

新交通システムへの“ALSUS”複合剛体トロリの適用

“ALSUS” Composite Trolley Bar for New Transportation Systems

都市内及び今後のニュータウン路面交通の渋滞、交通騒音、都市交通経営悪化などを解消するために、専用軌道上に低騒音のゴムタイヤ車両を走行させ、ワンマン運転又は無人運転可能のコンピュータ制御の新交通システム(別称：中量軌道輸送システム)が登場した。この新交通システムの車両は電気駆動方式であり、耐久性、信頼性及び施工性の優れた給電用トロリが必要になる。そのため、摺動面に耐摩耗性が優れているステンレス鋼を、導電部に軽量で電気的特性、耐食性に優れた耐食アルミニウム合金を用いた“ALSUS”複合剛体トロリの開発、実用化を図った。このトロリは、大阪南港ポートタウン線の新交通システムに適用され、現在営業運転に供せられている。

井越明生* Akio Igoshi
大貫光明** Mitsuki Ônuki
中村称久晴*** Yakuharu Nakamura

1 緒言

最近の大都市の過密化は、交通渋滞、交通騒音などの環境問題とあいまって、都市内、近郊の輸送能力、交通経営に大きな課題を生じており、各地のニュータウンをも含めて新交通システムによる事態の解決が進められつつある¹⁾。この新交通システムは、現在の地下鉄、バスの中に位置する中容量輸送システムで、コンピュータ制御によって無人化運転を指向し、きめ細かな運行サービスの提供を目標にしている。このシステムでは制御システムはもとより、給電システムでも頻度の高い運行回数、比較的高い加速、減速や狭いスペースでの三相給電などを達成するために、高い信頼性が要求されている。そのために、新交通システムに要求される諸機能をもった高性能のトロリが必要になる。

これらの要求にこたえるため、従来の銅トロリ、鉄トロリのような単一金属トロリではなく、耐摩耗性の高いステンレス鋼を摺動面に、軽量かつ導電率の高いアルミニウム合金を導電部にもつ複合トロリ(“ALSUS”^{※1)}複合剛体トロリ)の実用化を進めた²⁾。このトロリは、アルミニウム合金とステンレス鋼を金属結合で完全に一体化したもので、長期にわたる諸特性の安定性が非常に高い複合トロリである。

本報告では、“ALSUS”複合剛体トロリの機能、及び昭和56年3月に営業運転を開始した大阪南港ポートタウン線への適用状況について述べる。

2 新交通システムの概要

大都市地区での交通問題は、人口密度の増加及びモータリゼーションの普及に伴い、1960年代後半に顕在化してきた。これを解消するため1968年に米国で発表された報告書“Tomorrow's Transportation”を契機に、新交通システムの研究開発が精力的に行なわれた¹⁾。新交通システムは、既存及び新開発の交通機関の運用法などのソフトウェア改革を行なって、

より機能的、効率的な運行システムを確立する交通システムの総称である。すなわち、地下鉄とバスの中間の輸送能力として5,000~15,000人/h、運転速度40~60km/hで輸送量のピーク時、及びオフピーク時に柔軟に対応できるスケジュール運行方式のものが目標となっている。また、車両は排気ガス、騒音対策上から電気駆動のゴムタイヤ方式となっており、経済性の面から車両誘導機構をもつ軌道、及び集中監視、制御方式により運転、駅務の無人化指向が徹底されている³⁾。

国内、海外でも新交通システムは、研究段階から実用化の段階に入り、大阪南港ポートタウン線のほかにも神戸ポートアイランド線が開通した。また、筑波学園都市線など計画中の新交通システムは数多くあり、規格化による経済性の推進という課題もあるが⁴⁾、新交通システムは交通問題解決策としてその重要性を増してゆくものと考えられる。

3 各種既存トロリの特徴

新交通システムは、三相交流給電方式が一般的であることを考え合わせると、トロリは十分な電気的特性に加えて次の点を満たすことが必要である。

- (1) 狭い空間に3線容易に並ぶように、断面形状が小さいこと。
- (2) 短絡時の機械的強度が優れていること。
- (3) 集電装置の通過に支障のない強度をもっていること。
- (4) 工事が容易なこと。
- (5) 保守点検が容易なこと。
- (6) 摩耗が少なく耐食性が高いこと。

これに対して、地下鉄、モノレールなどに使用されている従来の剛体トロリは、図1に示すものがある。鉄レールは各地で使用されており強度は十分であるが、必要な電流容量を得るには断面積が大きくなり、三相を並べて布設するには適しない。また、発錆防止のためには定期的に防錆塗装を行なう必要がある。銅トロリは電気抵抗が小さいので、電流容量の点からは小断面積でもよいが、強度が不足するために形鋼と組み合わせて使用される。そのために、部品点数が増える

※1) アルミニウムとステンレス鋼(SUS)の複合材を示す日立電線株式会社登録商標である。

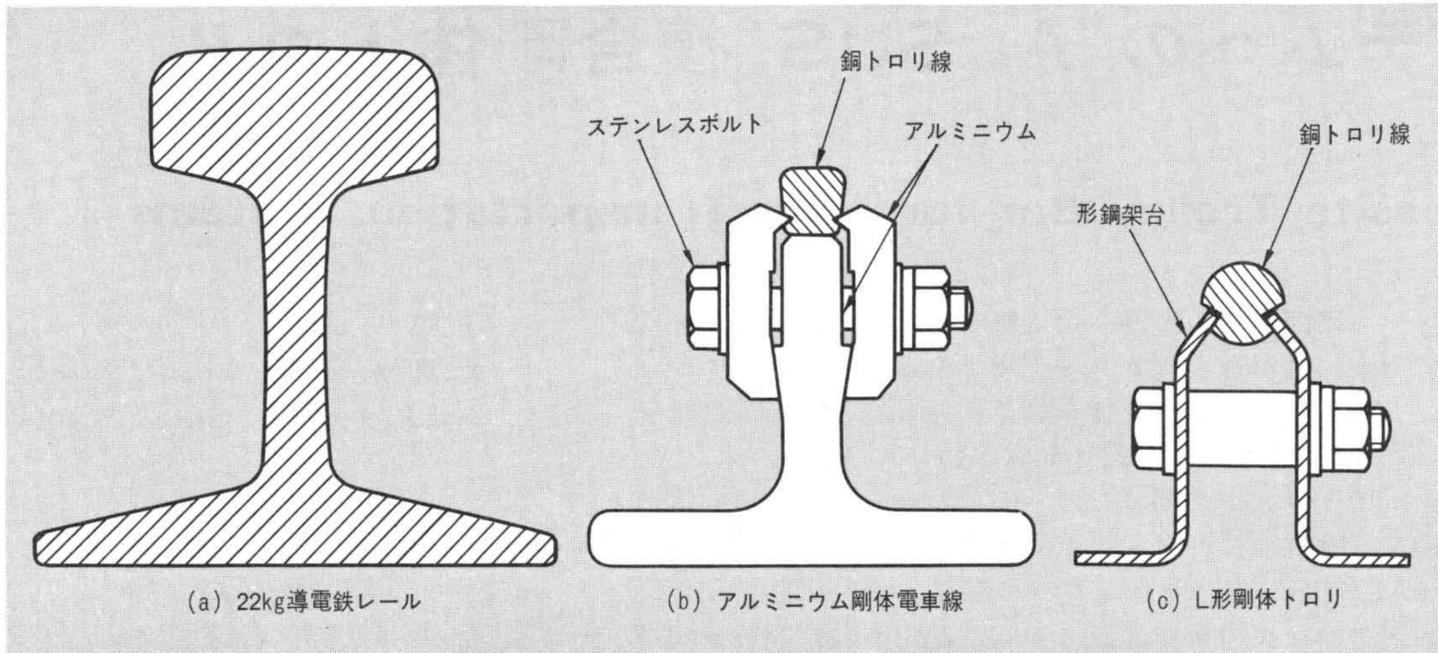


図1 従来の剛体トロリ
地下鉄、モノレール、新交通
システムの営業路線及び実験
線に使用実績がある。重量、
電流容量、耐摩耗性、耐食性
などに改良の余地が残されて
いる。

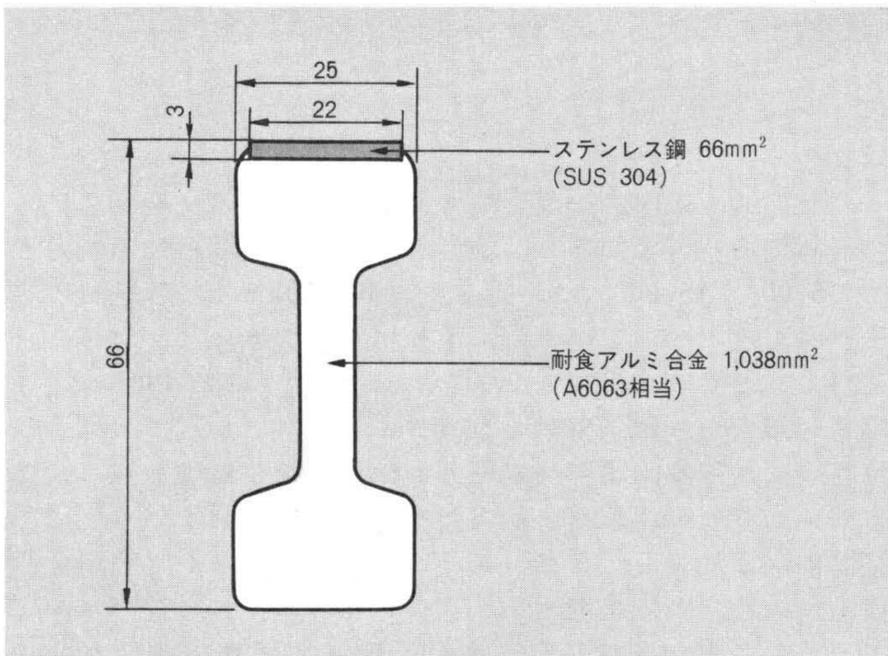


図2 “ALSUS”複合剛体トロリの断面形状 摺動面の耐摩耗特性の
良好なステンレス鋼が、耐食アルミニウム合金に金属結合によって強固に接合
されており、完全な一体構造となっている。

こと、及び形鋼の防食対策を考えなければならないことが問題である。アルミニウムは軽量で鉄に比べて電気抵抗が小さいが、硬さに欠けるため摺動面に銅トロリを組み合わせて地下鉄、モノレールのトロリに使用されている。しかし、屋外での長期使用では銅とアルミニウムの接触腐食についての対策が必要である。このように、総合的な特性をみると、既存の各種トロリは新交通システム用としては改良の余地が多く残されている。

4 “ALSUS”複合剛体トロリの特性

4.1 構造及び基本特性

図2は、上述の既存トロリの短所を改善するために開発された“ALSUS”複合剛体トロリの代表的な断面形状を示したものである。導電部には導電性、強度、耐食性を確保するため耐食性アルミニウム合金を、摺動面には耐摩耗性、耐食性を考慮してステンレス鋼を使用している。

図3は、アルミニウム合金及びステンレス鋼の界面の接合状態を示したもので、両部材構成元素の濃度変化から空隙、金属間化合物層のない強固な金属結合状態にあることが分かる。この接合面は、製造工程内で均一に連続して得られるため、完全な一体構造の複合トロリが得られ界面の破壊、電気抵抗、接触腐食などの問題はなく単体トロリ同様に扱える。

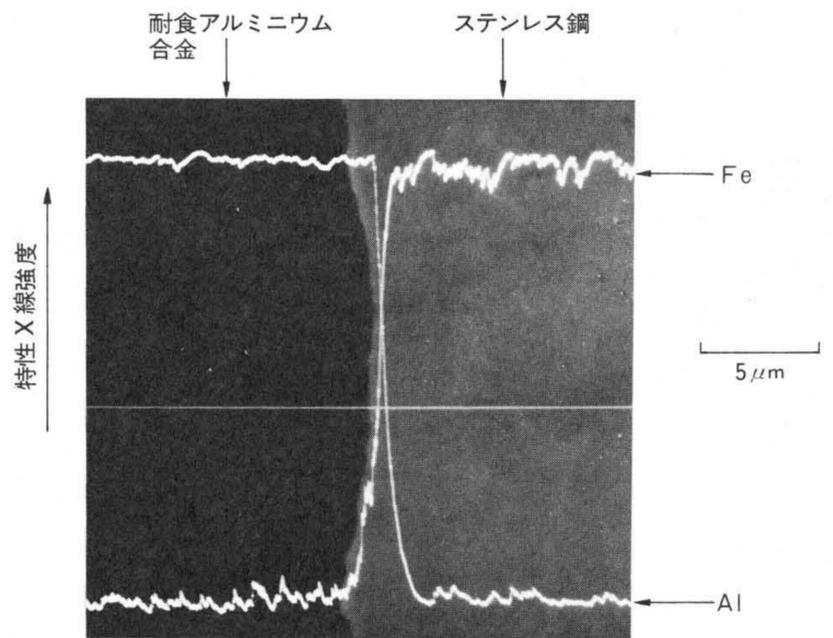


図3 “ALSUS”複合剛体トロリのアルミニウム合金及びステンレ
ス鋼界面状況 境界面で両材料の元素濃度分布は、拡散層の幅の間で連続
的に変化しており、金属間化合物などの欠陥のない金属結合が形成されている。

表1に図2の“ALSUS”複合剛体トロリの基本特性を示す。

4.2 摺動特性

ステンレス鋼の摺動特性が良好なことは使用実績の豊富な鉄レールから類推できるが、トロリ材としては新規な材料のため綿密な摺動試験を行なった。

図4は、代表的な集電材料であるブロイメットBC-3に対する“ALSUS”複合剛体トロリの摩耗特性で、十分な耐摩耗性をもっている。集電材料自体の摩耗も少なく、BC-3以外にも鉄トロリに使用されている球状黒鉛鋳鉄などの既存の集電材料が使用可能である。これらの離線特性も安定しており、60km/hでも0.5%付近の低い値が得られている。

5 大阪南港ポートタウン線への“ALSUS”複合剛体トロリの適用

図5は、“ALSUS”複合剛体トロリ(図2参照)が使用されている大阪南港ポートタウン線ニュートラム⁵⁾である。ニュートラムは、大阪市の地下鉄四つ橋線住之江公園駅とポートタウンの中ふ頭駅間6.6km(複線)を走行するもので、電気方式は三相交流 600V・60Hz、集電装置は側面接触式である。図6は、大阪南港ポートタウン線の運行路線図で、図7は同路線の断面構造図である。電車線は、ゴムタイヤ車輪の高さで軌道壁上に三相が隣接して摺動面を横にして取り付けられている。

表1 “ALSUS”複合剛体トロリの基本特性 耐食性アルミニウム合金の強度が高いため、十分な曲げ剛性をもっており、電流量の大きな軽量トロリである。

項目	特性	
単位重量 (kg/m)	3.32	
素材引張強さ (kg/mm ²)	アルミ合金	23
	ステンレス鋼	65
座屈強度 (kg/mm ²)	24	
断面二次モーメント (mm ⁴)	縦	4.7×10 ⁴
	横	4.5×10 ⁴
電気抵抗* (Ω/km)	直流	0.0320
	交流**	0.0342
電流量*** (A)	直流	1,170
	交流**	1,120
熱膨張係数 (°C ⁻¹)	22×10 ⁻⁶	

注：* 20°C ** 60Hz *** 周囲温度40°C，許容温度80°C

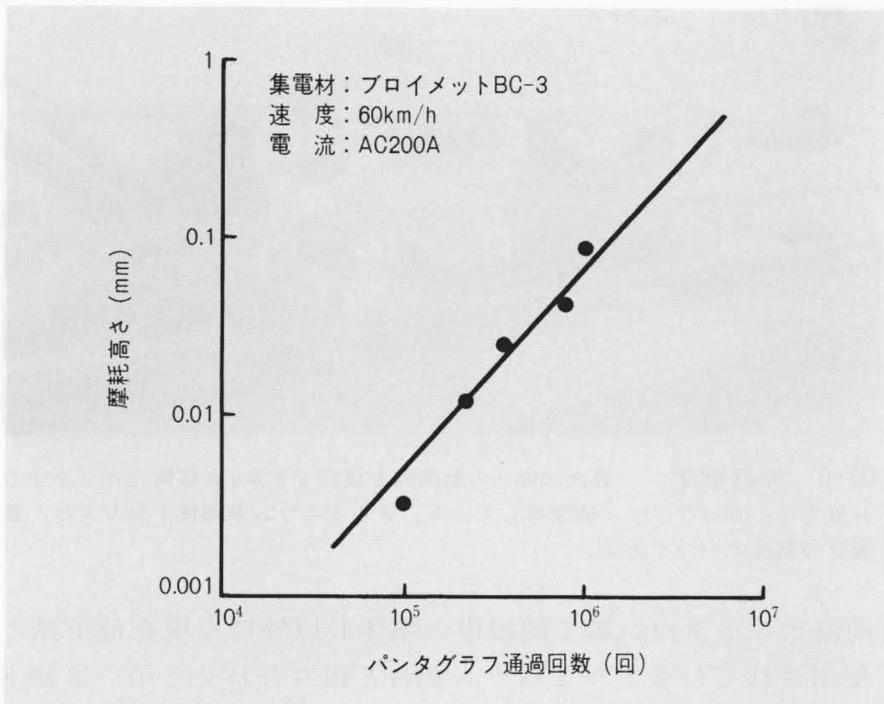


図4 “ALSUS”複合剛体トロリの摩耗特性 平均摩耗速度は約8.8×10⁻⁴mm/10⁴パンタグラフであり、銅トロリの約60倍の高い耐摩耗特性を示す。1,200パンタグラフ/日とすると、約80年の寿命をもっている（摩耗しろ1.5mmの場合）。

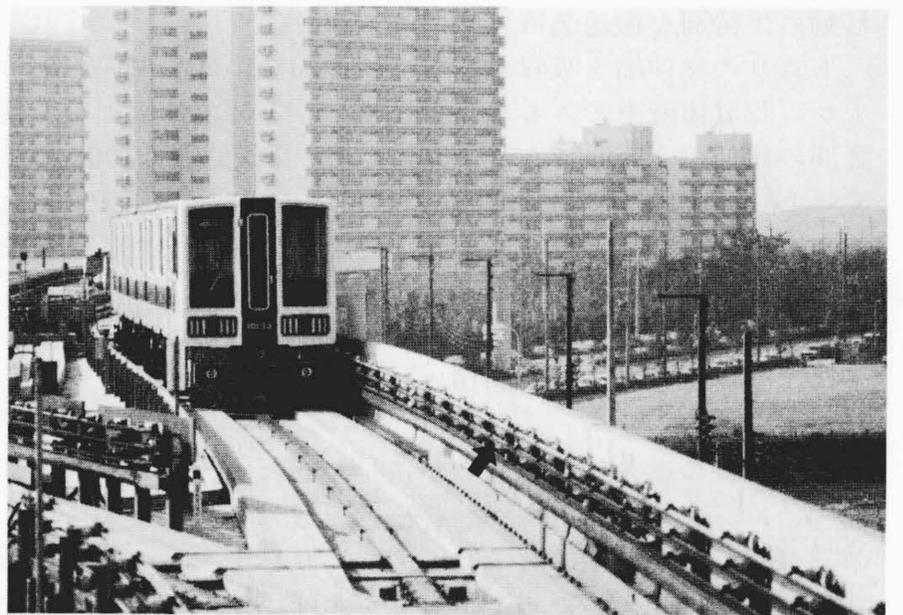


図5 大阪南港ポートタウン線ニュートラム “ALSUS”複合剛体トロリは、案内レールの上を車輪と同じ高さの位置に左右3線ずつ取り付けられている。

電車線の構成は図8に示すとおりで、支持がい子は充電部間隔を大きくするために、上相、下相と中相での取り付け位置をずらしている。トロリ支持間隔は集電装置によるたわみ、短絡事故時の衝撃力を考慮して通常2.5mとし、変電所付近及び半径250m以下の曲線部では1.25mとした。

支持がい子は塩害を考慮してダブルスカート形ピンがい子を採用し、トロリ本体がアルミニウム合金製であるため、がい子金具はアルミニウム合金ダイカストを使用した。また、短絡事故時の衝撃強度を確保するため、がい子ピンの直径を応力に応じて大きくし、材質も炭素鋼にして強化した。

“ALSUS”複合剛体トロリの単位長さは10mで、保守点検を容易にするため溶接接続とし、トロリ溝部分にはアルミニウム接続板を当てミグ(MIG)溶接を行ない、接続強度を確保した。

図9は、電車線の軌道壁への取付作業状況を示したものである。溶接接続で長尺にした後でも、“ALSUS”複合剛体トロリは軽量であるため取扱いは容易であり、布設時のトロリの

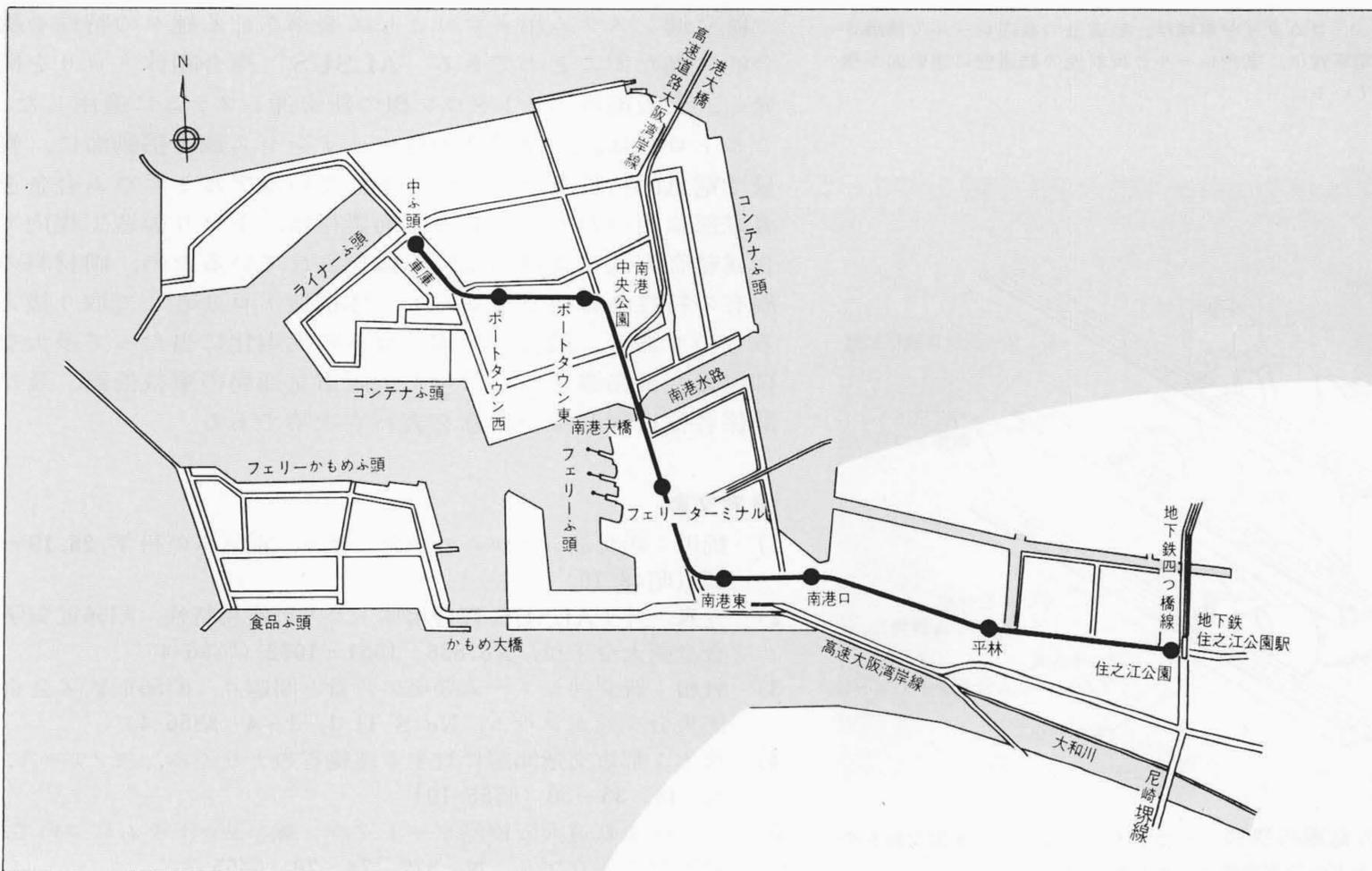


図6 大阪南港ポートタウン線路線図 大阪市営地下鉄四つ橋線住之江公園駅からポートタウンを経て、中ふ頭駅までの6.6kmの路線である。

移動には特別な搬送装置は必要としない。

トロリの熱伸縮を吸収するための伸縮継手は、保守点検の上から設置箇所をできるだけ少なくし、1個の伸縮継手で長区間の熱伸縮を吸収できるようにした。設置間隔は100mに1箇所とし、1箇所ですべて最大330mmの熱伸縮の吸収を可能とした。伸縮継手部材にはトロリの摺動部材と同じステンレス鋼を使用し、電気的な接続はキャプタイヤケーブルによって行なった。なお、たわみを防ぐために伸縮継手部材の中央部をがい子により支持している。図10は、伸縮継手の設置状況を示したものである。

集電装置の進入離脱を滑らかにこなすため、トロリの両端部にはエンドアプローチ(傾斜部分)を設ける必要がある。この部分は、集電装置の突入時の衝撃、及びアークの発生により損傷を受けやすいため、トロリを曲げて使用することをせず、軽鋼を垂鉛めっきしたもので製作した別部品とし、容易に交換できるようにした。

以上が大阪南港新交通システムのトロリ線の概要であるが、このほかの新交通システム路線やモノレールについても、それぞれに応じた断面形状で“ALSUS”複合剛体トロリの適用が検討されている。“ALSUS”複合トロリとしては、大阪



図9 “ALSUS”複合剛体トロリの布設作業状況 10m定尺トロリは、溶接で接続した後でも軽量なため、人力で取扱いができ、施工性が優れている。

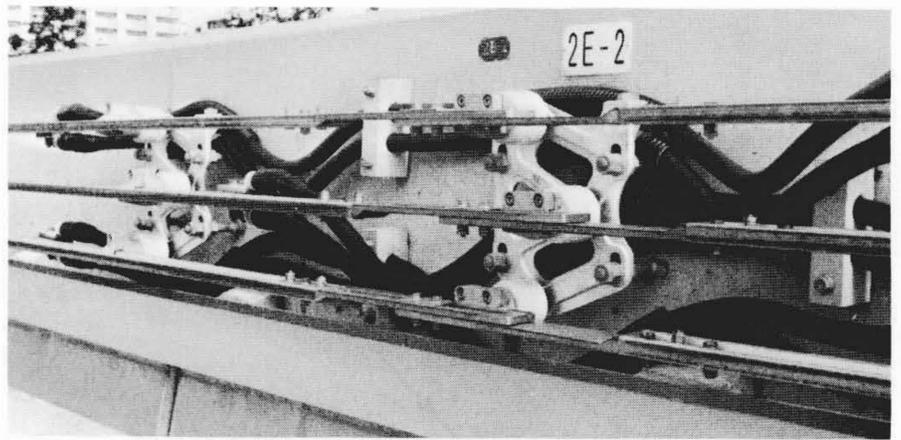


図10 伸縮継手 最大330mmの熱伸縮を吸収できる。大阪南港ポートタウン線では、100mごとに1個使用している。アルミニウム系剛体トロリでは、重要な付属品の一つである。

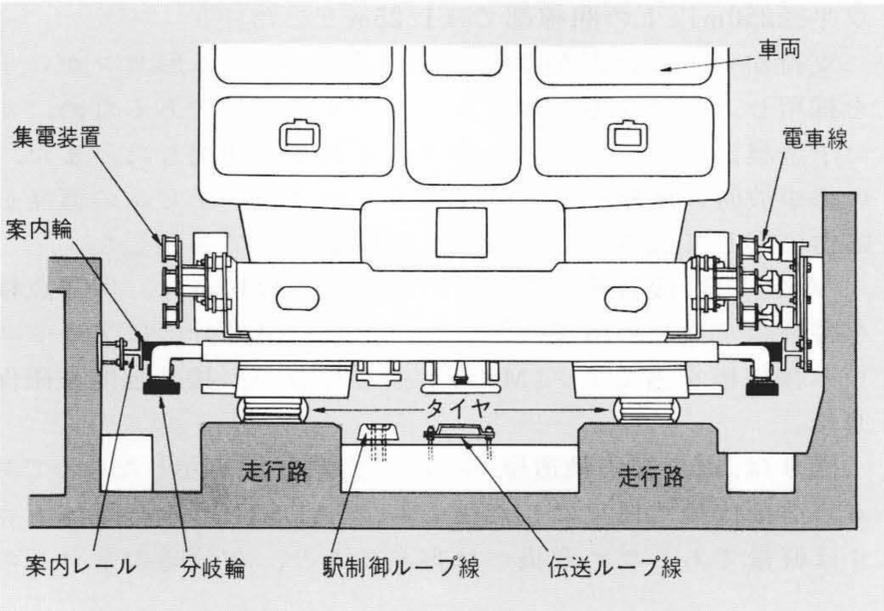


図7 軌道断面構造 ゴムタイヤ車輪は、軌道壁の案内レールで誘導されて走行路上を走行し、電車線は、案内レールと反対側の軌道壁に摺動面を横向きにして3条布設されている。

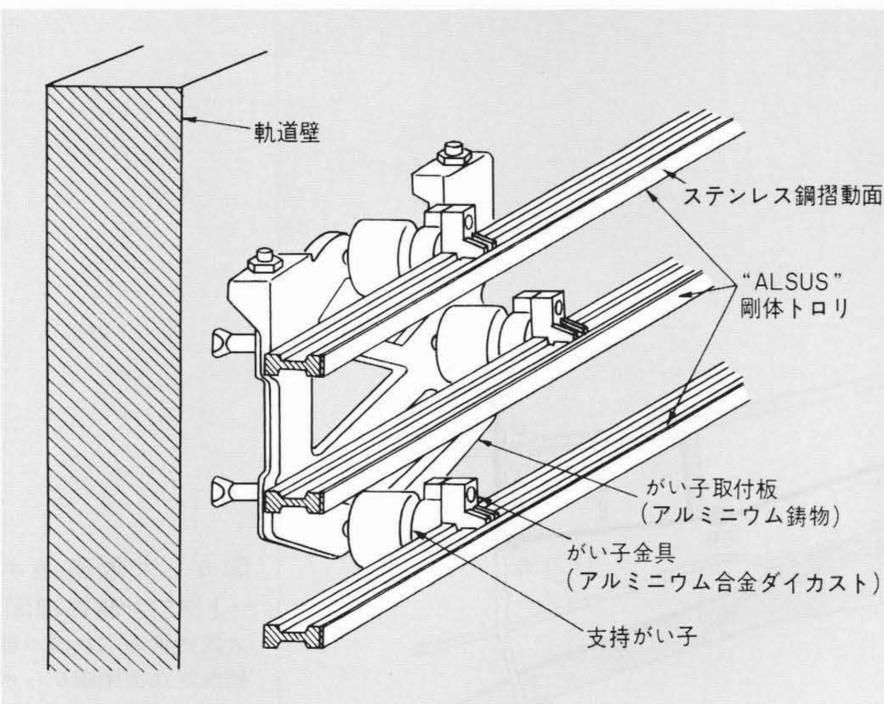


図8 ニュートラムの電車線構成 支持がい子は、がい子取付板を介して軌道壁に設置する。上下の位置調整は、取付板で行なう。

南港ポートタウン線で使用中の剛体形以外にも現在地下鉄で使用されているアルミニウム架台と組み合わせて用いる銅トロリ線に代わる“ALSUS”複合トロリ線の開発も進められている。これも耐摩耗性の良好な軽量トロリとして、既存路線も含めて広い使用分野をもっている。

6 結 言

新交通システム用トロリとして要求される種々の特性を総合的に満たすことのできる“ALSUS”複合剛体トロリを開発し、大阪南港ポートタウン線の新交通システムに適用した。このトロリは、耐摩耗性の良いステンレス鋼を摺動面に、軽量で電気的特性及び耐食性が優れているアルミニウム合金を導電部に用いたものである。両素材は、トロリ製造工程内で金属結合方式により完全に一体化されているため、両材料の固有の特性を維持しながらも一体構造トロリとして取り扱えるものである。最後に、本トロリの実用化に当たって多大な御協力、御指導をいただいた大阪市交通局の東技術監、及び関係各位に対し深い謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 橋川：新交通システムの開発と導入，電気車の科学，26，19～25（昭48-10）
- 2) 今泉，外：ALSUS複合剛体トロリの実用特性，昭56電気学会全国大会予稿，No.836，1051～1052（昭56-4）
- 3) 曾根：新交通システム登場の背景と問題点，昭56電気学会全国大会シンポジウム，No.S.11-1，1～4（昭56-4）
- 4) 榎本：都市交通問題に対する運輸省のとりくみ，モノレール，No.43，35～50（昭55-10）
- 5) 東：中量軌道大阪南港ポートタウン線ニュートラムについて，鉄道ピクトリアル，No.377，74～78（昭55-7）