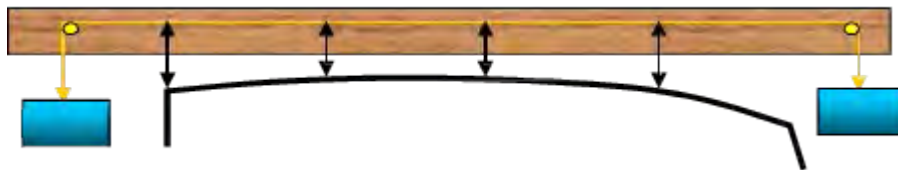


図H.1.4.1 & H.1.4.2 糸のベースライン



図H.1.4.3 ビームベースライン

ビームのみがここでは糸を支持することにある両系の組み合わせもうまくいき、軽量の糸がビームの両端に固定した 2 つのスクリューまたは留め金をまわっていく。この場合、糸の張力を導入する問題は、ビームの両端におもりをつけることで簡単に解決する。



図H.1.4.4 組み合わせベースライン

ベースラインは、水準器（図 H.1.4.5）または水準儀（図 H.1.4.6）と組み合わせたレーザー光線で実現することもできる。



図H.1.4.5 レーザー・ベースライン



図H.1.4.6 ダンピー・レベルベースライン

レーザー光線の厚さ（最も安価な器具で 1 - 2 mm）は、キール・ロッカーが限界近くにある場合には、問題となることがある。

ベースラインとして細い糸を用いるとき、細い糸の前部の取り付け位置でベースラインを支持することが難しい場合、通常艇の一部に置く。正しい高さにのみそれを固定することが必要なので、ベースラインは、ハルの前部で硬い支えとなる何か、例えば、壁やドア枠中のくぎに結びつけることができる。エンタープライズ級と OK 級のようなクラスによっては、ステムの計測を実施するためにベースラインを前方へ延長する必要がある。したがって、ハルを越えてベースラインを支持することが、メジャラーを助けることになる。この場合、メジャラーが艇によりかかった場合でも、艇は動かないようにしなければならない。

国際トナー級は、ハル断面テンプレートが定位置にある場合、テンプレート上の直径 12.5 mm の穴を通して眺めることにより、キール・ロッカーをコントロールしている。テンプレートは極めて小さいので、トナー級の場合このことで精密で便利な方法を提供する。ハル上の大きいテンプレートでは、テンプレートすべてを同時に位置決めし、それを定位置に保つことは困難かもしれない。

ハルは、ねじれずに、垂れたり、上反にならない方法で支持しなければならない。このことは、キールを支持するのがよいキールポートで特に重要である。ハルを支持するためにどんな方法を用いても、ハルが長い場合に、ハルの変形を最小にするために支持物を置くことが望ましい。このことは、それぞれの端からハルの長さの約 4 分の 1 に支持物を置くことにより達成できる。特定のクラスのすべてのハルが、同じやり方で計測のために支持されることを明白にしなければならない。

クラスによっては、ハル計測用の特別のジグを開発し、ほとんどの大会で用いるが、同じ方式を量産ハルの平常の計測のために建造者の建物内に場合によってはセットされる（図 H.1.4.7–H.1.4.12）。



図 H.1.4.7 1992 年オリンピック競技会用に開発されたスペインの 470 級ジグ



図H.1.48 上にハルをのせたスペインの470級ジグ（左）とモジュールの枠組みと水平調整ねじの詳細（右）



図H.1.49 2004年ヨーロッパ級ジグ



図H.1.4.10 自動車用ジャッキを用いて水平にし、並べたジグの内側のヨーロッパ級ハル



図H.1.4.11 ジグ詳細



図H.1.4.12 水平化脚

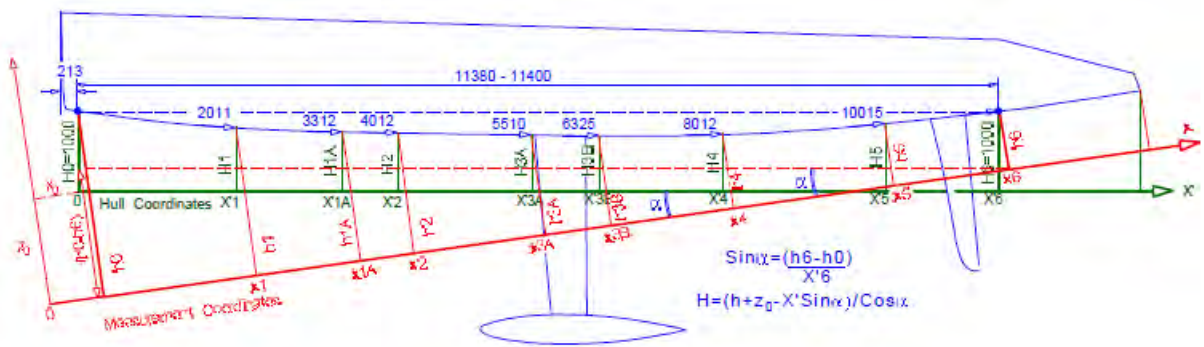
垂直で断面平面内にあるように、精密にテンプレートの位置を決めるために用いたテンプレート・クランプ、微調整システム、精密な整列、水平化脚。

上に示したシステムは理想的ではあるが、非常に高価で、470 級と類似のフィン級の場合、システムはかさばり、したがって、分解した場合でさえ、輸送が簡単ではない。組み立てて、並べるのに時間がかかり、注意が必要で、置くための頑丈なコンクリート床が必要となる。計測の間、整列を頻繁にチェックし、偶然の移動を防ぐ必要がある。

H.1.4.1 簡易化したキール・ロッカー計測

キール・ライン上にすでにマークを付けたまたはキールに沿って決められた計測点のあるハルは、簡易化した手順を用いてチェックすることができる。キール・ロッカーを決めるためにキール・ライン上の点の高さを計測する前に、しばしば時間がかかり、ハルとベースラインの両方を水平にしなければならないための繰り返しの手順、またはレーザー光線を基準にすることを取り除くことになる。この方法の有利さは、ハル上の計測点からレーザー光線またはベースラインまでの垂直距離が、垂直整列なしに計測することができる。直線定規を計測点で回して、最小値を記録することにより、速く、精度よくすることができる。

次いで、最近のノート型パソコンで、計測座標枠で得られた計測値“h”をハル座標枠で、即ちクラス規則に規定されたとおりに、ベースラインに対し相対的に、必要とされるデータ“H”に変換する表計算ソフトをセットアップすることは簡単なことである。この変換で、ハルも基準レーザー光線のどちらも水平にする必要はない。ハルベースラインを決めるハル上の 2 つの基準点で“h”の値の計測は、座標変換のために用いられる。



図H.1.4.1.1 計測座標系、赤、とハル座標系、緑、は、RC44級のハル上の基準点1と6の座標により決まる。

ハルベースライン、即ち、それに対し求める深さHを計測する図H.1.4.1.1とH.1.4.2のX'軸は、ハル上の基準点“A”と“B”（図H.1.4.1.1の点1と6）からの固定した垂直深さH_AとH_Bにあることにより決められる。点“A”と“B”がハル断面として決められ、ベースラインがDWLに平行として決められる場合には、ハルX'軸に沿ってのそれらの位置X_A'とX_B'も決められる。しかしながら、RC44級とソリング級のようなクラスでは、キール・ライン周りから計測されたHDPからの距離で定義される。この場合、変換のために必要な設計間隔(X_A' - X_B')は、クラスの図面から前もって計算する必要がある。この場合、(X_B' - X_A')、H_A、H_Bはクラス規則からの既知数と想定される。

計測ベースラインまたはレーザー光線はx軸である。これらの座標の原点は、図H.1.4.1.1の“0”で示されるが、x座標は計算に入れないので、x₁またはどこかで選ぶことができる。座標軸xzを軸X'Z'に変換するために、x₀とz₀により移動され、その後角度αにより回転されなければならない。次いで、X'、Z'はつぎによりx、z、αに関して与えられる。

$$\begin{aligned} X'_A &= (h_A - z_0) \sin \alpha + (x_A - x_0) \cos \alpha \\ H_A &= (h_A - z_0) \cos \alpha - (x_A - x_0) \sin \alpha \\ X'_B &= (h_B - z_0) \sin \alpha + (x_B - x_0) \cos \alpha \\ H_B &= (h_B - z_0) \cos \alpha - (x_B - x_0) \sin \alpha \end{aligned}$$

Sinαについて解き、Z₀が与えられ

$$\sin \alpha = \frac{(X'_B - X'_A)(h_B - h_A) - (H_B - H_A) \sqrt{(X'_B - X'_A)^2 + (H_B - H_A)^2 - (h_B - h_A)^2}}{(X'_B - X'_A)^2 + (H_B - H_A)^2}$$

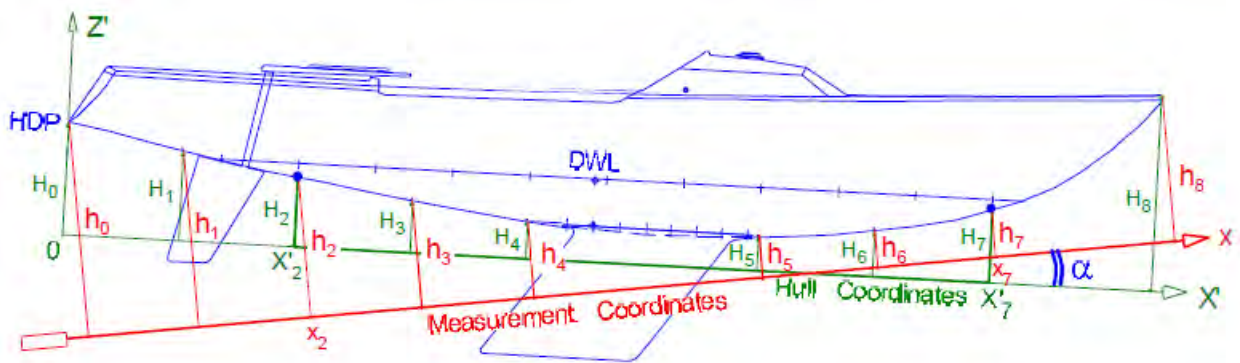
$$z_0 = h_A + H_A \cos \alpha - X'_A \sin \alpha = h_B + H_B \cos \alpha - X'_B \sin \alpha$$

RC44級に関してはH_A = H_Bの場合には、

$$\sin \alpha = \frac{(h_B - h_A)}{(X'_B - X'_A)}$$

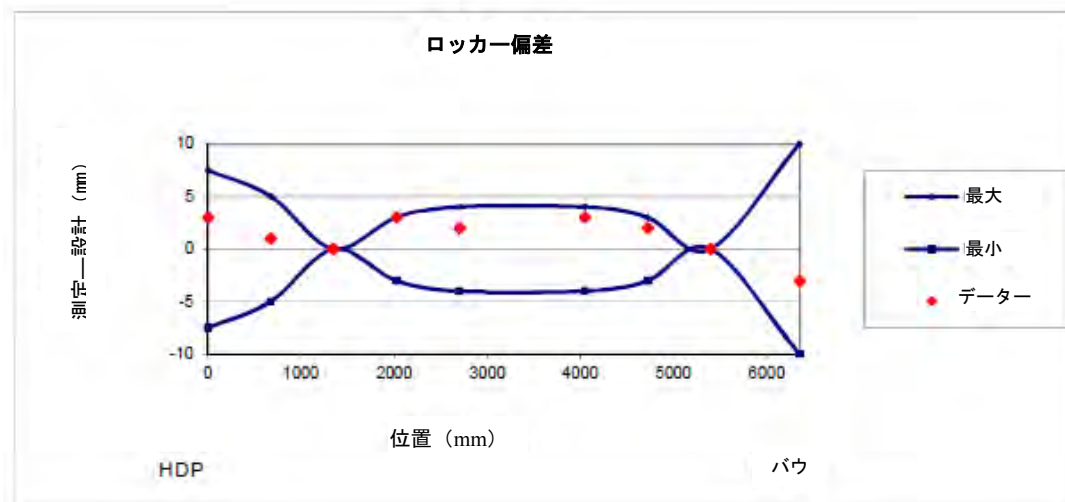
エクセル表計算、図H.1.4.1.3参照、でSinαを計算するためにプログラムすることができ、これらの値を計測した値“h”をハルベースラインに対し必要な値“H”に変換するために用いる。xの計測（レーザー光線に沿っての）は必要ないことに注意すること。

$$H = \frac{h - z_0 - X' \sin \alpha}{\cos \alpha}$$



図H.1.4.1.2 イングリング級では、キール・ライン計測点は、ベースラインに沿って等間隔で決められる。H₂とH₇、等しくない、および(X₇'-X₂')はベースライン(緑)を決める。計測したh₂とh₇は、次いで角度αで計測座標(赤)を確立し、どちらも水平にはない。h₀からh₈までの計測値は、表計算ソフトにより必要なH₀からH₈までに変換される、図H.1.4.1.3。

YNGLING							
Keel line measurement sheet							
Measurements in mm							
z ₀ =	455		HULL N°				
Sin α =	-0.0799		ISAF#				
α =	-0.0800		SAIL N°				
	Measured h	Baseline Distance from HDP	Calculated H	Min H	Design H	Max H	Delta= Calculated-Design
HDP	1133	0	680.50	670	677.5	685	3.00
Point 1	942	675	543.00	537	542.0	547	1.00
Point 2	767	1350	421.00		421		0.00
Point 3	615	2025	323.00	317	320.0	323	3.00
Point 4	471	2700	233.00	227	231.0	235	2.00
Point 5	340	4050	209.00	202	206.0	210	3.00
Point 6	363	4725	287.00	282	285.0	288	2.00
Point 7	461	5400	439.00		439		0.00
BOW	1110	6355	1167.00	1160	1170.0	1180	-3.00
Date:							
Measured by:							
Signature:							
Builder:							



図H.1.4.1.3 計測した値“ h ”をベースラインに対するキール・ライン深さ“ H ”に変換するための表計算

H.1.5 ハル断面

ハルの形状は通常、ハルを通る一連の断面の形状、それぞれは基準点（ハル基点）からの定められた距離、を計測することによりチェックする。距離は定義されたベースラインと平行に計測される。計測値がとられるハルを通る各断面は、計測ステーションと呼ばれ、「重力」または「ハル」座標系を用いることができる（H.1.2 参照）。どんな系に従っても、計測ステーションの位置は、簡易な計測を手助けするためにはっきりとマークを付けておくことよい。このことは、ハルにマスキング・テープで貼った紙に鉛筆かペンでマークを付けるか、または「チャイナグラフ」ペンシル（チャイナ・マーカー？）を用いてハルにマークを付けることにより行うことができる。フェルト・ペンにはたまに GRP 艇のゲル・コートを染める染料を含んでいることがあるので、ハルに直接フェルト・ペンを用いることは勧められない。これらのマークは、ハルの上部またはシアラインにあるとよく、クラスによっては永続的であることを求められる。

H.1.5.1 テンプレートをを用いる断面計測

1940 年代以降、ファイアフライ級、フィン級、505 級、フライング・ダッチマン級その他のような艇を建造するために新しい接合して、成型した合板構造を利用した新しい設計の競技用セールボートが多くあり、これらの非ハードチェーン艇に関して、ハル形状コントロールの手段が必要となった。線図は、喫水線、バトック（船尾端部）、横断面を与えるために利用でき、ハルに沿っての多くのステーションでの断面テンプレートを開発するために用いられた。多くのクラスは、キール・ロッカー計測のためのベースラインを確立するのに役立つと共にバウとトランサムの部分の形状をコントロールするバウとトランサムのテンプレートも持っている。

成型合板ハルの素人の構造は、現代のハルのファイバーガラス成型が今日あるような精密な技術ではなく、その上、特に手入れをしない場合に、経時的に形状が変化する傾向にあった。したがって、許される形状についてかなりの許容範囲、例えば FD 級の場合一般的に ± 12.5 mm もなければならなかった。テンプレートは、関連のある断面の設計形状と同じ形状にそのステーションで許される許容範囲の等しい追加のオフセットを加えて設計されるので、FD 級テンプレートは、ハルの設計線より 12.5 mm 大きい形状で、位置での中心線上の縦枠で作られた。テンプレートとハルとの許される間隔は 0 と 25 mm の間であった。現在のほとんどのファイバーガラス・ハルは、互いに数 mm 以内であり、その上、その許容

範囲内のハル形状での実験では、元の設計とかなり異なるハル形状をもたらし、基本的にほとんどの現代の競技者により用いられている。したがって、テンプレートの間隔許容範囲は、しばしば調整され、これの開発に合わせて小さくなった。

テンプレートでのハル形状の計測は、テンプレート自体も同然であるだけではない。したがって、精度のよいテンプレート計測を必要とされる多くの特徴がある。現代のテンプレートは、デジタル化したハル断面から直接導き出した形状で CAD-CAM システムにより作られるので、精密な拡大縮小で取らなければならないことの注意するのは別として、その形状は設計ハル形状を精度よく再現する。しかしながら、現代のテンプレートのウォーター・ジェット切断は、硬いジュラルミンよりもやわらかいアルミニウムの使用を必要としており、その上テンプレート上にマークしたケガキ線よりもむしろ切り抜きのみになる（図 H.1.5.1.1）。やわらかい材料を考えると、2 つの大きな欠点があり、即ち、計測は、損傷を受け易い鋭い点で行われることおよびテンプレートが損傷を受けていないことを確認するために用いられるテンプレートのエッジから 10 mm のベースラインがないこと。テンプレートによっては、用いたアルミニウムの面取りした設計のものもあるが、ウォーター切断により作るのは難しく、用いた柔らかいアルミニウムを考えると、非常に壊れやすい。



図H.1.5.1.1 計測点での三角の切欠きとテンプレート・エッジから 10 mm のベースラインがないことを示している ISAF が作ったイングリグ級テンプレート。クロスビームと真ちゅう製アジャスターは、必須の追加した細部である。テンプレートの幅を精密に維持する位置決めピンに注視すること。

ほとんどのセールボートのハルは、対称であるか、少なくとも対称であることを意図しているので、多くのテンプレートは 2 つのまったく同じ半分のテンプレートから作られ、その後組み立てられる。このようなテンプレートでは、キール・ラインとの接合での頑丈な締め付けねじとともに機械加工した位置決めピンがあり、テンプレートが図 H.1.5.1.2 に示すように枠にクランプで固定されていない場合には、図 H.1.5.1.1 に示すように機械加工した位置決めピンを付けたクロスバーを用いることが、必須である。ISAF が提供するイングリグ級のテンプレートは、クロスバーがなく、小さい金属板と直径 2 mm のねじ 6 本で接合されており、不十分と考えられる。このやり方でねじ止めして合わせた場合、2 つの半分の間でのシアーで間隔は、7 mm 変わることもある。精度のよい計測では、シアーでのビーム計測を決める機械加工した位置決めピンのあるクロスバーが必須であり、ハル計測を行う前に、規則の仕様に対してチェックするとよい。



図H.1.5.1.2 整列用、ピンで留めた硬いクロスバーとシアーでの調整可能な突起のあるジュラルミンで作られた全断面 FD 級テンプレート。ただし、重ねて、テンプレート・エッジから 10 mm でのベースラインはない。署名は、このテンプレートが基準マイラー設計図に対してチェックされたことを示す。

すべてのテンプレート・セットに識別番号があるとよく、この番号はハルに関するデータとともに記録されるとよい。多くのクラスには年代の異なるテンプレート・セットがあり、計測に用いたセットを識別することが重要である。テンプレートが損傷を受けたり、変更されていないことを確実にするために、計測エッジから精密に 10 mm にベースラインがあるとよいが、しかしながら、多くの場合、あてはまらない。万一の事態に備え、メジャラーは安定なマイラーでのテンプレートの精度のよい図面を持っているとよい (図 H.1.5.1.3)。このようなマイラー設計図は、簡単に運べて、疑いがある場合に、計測前にテンプレートをチェックするために用いられるとよい。

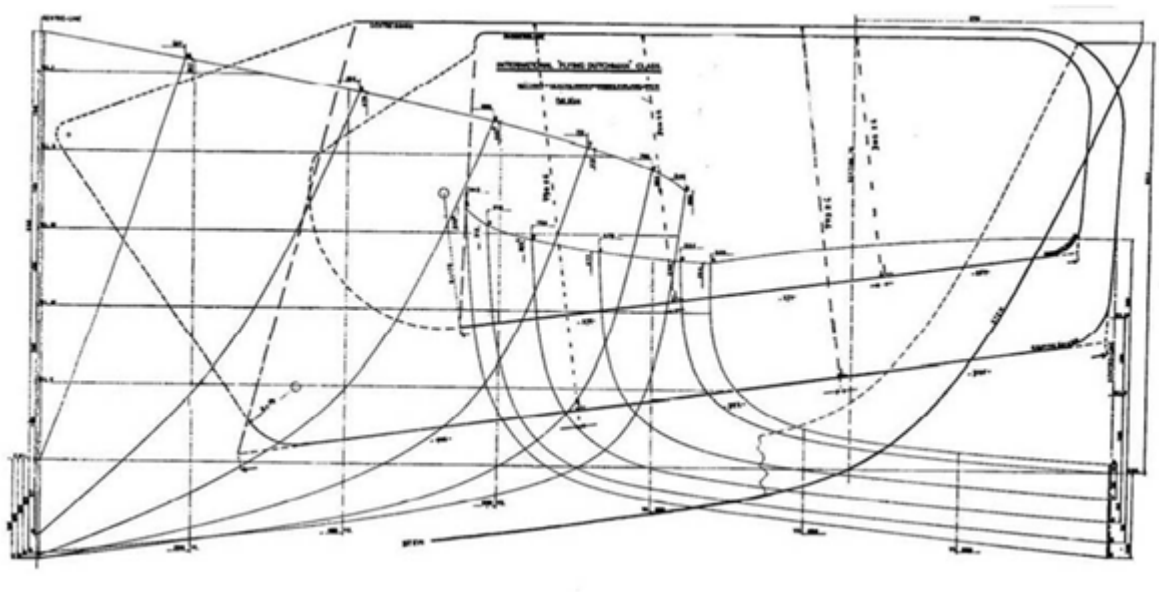


図 H.1.5.1.3 ラダーとセンターボードのテンプレートをチェックするために用いる フライング・ダッチマン級マイラー設計図

設計図が利用できない場合には、テンプレート上にマークのつけられた規定の制限距離があるかもしれない、これらをチェックするとよい。金属の厚さが足りないために変形があった場合には、木その他の裏打ちでテンプレートをかたくすることが望ましい。

上に述べたやり方に一つに計測ステーションを置いて、マークを付けたならば、別のことがクラス規則に記載されている場合を除き、テンプレートをセットするために一般的に次の手順を用いることができる。

- 艇の中心線と一致するテンプレートの中心線で、かつ、ステーションのマークと一致す

るテンプレートの面で、テンプレートの位置を決める。「ハル座標系」に置いたテンプレートは、最初にシアーラインでの間隔が等しくなるまで回すとよい。

- すべての丸いテンプレートの間隔を計測し、必要な場合、最大と最小の間隔の両方を記録する。
- それぞれの側で、シアーラインの高さを計測する。

ハルの形状はバウとスターンに向かって急激に変化し、定位置の小さな誤りが記録される隙間に対しかなりの差を作り出すことがあるので、テンプレートは、特にハルの端に向かって、精度よく位置させることが必須である。テンプレートは、図 H.1.5.4 に示すようにシアーラインにまたはその近くにくさびを組み合わせる（フォールディング・ウェッジ）かプラスチック粘土（図 H.1.5.1.5）を用いて、正しい位置に保持することができる。中心線で、マスキング・テープまたはプラスチック粘土がテンプレートを定位置に保持する。



図H.1.5.1.4 テンプレートの支持

図H.1.5.1.5 テンプレートの固定

テンプレートとハル表面の間隔は、テンプレートの表面に対して平行の保持した鋼製直尺を用いて計測するのは最もよい（図 H.1.5.1.6）。間隔は、約 125 mm 長さで、異なる厚さのテーパー・ゲージ（図 H.1.5.1.7）を用いても計測できる。ただし、テーパー・ゲージ計測は、計測ステーションの平面内でなく、ハルとテンプレート間の最短距離を計測するので、テーパー・ゲージは、特にバウとスターンの近くで（図 H.1.5.1.8）誤差を引き起こすことがある。

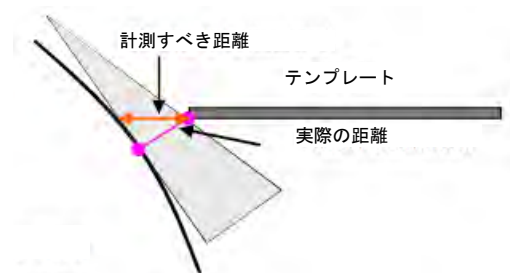


図H.1.5.1.6 直尺計測



図H.1.5.1.7 テーパー・ゲージ計測

図H.1.5.1.8 テーパー・ゲージ計測の誤差



H.1.5.2 チェインのあるハルの断面計測

チェイン・ハルの断面形状は通常、ベースラインの上のチェインとシアラインの高さとチェインとシアラインでのビームを計測することによりチェックする。計測を簡単にするために、クラスによっては、中心線でキールからのチェインの立ち上がりとしアラインの高さを計測する。

チェインの計測点は定義されるとよく、通常、定義は、チェインのそれぞれの側のハル表面の延長線の交点である。シアラインは通常、必要な場合は投影した、デッキ上部表面とハルのスキンの外側との交点により定義され、「C」テンプレートをまたは **G** 節に示したシアライン・ジグの1つを用いて見つけることができる。

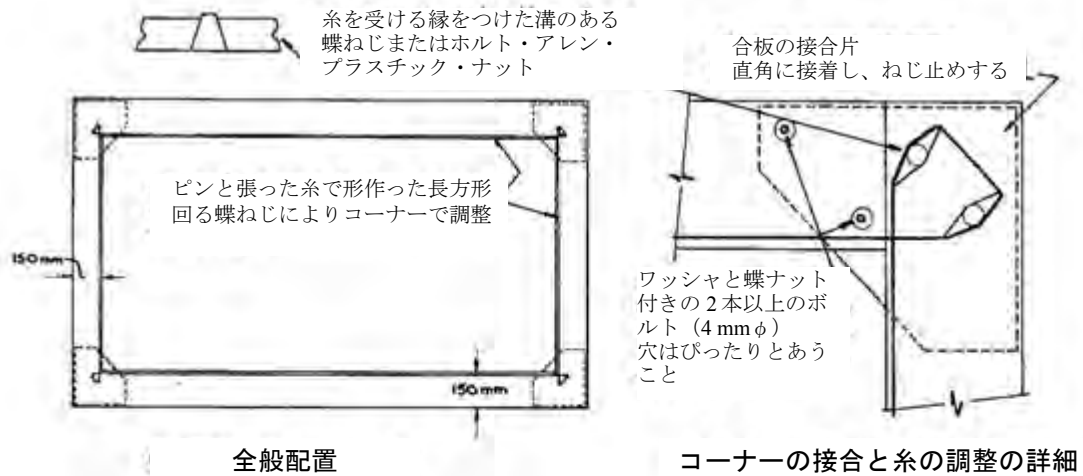
チェインとシアラインの高さを計測する前に、ハルは横方向に水平にするといよい。普通は、ハルはねじれておらず、したがって、トランサムでの2つのシアラインの高さは等しくなり、ハルは水平になる。しかしながら、ねじれがある場合には、メジャラーは、平均位置を確立しなければならない。このことは、それぞれの側の多くの断面でシアラインまでの高さを計測し、次いでできる限り密にそれぞれの断面のそれぞれの側で高さを等しくするために艇を調整することにより行うことができる。ベースラインその他までの高さのすべての計測値は、この位置からハルを動かさないで、取らなければならない。

代案として、艇を横方向に精度よく水平にする必要性を取り除いて、高さを両側で計測し、平均することができる。ただし、ハルがかなり非対称と見えた場合には、メジャラーは計測書式にそのことを書き留めておくといよい。

床格子方式 (floor grid system) はシアラインでの計測ステーションを確立するために用いられた場合には、チェイン上の計測点は、シアライン・マークで2つの垂直線を立てることにより確立することができる。スレート・エッジの両方に接触するように糸をびんと張り、キール上のマークはチェイン上の点に位置する。

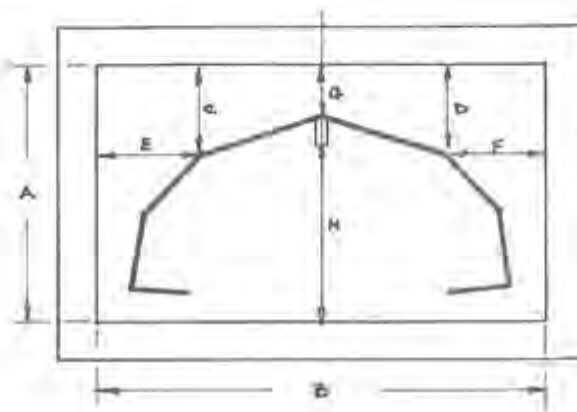
チェイン・ハルの断面形状を計測する別のやり方は、図 H.1.5.6 に示すような計測枠を用いることによる。この装置は、ジャック・チップペンデルにより開発され、チップペンデル・フレームとして知られることもある。

枠は、ベースラインのレベルまたは直接キールのいずれかで支持することができる。後者の場合、枠はより簡単に支持されるが、高さの計測値がベースラインに関係している場合には、誤差を生じることがある。いずれの場合でも、枠の中心はハルの中心線の上および水平になっている枠の上部と垂直に支持される。枠が計測断面の面にあることに注意するといよい。計測値は、ハル上の点から枠の上の最も近い点までを取る。チェインでのビームは $B - (E + F)$ である。ベースラインの上のシアの高さは $(A - J)$ である。



1. 枠に推奨される材料は、8 mm の合板である。
2. 精度のよい計測のために、枠は硬くなければならない。従って、接合の構造と開けたボルト穴に注意が必要である。
3. 長方形を決めるための糸の使用は、木製の枠が完全に真直ぐな側面であるという必要性を弱める。「糸」を用いない場合には、側面は真直ぐで、長方形を形作らなければならない。

計測枠の構造



図H.1.5.6 チップペンデール・フレーム

H.1.5.3 開発クラスの断面計測

小さい開発クラスは「床の上昇」制限、即ち、喫水線の部分での非常に狭いビームを防ぐために、ハルの中心線の上の固定した高さで許される最小ハル幅、があることが多い。床の上昇はキャリパーを用いるかまたはクラス規則で与えられた寸法で合板で作った特別のテンプレートを用いることにより計測することができる。キャリパーを用いる場合には、計測を行うときにバーは水平でなければならない。

H.1.5.4 モデル・テンプレートでのハル計測

49er のようなクラスでは、ハルの適合をチェックするために、マスター・プラグから作ったへこんだハル・テンプレートを用いる。ハル・テンプレートは裏返しにしたハルに簡単に合わせることができ、目視検査が非常に短時間で行うことができる。

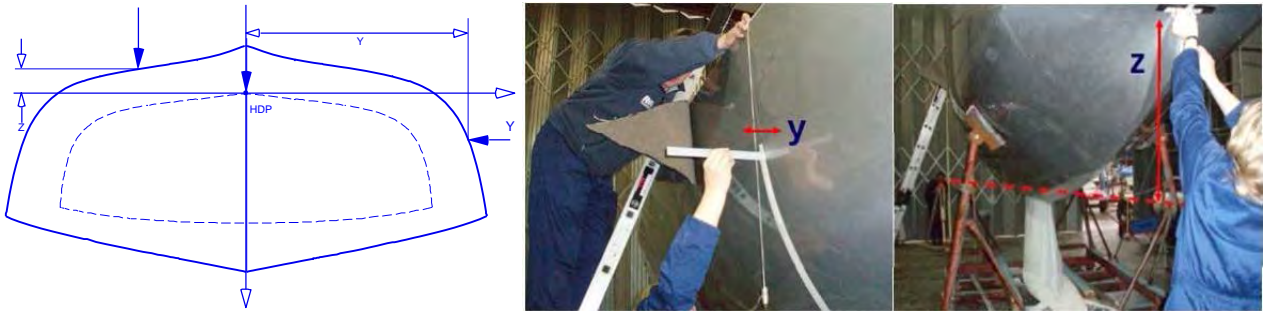
必要な唯一の工具は、見つけたならば、ハルとテンプレートの



間のすき間を計測するための 1 組のすきまゲージである。差異があれば、建造者の構造マニュアル内に規定された許容範囲に対してチェックする。

H.1.5.5 一般的ハル計測：XYZ 座標

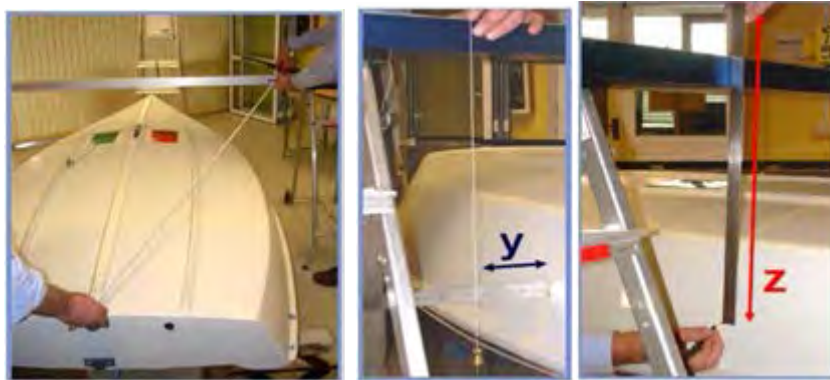
ハル表面のどの点も、HDP をゼロ点とする 3 軸座標系を用いる XYZ 座標により表すことができる。断面は同じ X 座標にあるので、メジャラーは、Y と Z の寸法を計測する必要がある。



水準儀、下げ振り、直尺、付属の巻尺のあるビームを用いて、ハルを下に示すように計測のためにセットすることができる。



水平のレベル出しは水準儀によりコントロールされるので、ビームは、巻尺を保持し、中心面を眺めるためにのみ必要である。高さは、ビームを用いなくて、レベルと直尺により計測される。ハルは、(クラス規則に決められた)レベルまで、上下に調整される。次に、断面は中心面上の HDP の前部にセットされる。キール外形は、再度直尺とレベルを用いて計測される。断面は、次いで、もう 1 つのビームと三角測量またはレーザー・スコヤを用いて、ハルを横切ってセットすることができる。次いで、断面上のどの点も、高さでビーム寸法により決めることができる。



H.1.6 ステム外形

ステムの外形をコントロールするいくつかのやり方があり、そのうちのいくつかを下に述べる。

H.1.6.1 ステム・テンプレート

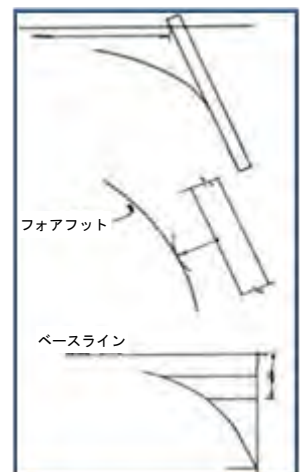
ステム・テンプレートは、許容範囲を考慮してステムの曲線の形状で作ったテンプレートである。使用方法はクラスによってまちまちであり、したがって、当該クラス規則への参照が必須である。

場合によっては（例えば、フィン級とヨーロッパ級）、調整は設計全長からの逸脱に対して行わなければならないが、テンプレートの後端は通常、計測ステーションの 1 つに位置する。420 級と 470 級では、テンプレートは計測ステーションの後端に位置することに加えて、ベースラインと相対して位置決めしなければならない。

H.1.6.2 ステムの傾き

直線ではあるが傾きのあるステムのあるクラスによっては、ベースラインとステムの直線部の延長線との交点の位置を計測することにより傾きをコントロールしている。

定位置のベースラインで、ストレート・エッジをステムに当て、ストレート・エッジがベースラインと交差するところからトランサムまでの距離を測るものとする。ストレート・エッジ上の定められた点からフォアフット（キールの前端曲線部）上の最も近い点までの距離も測る必要があることもある。代わりに、フォアフットの形状は、ベースラインからの定められた距離に位置する点からステムでの垂直線までの水平距離によりコントロールすることができる。



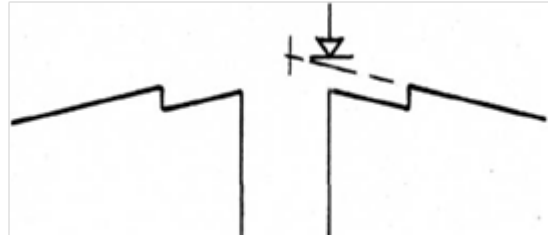
H.1.7 トランサム

トランサムの傾きは、水準器と下げ振りを用いて計測することができるが、それを行う簡単で、精度のよいやり方は、合板の長方形を用いることである。

ベースラインからキールまでの計測値は、ベースラインに対し直角に、または垂直に測る必要があることがある。

H.1.8 センターボード・スロット近くの計測値

通常、センターボード・ケースの開口部と一致する少なくとも 1 つの計測ステーションがある。このことが起こる場合、クラス規則に正反対のことを言っている場合を除き、計測値は、艇の中心線まで投影したハルのボトムまでを測る。これが、ハル・プラグがもともと作られたときに測ったであろう点である。



H.1.9 チャインの丸み

場合によっては、クラス規則でチャインの丸みの制限を課している。この丸みの精度のよい計測は簡単ではない。しかしながら、多くの場合、規則の順守は右に示す曲線と実際の丸みを比較することにより目視でチェックできる。



計測を行わなければならない場合には、許容最大丸みまたはフィンガー・ゲージ（爪型ゲージ）で作られたテンプレートを用いる必要がある。丸みの中心での角度は、隣接パネル間の角度より大きくなってはならない。



H.1.10 デッキ・キャンバー

横断面でのデッキ・キャンバーとは、その断面でのシアラインの上のデッキの最大高さをいう。デッキ・キャンバーは、ストレート・エッジをほぼ水平に横方向に当て、それぞれのシアラインの上の高さを計測することにより、計測する。デッキ・キャンバー = $(A + B)/2$



H.1.11 シアー・ガード（防舷材）またはラビング・ストレイキ

これらの幅を計測する通常の方法は、図 H.1.11.1 ケース A に図示する。その幅は、図面の幅である。即ち、シアラインから水平に計測する。しかしながら、この方法の例外がある。例えば、フィン級では、図 H.1.11.1 ケース B に図示するやり方で幅を計測し、FD 級では、ケース C にあるように行う。

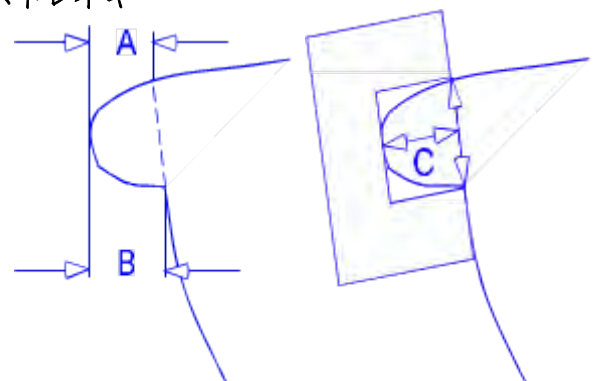


図 H.11.1 シアー・ガードまたはラビング・ストレイキの幅

深さ計測は、垂直深さか、またはハル側面に平行に計測した深さのいずれかである。クラス規則に、このことを規定するとよい。

H.1.12 内部計測

ハルに沿っての計測とバルクヘッド、マスト・ステップ、艀装品その他への計測は、後部計測点を通る横断面から図ることができる。この基準面はすべての計測には利用することができないので、メジャラーはこれらの計測を精度よく実施するときに工夫を凝らす必要があるかもしれないことに注視するとよい。このことに関して、クラス規則によっては、計測点としてトランサムの内側を言っている。

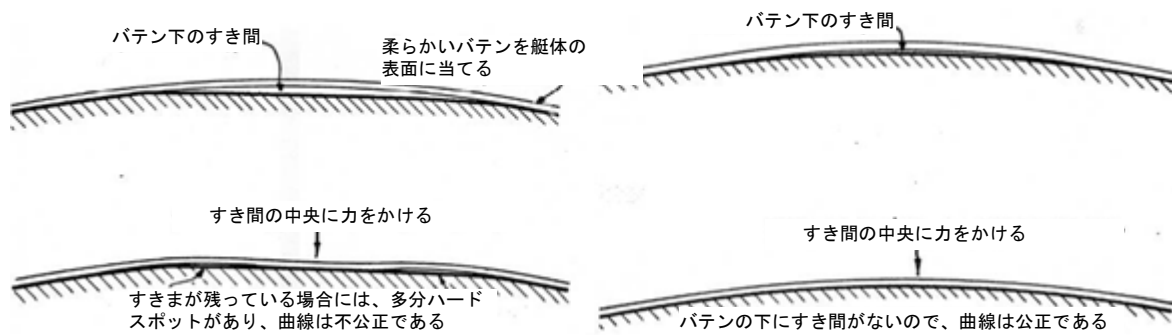
構成部分の幅、厚さ、長さその他は、ハルの軸を基準としないで、その構成部分または部品に適切なように計測する。

H.1.13 ハル表面がフェアであること

いくつかのクラスでは、メジャラーにハル表面がフェアであることをチェックすることを求めている。このことは裏返しにしたハルで、ハル表面に柔軟なバテンを当てることにより行える。バテンの両端をハル表面に押し付けて、接触の範囲を調べる。

探すのはフェアでないことであり、バテンがハルから離れる原因である「ハード・スポット」の存在、または表面の明確な凹面により示される。凹面はストレート・エッジを用いて見つけることができる。

ハルがフェアであることを調べるときに、バテンがハルと同じ曲線を取らないという事実により引き起こされるバテンとハルとの間のすき間は、「ハード・スポット」により引き起こされるすき間と間違わないことに注意を払うとよい。すき間の中心でバテンを軽く押すと、すき間は普通完全に閉じる。そうならない場合には、ハード・スポットかもしれない、したがってフェアではない。



H.2 テンプレートでのハル計測：ケース・スタディー

以下は様々なセンターボード・クラスに適用できるビームベースラインを用いるディンギーのハル計測についてのガイドである。

H.2.1 工具一式

- ベースラインとして働くビーム、ハルより少し長いもの
- 大きいスコヤ (トーपीド・レーザー水準器または大きい曲尺 (差し金) または同等品)
- セルフレベリング・レーザーまたは水管
- 直尺、巻尺、アジャスタブル・スコヤ
- 下げ振り、プラスチック粘土、鉛筆、マスキング・テープ
- シアーライン・ファインダー

- 公式のテンプレート・セット
- 自動車用ジャッキ
- 架台、ハル用支持台

H.2.2 ベースライン

ベースラインは、できるだけ軽くて硬い、アルミニウムの長方形断面の直線ビームでよい。長くてスキンの薄い形材を用いることにより達成できるが、いかなる場合でも、永久変形その他の損傷を避けるために注意深く保管するとよい。

中央でのたるみは常に、ビームの自重のために存在するが、断面の正しい選択で、最小にすることができる。例えば、60 mm × 25 mm × 2 mm のアルミニウムの形材（高さ × 幅 × スキンの厚さ）420 級のハルの場合スパンの中央で（HDP から $3\,780\text{ mm}/2 = 1\,890\text{ mm}$ ）約 0.75 mm たるむ。これは見つけた最大値であり、ハルの端に向かう他のステーションでは、もっと小さくなる。メジャーは、ハルを計測するとき、特にハルが制限近くで作られている場合に、このことを常に考慮に入れるとよい。

すべての計測ステーションに、最小限度、最大限度のような注記を付けてビーム上にはっきりとマークを付けるとよく、すぐに参照できるように鋼製巻尺を上面に固定することができる。明白に、このことは、撚糸のベースラインと比較して、この方式の主たる利点の 1 つである。

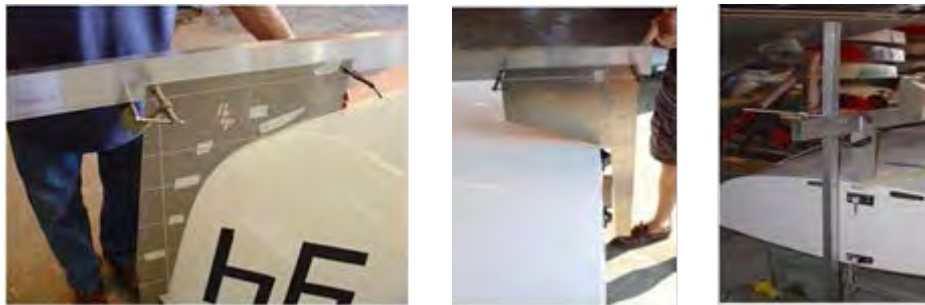


非常に重要なことは、ベースラインの「脚」を作る方法であり、クラス規則に従ってそれぞれの点でハルと実際に接触するピースであり、それを行う様々なやり方がある。

- ピースを用いる一望ましくは、ベースラインと同じアルミニウム断面のもの—正しい長さに切り込み、ベースラインビームにボルトまたはクランプで留める。ベースラインに対して直角に確実に固定されており、支持点はベースラインから厳密に正しい高さにあることに最大の注意を払わなければならない。もう一つ考えねばならないことは、脚はベースラインエッジに続くので、ベースライン上のベースライン「エッジ」の指定である。推奨するのは、ベースラインとしてビームの下側の左のエッジを指定することであり、後（トランサム）脚はベースライン・ビームの左側と同一面になることがあるが、前脚は写真に示すのと同じ形状で作るのがより好ましい。このようにして、ベースライン・システムが使用中にハル・キール上で動かないようにするのがより容易である。そうでなければ、ベースラインは前端で落ちる傾向にある。アルミニウムは、ハル・ゲル・コート上に痕跡を残すので、テフロン・ピースを脚の端に付けてよいが、その長さに脚の全長を含める場合に限る。



- ステムとトランサムテンプレート自体を用いるークラスが 420 級のようなものを用いる場合には、ベースライン・ビームにクランプで（またはボルトでも）留める。ケガキ線がベースラインに完全に一直線に確実にになっていることに最大の注意を払わなければならない。テンプレートを「脚」として用いる場合、ベースラインの安全な位置決めを容易にするために前脚にお膳立てをするのは不可能である。したがって、計測中にベースラインを定位置に保つために注意を払わなければならない、安全対策のためにベースラインをクランプで絞めることができるビームの形式でともに外部支持を用いてよい。ステム・テンプレートは実際に計測したハルの長さで「標準」クラス長さとの差に依存するので、このお膳立てはフィン級のような場合に用いることはできない。



- ベースライン・ビームのために外部支持を用いることも可能ではあり、ハルからの正しい高さに固定するが、セットするのにより時間がかかり、他のシステムのように計測中に定位置に保つのが容易ではないので、このことは推奨されない。

取り外し可能な脚を用いて、真の「万能の」システムを作り、クラス特有のもののために脚を置き換えることにより様々なクラスに用いることができる。ベースライン・ビームを分解して持つことは、このシステムをその上により短いまたはより長いハルに用いられるようになる。フィン級と 470 級用に開発されたモジュール「ストロングバック」システムは、この例であり、事実、このシステムは、両クラスのかさばったジグに置き換えて、2008 年オリンピック競技会で用いられた。





H.2.3 ハルのセットアップ

ハルのセットアップは、適正に真直ぐである。何よりも先ず、ハルは、裏返しにして、ねじれを引き起こさないで、たるみがコントロールされるようなやり方で支持されなければならない。ハルのたるみによる誤差を最小にするために、同じクラスのすべてのハルが同じやり方でセットアップされることを推奨する。

後部の支持では、多くの艇はトランサムの上部がカーブしているので、トランサム・エッジは必ずしもよい選択とは限らず、したがって、ハルは中心面上にあるもっと高い点で座らせるので、不安定になる。したがって、ハルは、トランサムの前いくらかの距離を置いた点で支持しなければならない。420 級と 470 級では、トランサムの前たった数センチメートルで支持することができるが、フィン級は後部タンクの直前で支持する必要がある。狙いは、適切な横方向の水平を容易に出すやり方でサイド・タンクでハルを支持することである。片側にスパーサーとして小さいくさびまたは平らな厚紙の小片を用いて、簡単な水管または気泡水準器の助けで艇を横方向で水平にすることができる。水平にするための基準点は、トランサムのコーナーのシアーライン・ポイントとしなければならない。代わりに、自動車用ジャッキと取り付けられた水準器のよりより最新式のシステムを用いることにより達成することができる。支持システムが定位置に固定されたままで、計測に多くの艇が含まれている場合には、事前に支持を水平にするのに苦労させられるので、ハルが毎回確実に水平に置かれるようにする。



バウでは、いくつかのフォーム・パッドを取り付けた自動車用ジャッキをステム近くの位置に置くが、ステム・テンプレートの位置決めを妨害してはならない。次いで、それは、必要に応じて、バウを上げたり、下げたりするために用いる。



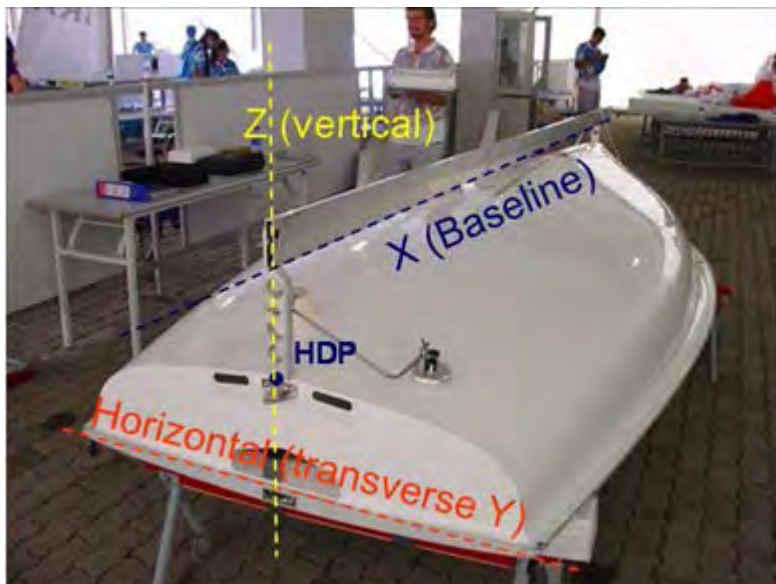
ハルの HDP は次の通り決めなければならない。HDP は必要な場合は両方とも延長した、ハル表面の下側とのハル中心面での交点である。ハル計測の目的と、トランサム対称面を見つける別のやり方が十分でないため、HDP はポートとスターボードのトランサムのコーナーでの 2 つのシアーラインの点から等しい距離での上記の交差する点としなければならない。巻尺を用いて見つけることもでき、保護のためにマスキング・テープの小片を付けたハルに鉛筆かペンではっきりとマークを付けなければならない。



次に、ベースラインをハルにセットして、マスキング・テープで固定する準備ができています。脚を用いる場合には、クラス規則で決められた適切な点が脚の後のエッジである場合、縦の「ゼロ点」が、足の前脚とは違って、実際には、脚の前のエッジの数ミリメートル内側であるようなやり方で後脚を作らなければならないこと注意すること。ベースラインをハル上へ「座らせる」のを助けるために小さい「くぼみ」を必要とするので、このことを行う。トランサム・テンプレートは、1 つある場合には、このくぼみの正しい形状をトレースするために用いることができる。420 級の場合、脚としてテンプレートを用いる場合には、くぼみはすでに作り付けられている。



ベースラインが適切なステーションで（420 級では HDP から 3 780 mm でステーション 9½、470 級では 4 000 mm でステーション 8）キールの最高点の上になるように、前脚を位置決めしなければならない。ベースラインビーム・システムは、下げ振りまたは水準器を用いて、垂直（横方向に）に作らなければならない。このようにして、上に述べたようにセットされたベースラインを通る垂直面が、計測目的でのハル中心面と一致する。



水管または水準器（従来型またはレーザー）を用いて、次いで、ハルは、前を支持するジャッキのスクリューを数回転させて前後を水平にすることができる。全体の手順は、完了するまでにほんの少しの時間しかかからない。ハルの前後を水平にすることは本当は必要ではないが、メジャラーが下げ振りのような工具を用いることができるようにしたり、後の段階でテンプレートの位置決めを確実に助けになるので、いくつかの計測での助けになる。



ハルにベースラインを固定することは非常に重要であるので、動かさないで、計測中にすぐに参照できるように、鉛筆で前後の接点にマークを付けることもしてはならない。いくつかの点で、もはや整列していないことがわかった場合には、セットアップ工程を繰り返すとよい。テープはベースラインを固定する 1 つの方法ではあるが、吸盤と取付ねじのついた巧妙なシステムも可能である。



H.2.4 キール外形の計測

水平にしたハルの上にセットし、固定したベースラインで、次の段階は様々なステーションでキールの外形をチェックすること、テンプレートの位置決めのために、ハルのステーションの点でマークを付けることである。最初はアジャスタブル・スコヤと鋼製直尺で行うことはできるが、次いで曲尺またはレーザー・スコヤがハル側面でのそれぞれのステーションを延長するために必要となる（または、下の写真のいくつかに示した「ストロングバック」システムでの特製の回転軸のあるスコヤ）。

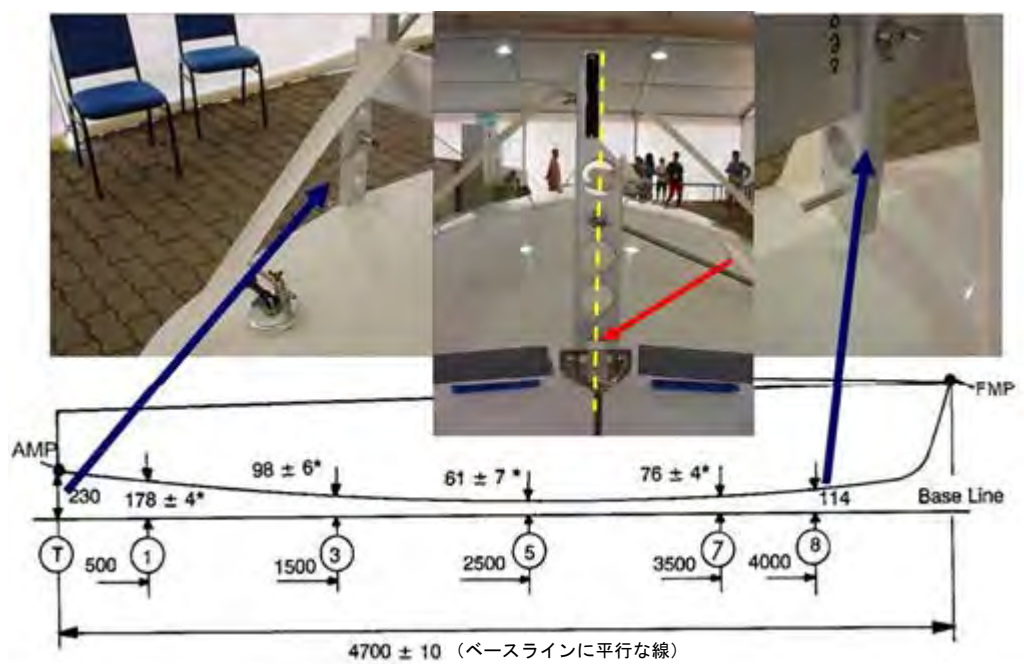
それぞれのステーションでのガンネル位置は、下げ振りを用いてマークを付け、次に、シアラインの点は、それぞれのクラス用の適切な工具を用いてマークを付けることができる。フィン級とヨーロッパ級は、シアライン・ファインダー・ツールが必要である。420 級、470 級、505 級は、ガンネル・エッジから内側へ向けての定められた距離でこれらの点を決める。

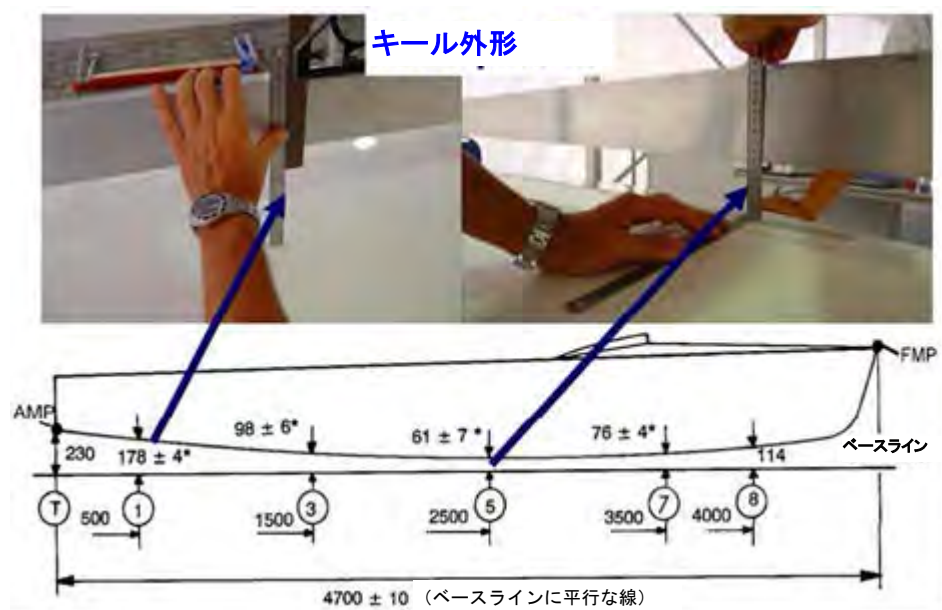
中心線ステーションの点は、ハルが構造上完全に対称でない場合でも、厳密にベースラインの下で見つけたものにしなければならない。キールでの最高点が横にずれているように見える場合には、ベースラインの下その点は、そのステーションの「中心」としてやはりマークを付けるが、キールの高さは、ベースラインから最高点までを計測することにより見つけたものでなければならない。

仕事のこの部の最終段階は、ステムとトランサム・トップでのシアライン高さとともに垂直線からのトランサム・トップの逸脱（HDP からの水平距離）を計測することである。これらの計測値は、デッキ・ベースラインをセットするために後で必要になる。

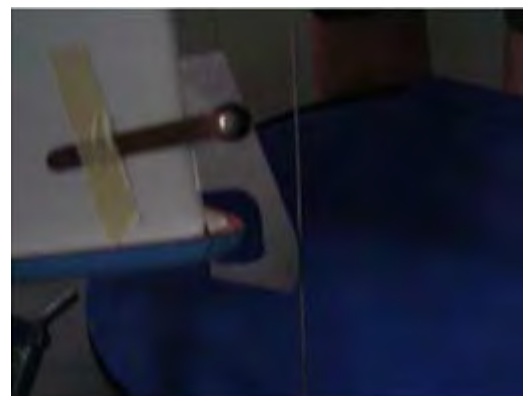
センターボード・ケース・エリアにあるこれらのステーションは、すき間を埋めるために特別の工具を必要とする。お互いにボルト締めをしたアルミニウム・ストリップ（細長い片）から作ることができる。マスキング・テープでカバーした鉛筆またはペンのマークをすべての計測点におこななければならない。

警告：フィン級でのキール外形の計測は、キール・バンド（存在すれば）を除外して行うが、キール・バンドは、ベースラインの位置決めに関しては最新のクラス規則で含まれている。





この段階で、センターボード・ケース、センターボード・ピボット、チェーン・プレート
の位置がチェックされ、420 級の場合、ステム/トランサム・テンプレートがベースラインの脚
として用いられた場合には、ステムとトランサムの外形がチェックされる。このクラスでは、
トランサム表面の丸みは、同様にこの時点でチェックされる。最後に、トランサム・コーナ
ーとステムとの間のハルの長さをベースラインと
下げ振りまたは水準器を用いて計測することが
できる。前部計測点がデッキ上のステムの延長線
にある場合には、シアライン・ファインダーと類
似の工具を用いることができる。別の方法は、下
げ振りをベースライン上でハルの長さを示すた
めの最前点に触れさせる。実際の長さ
と「設計」長さの差が、フィン級とヨー
ロッパ級用のステム・テンプレートの正
しい前後位置を特定している。



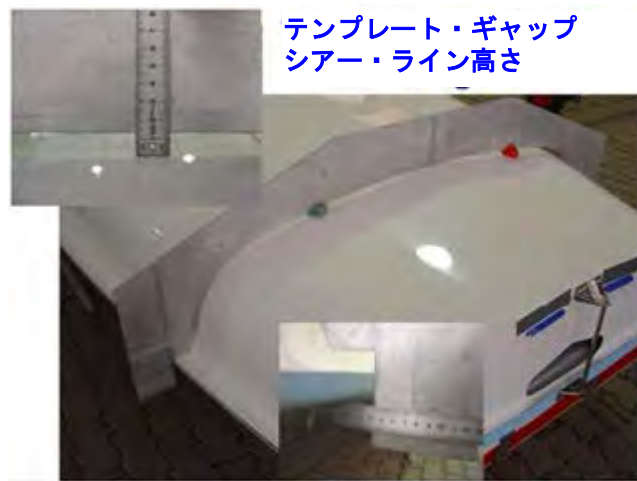
クラス規則での制限がない場合でも、ベースラインからのステム・ヘッドの高さは、計測し、
記録してよい。メジャラーがデッキ計測のためにハルをセットし。水平にする助けとなる。

H.2.5 テンプレート計測

キール外形計測とステーションのマーク付けが終わったときに、ベースラインは、テンプレートに道をあけるために、（ハルが水平になっているのを乱さないで）移動しなければならない。それぞれのステーションのためにハルにマークを付けた 3 点で（中心と各サイドに 1 つ）、それぞれのテンプレートは簡単に位置を決め、各サイドの上にプラスチック粘土の小片でハルに固定することができる。テンプレートの中心は、ハル中心面上のマークと一致しなければならない。テンプレートの片面は、ステーション・マークと一致しなければならない。ポートとスターボードの両サイドのシアライン・マークが同じ水平レベルになるように、テンプレートを最初に水平にしなければならない。ハルが正しく水平になっている場合には、テンプレートの自重が、他の外部の補助なしに、垂直に立てる助けとなるが、安全対策のために、支持システムをその上に用いてよい。テンプレートの位置決めのためのステーションは、艇の形状はバウに向かって急激に変化し、位置決めでの小さい誤差が記録される間隔に対しかなりの差となるので、特に、艇のバウの方向で、精度よく位置させる。フィン級とヨーロッパ級のステムのテンプレートには、それぞれの端近くに 1 つ、2 つのとがった先端があり、両方の先端がハルに接触するように、テンプレートの位置を決める。420 級と 470 級のステムのテンプレートには、キールの端にとがった先端は 1 つのみあり、ベースライン（水平）レベルのための基準としてテンプレート自体にあるケガキ線を用いて、ベースラインに並べる。ハルを前後水平にする 1 つの特別の理由があるので、ステムのテンプレートは、単純な水準器を用いてセットしてよい。

ヨーロッパ級のハルは、テンプレートが常に水平に横に平らにし、常にそのままにするので、基本的に別のやり方で計測される。その上、テンプレートは、元の設計値からの実際のキール外形の違いによる高さで中心面に位置させる。ヨーロッパ級のハルは、常に「設計」形状と相対的に同じ位置で、空間に「浮いている」テンプレートで、元の設計形状に対して厳密にチェックしていると誰もが想像する。420 級、470 級のような場合、テンプレートは、中心面でハルから固定した距離に常に位置しているので（420 級では 8 mm、470 級では 10 mm）、テンプレートは出来上がった形状に「従う」。フィン級では、ハル形状計測からキール・バンドを除外するので、テンプレートはキール・バンドを内側に収めさせるために中心で実際に切込みがある。したがって、テンプレートはキール近くの両サイドでハルに接触している。

テンプレートからの最大と最小のハルとの間隔は、両サイドで計測し、記録しておくことよい。シアライン高さも、ポートとスターボードの両サイドで記録しておく。ハルが完全に対称ではなく、テンプレートとの間隔がいくつかの点で制限の外側にある場合には、問題が解決するならば、中心線でテンプレートを回転させてよい（ヨーロッパ級ではだめ）が、シアライン・ポイントは常にそれぞれの制限内になければならず、セットアップされた計測が必要な場合に後で繰り返しができるように両シアラインの正確な点は記録される。テンプレートの面に平行に保持した金属製直尺がテンプレートの間隔の計測に用いられなければならない。テーパー・ゲージの使用は、正しくない計測値をもたらすことがあるので、推奨しない。



H.2.6 デッキの計測

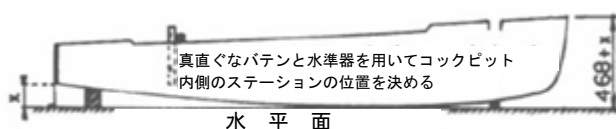
デッキの計測では、ハルは直立状態に戻さなければならない。同じビーム・ベースラインを用いてよいが、脚の高さが異なるので、次のシステムに従って用いる。ステムとトランサム・トップとの間のシアーライン高さの差を計測することにより、その量で異なる長さの2本の脚を作ることができる。(あれば)ブリクォーターをクリアするために、十分な長さをベースライン用の両脚に加えなければならない。艇間のシアーライン高さの違いを相殺するために脚の片方は長さを調整できるようにすることを推奨する。代わりに、後脚を定められた高さで固定して、ステムでの適切な高さで垂直バーを用いてベースラインの位置を決めてよい。

メジャラーが計測点を垂直に移動するために下げ振りを用いる場合を除き、吊るすテンプレートはないので、デッキ計測のために艇を前後で水平にする必要はない。スコヤ、特にレーザー・スコヤは用いるのがより容易であるので、代わりにスコヤを用いることを推奨する。水平にすることが必要な場合には、ハルは、トランサム・コーナーでシアーライン・ポイントを用いて、横方向に水平にしなければならない。

HDP からのトランサム・トップの水平距離を考慮して、HDP は、重大な誤差なしに、トランサム・トップに「移動」することができる。



フィン級は、コックピットの計測のためにハルをセットアップするために簡易な方法を用いており、トランサムと 468 mm のステムの間の固定した垂直の差を測る（他のケースでの上に述べた推奨方法は、それぞれの特定のハルについてこの「468 mm」に相当する長さを厳密に計測することである）。



H.2.7 FD 級のハル計測システム

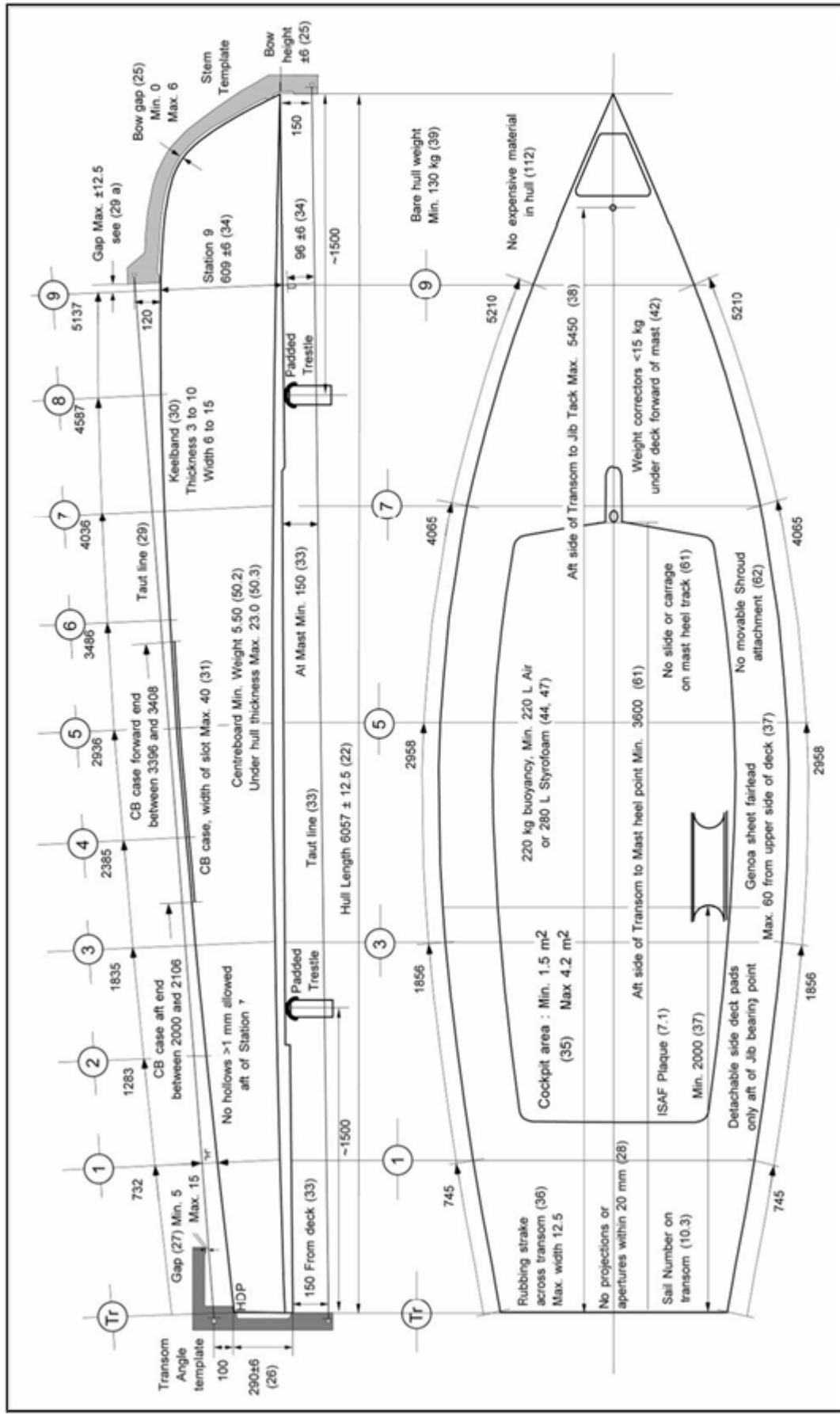
フライング・ダッチマン級は、「ハル座標系」を用いており、次の手順を適用する（FD 級クラス規則からとった）。

「ハル全長を計測後（デッキ・ラインに沿って行う）、ハルは、裏返しにして、架台上に支持する。キールとガンネルでのステーションの位置は、キールに沿って、ガンネルではスキン（外板）に沿ってトランサムの外側から次の計測値を測ることで決める。

ステーション	1	2	3	4	5	6	7	8	9
キール・マーク	732	1283	1835	2385	2936	3486	4036	4587	5137
ガンネル・マーク	745		1856		2958		4065		8210

表の数字を用いることにより、テンプレート面を決めるために必要な 3 点、設計図面の断面平面と精密に合致しないことがあると指摘されている、を決めて、ハルにマークを付け、それによりテンプレートの位置決めができる。テンプレートの計測エッジ、通常、バウ断面の前側とスターン断面の後側は、基準マークと合っているとよい。テンプレートの中心線は、ハルの中心線と合っていないなければならないが、やはり測定するこの点周りでテンプレートを回転させる。一般的に、ポートとスターボードのシアーラインでテンプレートのすき間を等しくすることにより固定され、突起はこの位置合わせを維持するために与えられている。





シアラインと中心線上のテンプレート基準点の位置を示すFD級計測プラン。
 奇数のステーションとトランサムのみがチェックされる。

FD級計測図から、ハルのたるみを最小にするために提案されているように、ハルがハル長さの2分の1と4分の3で支持されていることがわかる。フィン級や470級で同じようなことをすると、ハルを水平にすることでの難しさに終わるだろう。「重力座標系」でハルを水平にしようとする場合、調整ねじがトランサム・コーナーとステム・ヘッドのすぐ近くの位置にあれば、ずっと効率がよくなる。

前の項で述べたビーム・ベースラインシステムと比較すると、ここでは必要な器具はテンプレート自体のみになることで明らかである。しかしながら、支払う代償は、もともとの設計形状への直接比較できないことである。スター級は、FD級にあるようなすべてに適合する一般的セットの代わりに、既存のそれぞれのモールドに対し正しいステーション・ポイントを計算することにより、これよりさらに一歩進んでいた。

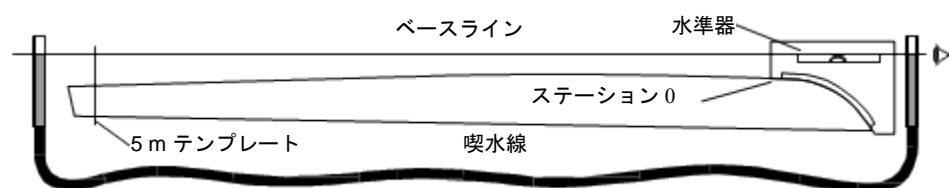
H.2.8 トーネード級ハル計測システム

トーネード級は、ハルをセットアップするのに独特のシステムを用いており、次の手順を適用している。

トーネード級ハルの計測は、ハルに沿っての多くのステーションでテンプレートの適用を必要としている。ステーション0とステーション5メートルは、最初水平のベースラインとの関連とお互いと相対して確立する必要がある。次に、1、2、3.3、4.2メートルでのステーションの正しい位置を決めることができる。

テンプレートを適用する場合、ベースラインが水平になるように、ハルの位置を決めなければならない。ステーションは、ベースラインに沿っての計測と、下げ振りまたは水準器のいずれかによりキールへ位置を移すことにより位置を決める。

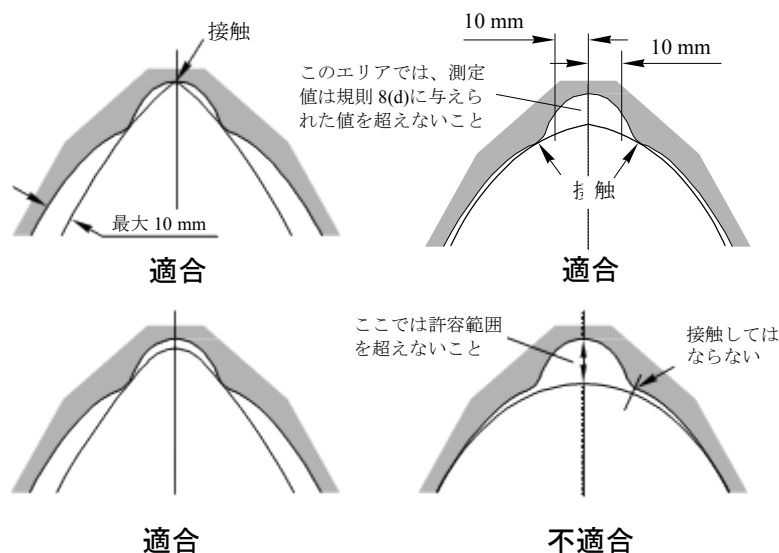
バウ・テンプレートの正しい位置を決めるために、バウ・テンプレートに刻み込んだベースラインは、5メートル・ステーション・テンプレートベースラインホールと合わせなければならない。このことは、ベースラインが正しい位置となるまで、キール中心線とバウ中心線に沿って両テンプレートを動かす必要がある。ゼロ・ステーションが正しい位置になったときに、バウでのシアーラインをチェックする。ステム・ヘッド基準は、必ずしもバウの最も前の部分でないかもしれない。水管、気泡水準器またはレーザー水準器が、ベースライン基準を水平にするために用いることができる。



大会で計測をチェックするために、ステーションは、「0」ステーションからキールに沿って巻尺を用いることにより位置を決めることができ、ハルを水平にするためにかかる余分の時間なしにステーションの位置を決める。誤差はわずかである。許容範囲の問題が生じる場合には、テンプレートはより精度よく位置させ、ベースライン基準を水平にしなければならない。

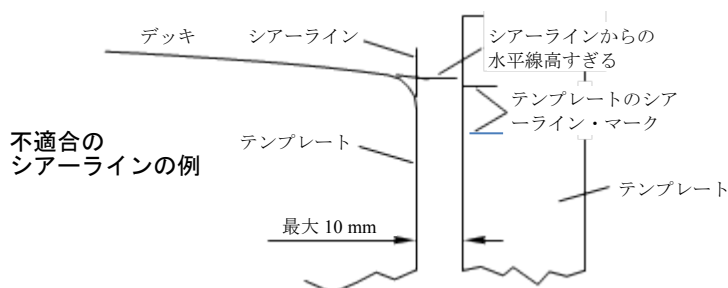
テンプレートのそれぞれは、バウ・テンプレートの前縁の前、ステーション0、1、2、3.3、4.2、5メートルに位置を決める。テンプレートのそれぞれは、テンプレートに刻み込んだ中心線またはテンプレートの高くした断面の範囲内のいずれか、および刻み込んだ中心線の両側でハルと接触しなければならない。

次の図は、ハル・テンプレートを適用する場合の限界と計測点を表している。

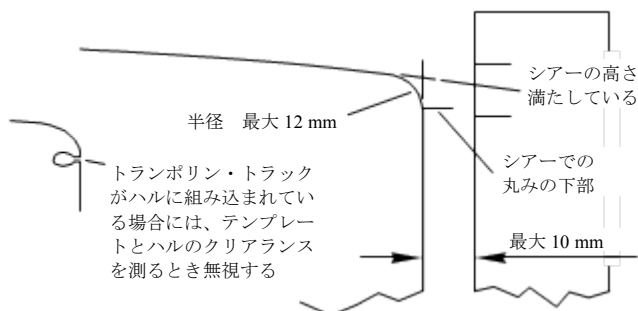


ベースラインは、テンプレート内の穴を通り、1, 2, 3.3, 4.2メートルで、テンプレートを通過しなければならない。メジャーが同時にステーション5メートルのテンプレートからバウ・テンプレートまでを見ることができるときには、ベースラインは許容範囲内にある。

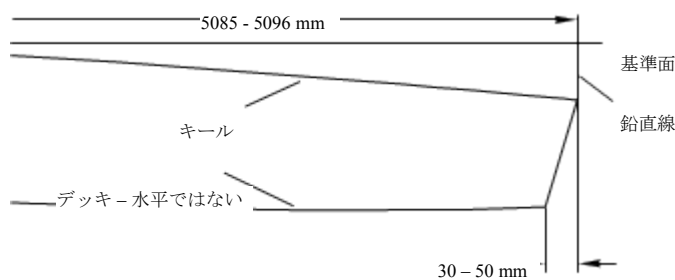
すべてのステーションでシアラインは、テンプレートの許容範囲マークの上または下にあってはならない。デッキとトップサイド（乾舷）の両方に対し垂直に計測したシアでの半径は、12 mm を超えてはならない。シアラインは、デッキとトップサイド外面の線を投影する実施基準を用いて位置を決める。デッキ・テンプレートは、デッキ・ラインを投影するために用いるに十分な長さであり、ストレート・エッジはトップサイド外面に用いてよい。次の図はこのことを示している。



多くの艇はシアに丸みがある。12 mm が次の図の通り、許される最大半径である。5 mm のデッキ許容範囲と 10 mm のハル許容範囲はシア半径のボトムの上には適用しない。



シアライン・レベルでのトランサムの後面は、ハルの最後点の前 50 mm を超えてはならず、30 mm 未満であってはならない。トランサムの傾きは、ハルがベースライン基準レベルでセットアップするとき、下げ振りまたは垂直気泡水準器から測定しなければならない。



H.2.9 「チェーン」ハルのハル計測：ライトニング級でのケース・スタディー

ライトニング級のハルの計測を下記に説明する。糸ベースライン・システムを用い、HDPはトランサム・コーナーではない。

H.2.9.1 ハルのセットアップ

ハルは、平らな床の上の油圧ジャッキのある3点支持の上に裏返しにして置き、第3の支持はバウの前近くである。バウを水平にするために十分な人力が利用できる場合には、固定支持を用いてもよい。

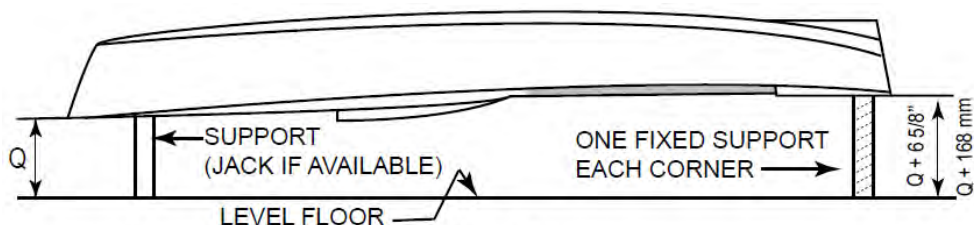


FIGURE 1

メジャラーは、チェーンのそれぞれのコーナーまたはトランサムでのシアアが床から同じ高さであることを見なければならぬ。ハルは、次にステムでのデッキがトランサムでのデッキの中心線より 168 mm 低くなるように調整する。図 2 のように、センターボード・ピンへ前縁を当てた曲尺が点 A の位置を決めるために用いられる。

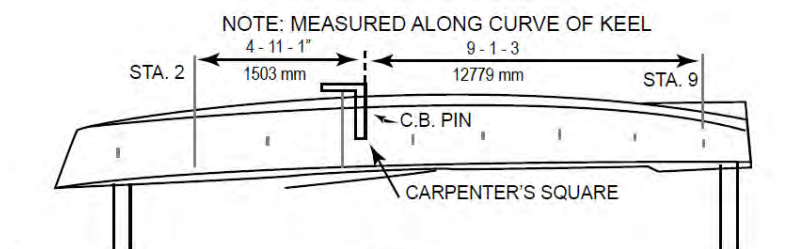


FIGURE 2

点 A の位置を決めた後、キールの曲線に沿って 1503 mm を計測し、ステーション 2 のおおよその位置にマークを付ける。次いで、キールの曲線に沿って後方に 2779 mm を計測し、ステーション 9 のおおよその位置にマークを付ける。ベースラインを立てる前に、キールがボトムのプラウドに立ち上がっている量は、図 3 のように考慮にいれなければならない。

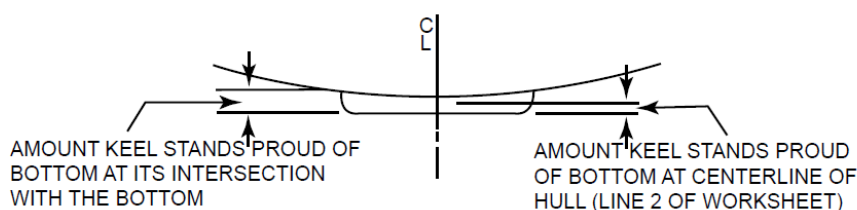


FIGURE 3

この量は、キール幅とチェーンの高さと横幅との関係と中心線高さによりステーションごとに変化することがある。重要な点は、ベースラインから外側のボトムがキールでなしに中心線と交差する点までを計測することである。

ベースラインの確立のためにベースラインからキール・プランクまで正確な距離は、ステーション 2 と 9 についてのワークシート上で 3 行目から 2 行目を引くことにより得られる。これはワークシートの 1 行目に記録される値である。

ベースラインを確立するとき最速で精度よくするために、ベースラインがハル自体から支持されることを勧める。しかしながら、艇のそれぞれの端に床にしっかりと取り付けられた別々の柱から支持してもよい。

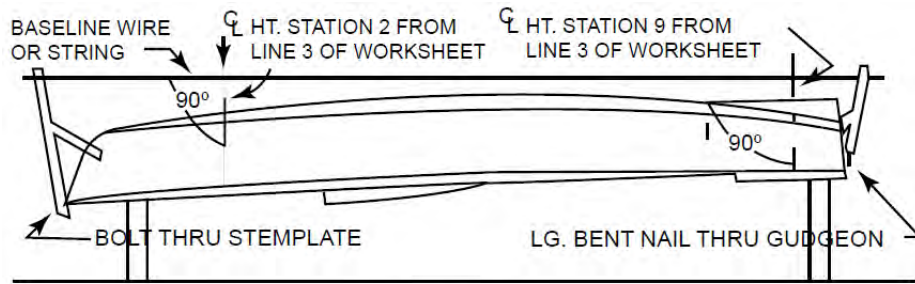


FIGURE 4

高さを計測するために、向きを逆にしてキール・プランクからベースラインまでを直接常に計測できるように、スケールまたは鋼製直尺を選ぶ。

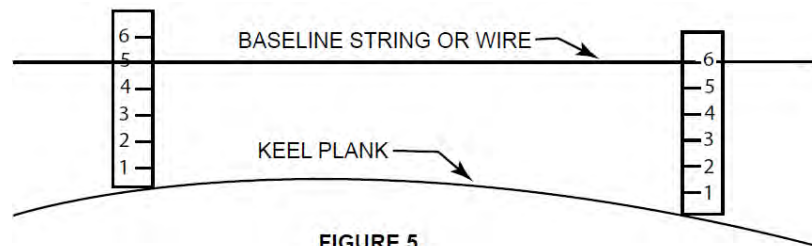


FIGURE 5

精度のために、ベースラインを越えてスケールを保持し、ワイヤが測る計測のすぐ前を通るようにベースラインの高さに目を置く。できれば、可能な限りぴんと張ったキंकのない 1.5 mm のピアノ線を用いる。たるみを最小にするために、細心の注意を払わなければならない。

ベースラインからのステーション 2 と 9 でのキールのトップまでの垂直距離がこれらのステーションのワークシートの行に載せた値と一致するようにベースラインを操作する。

H.2.9.2 ハルの水平化と計測

曲尺でキール上の点 A の位置を再チェックし、必要ならば、ステーション 2 と 9 の位置を決めなおし、水平になっていることについてベースラインを再チェックする。ベースラインが水平になっていることが必須である。

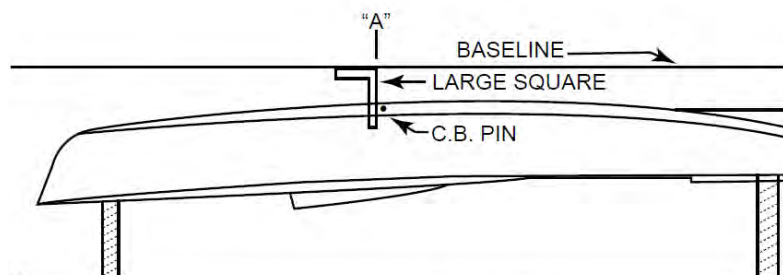


FIGURE 6

ステーション

点 A からステーションまでの位置とマークを付ける

- 1 前へ 2118 mm
- 3 前へ 888 mm
- 4 前へ 276 mm
- 5 後へ 330 mm
- 6 後へ 940 mm
- 7 後へ 1553 mm
- 8 後へ 2159 mm

すべてのステーション（2 と 9 を除く）でベースラインからキール・プランクまでの垂直距離を計測し、ワークシートの 1 行目に記録する。

長さ

下げ振りを用いて、図 7 のようにベースライン上の次の水平位置にマークを付ける。

デッキでのステム

W と X の交点

トランサムとフェアボディー（ボトム）の交点

トランサムとデッキの交点

ベースライン上の位置のマークを付けるのにペーパー・クリップが役立つ。W と X の交点を見つけるために、糸の上の下げ振りを垂直スケールに対し、その点が正確に指の下 457 mm 下になるまで、保持する。下げ振りを水平に糸に沿って、下げ振りの点がちょうどステムと接触するまで、動かす。

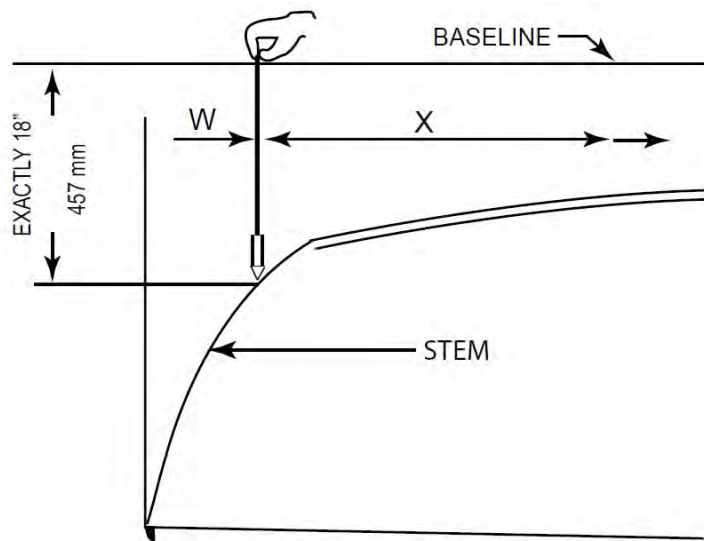
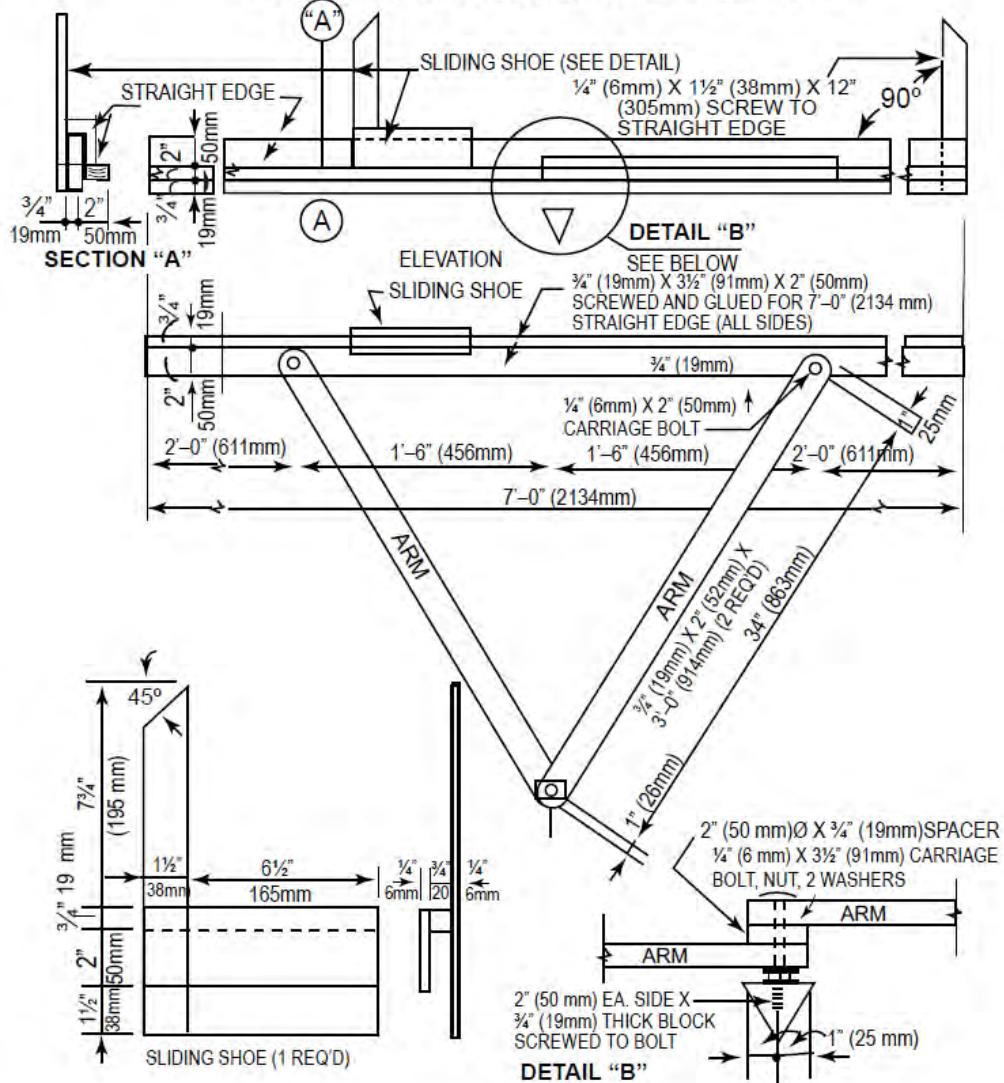


FIGURE 7

チェーンとシアーの高さ

「ステーション・ファインダー」と「ブレッズ・テーカー」を組み合わせたものの使用は、チェーンとシアーのたかさとブレッズの計測を簡単にする。

FIGURE 8 — STATION FINDER AND BREADTH TAKER



INTERNATIONAL LIGHTNING CLASS ASSOCIATION
INSTRUCTIONS TO MEASURERS
FIGURES 1-11 DRAWN BY RALPH E PERSSON
4/22/84

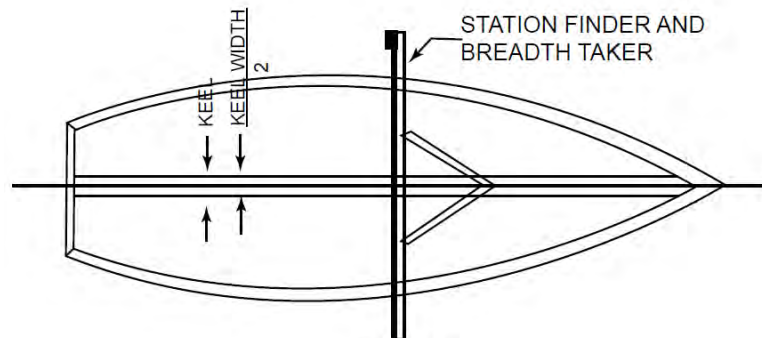


FIGURE 9

それぞれのステーションでキールの中心線上に漸次ステーション・ファインダーの中心線で「ステーション・ファインダー」を置いていく。ステーション 1 では、目で直尺を用いる。ステーション 2 から 7 までは、ステーション・ファインダーのアームは下の方になければならない。ステーション 9 では、ステーション・ファインダーは、アームを前にしてスケグのトップにあるとよい。キールの中心線上でステーション・ファインダーのピンを置く。

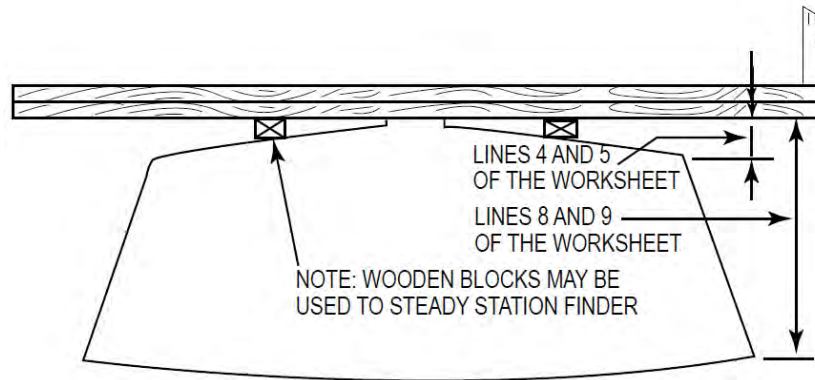


FIGURE 10

図 10 のように位置したステーション・ファインダーで、艇の両サイドのチェーンとシアーにマークを付けるために下げ振りを用いる。

ステーションでの位置のステーション・ファインダーで、艇のそれぞれのサイドで、ステーション・ファインダーからチェーンまでの垂直距離を計測し、ワークシートの 4 行目と 5 行目に記録する。シアーについて繰り返し、8 行目と 9 行目に値を入れる。ステーション 9 で、この点でのスケグの高さの上のステーション・ファインダーの高さを差し引く。

チェーンからチェーンまでのトランサム下部を横切り引いた線を用いて、この線からベースラインまでの垂直距離を直接計測し、ワークシートの 7 行目の T の下に記録する。

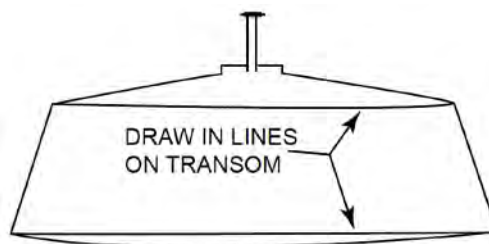


FIGURE 11

シアーからシアーまでのトランサム上の線を用いてプロセスを繰り返し、ワークシートの 11 行目に記録する。D1 中にマークを付けた点でベースライン位直接垂直に 0 でのシアー高さを計測する。

チェーンとシアーの 2 分の 1 ブレズ

ブレズ・テカーとなるようにステーション・ファインダーにスライディング・シューを置く。漸次それぞれのステーションについて両方のチェーンで同時にポインターを置く。ストレート・エッジに対しスライディング・シューを強く両側から押し、次にポインター間の距離を計測し、ワークシートの 12 行目に記録する。

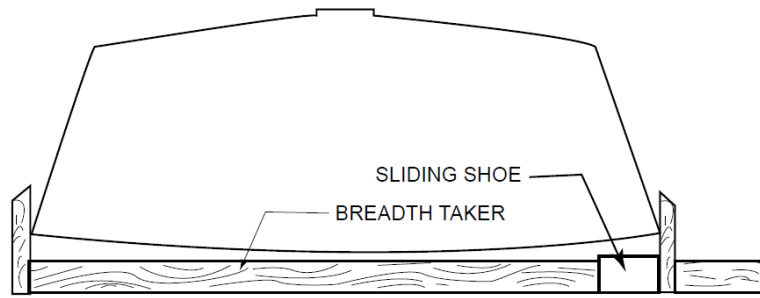


FIGURE 12

すべてのステーションで繰り返し、次いでブレッズとトランサムを直接横切る T を計測する。

ワークシートの 14 行目に記録しているシアーで繰り返す。ラブ・レールが定位置にある場合には、両方を確実に差し引く。注：チェーンが丸みを帯びている場合には、計測時に特別の予防措置を取らなければならない。ボトムとトップサイドの正確な交点を見つけるためには、下のコーナー・ファインダーを用いる。

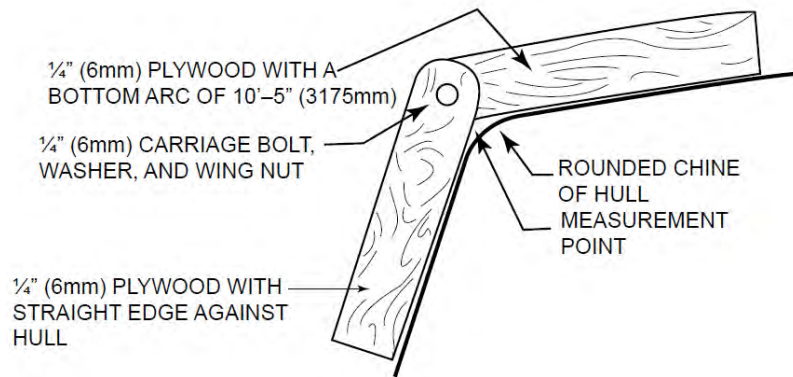


FIGURE 13

ワークシートを解釈すること

- 中心線高さ—1 行目と 2 行目を足して、3 行目に記録する。3 行目が中心線高さであり、証明書に転記することができる。
- チェイン高さ—キール上のポートとスターボードのチェイン高さの平均を得るために、4 行目に 5 行目を足して、合計を 2 で割り、6 行目に入れる。6 行目に 1 行目を足して、合計を 7 行目に入れる。7 行目がチェイン高さであり、証明書に転記することができる。
- シアー高さ—キール上のポートとスターボードのシアー高さの平均を得るために、8 行目と 9 行目を足して、2 で割り、10 行目に入れる。10 行目と 1 行目を足して、合計を 11 行目に入れる。11 行目がシアー高さであり、証明書に転記することができる。
- チェインの 2 分の 1 ブレッズ—12 行目を 2 で割り、その結果を 13 行目に入れる。13 行目がチェインの 2 分の 1 ブレッズであり、証明書に転記することができる。
- シアーの 2 分の 1 ブレッズ—14 行目を 2 で割り、その結果を 15 行目に入れる。15 行目がシアーの 2 分の 1 ブレッズであり、証明書に転記することができる。

すべての値が承認されるまで、ワークシートを保持すること。

その他の計測

要求されているキール幅を計測し、記録する。

スケグの後端からスケグとキルトの交点までをスケグのボトム・エッジに沿って計測し、証明書に記録する。スケグの厚さを計測し、スケグには平行なサイドがあり、テーパーになっていないことを見てチェックし、証明書に記録する。キールの後のエッジに沿って最後部のボトム・エッジからスケグの高さを計測し、ワークシートの 2 行目から中心線でキールがボトムのパラウドに立ち上がっている量を加え、ワークシートに記録する。

目に見えれば、ハルの厚さを計測し、記録する。

センターボード・ピンのエッジのボトムまでキールのボトムを計測し、証明書に記録する。

センターボード・ピンの直径をチェックし、ブッシングが存在しないことを見てチェックする。ピンの直径は 15.875 mm (5/8") である。

キールを通るセンターボード・スロットの幅を計測し、証明書に記録する。スロットとスペースが全体にわたって一様であることを検証する。

ボトムの円弧をチェックする。

2 つのテンプレートは、図 14 のように 1 m 長さの金属、プラスチック、圧縮木材、または 6.5 mm 合板を用いるとよい。

2438 mm 円弧を、最初ボトムの上を滑らせ、中心線に対し垂直に保持する。円弧がキールと艇の全長に関して同時にチェーンで接触するとよい。接触しない場合には、最小 2438 mm 未満である。4572 mm 円弧を、同様に同じ方法でボトムの上を滑らせる。この円弧は、同時にチェーンとキールで、決して舳に接触してはならない。ただし、小さい部分の突起やくぼみを理由に円弧を計測しないかどうかについて、メジャラーが判断するとよい。

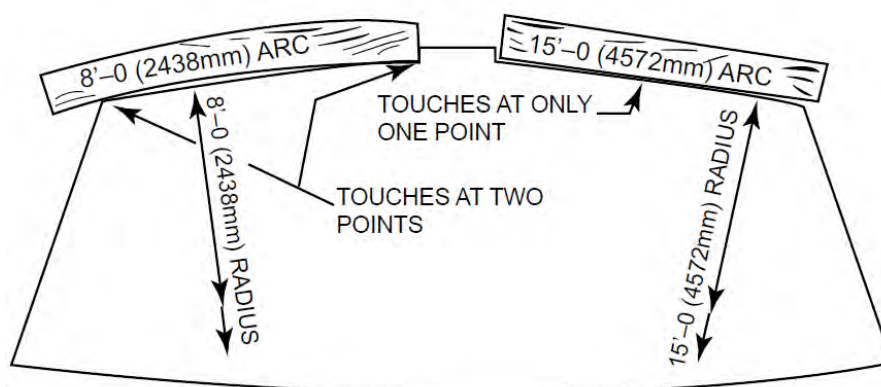


FIGURE 14

ハルが両方の円弧の試験に合格した場合には、ボックスに「yes」と記録する。D1 計測を下記のとおり行う。

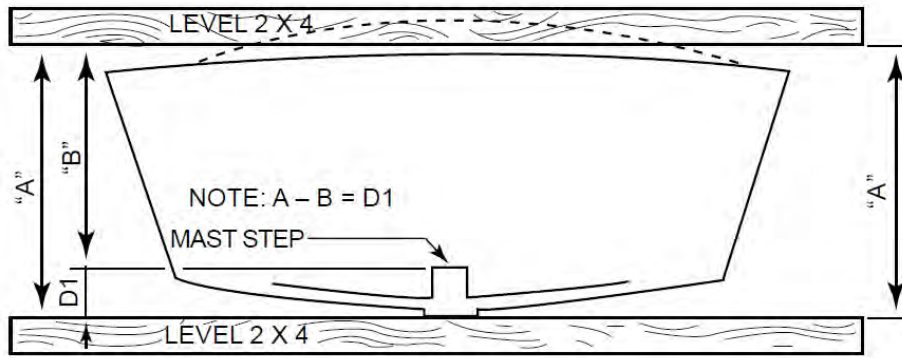


FIGURE 16

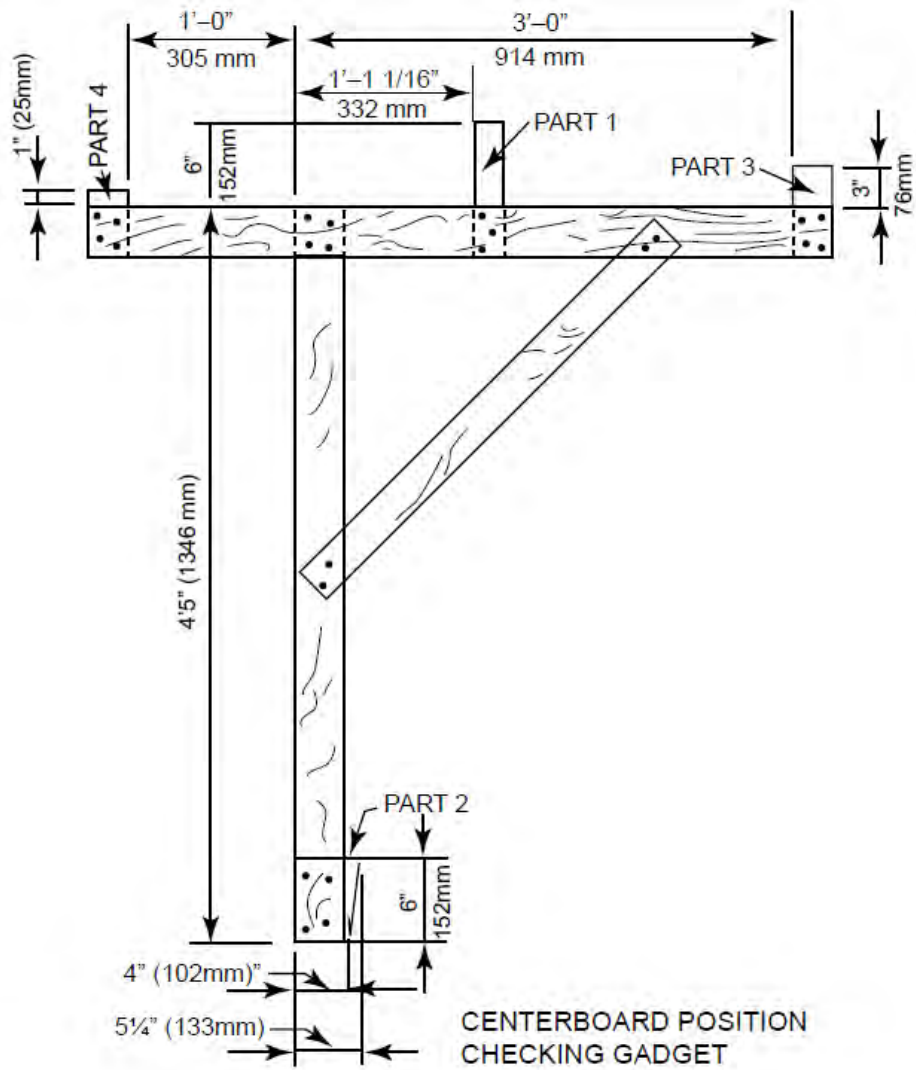


FIGURE 15

突き出し角度の装置

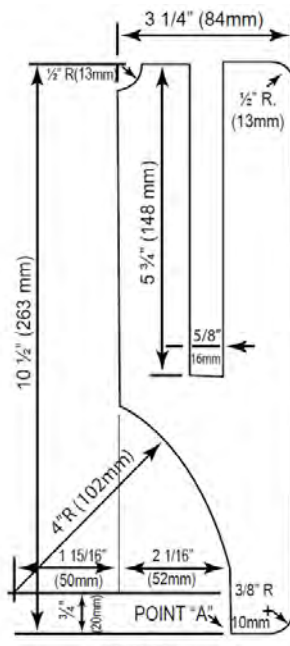


FIGURE 17

センターボード厚さ計測装置

H.3 ハル重量

クラス規則は、艇が計量される状態、どの装備を艇に積み込まなければならないか、どれを除外するかについて規定している。ERSの下では、**ハル重量**と**艇重量**との間に明確な区別がある。

H.3.1 ハル計量の状態

すべての場合で、艇は乾燥していなければならず、艇内または浮力隔室内に水があってはならない。同様に、求められてないものはなにも積み込んではいないが、重量に含めるものは認められる。

風は、重量の記録値に影響を及ぼす。はかりの指示が動かないことがあるかもしれないが、風のための押し上げまたは押し下げで動かずにいるのかもしれない。したがって、艇は計量している間風から守られていることが重要である。

計量器は適切な能力がなければならず、望ましくはその能力のおよそ2分の1から4分の3の範囲で作動させるとよい。

計量器は、望ましくは艇の予期される重量と似たような校正用分銅で使用前に校正するとよい。定期校正は、電子はかりとロード・セルでは特に重要である。機械式計量器の摩耗は、精度に影響し、誤差があれば知っている必要がある。



メジャラーは、ゼロ点誤差を避けることに注意を払うとよい。スリング（吊り具）の重量は、通常重量に含めない。したがって、スリングのみのはかりの読みを書き留めて、艇で得られた読みから差し引くとよい。この手順は、機器内でゼロ点誤差を自動的に考慮に入れている。

ディングーは通常、電子式台ばかり、ばねばかり、または竿ばかりで計量される。これらのいくつかは、はかりを適切な固定した点からつるし、艇をはかりからつるす必要がある。上部空間は限られているかもしれないので、はかりは、ずっと下にする必要がある、どんな場合でも、はかりは容易に読め、調整できるようにする。センターボードがケースから出ている場合には、ロープがケースを通して通過し、短い棒をケースの下に挟むことにより、艇を支持することができる。次に、艇を前後と横に安定させるためにラインを用いることができ、通常艀装品に取り付ける。

キールボートは通常、はかりと艇を持ち上げるためにクレーンまたはガントリー・クレーンを必要とする。ほとんどのキールボートには、ハルに吊り上げ用アイがあり、そのオーナーは、クレーンで水面におろし、リカバリーのための自身のスリングを持っている。どんな場合でも、オーナーまたはその代理者が、艇をつるすことの準備について責任を負うと語られるとよい。

H.3.2 重量不足の艇と補正おもり

クラス規則は、最小のハル重量（および場合によっては、その上に最大重量）を規定しており、建造者とオーナーは艇の重量を最小に保とうとしているのが当選のことである。最小重量以下の艇は、ハルに固定した補正おもりによりハル重量を最小まで引き上げる必要がある。クラス規則は、これらの位置を規定している。これらの補正おもりは鉛であるのが一般的であるが、どんな材料で作られていようが、クラス規則に規定された位置で、ハル内にしっかりと固定されていなければならない。この重量は、場合によっては位置を含めて、普通は計測書式に記入されていなければならない。この情報は、計測証明書に載る。

ほとんどのクラスでは、補正おもりの除去または変更は、計測証明書を無効の状態にし、その後、その艇はメジャラーによる公式に再計測を受け、新たな計測証明書を取得しなければならない。

クラスによっては、許される補正おもりの重量について最大制限がある。艇に付ける必要がある重量が、許される補正おもりの最大重量を超えて最小まで重量をあげている場合には、オーナーまたは建造者がクラス規則の制限内で問題を是正するまで、メジャラーは計測書式にサインしない方がよい。

H.3.3 大きな大会での計量

計量結果の質は、次によって決まる。

- 器具
- 状態
- 操作者の資質

ハル計量は、表示目盛りが計量スパンの 1/3000 または 1/6000 である（即ち、150 kg のはかりで計量スパン 50 g）、クラス III のはかりを用いて実施するとよい。法定計量と合法取引での有用性は、一般に、理想状態の下で得られた読みに対する保証を提供する。はかりが法定計量に対し検証できない場合には、信頼性は、有効な校正証明書により提供される。場合によっては、校正と呼ばれるスパン調整は十分ではない。最初の 50 表示目盛り内での計量は、法によっても禁止されている。それでも小さいものを計量する必要がある場合には、

より重いものをはかりの上に置き、このものの重さを風袋とし（表示は重量 0 となる）、次いでこの小さいものの重さを量る（残念ながら、大きい目盛の値のために精度が悪いかもしれない）。

- 台ばかりは使いやすいが、上に艇をセットするために保護パッドか架台を必要とする。
- 吊りばかりはスリングを必要とし、ハルを持ち上げるためにより人手がいる。読みが安定するために時間がかかる場合もある。

計量ステーションは、次の要件を満たしているとよい。

- 環境の温度変化が最小であるとよい。
- はかりへの直射日光は避けなければならない。
- 振動や強い通風がないとよい。
- はかりは安定な土台の上で、水平が出ていなければならない（床置きのはかり）。

公式の計量前に、はかりのマニュアルに従ってチェックすることは推奨できる。はかりの検定または校正のマーキングは、はっきりと読めなければならない。検定または校正の有効な日付（期限）がなければならない。文書が利用できない場合には、次のテストがはかりの適合性を確立するために役立つ。

- 1) 台の中心に荷重を置き（最大荷重の 20 %）、はかりの読みを風袋とする。はかりのコーナーにその荷重をかけ、差が 1 目盛りを超えない場合、よいように思われる。
- 2) 感度テスト：はかりに約 50 目盛の荷重を置く。1 目盛りの値に相当する重量を加えたときに、読みは 1 目盛り変化しなければならない。
- 3) 読みの狂い：はかりに同じ荷重を繰り返して置く。読みが変化しないとよい。同じ方向での 1 目盛りの変化が僅かしか起こらないならば容認できる。荷重をかけて荷重を除いたときに、はかりの読みは同じであるとよい。即ち、ヒステリシスがない。
- 4) カタマランに用いるような複数パッドのはかりでは、それぞれのパッドに荷重をかけたときに、読みが同じであるとよく、続いて、読みが、パッドに荷重をかけたものの合計であるとよい。

はかりが、計量が行われる場所での重力加速度の値を「語る」間に、スパン調整を実施する必要性が確かにある。電子ばかりは、それにかかる力を測定しており、我々が関心のある質量は、式 $M = F/g$ で計算される。この式で g はその地に重力加速度の値であり、緯度、海拔高度、地質その他を考慮に入れる。実際には、状態のよい指標は、はかりの読みの安定である。正式のクラス III のはかりの読みが安定の問題がある場合には、状態に問題があり、計量結果は（状態のために）信頼できず、読みは用いない方がよい。代表例は、キールボートの屋外での風の中の計量である。安定した読みを得ることができない場合には、適切な状態または風の少ない場所を見つけるとよい。誰にもメジャーにプロフェッショナル倫理の違反を強いる権利はない。

メジャーは、同時にすべての計測ステーションにいることはできない。はかりは手順の平易化に向けて発達はしているが、特定の問題が補助員の訓練であらわれることが多い。これには、かなり多くの時間を取られることを考慮に入れなければならない。安定した読みに到

達したならば、新たな特性が現れる。規則では通常、乾燥状態で定められた装備とともに艇の重量を規定している。新品の場合は、艇はこの状態に適合している。帆走した乾燥艇は、新しい乾燥艇その他よりも重い。湿ったコントロール・ラインは、驚くほど重く、競技者によっては、故意にコントロール・ラインを湿らせる。計量前に雨の中外に出していた艇を計量しても意味がない! 今日帆走して「フィン」は2日後でも1.5 kgまでも重くなる。

ほとんどのそれぞれの艇のクラスは、重量補正についての公式手順はない。実際には、クラス計測の一貫性とヨットマンの教育によってのみこの事態を避けることができる。大多数のヨットマンは、規則に精通していないので、規則違反をする。実に、我々は教えることからスタートするとよい。メジャラーも教える人でもある。誰もが平等に扱われなければならない、それぞれのケースは新たなものであり、古い過失は数えない!

大会での濡れた艇の場合:

- 暑くて晴れている場合には、乗員は艇を乾燥させ、また来なければならない。
- 天候が多湿の場合には、それぞれの艇の実際の状態に基づいて、余分のおもりで補正することが可能かもしれない。

大会で悪天候の場合、装備の重量のチェックを全くしない方がよりよい。

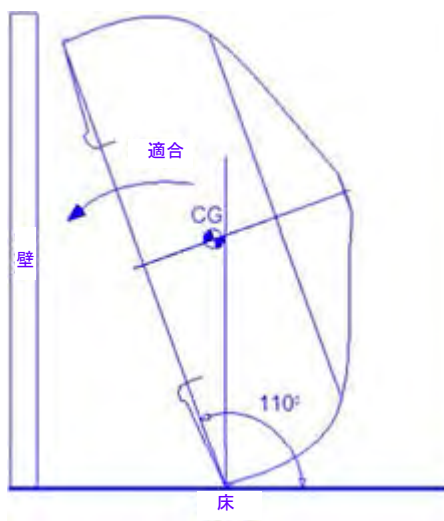
H.4 重量配分

自分の艇のスピードは過剰な重量により不利な影響を受けることは、ほとんどのセーラーによく知られていることである。重い艇は、ハルが水中により深く浮かんでいるので、よりゆっくりと加速し、より大きい抵抗がある。浮力の中心の下の質量の平均位置の深さ、即ち、重心 (CG) は、復元力、したがってセールを運ぶ能力に影響する。CG の前後位置も、ハルがその線上で帆走するために重要であり、したがって、簡単にサーフでき、バウを波に突っ込まないようにする。特にディングシーの多くのセーラーは、これらの理由のためと、乗員が加わることで一般的に全体の CG は後へ移動するので、できるだけ CG をずっと後にすることを好む。

艇での重量の集中度は、環動半径で説明されている。端の軽い艇は、端の重い艇よりも環動半径が小さい。スイング・テストで計測される CG についての重量配分の効果は、もう少し洗練されている。ダンベルの両端に重量を等しく分けたとして、重量を考える場合には、常にその中心、即ち、CG でバランスする。しかしながら、ダンベルの長さが増すと、回転の開始または停止がより困難になる。ピッチングは回転運動であり、艇の両端にある重量をより重くすると、当然ピッチする回数はより低くなる。このことは波に応答するピッチングに影響を及ぼし、したがって艇のスピードにある程度影響を及ぼす。

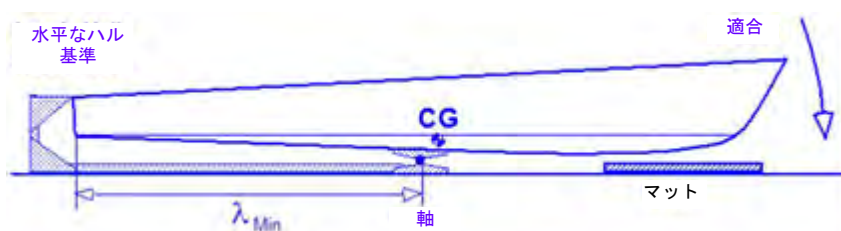
スイング・テストの利点は、ハルとキールの重量と CG 位置の別々のコントロールを除外することにあり、製造の間にのみチェックできる。環動半径がコントロールされている場合には、クラス規則で構造スキャントリングをコントロールすることは当然必要ない。入念に設計されていれば、その他の計測と併せて大きな大会でスイング・テストを実施することができる。スイング・テストがゴールド・カップに導入されたフィン級がこの例である。欠点は、手順が動的測定であり、競技者に理解されていないことが多いことである。スイング・テストには、がっちりした支持物と通気のない閉ざされた空間も必要となる。

原則的に、すべてのクラスには最小重量制限があり、エッセル級のように最大重量規定もあるクラスもある。クラスが、重心の位置のコントロールよりも重量配分をさらにコントロールしたい場合には、CG または平衡点は、静的測定によりコントロールすることができるので、次の段階にするとよい。イングリッド級は、「上記に規定された状態でのハルとデッキの重心の位置は、110° で傾けたときに、そのサイドでバランスするだろう点よりも低くあってはならない」ことを求めており、ハルがシアーでバランスさせて、図 H.4.1 に示すように、ハルがデッキ・サイドの方へ倒れなければならないことを求めている。



図H.4.1 イングリッド級のハルとデッキの垂直位置でのバランス・テスト

CG の前後位置は、ハルを束縛されずに吊るすことにより決めることができ、水平になる位置まで調整して、下げ振りを吊るしている点から落とす。ディンギーでは、簡単なゴー・ノーゴー試験を図 H.4.2 に示す。ハルを HDP の前へ規定した距離に横方向にピボットを置き、水平にして、次いで離す（衝撃を和らげるために床にマットを置く）。ハルは、軸の前にCGがあつて適合している場合には、前に傾く。



図H.4.2 CG が λ_{Min} の前にあることを確認するテスト

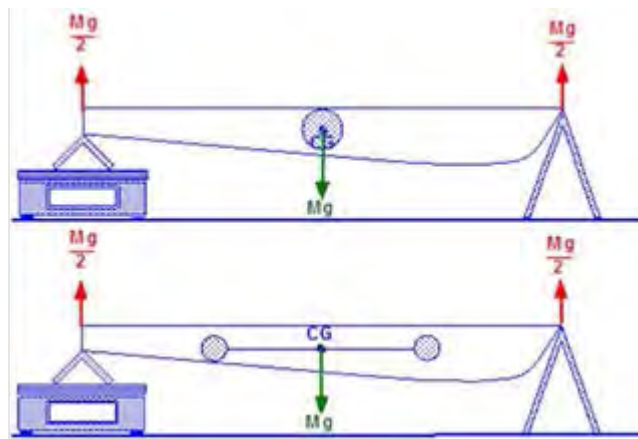
クラスが、重量配分のより最新式のコントロールが必要であるといまだに感じている場合のみ、スイング・テストを勧める。

H.4.1 「ランボリー」スイング・テスト

1960 年代に、ファイバーグラス構造が木に置き換わってきて、多くのクラスの技術委員会は、古い艇が競争力を保ち、新しい艇の構造が安定したことを確実にするために新規則を検討していた。明らかに、ハル重量は同じのままにするだろうが、新しい構造には、その位置に関してはさらに多くの柔軟性を認める。重心を変更できるだけでなく、両端ももっと軽くすることもでき、付随して壊れやすくなった。多くのクラスが動きをコントロールするためにスイング・テストを導入した。最もよく知られているのは、ギルバート・ランボリーによりフィン級に導入され、「ランボリー・テスト」として知られている。しかしながら、多くの他のクラスも色々な時にスイング・テストを導入し、これらにはヨーロッパ級、スナイ

ブ級、スター級、ドラゴン級を含む。さらに、470 級（釜山とバルセロナ）、49er 級（シドニー）、イングリッド級（アテネ）のような他のクラスがオリンピック・レガッタでスイング・テストを求めた。FD 級、ライトニング級、ファイアボール級、国際 14 級、OK ディンギー級、コネット級、ポーリエン級、トーネード級、レヒナ級、IMS 規則とともにソリング級、R/C 級を含む多くの他のクラスは、スイングを調査したが、最終的に必要ないと決定した。

静的測定または直線運動のニュートンの法則では、 $F = Ma$ は運動を表しており、正味の力“F”は、質量“M”の物体の加速度“a”を生み出し、これは重量配分と無関係である。艇を計量するとき、ぴったり中心に重心のある艇の単純なケースでは図 H.4.1.1 に示すように、加速度はゼロなので、2 つの上向きの力は、重量 Mg とちょうどバランスする。バウにナイフ・エッジを、スターンにはかりを置くことにより、スターンが重い場合も、逆の場合も、測定できることは、よくある誤解であるが、これは正しくない。重量すべてが重心にあるハルと同じ重心であるが、重量が広がっているハルの両方とも、はかりの読みは同じになる。実際には、ハルについての静的測定が重量配分を計測させることとはならない。

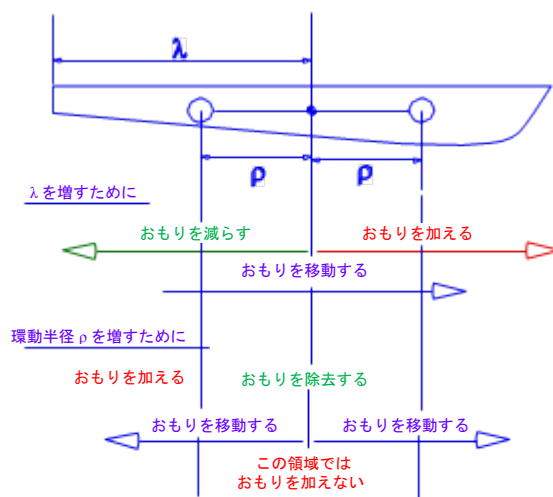


図H.4.1.1 ハルの端の計量では、端が軽いか、重いかを明らかにしない

しかしながら、回転運動では、ニュートンの法則は $\Gamma = I\alpha$ となり、ここに Γ はトルクまたは力のねじれ効果であり、 $I = Mp^2$ は回転軸周りの慣性モーメントであり、 α は生じた角加速度である。慣性モーメントは、個々の質量に回転軸からの距離の 2 乗を掛けたものの合計であり、 Mp^2 に等しく、ここに p は環動半径または gyradius である。

$$I = \sum_i m_i r_i^2 = \rho^2 \sum_i m_i = M \rho^2$$

これは明らかに回転軸の方向と位置の両方に依存しており、“I”は実際には 3×3 テンソルである。しかしながら、セーラーは、水平の横方向の軸周りの回転であるピッチング運動に大変関心を持っており、したがって、このことが我々の一番の関心事であるが、計測技術によっては、垂直のヨー軸周りを計測しているので、完全には比較できない。環動半径を可視化する簡単な方法は、真ん中、即ち重心でバランスする 2 つの塊 $M/2$ があり、図 H.4.1.2 に示すようにそれぞれの塊は重心からの環動半径にあるダンベルとして艇をイメージし、その図は装備の配置がどのように環動半径に影響を及ぼすかも示している。重心からの環動半径に塊を置くことは、環動半径に変化を与えないが、重心近くに重量を加える、または重心からさらに移動することは、環動半径を減少させる。



図H.4.1.2 ピッチングについて、ハルは2つの等しい塊のあるダンベルとみなすことができ、重心の前後での環動半径

慣性モーメントまたは環動半径を測定するために、回転運動の何らかの形を求め、それにはトルクと角加速度を必要がある。即ち、 $I = \Gamma/\alpha$ および振り子が簡単なシステムであり、荷重がトルクを生じ、角加速度は振動周期 T から推定される。残念ながら、応力中心距離、即ち、回転軸から重心までの距離 “ a ” も、荷重 Mg が作用していると思なすことができる場合、トルクとそれ故に周期についての式になり、したがって、2つの未知数がある。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{a^2 + \rho^2}{ag}}$$

ギルバート・ランボリーは、既知の距離 “ b ” により移動した軸で周期 T_2 の第2の計測を行うことによりこの問題を解き、“ b ” は 200.0 mm を選んだ。その結果

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{(a-b)^2 + \rho^2}{(a-b)g}}$$

これらの2つの式は解くことができ、重心位置 “ a ” と環動半径 “ ρ ” は計算機または表計算ソフトと次の式を用いて見つけることができる。

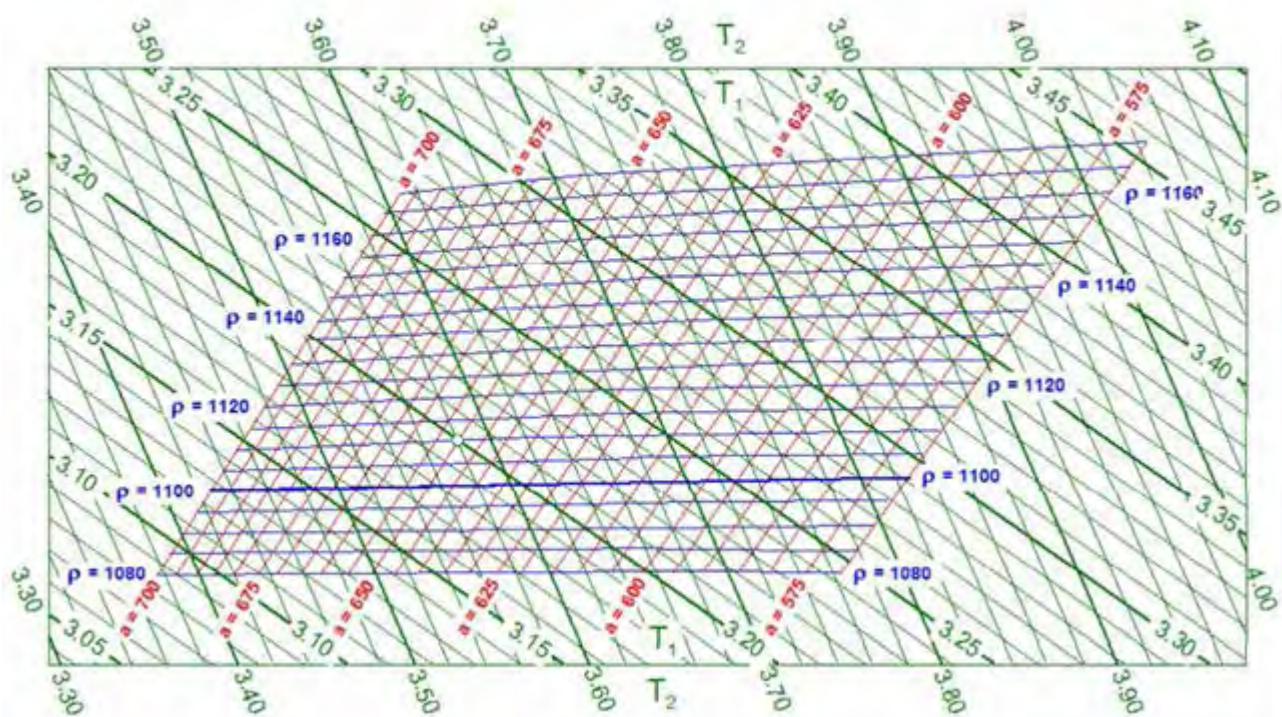
重心に対する軸

$$a = \frac{b(gT_2^2 + 4\pi^2 b)}{g(T_2^2 - T_1^2) + 8\pi^2 b}$$

環動半径

$$\rho = \sqrt{a \left(\frac{gT_1^2}{4\pi^2} - a \right)}$$

または、次の重量配分グラフを用いることにより。



図H.4.1.3 $b = 200.0 \text{ mm}$ と与えられ、周期 T_1 と T_2 から“ a ”と“ p ”を決めるためのギルバート・ランボリーにより導入されたフィン級のグラフ



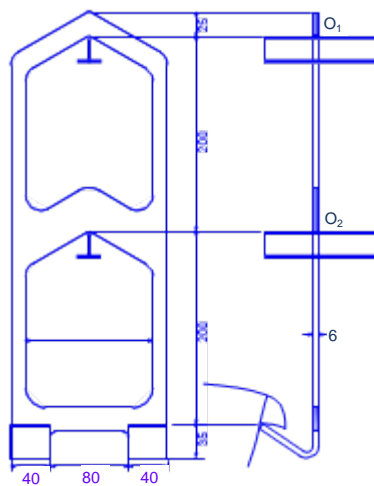
図H.4.1.4 エリザベス女王に実演したときの1976年オリンピックでランボリー・テストを受けているFD級

H.4.2 重量配分と重心：実践

ランボリー・スイング・テストを実施するために用いた現代の装置を図 H.4.2.1 と H.4.2.2 (テスト自体には計量器は必要ない)。



図H.4.2.1 対の格納できるナイフ・エッジ、200 mm 離れた軸受けのあるフィン級フック、計時のためのフォトセルを示す現代のフィン級ランボリー・システム



材質：6 mm 軟鋼
 質量（2 フック）：最小 2.70 kg、最大 3.30 kg
 O₁、O₂ 距離は、1 mm 以内で合っていないといけない

図H.4.2.2 200 mm 離れた軸受けのある2009 フィン級フック、ISAF はすべてのクラスによる使用のための標準として推奨している

スイング・テストの前に、クラス規則に規定された状態で、ハルを計量し、あれば補正おもりの位置を記録し、ハルは乾燥していて、スイングしている間に自由に動ける艀装品がないことを確認するために、ハルを検査するとよい。

ハルは、シアー・ガードの下に入れたフックを用いて吊るされ、相対運動なしにフックの上に置かなければならない。艇が前後に水平になるようにフックで吊るされる（即ち、フックが重心の前後位置と一致する）。フックが適切に噛み合っていることを確実にするために注

意を払う必要がある—そうでなければ、艇は落ちることがある！（マットレスを用心のために艇の下に敷いて置くとよい）。フックは、垂直にするために並べるとよく（そうでなければ“b”は名目上 200 mm にならない）、軟鋼フックの軸受け表面は時々検査し、溝が見られれば、埋めるとよい。その上をフックがスイングするナイフ・エッジは、それぞれの側で支持体を通して滑るシリンダーに取り付けられているので、ハルを下げないで、軸を素早く変えられるために格納できるが、固く締められているので、定位置にあるときには動かない。スイングの軸は、水平なるように調整するとよい。

ポインター—軽いプラスチックの小片が最適である—は、マスキング・テープでステムに取り付けられ、基準点は、静止位置にあるときに、ポインターに隣接して立てられる。ハルは、極めて小さい角度で振動させ—フィン級はステム・ヘッドの全体の動きを 200 mm 未満と規定されている—、振動周期を測定する。10 回の完全な振動にかかる時間を計測し（落ち着くまでに艇の数回の振動を完了させた後）、1 回の振動にかかる時間を計算し、書き留める。他のクラスでは、開始振幅と記録する振動数は、場合によってはクラス規則に規定されている。

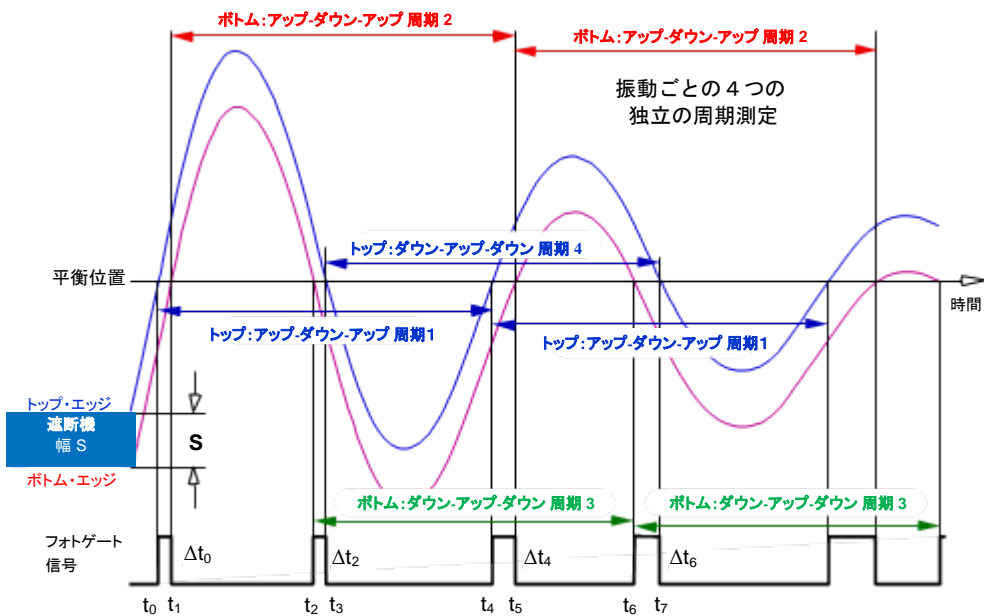


図 H.4.2.3 トップ・エッジが静止位置になるように並べた幅 S の断続器のあるフォトゲート計時。振幅減衰は、明確にするために大きくしてあり、ボトム・エッジから記録された周期 2 と 3 は完全には精度よくないことを示す。振幅は、遮断間隔 Δt から推定することはできない。

ポインターが最速で動いている間に、ポインターが基準点を通過する通りに、ストップ・ウォッチがスタートし、ストップする場合には、最大の精度が達成される。基準点がスイングの平衡位置でない場合には、動きの減衰は図 H.4.2.3 に示す通りエラーを引き起こす。10 回の完全な振動の時間を 1/10 秒まで記録し、次いで周期を 1/100 まで計算する。第 2 のピボット位置と電卓、グラフまたは簡単なコンピューター・プログラムで計算した環動半径のために繰り返される。

フォトセル・トリガーと接続した電子タイマーが最良の結果が得られ、メジャーによるスタート/ストップ・エラーをなくし、したがって少ない振動から計算して結果を出すことができる。個々の振動周期を読み取ることができ、数回の連続振動で一貫性をチェックすることができる。レガッタの開始時に多くのハルの装備検査のためには、電子式計時が必須であ

る。フォトゲートの直接ノートパソコンへの接続は、連続周期を記録するので、転記エラーを避け（多くのハルのレガッタ検査の間に簡単に行える！）、例えば、ハル内の遊離水の存在のための不一致も見られるようになる。

計測が遮蔽した場所で行われることは必須である。フィン級は、軸 0_1 、 0_2 上のブラケットから吊り下げ、振動周期 T_1 と T_2 を計測しなければならないと規定している。グラフ上に座標 T_1 、 T_2 で位置をプロットし、曲線から “a” と “p” を読み取る。距離 “λ” は、ベースラインに平行にステーション 0 から軸 0_1 までを計測する。“λ” が限界値に近いと判明した場合には、ベースラインが図 H.4.2.4 にあるような水平であることを確かめること。

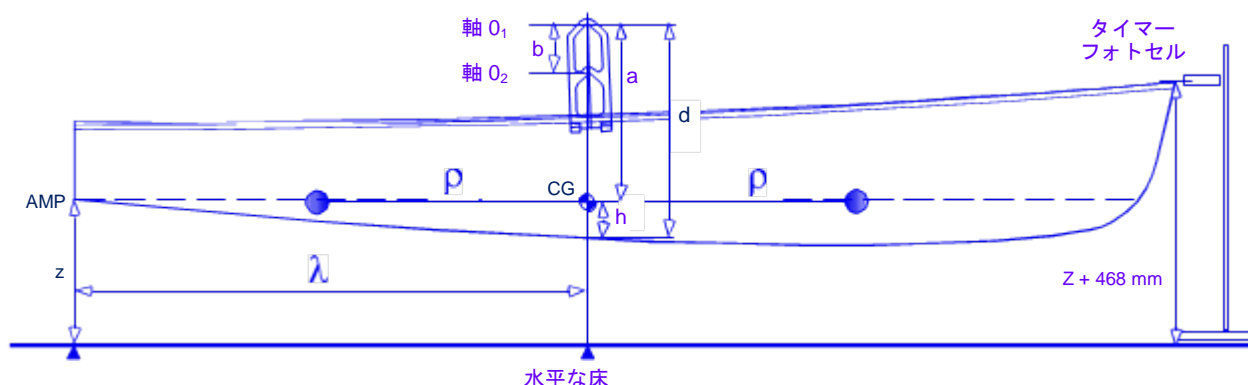


図 H.4.2.4 フィン級ランボリー・テスト。軸 0_1 と 0_2 まわりの振動周期 T_1 と T_2 を計測し、次いで重心位置 “a” と環動半径 “p” を計算する。“λ” と “d” の計測値がハル内の重心位置 “h” を決定する。

距離 “d” は、通常センターボード・ケースを通した定規または巻尺を用いて、またはスタンドに取り付けた水平レーザー光線を用いて軸 0_1 からハルの底面（キール・バンドを除く）を計測することでできる。艇の下を保護することは賢明ではあるが、艇は振動の間何にも触れてはならない。振動は小さくしなければならないが、約 100 周期以下に大きく減衰しない方がよい。垂直軸まわりのねじれ振動があってはならない。サポートの動きはあってはならない。

H.4.2.1 誤差とその縮小

誤差は次によりもたらされる。

タイマーの校正。ほとんどの電子タイマーは、非常に精度がよいが、重要な計測のためにそれを頼りにする前に、www.time.gov のような認定された時間信号に対して校正するのがよい慣行である。原則として、g のその地域の値も浮力の補正と同様に用いるとよい。

不適当なフック。フックはハルとともにスイングするので、計測されるのは実際にはハルにフックが加わったものの慣性モーメントである。重すぎるフックとか悪い形状のフック（フィン級にはヨーロッパ級のフックを用いず、またその逆も）は間違った結果が出てくる。

不適当な振幅。初等理論に反して、スイングの振幅は、振動周期を大幅に変えることがあるので、周期計測の間、振幅は規定された最大と最小の振幅の間のみでなければならない。

通風（ドアを開けることのような）。メジャラーは、テントではなくて、強固な建物の中に囲った場所を求めるとよい。電子タイマーでチェックしたスイング数回の内に 1 回が際立つ

て別の値となる場合、通気のための摂動が現れている。通常、その時点での通気の「突風」に気づくことがある。

堅さ不足。 スイング・フックの支持構造は、非常に堅くなければならない。特に、スイングの枠は、コンクリートまたは同様の基礎の上にある必要がある。柔軟性のある場合の結果は、振動周期が大きくなりすぎて、計算した環動半径が大きすぎる結果をもたらす。軸を変えるときのハルと相対的なフックの動きも、誤差をもたらすことがある。レガッタ装備検査では、わかっている艇を最初に試みる。

ハル内の水や自由に動く無関係な装備。 異常な結果は、どこかで（浮力タンク、二重底補強その他）動く遊離水の存在を示している。レガッタ前の計量時、艇は汚れがなく、乾燥状態でなければならない。レガッタの間に追加の検査が必要とされる場合には、艇は乾燥していない。特に水分吸収は、ハイキング・ストラップと詰め物で起こり、環動半径より艇の重心近くにあることが多い。この状態で艇をスイングさせた場合には、環動半径は、許容される最小距離よりも十分小さくなることある。図 H.4.1.2 参照。

慣性モーメントを用いることにより艇が乾燥状態にあることが正しいであろうかどうかについて非常によい考えを得ることができる。慣性モーメントは、次の式となる。

$$M\rho^2 = \sum(m_1r_1^2 + m_n r_n^2)$$

したがって、重量 m_n の追加により小さくなることはない。即ち、 $Wet M_{wp}\rho_w^2 \geq Dry M_{dp}\rho_d^2$ 。問題の艇が再計量され、スイングされる場合には、新たな慣性モーメントは、 r_n が ρ より小さい場合でさえ、乾燥した元のものより決して小さくなることはなく、環動半径は小さくなることもある。

このことは、オーナーが中央部周りに重量を得ようとする傾向があるのに似ている、古い艇についての興味深い点を提起している。新しいフィンが最小重量である場合には、 $M = 116 \text{ kg}$ で、最小環動半径 $\rho = 1\,100 \text{ mm}$ 、即ち、慣性モーメントは $I = 140.36 \text{ kgm}^2$ である。

今、重心から 200 mm におよそ 5 kg を得た場合には、新たな慣性モーメントは $I = M\rho^2 + m r^2 = 140.36 + 5 \times 0.2^2 = 140.56 \text{ kgm}^2$ 、即ち、大きくなるが、環動半径は $\sqrt{I/(M+m)} = \sqrt{((140.56)/(116+5))} = 1\,082.3 \text{ mm}$ となるので、前より小さくなる。したがって、このハルはフィン級適合とするには、後部に付加する重量をさらに必要とし、二重のペナルティとなるだろう。このことは、なぜヨーロッパ級が環動半径よりもむしろ慣性モーメントを規定しているかの 1 つの理由である。

ハル上のフックの位置を変えないで、2 つの軸間の変更を早くするために、フックとナイフ・エッジのデザインに多くの変異がある。ヨーロッパ級は、長さを変更するフックを用いているので、ナイフ・エッジ・クロスバーは固定したままとすることができる。実際には、このことは理想的ではなく、フックの形状変更を含んでいるので、スイングの目的として理論的には間違っている。すべてのハルが同じフックで計測されている限り、この系統誤差は一定であるので、問題とはならない。



図H.4.2.5 ヨーロッパ級の軸01と軸02でのフックの形状

H.4.3 スナイプ級スイング・テストとライトニング級バウンス・テスト

ギルバート・ランボリーがフィン級にランボリー・テストを取り入れたのと同時に、テッド・ウェルズはスナイプ級に別のテストを取り入れた。スナイプ級のテストでは、ハル・キールを床上のピボットの上に置くので、ガンネルはフックにぶら下げたハルを支えるに十分な強度がなければならないという要件を取り除いている。垂直線に傾けられた校正したばねの中心は、ピボットから規定された距離でバウに取り付けられ、復元トルクを与える。図H.4.3.1参照。振動周期を再度計測するが、この場合、ピボット・バーまわりの慣性モーメントはコントロールされるので、ハル重心の位置は必要とされない。

ハルの慣性モーメントは、次式で計算される。

$$I = \frac{CD^2T^2}{4\pi^2}$$

ここに：I = 慣性モーメント

C = ばね定数 (kg/m)

D = 軸までの距離 (m)

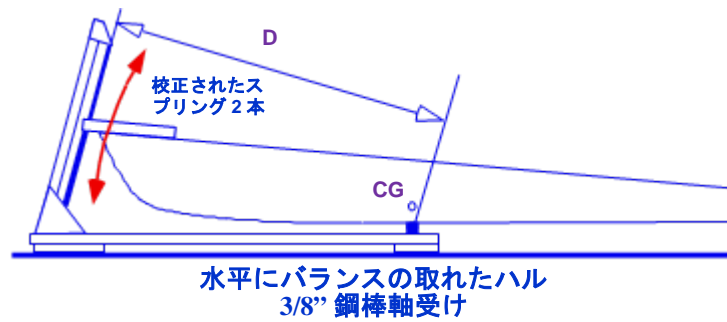
T = 1回の完全な振動の時間 (s)

D = 2.623 3 m

ばね定数は、スナイプ級から供給される。今、式は次のように簡略にすることができる。

$$I = 0.174 3 CT^2 \text{ kg m}^2$$

ハルの最小慣性モーメントは、上の式から決めて、27.6 kgm² でなければならない。ハルの慣性モーメントが最小を満たしていない場合には、慣性モーメントを最小まで上げるために、おもりを後部に移動するか、付け加える。

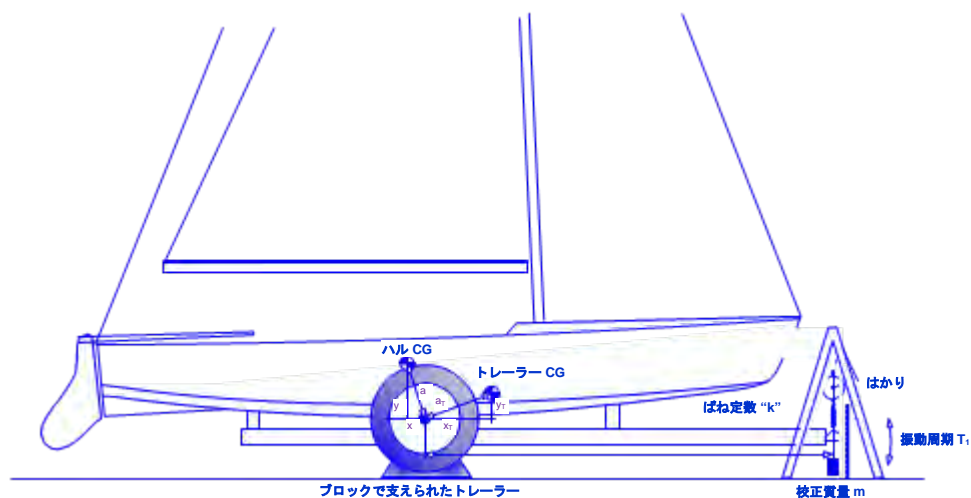


図H.4.3.1 スナイプ級慣性モーメント規則

1965年にロバート・スミザーは、トレーラーに乗せている間に、完全艀装したライトニング級（セールなし）の慣性モーメントを計測する方法を開発した。彼の目的は、できるだけ手軽に木製とFRP製の艇間の重量配分の差を調査することにあった。トレーラーのタンにはばね定数 S の校正されたばねを取り付け、リズムカルにトレーラーのタンを押すことにより、トレーラーの車軸まわりで縦に振動させた。計測した振動周期は、艇にトレーラーを加えたものの慣性モーメント I_c を与える。空のトレーラーについての別の計測で、その慣性モーメント I_t を求め、次にそれを差し引いて I_b 即ち、艇自体のトレーラー車軸まわりの慣性モーメントを得ることができる。車軸からの重心の距離 “ a ” の別の計測は、重心についての慣性モーメントに結果を換算するために必要となる。ガンネルでハルを支えて、マストの先端でバランスを取るために必要な力を計測する、またはその代わりにトレーラーのタンの重量と角変異でのその変化を計測するといった様々な方法が、重心位置を得るために用いられた。

復元トルクは、今は D 即ち車軸からの連結装置の距離のレバー・アームで校正したばねにより供給される。回転軸が重心以下であるこの配置では、重量はもはや復元トルクを供給せず、したがって小さな摂動のみである場合には、重力トルクの変動はばねによるトルクのそれよりも相当小さくなければならない。

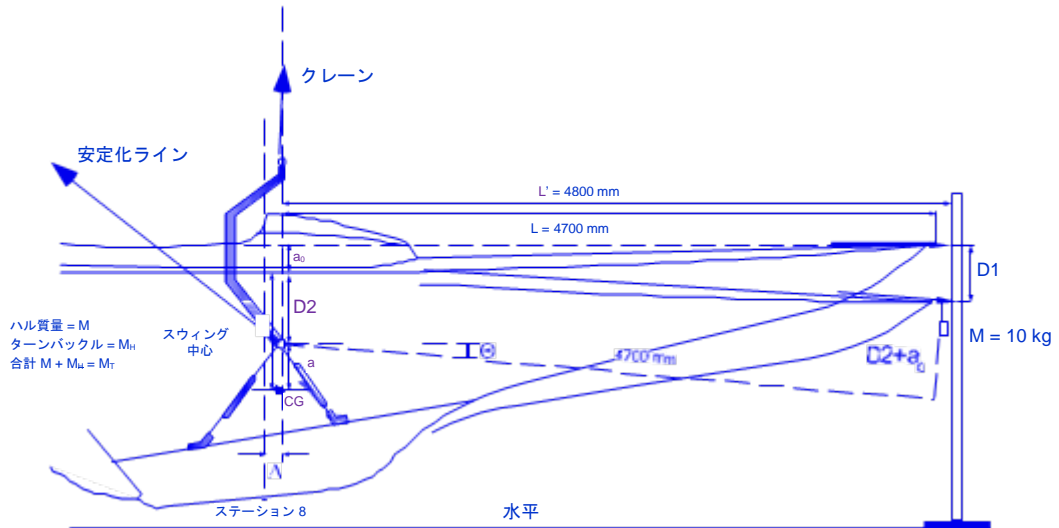
達成された精密さは約 $\pm 1\%$ であり、木製とFRP製の艇間に明らか違いがあった。重量計測での不確かさを約 $\pm 2\%$ と推定して、環動半径での結果として生じる不確かさは $\pm 0.7\%$ または $\pm 13\text{ mm}$ であり、ランボリー・テストと比べて遜色がない。



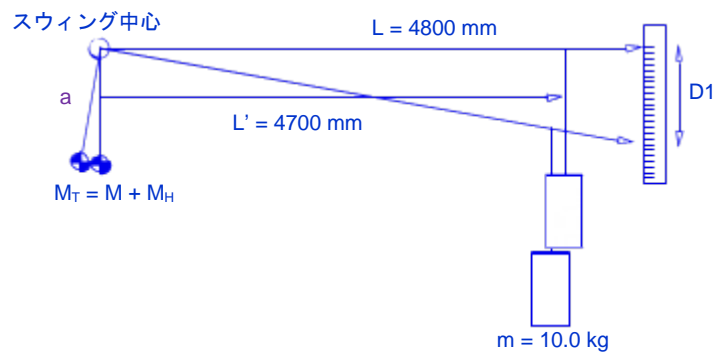
図H.4.3.2 ライトニング級バウンス・テスト

H.4.4 ドラゴン級スイング・テスト

ドラゴン級が FRP ハルを取り入れた 1986 年に、スイング・テストがトニー・ワッツとともにオスカー・ウェブナーとボルゲ・ボーレンセンにより開発された。ヘビー・キールボートでは、ランボリー・テストに関して、振動軸を変えることは、難しすぎて、時間がかかり、したがって、軸の下の重心の深さ“d”を傾斜試験により決めて、1回の周期測定をランボリー・テストにあるような環動半径に変換するために用いることができる。



図H.4.4.1 ドラゴン級スイング・テスト



図H.4.4.2 ドラゴン級傾斜試験

ハルは、図 H.4.4.1 に示すように、水平軸受から吊り下げて、水平にする。スイング中心の前後と垂直の位置はクラス規則に規定されている。下記参照。スイング中心から水平に $L = 4\,800\text{ mm}$ でのバウ上のポインターのふれ $D1$ は、重量 $m = 10.0\text{ kg}$ が $L' = 4\,700\text{ mm}$ に吊り下げられたときに記録される。スイング中心下の重心の深さ“a”は、質量 M のハルと M_H としてのハルとともにスイングする追加の支持要素とともに、モーメントを取ることで合計質量 $M_T = M + M_H$ との関係で与えられる。その結果

重心までのスイング中心

$$a \approx \frac{mLL'}{M_T D1}$$

ポインターがスイング中心のレベルにないためによるこれに対するいくつかの小さい補正があるが、すべてのハルに対して同じであるので、通常無視できる。その結果。

環動半径
$$\rho = \sqrt{a \left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - a \right)}$$

しかしながら、このことは推奨できるが、ドラゴン級は、下記に述べるように、ポインターのふれ D1 と 10 回の周期 T について制限を規定している規則を採用することを選択した。

ドラゴン級スイング規則

10.21 規則 10.10 に規定するハルが、クラスが承認したスイング・テスト装置でスイングされる場合：

- (a) スイング・テスト装置の軸受けの中心点（「スイング中心」）は、ハルのステーション 8 の前 40 mm 未満でも 90 mm 超であってならない。
- (b) 10 kg をスイング中心の 4 700 mm 前に置いた場合、スイング中心の 4 800 mm 前のデッキ上の点または同じ高さの点をその元の位置の下に落とす距離を計測しなければならない（“D1”）。
- (c) シアーライン下のスイング中心の深さ（“D2”）は、“D1” 計測値 350 mm に対しては 550 mm を超えてはならないか、または D1 が 350 mm 以上か未満の場合、D2 は次の式により計算したそれと釣り合っている距離でなければならない：

$$D2 < 938.29 - \frac{135899}{D1}$$

規則 10.10 に規定されたハルの重量が 1 650 kg を超えている場合には、D2 はハルの重量が 1 650 kg を上回る 4 kg ごとに 1 mm 増えてもよい。

- (d) 項 (b) の 10 kg のおもりが取り除かれた場合、ハルを 10 サイクル振動させ、要した時間は、“D1” 計測値 350 mm に対し 46 秒未満であってはならないか、または “D1” が 350 mm 以上か未満の場合、20 mm ごとに 1 秒を差し引かなければならない。

結果は、その後下に示す経験的に導かれたグラフを用いて評価する。

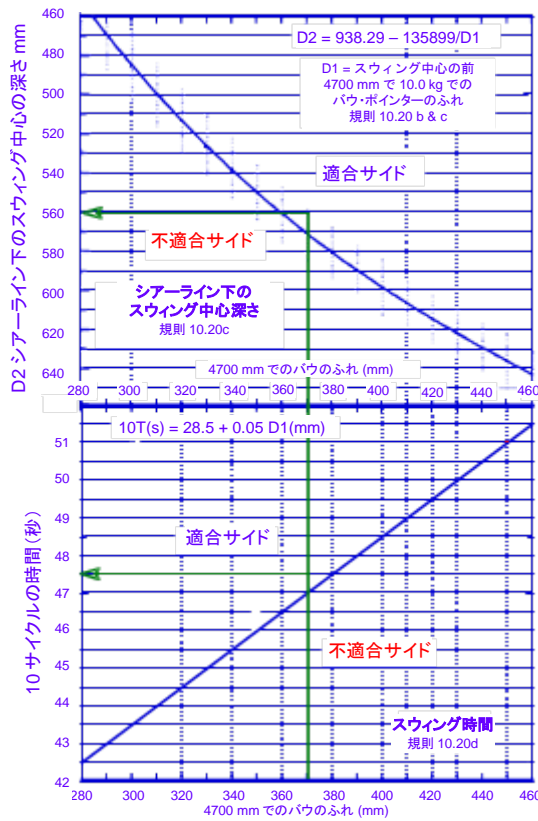
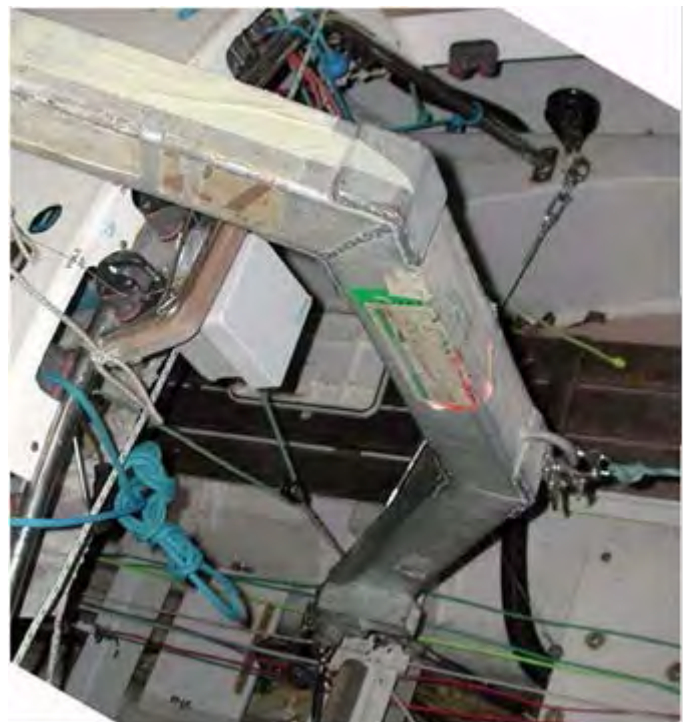


図 H.4.4.3 適合ドラゴンを規定するために用いるグラフ。D1 = 370 mm でそれして、10 回のスイングに 46.5 秒かかる D2 = 560 mm のハルは、示す通り適合である。

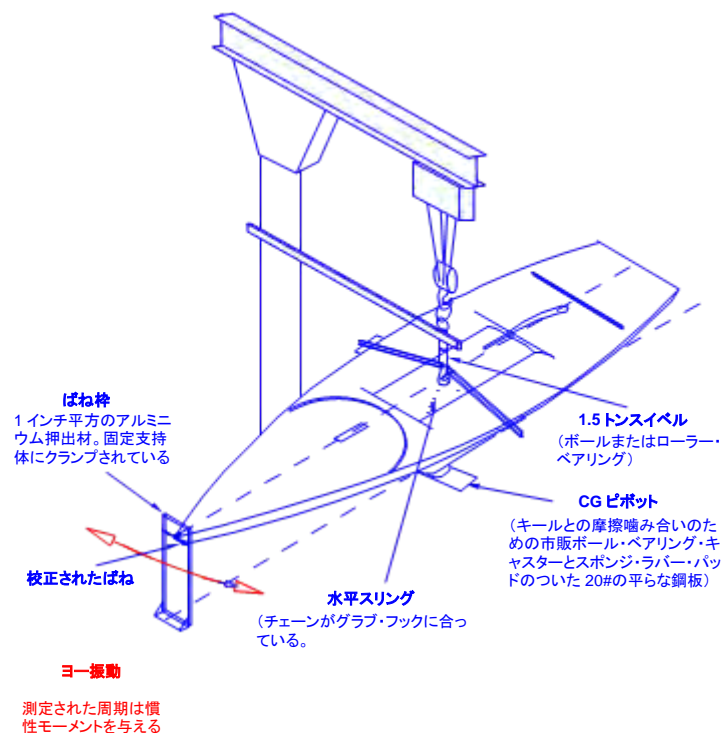
ノート型パソコンに接続した電子式傾斜計を用いる最近の調査では、傾斜の測定値をより精密にし、また調査する振動周期内での振幅の減衰とそれに伴う変更もできるようになる。振幅についての計測周期のこの依存は、軸受け依存になって現れ、根本的再現性を制限する。

図 H.4.4.4 ハルに取り付けたドラゴン級スイング・システムで、バウは左にある。スイングの軸受けはアームのボトムにあり、4 つのターンバックルを用いて、ハルに取り付けられる。スイング中心の動きを禁止する固定ラインは、アームのアイに取り付けられているのを見ることができる。



H.4.5 スター級スイング・テスト

スター級のビル・パークスは、1975年に別のアプローチを開発した。この技術は、スイベル・フックのついたクレーンからハルを吊り下げ、バウに一組の水平ばねを取り付けることにより、ヨー慣性モーメントを計測する。原理は、回転がヨー軸まわりであることを除き、スナイプ級のテストの原理と同じである。それは、実物大の飛行機を計測するために1930年代にNACA（National Advisory Committee for Aeronautics、全米航空諮問委員会）により用いられた。重心は吊り下げ点の直下、したがって回転軸上にあり、したがって、“a”はゼロである。しかしながら、この優雅な簡単な方法に多くの問題がある。ハルをヨー（船首揺れ）でスイングさせる場合、ピボットは、バウにあるスプリングのために同等で反対の力を及ぼさなければならない、吊り下げフックの横の動きを防ぐことが困難である。フックはまた、バウのばねと同じレベルにないため、横揺れと回転の動きが生じる。これらの問題は、軸受けでの摩擦と吊り下げのねじれ剛性の変動とともに、場所により再現性のない結果を引き起こした。現在のところ、スター級は、規則が必要とされる明らかな証拠が出るまで、これ以上の行動を保留した。



図H.4.5.1 スター級スイング・テストに関して、ハルは、バウにある2つの校正された水平ばねとともにスラスト軸受からクレーンにより吊り下げられ、ヨー振動周期を垂直軸まわりの慣性モーメントを決めるために計測した。

H.4.6 スチュアート 34 級スイング・テスト

1987年にロイヤル・ニューゼaland・ヨット・スコードロン(tom・イエーツは、マッチ・レースで用いる木製とFRP製のスチュアート34級が、できるだけ性能が同じであることを確実にしたかった。そのために、艇の上で傾斜スイング・テストを行った。図H.4.6.1参照。指定の場所に余分の重量を積み込んだあるハルでのテストは、重心位置“a”と環動半径 ρ の両方が $\pm 1\%$ で測定できたことを示した。組織立って行えば、テストは上架から再進水まで、たった1時間しか必要としなかった。



図H.4.6.1 1987年ニュー・ジーランドでスイング・テスト進行中のスチュアート34級

H.4.7 イングリング級傾斜スイング・テスト

イングリング級が 2004 年の女子フリート・レースに採用される場合のイングリング級に対する ISAF の要件の一つが、建造者がクラス建造規則の範囲内で約 20 kg を任意の位置に置くことができたことが知られていたもので、重量配分を同じにすることであった。建造者のヤードでのみハルをスイングするのが必須であるドラゴン級と違って、イングリング級は、レガッタでスイングしなければならないが、したがってシステム上の要件は、輸送可能で、費用がかからず、精密であり、レガッタ検査期間中に建造者すべてのハルに素早く取り付けることができることであった。

ポーレッスンのエリック・サリングは、最初のシステムを考案し、図 H.4.7.2 に示すシステムを用い、図 H.4.7.1 に示すように、スイング軸から重心までの距離“a”を決めるために傾斜計測を採用するためにその後さらに改良された。精密さ ± 0.01 mm の電子スケールで計測した精密な距離 D1 と D2 によりレールに沿ってスイング軸を移動することによりハルを傾斜させた。ハルの水平と角度 θ_1 と θ_2 は、分解能 $\pm 0.1^\circ$ の電子式傾斜計で計測した。これはより精密で、傾斜試験での難しい計測 L を避けられた。電子式傾斜計は、ハルの振動を記録するために引き続き使い、精密な周期がエクセルを適合プログラムとして用いて取り出し、それに続いて重心深さ“a”と環動半径“ ρ ”を出す。

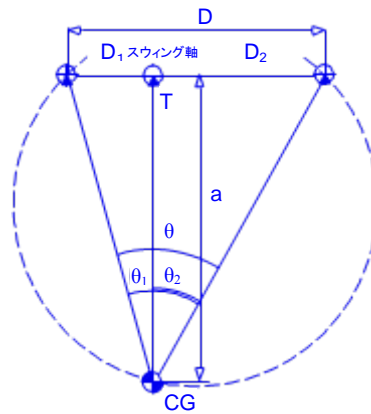
D が水平であり、“a”が垂直である場合には、

$$D1 = a \tan \theta_1 \text{ と } D2 = a \tan \theta_2 \text{ したがって}$$

$$D = D1 + D2 = a (\tan \theta_1 + \tan \theta_2)、その結果$$

$$\text{軸から重心まで} \quad a = \frac{D}{(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}$$

$$\text{環動半径} \quad \rho = \sqrt{a \left(\frac{gT^2}{4\pi^2} - a \right)}$$



図H.4.7.1 スイング軸を距離 D 移動することによるスイング軸下の重心の垂直距離“ a ”を決めるおよび角度 θ_1 と θ_2 を計測する傾斜方法の幾何学。 $D1 \approx D2$ の場合には、 $a = D/2 \tan(\theta/2)$ で、全体の変異と角度が必要であり、重心位置は点線の円状に制限される。



図H.4.7.2 2004年傾斜スイング・システムは、イングリングのキール・ボルトに設置された。スイング軸受けは、精密なレールに取り付けられ、位置は電子スケールで読む。「レール・スケール」の下箱は、傾斜計である。ローラ・ベアリングと支持のためのシャックルと吊り下げの固定ラインは、最上部に見られる。

図 H.4.7.3 傾斜試験進行中のイングリング



H.4.8 2本吊り試験

ヨー環動半径は、スター級のテストで行われたように、垂直軸まわりでハルを回転させることにより計測することができるが、中心のそれぞれの側に距離 d で対称的位置にある、同じ長さ L の 2 本の支持ラインを用いることにより、校正したばねはもはや必要なくなる。このシステムは、中心面上に重心のあるハルについてこのシステムは自動調心である、即ち、重心は吊り下げの中心にあり、その位置を計測する必要がないという利点もあり、したがってたった 1 回の振動だけが必要とされる。重心の中心位置を外れるためにこの試験の非感受性は、国際 14 級での計測により確認され、その感受性は、94 kg のハルの様々な位置に 5 kg までを置くことにより、 $\pm 2 \text{ mm}$ よりよいことが確認された。2 本吊りは、慣性モーメントの計測については周知の技術であり、1930 年代に実物大の飛行機で広範囲に用いられ、現在は無人機とタンク・テスト・モデルでの精密計測に用いられている。

ヨー環動半径は、ピッチ環動半径と全く同じではないが、両方とも前後の重量配分を計測し、多くのディンギー・クラスでは、ほとんどが同じ値になる。最近のキールボートでは、キールは水平のピッチ軸についてよりも垂直のヨー軸についての要因はそれほどでもないので、ヨー環動半径がハルの後部が軽い構造のよりよい指標である。

ハルを図 H.4.8.1 に示すように吊り下げる。ハルの水平が吊り下げ面で重心に置かれるので、通常用いられている横方向のシステムか、1988 年オリンピック前にレヒナー・ボードの調査で H.スクープにより用いられた縦方向のいずれかである。2 本吊りは、レーザー級、470 級、国際 14 級での計測と 1984 年と 1988 年のオリンピックおよびニューポートでの 1990 年世界選手権（3 日間で 75 のハルが計測された）でのフライング・ダッチマン級の任意での計測にも用いられた。

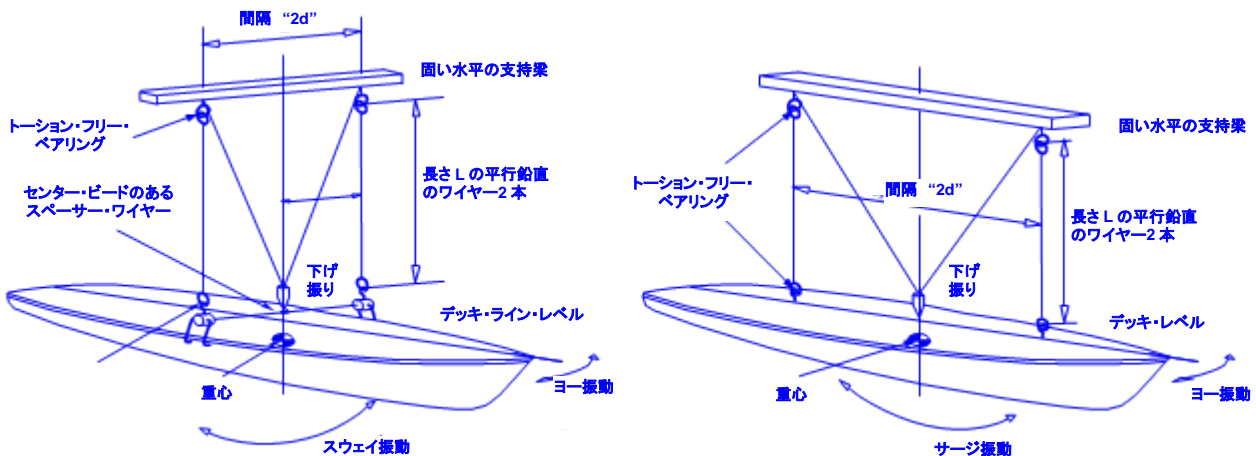


図 H.4.8.1 横方向と縦方向のハルの 2 本吊り。下げ振りは、吊り下げの中心を示し、レーザー光線に置き換えることができよう。



図H.4.8.2 1988年釜山オリンピックでの2本吊りのフライング・ダッチマン。計量フックとクロス・ワイヤーに注目せよ。ランボリー・フックは比較のためのこれに続くピッチ環動半径計測に用いられた。

ハルを下げ振りで示される中心周りでヨーで回転させ、解放した場合、ハルは次の周期でヨーで振動する。

$$T_y = 2\pi \frac{\rho_y}{d} \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{および} \quad \rho_y = \left(\frac{2\pi}{d} \sqrt{\frac{g}{l}} \right) T_y$$

したがって、環動半径は、計測した周期 T_y と吊り下げの形状のみによる比例定数に正比例する。一般に、長さ l は、利用できる構台により許されるだけ長くなるように選択する。簡単にするためと吊り下げできるだけ軽くするために、間隔 $2d$ は、ハルの幅に近づけ、理想的には、期待されるヨー環動半径の単分数である。

ヨー環動半径 ρ_y も、ランボリー・テストで見られる二乗の差ではなく、周期 T_y に正比例し、したがって本質的にはるかに精密である。しかしながら、簡単な計時のために、大幅な横揺れ調節は避けなければならない、下げ振りの下で中心を保っている間にハルを解放することにより、このことを行うことができ、バウでのヨー振幅の1%未満に横揺れを減らす。ヨーの動きを記録するための iPhone でのような、MEMS ジャイロの使用は、ジャイロだけでヨーを計測するように横揺れを減らす。

2本吊りは、ロール回転を防止するので、横揺れ周期は次のとおりである。

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{したがって} \quad \rho_y = d \left(\frac{T_y}{T_s} \right)$$

間隔 $2d$ と2つの周期の比 (T_y/T_s) のみを計測する必要があり、ストップ・ウォッチさえも必要としなくなる！ 2つの周期が等しくなるまで、間隔 d を調整する場合には： $\rho_y = d$

しかしながら、一般的に d を調整することは実際的ではない。この場合、スターンの移動の間にバウを固定した状態にするためにのみ必要で、即ち、本質的にバウでと同じ振動振幅を生じさせる、ヨーでのハルの回転と横揺れでの重心の移動の両方が必要である。放したときに、バウはほとんど振動しない。バウの振動は増すが、その後周期が繰り返される前に再び減少する。このことはビート・モーションと呼ばれ、ビートあたりの振動数“ n ”に丁度なる、または平均が数ビートを超えることにより、比 (T_y/T_s) を決めることができる。ヨー環動半径は、その結果次になる。

$$\rho_y = \frac{T_y}{T_s} d = \frac{2n+1}{2n-1} d = \left\{ 1 + \frac{1}{(n-0.5)} \right\} d$$

例えば、 $d = 900 \text{ mm}$ 、 $2n = 15$ であれば、 $\rho_y = 1038 \text{ mm}$ となる。 d が ρ_y に近づけば近づくほど、“ n ” は大きくなる ($\rho_y = d$ では無限大となる) ので、この仕事量はよくなる。最小近くを数えることは難しいので、後での検査のために動きをフィルムに収めるために携帯電話を用いることが役に立つことがある。2004 年金メダルのイングリッドの計測の間に、スターンの動きが記録され、それを図 H.4.8.3 に示す。

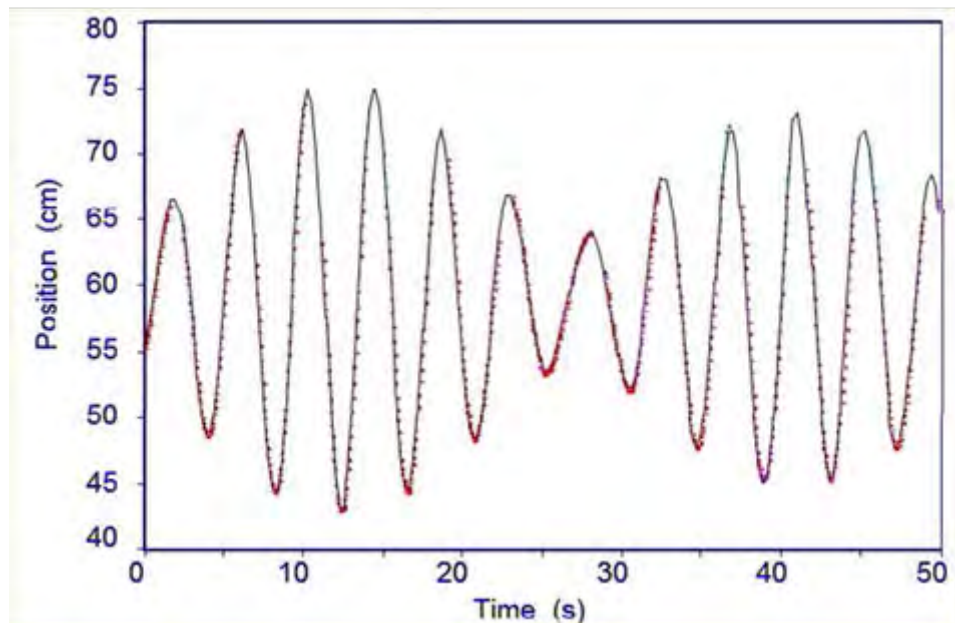


図 H.4.8.3 横揺れと船首揺れ (ヨー) を合わせたイングリッドの計測。2 つの周期の比 (T_y/T_s) は、精密なヨー環動半径 ρ_y を出すために数学関数の最小二乗適合から導いた。

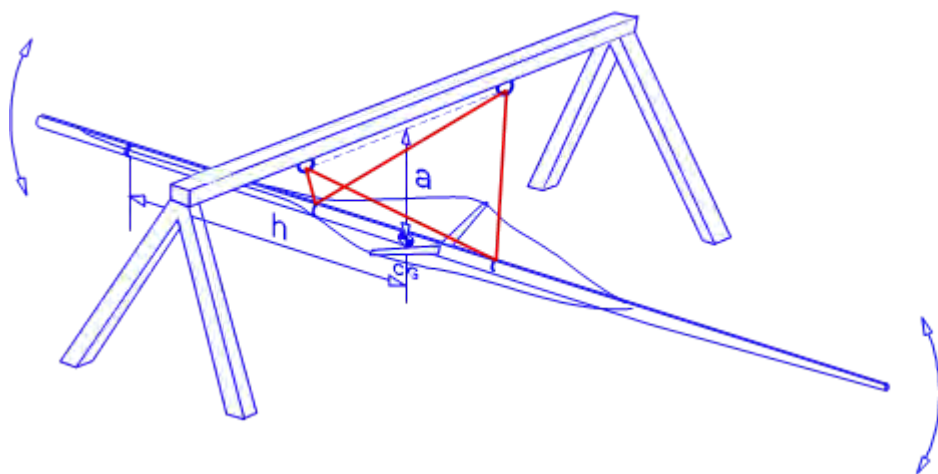
H.4.9 完全な艇

ランボリー・テストが、セールを含む完全なフライング・ダッチマンで行われたが、一般には実際的ではない。しかしながら、セーリングに行く完全な艇であり、乗員が乗艇していることがなお望ましい。海上で保っている特性を評価しようとするならば、全体の艇を考慮するとよい。幸いにも、少なくとも剛構造の簡素化した仮定に基づき、表計算ソフトに個々の成分についてのデータを入力することにより、全体の艇の環動半径を容易に計算することができる。

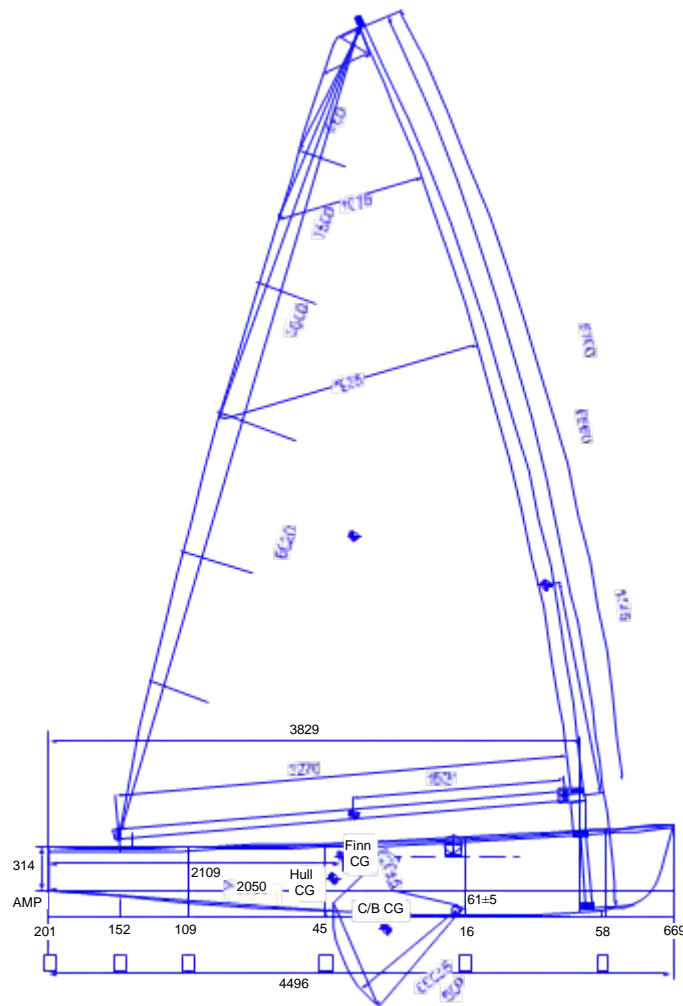
各成分の重心は、下記、または 2 つの離れた点から下げ振りとともに吊り下げ、その交点にマークを付けることにより見つけることができる。吊り下げの 1 つの点に対する重心は、次いで計測でき、振動時間は下記にある個々の環動半径を得るために計測する。ハルの座標に相対する重心の位置は、全体の重心と慣性モーメントを計算するために次に表計算ソフトに入力する。

表H.4.9.1 風上へ向かっているときのフィン級ディンギーの成分の重心位置、環動半径、慣性モーメント

成 分	質 量		位 置		環動半径	慣性モーメント		
	kg	%	x m	y m	k m	I_o kgm ²	I_{CG} kgm ²	I_{CG} %
ランボリー・テスト	kg	%	x	y	k	I_o	I_{CG}	I_{CG}
ハル, C/B, フックその他	122.75		2.100	0.10	1.100	148.5		
風上へ帆走しているフィン								
ハル	106.34	75.5	2.05	0.08	1.16	143.9	147.1	52.5
マスト	8.00	5.7	3.59	2.20	1.77	25.1	73.4	26.2
セール	2.38	1.7	2.19	2.91	1.84	8.09	25.0	8.91
ラダー	3.98	2.8	-0.04	0.08	0.44	0.77	19.3	6.87
ブーム	5.60	4.0	2.19	0.55	0.98	5.36	5.92	2.11
センターボード、ダウン	11.11	7.9	2.42	-0.28	0.31	1.03	5.16	1.84
パドル	0.57	0.4	0.30	0.00	0.29	0.05	1.95	0.69
コンパス	1.41	1.0	2.91	0.33	0.04	0.00	0.91	0.32
ペインター (パウ・ライン)	0.23	0.2	0.30	0.00	0.03	0.00	0.77	0.27
ベラー	0.14	0.1	0.30	0.00	0.01	0.00	0.47	0.17
ティラー・エクステンション		0.2	0.90	0.35	0.01	0.00	0.34	0.12
メインシート	0.91	0.6	2.10	0.42	0.08	0.01	0.03	0.01
全体フィン	140.9	100	2.11	0.24	1.41		280.3	100



図H.4.9.1 示すように、2つのアイから軽いコードで固定したブームに対し水平かつ垂直で吊り下げたマストの環動半径を計測するために：重心までの“a”と次いで振動周期Tを計測する。



図H.4.9.2 フィンの各成分とその風上への帆走での各重心位置

H.5 浮力

ほとんどのディンギーといくつかの小型キールボートには、浮力装備があり、転覆または倒された場合に、艇を浮いたままに保つ。乗員が外部からの援助なしに、その状態から元に戻せるように、浮力装備は通常十分な大きさがあり、配分されている。

H.5.1 浮力装置

浮力装備は、通常次の1以上の形式である。

- 膨張させたエア・バッグ。
- ハル内の浮力隔室またはタンク。
- フォーム・ブロック。
- FRP サンドイッチ構造の艇のスキンの間のフォーム。

浮力タンクに浸水するような大事故の場合に艇、その装備、乗員を浮いたままに保つために、浮力タンク内に十分なフォーム・ブロックを持つことを求められている。(GRP の艇とキールボートは、そうでなければ沈むことがある。)

艇が完成した時点で、二次的浮力が必要な量あるかどうかを決めることは常には可能ではない—艇の製造の間のみに行うことができる—が、フォーム・ブロックその他の許可された装備が適合していたかどうかを見ることは可能である。

H.5.2 浸水浮力試験

多くのクラスは、転覆または水没を想定して水中に艇を浸漬することにより、浮力装備を試験することを求めている。この試験は、第一に浸水で艇が沈没するのを防ぐために十分な浮力があることを立証するために、第二に浮力装備内に漏れないことをチェックするために、第三に艇が水浸しになったときに艇がほぼ水平に浮いているように浮力体が艇内に分配されていることを示すために、最後、浮力体が移動可能であっても、適切な位置に強く固定されていることを確実にするために用いられることがある。

浮力試験がクラス規則に規定されている場合、試験はその規則に厳密にしたがって実施しなければならない。

浸水試験は通常、排水孔を開け、おもりを用いるか、または艇に人を乗せるかのいずれかで、規定された最小重量を艇に積み込むことにより、艇を水浸しにして実施される。試験は、3段階で：艇を直立して、その後順にそれぞれの側について、実施されることを求められるのが通常である。

試験におもりを用いる場合、浮力体ユニットまたはその固定具の破損が、艇を動かし、おもりを移動させ、その結果ハルへの損傷を起こすことがあるので、おもりが艇内にある間特別の注意を払う必要がある。

エア・バッグ内のエアの消失は許されない。試験が進行中にバッグの漏れの証拠を見ることは、艇内または周りの水の動きのために、ほぼ不可能である。水により冷やされるためのバッグの明らかな収縮は、漏れと混同しない方がよい。

膨らませた浮力バッグは、その固定具にかなりの上向きの力を働かせ、柔軟であるので、艇が水浸しになったときに、大きく変形することがある。変形しているバッグは、固定具の上のループにかなりの荷重が働き、認めない方がよい。浮力バッグの上のループは、固定ストラップの取り付け用ではなく、その位置にするためにある。ストラップの数はバッグの大きさにもよるが、一般にそれぞれの浮力バッグに対しストラップ3本未満でない方がよい。ストラップは、バッグが持ち上げられないように、相当きつくするとよい。水浸しになったハルをさらに沈めさせることに加えて、バッグが動くようになり、擦り切れがそれに続く漏れとともに起こる。固定するストラップのハルへの取り付けは、適切な強さを確実にするために、浮力試験の前後で注意して検査するとよい。

H.5.3 浮力タンク・エア試験

最近の多くのディンギーの設計は、浸水した艇に対し非常に大きい荷重をかけずに、浮力タンクの接合部すべてを納得いくように試験することは難しいものになっている。

このようなことで、今はクラスによって、水に浸漬することを頼りにしない試験を規定している。タンクに内部エア圧のわずかな上昇、または真空試験の場合に圧力のわずかな低下を見る試験である。タンクの内外の圧力差は、ハッチ・カバーまたはドレーン・ホールに合わせた水圧計で示される。圧力低下が、ある速度より早く増加しない場合に、試験は満たしている。速度と最初の圧力差は、クラス規則中に規定されている。

浮力タンクは、外圧に耐えられるように設計されるので、タンクの内圧を下げることにより試験を実施することが望ましい。

浮力タンクを試験する主な目的は、できるだけ多くの接合部を試験することにある。検査ハッチとドレーン・プラグがよくあり、そのすべてを試験の開始前にしっかりと閉めておかなければならない。それでもやはり、これらがタンクへの漏れのもとになっていることが多い。タンクへのわずかの漏れがあるという事実は、不十分であるということを示している。



H.5.4 浮力検査

浮力試験を規定していないが、それでもやはりメジャーに浮力体の有効性について納得することを求めている多くのクラスがある。非常に大きな欠陥や漏れがあるかどうかを見ることが多いが、構造は完全に満たしていることを確かめる唯一の方法は、浸水試験かエア試験のいずれかで実施することである。

H.6 超音波厚さ計での計測

H.6.1 序論

この項は FRP 艇のハルとデッキの厚さを計測する非破壊超音波法を議論する。いくつかの一般的計測ガイドラインは、超音波試験の使用に関連するいくつかの実制的制限とともに提供する。

超音波試験器は、ソナーとよく似ているパルスエコー原理で動作する。圧電トランスデューサーから発した超短波音波の圧電トランスデューサーへ戻る往復の移動時間を精密に計測することにより厚さを計測する。圧電トランスデューサーは、艇のハルの外面と接触して保持する。それから発した音波は、ハルの内壁に反射して、トランスデューサーへ戻る。校正プロセスは、得られるハルの厚さの精度よい計測をするためにハルを通過する音波の移動の速度を測定する。

$$\text{厚さ} = \text{音速} \times \text{往復時間} / 2$$

多くの電子超音波測定装置には、既知の厚さの材料の 2 つの異なるサンプルを測定することにより自動的に音速校正計算を行う内蔵校正プログラムがある。通常、サンプルは、できるだけその間で校正を精度よく提供するために厚さの予想される範囲を測る。FRP 艇の厚さ計測では、音速はレイアップで用いた特定の材料と用いた仕上がりの品質によりかなり変わることがあるので、艇のそのタイプのハルまたはデッキからとった実サンプルで校正を行うことが重要である。校正されれば、電子超音波厚さ計で、艇を損傷しないで数秒足らずでハルまたはデッキの厚さを計測することができる。

レイアップの厚さを計測する理由は、製造工程での問題を見つけることや認可されていないハルやデッキのレイアップへのその後の変更を識別することにある。構造設計図は、どの点についてもハルやデッキの全厚さへ変換できるよりも、積層計画と仕上げ計画を規定しているので、このことを成し遂げることができる。超音波厚さ計で、レイアップが正しく行われたかどうか、適正な材料が用いられたかどうかを突き止めるために起こる可能性のある場所で厚さの変化を探することは容易である。超音波厚さ計は、厚さでの小さな変化でも測定できるので、ハルやデッキの構造の変更を抜き取りチェックする優れた道具である。材料のボイドや不適切なタイプは音速に比例しての大きな影響があるので、局部的に報告された厚さの大きな変化の結果となる。この抜き取りチェックは、破壊測定法を用いる詳細調査の対象となり得る極めて小さい疑わしい場所の助けになり得る。

H.6.2 配慮点

超音波厚さ計測を行おうとする前に、調査を必要とする多くの実施上の配慮点がある。これらの配慮点のいくつかは、超音波技術を用いることを勧められなくすることがある。

FRP ハルで作業するための超音波での厚さの実用になる上限と下限がある。厚さ計測の範囲にも制限があり、ハルとデッキの計測に必要な範囲をカバーするために2つ以上のトランスデューサーを必要とすることが多い。厚いハルでは、戻りのエコー信号を良好にするためには直径がより大きく、より高価なトランスデューサーを必要とする。より大きなトランスデューサーはハル表面のカーブにうまく合わないことが多い。興味のあるいくつかの重要な場所での使用には制限があることがある。ガイドラインとして、1つだけのトランスデューサーでは約10から1までの厚さ範囲を超える良好な性能が期待される。直径30 mmの大きいトランスデューサーでは、FRPの厚さ2 mmから20 mmまでとなる。直径10 mmの小トランスデューサーでは、有用な範囲は通常0.5 mmから5 mm厚さまでである。

超音波技術は、トランスデューサーの活性表面とハルまたはデッキの表面の間にゲル・タイプ超音波カップラント（接触媒質）を用いて、圧電トランスデューサーからハルまたはデッキまでの結合を必要とする。カップラント層の厚さは、計測値の一部である。厚さの再現性に悪影響とならないように何度も均一にカップラントを押し潰すための確かな接触力を得るためにいくつかの練習が必要である。このことは、小直径のトランスデューサーよりも大直径のトランスデューサーで行う方が難しい。ハルの表面がカーブしている場合、接触領域が直線であり、カップラントが容易に動くので、接触力は問題とならない。しかしながら、過剰なカップラントは厚さの間違った読みの原因となる音を捕捉することがあるトランスデューサーとハルとの間のフィレットを形成するので、読みを得るためにだけ十分なカップラントを用いることがここでは重要である。



ハルの内側の面またはデッキの内側もしくは外側の面の粗さは、2つの方向で厚さの読みの精度に悪影響を及ぼすことがある。第一に、信頼性のある読みを得るために必要とするカップラントの量は、外側の面の粗さとともに増加する。多すぎるカップラントは、計測精度を悪く

することがあり、第二に、測定できる最大厚さがエコーを生じる内側の面が粗であるときに減少する間に、音が粗の外側の面から反響するので、測定できる最小厚さは大きくなる。FRP レイアップ中で、空洞や大きな気泡は、真の面を判別するのを難しくする望ましい内側の面のように現れることがある散乱エコーを生じる。空洞や層間剥離の存在は、実際の厚さを著しく低く出てくる計測値をもたらす。表面形状は、その上厚さの計測値に影響を及ぼす。内側と外側の面が平行でない場合に、特に難しい問題が生じる。テーパーは、歪んだエコーを生じ、このことは精度を悪くすることがある。

ほとんどの場合、ほとんどのこれら配慮点について簡単な回避方法があるが、超音波性能に悪影響する要因を理解することが重要である。

H.6.3 はじめに

厚さのチェックを始めるために、計測のために選んだハルまたはデッキの位置で名目の厚さがどうであるとよいのかを知っておく必要がある。名目の厚さを決めるには多くのやり方がある。一つの簡単なやり方は、正しく建造されたとわかっている艇を計測することであり、まずは超音波で、次にマイクロメーターまたはキャリバーで計測する。少なくともデッキには、艀装品のための穴があることが多いので、追加の穴をあける必要はない。デプス・マイクロメーターとドリルに頼る必要があるかもしれないハルでこのことを行うことは難しい。別のアプローチは、校正した超音波テスターを用いて、きっちりハルの同じ場所で多くのハルを計測することであり、期待される厚さの読みのデータ・ベースを構築するために始める。しばらくすれば、期待値が比較のための名目の基準となる。一連の製造で建造された多くの艇がある場合、名目の厚さの読みが確信をもって決めることができる前に、合理的に大きいサンプル・サイズとなるので、この方法が最もよく機能する。期待される厚さを知る最もよいアプローチは、艇を建造するための建造計画書を見ることである。用いる物とそれを用いる場所を規定しているレイアップ用材料計画があるとよい。材料のタイプとその使用場所がわかれば、層の厚さを単純に加算することで、任意の点での名目厚さをうまく見積もれる。

種々の材料の厚さを見積もるためのガイドラインを挙げる。

コーティング：

積層材の技術的に考慮する部分ではないが、すべてのコーティングは超音波テスターで計測され、したがって厚さを計算する場合に、考慮する必要がある。ゲル・コートは、サンドペーパーで削って。その厚さを計測することにより、決めることができる。初期値は 0.6 mm とするとよい。同様に、トップコートの厚さを考慮する必要がある、0.4 mm と見積もるとよい。内部の積層品表面はでこぼこしているため、サンドペーパーで削ることにより計測することは難しい。ゲル・コートとトップコートを両方合わせて、超音波テスターで測った合計厚さの読みのおよそ 1.0 mm と考える。

グラス・マット：

樹脂とマットのビルドアップの厚さを見積もる目的で役立つ一般的ガイドラインをしてよいものがある。3分の1がグラスと想定して 1 kg のマット・ビルドアップでは、厚さを 2 mm と見積もるとよい。「ファット」または「ドライ」積層物は、この厚さが約 0.1 mm 変わることがある。2 kg のマットでは、名目厚さは 4.0 ± 0.2 mm である。対象となるレイアップでは規定されたマットのタイプで、見積もる一般的ガイドラインとしてこれを用いる。

ロービング・クロス：

ロービング・クロスがレイアップで規定されている場合、低下したビルドアップ速度に対して特別な注意を払う必要がある。確かな経験則として、特定のロービング・クロスのビルドアップは、同じ公称重量のガラス・マットのビルドアップでなるだろう厚さの 75 % しかない。ロービング・クロスの公称重量の厚さを計算するときに、実にガラス・マットの厚さを 4 分の 1 減らしたときと同じで計算する。

他の材料が規定されている場合、ビルドアップの速度を決めるためにいくつかの試験が必要となる可能性がある。行ったならば、同様の計算を厚さへの換算に用いる。したがって、任意の点での全体のハルまたはデッキの厚さは、ハルまたはデッキでのその点での建造計画書に規定されたレイアップの詳細を知って推定することができる。

H.6.4 技術

電子式超音波テスターは、1 人で効率的に用いることができる電池式手持ちの携帯機器である。超音波テスターは一般的に、長さ約 1 m の電気ケーブルで取り付けられている遠隔式トランスデューサーである。超音波テスターを用いるには、トランスデューサーの活性表面にメーカーにより提供されているカプラントを塗布する。超音波テスターを校正モードにセットし、厚いサンプルと薄いサンプルを用いて校正のための指図書に従う。超音波テスターが校正されたならば、艇への使用準備ができています。

片手にテスターを、もう片手にトランスデューサーを持つ。読みを行う前にカプラントを塗布する。すべてのテスターは、有効な読みとなっていることを示す指示計がある。テスターによっては、自動的に厚さの記録を取る。この機能が利用できない場合には、後で参照できるように野帳にそれぞれの有効な読みを記録する。フルに充電されたバッテリーは、作業の約丸 1 日持続する。再充電は合間に行う。

超音波テスターを用いるには 2 つの方法がある。1 つはスポット・チェック法であり、もう 1 つはグリッド・レイアウト法である。スポット・チェック法は、構造中の明らかな欠陥または後での修正に対する早くて簡単な試験である。わずか 10 個の読みで、構造の妥当性の大体のところをつかむのにほんの数分で行うことができる。ハルとデッキ上の点は、特定され、計測され、厚さの値が記録される。これらの値は、あらかじめ定められた公称期待値に対してチェックされる。読みが期待される許容範囲内であれば、その艇は OK である。半分の読みはマストの前で、残りの半分の読みはマストの後で行うことを推奨する。より軽い端では有利さがあり得るので、艇の端に集中する。

グリッド・レイアウト法は、はるかに全体での調査である。ハルは構造レイアップから決められた予期される厚さ変化の場所にマークをつけることが必要になる。実際には、グリッド方式はハルに適用され、厚さの変化が予期される転移線はグリッドの位置に関係してくる。ハルの形状がハル・テンプレートを用いてコントロールされている場合には、グリッドを作図する簡単な方法は、厚さでの転移の場所にマークを付けることであり、それらを直接ハルに移すことができる。そうでなければ、デッキ・ラインまたは他の建造データから計測することにより転移位置を見つけるためにスケールまたはバテンを用いることができる。

3 つの物事を探す。厚さ、厚さの中の転移の存在、その値の変化量。このプロセスはスポット・チェックより時間はかかるが、ハルとデッキのレイアップのより完全な試験をもたらす。それぞれの艇についてグリッドから 60 もの厚さの値を記録することは珍しいことではない。製作での欠点の精密な詳細を見つけるために適切な破壊試験で重大な欠陥を比較的容易に探し出すことができる。

スポット・チェックとグリッド・レイアウトは無許可の建造または変更の可能性のある場所を見つけるのに有用なスクリーニング方法である。不適切な材料の使用の決定的兆候として、またはレイアップでの誤りの証明としてもっぱら超音波試験のみに頼ることは推奨できない。超音波試験は、素早く可能性のある不正を見つけるので、優れた道具であることを示した。しかしながら、破壊方式は検証のために通常必要である。

H.6.5 データー

精度のよい記録を保持することは、超音波計測の必須の部分である。正確に測定を再現するために、手順の詳細は記録しておく必要がある。

- ゲージのタイプ（メーカーとシリアル・ナンバー）
- トランスデューサーのタイプ（可能であればシリアル・ナンバー）
- 用いた校正加工品（サンプルの厚さと入手先）
- 校正から計算した音速（試験者による報告）

データー記録プロセスの残りは、測定場所とそこでわかった厚さを明記することによる。場所は、測定が繰り返すことができるように十分に明記するとよい。このことは、場所を 5 mm ないしはそれ以上の精度を必要とする。

このデーターを保持する 1 つの理由は、不適切な建造を発見する経済的影響を考慮することができることにある。計測時に記録されたデーターを繰り返すことによるその後の調査の仕事があることが多い。超音波計測は、許可されていない材料が用いられた、積層の層が不足していた、層が規定の厚さでなかった艇を識別するために、選手権大会レベルで用いられた。いずれの場合も、その後の破壊調査で最初の超音波で分かったことを裏付けた。

最後の注意：データーを常にチェックすること。工程内検証は、そのことを探している場合には、利用できる。例えば、超音波テスターはハル・レイアップで必要とされる厚さの変化を記録することはできないが、手でハルの内側に伸ばして適切な場所での転移を感じることができる。ここではハルの厚さは正しいかもしれないが、問題の層の局部的接合は、厚さの変化を拾い上げる超音波厚さ計では十分ではないかもしれない。別の例で、超音波テスターはハルとデッキの接合部で過剰な厚さを示すことがある。実際の厚さは、近くの艀装品を取り外して、キャリパーを用いることにより検証するとよい。ハルとデッキの接合部近くの局部的ビルドアップは、テスターが実際よりも高い値を表示することが時々起こり得るテープ状態を作る。工程内検証は、十分な確信をもって FRP のハルとデッキの厚さについて超音波計測を適用するために、経験の浅い使用者により必要な価値のある確からしさを提供する。

H.7 レーザー計測法

H.7.1 レーザー・トラッカー

レーザー・トラッカーは、ハル、モールド、その他の対象物からポイント・クラウド・データー（点群データー）を集めるために用いられる。ごく一般的には、レーザーが接合対象物の位置を追跡し、動いて行ってこの対象物の位置を記録する。次の説明は、ハル計測のために業界で広く用いられているファロ SMX レーザー・トラッカーを参考にする。

レーザー・トラッカーを操作するやり方は、レーザー光線



が球の中心で頂点のあるコーナー・キューブ・リフレクターを含む精密なスチール製球に精密に追従することである。このリフレクターは、その後光パルスの通過時間を計測するとき、レーザー・トラッカーへレーザー光線を精密に戻す。レーザー・トラッカーのヘッドは、中心を追従させるモーターでジンバルに入れられ、級の中心の方位角と仰角（緯度と経度）とを精密に計測する。球とレーザー・トラッカーは、遮るものがないお互いの眺めが常にあり、レーザー光線が遮断された場合には、飛跡は失われる。

温度安定化等に注意して、機器は球の中心の位置で $\pm 50 \mu\text{m}$ の精密さの能力がある。建物その他の構造物内での代表的な条件で、計測は $\pm 0.01 \text{ mm}$ よりよく再現できる。

計測する対象物（ハルまたはその他）もしくはレーザー・トラッカーのいずれかを動かすことができる、または対象物がうっかり動かされた場合に再度正しい位置に置くことができるために、「パック」と呼ばれる球のための多数のマグネチック・レセプタクルが、対象物にしっかりと取り付けられる。このことは通常艇のハルにパックをホット・グルー・ガンで接着させるマスキング・テープを用いて行うが、他の選択肢も効果的であろう。この方法は、ハルを損傷させずに移動を容易にする間にパックの安定な位置を確実にする。代表的なハル計測活動に対して、熟練者は、バウ、スターン、中央およびポートとスターボードのガンネルにある5つのパックを通常用い、ハルと相対的に同じ位置に球を精密に再配置させる。レーザー・トラッカーは、この基準位置を記憶し、大きな対象物（ハル）を計測する場合には、トラッカー・ヘッドを移動させるこれらの固定点に相対的な場所を計算することができる。

球を用いる別の方法は反対側に点のある棒の端でパックの上に置くことによる。その点をハル上の固定位置に保持している間に球を動かすことにより、レーザー・トラッカーが球の表面上のデーターを記録し、次いでその中心、即ち棒の点の場所を計算することができる。この技術は球の点を取ると呼ばれる。中心上の多くの点に対してこの技術を用いることにより、ハルの中心面をポイント・フィールドと確立したハル座標系に定義することができる。



図H.7.1.1 表面に接着した1列に並べたパックのある49er級

座標系が確立したならば、断面、水線面またはバトック（船尾端部）のいずれかをスキャンするかを選択できる。スキャン・モードで、平面と断面のセットが、開始前に定義されたとおりに、選択され、スキャン球がその平面と交差するときはいつでも、点が記録され、（音を発する）。このようにしてハルと接触している間に平面と交差してジグザグに進むことによ

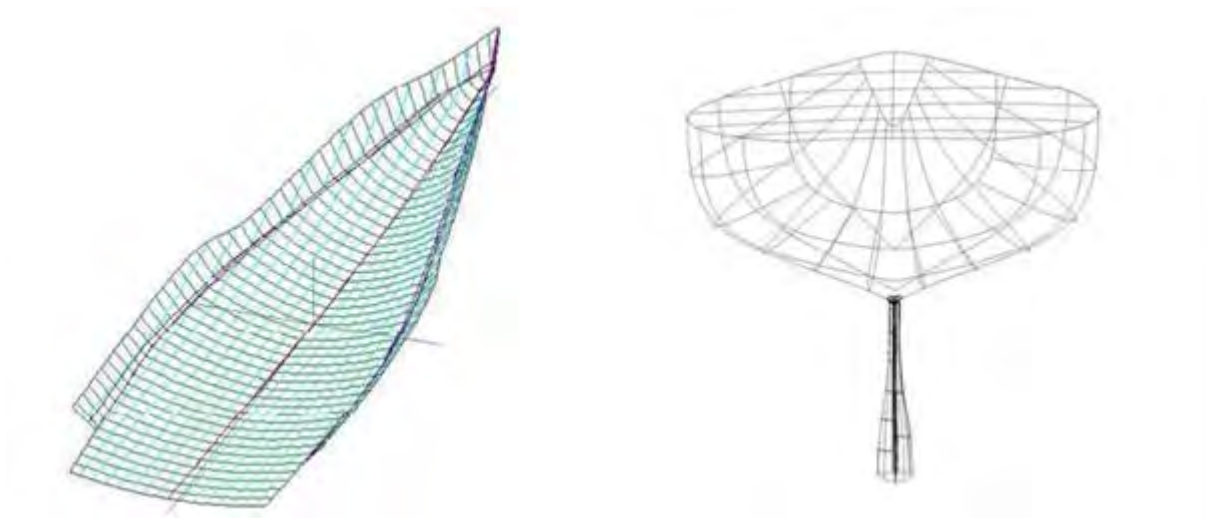
り、断面を作り出すことができ、最終的に選択した間隔での半断面のセットが記録される。パックの位置はそのときに再記録される。

レーザー・トラッカーは、次にハルの反対側をスキャンするために移動することができる。この新たな方向からのパックの位置を記録することにより、特別のソフトウェアで完全な断面のセットを作り出すためにポートとスターボードのデーターを継ぎ目なくつなぎ合わせる。



図H.7.1.2 イングリング級スキャンの準備完了、アテネ2004年オリンピック競技会

クラスでの通常ハル計測について有効で有用であるために、ハードウェアには、あらかじめ得たマスター形状ファイルの表面に対して比較するための点として計測した断面データーを用いるために開発または改良された適切なソフトウェアを伴っていないなければならない。この「マスター形状」は、マスター・プラグ、艇の調査、またはオリジナルの線図から決められることがある。多くのクラスはオリジナルの線図のデジタル版をすでに用いているか（420級、フィン級その他）、デジタル形式に変換プロセスにある（ヨーロッパ級、470級その他）。これらの場合では、デジタル・データー・ファイルからマスター形状を展開することは思ったより容易である。ただし、H節に示すように、ハルの軸系を定義して、計測の許容範囲に適用するための多くの方法がある。したがって、標準計測方法（手で適用するプレートその他）をレーザー・トラッカーで置き換えるためのいかなる試みも、前者を精度よく、一貫して見習うためにソフトウェアと手順の開発を先行させなければならない。



図H.7.1.3 トラッカー計測から明らかにした49er級とイングリグ級（右）のコンピュータ・モデル

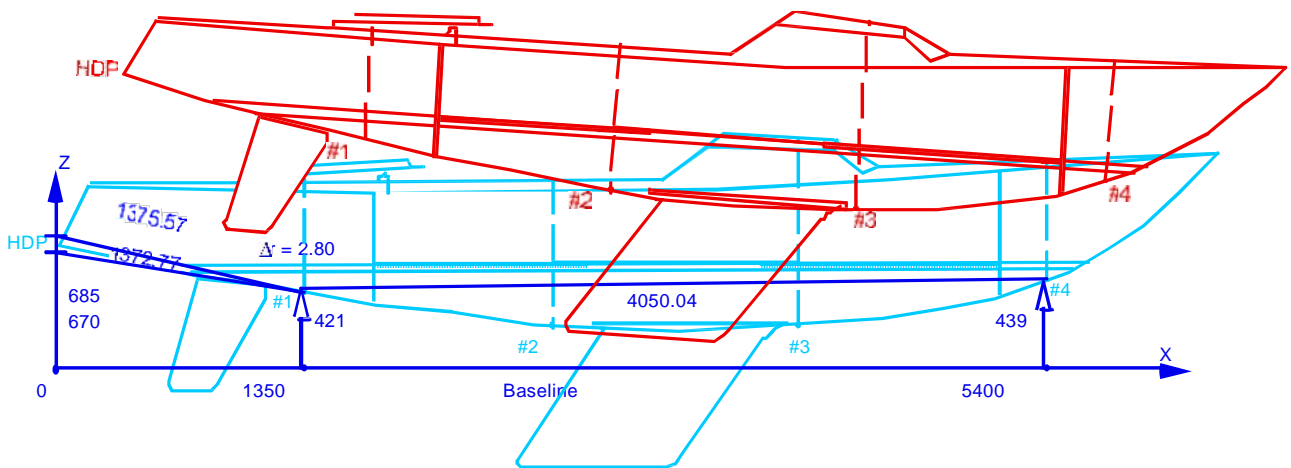


図 H.7.1.4 任意に位置決めしたハルの基準点、赤が決定され、次いでステーション 1 と 4 の点に合わせるために、ハルがソフトウェアの中で移して回転させ、青の座標系の Z 軸上に HDP を置く、即ち、淡青色のハル。HDP での公差は明確にするために大きくする。基準点での公差はない。

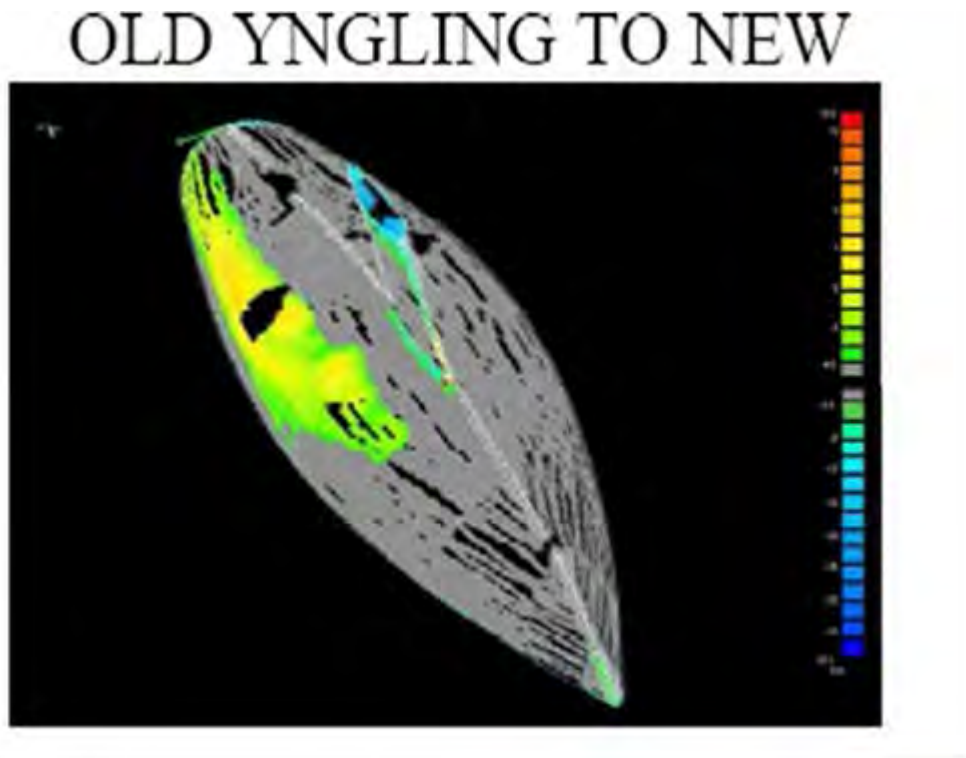


図 H.7.1.5 計測したイングリング級ハルと「マスター形状」との比較。黄色の部分は補修がなされた違いを示す。

H.7.2 トータル・ステーション

「トータル・ステーション」の名称は、光学/電子機器を特徴づけており、その前身、セオドライト（トランジット）として鉛直角と水平角を測定でき、加えてレーザー波測距儀（EDM）を用いて、目標点の距離を数 100 メートルの距離まで測定することができる。角度と距離はトータル・ステーションから調査中の点までが計測され、トータル・ステーションに対しての調査対象の点の座標（X、Y、Z または縦距、横距、高距）は、三角法と三角分割を用いて計算される。

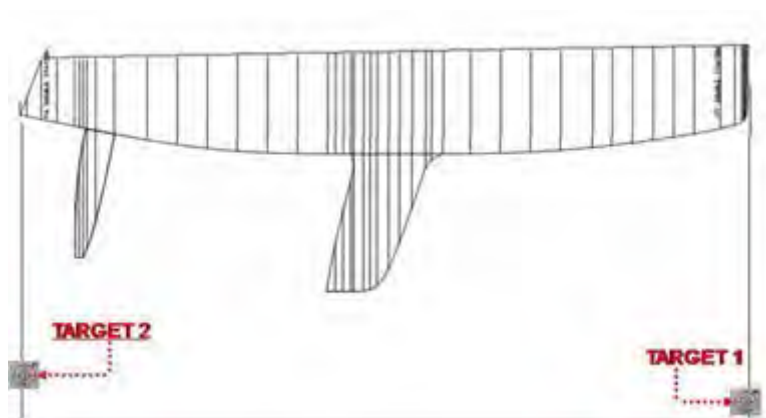


トータル・システムの精密さは、個々のモデルによるが、レーザー光線の反射が弱いことによって低下しない場合、または計測する表面の接線を測定しようとする場合、平均 2 – 3 mm 前後にすることができる。最新のモデルは、ユニットから 30 メートル未満しか離れていない対象に対して 0.5 mm という相当改良された精度を示している。

ユニットは、小さいキーボードから操作し、LCD ディスプレイがあり、機械の内部メモリーに千ポイントのデーターを保存することができる。得られたデーターは、メモリー・カード、メモリー・スティックを用いて、または USB ケーブルを経由して、ブルートゥース接続で、種々のフォーマットで測定後パソコンに簡単にダウンロードできる。

これらの機器は、最初 90 年代の終わりに現れ、現在は世界中のどこでも毎年価格が下がり一般的に利用できる。これらの機器は、世界中で種々の会社で製造され、ほとんどが（そうとは限らないが）測地に用いられている。

ORC は、ハル・オフセット計測についてトータル・ステーション・ベースの方法を試験し、開発し、これらの機器は、地形に関する仕事で用いられる場合よりもわずかに違ったやり方で用いられる。機器がハル計測ステーションを見つけることができるオンボード・ソフトウェアをすべて持っており、ハルの対称面上の線を決める 2 点に対して座標系を決めるからである。



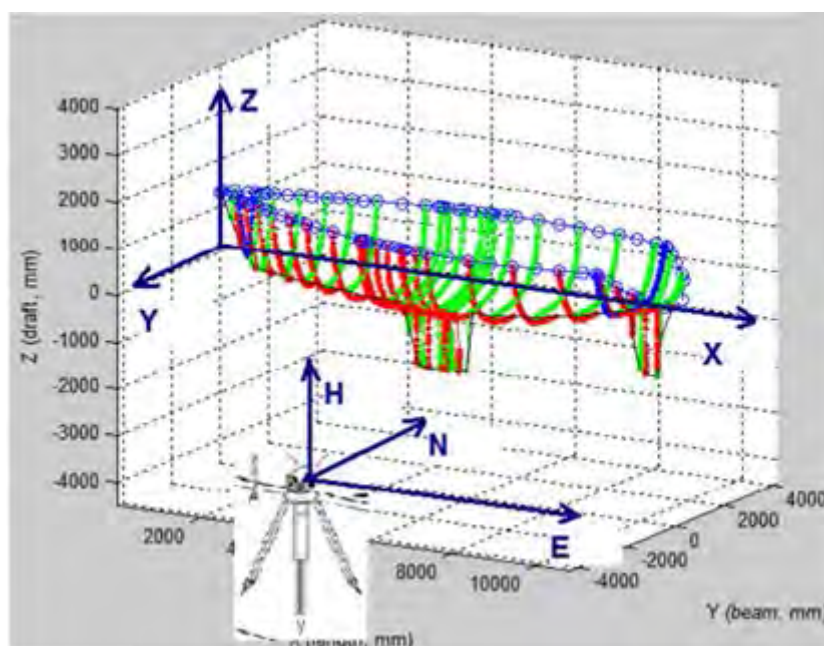
マシーン・ステーションのセットアップは、昔ながらの逆の後方公会法で行われ、基本的には選択した 2 つの基準点の中心にある 2 つの円弧の交点を見つける。同じ機器の最も地形学的適用での基準である高さとして、三脚での「局所」計測を行う必要がなぜないかということである。

特定されて、ターゲットでマークを付けられる基準点は、第一ステーションより眺めて大体はバウ・ナックルとトランサム中心である。これらの基準点は、場合によっては他の場所にあることもあるが、中心（対称）面にあるか、非常に近くにあるとよい。

これら 2 つのターゲットにマスキング・テープの小片を貼ることが、トータル・ステーションを引っ張り出し、据え付ける前に行う第一段階である。最もよいターゲットは、非常に小さいサイズ（約 1 cm^2 ）である。

両方のターゲットが眺めて、測定できそうな位置にトータル・ステーションを据え付けて、スイッチを入れて、ヘッドの最終水平を完了した後、「タイディスタンス」プログラムがリストからコールされる。次に「ポリゴン」を選択し、次いで水平距離（Hdist）、垂直距離（Vdist）、対角距離を測定するために順に 2 つの点を眺める。これはスクリーン上に現れ、2 つの関係のある図をどこかに書き留めなければならない。

今呼んだ水平距離と垂直距離は、艇で用いる座標系を決定する「不動点（固定点）」として、手で入力用いられる。即ち、 $X = 0 =$ バウ、 $Y = 0 =$ 対称面、 $Z = 0$ ほぼ喫水線。したがって、バウでの点は東距（ X ）= 0、北距（ Y ）= 0、高さ（ Z ）= 0 となり、スターンでの点は $X = x(0) + \text{Hdist}$ 読み通り、 $Y = 0$ 中心面にあると想定して、 $Z = Z(0) + \text{Vdist}$ 読み通り。



次に「ステーション設定」プログラムを呼び出し、2 つの基準点を再度眺め、次いでその位置を計算し、残差が納得のいく範囲内にある場合には、「セット」コマンドを起動し、実際の測定が開始することができる。トータル・ステーションは、今セットした新しい座標系に対し指定された角度でセットすることができ、垂直のものは選択したバウとスターンの点間の線を通りぬける。

次の段階は、基準座標をセットアップするために用いた元の点のどちらか一方または両方が見えない場所にトータル・ステーションが再度位置を変えることができるように、艇の周りの他のターゲットを位置付けることである。

次いで、三脚の位置にステーションを取ることであるさらに簡単な段階を行いたいことがあるかもしれない、平面に対し直角の角度でセットし、360、または 200、または 400 機器の設定でセットした度またはグラードまたは他の単位として読む。

水平の角度がセットされたならば、その点は、いつものとおり順に得ることができ、通常機器の右にある垂直の角度ノブを単に動かす。

EDM「トラッキング」モードを起動すると、機械は測定し、ディスプレイに数字の表示をし続ける。反射がない場合には、機械はピーツという音を止める。起動したトラッキング・モードで、三脚の場所からの異なる縦（X）の距離で横のステーションを測定することが可能となり、表示された X（東距）値がユーザーが選択したものとなるまで、垂直と水平のノブを単に調節する。

プロセスは、最初の位置から眺めれる範囲まで、次々にステーションを繰り返す、

三脚はいつでも移動することができ、設定手順によって機械を再調整する。

最初の基準点を用いることができ、追加の基準点（追加した場合には）はチェックするとよい。

「基」点の最小数は 2 であり、ステーション設定に用いることができるのは最大 5 である。

IMS 手順は、ステーションを長さに沿って異なる位置に配置するのは最大間隔 LOA の 5 %（それぞれのサイドで 10 %）で垂直で横のものであるものと記述している。ただし、二重であることを必要とする最小 2 またはそれ以上のステーション、フリーボード（乾舷）の近く、加えて艇の中央部での 1 またはそれ以上を除く。二重のステーションは、計測時にハルのヒール角度をチェックするために用いられ、通常基準系に対して測定したすべて、点の全部を変換して修正することができる。

ORC は現在、全体のハルに対して完全にする必要のある垂直ステーションを置かなければならないので、垂直ステーションによるよりも表すのが相当容易である、アペンデージの水平断面を含めることを検討している。

トータル・ステーションは、走り幅跳びと三段跳びの結果を測定するためにオリンピックで活動中とみなされており、使用の先駆けをして TP52 級を有する ORC では OFF ファイルを現在作成するために数年間用いられている。その使用と手順は、開発途上にあり、ハル上への水平線の病者のような ORC ハルの計測よりもより実用的な作業に用いることができ、アペンデージを置き換えた場合にはチェックし、プロペラ・シャフトを加え、さらにマストが艇上にあるときでも、リグを計測する、