

客船の安全性に関する最新規則動向と安全設計について

Latest Rule Trend About the Safety of the Passenger Ship and Safety Design



佐藤 功^{*1}
Isao Sato

小佐古 修士^{*1}
Osao Kosako

末永 一夫^{*1}
Kazuo Suenaga

1970年代初頭に登場したクルーズ客船は、その後右肩上がりに乗客を増やし、投入される船型の大型化も著しい。当社で2004年に建造されたダイヤモンド・プリンセスのシリーズ船は11万6千総トンであり、当時は世界最大クラスの客船であったが、2009年末には22万総トン、乗客乗員合わせて8千人以上の搭載人員を誇る超大型船も登場している。これほど多数の乗船者を守るために要求される安全性は、一般商船とは別の基準による高度なものとなっている。ここでは、大型の外航クルーズ客船を対象に、その安全設計の基本となる海上人命安全条約(SOLAS 条約)に沿って、特に設計に大きな影響を及ぼす区画・復原性、防火・脱出及び救命設備に対する安全基準の概要と、現在、国際海事機関(IMO)で議論されている火災事故後の安全確保などを含む追加規則について、その背景や実際の適用例を挙げて紹介する。

1. はじめに

船舶の基本的な安全要求を定めている SOLAS 条約は、1912 年、北大西洋のニューファウンドランド沖で発生した英国籍旅客船タイタニック号の氷山との衝突沈没事故を契機に、国際会議が開催されて採択されたことに始まる。その後 1974 年に全面改正がなされた後は、海難事故への対応に合わせた内容の充実、技術の進歩による規則の高度化等によって順次改正がなされている。一方、最近採択された客船特有の SOLAS 条約改正の中で特記すべき事項には、確率論的な新しい損傷時復原性規則、居室のバルコニーの防火措置の追加、Passenger Ship Safety の考え方⁽¹⁾に基づいた“自力航行で帰港できるシステム”の追加などがあるが、本稿ではこれらの最新情報を含めながら各規則の安全基準の概要と、設計面へのインパクトを紹介する。



図1 ダイヤモンド・プリンセスとサファイア・プリンセス

*1 船舶・海洋事業本部船舶・海洋技術部主席技師

2. 区画及び復原性規定

2.1 損傷時の復原性

乗客乗員の生命を守るためには、損傷時の復原性が重要なことはタイタニック号の例を待たずとも明らかである。これまでの客船の損傷時復原性の考え方は、船の長さ・旅客定員・客船らしさを表す数値などの諸量から浸水する区画の数が定められ、これに耐えうる復原性能を有するという、いわゆる決定論的な手法で水密隔壁の配置が決められてきた。すなわち、大型の客船では、通常、2区画もしくは3区画の浸水に対して、その浸水の間段階及び浸水最終平衡状態で、規則に規定された十分な残存復原性を有することが求められ、これを満足するように重心位置を確保し、水密隔壁の位置、隔壁甲板高さなどが決められる。また、浸水後の横傾斜を防ぐために、非対称浸水を極力避けるような諸室配置や横傾斜を戻すクロス・フラッディング装置などの設備、浸水を拡大させないための通路配置や部分水密隔壁・戸の配置など、海面近くの水密区画の配置設計については損傷後の浸水状況を十分考慮する必要がある。

2009 年1月1日より適用されることになった損傷時復原性規則の全面改正で、損傷と残存の確率論的な考え方が客船にも導入された。これはそれまでの決定論的な旅客船基準と、それと同等とされる従来の確率論的な旅客船用の基準、そして先に改正された乾貨物船用の確率論的な基準を調和させて作られたものである。この客船の新基準が要求する本船が満足すべき値には、本船に搭載される救命艇の搭載人員が織り込まれており救命艇の数を増やせば要求値が小さくなることになっている。一方、確率論的な基準により、区画配置の自由度が増したものの、浸水後の生存確率(到達区画指数)を得るための配置的な制約や、“自力航行で帰港できるシステム”への対応で、機器室を冗長性の面から左右舷に分割することで生じる非対称浸水への対策など、客船の下層部の配置設計には、これまで以上に工夫と改善が必要になっている。

2.2 非損傷時の復原性

非損傷時復原性については、上記の損傷後の復原力を担保するために十分な初期復原力をあらゆる運航状態で有しておく必要があることに加え、IMO では風浪の影響を考慮したいわゆる Weather Criterion の考え方を織り込んだ非損傷時復原性基準(2008 IS Code)が現在も協議されている。その一部であるPart Aの強制化は、2008 年 12 月の IMO で採択され、2010 年7月1日以降に建造される、長さ 24m以上の旅客船・貨物船に適用となる。

この非損傷時復原性の基準は、喫水線上を含む主船体の形状によって大方が決定されてしまう傾向であり、初期設計時の喫水線上の外観形状にも十分な配慮が必要となる。

なお、風や波による横揺れ・横傾斜を考慮したこの考え方は、わが国の研究成果を基に基準化されたものだが、最近のパラメトリック横揺れなどの復原力変動に関する最新研究成果の基準化に向け、引き続きIMOの復原性・満載喫水線・漁船安全小委員会(SLF)にて検討中であり、この動向にも注意が必要である。

3. 防火及び脱出規定並びに救命設備

3.1 防火要件

SOLAS 規定により旅客数が 36 人を超える客船は、船体・船楼・甲板室がA-60 級の防火構造により長さ 40m 以内の主垂直区域に分割されている。通路上で防火仕切となる箇所などには多くの大型の防火扉が設置されており、火災の際には自動的に閉鎖され、火災を1つの防火区画内にとどめ、人員はこの区画から速やかに避難するという思想で規則化されている。

また、この隣接区画との境界となる防火隔壁は、隔壁甲板下の水密隔壁と極力同一線上とする必要がある。区画長さは、いくつかの条件の下、水密隔壁と一致させるため 48mまで広げることができるが、ひとつの甲板における主垂直区画の総面積は、 1600m^2 以下でなければならない。したがって、最大区画長さは、船幅にも大いに影響されることとなり、船幅が拡大すればその分許容最大区画長さは減少する。

図2に示すようなショーラウンジやダイニングなどの大型公室も防火区画をまたがるデザインは難しいため、この制限内で計画しなければならない。

客船には膨大な空調用ダクトが船内に張り巡らされているが、これらのダクトを介して火災が他の防火区画に伝播しないように、空調システムの給排気系は、各々の主垂直区画内でクローズサイクルを形づくるように計画されるのが一般的である(図3)。

各部屋に使用される内装材や家具などにもその場所の防火カテゴリーに従い、不燃材の要求、可燃材の総量規制などのきめ細かい規則要求が定められている。

船内の各所には二重系統の火災探知機を設置し、異常発生時には乗組員が常時監視している集中監視室で、即座に火災場所を特定できる仕組みになっている。

消火装置としては、客室、公室などには自動スプリンクラーや射水消火装置を装備し、火災時に自動的に初期消火ができるようになっている。また、3層以上の吹き抜けを有するアトリウム(図4)などを設ける場合は、煙探知機の装備や排煙装置などの防火のための各種要件が課せられる。

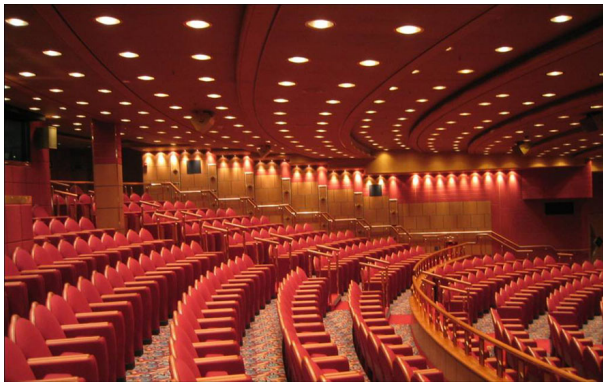


図2 大型公室の例(ショーラウンジ)



図4 吹き抜けのアトリウム

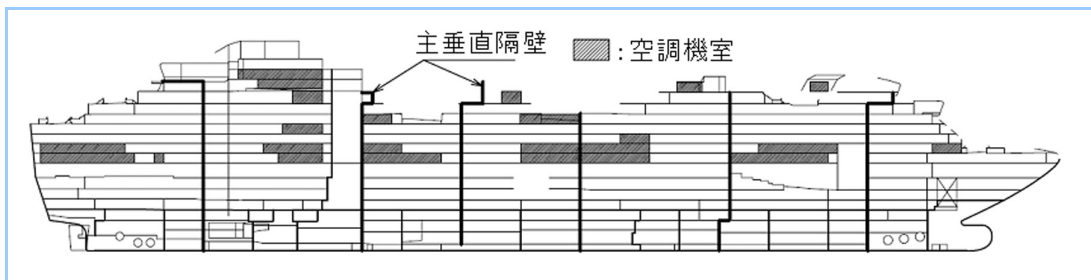


図3 主垂直区域と空調機室の配置例

近年の規則改正で特記すべき事項に、居室バルコニーの防火措置の追加がある。居室バルコニーにおいて、床材等を難燃材とし可燃物の使用を制限するか、又は火災探知機及びスプリンクラーなどの消火設備を設置するように要求している。

3.2 脱出規定

緊急時に乗客、乗員が今いる場所から安全に救命艇まで避難できるよう、脱出経路にも客船特有の規定がある。各場所から、避難路として防火壁で囲われた階段室を、救命艇に乗艇するための集合場所まで、各水密区画、防火区画ごとに連続して設置する必要がある。この階段室は、タワー状の防火トンネルを形づくっており、乗客乗員が一度階段室に避難すれば外に出ることなく火災から守られて、安全な場所へ到達できるようになっている。また、当該場所からは少なくとも二系統の避難経路を設置しなければならない。さらに、行き止まり通路の設置禁止や階段室と居室や機器室などが直接ドアで接してはならないなど、細かく要件が規定されている。

階段室の幅や広さについても、乗客、乗員ごとの避難人数を基に決定規準が定められており、人が昼間あるいは夜間にどこに何人いるのかを想定して、階段室サイズが決められるので、初期配置計画時から階段室については十分検討しておかなければならない。

フェリーのようなRORO旅客船では設計の初期段階で避難解析を実施し、実行可能な限り混雑が排除され、避難経路配置が柔軟性を有していることを示すことが求められている。一般の客船においても、設計の段階で時間領域数値シミュレーションによる避難解析を実施することが安全性の検証の高度化として望まれる。IMO から暫定避難解析指針が出されており、この避難解析に対応するいくつかのシミュレーションプログラムも開発されている。我が国では(独)海上技術安全研究所により避難解析プログラムが開発されているが、これを用いて 4000 人以上の乗船者を有する大型クルーズ客船での試算が実施された。このシミュレーション結果では、対象船は避難解析指針に示される総避難時間の規定を十分満足することが示されている⁽²⁾。

3.3 救命設備

基本的には復原性・防火規則を十分に満足させた大型客船は、船自体の安全性が確保されていることになるが、万一、退船を余儀なくされた場合に備え、乗客乗員を合わせた総乗船人員に応じた救命艇あるいは救命いかだが両舷に搭載されている。SOLAS 規定では、救命艇で人員の 75%以上、救命いかだで 50%以上、両方を足すと総乗船人員の 125%分以上の人員搭載能力を要求している。

現行規則では後で述べる代替設計の場合を除き、救命艇の1隻当たりの最大搭載人員は 150 人と定めており、例えば、総乗船人員 4000 人の大型クルーズ客船の場合、少なくとも片舷に 10 隻もの救命艇を搭載することになる。それに加えて救助艇や救命いかだ、海上脱出装置などを各舷に装備することになるので、舷側の装置配置や外観にも大きな影響を及ぼすことになる。図5に救命艇の配置の例を示す。



図5 大型客船の外観と救命艇の配置

救命艇の積付け高さについても規定にあり、最小航海喫水にて海面から救命艇の進水装置の上端までの距離は、実行可能な限り 15m以下とすることになっている。ただし、この規定は、船の大型化や救命艇の波浪影響などを考えると必ずしも合理的な数値とは言えず、実際の設計では個船ごとに承認機関との協議となる場合が多い。

一方、救命設備に関しては、最近の規則改正により、安全性を確保した上での代替設計要件が追加された。代替設計の評価方法は未だ確立されていないが、前述の救命艇の最大搭載人員の増加なども認められる方向であり、今後の客船設計に大きな影響を与える可能性がある。

4. 客船規則の最近の動き

防火関係規則の SOLAS 第 II-2 章に客船に関する新しい要件として第 21～23 規則が追加され、2010 年 7 月 1 日以降に建造される全ての客船に適用されることとなった。その中でも以下に示す第 21～22 規則については船長 120m 以上、又は 3 以上の主垂直区域を有する客船への適用が義務付けられ、設計面での影響が大きい、その要件は次のとおりである。

第 21 規則: 所定の被害範囲 (Casualty Threshold) までの火災事故であれば、船舶は自力で最寄りの港まで帰航できる各種機能の冗長性を備えること及び乗客の安全場所 (Safe Area) を確保すること

第 22 規則: 所定の被害範囲を超える火災事故が発生した場合も避難及び退船に必要な装置は機能すること

同時に第 II-1 章 8.3 で規定される一つの水密区画の浸水被害においても冗長性を備えることを考慮しておく必要がある。

当社が建造したダイヤモンド・プリンセスも含め、昨今建造された大型客船の設計思想は被災時に想定される甚大な被害への対策として、ルール要件以上の安全設備の装備や機能の冗長性を担保しているのが現状である。しかしながら、新規則の出現によりこれまでは自主的に運用されてきた安全強化策は配置設計と機能設計の両面で抜本的に見直すことになり、ルールの解釈次第では船主や造船所の双方にとって新造船建造への経済的な負担が増大する。IMO 防火委員会の場でクルーズ業界団体と各国代表の間で議論が交わされた結果、最終解釈は大手船社の最新鋭客船の安全強化思想をベースとし、配置設計の面では機器の配置等への工夫が必要となるが、冗長性のための予備機器の装備については、現状の設計思想から大きく逸脱するという心配は避けられた。以下、特に適用に際し複雑といわれている第 21 規則について、設計上の評価ポイントのいくつかを述べる。

(1) Casualty Threshold について

火災被害については固定消火設備 (自動スプリンクラー消火装置、又はガス消火装置) を装備する大半の区画において発生する火災は、発生区画を囲う A 級鋼壁内に限定されることとして扱うために被災範囲が小規模に限定される。しかし、固定消火装置の設置が義務化されていない防火カテゴリー 10 で定義される空調機室等の火災発生を想定する場合には、その区画を囲う最も近くの A 級隔壁までを損傷範囲として想定することになり、具体的には火災発生区画の前後・左右・上方向に配置される区画までもが被災区画として各装置 (含む配線類) が損傷するものとして扱う。空調機器室は背高機器を配置する都合上、複数デッキを貫いて区画が形成され、更に通風ダクトを介して上下の複数デッキと連結している。すなわち、固定消火設備がないという条件での被害想定は、当該区画を大きく超えて隣接する広大な被災範囲を想定する必要がある、防災設備の機能を保持するためには配管・配線設計に特別な注意を要する。

(2) 推進装置の二重化について

一般に客船の推進装置は二軸以上の仕様としており、浸水・火災損傷時の冗長性を満足させるためには主機を含む軸系及び燃料系補機を水密兼耐火壁で 2 の区画に仕切ることになる。電気推進装置やポッド推進装置が採用される場合では、機器ごとに小区画に分散配置されているので、各区画を 2 分割しても損傷時の非対称浸水による復原性能への影響は比較的に軽微だが、主機直結の軸推進システムを採用する配置では、主機を含む大きな区画を分割することから損傷時の復原性能確保の対策が重要となる。また、推進機器仕様や燃料タンク容量は、本船が片肺で最寄りの港へ Beaufort 8 の海象で船速 6kt 以上で帰港できることが条件となっており、航続距離は本船のサービス海域から判断し船主と契約条件の一部として合意しておく必要がある。

(3) Safe Area の機能について

被災により本船上での生活場所を失った乗客に対して、帰港するまでの一時待避場所として Safe Area を提供する必要がある。客室が使用ができなくなった乗客に対し、公室を Safe Area として開放することになるが、Safe Area の床面積の基準は最低でも1㎡/人、帰港までの時間が 12 時間以上の場合2㎡/人が必要となる。(1)項で述べた広大な被災範囲を含め全ての被災ケースを分析し十分な広さ、もしくは数の公室を準備できることを配置上で確認する必要がある。Safe Area の生活環境として、最低限の照明・通風の機能はもとより、医療設備、衛生設備(トイレは 50 人/個)、飲料水(3 L/人/日)、食糧(非常食も可)なども提供できることが具体的な要件である。

5. まとめ

客船の安全に関する SOLAS 規定は、近年大きく変わってきており、将来的にも更に強化されようとしている。今回述べたように、客船の安全に関する規則や設備要件は多岐にわたっており細心の注意が必要である。特に大型クルーズ客船の設計への影響は大きく、今後とも規則動向もふまえ、顧客のニーズと調和させながら、より安全で魅力あるクルーズ客船を提案していきたいと考えている。

参考文献

- (1) 太田 進 ほか, “クルーズ時代に対応する新しい客船安全基準”, KANRIN(咸臨) 17 号 (2008) p.7 ~12
- (2) 宮崎 恵子 ほか, Application of and Consideration to the IMO guidelines for Evacuation Analysis for Passenger Ships, 2nd International Maritime Conference on Design for Safety, 2004 年 10 月