

大韓造船學會論文集
 第31卷第4號 1994年11月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 31, No. 4, November 1994

Self - Unloading System에 대한 소고

배호준*, 차원주**

A Study on Self - Unloading System

by

H. J. Bae* and W. J. Cha**

요 약

북미의 오대호 연안을 중심으로 한 inland service에서 부터 deep sea service에 까지 발전되어 증가추세에 있는 Self - Unloading bulk carrier와 관련하여, bulk cargo handling 측면에서, 다양한 bulk cargo material을 shore side 하역 설비의 지원없이 신속하게 discharge 할수 있도록 설계되어 있는 self - unloading system의 특성 및 개요에 대하여, 그간 수차례에 걸쳐 설계 및 건조한 경험을 바탕으로 소개 및 고찰해 보고자 하였다.

Abstract

The aim of this paper is the introduction and investigation of the characteristics and outline of self-unloading systems from the bulk handling point of view. Some years of experiences from the building of self-unloading bulk carriers are described hereunder.

1. System - General

선박의 self - unloading system은 system의 mechanism, components의 형태 및 설치 위치에 따라 여러가지 종류로 구분할 수 있으나, 어떤 system은 여러 형태의 mechanism 및 component가 조합되어 있으므로 명확한 구분은 어려운 실정이다. 그러나 mechanism을 근거로 크게 구분해 본다면 belt conveyor system과 pneumatic discharge system(ce-

ment와 같은 powder 형태의 cargo unloading system임.)이 많이 사용되고 있으며, 본문에서는 최근 HHI에서 건조된 선박(50,000 DWT Class Self - Unloading bulk carrier - discharge rate of Coal/Iron ore : 3,000M-T/H)에 적용된 바 있는 belt conveyor system을 기준으로하여 hold lining 과 함께 하기와 같이 system 전반에 대해 살펴보고자 하였다.

발 표 : 1994년도 대한조선학회 춘계연구발표회('94. 4. 22)

접수일자 : 1994년 5월 31일, 재접수일자: 1994년 8월 16일

*정회원, 현대중공업(주)

**현대중공업(주)

1.1 System configuration and flow outline

본 system은 6개 부분의 conveyor structure, 즉, port tunnel, starboard tunnel, port transfer, starboard transfer, loop belt elevator 그리고 boom으로 구성되어 있으며, ship's cargo는 gravity에 의해 cargo hold로 부터 hydraulic gate를 통하여 낙하하여 cargo hold 하부에 위치한 tunnel conveyor 상으로 떨어지며 그것을 다시 loop belt conveyor가 받아서 boom conveyor로 전달하고 boom conveyor가 최종적으로 shore로 discharge 하도록 설계되어 있다. 이것을 간단히 도표로 나타내면 Fig. 1과 같다.

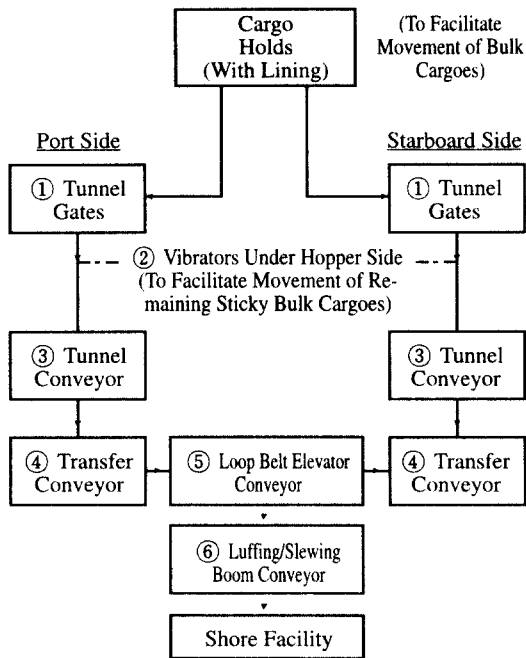


Fig. 1 Self - Unloading system - Flow outline

2.2 System Layout (50,000 DWT Class Self - Unloading Bulk Carrier)

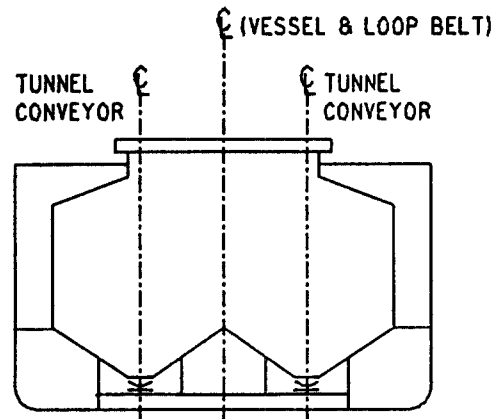


Fig. 3 Section - A (Typical midship section)

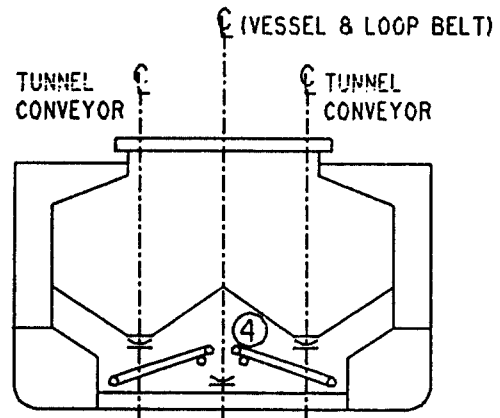
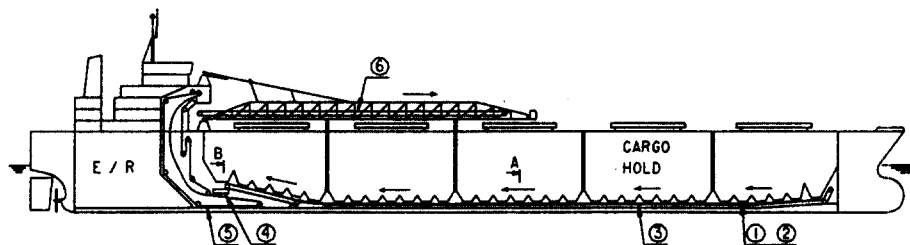


Fig. 4 Section - B (In way of transfer conveyors)

2.2 SYSTEM LAYOUT (50,000 DWT CLASS SELF - UNLOADING BULK CARRIER)



- ① Tunnel Gates
- ② Vibrators
- ③ Tunnel Conveyors
- ④ Transfer Conveyors
- ⑤ Loop Belt Conveyor
- ⑥ Boom Conveyor

Fig. 2 General Arrangement (Profile)

ship에서 주로 handling되는 cargo material에 대해 Table 1과 같이 살펴 보았다.

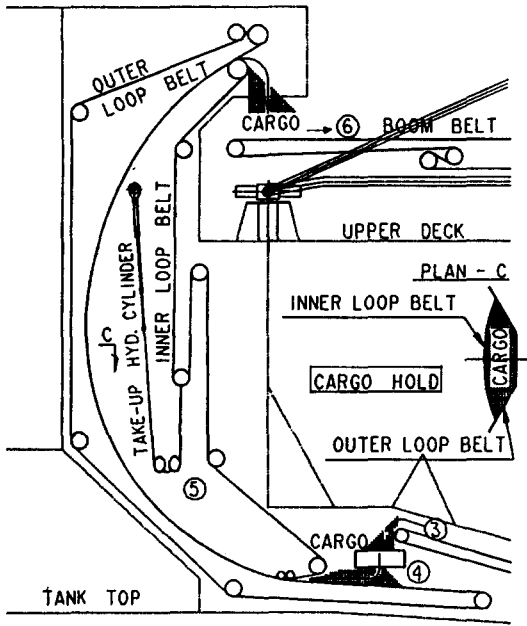


Fig. 5 Loop Belt profile

Table 1 Bulk cargo material - kind and properties)

Bulk Cargo Material to be handled	Stowage Factor (M3/MT)	Moisture content (%)	Angle of Repose (Degree)	Grain Size (mm)
Coal	1.17	Ave 9 Max 16	36	finer - 32
Iron Ore	0.45	5	36	finer - 75
Dolomite	0.70	2.5	35	finer - 40
Limestone	0.67	3	55	19 - 75
Manganese Ore	0.52	9	45	finer - 3
Gypsum	0.72	8	50	finer - 100
Wheat	1.3	12	22	5×2.5
Clinker	0.74	3	40	finer - 40
Magnetite	0.35	9.5	45	finer - 13
Slag	0.9	12	35	finer - 10
Pelets	0.57	5	33	6-20

2. Bulk cargo material의 종류와 특성

Bulk cargo material의 종류는 수없이 많지만, 본문에서는 최근 HHI에서 건조된 self - unloading

3. Bulk cargo material의 flow characteristics

Bulk handling 산업분야의 주요 관심사 및 목표 중 하나는 bulk cargo material handling의 flow system에 대한 maximum efficiency를 추구하는데에 있으며, 이제까지의 bulk flow system이 직면하는 여

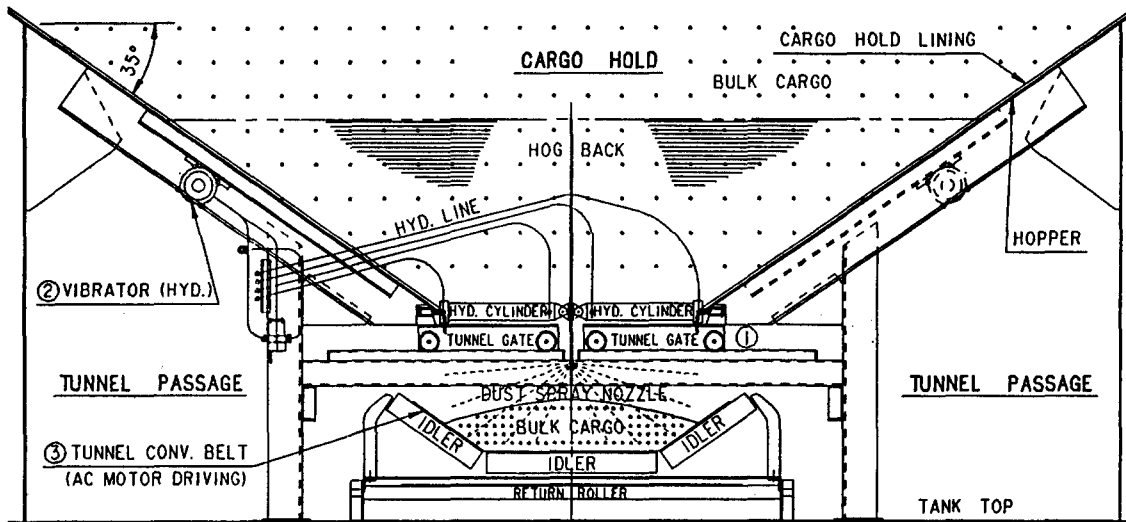


Fig. 6 Typical Section (In way of tunnel gate)

러가지 어려움에 대한 조사 결과 모든 flow 문제점의 90%정도가 다음과 같은 범주 중 하나 혹은 그 이상의 문제로 귀착되고 있다고 알려져 있다. 즉, sticking(고착), impact(충격), abrasion(마모) 현상 등이 그것으로서 여기에 대해 각각 살펴보기로 한다.

3.1 Sticking

가장 일반적이고 가장 잘 일어나는 현상으로서 하역 손실의 첫째 원인이다. 온도변화, 저장기간, moisture content 증가 그리고 material 고유의 stickness 등이 복합적으로 그리고 시시각각 변하면서 이 문제를 야기시키는 것이다.

간단히 말해서 이 sticking으로 말미암아 material 이 필요할 때 흘러 내리지 않게 되는 것이다.

대부분의 cargo holds는 steel로 만들어지며 steel 은 겨울철이 가장 critical하다. 즉, steel의 표면이 이슬점에 도달하면 수분이 응결하여 steel 표면에 화물이 sticking 되고 이 상태에서는 material이 material 위로 흘러 내릴때 가장 높은 마찰계수를 야기시키며 따라서 material flow도 원만하게 되지 않는다. 통상 cargo의 moisture content가 15% 이상일 경우에 sticking 현상이 많이 발생될 수 있는 것으로 알려져 있다.

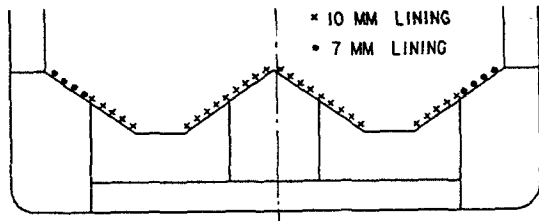


Fig. 7 Layout of Lining

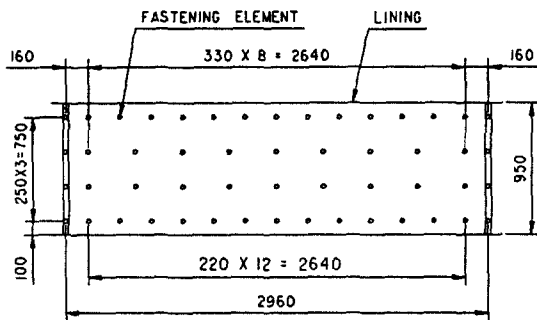


Fig. 8 Layout of fastening element

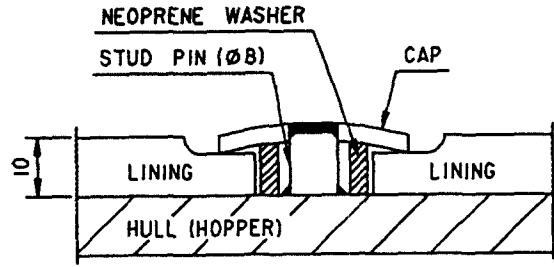


Fig. 9 Typical Section of Fastening Element (Lining 표면에 Flush 하게 설치)

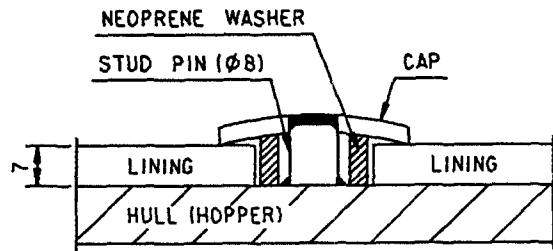


Fig. 10 Typical Section of Fastening Element (Lining 표면보다 돌출되어 설치)

3.2 Impact

Bulk cargo material은 cargo hold에서 각각 다른 속도로 loaded 혹은 unloaded되고 있으며, 이러한 loading, unloading, transfer point에서 특별한 impact 문제가 발생한다. 그러한 impact area는 비교적 작은 space에 한정된 집중 point가 보통이다.

3.3 Abrasion

Abrasion은 주어진 어떤 시간동안 한 표면위를 bulk cargo material의 매우 많은 입자가 sliding하거나 bouncing하는 형태라고 할 수 있다.

Abrasion에 영향을 미치는 요소로서는 주어진 area에서 흘러가는 경과 시간, temperature range, velocity, 입자크기 그리고 sharpness of particles 등이 있다.

4. Cargo hold/System 설계시 고려사항

4.1 General

상기 4항에서는 bulk cargo material의 flow

characteristics에 대하여 살펴 보았지만, 본 System 설계에 있어서는 material flow system의 효율성 뿐만 아니라, 또한 cargo hold volume에 대한 경제성이 충분히 감안되어야 한다. 즉, system 설계시,

- 1) Sticking, impact와 abrasion 등의 문제를 해소할 수 있도록, low coefficient of friction, high impact resistance 및 high abrasion resistance 특성을 가진 cargo hold lining material(경우에 따라서는 lining material의 설치 대신에 특수 paint를 적용하는 경우도 있음.) 및 hopper면에 stick 될수 있는 cargo를 떨어내기 위해 hopper의 underside에 유압 vibrators의 설치 방안이 고려되어야 하며
- 2) Bulk cargo material의 strength와 flow 특성 및 cargo hold volume등의 경제성을 감안한 cargo hold의 geometry(특히 선체의 hopper 구조) 설계에 대해 특히 유의를 해야하며, 이를 각 세부 항목별로 하기와 같이 살펴보고자 한다.

4.2 Cargo hold geometry (hopper 구조-경사도)에 대한 고려사항

Cargo hold bottom이 hopper 구조를 갖게 됨에 따라 cargo의 이동 측면에서는 별도의 장비나 인력이 필요없게 되었으나 상대적으로 hold volume에 loss를 초래하게 된다. 달리 표현하면 비중이 큰 화물을 운반하는 선박은 hopper 하부의 space를 선박의 buoyancy 목적으로 유용할 수 있으나 상대적으로 비중이 작은 화물을 운반하는 선박은 hopper 내부의 space가 곧 경제성 저하와 직결되어 채택하기 곤란한 점이 있다.

따라서 선주 및 조선소는 hopper row에 따른 초기 투자액 및 이에 따른 cargo hold volume loss 등 경제성을 검토하여 row number를 결정하게 된다.

Hopper의 경사각도는 cargo의 종류, 특성, vibrator유무, lining 설치 유무 및 선주 요구에 따라 결정되며, hopper angle이 작을수록 hold volume은 커질 수 있으며 통상 45° 정도를 적용하나, 본선에서는 hopper angle을 줄이기 위한 방안으로 hopper의 slope area에 lining을 설치하여 cargo와 hopper 사이의 friction loss를 줄이는 방법 및 hopper underside에 유압 vibrator를 설치하는 방법등이 적용되어 본선에서의 hopper angle은 35°로 설계되어 있다.(Fig. 6)

Hopper의 경사각도와 관련하여 범할수 있는 가장

일반적인 오류로서 예를들면 hopper 경사를 60° 이상으로 너무 심하게하고 gate opening을 너무 작게 하는 경우는 material weight에 의한 힘이 hopper의 sloping wall에 거의 직각으로 작용하기 때문에 이 힘(vertical, horizontal, diagonal)은 bulk material을 hold내에서 suspension, natural arch, bridge등의 현상을 일으키도록 만들어서, 이것을 움직이도록 하려면 arch나 bridge상태의 cargo를 부쉬야 하는 경우가 발생되어 smooth cargo flow가 기대될수 없다.

4.3 Cargo hold lining에 대한 고려사항

1) Lining sheet의 특성

Bulk cargo material의 smooth flow를 위하여, cargo와 hold의 hopper 표면 사이의 마찰력을 감소시켜 cargo가 원활히 gate를 통하여 tunnel conveyor로 흘러 내릴 수 있도록 하기 위해 설치된 lining의 재질은 UHMWP(Ultra High Molecular Weight Polyethylene)라는 일종의 engineering plastic sheet로서 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- High impact resistance
- High abrasion resistance
- Low coefficient of Friction
- Good chemical and crack resistance
- Good moisture resistance
- energy absorption
- Cyclical fatigue resistance
- Non-stick surface

2) Lining의 장점

- Hopper의 slope angle을 줄일 수 있어서 더 많은 cargo를 배의 center of gravity 이하에 적재 가능 하므로 stability가 향상 된다.
- Hopper의 slope angle이 줄어들기에 따라 hold volume 증가로 grain과 같은 low density의 cargo를 많이 실을 수 있다.
- Unloading time을 줄일수 있으므로 수익성 증대
- 사람이 hopper에 고착되어 있는 sticky cargo를 부수러 hold로 내려갈 필요가 없다.
- 청소시간이 아주 빠르고 잔류 cargo로 인한 cargo혼탁이 일어날 염려가 없다.
- 해수, 소금, 부식성 cargo에 영향을 안받고 수분에 접해도 부풀지 않는다.
- 경량이므로 배의 carrying capacity에 영향이 거의 없다.

3) Lining의 fastening system

Lining의 성공적인 설치의 key point는 어떠한 fastening system을 선택하는가에 달려있다고 해도 과언이 아니며, fastening system은 사용하기에 경제적이여야 하고 그 lining sheet를 수명이 다할때 까지 제자리에 붙여 있도록 할 수 있어야 한다.

다시 말해서 fastening system의 실패는 곧바로 lining 전체의 실패와 직결되는 것이다.

4) 박판과 후판 Lining의 비교

가능한한 수명이 긴 lining이 사용되어야 할 것이며, 설치비용 자체는 lining이 박판이거나 후판이거나 차이가 없지만 후판을 사용할 경우 다음과 같은 상당히 유리한 점들이 있다.

- 단위 면적당 fastening element의 수량이 감소된다. 이것은 다시 말하면 설치 시간이 그만큼 단축된다는 것이다.
- 박판 lining의 경우엔 많은수량의 fastening element가 사용되는데 비해 적은 수량의 fastening element가 사용되므로써 bulk material의 flow가 훨씬 좋아지는 효과가 있다.
- 후판에서는 fastening nut(cap)가 통상 lining 표면과 flush하게 설치될 수 있으며, 이 경우 nut가 lining sheet 자체보다 마모에 의해 덜 닳는 효과가 있다.
- 후판은 온도 변화에 의해 6mm이하의 박판보다 덜 영향을 받는다. 그러므로 박판은 hull(hopper 등)에 tight하게 밀착하기 위해서 더 많은 fastening element를 필요로 한다.
- 후판은 overlapping하여 설치할수 없다. 즉, 이것은 overlap에 의한 hollow space를 만들지 않는다. 그리고 이것은 hopper에 대하여 flush하게 놓이므로 전체 area의 표면을 flat하게 할수 있다.

4.4 유압 Vibrator(Fig. 6)에 대한 고려사항

Hold의 cargo가 거의 다 tunnel conveyor belt로 흘러 내린 후에도 hopper 면에 고착된 sticky cargo를 떨어내기 위해서 hopper underside에 일종의 hydraulic motor인 vibrator가 설치되었다.

Vibrator의 설치는 기존 hull frame등의 구조물에 설치하면 hopper의 vibration 효과가 줄어지므로 hopper 이면에 stiffener등이 없는 평면에 별도의 support 구조를 취부해 설치하는 것이 hopper의 vibration효과를 높일 수 있었다.

Vibrator의 진동은 아주 극심하므로 한번 작동시간을 통상 10초 내외로 하나 그 진동은 hopper 및 그 주변 hull structure를 심하게 진동시키므로 hopper 이면에 설치된 vibrator용 hydraulic pipe line의 support는 plastic clamp를 사용하므로써 진동에 대하여 flexibility를 주었다.

5. Belt conveyor system

이제까지는 hold 내의 bulk cargo material이 tunnel conveyor로 잘 흘러 내리기 위하여 필요한 제반 고려사항들을 고찰해 보았으나 6항에서는 tunnel space로 흘러내린 cargo를 shore까지 효율적으로 운반하는 수단인 belt conveyor system 각각의 부분에 대한 system별 특징을 간략하게 기술하여 보고자 한다.

- 1) Tunnel gates : Cargo hold바닥과 tunnel space간에 위치하여 gate opening을 hydraulic cylinder로써 개폐하는 장치로서 이 gate를 통하여 hold의 cargo가 tunnel conveyor belt 위로 쏟아진다.
 - Type : Hydraulic operated - side rolling type
 - Quantity : 66 sets(2 row)
 - Control : Local(solenoid valve)or remote (control console)
- 2) Vibrators : Gate operation시는 통상 작동시키지 않고 hopper면에 고착된 최종 잔여 cargo를 떨어뜨리기 위해 hopper를 진동시키는 장치. Gate당 1개의 vibrator가 있으며 zig-zag로 배치되어 있다. Tunnel gate용 hydraulic power unit를 공동으로 사용하게 되어 있다.
 - Type : Hydraulic motor type
 - Quantity : 66 sets
 - Control : Local (solenoid valve) or remote (control console)
- 3) Tunnel conveyors : 각 hold로 부터 쏟아진 cargo를 conveyor belt에 의해 tunnel 후미부에 위치한 transfer conveyor로 운반하는 conveyor 장치. Port & Starboard에 각 1 row씩 arrange되어 있음. Tensioning은 별도의 hydraulic take-up system으로써 자동으로 함.

- Capacity : 1500 M.T.P.H
 - Belt width : 2134 mm
- 4) Transfer conveyor : Port와 starboard 각 trnnel conveyor로 부터 운반된 cargo를 ship center line쪽의 loop conveyor로 운반하는 conveyor 장치.
Conveyor belt 구동은 AC motor로 하고 belt tensioning은 screw take-up(즉, manual 작동임)으로 하게 되어 있다.
- Capacity : 1500 M.T.P.H
 - Belt width : 2134mm
- 5) Loop conveyor : Port와 starboard의 각 transfer conveyor로 부터 받은 cargo를 boom conveyor로 운반하는 conveyor 장치. Inner loop belt와 outer loop belt로 구성되어 있으며 belt 구동은 outer loop belt를 DC motor(dual drive)로 하고 belt tensioning은 별도의 hydraulic take-up system으로써 자동으로 함. Cargo는 inner belt와 outer belt 사이에 담겨져 상승 운반됨.
- Capacity : 3000 M.T.P.H
 - Belt width : 2743mm(inner), 2591mm (Outer)
- 6) Boom conveyor : Loop conveyor로 부터 받은 cargo를 boom 끝단부의 discharge chute로 운반하여 shore의 land facility로 최종 unloading하는 Conveyor 장치. Conveyor belt 구동은 DC motor(Dual drive)로 하고 belt tensioning은 별도의 hydraulic take-up system으로써 자동으로 함. 그의 slewing/luffing hydraulic system이 있음.
- Capacity : 3000 M.T.P.H
 - Belt width : 1981 mm
 - Slewing range : 90° to port or starboard
 - Luffing range : From horizontal to 18° max

6. 기타 고려 사항

- 1) Tunnel space 및 loop trunk 내에 설치되는 모든 전기 장비는 폭발성 gas의 위험으로부터 보호하기 위해 explosion proof type으로 되어 있음.
- 2) Cargo가 unloading 될때 tunnel conveyor에서는 cargo의 먼지가 심하게 비산됨을 방지하기 위하여 spray nozzle이 설치되어 있음.
- 3) Loop conveyor에서는 unloading시 conveyor belt의 마찰열이 심하여 이의 cooling을 위하여 fire extinguishing용 spray nozzle이 별도로 설치되어 있음.

7. 결 언

이상에서 bulk cargo material의 종류 및 flow특성, system 설계시 고려사항등 self-unloading system 전반에 대해 개괄적으로 살펴본 대로, 만족할 만한 self-unloading vessel의 건조를 위해서는, 우수한 self-unloading 운송 system자체 뿐만 아니라 cargo material의 smooth flow 및 적절 cargo hold volume의 보전을 위한 hull shape(hopper 경사도)와 lining등이 복합적으로 잘 설계 되어야만 가능할 수 있는 것이다.

예를들면 material flow 분야 하나만 해도 이의 efficiency를 maximize 하기 위해서는 여러가지 측면에서 심도있는 조사, 연구가 지속적으로 이루어져야 할 분야로 사료되지만, 본문에서는 가급적이면 sophisticated self-unloading vessel 및 관련 system을 처음 경험하는 이들의 이해를 돕는 방향으로, 또 향후 유사한 system의 설계에 다소나마 참고가 되었으면 하는 생각에서 그 특성 및 개요를 되도록이면 system 전반에 걸쳐 간략하게 소개 및 고찰하고자 노력하였다.

아울러 특수한 cargo handling system인 self unloading system분야도 나날이 새롭게 첨단화 되어가는 추세에 있으므로, 현재와 같이 치열한 국제 경쟁하에서 기술적인 비교우위를 점하기 위해서는 세계 bulk handling system 분야의 기술 개발동향 파악과 더불어 이 분야에 대한 지속적인 연구 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.