

機械式水密戸の危険について

The dangers of power-operated watertight doors

Gard News 本号では、次の4つの記事で、船内における機械式水密戸の使用に伴う危険（人が扉を通行する際の危険と浸水した場合に船にもたらされる危険）について考察します。機械式水密戸に挟まって乗組員が死傷したケースや、開放された扉や扉の隙間から水漏れが起こって船が転覆・沈没してしまったケースもあります。

水密戸は新しい発明品というわけではありません。蒸気船タイタニック号にも垂直に開閉する水密戸がありました。同船を襲ったかの有名な惨事の場合、扉自体に問題があったのではなく、氷山との衝突によって船体が大きく切り裂かれて、区画隔壁——隔壁甲板に連結していない区画隔壁、今日では連結していることが必須——が破壊されたことが問題だったのです。

船舶は、水密隔壁で分割することで、座礁や衝突による浸水から船体を守っています。水密隔壁が多ければ、水面下の船体部分に穴が開いても、船舶が転覆・沈没する危険性は低くなります。しかし、隔壁が多いと、船内のスペースが有効に使えなかったり、船員たちが分割された場所を行き来しにくくなります。そのため、区画隔壁には水密戸が設けられています。水密戸は、船を保護するという観点から、ブリッジから閉鎖操作ができるようになっています。乗組員が通行する際や非常時に避難路を確保する際には、ローカル側で開閉が行えます。船舶の保護が重要であるため、ブリッジで全ての扉の開閉が制御できるようになっているのです。

多数の水密戸

水密隔壁に設置する水密戸の数は増えていきます。ここ数年、大型クルーズ船では水位線下に位置する機関室、執務スペース、居住区などに標準で30~40の扉が設置されるようになってきており、その数は、大型船になるほど増える傾向にあります。5,000人以上収容できる最大級のクルーズ船では、2,000人以上のス

タッフが働いています。上方の甲板はショッピングモールやカジノ、ホール、特別室やレストラン等に使用され、下方の甲板は食品の貯蔵や運搬、ゴミ処理、下水処理設備、洗濯室等の設備や、乗組員の船室に使用されます。水位線や隔壁甲板より下にあるこれらの場所は、水密戸が設けられた隔壁で分割されており、浸水のおそれがある場合には、2トンの力で閉鎖できるようになっています。現在建造中の2隻の大型クルーズ船の場合、これまでの最大数となる74もの水密戸が設置される設計仕様となっています。

ほとんどの貨物船の機関室は、タンクトップから煙突まで吹き抜け構造になっていますが、大型クルーズ船の場合、上方の甲板は乗客が使用するため、機関室は最下部の甲板2層分のスペースに収容されています。そのため、機関室の天井は低く、奥行きが長くなっているのが特徴で、大型クルーズ船の中には、奥行き200メートルもの機械室内に、主機、ディーゼル発電機、船上に必要な全ての補助設備や支援装置などが収容されているものもあります。このように長さのある機関室は、貫通する5~6つの横置水密隔壁の全てに機械式水密戸が設置されています。予備として2つの機関室を備えている船舶の場合には、縦通隔壁があるため、さらに多くの水密戸が存在します。このように機械類の設置場所では、船員たちは業務の遂行に際して多数の扉を往来する必要があるため、その都度、扉の開閉の安全手順を実行しているのです。何度も往来しなければならぬので、安全手順を省略した

り、扉が完全に開く前に通過したりする者が出てくる可能性があります。

RO-RO 客船や大型補給船、特殊用途船、起重機船、石油探査船、移動式海洋装置にも多くの扉が設置されています。

水密戸は、船の安全性を高めるといふ触れ込みではあるものの、扉が設置された隔壁は水密構造であることが求められ、さらに、隔壁に設置されたあらゆる扉や開口部が水密性の保持という点で弱点となってしまうことは覚えておくべきです。

水密戸については、船員の通行時や船内への浸水が起こった場合の安全性を確保するという観点から、SOLAS 第 2 章「構造—構造—区画および復原性並びに機関および電気設備」において各種事項が規定されています。これには、扉、操作室、警報および信号、停電時の予備電源、非常時の開動作に関する安全な操作についての規定や指示が記述されています。

水密戸に関する SOLAS 規則

以下で説明する SOLAS 規則は、1992 年 2 月 1 日以降に建造された船舶に適用されます。

SOLAS 第 2-1 章のパート B では「区画と復原性」について規定しています。第 4 条 3 項では「船舶は、その意図するサービスの本質を考慮して、できる限り効率的に区分するものとする」という一般的な要求事項が規定されています。区画と損傷時復原性に関する新しい SOLAS 規則は、確率的概念に基づいているためやや難解であるものの、簡単に言うならば、船の全長が長くなればなるほど多くの乗客が運べるが、より多くの区画が必要となるということです。横隔壁についてはパート B-2 の第 12 条で、船首から一定の距離離れた位置に船首隔壁を設置し、機関室の両端に隔壁を設置しなければならないと規定されています。

隔壁甲板の下の船首隔壁に扉や開口部を設けることはできません。しかし SOLAS では、機関室の隔壁は隔壁甲板に達するところまで水密性が保持されていることと、機械室が貨物スペースや居住スペースと隔離されていなければならないことを除いては、詳細なところまで規定していません。

第 13 条 1 項では、客船の隔壁甲板下の水密隔壁にある開口部について、「水密隔壁の開口部の数は、船舶の設計と適切な動作に支障のない範囲で最小限に留めるものとする」と規定しています。しかし結果的に多くの扉を取り付けられた場合でも、船の設計者と設計承認者は、この「最小限に留める」という要求事項を果たして遵守しているのでしょうか。

貨物スペースを分割する横隔壁には原則として扉の設置が禁止されているにもかかわらず、「主管庁が不可欠であると判断した」場合には、取り付けることが可能であるとされています（第 13 条 3 項および第 13 条 9.1 項）。

第 13 条 1.1 項では貨物船および客船における隔壁の開口部について規定しており、「水密区画における開口部の数は船舶の設計と適切な動作に支障のない範囲で最小限に保つべきである」という確固たる規定で始まっています。

このようなことから、規制機関は当初から水密戸を危険性のあるものとして認識し、区画隔壁には可能な限り少なく設置することを意図していたことが分かります。しかしこれは、旗国の方針によって、比較的簡単に緩和されてしまうことがあるのです。

SOLAS 規則に加えて、1966 年の満載喫水線条約の第 27 条では、損傷および浸水後の船の復原性に関する要求事項が規定されています。



高さ 2000mm、幅 900mm の油圧式水密戸。クルーズ船の隔壁甲板のすぐ下の甲板の船員室へつながる廊下に取り付けられている。埋込み式の扉であるため、下部に凹部がなく、使用者の妨げにならない。下部のハンドルは通常操作で、上部のハンドルは非常時の手動開放操作。

海洋施設の水密戸

移動式海洋施設には、数多くの機械式水密戸があり船と同様の問題を抱えています。しかし、規制は SOLAS 条約よりも弱く、また国際的な要求事項も存在しません。移動式海洋掘削装置に対しては、2009 年移動式海洋掘削装置の構造設備規則 (MODU コード) がありますが、SOLAS ほど詳細ではなく、ほとんどの旗国は単なるガイダンスとみなしています。旗国と大陸棚国は独自の国内規制を持ち、その中には SOLAS の原則を採用しているものもあります。

海洋施設の水密戸は、火災やガス検知など人間に副次的な危険がある場合に、遠隔操作モードの時と同様に作動して閉鎖されるようになっていきます。開動作の後に、操作ハンドルを放すと、扉は直ちに閉じ始めます。

しかし、ノルウェーの官庁は海洋施設に対する新しい規制を、船舶に対するものより厳しくしようとしているようです。依然として、既得権条項の恩恵を受けて旧式の水密戸の操作システムを使い続けている船舶もあります。しかし、ノルウェーの管海官庁は、移動式海

洋施設に対しては、最新の規制を遵守して検査合格証を 5 年ごとに更新することを求めています。最新の検査合格証の発行後に規制が変更された場合には、ギャップ分析報告書を作成の上、官庁に提出しなければなりません。

水密戸の操作と制御

機械式水密すべり戸には、油圧式と電気式があります。油圧式の場合、全ての扉を閉鎖できる 2 つの独立した電源 (それぞれにモーターとポンプがある) を備えるか、または各扉が独立した油圧システムを備えていなければなりません。どちらもケースでも、不利な方向への 15 度の傾斜に対して少なくとも 3 回 (閉-開-閉) の操作が可能で蓄えられる油圧蓄電池が必要です。一方、電気式の場合、各扉は独立した電気システムとモーターを備え、それらは非常用電源から自動的に供給されるような電源を備えている必要があります。主電源または非常用電源のどちらかに障害が発生した、油圧式の扉と同様に、少なくとも 3 回の操作が可能でなければなりません。油圧式の場合の油容器には低位警報が、電気式の場合の蓄電池にはガス圧低下警報が備え付けられます。また、電気システムには、電源供給用の監視システムと警報システムが設置されます。

隔壁甲板下にある水密戸はブリッジから閉鎖操作が可能であり、ローカル側でも開閉できるようになっています。貨物船でも客船でも、水密戸の中央操作制御盤はブリッジにあります。この制御盤にはそれぞれの扉の位置を示す略図が備えられています。そこでドアの開閉の状態を視覚的に確認することができ、赤ランプは扉が完全に開放されていることを、緑ランプは完全に閉鎖されていることを示します。遠隔操作で閉鎖が行われた場合には、閉鎖動作中であることを赤ランプの点滅で示します。残念ながら古いシステムでは赤・緑のランプについて定義がありませんでした。SOLAS の第 2-1 章、第 13 条 8.3 項には、「中央操作制御盤による遠隔操作では、いかなる

扉も開けないものとする」と明確に規定されています。古いシステムはこの規制に従っていない可能性があります。

規制では、船の安全確保の観点から、機械式水密すべり戸の単一の電氣的不全や制御システムの不良によって、閉鎖された扉が開くことがないように予防策を施すことも要求しています。電気モーター、回路、測定器、警報を浸水から保護し、電源喪失の場合は中央操作盤の音声警報や視覚警報が発動するようにします。

中央操作盤上で非常に重要なのは「マスターモードスイッチ」という装置で、これには「ローカル操作」と「扉閉動作」（ブリッジでの遠隔操作）の2つのモードがあります。「ローカル操作」モードでは人が通行する際、全ての扉をローカル側で開閉することが可能です。ただし、このスイッチがブリッジ側で「扉閉動作」モードに切り替えられると、全ての開放された（または開放途中の）扉は、自動的に閉鎖されます。SOLAS 第13条 5.1項では、船舶が直立状態にある場合には、ブリッジでの操作で全ての機械式水密戸を60秒以内に一斉閉鎖できる機能を備えることを義務付けています。遠隔操作で扉が閉鎖される際には、扉が動き始めてから完全に閉まるまでの間、5～10秒間隔で、扉の位置で明瞭に聞き取れる警報を鳴らすようにしなければなりません。上述のとおり、ブリッジからの遠隔操作では扉を開放することはできないものの、「扉閉動作」モードでは、避難者の安全確保のため、ローカル側で扉を開けるようになっており、ローカル側で操作レバーを放すと、自動的に閉じ始める仕組みになっています。

以前には、甲板部士官らが、水密戸の全体管理はブリッジ側で行うべきであると理解して、確実に水密戸を閉鎖しておくために、マスターモードスイッチを「扉閉動作」、すなわちブリッジ操作にしていたということがありま

した。しかし、これは間違いです。SOLAS 第13条 7.8項には、「『マスターモード』スイッチは通常、『ローカル操作』モードにするものとする。『扉閉動作』モードは非常時または点検目的でのみ使用するものとする。『マスターモード』スイッチの信頼性は慎重に考慮しなければならない」と記載されています。



クルーズ船の船員エリアにある幅900mmの水密戸。AHタイプの扉で40mm厚の枠があり、セメントの廊下に埋め込まれている。甲板上に凹部が生じない最新式の埋込み式扉。

ローカル操作では、各水密戸を扉の両側から開閉動作させることができなければなりません。船が直立状態にある場合、扉は必ず20秒～40秒で閉鎖するものとされています。操作ハンドルは、取付高さを床1.6メートル以上とし、通行者が誤って閉操作しないで両側のハンドルを開位置に保ったまま通行できるように配置することとされています。操作ハンドルの動作方向は、扉の動作方向と一致させ、それを明示することとされています。

また、各扉は手動操作可能な仕組みを組み込み、非常時には扉のどちら側からでも手動で

開閉できるものでなければなりません。加えて、客船の場合には、隔壁内の水密戸は隔壁甲板上のアクセス可能な場所から手動で閉じられなければなりません。また、その位置において、扉の開閉状態を明示することも必要です。船が直立状態の場合、手動による扉の閉鎖に要する時間は90秒を超えてならないとされています。

水密戸の定期操作と検査

SOLAS規則第21条のパートB-4では、客船の水密戸を毎週の訓練の際に操作すること、また、航海が1週間を超える場合は出港前にその訓練を終えておくことを求めています。さらに、航海中には、水密隔壁の全扉を毎日操作することも義務付けています。航海中、水密戸、全装置と表示器は、1週間に1回以上検査しなければなりません。この規制が要求する訓練と検査の結果はすべて、発見した不備事項の詳細と併せて、航海日誌に記入するものとされています。

水密戸は、その重要性から、毎年、船級、安全構造および満載喫水線証書の更新検査時に、サーベイヤーによる入念な検査を受けなければなりません。

海上では、扉は常時閉めること

SOLAS規則第22条のパートB-4「浸水の予防と制御等」では、海上では全ての水密戸は閉鎖しておかなければならないとしています。ただし、例外として、乗客や乗組員の通行時や扉のすぐ近くで作業を行う必要がある時は、開放することが認められています。扉は通行や作業が済んだら直ちに閉鎖しなければなりません。規制では、1.2メートル幅を超える扉に対して特に厳しい規定を設けています。また旗国政府は、絶対的に必要であると考えられる場合や、船上の機械類を安全かつ効率的に操作するために不可欠であると判断した場合、または、乗客が乗客エリア内を自由に通行することを目的とする場合には、「船の操

縦と生存性への影響を慎重に考慮した後のみ」という条件付きで、特定の扉を航行中に開放しておくを認める場合があります。ただし、この場合、開放が許可された扉は、船の復原性情報に明示し、いつでも直ちに閉鎖できる状態にしておくものとされています。

旗国政府が不可欠と考える場合（貨物船用 SOLAS規則第13条1.4項、客船用第13条9.1項）、貨物スペースを分割する水密隔壁にのみ水密戸を取り付けることができます。これは、航海の開始前に閉鎖して、航海中は常に閉鎖しておかなければならないとされています。この水密戸は遠隔での操作は行わず、許可なく開放することを防止するための装置を備えなければなりません。入港中に扉を開放した時刻と出港前に扉を閉鎖した時刻を航海日誌に記入するものとされています（第22条6項および第24条3項）。

IMOは、客船の操縦性と生存性に対する水密戸の開放による影響を考慮して、SOLAS第2-1章、第22条4項に関連して、MSC.1/Circ.1380「航行中開放状態にある客船の水密戸に対するガイダンス」を発令しました。このガイドラインの冒頭には、扉の数を最小限に留めるべきであるとする明快な要求事項、すなわち、「水密隔壁は船の復原性と生存性にとって必要不可欠であり、衝突や座礁後に船体に損傷を受けた場合に人命、資産、海洋環境の保護をもたらす。客船において開放される水密隔壁の数は、SOLAS規則第2-1章、第13条1項に従って最小限に保たれるべきである」と規定されています。さらに、ガイドラインでは、船に構造的な損傷が起こった場合に水密戸が閉位置にあることの重要性について、「水密戸の重要性についての認識不足は、完全な水密性に大きな影響を与え、破滅的な結末をもたらすことがある」と記載されています。

同ガイドラインでは客船の浮遊度評価の手順を規定し、どのような場合に水密戸が開放状態にされるか（またはその可能性があるか）に従って、A、B、C、Dに分類しています。簡単に説明すると、Aタイプは航行中に開放状態にすることが許可されているもの、Bタイプは原則として閉鎖しておく必要があるが、すぐ近くで作業する場合に開放することが許可されているもの、Cタイプは原則として閉鎖しておく必要があるが、通行の後直ぐに閉鎖することを条件に開放することが許可されているもの、Dタイプは出航前に閉鎖し、航行中も閉鎖したままにしておくもの、となります。

このガイドラインには、旗国政府が航行中の扉の開放についての決定を行う際に作成された、便利なチェックリストも記載されています。船舶の指示書には、上記の分類に従って扉をどのように操作すべきかの規定を盛り込まなければなりません。該当する分類とその意味を、各扉の両側または扉に隣接した隔壁に明示しておくべきです。各扉の該当する分類は、航海ブリッジの中央操作盤にも表示しなければなりません。

水密戸と火災予防

SOLAS 第 2-2 章、パート C では火災の鎮圧について扱い、第 9 条では火元を封じ込める方法、船を温度境界や構造的な境界によって分割する方法について規定しています。隔壁甲板の下に取り付けられた水密戸は、火災試験方法コード（IMO FP 46/5）に基づく試験は必要ないため、鋼製（非絶縁）であるのが一般的です。

Gard は、鋼製水密隔壁に設置された水密戸が火災の際に 1 つの弱点になっていると認識をしています。それが通常絶縁されていないからではなく、扉が閉鎖されていないと、煙や、有毒ガス、火が扉から船内の他のエリアに漏れ出してしまうからです。船の機関室で火災

が起きた際、船員が水密戸を閉めずに機関室を離れてしまったという事例がありました。

火災等級が A-0 よりも高い場合、隔壁甲板より低い位置に隔壁を設置することが求められています。A-15、A-30、A-60 の場合、水密戸は絶縁されている必要はありません。独立した防火扉を水密戸に順次取り付けて、求められる火災等級を達成することもできますが、そうしたことは要求されていないようです。

旧式の設計の水密戸の場合、鋼と鋼が面しているため、完全な水密状態であるとは言えない場合があります。最近の扉はゴム製の密閉材が圧縮して閉じる構造になっていますが、ゴム製密閉材の火災耐性について、厳密な要件はありません。例えば、機関室で火災と浸水が同時に起こることは、規制機関が危険性を考慮する際には考慮に入られていないようです。