

「シンクロセーフコンタクト」搭載 非常停止用押しボタンスイッチ (φ22, φ30)

Emergency Stop Pushbutton Switches (φ22 and φ30) Integrating “Synchro Safe Contact”

町田 謹斎 MACHIDA, Noriyoshi

野村 浩二 NOMURA, Koji

下山 栄治郎 SHIMOYAMA, Eijiro

各種装置・機械に使用される操作スイッチの中でも、非常停止用押しボタンスイッチは、災害発生の防止を目的とする極めて重要なスイッチである。安全性に対する顧客の多様な要求に応えるため、富士電機独自の構造である「シンクロセーフコンタクト」を搭載した非常停止用押しボタンスイッチ (φ22 と φ30) を発売した。接点分離構造を採用し、操作部と接点部が分離した状態になると、接点部の機構を同時かつ安全に動かすことができる。また、機械的耐久性・接触信頼性の向上を図り、耐環境性に優れた接点部構造をパネル奥行寸法 47.5 mm の中で実現した。

Of operation switches used for various devices and machines, emergency stop pushbutton switches are very important ones intended for preventing disasters. In order to meet various customer demands for safety, Fuji Electric has released emergency stop pushbutton switches (φ22 and φ30) integrating the “Synchro Safe Contact,” which has the company’s proprietary structure. A separated contact block structure has been adopted to allow safe operation of the contact mechanism when the operation and contact parts are separated. In addition, to improve mechanical endurance and contact reliability, we have realized a contact part structure with excellent environmental endurance in the panel depth dimension of 47.5 mm.

1 まえがき

各種の装置・機械における操作スイッチの役割は、人と機械との間のヒューマンマシンインタフェースを正確に行うことである。その操作スイッチの一つである非常停止用押しボタンスイッチ (非常停止スイッチ) は、装置・機械に異常が発生したときや作業者が危険を感じたときに、作業者が自分の意思で緊急停止を行って、災害の発生を防止することを目的とする極めて重要なスイッチである。

富士電機は、安全性に対する多様な要求に応えるため、非常停止スイッチの一般的な取付け穴サイズである φ 22 と φ 30 を対象に新シリーズを発売した。このシリーズには、操作部と接点部が分離した状態になると、接点部の機構を同時、かつ安全に動かすことができる富士電機独自の構造である「シンクロセーフコンタクト」を搭載している。

2 概要

2.1 開発の狙い

近年の安全思想の急速な高まりの中で、機械の安全性に関する国際規格は、ISO 12100 (設計の一般原則 - リスクアセスメントおよびリスク低減) と ISO 14121 (リスクアセスメントの原則) を上位規格に体系化されており、富士電機はそれらに適合した非常停止スイッチを開発してきた。しかしながら、2007年に改正された厚生労働省の「機械の包括的な安全基準に関する指針」などにより、規格の要求事項のみならず、顧客自身で安全性基準を設け、その検証を行うことが要求されている。顧客が想定するリスクはさまざまであり、その対応要求は非常停止スイッチにおいては、外観や色彩の視認性向上、1台当たりの接点数の増加など、多様化している。新シリーズはこれらの多様な要

求に応える製品である。

2.2 「シンクロセーフコンタクト」による安全機能

図 1 にシンクロセーフコンタクトによる安全機能を示す。新シリーズは、操作ボタン (ボタン) ならびにパネルに取り付けるフレームとナットを持つ操作部と、内部に電気接点を持つ接点部とが独立した構造であり、これらの二つを組み合わせ使用 (図 1(a))。

図 1 (b) に、ボタンを押していない状態で操作部と接点部を分離したときの外観と、NC 接点 (Normally Close Contact) の状態の変化を示す。従来の非常停止スイッチでは、操作部と接点部が分離すると、NC 接点は閉路状態となる構造であった。したがって、この構造ではボタンの状態とは無関係に、操作部から接点部が外れた場合には、装置・機械が起動するリスクがあった。そこで、新シリーズでは操作部と接点部が分離した状態になると、接点部のリリースカバーのばね力による回転と、これに連結する内部の部品が連動して、NC 接点は接点部の分離と同時に動き、必ず開路する構造とした。これにより、接点部が脱落した場合でも、NC 接点が開路状態になるため、装置・機械は起動しない。

図 1 (c) に、ボタンを押した状態で操作部と接点部を組み合わせたときの外観と、NC 接点の状態の変化を示す。操作部と接点部を分離した状態から、ボタンを押した状態 (ボタン操作状態) で操作部と接点部を組み合わせると、ボタンは戻ることなく、接点部は NC 接点が開路した状態のままであり、作業者の安全が確保できる。装置・機械を再起動するためには、ボタンを押していない状態 (ボタン復帰状態) にする操作が必要である。

富士電機は、この構造を「シンクロセーフコンタクト」と命名し、商標に登録した。

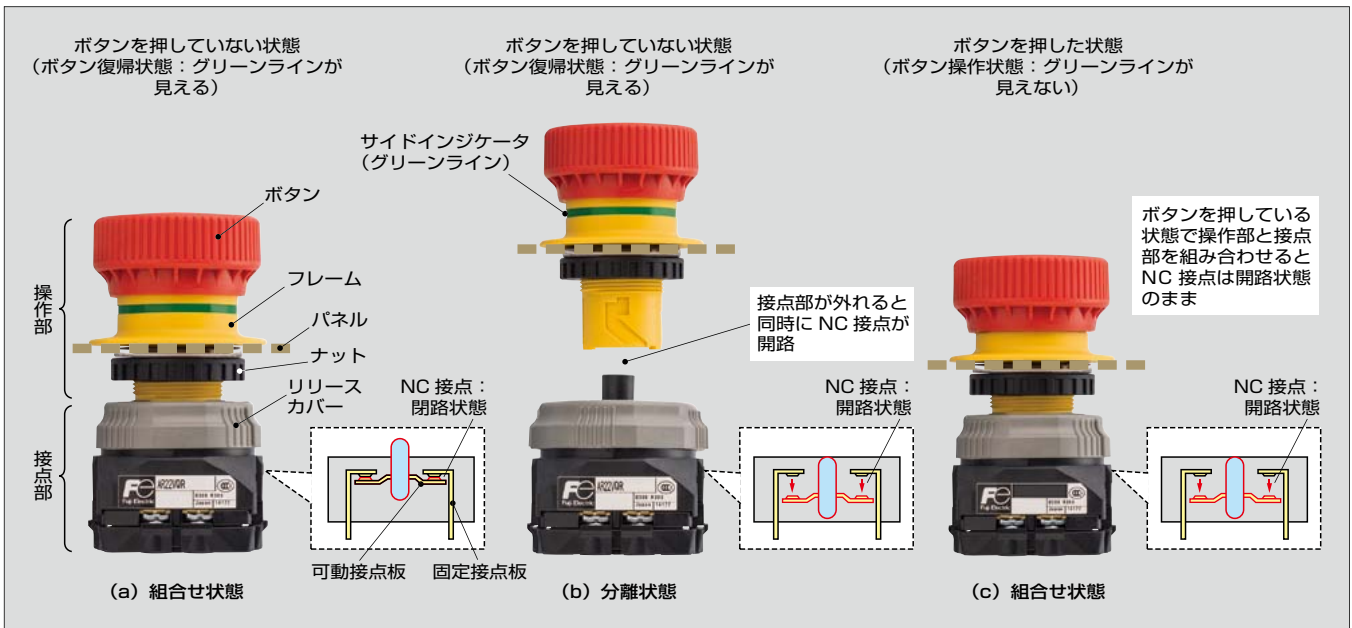


図1 「シンクロセーフコンタクト」による安全機能

2.3 新シリーズの構成

(1) 操作部の種類

図2に操作部の種類を示す。非常停止スイッチは、作業者が非常時に操作するので、目立つものでなければならない。このため、取付け穴φ22のボタンには、標準サイズのφ40に非照光品と照光品を、大型サイズのφ65に非照光品を用意した。また、取付け穴φ30のボタンには、標準サイズのφ40に非照光品と照光品を用意した。

(2) 接点部の種類

表1に接点部の種類を示す。非照光品は、最大で四つの

サイズ	非照光・照光の区分		
	取付け穴	ボタン	
φ22	φ40	非照光品 フレームのベゼル部 フレーム ボタン	照光品 サイドインジケータ
		φ65	
φ30	φ40	非照光品 ベゼル部 (ダイカスト製)	照光品

図2 非常停止スイッチの操作部の種類

表1 接点部の種類

接点部	操作部の非照光・照光の区分					
	非照光品		照光品		照光品 (ランプ回路連動)	
	1NC	1NO1NC	1NC	1NO1NC	1NC	1NO1NC
	2NC	1NO2NC	2NC	1NO2NC	2NC	1NO2NC
	3NC	1NO3NC	3NC	1NO3NC	3NC	1NO3NC
	4NC	1NO4NC	4NC	1NO4NC	4NC	1NO4NC
	2NO1NC	2NO2NC	—	—	—	—
	2NO3NC	2NO4NC	—	—	—	—

NC接点と二つのNO接点 (Normally Open Contact) の計6接点が搭載可能である。また、照光品は、NO接点の一つをランプ用の端子とするために、最大で5接点に制約されるが、従来品の最大で2接点を大きく上回る。

2.4 新シリーズの特徴

安全性に対する多様な要求や顧客が想定するさまざまなリスクに応えるため、新シリーズに用いた機能や特徴を次に示す。

- (a) シンクロセーフコンタクト：接点部が操作部から分離した場合に、NC接点が開離する (図1)。
- (b) サイドインジケータ：ボタンの横から見て、ボタンが操作状態か復帰状態かの判別を可能にした (図1)。
- (c) ボタンサイズ：取付け穴φ22に、φ40mmとφ65mmの2種類を用意した (図2)。
- (d) ロックアウト対応：取付け穴φ30操作部に、ボタン操作状態 (NC接点开路状態) のときに南京錠やハスプが装着できるダイカスト製のベゼルを用意した (図2)。
- (e) 操作部と接点部の脱着：電線が配線された状態であっても、接点部を回転させずに、ワンタッチで取り

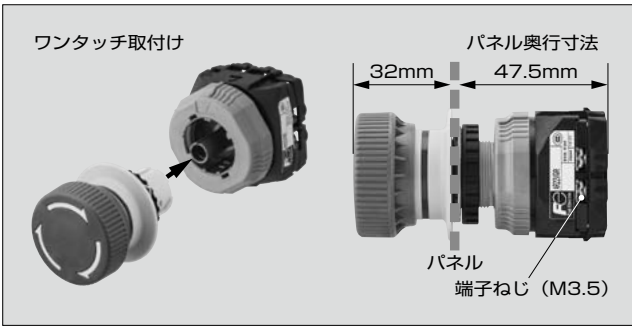


図3 新シリーズの操作部と接点部の取付けと寸法

付けることができる (図3)。

- (f) 端子ねじサイズ：盤内機器に多く使用されている M3.5 を採用した (図3)。
- (g) パネル奥行き寸法：47.5 mm であり (図3)，従来品に対して 16% 縮小した。
- (h) セーフティトリガーアクション：ボタンがロックされる直前まで接点は動作しない (3.1 節)。
- (i) 接点構成：最大で 6 接点 (4NC2NO) の搭載を可能にした (表1)。

2.5 新シリーズの主な仕様

表2 に新シリーズの主な仕様を示す。従来品よりも、機械的耐久性、接触信頼性、耐衝撃性を向上させている。

表2 新シリーズの主な仕様

項目		性能	
		新シリーズ	従来品
定格絶縁電圧		AC/DC 250 V	
定格通電電流		5 A	
耐久性	機械的	25万回以上	10万回以上
	電氣的	AC 15, AC 240 V 1.5 A DC 13, DC 24 V 1.0 A	10万回以上
接触信頼性 (最小適用負荷)		DC 5 V 1 mA	DC 5 V 2 mA
耐振動性	可変振動	周波数 10~55 Hz, 複振幅 1 mm	
	固定振動	周波数 16.7 Hz, 複振幅 3 mm	
耐衝撃性	誤動作	150 m/s ²	
	耐久	1,000 m/s ²	500 m/s ²
使用周囲温度	非照光品	-20~+60 °C	
	照光品	-20~+50 °C	
操作部保護構造		IP65	
充電部保護構造		IP2X	
最大接点数	非照光品	NC : 4接点+NO : 2接点	NC : 2接点またはNC : 1接点+NO : 1接点
	照光品	NC : 4接点+NO : 1接点	NC : 2接点またはNC : 1接点+NO : 1接点
全電圧照光品の光源		LED	
全電圧照光品の電圧		AC/DC 24 V	
パネル奥行き寸法		47.5 mm	57.0 mm

③ 操作部・接点部の構造と特徴

3.1 φ22 操作部

操作部の役割は、非常停止スイッチとして必要な視認性があり、かつ機能的に国際規格 IEC 60947-5-5 (機械的ラッチング機能を持つ電氣的非常停止装置) などで要求される直接開路動作とラッチングを満足した上で、操作力を伝達することである。図4 に φ22 操作部の模式図を、特徴を次に示す。

- (1) 鮮明な赤色のボタンとした。交通標識で使われる赤色と同じ色で、視認性を向上した。
- (2) フレームを黄色とした。また、φ40 の赤いボタンより大きい直径のベゼル部を一体化し、背景色の一部となるようなフレーム構造とした (図2)。

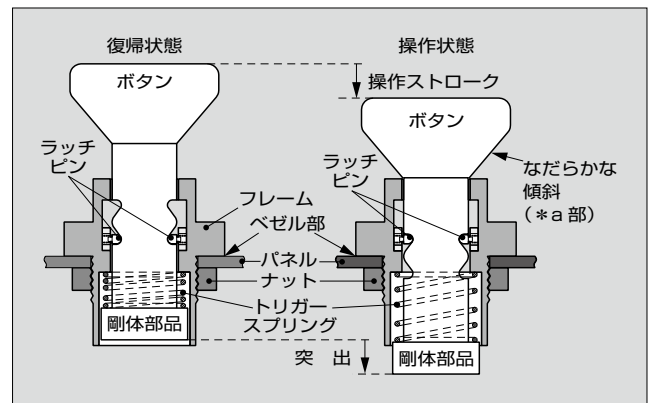


図4 φ22 操作部の模式図

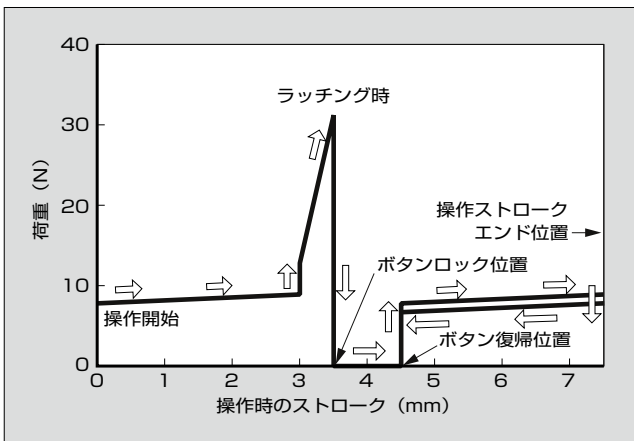


図5 ボタン操作時のストロークと荷重

(3) ボタンとパネルの間に物体が挟まらないようにボタン操作面の反対側になだらかな傾斜を設けた(図4 *a部)。ボタンを押すと、フレーム底面から剛体部品が突出する。この剛体部品が操作部に結合した接点部の接点ストロークを動かし、NC接点の状態を“閉→開”に切り替える。

また、ボタン操作によりNC接点が“閉→開”に切り替わった場合は、この状態を操作部のラッチング機構によって保持しなければならない。そこで、セーフティトリガーアクション機構を操作部内部に配置した。NC接点が開路した直後にボタンが復帰することがないように、操作部に“引き金”に相当するトリガースプリングを配置した。トリガースプリングが作動すると、スプリングの付勢でボタンが確実にラッチングする。

図5にボタン操作時のストロークと荷重の関係を示す。ラッチング時には荷重が大きくなるため、作業者は非常停止操作をしたことが認識できる。

3.2 φ30 操作部

φ30 操作部は、φ22 操作部の機能に加えて、ダイカスト製ベゼル部に南京錠、あるいはハスプ (Hasp) を装着できる構造にした。

図6に、南京錠とハスプを装着した状態を示す。ベゼルの内部に配置している部品のシリンダがボタン操作によ



図6 φ30 操作部と南京錠とハスプ

て回転し、ボタン操作前に塞がっていた鍵穴が見え、南京錠・ハスプが装着できる。作業区域に出入りする作業者が個々に南京錠を持ち、作業区内に立入る際に、南京錠をかけることをルール化することによって、作業者が1人でも作業区内に立ち入っている間は、非常停止スイッチを解除できないようにする (NC接点が開路したままの状態)。これにより、装置の予期しない起動による事故を未然に防止することができる。

また、φ30 操作部の構造はφ22 操作部と異なり、ボタン復帰操作において内部のシリンダを回転させる。これによりボタンの回転方向の遊びを最小化し、作業者に違和感を抱かせない。

3.3 接点部

接点部は、φ22 操作部とφ30 操作部のいずれにも共通である。端子ねじ (M3.5) を6組、計12個を配置した上で、接点部の機械的耐久性と腐食性雰囲気に対する耐環境性を確保できるようにした。

機械的耐久性を従来品の10万回に対して、新シリーズでは25万回に向上させた。そのために、全ての構成部品の繰り返し動作に対する耐久性の向上を図った。例えば、最も板厚が薄い部品の可動接点板は、所定の接点接触圧力を得るための接触スプリングを保持する突起を中心部に押し出して、座を形成する構造としている(図7)。素材の加工によって、最も応力がかかる中心部の断面が薄くなり、繰り返し動作による亀裂の発生に至らないように、突起の加工条件を決め、これを考慮した応力解析を実施して突起形状・断面形状と加工方法、接触スプリングの座の形状を最適化した。

また、近年では劣悪な環境で製品を使用する場合が増えている。新シリーズの接点部は、狭いスペースに六つの接点を配置する構造としたため、固定接点板には複雑な形状を加工しやすい黄銅を使用している。黄銅は、応力腐食割れの感受性がある材料である。そこで、割れの起点となりやすい曲げ加工などによる残留応力をできるだけ低減す

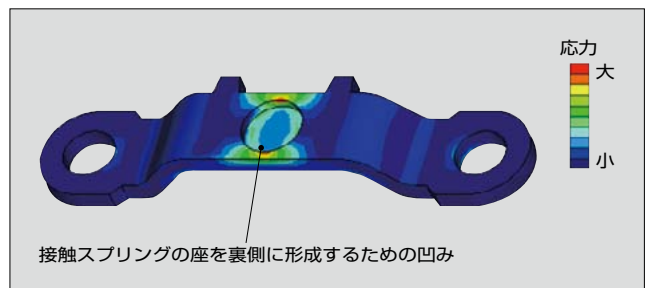


図7 可動接点板の応力解析の例

〈注〉 応力腐食割れ：金属製の部材に機械的強度以下の引張応力が加わった状態で、腐食性雰囲気に置かれたとき、腐食性雰囲気と引張応力の相乗効果により、亀裂が発生して破断に至る現象である。銅合金では、アンモニアガスの雰囲気に置かれた場合に発生しやすい。

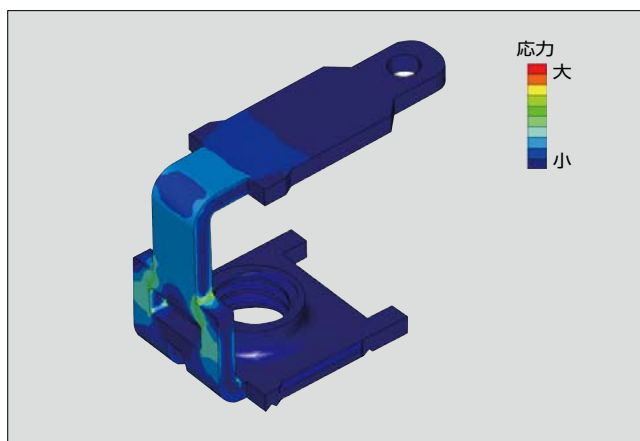


図8 固定接点板の応力解析の例

るため、全ての固定接点板の応力を解析し、最適化を図った。これにより、固定接点板において既存の非常停止スイッチと同等以上の耐環境性を確保している。応力解析の例を図8に示す。

4 製品の安全性

3.1 節で述べたシンクロセーフコンタクトの安全性のほかに、次に示す安全性を実現している。

4.1 海外安全規格の認証

新シリーズは、国際安全規格 IEC 60947-5-5 の非常停止スイッチ固有の認証と、押しボタンスイッチとしての認証を取得している。

非常停止スイッチとしては、IEC 60947-5-5 に対して、従来品と同様に IEC 国際認証を取得している。これに加えて、UL が IEC 60947-5-5 に基づいて審査する NISD カテゴリを取得している。

押しボタンスイッチとしては、IEC 規格、米国・カナダの C-UL 規格、および中国の GB 規格の認証を取得している。

4.2 端子配置

NC 接点の端子ねじの位置と、NO 接点またはランプの端子ねじの位置を明確に区分し全品で統一した (図9)。仮に作業者が接点数の異なる製品に交換しても、NC 接点の端子ねじの位置は変わらないので、誤配線による事故の

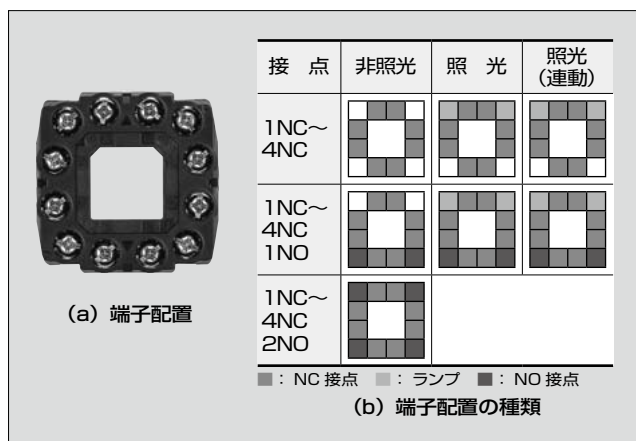


図9 新シリーズの端子配置

スクを低減できる。

5 あとがき

近年のお客さまの安全に対する要求に応え、かつ使い勝手を高めた「シンクロセーフコンタクト」搭載の非常停止用押しボタンスイッチ (φ22, φ30) を開発した。今後も、ヒューマンマシンインタフェース機器の操作性・視認性などにおいて人間の感性を大切に、より安全性を追求した機器の開発を進めていく所存である。



町田 謹斎

制御リレー、端子台、操作表示機器などの製品設計・開発業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部開閉制御開発部担当課長。



野村 浩二

制御リレー、端子台、操作表示機器などの開発試験・評価試験に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部技術開発部課長補佐。



下山 栄治郎

操作表示機器、端子台などの製品設計・開発業務に従事。現在、富士電機機器制御株式会社開発・生産本部開発統括部開閉制御開発部。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。