

(技術資料)

超大型ボールバルブ(2300A)の開発

Large-scale (2300A) Ball Valve Development



後藤正宏*
Masahiro Goto



富士原泰生*
Yasuo Fujiwara



小倉康正*
Yasumasa Ogura



渡部康久**
Yasuhisa Watanabe

Since 1969, more than 5 300 large-sized ball valves have been sold worldwide. Kobe Steel developed a super large-sized ball valve with a bore size of 2 300mm, especially designed for wind tunnels. This valve weighs about 200 tons and can be fully opened or closed in less than 3 seconds. The technological advances required to realize the remarkable characteristics of these valves are described in this paper.

まえがき = 当社は、1969年からパイプライン向けに大型ボールバルブの製作・販売を行い、現在までに国内外に納入した台数は5 300台を超える。この度、風洞向けにボア径(気流通過面の内径)が2 300mmの世界最大級のボールバルブを受注し納入した。

このバルブは、ボール単品重量が31トン、総重量が200トンであり、かつ全開から全閉までの開閉時間が3秒以内という過酷な条件で使用される。ここでは、当機器に要求される条件を満足させるために開発された新技術、開発試験の概要を紹介する。

1. 装置の特徴

写真1はパイプライン向けの一般的なボールバルブの外観で、ボア径は800mmである。一方、今回開発したボールバルブは、ボア径が2 300mmで、表1に仕様の比較を示す。本バルブの特徴は以下のとおりである。

- (1) 従来機に比べ非常に大きい(ボア径で約2倍、重量で約8倍)
 - (2) 開閉時間が非常に早い(従来機の10分の1以下)
 - (3) 全開、全閉以外に中間開度での停止、通常閉、緊急閉、停電閉といった動きが必要である。
 - (4) 大型であるが、許容リーク量が厳しい。
- 上記の課題解決のために、以下に示す開発試験を行った。

2. 開発試験

2.1 油圧回路および大型アクチュエータ

風洞の運転にあわせて、大型のボールを中間開度で停止させたり、さらに通常速度と緊急時の速度の2段階で閉動作をできるように油圧回路の設計を行った。また、ボールに作用する開閉時の慣性力・摩擦力・流体力に打勝つ大型トルクアクチュエータの試作・試験を行った。大型トルクアクチュエータはラックアンドピニオン方式



写真1 従来型ボールバルブ(800A)
Photo 1 Traditional ball valve (800A)

表1 ボールバルブの仕様比較

Table 1 Comparison of specification between traditional and new-style ball valve

		Traditional	New-style
Object of plant		LNG pipeline	Wind tunnel
Design	Fluid Pressure	Natural gas max. 12.3MPa	Dry air 2 844 kPa
	Temperature	288 ~ 393K (- 45 ~ 120)	243 ~ 333K (- 30 ~ 60)
	Closing duration	30 ~ 120sec.	less than 3 sec.
Specification	Bore size	600 ~ 1 400mm	2 300mm
	Weight	2 ~ 20ton	200ton
	Ball material	SCPH2	SCPL1
	Body material	S25C(SF490A, SPV315)	A350LF2
	Seta material	NBR(*1)	NBR(*1)
	Leak	0 ~ 200cc/min	less than 200cc/mir(*2)
	Actuator	Electric motor or air cylinder	Hydraulic cylinder

(*1) NBR: Nitril Butadien Rubber

(*2): JIS 2003 Rate \propto (Proportional to pressure)

を採用し、4本の油圧シリンダでラックを駆動させる。3秒以内に緊急閉させるためにトルクアクチュエータに要求されるトルクは80ton・mで、この種のトルクアクチュエータとしては世界最大級である。

また風洞全体が停電した際にも、迅速かつ安全に気流を遮断するために3秒以内の全閉動作が要求された。そのため、停電時には蓄圧された油圧アキュムレータによ

り高速で全閉動作を行い、油圧ダンパでボールを停止させることとした。

2.2 新型シートおよびシート駆動機構

従来のボールバルブは、シートをボール表面に押付けた状態でボールを回転する方式であった。しかし、今回の大型バルブにおいては、従来の方式では、摩擦による大きな回転トルクが必要になる、3秒間で全閉動作をするときのボール表面での周速が約1m/secになりシートの寿命が極端に低下する、という問題があった。これらの問題克服のために、以下の新技术を開発した。

- 1) シートの強度強化：芯金入りのシートをガスケットメーカと共同開発し、従来よりも高寿命のシートを開発した（特許出願中）
- 2) シート駆動機構の開発：空気圧にてシートを前進・後退させボール動作時にシートの損傷・摩擦の少ないシート駆動方式を開発した（図1参照）

2.3 600A ボールバルブ試作試験・実機サイズシート試作試験

実機製作の前段階として、基本仕様確認のため、600A ボールバルブにて開発試験を実施した。試験の目的は、実機用油圧バルブユニットを使用しての油圧回路の妥当性の確認、実機用空圧回路を使用してのシート駆動機構の確認、である。

その結果、各運転モードでの動作性、シート駆動方式の有効性（動作性・気密性）、油圧シリンダと空圧式シート駆動機構を組合わせた制御性、緊急および停電時の3秒以内の閉動作、が確認できた。

2.4 実機サイズのシート駆動機構の試作

実機サイズのシート駆動機構の部分試作を行った。空圧でシートを駆動させ、模擬ボールの表面上に押当て、実機サイズでのシート漏れ量を測定した。その結果、漏れ量ゼロを確認した。

2.5 流体トルク測定試験

風洞用としてのボールバルブには、運転時に大量の空

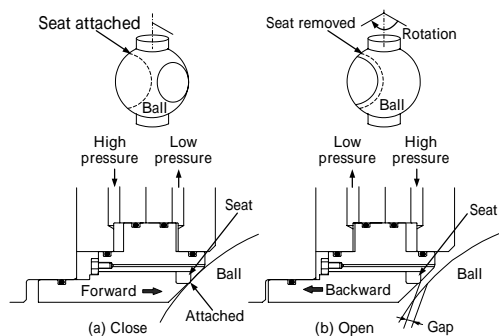


図1 シート駆動機構
Fig. 1 Seat traveling mechanism

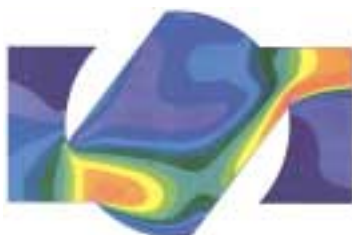


図2 CFD解析結果
Fig. 2 Result of CFD analysis



写真2 2300A ボールバルブ外観図
Photo 2 Overview of 2300A ball valve

気が流れる。この空気を瞬時に遮断する当バルブには、中間開度で流体が流れることにより発生する空気力学的回転トルク（流体トルク）の推定が不可欠となる。一方この流体トルクを実機サイズ（2300A）で計測するのは現実的でないため、以下のステップにより求めた。

1/16 スケールサイズでの流体トルク測定実験

CFD解析（数値流体解析）によるシミュレーション

CFD解析による2300Aでの流体トルクの推定

ダイナミックシミュレーション（動特性解析）による閉時間の予測

以上の結果、実機の風洞で最大流量が流れたときも3秒以内での緊急閉が可能であることを確認した。図2にCFD解析結果の1例を示す。

3. 実機製作・現地組立

上記開発試験のあと、実機の製作を行った。ボール素材はSCPL1（低温高圧用鋳鋼品）で、鑄造後、ボール表面の機械加工および電解メッキ（ハードクロムメッキ）を行った。ボール、ボディ、シートリテーナ、カバーフランジの単品完成後、工場内で全体組立、耐圧・気密試験を行った。シート漏れ試験ではリーク量ゼロを確認した。全体組立完成後、社内での動作確認試験・耐久試験を行い、いずれも判定基準を満足した。

完成した製品は、現地までの輸送制限の制約から単品重量を60トン以下になるように分解し、納入場所まで輸送した。現地では、全体組立・気密試験・動作確認試験・シート漏れ試験を実施し、客先に引渡された。写真2は据付・完成した2300Aボールバルブを示す。

むすび=世界最大級のボールバルブ（2300A）には、各種の新技术が盛り込まれて完成した。ここには当社で長年培われたボールバルブ設計技術、風洞設計技術、大型鑄造・鍛造品製作技術、現地工事遂行能力などの技術ポテンシャルが遺憾なく注ぎ込まれている。