

철도 신물류운송방식의 적용성 검토

A Study on the application of new railroad transportation facilities

방연근*
Bhang, Youn-Keun

문대섭**
Moon, Dae-Seop

정병현***
Chung, Byung-Hyun

ABSTRACT

The scope of this study is focused on the survey of new logistics transportation systems in railroad and case studies of new systems such as piggyback system, bi-modal system, swapbody and double stack train(DST). Piggyback system, bi-modal system, swapbody, and double stack train are reviewed in term of technological validity and economic validity in Korea.

Piggyback - trailer does pass loaded weight limits but does not pass train limits and can not utilize the existing freight cars. Piggyback - cargo trunk does pass all the criteria and could be developed by a domestic technology. But this study suggests to expand the length of train cars to 18.300mm for accommodation of two cargo trucks. Bi-modal system and swapbody do also pass. Double stack train could only pass the loaded weights and does not meet the train limit and the possibility of using existing freight cars.

Domestic technology could not development DST, due to civil engineering construction limits and low standard height of electric line, which could not afford to operate DST.

1. 개요

선진국에서는 철도화물의 활성화를 위하여 각종 정책수행과 더불어 철도화물수송에 새로운 기술을 채택·적용한 운송방식을 제공하고 있는데, 이중 국내에 도입되어 있지 않은 수송방식인 이단적열차(double stack train: DST), 피기백(piggyback), 바이모달(bimodal) 시스템, 스왑바드(swapbody) 등에 대하여 각각의 운송방식의 특징과 운행사례 및 국내 적용성 검토에 대하여 서술하고자 한다.

이러한 철도관련 신운송방식은 철도의 환적수송에 따른 문제점을 해소하고, 철도의 대량수송 장점을 극대화하는 방식으로서, 우선 Piggyback수송은 트럭 또는 트레일러를 평장물차에 실어 수송하는 시스템으로서 TOFC¹⁾방식으로 불리고, 트레일러의 대형화 추세에 따라 화차 1량에 48ft트레일러를 1대, 45ft트레일러를 1대, 28ft트레일러 3대를 싣고 있으며, 1열차는 50량 편성이 표준으로 이용되고 있다.

Bimodal시스템은 철도의 약점인 문전에서 문전까지 일관성의 불완전을 해소하는 방법으로서, 선로 및 도로를 모두 달리는 양용방식의 수송시스템으로, 미국에서 개발되어 이용되고 있다. 철도/도로겸용 차량운송(bimodal system: Roadrailer)으로 철도에서는 화차로, 도로에서는 트레일러로

* 한국철도기술연구원 철도정책연구실, 책임연구원 정희원

** 한국철도기술연구원 철도정책연구실, 책임연구원

*** 한국철도기술연구원 철도정책연구실, 주임연구원 정희원

1) TOFC : Trailer On Flat Car

사용되며, 터미널용 및 트레일러 견인료가 거의 발생하지 않는 장점이 있지만, 트레일러 가격이 고가인 단점도 있다.

이단적열차는 철도에 의한 미국내륙수송을 활성화시킨 기술로서 일반적으로 1열차당 20유니트로, 1유니트는 5량의 포켓부 연결화차로 구성되고, 1량에는 20ft, 40ft, 45ft, 48ft의 컨테이너를 상하 2단으로 적재하여 운행하고 있다. '82년 LA와 Gulf 지역간 Southern Pacific Transportation사와 Sea-Land사, '83년 APL사가 LA와 Chicago구간을 시범운행후, '84년 정기운행 개시하였는데, 이단적열차는 재래열차보다 대차의 중량을 50~54%나 감소시키고, 연료비도 41%를 절감할 수 있으며, 화물손상 및 도난이 감소하는 등 화물안전운송에 기여하였다.

Swapbody 수송시스템은 도로운송사업자가 주체가 되어 개발된 시스템으로, Swapbody의 규격은 트럭의 적재규격 및 파렛트의 크기를 기준으로 하였으며, 하역방식은 Swapbody의 하부 양측부를 문형의 그라브암으로 지지하는 수직하역방식을 이용하며, 구조체를 경량화하였고, 접을 수 있는 지지다리를 가진 것 등이 컨테이너와 차이가 있다. 스왑바디의 사이즈는 다양한데, ISO 컨테이너 24ft에 상당하는 C745(7,450mm)형이 적재를 측면에서 가장 효율적이기 때문에 많이 이용되고 있다.

2. 신물류운송방식

2.1. 피기백시스템(Piggyback)

2.1.1. 시스템 특성

피기백시스템은 도로 수송용의 트레일러를 그대로 철도의 평장물차에 싣고 수송하는 것으로 자동차와 철도의 복합수송방식을 뜻하는데, 자동차의 기동력과 철도의 대량안전수송을 결부시킨 이 방식은 차량한계가 큰 미국철도에서 처음 채택되어 대단한 인기를 끌고 있다. 돼지가 새끼를 등에 태우고 다니는 형태라는 뜻에서 피기백(piggyback)이라고 이름 지어진 이 방식은 평상이 높은 독일이나 일본 등의 철도에서는 적용이 어렵게 되어있다. 따라서 독일에서는 평상의 중앙부를 낮추어 트레일러를 집어넣는 방식(일명 캥거루 수송이라 함)을 채택하고 있으며, 일본에서는 저상식(低床式)의 초소형차량의 화차를 개발하여 운영하고 있다.

피기백 운송방식은 화물열차의 대차위에 트레일러나 트럭에 container를 함께 적재하여 운송하는 TOFC방식으로, TOFC 방식은 초기에는 철도터미널에서 대차상의 트레일러에 tractor만 연결하여 경사진 rampway를 오르내리는 방법에 사용되고 있었으나, 그러나 길게 연결된 화차에서 특정의 트레일러를 양하하는 경우에는 매우 불편하므로 미국 등지에서는 트레일러를 적재상태에서 양하할 수 있는 대형리프트카인 piggy packer가 사용되고 있다. TOFC방식은 container와 트레일러가 하나로 되어 있기 때문에 총중량이 클 뿐만 아니라 철도터미널에서는 다단적이 불가능하여 공간의 소요가 엄청나게 많아지므로 오늘날의 철도터미널이나 항만여건상 적지 않은 어려움이 있다. 최근에 트레일러가 대형화되어 화차 1량에 48ft 트레일러 1대, 45ft 트레일러를 1대, 28ft 트레일러를 3대 싣는 것도 등장하였고, 미국에서 1개 열차는 50량 편성이 표준이고 열차장은 1,400m 정도에 이른다.

미국 Santa Fe 철도가 개발한 TOFC화차 「10-PACK fuel foiler」는 1유니트 10량의 연결저상차로, 차체 中央梁에 강도, 강성을 갖게 한 경량설계의 특색으로 동력비 절감을 목표로 개발되었다. 10유니트로 1개열차를 편성하여, 40ft 또는 45ft 트레일러를 10대 수송하며, 하역은 오버헤드 크레인에 의한 수직하역으로 이루어지고 있다.

차량한계가 작은 프랑스 및 독일 등 유럽의 철도는 통상 트레일러를 적재하는 것 같이, 특수한 화차를 개발하여 피기백수송을 실용화해왔다. 1964년 프랑스국철은 트레일러의 차륜을 화차의 내측에 넣는 것 같은 포켓을 가진 화차를 개발하여, 캥거루방식으로 이름붙여 독자적인 피기백수송을 개시하였다. 당초는 포켓을 상하 가동식으로 하여 전용의 견인차에 의한 roll-on roll-off 방식으로 적재하였지만 현재는 포켓을 모두 고정식으로 하여 대형의 문형크레인 또는 자주식 리치스택커에 의한 수직하역식으로 적재하고 있다. 화차의 포켓상면의 높이는 레일상 350mm까지 낮추고, 높이 3.8m, 길이 12.5m, 폭 2.5m, 총중량 44톤의 트레일러를 적재하는데, 총중량은 도로주행시

의 40톤에 4톤(10%)이 더해져 철도이용의 우위성을 나타내고 있다. 최근의 화차는 포켓상면을 100mm 더 낮추어 높이 3.9m의 트레일러의 적재를 가능하게 하고 있고, 이 캐거루방식은 프랑스, 독일, 이탈리아, 오스트리아 등의 국제간 수송에 이용이 많다. 프랑스의 캐거루방식에 대하여 독일 연방철도는 상면높이를 레일면에서 450mm로 한 초저상식의 화차를 Talbot사와 공동개발하여 중량 38톤, 높이 4m의 대형 폴트레일러트럭에 의한 피기백수송을 하였다. 이 방식은 「움직이는 국도」로 불리며, 독일내 10개소의 전용터미널로부터 이탈리아, 오스트리아, 스위스 등 국제수송루트에 운행되고 있다. 또 고속도로의 교통량 삭감, 환경보전을 위해, 이를 이용하는 도로운송사업자에게는 세계상의 우대조치가 있으며, 또 트럭운전자에게 행선지에서 운전예 대비하여 열차의 후부 또는 전부에 간이 주방설비를 가진 침대차를 연결 운행하고 있다. 편성은 최대 25량, 최고속도는 100km/h이다.

2.1.2. 운영사례

외국에서 현재 이용되고 있는 피기백화차의 운용현황을 살펴보면 각국의 철도특성에 따라 운영되고 있는데, 일본은 궤간이 협궤이고 독일, 프랑스, 미국은 표준궤를 이용하고 있고 궤도특성에 따른 수송형태를 나타내고 있다. 하중은 일본이 40.6톤으로 가장 크고 독일 40톤, 프랑스 35톤, 미국 30톤으로 나타났으며, 자중 역시 일본이 21.4톤으로 가장 무겁고 미국은 11.5톤으로 가장 가볍게 나타나고 있어 차량의 경량화에 많은 노력을 기울인 것으로 나타났다. 수송가능차량에서는 일본의 경우는 미국이나 유럽에서의 TOFC 수송방식인 트레일러가 아닌 10톤/4톤 트럭을 수송하고 있다. 이는 유럽 및 미국에서는 수출입화물수송용 뿐만 아니라 국내용 화물이 주로 컨테이너화 되어 있어 트레일러에 의한 수송이 주를 이루고 있는 반면 일본에서는 국내용 화물의 경우 트레일러에 의한 수송보다는 일반 트럭에 의한 화물수송이 많기 때문에 트럭 피기백수송이 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

일본의 경우 1986년 일본국철에서 등장하였으나 그 이용량은 도입후 5개년간 당초의 3백배가 증가되었다고 한다. 이와 같은 이용률의 증가는 트럭운행의 3가지 경비(인건비, 연료비, 수리비)의 감축에 효과가 있음은 물론, 도착후 하역상의 시간절약 및 행선지별 분류작업이 필요없이 그대로 최종목적지까지 배송할 수 있음으로써 터미널 비용을 절약할 수 있는 등의 장점이 있기 때문이다. 일본의 경우 특히 인력부족, 도로체증과 관련해서 향후에도 그 이용률이 증가될 것으로 예측하고 있다. 또한 석유 탱크로리(Tank Lorry)의 피기백 수송도 늘고 있는데, 이는 철도를 이용한 탱크로리 1대분이 트럭 탱크로리 40대분을 수송할 수 있다는데 그 인기가 있다. 이와 같이 일본의 피기백 수송이 급진전하게 된것도 민영화후 JR화물의 전략적 시책의 하나로 볼 수 있다.

최근 일본 JR화물회사는 Super Piggyback 수송시스템을 1량의 화차에 화물자동차 2대를 적재하는 현행의 피기백에 비해, Super Piggyback으로 3대까지 적재할 수 있게 하였다. 택배화물 및 이사화물을 적재한 집배송용 4톤 트럭을 화물터미널에서 그대로 전용화차에 적재하여 직송하는 수송시스템으로, 이는 인건비, 연료비, 차량유지비, 화물차량터미널 등 수송비절감과 대도시권을 중심으로 하여 심화되는 도로체증 및 환경오염방지에 일조하고 있다.

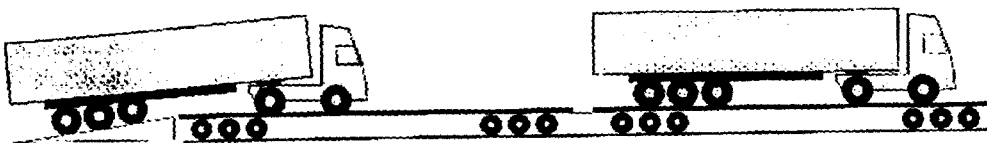


그림 1. piggyback 수송의 수평상하역 방식

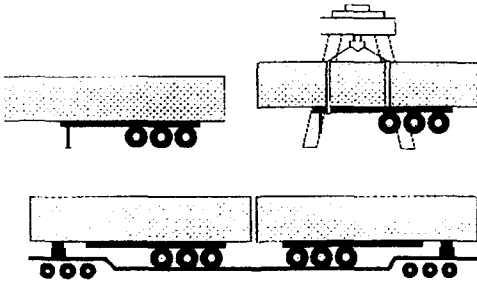


그림 3. 피기백수송의 수직 상하역 방식

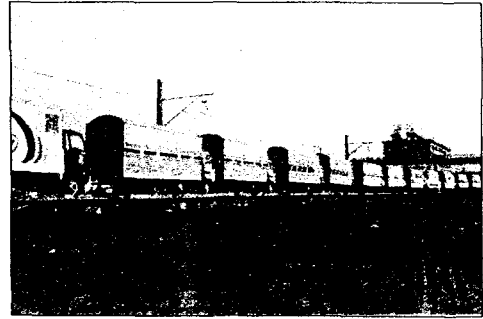


그림 4. 일본의 piggyback 운행사례

도표 1. 해외 피기백 화차 운용현황

항목	일본	독일	프랑스	미국
궤간(mm)	1,067	1,435	1,435	1,435
자중(톤)	21.4	17	16.5	11.5
하중(톤)	40.6	40	35	30
축중(톤)	15.5	7.1	12.9	20.8
축배치	2축대차 × 2	4축대차 × 2	2축대차 × 2	2축차량
차량최대길이(m)	20.7	19.4	16.4	15.4
상면높이(mm)	970/700	410	338	700
차륜직경(mm)	350/610	360	760	711
수송가능차량	10톤/4톤 트럭	트레일러 (높이 4,000)	트레일러	트레일러

2.2. Bimodal

2.2.1. 시스템의 특성

철도의 약점인 문전에서 문전까지 일관성의 불완전을 해결하는 방법으로서 철도에서는 선로위로 달리고 도로에서는 바퀴를 이용하여 달릴 수 있는 양용방식의 수송시스템으로 미국에서 개발되었다. 초기의 bimodal 방식에 사용되는 차량은 도로용의 2개 차축과 1축의 철도용 차륜의 2종류의 주행장치를 독립하여 갖추고, 도로용 차륜의 상하이동은 에어백의 압축공기를 넣고 빼는 것에 의해 조작이 용이하게 되어있다. 이 시스템은 피기백 수송과 달리 화차를 필요로 하지 않고 철도수송과 도로수송을 직접 연결할 수 있고, 철도터미널에 대형의 하역기계가 필요치 않는 등의 이점이 있으며, 이에 따라 터미널 비용 및 트레일러 견인료(drayage)가 거의 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. 또 불소켓식의 특수연결기에 의해 차량간의 신축이 없고, 차체지지장치의 개선에 의해 화물의 손상방지와 연료효율의 향상을 기하는 것이 가능하다. 이후 개발된 차량에는 철도용 대차를 탈착 가능하게 한 차가 개발되었는데, 이로 인하여 도로수송시에 자중이 가벼워져 적재하중 증가가 가능하게 되었으며, 철도수송시에는 축중이 17톤으로 경감 가능한 이점이 있지만 수송방식의 변경시 시간이 소요되는 단점이 있다. 트레일러의 크기는 45ft×8ft, 48ft×8ft6in가 표준형이지만, 53ft×9ft2in의 수퍼·젯지·트레일러도 등장하였다. 현재 미국 동부의 최대 철도회사인 Norfolk Southern과 Triple Crown사 공동으로 Roadrailer 서비스를 제공하고 있으며, 최대 75량 연결(2,000톤), 최고 운전속도는 96km/h이다.

2.2.2. 운송방식 및 운영사례

도로-철도의 복합수송을 위해 trailer는 대차(bogies)라는 車臺에 주축을 붙여 함께 연결됨으로

서 열차가 조성된다. 다음 <그림 5>는 bimodal 시스템의 기본원리를 설명한다. 철도 터미널에서 대차는 trailer 아래쪽에 놓인다. 여러 개의 trailer가 이러한 방법으로 서로 연결된 후 trailer 열차는 최종 목적지로 운행된다. 미국에서는 이러한 개념이 성공적으로 적용되고 있다.

Bimodal 시스템의 장점은 상·하역 작업에 크레인과 같이 비싼 장비의 사용이 필요없고, 컨테이너나 피기백수송과 달리 화차대대가 필요하지 않고 중량, 가격, 수송비용면에서 유리한 특성을 가지고 있다. 한편 이 시스템의 단점은 trailer가 일반적인 표준 trailer보다 보다 견고하게 제작되어야 한다는 것이다. 왜냐하면, 일단 열차로 조성되면 trailer간의 견고한 견인력이 필수적이기 때문이다.

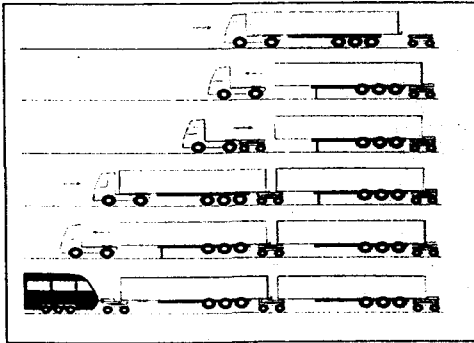


그림 5. bimodal 시스템의 기본 원리



그림 6. bimodal 철도수송의 위해 연결된 모습

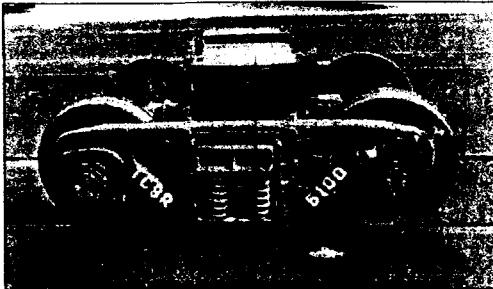


그림 7. bimodal에 이용되는 Bogie



그림 8. bimodal 탈착모습

도표 2. bimodal 시스템 규격(예)

구분	규격
길이(Overall Length)	53'
높이(Overall Height)	13'6"
폭원(Overall Width)	102-3/8"
내부길이(Inside Length)	52'5-1/2"
내부높이	앞 110", 뒤 112-1/4"
내부 폭원(Inside Width)	101-1/4"
용적(Cubic Capacity)	4,066cu. ft.

동 운송방식의 운행상황을 살펴보면 1988년 2월에 Union Pacific 철도회사에서 달라스~시카고 간 1500km를 26시간 서비스(평균시속58km), 주 5일 운전의 실용운전을 개시하였는데 1열차의 편성은 48파트 트레일러 75량 연결, 견인중량 약 2500톤, 열차의 전장은 약 1100m에 달하였다. 미국의 Conrail사가 Buffalo시~New York시 사이를 운행한 결과에 의하면 운행비용이 단거리구간에서는 15%가 절감되었고, 2,000마일 구간에서는 19~21%나 절감된 것으로 나타났다. Roadtrailer에 대

한 연구결과에 의하면 장거리 간선수송에서는 이단적열차서비스가 가장 경제적인 운송수단이 될 수 있으나 수송거리가 짧거나 철도터미널로부터 2차적 수송이 필요한 네트워크운송의 경우에는 Roadtrailer가 가장 비용효과적인 운송수단으로 나타나고 있다. Bimodal시스템은 General Motors와 같은 대규모 제조업체들이 부품의 즉시 조달체제와 연계하여 이용함으로써 보급이 확산되고 있다. 또한 미국뿐만 아니라 호주, 뉴질랜드, 영국, 독일, 프랑스, 스페인, 덴마크, 그리스 등에서도 도입 되어 운영중에 있다.

2.3. 이단적열차(Double Stack Train : DST)

2.3.1. 시스템 특성

이단적열차의 특성은 플랫폼의 양쪽에 벌크헤드(bulk head)가 설치되어 상하의 컨테이너를 고정 시키는 역할을 하며, 또 한가지의 형태로 플랫폼의 양끝에 벌크헤드 없이 컨테이너만을 상하로 이 단적하는 방식이 있다. 위의 방식들의 주요 특징은 차량이 매우 가볍다는 것이며, 철도레일에 근접하도록 화차 바닥면이 낮게 오목하게 설계되어 있어 오목하게 설계된 부분에 컨테이너를 적재 함으로써 터널을 통과 할 수 있는 높이를 유지하였다. 그리고 차륜을 줄이기 위하여 2량의 사이에 차륜을 두어 연결하고 5대가 한 세트를 이루는 연결구조 형태와도 같은 것으로, 고정 편성되어 운행되고 있다. 따라서 가볍게 되어 있는 것은 좋지만 하중이 차륜에만 쏠리기 때문에 한 개의 플랫폼(카)에 실는 40ft 컨테이너 2개에 채우는 화물의 양을 1만파운드, 톤수로는 45톤으로 제한하고 있다.

이와 같은 5개의 플랫폼으로 한 세트를 이루어, 즉 40ft 컨테이너 10개가 1량이 되는데, 그 같은 것을 15량 내지는 20량, 최대 28량까지 연결하여 운행하고 있다. 이것은 컨테이너 전용열차로 운행되기 때문에 차량편성을 변경하지 않고 최종목적지 까지 운송하게 되는데, 미국의 L.A에서 시 카고구간의 운송에서는 1일의 평균 주행거리가 종래에 비해 대략 3배 가량인 것으로 나타나고 있다.

이단적열차의 구성을 살펴보면 1개열차는 여러 개의 유니트로 구성된 1회의 운송단위로서 통상 15~20개의 유니트로 구성되나, 최대 28개 유니트까지도 구성되어 280FEU(560TEU)의 적재가 가능하다. 1개 유니트는 5량의 포켓부 연결화차로 구성되고, 1량에 40ft, 45ft, 48ft의 컨테이너를 상하 2단으로 적재한다. 즉 1 유니트는 2개의 40ft container를 적재할 수 있어 1개의 화차는 40ft×10개 또는 20ft×4와 40ft×8개를 동시에 운송할 수 있다. 상면높이는 216mm, 1유니트의 길이는 270ft(83m)부터 307ft(94m)이고, 열차전장은 약 1,800m에 달하며, 최대 28유니트 편성으로 2,600m 가 된다. 열차중량은 8,550톤, 40ft급 컨테이너를 280개 수송 가능한 방식이다.

DST는 화차의 종류에 따라 다양한 규격의 컨테이너를 수송할 수 있으며, 다목적용 DST화차는 미국내에서는 국내용 컨테이너인 53ft컨테이너도 상단에 적재하여 수송할 뿐만 아니라 TOFC방식으로 트레일러도 수송하는데, 이 경우 이단적은 불가능하다. 5개의 화차로 구성된 유니트 단위로 운송하는 것 외에 1대의 Flat car로도 운행이 가능하다.

최근 들어 이단적열차가 보편화되면서 다목적용 이단적 화차가 개발되어 운행되고 있는데, 기존의 컨테이너 이단적 수송이외에 piggyback 수송에도 이용되고 있으며, 다양한 크기(미국의 경우 국내용 컨테이너)의 컨테이너 수송에도 이용되고 있다.



그림 9. 이단적열차 운행장면

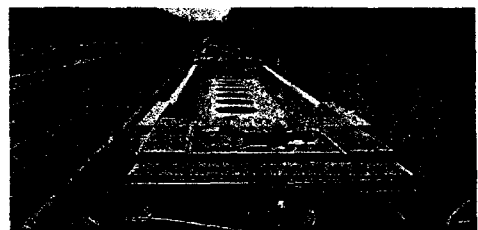


그림 10. 다목적 Double stack car

철도가 경제성을 가질 수 있는 장거리 운송(미국의 경우 800km 이상, 유럽의 경우 400km 이상)에서는 철도와 도로가 비용효과와 서비스질의 측면에서 치열한 경쟁을 하고 있다. 이단적열차는 재래열차보다 대차의 증량을 50~54%나 감소시키며 연료비도 41%를 절감할 수 있는 시스템으로서, 재래식열차가 200TEU를 운송하는데 4대의 기관차가 필요한데 비해 이단적열차는 대차의 증량감소로 인해 400TEU를 운송하는데 5대의 기관차로서 충분하다. 특히 이단적열차가 도입되면서 철도승무원의 비용이 절반으로 줄어들어 미국철도협회(Association of American Railroads)는 single stack보다 40% 이상의 비용이 절감되는 것으로 추산하고 있다. 한편 세계적 경영자문회사인 Temple Barker Sloane에 의하면 이단적 시스템은 종래의 TOFC 방식에 의하여 20~25%의 비용절약이 가능한 것으로 조사되었다. 그 외에도 이단적시스템의 도입은 화물손상 및 도난을 줄이는 등의 안정운송으로 인해 마케팅상으로도 상당한 장점을 발휘하고 있는 것으로 평가되고 있다.

2.3.2. 운영사례

1960~1970년대 미국철도산업이 수송장비와 수송실적 측면에서 계속적인 하향세를 보임에 따라 미 의회는 당시 시행하고 있던 철도산업에 대한 규제를 완화하기 위해 1976년 이른바 4R ACT라 불리는 철도재건법인 Railroad Revitalization and Regulatory Reform을 제정하여 철도산업에 대한 규제를 다소 완화했으며, 1980년도에는 실질적인 철도규제완화법이라 할 수 있는 Staggers Rail Act가 발표된 후 종래 piggyback 운송은 보다 탄력적인 운임구조를 유지하며 트럭회사와 경쟁하게 되었다. 그러나 철도가 근본적으로 경쟁력을 제고하기 위해서는 운행비용(line haul cost)을 줄이고 운송효율을 높이기 위한 새로운 운송장비의 개발이 요구되었다. 이단적열차 운송은 철도회사가 트럭과의 중장거리 경쟁에서 절대적 우위를 차지하고자 새로이 도입한 시스템으로서 한 화차에 container를 2단으로 적재하여 운송량을 2배로 증가시킨 혁신적인 운송방법이다.

이단적 열차서비스의 개척자는 Southern Pacific Transportation사와 Sealand사로서 1982년 LA~Gulf만간의 운송서비스를 시도하였으나 철도화차의 고증량으로 인해 TOFC에 비해 기대한 만큼의 비용절감이 이루어지지 못해 포기하였다. 당시 화차차체의 경량화가 충분치 않아 보급되지 않았지만, 해운회사인 APL사가 1984년 4월부터 대폭 경량화한 화차로 LA~Chicago구간, 시애틀~시카고~뉴욕간에 이단적열차의 운전을 개시하여 오늘의 붐을 일으키게 되었다. 이어 1985년에는 Sea-Land사를 위시하여 NYK, K-Line 및 OOCL 등의 해운회사들도 전용 이단적열차를 운행하였으며, 현재는 여러 철도회사가 선사와 공동 또는 단독으로 이단적열차를 운행하고 있다. 이단적열차 서비스의 경우 초기에는 선사가 전용 계약한 임대열차에 의한 서비스만 이루어졌으나 1985년에 Burlington Northern사가 'common user' 서비스를 도입하면서 이단적열차의 경제성과 유연성을 크게 제고시켰다.

미국의 예에서 DST는 intermodal rail transport의 매력을 증대시킨 중요한 요인이며, 1980년대 중반부터 이는 급속히 증가하여 intermodal rail transport의 시장점유율이 크게 확대되었다. 현재까지 동서 해안의 주요 도시들간 전체 물동량의 65% 이상이 DST에 의하여 수송되고 있다.

Intermodal transport의 최대 수요처는 LA/Long Beach - Kansas - Chicago - New York 구간이 최대 밀집지역이며, Seattle - Chicago구간, Salt Lake City - Chicago구간, LA/Long Beach - Houston구간과 이와 함께 상대적으로 수요는 적지만 미 동남부 지역인 Miami, Atlanta, Memphis와 St. Louis 등도 주요한 결절지역이다.

DST의 경제적 효과는 2인 승무기준의 동력차(기관차) 몇 대를 이용하여 200개의 컨테이너를 Long Beach에서 Chicago까지 2,000마일을 운행한다고 가정할 때, 트럭의 경우에는 100명의 운전자가 100대의 이단적 트레일러를 운행하는 것과 비교하면 쉽다.

일반적으로 DST는 장거리 수송에서 유럽보다는 미국과 캐나다에서 활성화되고 있고, 미국의 경우 대부분의 주요 도시연결은 DST를 활용하고 있는데, 현재 전체 intermodal 철도수송중 수송량 측면에서 약 2/3가 DST에 의해 운송되고 있는 것으로 분석되고 있다.

또한 최근에는 intermodal 철도수송의 경쟁력을 강화하기 위해서 철도터미널에서의 상하역 과정

을 개선하는데 노력하고 있다. 이런 새로운 기술의 적용을 통한 터미널의 성능개선은 비용, 운송 시간, 신뢰성과 용량증대 등으로 나타날 것이고, 특히 독일의 경우 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, Krupp과 Noell은 최고 수준의 자동화·로봇화를 통하여 최적화된 시스템을 자랑하고 있다. 이렇듯 터미널에서의 신속성과 환경친화적인 기술의 개발 등은 도로에서 철도로의 전환에 크게 기여할 것으로 판단된다.

2.4. Swapbody

2.4.1. 시스템의 특성

스왑 바디는 탈착식의 트럭 하대에 실려, 도로상에서는 트럭에 적재하여 운행되나, 철도에서는 컨테이너 화차에 의해 수송된다. 컨테이너와 유사하지만, 컨테이너보다는 다소 경량으로 제작되고, 제작비도 저렴할 뿐만 아니라 위로 달아매는 방식으로 하역이 이루어지기 때문에 하역시 충격도 경미하다. 철도와 트럭의 복합수송에 적합한 새로운 유니트로드(unit load) 시스템이다.

스왑 바디는 바디 아래에 지지다리를 갖고 있는 경우와 없는 경우가 있다. 지지다리를 갖고 있는 스왑 바디는 트럭 자체의 승강장치(공기압식 및 유압식)에 의하여 트럭 샤시를 위로 올리고, 바디의 다리를 세워 트럭으로부터 분리하는 것이다. 따라서 포크리프트 등의 하역기계가 불필요하게 된다. 철도역에서 화차 탑재는 그랏프라 암이 부착된 대형 리프트가 보디 하부를 감싸 이루어 지는데, 화차에는 해상 컨테이너 등을 고정시킬 수 있는 장치가 있어 컨테이너 화차를 이용하는 것이 가능하다. 철도역에서 화차에 적재할 때에는 Grappler arm이 장착된 대형리프트가 보디하부를 감싸서 적하역이 이루어진다.

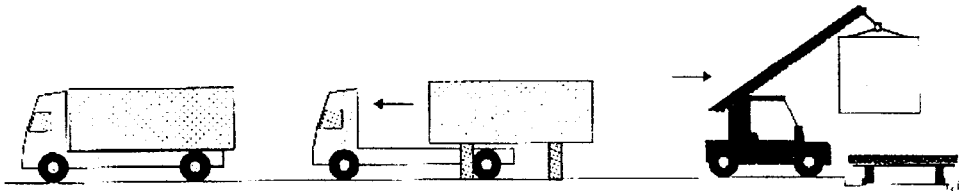


그림 11. Swapbody 상하역 방식(I)

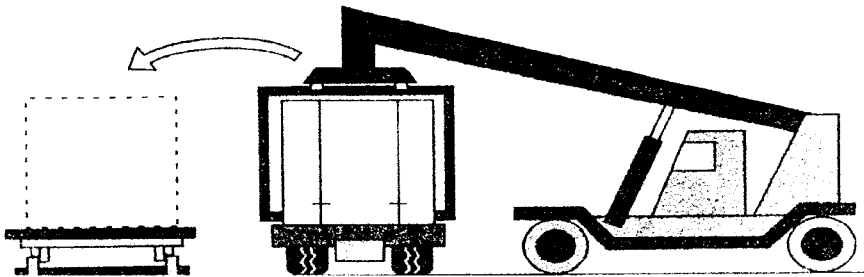


그림 12. Swapbody 상하역 방식(II)

이는 도로수송이 발달해온 독일에서 트럭과 철도 서로에 적합한 새로운 유니트로드시스템으로서 1960대에 개발되어 1970년대 초 규격화된 「Wechselbehälter(교환용기)」의 명칭으로 도입이 시작되었다. 지금은 독일, 프랑스, 이탈리아, 오스트리아, 스위스 등에도 보급되어, 포켓화차에 의한 피기백수송보다 효율이 좋은 것도 있으며, 탈착식 하대의 규격은 기본적으로는 각국에서 정해져 있지만 현재 그 통일이 검토되고 있다.

유럽에서는 수송합리화 및 환경보호의 관점에서 복합수송용에 광범위하게 사용되고 있는데, 1995년에 약 30만대가 가동되었다. 특히 독일에 있어서는 복합수송의 60% 이상이 스왑 바디에 의해 이루어지고 있다. 하역방식은 문형크레인암으로 들어올리는 방식이고, 그리암의 위치는 모두

4,876mm의 폭으로 통일, 화차와의 체결은 20ft ISO 컨테이너와 같은 위치에 설치한 록킹을 이용한다.

도표 3. 트레일러샤시 길이 및 적재톤수

구 분	Class	길이(m)	적 재		비 고
			톤수	파렛트 매 수	
풀 트레일러방식	C	7.15 ~ 7.82	16	16	표준형
	A	12.2 ~ 13.6	34	24	
세미 트레일러방식	B	9.12	34		벌크 및 탱크로리

프랑스에서는 케이스 모빌(Caiss Mobile)로 불리우며 대형의 것은 폭 2,500mm, 높이 2,590mm, 길이는 6,300mm, 12,400mm, 13,600mm의 3종류가 있고 최대는 용적 80m³, 하중 28톤에 이르고 있으며, 최근에는 생선, 야채, 과일류 수송용으로 냉동기를 설치한 케이스 모빌이 등장하였다.

2.4.2. 운영사례

일본 (주)철도화물협회 수송기기 하역개선위원회는 모달 쉬프트(modal shift)를 추진하기 위해, 1991년부터 스왑 바디의 조사연구를 추진하여 1996년에는 일본 실정에 적합한 20형, 24형, 30형의 표준사양을 정하고 도입하는 것을 제안하였다.

도표 4. 일본의 Swapbody 규격

스왑 바디	20형	24형	30형
바깥 연장(mm)	6,058	7,480	9,320
안쪽 최소 연장(mm)	5,700	6,840	9,120
안쪽 폭(mm)	2,340	2,340	2,340
최대적재량(톤)	10	12	16
T11 파렛트 매수	10	12	16

일본통운(주)은 이러한 제언을 실용화하기 위한 검토를 하였는데, 1998년 1월에 길이 9.4m급 12톤 적재의 스왑 바디 프로토타입(prototype)을 완성하여 1999년 3월에 스왑 바디 수송 모달시스템을 촉진하는 유효한 수단으로서 인정하였으며, 개발된 스왑 바디의 특징은 다음과 같다.

- 바디는 트럭을 기본으로 하여 설계된 알루미늄제 바디로서 자중이 가볍고, 같은 치수의 철도 컨테이너에 비교하여 화물적재중량과 용적이 대단히 크다.
- 피기백수송에 비해서도 바디만 화차에 적재하는 경우 화물적재중량과 용적이 대단히 크다.
- 바디의 종류가 풍부하여 컨테이너 정도의 강도를 필요로 하는 경우에도 비교적 제작비가 저렴하며, 화물이 적재된 후에도 철도와 트럭을 자유로이 사용할 수 있다.
- 화물 등을 적재하고 하역하는 경우에 그랏프라 암을 사용하는 수직하역의 경우에도 바디 내의 화물 훼손을 염려할 필요가 없다.
- 바디는 트럭에 장착된 에어백 승강장치에 의해 용이하게 자력으로 탈착이 가능하며, 고객의 작업장에 대형 포크리프트 등의 하역기계가 필요 없게 된다.
- 화차는 현재 이용되고 있는 코키 100형식 컨테이너 화차가 사용될 수 있으며, 1화차에 바디 2개가 적재 가능하다.

유럽에서는 풀트레일러에 적합한 24ft 형이 많이 보급되고 있으나, 일본에서는 장거리 육상수송의 주류는 전장 12m의 트럭이고 그 화물바디 치수를 기본으로 한 Swapbody를 개발하는 것으로 했다.

3. 적용성 검토 및 결론

1960년대까지도 화물수송의 주종은 철도였으나 도로와 자동차 산업의 발달로 철도화물은 계속

감소하고 있다. 그러나, 21세기를 향한 화물수송의 세계적인 경향은 도로건설의 한계 및 체증, 연료소비에 따른 환경문제 등으로 철도 중심의 화물수송 체계 구축에 목표를 두고, 외국의 경우 피기백(Piggyback), 바이모달(Bi-modal)시스템, 스왑바디(Swapbody), 2단적열차(DST) 등의 새로운 화물 수송방식을 개발하여 활용하고 있다.

각 시스템별 특징을 다시한번 정리하면 피기백(Piggyback) 시스템은 트럭 또는 트레일러를 평장물차에 실어 수송하는 시스템으로서, 자동차와 철도의 복합수송방식을 의미하며, 자동차의 기동력과 철도의 대량안전수송을 결부시킨 이 방식은 차량한계가 큰 미국철도에서 처음 채택되어 대단한 인기를 끌고 있으나, 평상이 높은 독일이나 일본 등의 철도에서는 적용이 어렵게 되어 있다.

Bi-modal 시스템은 철도의 약점인 문전에서 문전까지의 일관수송의 불완전성을 해소하는 방법으로, 철도차륜과 도로주행용 타이어를 겸비하여 철도에서는 화차로, 도로에서는 트레일러로 사용되는 양용방식의 수송시스템이다. 현재에는 국내여건이 단거리이므로 수요가 극히 적을 것으로 예상되나, 미국에서는 널리 사용되고 있고, 영국, 독일, 프랑스, 스페인, 덴마크 등은 유럽연합에서 적극 지원하고 있으며, 호주, 뉴질랜드에서 도입운용 중에 있다.

스왑바디(Swapbody) 시스템은 도로운송사업자가 주체가 되어 개발된 시스템으로 탈착식의 트럭 하대에 실려, 도로상에서는 트럭에 적재하여 운행되나, 철도에서는 컨테이너 화차에 의해 수송된다. 컨테이너와 유사하고, 철도와 트럭의 복합수송에 적합한 새로운 유니트로드(Unit Load) 시스템이다. 독일에서 최초로 개발되어 현재는 독일, 프랑스, 이탈리아, 오스트리아, 스위스 등에도 보급되어 있다.

이단적열차(DST)는 이단적열차 운송은 철도회사가 트럭과의 중장거리 경쟁에서 절대적 우위를 차지하고자 새로이 도입한 시스템으로서 한 화차에 container를 이단으로 적재하여 운송량을 2배로 증가시킨 혁신적인 운송방법이다. 일반적으로 유럽보다는 미국과 캐나다에서 활성화되고 있고, 미국의 경우 전체 intermodal 철도수송량 중 약 2/3가 DST에 의해 운송되고 있다. 위에서 기술한 신운송시스템들의 국내 적용가능여부 검토결과는 다음과 같다.

표 5. 신운송시스템의 국내 적용가능여부 검토결과

구 분	시스템별	Piggyback		Bi-modal	Swapbody	DST
		트레일러	카고트럭			
부 담 하 중	표준활하중 (LS-18)이하	○	○	○	○	○
	기관차축중 (25t)이하	○	○	○	○	○
	화차축중 (22t)이하	○	○	○	○	○
	화차평균중량 (7t/m)이하	○	○	○	○	○
	차량한계 저축여부	×	○	○	○	×
	현 화차 활용가부	×	○	×	×	×
	차량개발 가능여부	개발 1안, 개발 2안	개발 3안	개발 가능	개발 가능	개발 불능
	비 고	경제성검토 후 적용	수요발생시 즉시 적용 가능	수요에 따라 검토 필요	수요에 따라 검토 필요	

※ ○ : 적합, × : 부적합

따라서, 신운송시스템을 국내 철도화물 수송에 적용하는 방안을 검토하여 보면, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

• Piggyback시스템은 현재 운행중인 국내 평판화차(상면높이:1,065mm)에 그대로 컨테이너를 실

은 트레일러를 적재하면 차량한계가 초과(695mm)되어 운행이 불가능하다. 따라서 이를 해결하기 위한 평판화차 개발안을 살펴보면 다음과 같다.

- 저상고 430mm 곡형장물차 개발 : 트레일러 높이가 1,410mm인 경우에는 높이가 2,438mm인 컨테이너 적재는 가능하나 높이가 2,591mm인 컨테이너는 60mm가 초과되어 적재가 불가능하다. 트레일러 높이가 1,225mm인 경우에는 국내에서 운행되고 있는 일반 컨테이너(높이: 2,430mm, 2,591mm)의 적재운행이 가능하다. 따라서 본 개발(안)을 살펴보면 국내에서 운행되고 있는 컨테이너중 높이가 2,438mm이하로 제한되어 운송이 가능한 것이 단점이다.
- 저상고 356mm인 곡형장물차 개발 : 현재 국내 평판화차에 일반적으로 사용되고 있는 차륜경 860mm을 이보다 적은 711mm (28") 대체 사용하고 차체상판 높이를 74mm로 낮추어 제작하면 모든 일반 컨테이너의 적재수송은 가능하지만 「국유철도건설규칙 제66조의 차륜직경은 768mm이상으로 한다」는 조항에 저촉된다. 그러나 미국에서는 차륜경이 711mm를 TOFC 화차에 사용하고 있는 사례로 보아 우리나라에서도 수요 등 충분한 검토를 거쳐 「국유철도건설규칙」을 개정한 후 본 시스템을 개발하여 적용하는 것도 고려할 필요가 있다고 판단된다.
- 카고트럭 2량 적재를 위한 평판화차 개발 : 현 평판화차로 국내 카고트럭에 Piggyback 시스템을 적용하면 운행이 가능하다. 그러나 카고트럭 등 특장차 종류에 따라 1량이상 적재가 거의 불가능하므로 이를 차종에 관계없이 카고트럭 2량을 적재할 수 있도록 차량길이를 18,300mm인 신평판화차를 개발하여 운용하는 것도 바람직하다고 판단된다.
- Bi-modal은 제반규칙에 저촉되는 부분은 없으나 현 국내 여건상 단거리에서는 운용이 불합리하여 앞으로 TCR, TSR 등과 연결되어 대륙횡단시 활용방안을 검토하는 것이 바람직하며, 중간대차형 Bi-modal은 국내 제작기술은 충분하다고 판단되나 중간대차를 활용시 국유철도건설규칙 해설 제62조에 종전 1,2급선 축중을 22톤 이하로 제한하고 있어 적재하중을 28톤 이내로 제한하여야 한다.
- Swapbody도 제반규칙에 저촉되지 않으나 현재로서는 철도수송수요가 희박하다고 할 수 있으나 각종화물이 파렛트화에 따라 Swapbody운송이 필요할 것으로 판단되므로 앞으로 Swapbody의 표준화 및 이의 활용방안이 검토되어야 할 시기라고 판단된다. Swapbody는 국내 제작기술로 충분하다고 판단된다.
- Double Stack Train은 차량한계에 1,876mm 초과되어 건축한계까지 지장을 받으므로 차량개량은 불가능하고 터널 및 선로개량도 불가능한 실정이며 앞으로 주요간선이 전철화 예정으로 전철구간은 전차선 표준높이가 5.2m로 DST수송이 불가능하다.

철도화물 서비스의 다양화를 위하여 현재 외국에서 활용되고 있는 철도운송방식인 피기백수송, 이단적수송, Bi-modal 수송, Swapbody 수송 등에 대하여 운용사례분석과 국내 적용성 검토를 수행하였는데, 이러한 수송방식은 각 국에서 지리적 여건과 화물시장의 특성을 고려하여 채택·운영되고 있는 것으로 판단된다. 우선 대부분의 운송방식이 현재 가장 많은 비율을 차지하고 있는 잠화물 수송을 위한 컨테이너수송을 위한 방식에 집중되고 있는데, 미국의 경우 운송거리의 장거리, 고중량화물 수송, 인건비의 상승 등에 따라 이단적열차와 Bi-modal 수송, 피기백수송이 활성화되어 있는 것으로 나타났다. 특히 이단적열차와 Bi-modal수송은 장거리 수송과 고중량화물수송에 많은 장점을 보유하고 있어 미국의 서안지역에서 동안지역으로의 Land-bridge 수송에 주요 기능을 담당하고 있을 만큼 그 활용성이 높다. 그러나 우리나라의 경우 지형적 특성으로 인하여 많은 터널을 보유하고 있어 이단적 수송에는 기술적으로 문제가 있는 것으로 분석되었다. 그러나 향후 대륙횡단철도를 이용한 화물수송의 증가할 경우 우리나라는 동북아물류기지로서의 역할을 수행하기 위하여 미국의 예에서처럼 컨테이너 대량수송을 위해서 장기적으로 시설 개량을 통한 이단적 열차의 도입방안을 검토하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

국내 도입이 타당성이 높은 운송시스템으로는 피기백수송과 Swapbody에 의한 수송인 것으로

분석되었으며, 피기백수송은 기존의 컨테이너를 화차에 그대로 적재하는 수송보다는 도로에서 이용하고 있는 트럭의 피기백수송이 유리한 것으로 판단되었다. 이를 위하여 세가지의 피기백화차 개발 방안을 제시하였는데, 기존의 flatcar를 이용할 경우 발생하는 차량한계의 문제점을 해결하기 위해 곡형장물차형식의 화차높이를 낮추는 화차형식을 제안하였다. Swapbody는 제작비가 저렴한 철도와 트럭의 복합수송에 적합한 Unit Load 시스템이라고 할 수 있으므로, 이러한 방식도 국내에 적용이 가능한것으로 분석되었다.

<참고문헌>

1. 백남욱, 장경수 공역, “철도차량 핸드북”, 기전연구소, 1999.1
2. 社団法人運輸經濟研究センター, “21世紀に向けての 物流戦略”, 1991.4
3. JR貨物Research Center, 規制緩和と物流, 1999.12
4. JR貨物Research Center, 情報と物流, 2000.4
5. JR貨物Research Center, “日本經濟の構造變化と鐵道貨物輸送 調査報告書”, 2000.4
6. 社団法人 全國通運連盟, “鐵道コンテナ輸送に関する物流EDI標準メッセージ制定の調査研究”, 2000.3
7. 社団法人 全國通運連盟, “一貫パレチゼーション等による「鐵道コンテナ技術試驗輸送事例集」”, 2000.3
8. JRFグループ經營者連合會, “鐵道貨物の實務”, 株式會社 交通新聞社, 1997.7
9. 中島啓雄, “現代の鐵道貨物運送”, (財)交通研究協會, 1997.1
10. 運輸經濟研究センター, “長期的展望に立った鐵道貨物のあり方に關する調査”, 1996.3
11. Ministry of Transport in the Netherlands, Public Works and Water Management, “International Study on Intermodal Transport”, 1998.2, The Hague
12. Michael Pearson, “Coming up with the goods”, J.M.Pearson & Son Publishers Ltd., 1999
13. Paul Shannon, “Railway freight operation”, Ian Allan Publishing Ltd., 1999