

JR方式磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）  
ガイドウェイ構造物に関する調査報告

平成元年4月

示方書研究部会特殊橋基準分科会  
リニアモーターカー研究グループ

住友金属工業㈱

NKK

川崎重工業㈱

大日本コンサルタント㈱

三井造船㈱

三菱重工業㈱

## 1章 まえがき

磁気浮上式鉄道（JR方式）は昭和37年に研究を開始し、昭和52年からは宮崎実験線による走行実験を行うなど開発が進められ、技術的にはほぼ実用化の域に達しているといわれている。また平成元年度には宮崎実験線より長い、新たな実験線の建設が決定される予定であり、それに対する各自治体の感心も高まっている。

従来鉄道の現状をみると、東海道新幹線がほぼ飽和状態にあり、現状以上の輸送力強化が困難なこと、また、鉄輪とレールによる鉄道では時速300km程度がスピードの限界とされていることから、将来的には磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）の導入が必至と考えられる。

一方、JR方式におけるリニアモーターカーでは磁気抗力の問題から、ガイドウェイ構造物に鋼材を使用することは問題があるとされており、我々鋼橋の建設に携わるものにとり、気になるところである。

本レポートは磁気浮上式鉄道のガイドウェイ構造物の概要を調べ、将来の実用化に際して鋼橋の適用を図るための一助とするとともに、鋼橋の適用に関する問題点を調査したものである。なお、磁気浮上式鉄道にはJR方式の他、HSST方式、TR方式があるが、国内において都市間をつなぐ幹線としての採用が予想されるJR方式のみに対象を絞ることとする。

## 2章 磁気浮上式鉄道の概要

### 2. 1 磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）<sup>1),2),3)</sup>

磁気浮上式鉄道とは、磁気による吸引力もしくは反発力により車体を浮上させるとともに、リニアモーターカーにより推進する交通機関である。

通常、リニアモーターカーと呼ばれているものには、リニアモーターにより推進する交通機関すべてが包含され、磁気浮上式以外では、車輪の回転により走行するもの等があるが、ここでは便宜的に磁気浮上式鉄道だけをリニアモーターカーとする。

#### (1) リニアモーターカー

日常によくみかけるモーターは回転型だが、その形状は外側の円形の1次コイル（固定子あるいは電機子コイル）と、内部で回転し、トルクを生み出す2次コイル（回転子あるいは界磁コイル）によって構成されている。

2次コイルは1次コイルの内部で無限長の運動をすることにより、力を生み出しているが、1次コイルを直線状に引き延ばし、2次コイルを直線状の1次コイルに対応するものにしたのがリニアモーターカーと考えることができる。

現在検討されているリニアモーターカーには2つの方式がある。すなわちLSM方式とLIM方式である。LSM方式は、リニア・シンクロナス・モーター方式（リニア同期モーター方式）の略であり、一方、LIM方式は、リニア・インダクション・モーター方式（リニア誘導モーター方式）の略である。

両者の違いは、軌道側（地上側）に1次コイルを置くか、2次コイルを置くかで区別される。すなわち、1次コイルを軌道側に置いたのがLSM、軌道側に2次コイルを置いたのがLIMである。

LSM方式では、車両側の2次コイルに磁石を用いており、軌道側の1次コイルと、車両側の2次コイル磁石の相互作用によ

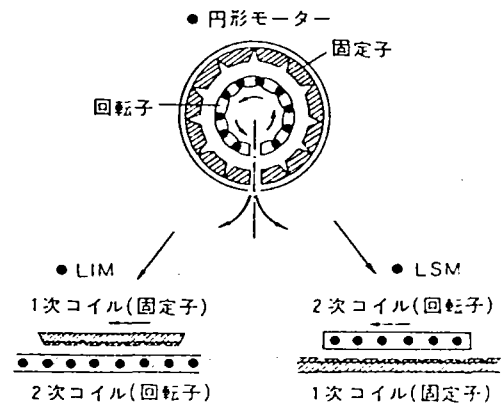


図2.1 LIMとLSM<sup>1)</sup>

り推進する。この方式では、推進を制御する機能は軌道側の1次コイルにあり、1次コイルに供給される電流の制御さえすれば、車両は無人でも発進、加速、停車が可能になる。しかし、この制御のための地上システムは複雑なものとなる。

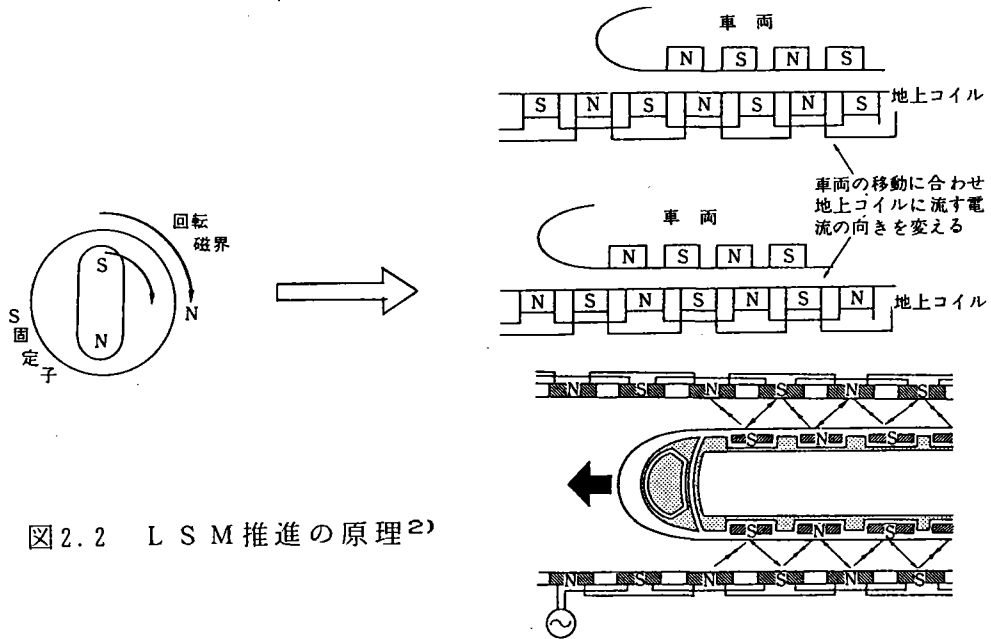


図2.2 LSM推進の原理<sup>2)</sup>

LIM方式では、1次コイルを搭載した車両側に推進力を制御する機能が必要となり、1次コイルへの電源供給装置と制御装置の車両への搭載が不可欠である。また、エネルギー供給のため、集電線が軌道に沿って敷設され、車両は集電線装置によって電力を車外から供給されるため、この部分での接触による騒音が発生する可能性がある。しかし、軌道施設はアルミ板と鉄板による簡単なものとすることができる。

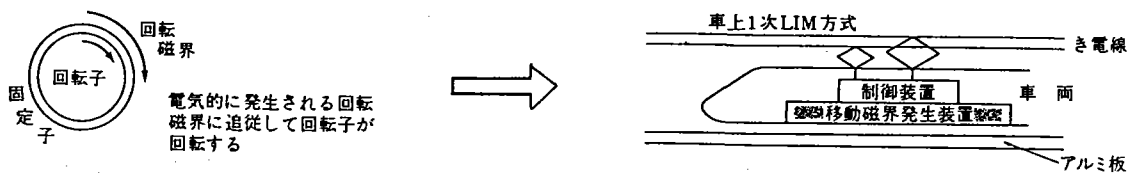


図2.3 LIM推進の原理<sup>2)</sup>

なお、後述するようにJR方式、TR方式ではLSMを、HSST方式ではLIMを採用している。

## (2) 磁気浮上

磁気浮上式鉄道では車載磁石により浮上力としている。磁気浮上方式には磁力間の反発力を用いる方式（反発型磁気浮上方式）と、吸引力を用いる方式（吸引型磁気浮上方式）とがある。

反発型磁気浮上方式は一方の磁石を車上に、他方を軌道に並べ、この磁石同士の反発力により車両を浮上させる方式である。ただし軌道に永久磁石を並べるのは非常に高価となるため、実用上は電磁誘導現象を利用している。すなわち、軌道にアルミニウム線を巻いたコイルを並べ、その上を磁石を搭載した車両が高速で走行することにより、車両側の磁石直下の地上コイルだけが磁石となって反発力を発生させている。

車両側に強力な超電導磁石を使用することにより、高速時（100km/h程度以上）では10cm程度の浮上高さが得られるが、低速時には浮上せず、補助支持装置により走行させる必要がある。

吸引型磁気浮上方式は、鉄等の磁性体製の軌道の下、わずかな空隙を介して車両側の磁石を置くことにより生ずる吸引力を利用して、車両を浮上させる方式である。実用上はギャップセンサーを設けて軌道と磁石の空隙を測定し、空隙の大きさに応じて車両側電磁石の電流を調整することにより、車両を常に一定空隙の浮上状態に保っている。

吸引型では通常の電磁石（常電導磁

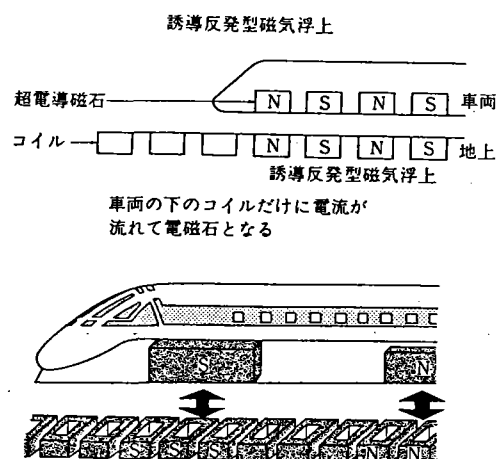


図2.4 反発型磁気浮上の原理<sup>2)</sup>

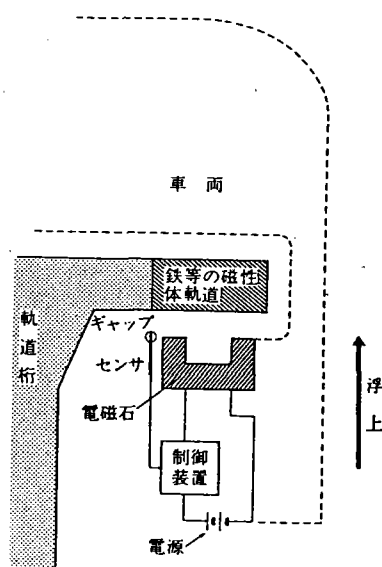


図2.5 吸引型磁気浮上の原理<sup>2)</sup>

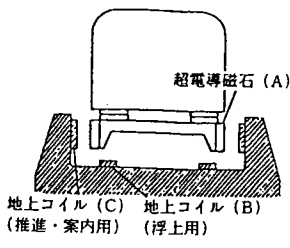
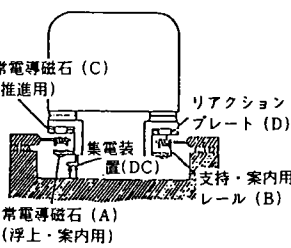
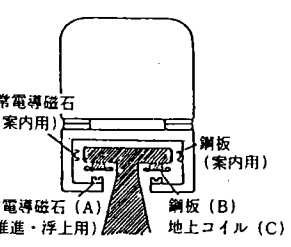
石)を使用するため浮上高さは1cm程度と小さいが、停車、低時速においても浮上させることが可能である。

なお、後述するようにJR方式では反発型を、HSS T, TR方式では吸引型を採用している。

## 2. 2 磁気浮上式鉄道的主要な方式

現在開発中のリニアモーターカーには3つの方式がある。JR方式, HSS T方式, TR方式である。これらの方式の概要を表2.1に示す。

表2.1 リニアモーターカー各方式比較<sup>2)</sup>

	JR方式(超電導)	HSS T(常電導)	西独・トランスラピッド(常電導)
概略の構造	 <p>超電導磁石(A) 地上コイル(C) 地上コイル(B) (推進・案内用) (浮上用)</p>	 <p>常電導磁石(C) (推進用) リアクションプレート(D) 集電装置(DC) 支持・案内用レール(B) 常電導磁石(A) (浮上・案内用)</p>	 <p>常電導磁石(案内用) 鋼板(案内用) 常電導磁石(A) (推進・浮上用) 鋼板(B) 地上コイル(C)</p>
開発主体	(財)鉄道総合技術研究所	(株)エイチ・エス・エス・ティ	トランスラピッド・インターナショナル社
浮上のしくみ	超電導電磁誘導 反発(約10cm)	常電導 吸引(約1cm)	常電導 吸引(約1cm)
推進のしくみ	線路側に電力を供給して推進させる方式(地上1次LSM) (線路側に電磁石を敷設)	車両側に電力を供給して推進させる方式(車上1次LIM) (線路側にアルミ板を敷設)	線路側に電力を供給して推進させる方式(地上1次LSM) (線路側に電磁石を敷設)
集電のしくみ	非接触集電	接触集電	非接触集電
最高速度	目標 500 km/h	目標 300 km/h	目標 400~500 km/h
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>①車上磁石に超電導磁石を使用しているため車体と軌道の隙間は10cm程度と大きい。</li> <li>②低速では浮上しないため補助車輪が必要。</li> <li>③電気的な特性(効率, 力率)が良い。</li> <li>④地上制御であるため, 列車ごとに変電所からの制御が必要。</li> <li>⑤車両側は小容量の集電で機能可能。</li> <li>⑥超電導, 極低温等の技術を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①車上磁石に常電導磁石を使用しているため車体と軌道の隙間は実用上1cm程度と小さく軌道を高精度に維持することが必要。</li> <li>②低速でも浮上するため補助車輪は不要。</li> <li>③電気的な特性(効率, 力率)は劣る。</li> <li>④地上制御であるため, 車両側に制御装置を搭載することが必要。</li> <li>⑤車両側での大容量の集電が必要。</li> <li>⑥既存技術の組み合わせにより実現可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①車上磁石に常電導磁石を使用しているため車体と軌道の空隙は実用上1cm程度と小さく軌道を高精度に維持することが必要。</li> <li>②低速でも浮上するため補助車輪は不要。</li> <li>③電気的な特性(効率, 力率)が良い。</li> <li>④地上制御であるため, 列車ごとに変電所からの制御が必要。</li> <li>⑤車両側は小容量の集電で機能可能。</li> <li>⑥既存技術の組み合わせにより実現可能。</li> </ul>

(1) J R 方式

推進方法として L S M、浮上方法として超電導磁石による反発力を利用した方式である。

超電導磁石の強力な反発力の利用により、浮上高さが約10cmと大きく、ガイドウェイの所要精度を緩和でき、維持管理が楽であるとともに地震等による影響も小さい。

この方式には、超電導、極低温といった新たな技術開発が必要とされたが、現在、個々の技術的課題はほぼ解決され、実用化の一手手前まできている。

(2) H S S T 方式

推進方法として L I M、浮上方法として常電導磁石による吸引力を利用した方式である。

車上磁石に常電導磁石を使用しているため、浮上高さは1cm程度と小さく、軌道を高精度に維持することが必要である。また車両に電力を供給するため、接触集電が必要であり、この部分での騒音が問題となる可能性がある。

技術的には、既存技術の組合せにより実現可能であり、実用化についての大きな問題はないとされている。

(3) T R 方式

推進方式として L S M、浮上方式として常電導磁石による吸引力を利用した方式である。H S S Tと同様、浮上高さは1cm程度であり、軌道の高精度維持が必要である。

技術的には既存技術の組合せにより実現可能であるとともに、ループ状のテストコースを利用した商業運転モードのテスト走行も行なっており、実用化についての大きな問題点はないとされている。

< 参 考 文 献 >

- 1) “特集リニア が翔ぶ”，TRIGGER 88-10，1988
- 2) 山下廣行・野竹和夫：“リニアモーターカー開発の現状”，土木学会誌  
Vol. 74，1988年1月
- 3) R R R 1987年11月

### 3章 開発の経緯と今後の展望

#### 3.1 開発の経緯<sup>1)</sup>

##### (1) 黎明期

車輪・レール方式の鉄道のスピードアップについての色々な研究を進める中で東京・大阪間3時間の可能性を追求した結果、1964年東海道新幹線の開業という形で実現に漕ぎ着けたが、一方速度350km/h付近に限界があることも判ったのである。スピードアップにかける鉄道技術者の夢は車輪・レール間の摩擦を利用しない非接触の推進方式の一つであるリニアモータの研究に目を向けはじめ、1962年にはその調査・研究に着手している。

幾つかの基礎実験を経てリニアモータを実用化する見通しが得られていた。その後、超高速鉄道を重要テーマとして取り上げることとなり、どのような方式で進めるかの議論を行い、空気浮上方式や常電導磁石を用いた磁気浮上方式などの調査や基礎実験を進めた。空気浮上は騒音が大きく、常電導磁石方式は浮上高さが10mmていどしかとれないため望み薄である等、これらの方式は将来的にシステムとしての限界があった。新しい輸送システムの具備すべき条件を考えると、技術的には研究段階であるが、将来の技術発展の可能性が十分にあれば最良のシステムと成りうる超伝導技術と極低温技術を利用した超電導磁気浮上リニアシンクロナスマータ推進方式が最適であるとの結論に至ったのが1969年である。翌年の1970年から直ちに超電導磁石を用いた誘導反発磁気浮上の実験が開始された。また理論的に十分ではなかった段階ではあるが、試行錯誤の上、定置実験装置により、超電導磁石を浮上させることに成功した。

##### (2) ML100

これに自信を得、浮上走行が可能な実験装置の試作へと進んだ。そして、1972年という鉄道開業100年を2年後に控え、この記念すべき年に間に合わせるため、昼夜の懸命な努力がなされ、その甲斐があって同年9月18日速度40km/hで浮上走行、同年10月14日の鉄道記念日に浮上走行実験が一般公開された。それがML100という実験車であった。この実験車は重さ3.5tで、浮上にのみ超電導磁石が使用されたもので、推進は常電導を用いたリニアインダクションモータであった。地上で制御するリニアシンクロナスマータの実験装置が製作途上にあつたため、実績のあるリニ



アインダクションモータが使われたのである。

### (3) ML500

ML100での浮上走行の成果を踏まえて、リニアシンクロナスマータの制御等の基礎研究を進める中で、速度500km/hをどのような形で実験するか、その経済的かつ効果的な方法や実験設備について議論を積み重ねた。この議論の結果をもとに速度500km/hの出せるぎりぎりの長さである7kmの実験線の建設へと動き出した。

これに平行して実験車の設計も進められた。地表すれすれに浮上走行する物体の空気力学的特性、磁力により支持された車両の運動特性、超高速域から車両を停止させるためのブレーキシステム等多くの未経験の技術的要素がある中で、より効率よく超高速走行が可能な逆T型といわれるガイドウェイ構造上を走行するML500という無人の実験車が作られた。

ML500は重さ10tであり、超電導磁石の浮上用コイルと推進・案内コイルは同一のL型断面の低温容器（クライオスタットと呼ばれる）の中に別々に収められており、これらの冷却に使われる液体ヘリウムは、走行実験前に基地のヘリウムタンクから慎重にクライオスタット内に送られた。この時点ではまだ走行中のクライオスタット内で蒸発したヘリウムガスは大気中に放出する構造であった。このため貴重なヘリウムガスの無駄遣いである、とのご意見も寄せられたのである。実験線の建設は1975年から開始されたが、実験の早期実施、実験設備の有効活用の面からガイドウェイが1.3km出来たところで実験が開始された。当初は、補助車輪のみによる車輪走行から開始したが、ガイドウェイが2.4, 3.1, 4.7kmと順次延長されるにつれ、浮上走行、高速浮上走行へと移行し、1979年12月には速度517km/hの磁気浮上によるスピード記録を達成し、まぎれもなく、この方式が速度500km/hで走行が可能なことを証明したのである。

この間、車上の超電導磁石を冷却してガス化したヘリウムガスを車上で再液化し、冷蔵庫のフロンガスのように繰り返し使用できるような車載型ヘリウム液化機の開発も進み、車両（ML500R）に搭載しての実験にも成功し、ヘリウム資源の有効活用への見通しもたったのである。

### (4) MLU001

超高速走行の可能性が実証出来たことで、いよいよ次は人が乗れる構造の車両での実験に移ることになる。逆T型構造では人の乗る空間を確保しようとすると車

両断面が大きくなるし、重心位置も高くなり、車両走行が不安定になることなどから、電車等と同じ箱型断面のMLU001が導入された。このため、ガイドウェイもU型に改造することになったが、これを見越して逆T型の突起部は取り外せる構造としていた他、側壁を付加する準備もしてあったため、改造工事もかなり早く進められたのである。また、浮上用地上コイルをそのまま利用することになった。

MLU001導入までの間に超電導磁石の開発も進み、超電導コイルの冷却方法、断熱方法、又車両への取付方法等超電導磁石に関する技術もレベルアップをしている。

これまで超電導磁石内の超電導コイルは浮上用と推進・案内用が別々であったが、MLU001では超電導コイル1個で浮上・推進・案内の3役を果させるまで、超電導コイルと地上コイル間の電磁気学的な特性の解析や、超電導磁石そのものの軽量化、小型化と電磁氣的性能の向上などの研究が進展した。

MLU001は3両からなっている。超電導磁石も、前述したようなことにより、更に電流容量も大きくなり、強力な磁石となっている。

MLU001を使つての走行実験では、1両での実験の他、2両および3両連結による将来必要となる編成走行や模擬トンネルを使つての走行実験、又ガイドウェイに人為的に角折れや不整や通り狂い等の異常状態を設けての走行実験を行った。

速度300km/hで浮上走行し、浮上高さ100mmでの走行は、通常の鉄道では考えられない30mmの角折れ部で70mmに変わった程度で、ほとんど影響なく走行できた。これだけみても浮上高さ100mmが如何に有効であるかを実証する実験であった。

一方、人をのせた高速走行実験も順調に進み、300km/h台、350km/h台の走行を繰り返し行った後1987年2月には有人の2両編成で400.8km/hの速度記録をマークし、有人での超高速走行も実証されたのである。

これまで、MLU001は地球一周に達する40000km以上を走行した。この間各界の人々に試乗して戴き、磁気浮上の乗心地を肌で感じて戴くと同時にスピード感を味わって戴きながら、このシステムへの理解を深めて戴いたのである。

#### (5) MLU002

MLU001の走行実験の成功により箱型車両での走行も実証でき、営業車に近い車両での実験へと移行することになった。このために設計されたのがプロトタイプ車MLU002である。本年3月宮崎実験線へ投入され、5月から走行実験を開

始した。既に速度352km/hの走行実験まで経験している。

MLU002は、全長22m、重さ17tであり、MLU001一両の約2倍である。定員は、両端を流線型にしていることや実験用計測器の空間をとっているため44人となっている。

再高速度は500km/hで設計しているが、宮崎実験線が7kmと短いため、速度は420km/h程度に押えてある。

車体は中央部はアルミ合金製であり、前頭部にはCFPRを用いている。

客室設備も空調はもちろんのこと、車内案内用インフォメーションパネルや客席毎に読書灯や液晶テレビを取り付け営業時を想定したものとなっている。

超電導磁石も、MLU001よりは少なくし、軽量化をはかった他、将来を見越して、2つの台車に集中して取り付けている。

以上の開発の経緯をまとめると表3.1のようになる。

表3. 1 浮上式鉄道開発の経緯

1960年代初期	リニアモータ推進浮上式鉄道の研究を始める 推進方式 ---- リニアインダクションモータ 浮上方式 ---- 永久磁石による浮上式・エアークッションによる浮上方式	
1969.	超電導磁石による誘導反発方式の検討開始	
1970.	超電導磁気浮上の基礎試験装置完成	
1972.	超電導磁気浮上LSM推進実験車磁気浮上走行に成功 (LSM200) 超電導磁気浮上LIM推進実験車磁気浮上走行に成功 (ML100) 本格的軽量クライオスタッドの試作成功	
1973.	LSM推進・ヌルフラックス案内基礎試験装置による試験の実施 超電導磁気浮上のダンピング特性試験装置による試験の実施	
1974.	ガイドウェイ試験装置完成	電力供給システムモデル完成
1975.	超電導磁気浮上LSM推進実験車完全非接触走行に成功 (ML100A)	
1977.	車両搭載用の冷凍機の第一号機完成	
1977. 7	宮崎実験線で逆T型ガイドウェイを使い走行実験を開始 (ML500)	
9	112 km/hを達成 (補助支持による)	1.3 km区間使用
1978. 3	301 km/hを達成	3.1 km区間使用
11	347 km/hを達成	4.7 km区間使用
1979. 1	模擬トンネル走行実験 (運輸省からの委託研究による)	
5	ヘリウム冷凍機搭載走行実験 (ML500R)	
12	517 km/hを達成	7.0 km区間使用
1980. 11	宮崎実験線でU型ガイドウェイを使い走行実験を開始 (MLU001)	
1981. 4	251 km/hを達成	4.0 km区間使用
11	2両連結走行実験を開始	
1982. 7	305 km/hを達成	7.0 km区間使用
9	有人走行実験を始める 3両連結走行実験を開始	
1983. 8	1両400 km/hを達成	
1984. 12	連結特性試験	1+3号車
1985. 2~3	ガイドウェイ不整試験	1+3号車
1985. 7	同上	1号車
1986. 12	電源設備増強工事完成	
12~19	3両編成 352.4 km (無人) 達成	
1987. 1.29	2両編成 405.3 km/h (無人) 達成	
2. 4	2両編成 400.8 km/h (有人) 達成	
3.28	プロトタイプ車MLU002 搬入公開	
4. 1	宮崎実験線は鉄道総合技術研究所に所属	
6.18	浮上走行開始	
9. 8	352 km/h達成	

### 3. 2 現状のレベル<sup>2)</sup>

浮上式鉄道の開発は、新方式電源装置および新実験車の完成によりすでに最終段階を迎えつつある。浮上式鉄道のデモンストレーションとしての役割も大きい。この車両が走行実験を重ねることにより今後1~2年以内に短距離システム実用化の目処が得られる。長距離の本格的なシステムについても、分岐装置等が完成すれば、実用化段階に入る。

#### (1) 浮上式鉄道をめぐる動き

近年山梨県、埼玉県、北海道をはじめ、各地において浮上式鉄道（リニアモーターカー）導入の動きが急速に高まりつつある。更に国においても、国土庁が中心となり運輸省、建設省との3省合同で、従来の交通機関にはない種々の特性を備える浮上式鉄道を導入した場合の、輸送構造の変化、地方経済に与える効果等を把握し、浮上式鉄道整備のあり方を追求する合同調査委員会が61年度に発足している。調査は63年度までの3ヶ年間の計画で、この結論を得て浮上式鉄道もいよいよ国家プロジェクトに取りあげられるものと予想されている。

このような浮上式鉄道に対する期待の高まりに応えるため、国鉄は昭和60年12月、従来の開発計画を大幅に繰り上げて実施することを決定した。

すなわち

- ① 従来より著しく性能の向上する新方式のリニアモータ用電源設備を、当初の62年度完成予定から1年繰り上げる。
- ② 新しい実験車は当初63、64年度に開発する予定であったが、これを61年度中に行う。

の2課題の繰上げである。

すでに新しい電源装置（循環電流形サイクロコンバータ）は61年12月に完成し、従来の実験車MLU001の3両では352km/hを達成している。（従来3両連結走行では222km/hが上限であった）更にこの2月には研究者3名を乗せた2両編成のMLU001が有人での速度世界記録400.8km/hを樹立したが、新聞等に大きく報道されたため御存知の方も多いことと思う。

一方の新実験車についても3月末に完成し、新年度より財団法人鉄道総合技術研究所の下で走行実験が進められている。そこで以下に、読者諸氏の感心が深いと思われる新実験車を中心に、今後の展望についてもあわせて紹介する。

## (2) 浮上車両開発の歩み

今回開発した車両は、宮崎実験線においては第3世代でありプロトタイプ車（営業形原型車両）と呼ばれている。

初代の実験車ML-500は、超電導磁気浮上式鉄道的高速走行の可能性を実証するために開発され、空気抵抗を極限まで減らす必要上、走行路の断面形状は逆T型、車両は跨座形でレーシングカーに匹敵する超流線形であった。この車が昭和54年12月、鉄道の速度世界記録517km/hを達成したのは御存知のとおりである。

ML-500により浮上車両が500km/hを超える高速まで安定に走行できることが確認されたため、次の課題は、人が乗れる実用的な構造の車両を開発すること、および鉄道に取って不可欠な連結走行の確認を行うこととなった。通常の鉄道では連結はあたり前のことであるが、浮上も左右の案内も推進も磁気で行う浮上式鉄道の場合、連結によって不安定な現象が生ずる恐れも皆無ではなかったのである。

しかしこの懸念は、昭和55年から57年にかけて登場した計3両の新実験車MLU001により完全に払拭された。従来の鉄道に近い箱型で人の乗るスペースも設けたMLU001とU形ガイドウェイの組合せは単車でもML-500異常の走行安定性を示し、しかも連結車両が増すほど一層安定することが明かとなったのである。

高速性と連結による大量輸送の可能性が確認され、さらに有人走行も順調に進められたことから、夢の鉄道、（遠い）未来の乗物といわれ続けた浮上式鉄道もにわかにかに現実味を帯びることとなった。

このようなハードウェアの開発の進展と並行して、その成果を取り込みつつ営業線システムについても広範な検討が行われ、営業用車両の構想も次第に固まっていた。それでは営業用車両のイメージはどのようなものであろうか。

検討の初期の段階では超電導磁石を床下に連続的に配置し、新幹線のような大形車体とする案も検討された。しかし新幹線並の車両が500km/hで走行するためにはトンネル断面積を相当大きくしなければならず、山地の多いわが国では工事費も大きなものとなる。

また明かり区間といえども空気抵抗は極力小さくすることが望ましく、車体断面を縮小する効果は大きい。このような超高速鉄道の特殊性を踏まえてさまざまな案を検討した結果、超電導磁石を車端の台車に集中し、客室は台車間に設けるいわゆる「低床・連接台車方式車両」が最適との結論に達した。もちろん磁石の極端な集

中配置を可能とした背景には、著しい技術的進歩がある。なお、超電導磁石が連結面のみ配置されるため、客室等の磁気の遮へいも極めて容易となる。

ただし、超電導磁石をこのように離して配置するのは前例のないことであり、理論上は十分可能との結果が出てはいるものの、実際に走行実験により確認をする必要がある。そこで計画されたのが新実験車（プロトタイプ車）MLU002である。

### (3) 新実験車の概要

開発の趣旨からは2両以上連結し低床連接台車方式の、営業車のスケールダウンモデルにより確認するのが理想ではある。しかし現在の宮崎実験線の地上コイルは、超電導磁石を床下に連続的に配置した車両に合せて設計・設置されているため、上述の確認を行うには地上コイルの全面的な取替等が必要となってしまう。

そこで今回は地上側に大幅な変更を要さぬ範囲で可能な車両を開発することとした。現状の地上コイルを前提とすると超電導磁石は2ヶ分しか離せないが、それでも営業車のように磁石を大きく離れた場合の諸特性の予測がほぼ可能と考えられるからである。

したがって今回開発する車両は、2台車で車体を支えるボギー方式車両であり、台車の上に車体を設ける高床式となる。2台車の間に、従来床上に搭載していた機器を移せるため、客室スペースの大幅な拡大が可能となっている。

## 3. 3 営業線のイメージ<sup>3)</sup>

浮上式鉄道宮崎実験線での実験車両は、ML-500、MLU001、現在のMLU002と進んできた。ガイドウェイの断面形状は、当初の逆T字型からU字型に変わったものの、地上側の浮上コイルと推進案内用コイルはそのまま使用するという制約の中で設計しているため、現時点の技術からすると必ずしも最適システムとはなっていない。

実用時の営業線を想定した場合は、地上設備の荷重条件や地上コイルの寸法等を全く新しく設計することができるため、営業車両は、これまでの実験車両とはかなり異なったイメージとなる。

### (1) 浮上式鉄道による第2東海道新幹線のイメージ

磁気浮上式鉄道の具体的イメージをまとめると以下のようなになる。

磁気浮上式鉄道は第2新幹線として東京と大阪を結び、現行新幹線の「ひかり」に対応した輸送を分担する。

方式は超電導磁気浮上とし、最高速度 500km/hで東京・大阪を1時間で結ぶ。

列車は315m、座席は2人掛、2列配置とし、列車定員は約950名で、立席無し  
の定員制を採用する。車両は断面積を極力小さくするために低床構造とし、車体を平  
滑化し、側面抵抗の低減を図る。超伝導磁石は性能の向上により、数を減らしても  
十分な浮上力が確保できるようになったため、連続には配置せず、車両連結部のみ  
に配置する超電導磁石2極集中配置方式を採用し、車両は連節構造とする。

このため、客室の磁界強度は大幅に低下し、磁気シールド対策なしでも最強箇所  
で数mT(数10ガウス)以下となるが、シールド対策を施してこれをさらに低下  
させる。

列車は速度100km/hまではゴムタイヤ車輪で走行し、100km/h以上で浮上走行に入  
る。

加減速度は粘着等の制約が無く大きくとることができるため、最大値として加速  
で0.2g((7km/h)/s)減速で0.3g((10km/h)/s)程度まで許容することになる。このた  
め、車輪走行の時間はごく短時間となる。

長大トンネルでは走行抵抗が明り区間に比較し約1.5倍となり、エネルギー消費  
の面でトンネルは不利となるため、最急勾配は60%まで許容し極力トンネルをさけ  
るようにする。

最小曲線半径は新幹線よりやや大きい6000mとし、この区間の低速走行時は車体  
の姿勢を制御し、乗心地の改善を図る。

軌道の断面形状はU形とするが、壁高さを低くおさえ75cmとするとともに、浮上  
用コイルおよび推進・案内用コイルとも軌道に埋め込む。コイルの埋め込みにより、  
車輪走行路面とコイル取り付けとの相対誤差が小さくなるため、浮上時の実空隙は  
90mmで設計する。

給電設備としては、東京～大阪に18箇所の変電所を設置し、各変電所には容量  
35MVA程度のサイクロコンバータを2群2組設置し、給電するセクション長は  
極力短くする。

列車の運転制御は中央の制御所で全列車を一括制御し、運転管理、列車制御も同  
時に行う。車長は中間車20.7m、先頭・後尾車29mであり、客室部分は低床構造とし、  
1両当たりの座席は約70名分であり、台車上部の車体は機器室として使用する。  
車両質量は、客室を含め18t、先頭・後尾車のみ27tとなる。



## (2) 新しい展開

これまでの説明はU字型ガイドウェイを基本としたイメージであるが、磁気浮上鉄道はU字型ガイドウェイに限定されているわけではない。

用途に応じて蹄座式モノレールの様な形状や、浮上コイルも側壁側に取り付け、側壁のみで構成する形式など使用条件や用途・目的に応じた種々のバリエーションも検討している。

### 3. 4 今後の展望<sup>4)</sup>

すでにML-500およびMLU001の実験により浮上式鉄道が、

- ・超高速でも安定に走行可能なこと。
- ・連結走行になんら問題はなく、長大編成が可能なこと。

は十分確認されている。また浮上式鉄道を構成するハードウェアに関しても、最も開発要素の多い超電導磁石、リニアモータ電磁装置について、

- ・超電導磁石はすでにMLU001において開発当初の目標を上回る性能レベルに達しており、実用化段階にあったが、今回さらに性能向上を図ったものをMLU002用に開発した。

- ・リニアモータ電源装置は、営業線システムの基本となる大容量機（循環電流形サイクロコンバータ）が昨年12月に完成し、これの諸特性を確認すれば営業線の設計も可能となる。

など実用化域に達している。今後、この電源装置とMLU002により走り込みを行ってデバッグを進め、同時に超電導磁石集中配置方式車両の特性が確認されれば、まず空港アクセス等2点間直行型の短距離システムの実用化が可能となる。技術的には今後1～2年で着工可能と考えており、候補地として札幌～新千歳空港、大宮～成田空港などが挙げられている。

短距離システムの例を図3.1に、これの他交通機関との比較を表3.2に示す。

さらに、長距離の本格的なシステムについても62年度より、

- ・長距離を無停車で走行する列車の運転に必要な、変電所間渡制御装置の開発。
- ・500km/hで通過可能な中間駅用分岐装置の開発。
- ・長大編成列車の運転に必要な高耐圧地上コイルの低コスト・簡易化のための

開発。

等に着手する。

これらも2～3年程度で目処が得られる予定であり、これによって東京～大阪間等の大規模なシステムも実用化可能な段階に到達する。

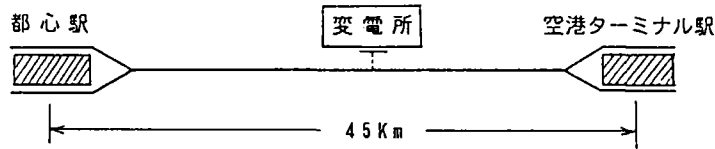


図3. 1 実用化が予想される短距離システムの例

表3. 2 他輸送機関との比較

	所要時間	料金
浮上式鉄道	8分	1,200円
在来線(特急)	28分	900円
リムジンバス	65分	700円
タクシー	50分	8,000円

なお、昨年暮以来高温超電導体発見のニュースが相次いでいる。長年23k(-250℃)が超電導現象が生ずる温度の上限であったが、セラミックス系超電導体の発見により連日のように記録が更新され、すでに安価な液体窒素(77k)が使える段階に到達している。高温超電導体は半導体に匹敵する今世紀最大の発明といわれ、世の中を大きく変えると予想されている。10年後には市場規模は5兆円/年を超えると測られ、通産省、科学技術庁をはじめ各種研究機関、メーカーが一斉にその実用化に向け走りだしている。現在はまだ電流密度が低い等、磁石として用いるには問題もあるが、研究の集中状況から見て遠からず解決されるであろう。

浮上式鉄道においては、すでに液体ヘリウム(4k)によっても十分オペレーションコストの低い超電導磁石を完成させているが、高温超電導体による超電導磁石が可能となれば、車上の冷却装置が簡略化できるほか磁石の扱いも容易になるなどメリットは大きい。従来の超電導磁石の技術的蓄積を生かすことにより、信頼度の高い高性能かつ操作性に優れた磁石が実現すると思われる。

着手以来15年余におよんだ超電導磁気浮上式鉄道の開発もいよいよ大詰めを迎えつつある。

その出現以来基本的に変ることのなかった鉄道であるが、今、超電導・パワーエレクトロニクス等の先端テクノロジーを結集したまったく新しい原理に基づく鉄道が、世界の注目を浴びつつ日本に誕生しようとしているのである。

<参 考 文 献>

- 1) R R R (Railway Research Review) “超電導磁気浮上方式開発の経緯”  
鉄道総合技術研究所 1987年11月
- 2) 澤田一夫：“浮上式鉄道の現状と今後の展望”  
J R E A 1987年 Vol.30. No.5
- 3) R R R (Railway Research Review) “営業列車のイメージ”  
鉄道総合技術研究所 1987年11月
- 4) 澤田一夫：“浮上式鉄道の現状と今後の展望”  
J R E A 1987年 Vol.30. No.5

## 4章 鋼橋の適用について

### 4.1 鋼橋適用の問題点

磁気浮上式鉄道の橋梁部材に鋼材を用いた場合、部材が浮上および推進案内コイルに近すぎる位置にあると、車両の超電導磁石との間に吸引力が働くため浮上力や案内力を減退させるとともに、車両走行による磁束変化に応じて誘導電流が流れ、これが磁気抗力として車両の走行抵抗となるという問題がある。例えば、RC製ガイドウェイ側壁の鉄筋による磁気抵抗力は、速度200km/hのとき、全走行抵抗の約20%を占めるとされている<sup>1)</sup>。

従って、磁気浮上式鉄道のガイドウェイ構造物は基本的にコンクリート構造となるものと考えられるが、長スパン橋梁、あるいは分岐装置等においては鋼構造を採用させるを得ず、鋼材に対する磁気吸引力および磁気抗力対策が必要となる。

### 4.2 鋼構造物の磁気吸引力と磁気抗力対策

#### (1) 低磁性鋼材の使用<sup>2)</sup>

安定した低磁性を有する鋼材として高マンガン低磁性鋼がある。この鋼材の透磁性は普通鋼と較べ非常に小さく、冷間加工や溶接を行っても安定して透磁率1.02以下の非磁性を示す。

この鋼材を磁気浮上式鉄道の橋梁部材として使用する場合、次の効果がある。

- ① 磁気吸引力は、低磁性鋼の透磁性が非常に低いため、ほとんど作用せず、磁気吸引力対策についての有力な対策となる。
- ② 高マンガン鋼の電気抵抗値が普通鋼材の約5倍あるため、誘導電流（うず電流）の発生量が少なく、磁気抗力が軽減される。宮崎実験線の簡易な実験では磁気抗力は普通鋼材の約1/2であった<sup>3)</sup>。

高マンガン低磁性鋼の各種性質の例を表4.1に示す。

表4.1 高マンガン低磁性鋼の各種性質例<sup>4)</sup>

No	系列	化学成分 (mass%)							機械的性質			物理的性質				
		C	Si	Mn	P	S	Cr	その他	0.2%耐力	引張強さ	伸び	ヤング率	熱膨張係数	電気抵抗率	透磁率 (H: 1000e)	
									kgf/mm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	%	×10 <sup>4</sup> kgf/mm <sup>2</sup>	(0~100°C) ×10 <sup>-6</sup> /°C	μΩm	圧延のままμ <sub>0</sub>	50%加工μ <sub>50</sub>
1	24Mn系	0.27	0.44	24.4	0.026	0.008	1.65	N=0.14	40.0	85.0	57.0	1.8	10.4	73.4	1.0019	1.0018
2		0.50	0.04	24.3			7.04		99.0*	125.4	29.4		11.6	73.6		
3		0.23	0.02	24.1	0.004	0.006			37.8	84.7	55.0		10.7	68.5	1.0016	1.0016
4	18Mn系	0.46	0.34	19.23	0.016	0.001	5.29		39.4	91.6	61.1		11.26	7.2	溶体化** 1.002	
5	14Mn系	0.77	0.34	14.79	0.054	0.055		Ni=1.23	46.0	100.0	39.0	2.08	17.6	69.5	1.0027	1.0157
6		0.88	0.37	14.31	0.023	0.002			37	103	52	1.99	16.5	50.9	溶体化** 1.004	
7	12Mn系	0.95	0.55	12.4	0.023	0.002						1.85	16	66.7		

注) \* 線引加工により上昇, 通常は約40kgf/mm<sup>2</sup>

\*\* H: 1406 Oe

高マンガン低磁性鋼の強度、疲労特性は普通鋼材と比べて遜色なく、力学的には問題ないとされている。熱膨張係数をみると12Mn系や、14Mn系の値は普通鋼材と比べて約40%大きい、18Mn系、24Mn系ではほぼ同等である。

高マンガン低磁性鋼の加工に際しては次の点に考慮する必要がある。

- ① 溶接構造として用いる場合は、カーボン（C）が0.7%以下の15Mn～24Mn系を用いる必要がある。
- ② 被削性を要求する場合にはカーボン量の少ない18Mn系、24Mn系を使用する必要がある。
- ③ ガス切断性は普通鋼材より劣るため、ガス切断時の条件設定を適切に選択する必要がある。なお、プラズマ切断の場合は問題ない。

なお、高マンガン低磁性鋼の価格は普通構造用鋼材と比べ、約3倍程度である。

## (2) トラス格点部の絶縁<sup>2),5)</sup>

鋼製トラス構造における磁気抗力には、鋼材自体に発生するうず電流によるものとは別に、骨組等の鋼材が形成する閉ループ回路に発生するループ電流によるものが加わる。したがって、磁気抗力の軽減対策としては、高マンガン鋼のようにできるだけ電気抵抗値の大きな材料を使用するとともに、鋼材相互間を電氣的に絶縁して閉ループを形成させないことが重要である。

この効果を確認するため、宮崎実験線ガイドウェイ側壁外側に高マンガン低磁性鋼による模型トラスを設置し、試験を行っている。その結果、トラス部材の格点を絶縁することにより、磁気抗力はさらに1/3に軽減されるというデータが得られている。

### (3) 構造上の考慮

旧国鉄構造物設計事務所では磁気浮上式鉄道ガイドウェイ構造物に鋼トラス桁を用いた場合の試設計を行っている<sup>6)</sup>。試設計結果を図4.1に示す。この試設計においては、低磁性鋼が橋梁部材としての使用実績もなく、加工性、溶接性、耐疲労性等未知の点が多く、また普通構造用鋼材に比べて高価な材料(約3倍)であることから、橋梁部材に普通構造用鋼材を使用し、浮上および走行抵抗に対しては構造で対処している。すなわち、車上コイルと主構中心との離隔距離は、磁気抵抗を考慮1050mm(目標900mm以上)としている。また、走行路はコンクリートスラブを採用している。なお、この試設計内容詳細については8章を参照されたい。

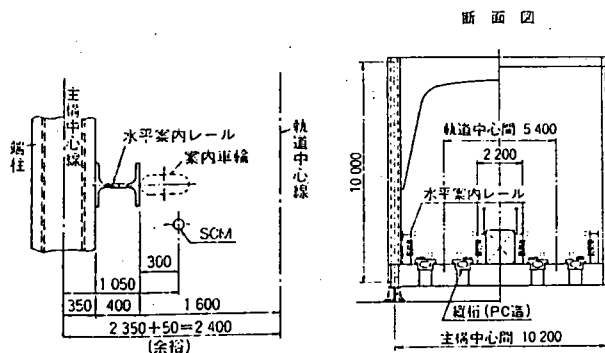


図4.1 鋼トラス桁の設計例<sup>6)</sup>

### <参考文献>

- 1) 阿部幸典：“宮崎実験線MLU001の走行抵抗について”浮上式鉄道に関する研究(第10冊)、鉄道技術報告書 No.1281, 1984
- 2) P301“浮上式鉄道の開発”研究グループ、ガイドウェイ小グループ：“ガイドウェイの開発”、鉄道技術 43-8, 1986
- 3) 松浦章夫、岩井徳雄、志村雄三：“ガイドウェイ周辺磁界に関する試験”浮上式鉄道に関する研究(第11冊)、鉄道技術報告書 No.1281, 1984
- 4) 松山晋作：“非磁性鋼の特性”浮上式鉄道に関する研究(第9冊)、鉄道技術報告書 No.1171, 1981
- 5) 奥田寿夫、志村雄三：“低磁性鋼トラス模型による磁気抗力試験”浮上式鉄道に関する研究(第12冊)、鉄道技術報告書 No.1313, 1986
- 6) 市川篤司、吉野伸一、庄野降則：“浮上式鉄道のガイドウェイ構造物の検討”、構造物設計資料 No.79, 1984

## 5章 ガイドウェイの構造

浮上式鉄道のガイドウェイはその機能の上では在来鉄道の線路に相当するものであるが、超電導磁気浮上式鉄道では、車両が浮いて走ること、非常な高速で走ること、強い磁界を発生すること等により、従来の鉄道におけるとは全く異なった多くの事柄についての検討が必要とされる。すなわち、浮上走行する車両に対し、ガイドウェイはどのように構成すべきか、高速走行時に桁の変形やたわみが車両の走行に及ぼす影響はどのようなものか、またガイドウェイに必要とされる精度はどのようなものであり、これをどのように維持管理するのか等々である。

ここでは、これらの事柄について、ガイドウェイの構成、構造物、検測および管理の観点から概述する。

### 5.1 ガイドウェイの構成<sup>1)</sup>

浮上式鉄道のガイドウェイは、これを構成する基本要素からみれば車両を直接支持、案内、駆動するのに関係する部分（ガイドウェイ上部構造）と、自然規模の地表の凹凸に対応しつつ滑らかな基礎を形成する部分（ガイドウェイ構造物）とに分けられる。

このうち、ガイドウェイ上部構造については、車両との対応が重要であり、車両の形成によってその形状も大きく変化する。基本的形式としては、図5.1に示すような各種のものが考えられるが、国鉄の超電導磁気浮上方式では、当初は安定した高速走行を行うために比較的問題の少ないと考えられた逆T型が採用され、その後、車両のスペースファクタ等の点から営業線に適していると考えられるU型に変更された。

上部構造の具体的構成要素は、浮上コイルと推進案内コイルおよびその支持機構、車輪走行路、車輪案内路およびガイドウェイの敷設ならびに検測の基準となる基準路等である。その基本構成については逆T型による宮崎実験線の建設時に提案され、その後のU型ガイドウェイにおいてもほぼこれが踏襲され、前者で500km/h、後者で400km/hの高速領域に至る性能が確認されている<sup>2)</sup>。

一方、ガイドウェイ構造物については、基本的に在来の鉄道におけるものと大差



ないが、従来とは異なった支持、案内方式や従来にない高い走行速度により、後述するように桁の剛性や変形の限度についての検討が必要とされた。

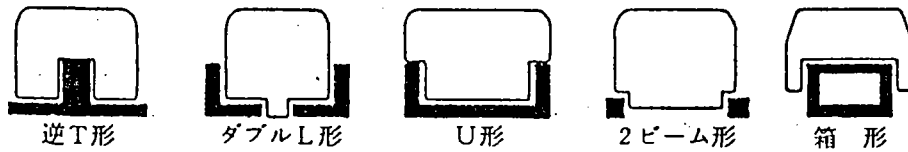


図5.1 ガイドウェイの種類の基本形

## 5. 2 宮崎実験線と実用システム

### 5. 2. 1 宮崎実験線の構造<sup>3)</sup>

宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物のなかで、「逆T形」と呼ばれるガイドウェイ構造がいちばん初期の構造で、ML-500の走行実験が行われた。断面形式は図5.2のようになっている。「U形」と呼ばれるガイドウェイ構造は、MLU001以降現在まで実験が続けられているもので、実用システムの基本的構造となっている。断面図を示すと図5.3のようになる。

断面図に示した構造は、「ホロースラブ桁」と呼ばれるもので、桁の内部に何本かのパイプを埋め込むことによって、桁高や死荷重の増加をおさえる構造形式である。なお、U形ガイドウェイは逆T形ガイドウェイの桁から上の部分を改造してつくられたものである。

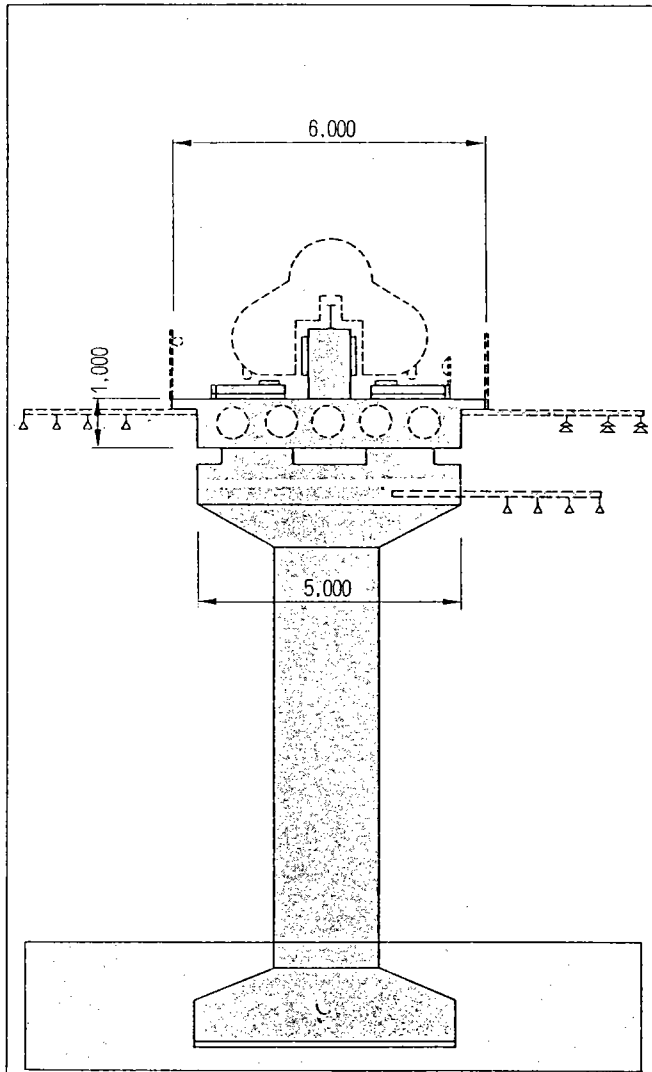


図5.2 逆T形ガイドウェイ

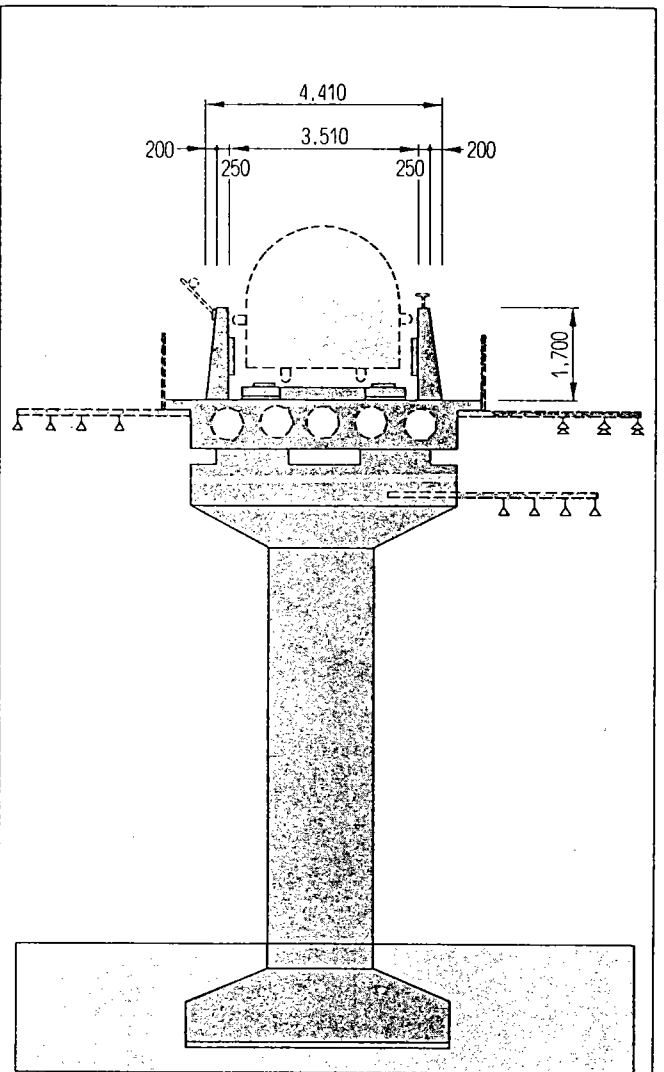


図5.3 U形ガイドウェイ

5. 2. 2 実用システムの試設計<sup>4)</sup>

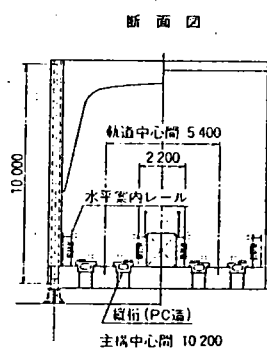
浮上式鉄道ガイドウェイ構造に関し、どのような形式が合理的・経済的であるか、また、設計上の問題点はなにかを把握するため、

車両荷重：1.20tf/m（KS3程度に相当、在来線に比べ非常に小さい）にて概略設計を行った。概略設計結果は以下の通り。

- a. コンクリート構造：新幹線用構造と比べ50～60%のコンクリート量となる。
- b. H形鋼埋込桁：普通鋼材を使用する場合、余盛りコンクリートにより浮上コイルと鋼材の距離を60cmとした。（磁気抵抗力軽減のため）
- c. 合成桁構造：新幹線用構造と比べ80%程度の鋼重となる。

d. 鋼トラス桁構造：右図参照

- ・磁気抵抗対策として走行路はコンクリートスラブ構造とし、また、車上コイルと主構中心距離は1050mmとした。
- ・低磁性鋼は、加工性、溶接性、耐疲労性等未知な点が多く、また高価（普通鋼の約3倍）であることから、今回は使用しない。
- ・部材断面は新幹線と比べ小さくならなかった。  
（磁気抵抗力による主構断面の増大等による）



5. 3 曲線部への対応

昭和54年に宮崎実験線全線が完成し、500km/h領域までの実験が可能になるとともに、曲線部における走行試験が行われ、次の特性が明らかになった。

- ① 上部構造の応力チェックの結果、曲線部ではその影響が認められるが、その絶対値が小さく、耐久性には問題ないことが確認された。
- ② 400km/h領域までの高速走行に対しても問題ないことは確認された<sup>5)</sup>。
- ③ 曲線部走行路スラブの変位は小さく走行に対する問題はない。  
（新幹線のスラブ変位判定標準値の標準値1mm、参照値の0.5mmに対して今回の変位はmax0.1mmであった<sup>6)</sup>。）
- ④ 曲線区間の橋梁試験では、遠心力の影響でよじり振動が発生し、速度（浮上状態）250km/hで最大1.85HZの振動数であった<sup>7)</sup>。
- ⑤ ガイドウェイ狙いは全般に直線部で良好で曲線部、緩和曲線部の順に狂いが増大する<sup>8)</sup>。

一方、U形ガイドウェイの側壁が高速域で案内力を受ける際の動的挙動は、次の通り。

① 案内路側壁の特性

- a. 橋軸直角方向水平振動加速度は浮上走行時は車輪走行時に比べ小さい。
- b. 案内路側壁鉄筋応力～端部では案内力による曲げひずみは小さい。桁中央ではけん引時側壁を外方に押すが浮上時は逆に吸引力が働く。ただし、浮上車でも、案内車輪走行時は外方への力が働く。

② 当初設計で考慮した値を越えるものはなかった<sup>6)</sup>。

5. 4 変位量の限度値<sup>3)</sup>

浮上式鉄道の大きな特徴の一つに、ガイドウェイ構造物から100mm以上離れた空中を非接触で走行することが挙げられる。しかし、走行安全性、乗り心地などを考えた場合、ガイドウェイ構造物の変位量の限度値（変位規制値）を定めなければならない。この場合、在来の鉄道の変位規制値を定めたときとは全く異なった視点から検討する必要がある。

宮崎実験線では、ガイドウェイ構造物に各種の変位を強制的に与え、浮上走行実験を行った。

変位規制試験は、支間14.6mのRCホロー桁8連で行った。試験内容は、角折れ、目違い、大だるみ試験の3ケースに大別される。その結果、大だるみ試験で $S_v = 30\text{mm}$ の設定における300km/hの浮上走行の場合でも、クライオスタット下面と地上コイル上面との最小空隙は70mm以上あり、在来の鉄道では考えられないような著大狂いに対しても、浮上式鉄道は安全に走行できることが確認された。

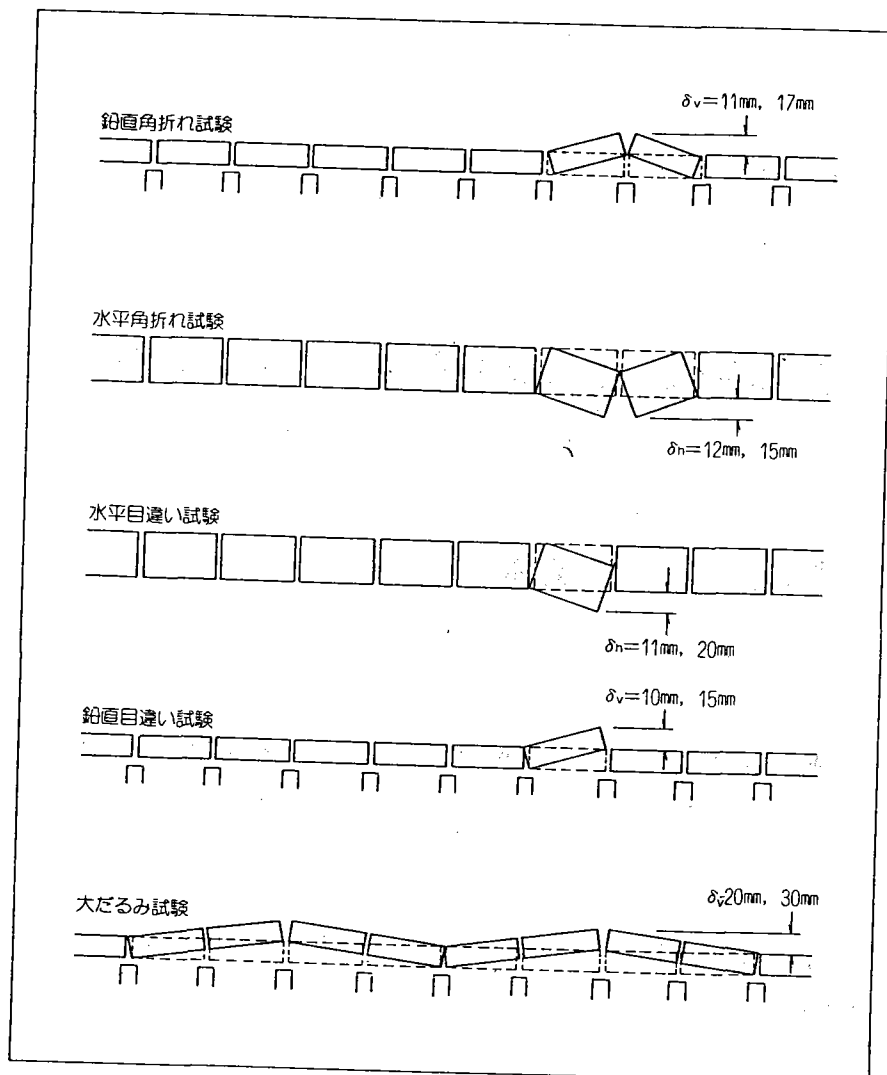


図5.4 角折れ目違いの試験

### 5.5 所要剛性

浮上式鉄道は、従来の鉄道とは異なり、低速走行ではゴムタイヤ支持・案内方式であり、高速走行では磁気浮上・案内方式である。したがって高架構造物の所要剛性と変形限度については、従来の鉄車輪・レールシステムとは自ずと異なったものとなる。超高速走行に適合したものとするのはもちろんであるが、それと同時にガイドウェイの低コスト化についても十分な考慮を払い、適切な設計基準を定めることが重要である。

### 5. 5. 1 逆T形ガイドウェイ（ホロースラブ桁）での実験<sup>7),9)</sup>

標準高架橋（RCホロー桁橋、支間長15.40m）で300km/h程度までの高速領域における浮上体走行試験を行い、応答値を計測してデータを集めた。

計測内容は以下の様である。

- ① 桁の主鉄筋応力、コンクリート応力、鉛直たわみ及び鉛直加速度
- ② 橋脚及地盤の鉛直加速度
- ③ 桁の橋脚の相対変位

結論：① 実測値はいずれも走行速度200km/h以下の車輪走行時に最大値が生じる。② 鉄筋応力、桁たわみは速度の増加に従って減少する傾向にある。

さらに、実験は進み標準桁、試験桁の剛性のことなる3タイプの橋梁について、中速から高速にいたる浮上車走行時の桁のたわみ、応力、振動応答の測定を行い、その測定結果について明らかにした。

結論：① 標準桁、試験桁の上・下方向振動試験では桁高が小さくなるに従って共振振動数は低下している。

② 速度と応力、たわみの関係では速度が増加すれば、応力、たわみとも減少することは確認され、その関係は直線近似で表すことができる。

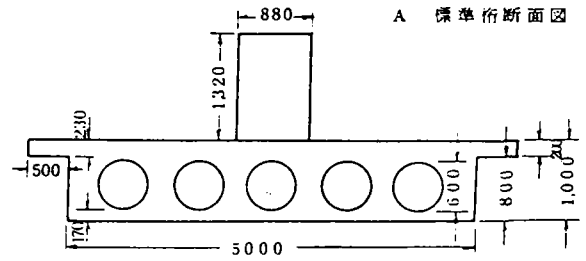
標準桁及び試験桁の諸元

宮崎実験線の逆T形ガイドウェイで用いられている標準桁の全長は15.4m、支店間距離14.6m、桁高1.0mのRCホロー桁でありその断面形状は図5.5に示すとおりである。

桁の固有振動数は $f_0$ は、12.72Hzで速度パラメータ $\alpha$ は500km/hで0.374であった。

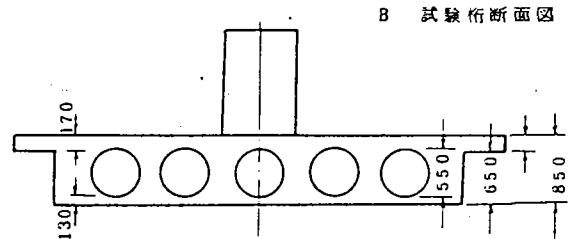
標準桁の力学定数は

断面 2 次モーメント	$I_{st} = 1.7064 \text{ m}^4$
桁の全断面積	$S_{st} = 4.748 \text{ m}^2$
桁の中空孔の直径	$D_{st} = 60 \text{ cm}$
桁の中空孔の筒数	$n = 5$



試験桁 I (桁高 85 cm) の力学定数は次のとおりである。

断面 2 次モーメント	$I = 1.379 \text{ m}^4$
桁の全断面積	$S = 4.224 \text{ m}^2$
桁の中空孔の直径	$D = 55 \text{ cm}$
桁の中空孔の筒数	$n = 5$
標準桁との共振振動数比率	$* f_R = 1.049$
共振振動数	$f = 12.126 \text{ Hz}$
速度パラメータ	$\alpha = 0.392$



標準桁との共振振動数比率

$$* f_R = 1.049$$

共振振動数

$$f = 12.126 \text{ Hz}$$

速度パラメータ

$$\alpha = 0.392$$

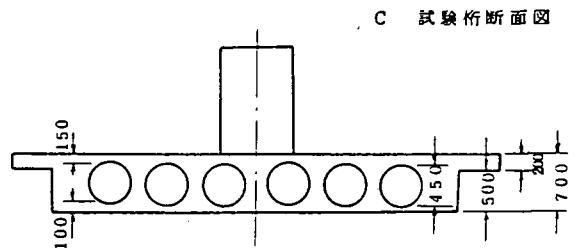


図5.5 標準桁と試験桁の断面図

試験桁 II (桁高 70 cm) の力学定数は次のとおりである。

断面 2 次モーメント	$I = 1.1025 \text{ m}^4$
桁の全断面積	$S = 3.707 \text{ m}^2$
桁の中空孔の直径	$D = 45 \text{ cm}$
桁の中空孔の筒数	$n = 6$
標準桁との共振振動数比率	$* f_R = 1.208$
共振振動数	$f = 10.52 \text{ Hz}$
速度パラメータ	$\alpha = 0.452$

\* 参 考

$f_R$ は次のようにして求めた。

標準桁、試験桁共にヤング率  $E$ 、桁長さ  $L$  は特しく断面 2 次モーメント  $I$  および桁段面積  $S$  のみが変わるものとすれば

$$f_R = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{GEI_1}{W_1 L^4}} - \sqrt{\frac{W_1 I_1}{W_1 I_2}} - \sqrt{\frac{S_2 I_1}{S_1 I_2}}$$

から求められる。

### 5. 5. 2 U形ガイドウェイでの実験<sup>10)</sup>

コンクリートT型橋、標準高架桁（ホロースラブ）、鋼箱桁橋の各形式の橋桁のU型改造後の浮上体走行時の主桁の応答についての測定結果及び標準高架桁の桁高を変化させた桁2体の強制振動試験の結果を以下に示す。

#### a. 主桁の応答

	主桁応力	桁たわみ	桁振動加速度
ConcT型橋 ( $l=29.9m$ )	低下 (速度上昇につれて)	減少	上下限は走行速度に比例 完全に浮上すると振動加速度は非常に小
標準高架桁 ( $l=15.4m$ )	横断面方向で 端部大,中央小	120 km/h 以上では ほとんど変化なし	車輪走行時～速度上昇につれ振動加速度増大 浮上すると急激に減少
鋼箱桁 ( $l=34.25m$ )	速度上昇につれ増加	速度上昇につれ増加	速度上昇につれ加速度増大

#### b. 桁高の変化

共振振動数は対応する逆T形桁より低下している。

桁高と共振振動数の関係が同一傾向になく、その原因を調査する必要がある。

### 5. 5. 3 U形ガイドウェイ桁の剛性の評価

高速走行する車両荷重による桁の共振現象を避けるための一手法として構造物の剛性を高めることが考えられる。このために従来荷重としてのみ取り扱われているU型ガイドウェイ側壁の桁剛力・耐力におよぼす定量的効果



を把握し、側壁を含めた桁の剛性評価式、耐力算定法を検討してみた。  
方法としては、側壁を有する鉄筋コンクリート桁供試体による載荷実験を実施した。

- 結論：① 側壁を設計断面に考慮することが可能となった。  
② 曲げ剛性 =  $\alpha \cdot \beta \cdot E I w$  ( $\alpha, \beta$ : 低減係数、 $I w$ : 全断面有効  $I$ )  
③ 側壁部に目地を設けると側壁の効果을期待できない。(剛性、耐力共)  
④ 曲げ耐力に関しては側壁を含めて全断面有効としてよい。

## 5.6 低剛性桁の適用<sup>3), 11), 12), 13)</sup>

### 5.6.1 低剛性桁

従来、桁の所要剛性は、桁の動的な特性を表す速度パラメータで規制してできた\*。

\* 桁に共振を起こさせないため、

$$\alpha = \frac{v}{2 L f} \leq 0.33 \text{となる様に桁剛性を選ぶのがよい。}$$

ここに、

$\alpha$  : 速度パラメータ

$v$  : 車両の走行速度 (m/sec)

$L$  : 支間長 (m)

$f$  : 基本固有振動数 (Hz)

したがって、磁気浮上鉄道では磁氣的に分布支持される上に高速で走行するため、在来の鉄道構造物に対するものとは、異なった荷重作用をガイドウェイ構造物に及ぼすことから、上記の剛性規制を見直して剛性の低い桁を適用することにより建設コストの低減を図ることが考えられる。

図5.6に標準桁との比較断面図を示す。

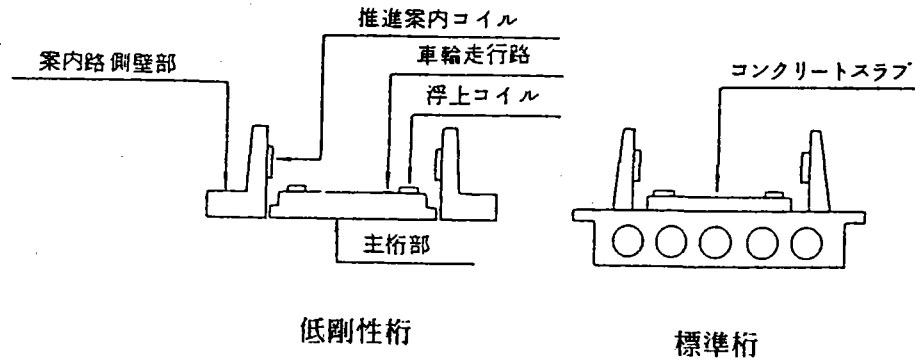


図5.6 比較断面図

5.6.2 走行試験<sup>13)</sup>

高速浮上走行においても在来の鉄道構造物で経験した共振現象と同様の振動現象の発生が考えられたために、宮崎実験線に図5.7に示したような低剛性桁を架設し、その挙動を調べるとともに、シュミレーション解析を行った。

尚、試験桁は、支間長 $L=14.6\text{m}$ 基本固有振動数 $f=4.3\text{Hz}$ 曲げ剛性は標準桁の $1/10$ である。これは時速 $150\text{km/h}$ を越えると $\alpha > 0.33$ となる桁である。

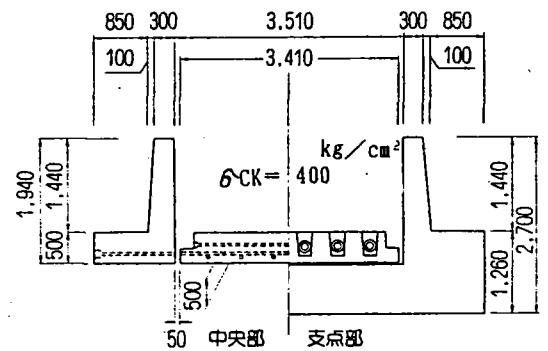


図5.7 試験桁断面図

① たわみ波形

車輪走行時の桁部の時刻歴たわみ波形は $4.3\text{Hz}$ の応答がみられるが、浮上走行時には、この応答はみられず、なめらかな波形となった。

最大変位量は浮上走行時 ( $v=280\text{km/h}$ ) で $7.3\text{mm}$ 、車輪走行時 ( $v=280\text{km/h}$ ) は $7.5\text{mm}$ であった。

② シュミレーション解析との動的係数の比較

桁の動的係数は、桁の動的挙動の増加割合を示す値で下式より求められる。

$$i = y_d / y_s - 1$$

ここに、 $i$  : 動的係数

$y_d$  : たわみまたはひずみの動的最大応答値

$y_s$  : たわみまたはひずみの静的最大値

図5.8に実測値と解析値を示す。

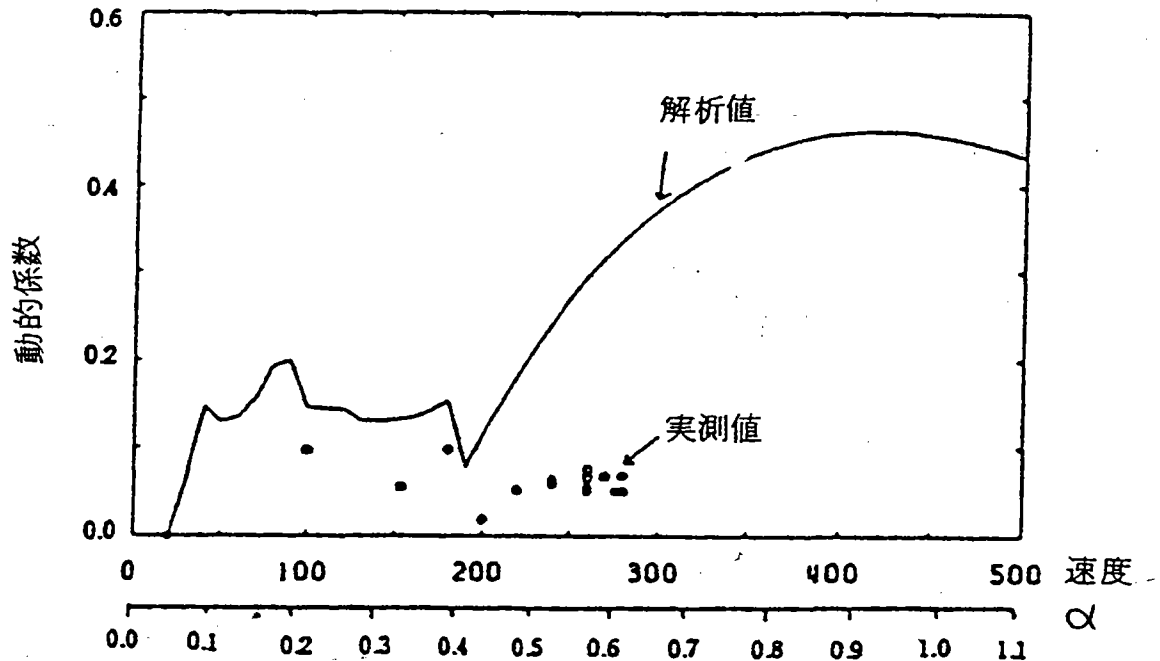


図5.8 速度と動的係数の関係

比較できる範囲内でみると、車輪走行時の特定の速度で動的係数が大きくなる傾向は一致している。しかし、解析値と実験値の浮上走行時の動的係数の増加傾向は必ずしも一致していない面もある。これはシュミレーション解析において浮上車及び路面不整、特に高速走行時の空気揚力による影響が十分に考慮されていないことが原因と考えられる。

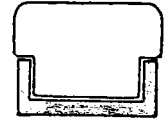
結局、 $\alpha$ 規則を上回る速度領域でも試験範囲内 ( $V_{max}=280\text{km/h}$ ) では大きな振動が生じなかったことから低磁性鋼の適用可能性が十分考えられる。

<参考文献>

- 1) 森井 孝：“ガイドウェイ” 鉄研資料 33.8 1976
- 2) 佐藤吉彦・三浦重・ほか2名：“宮崎実験線用ガイドウェイ上部構造の提案と設計” 鉄研資料 34.10 1977

- 3) 富田健司 (鉄道総合技術研究所) : "ガイドウェイ構造物" RRR 1989.11
- 4) 市川篤司、吉野伸一、庄野隆則 : "浮上式鉄道ガイドウェイ構造物の検討"  
構造物設計資料 No.79 P.17~P.21 1984
- 5) 三浦重、梅田静也 (鉄道技術研究所) : "宮崎実験線におけるガイドウェイ上部構造の試験" 鉄道技術報告書 No.1171 P.15~P.19 1981
- 6) 松浦章夫、岩井徳雄、橋本渉一、切敷啓介 : "ガイドウェイ上部構造及び関する試験" 鉄道技術報告書 No.1281 P.13~P.20 1984
- 7) 松浦章夫、岩井徳雄 (鉄道技術研究所) : "宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物の試験" 鉄道技術報告書 No.1171 P.20~P.35 1981
- 8) 三浦重、橋本渉一 (鉄道技術研究所) : "宮崎実験線におけるガイドウェイ狂いの特性" 鉄道技術報告書 No.1171 P.45~P.58 1981
- 9) 松浦章夫、岩井徳雄 (鉄道技術研究所) : "宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物の試験" 鉄道技術報告書 No.1171 P.20~P.35 1981
- 10) 岩井徳雄 : "宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物の試験" 鉄道技術報告書 No.1249 P.55~P.64 1983
- 11) 村田信之 (鉄道総合技術研究所) : "U型ガイドウェイ桁の剛性及び耐力"  
鉄道技術報告 第2巻 第6号 P.2~P.9 1988
- 12) P301 "浮上式鉄道の開発" 研究グループ、ガイドウェイ小グループ : "ガイドウェイの開発" 鉄道技術 43-8 P.280~P.285 1986
- 13) 松浦章夫、川上博道 (鉄道技術研究所) : "低剛性桁の動特性試験"  
鉄道技術報告 No.1313 P.38~P.47 1986

6.1. 浮上式鉄道用分岐装置の開発



U形

(1) 分岐装置の開発経緯（昭和53年以前）

51年度までに鉄道技術研究所において分岐装置について文献調査<sup>1)</sup>が行われ、52年からU形ガイドウェイを前提として概念設計が行われた。<sup>2)</sup>

U形ガイドウェイでは側壁を左右に移動する分岐方式が良いとされ、その基本設計が行われた。<sup>3)4)</sup>

(2) U形ガイドウェイ用分岐装置の開発（昭和54年度）

- ① 10種の分岐装置の概略比較設計を行った。
- ② 浮上用地上コイルを走行路スラブ内に埋めこんだ構造を設計し試作した。
- ③ 立体分岐装置の模型の設計、試作を行った。

表 6.1 浮上式鉄道用分岐装置の種類と比較<sup>5)</sup>

形式	方式	特 長	問 題 点
1型	立体ポイント (固定分岐車輪方式)	① 側壁を左右に移動することにより、車両の側車輪を利用して、上下に立体的に分岐する。(側壁は固定されている) ② ポイント可動部の移動が小さい。 ③ 高速分岐に適している。	① 車輪構造上の問題点が多い。 (分岐車輪の構造、強度、支持ばね、空気抵抗など) ② 分岐側の推進案内コイルが一部取りつかない。
2型	立体ポイント (分岐車輪収納方式)	① 車両の側車輪の出入により、側壁を利用して、上下に立体的に分岐する(側壁は固定されている)。 ② ポイント可動部は不要。 ③ 高速分岐に適している。	① 車輪構造上の問題点が多い。 (分岐車輪の構造、強度、支持ばね、空気抵抗など) ② 分岐側の推進案内コイルが一部取りつかない。
3型	側壁移動方式	① 側壁だけを左右に移動させて、平面的に分岐する。 ② 現在の技術で開発可能。	① 設備が若干大きくなるが特に大きな問題点はない。 ② 分岐側の推進案内コイルが一部取りつかない。 ③ 渡り線を建設した場合に用地が若干広くなる。(図-10)
4型	側壁上下方式	① 左右の側壁を交互に上下移動させることにより、平面的に分岐する。 ② 用地中は若干狭くなる。	① 構造物の規模が大きくなる。 ② 上下する側壁の傾斜位置が大がかりになる。 ③ 側壁の剛性と上下させる距離の問題点がある。 ④ 上下する側壁と固定式側壁の取合せが問題である。
5型	トラバーサー方式	① 上部構造全体を左右に移動する。(2輪) ② 浮上コイルと推進案内コイルは基準側分岐側に取り付けられる。	① 設備が非常に大きくなる。 ② 重量物を長時間に移動させ、且つ傾斜する装置の問題がある。 ③ 用地中は最も大きくなる。
6型	1輪トラバーサー方式	① 上部構造全体を左右に移動する。(1輪) ② トラバーサー方式と比較して機構が若干小さくすむ。 ③ 浮上コイル推進案内コイルは、基準側、分岐側共に取り付けられる。	① トラバーサー方式と比較して複雑になる。
7型	側壁上下固定分岐車輪方式	① 側壁のアンカー部を移動させることにより、車両の側車輪を利用して平面的に分岐する。(別の側壁は上下する) ② 立体方式と比較して、分岐車輪は車両重量を支える必要がない。	① 立体ポイントと側壁上下方式と同様の問題点がある。
8型	側壁上下移動分岐車輪方式	① 車両の側車輪の出入により、側壁のアンカー部を利用して、平面的に分岐する。(別の側壁は上下する) ② 立体方式と比較して、分岐車輪は車両重量を支える必要がない。	① 同 上
9型	側壁上下逆T案内路方式	① 側壁を上下させて、走行巾を確保すると共に、逆T型の案内路を上下させて車両を誘導する。 ② 構造が全体的に簡単になる。 ③ ヤード内で有利。 ④ 全逆逆Tならば、構造物によるブレーキ方式としては有利。	① 上下する部分が複雑。
10型	中央下部分岐車輪方式	① 側壁を上下、左右に移動することにより走行巾を確保するとともに同時に両側より車両を誘導する。 ② 9型よりも、構造は簡単。 ③ ヤード内で有利。	① 同 上

断面A-A, B-B, C-Cは,分岐線走行時の状態を示す。

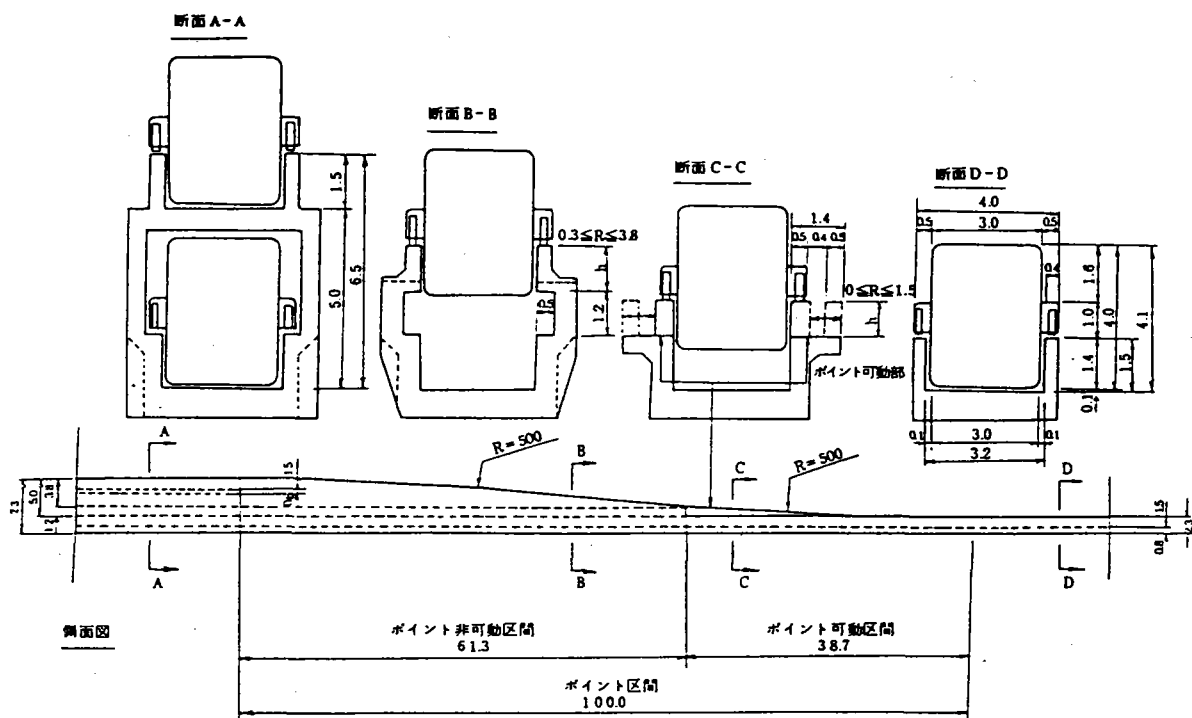


図6.1 浮上式鉄道 (U形ガイドウェイ) 立体ポイント概念図 (1型)<sup>5)</sup>

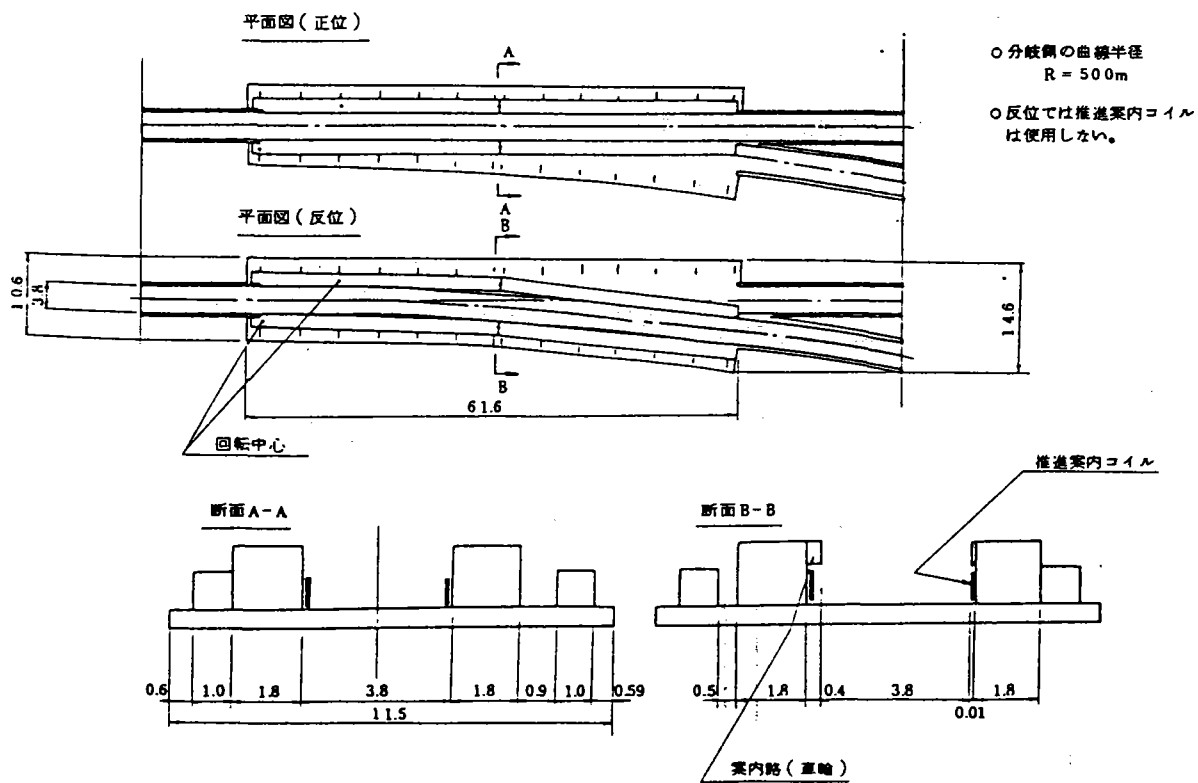


図6.2 浮上式鉄道 (U形ガイドウェイ) 平面交差ポイント概念図 (3型)<sup>5)</sup>

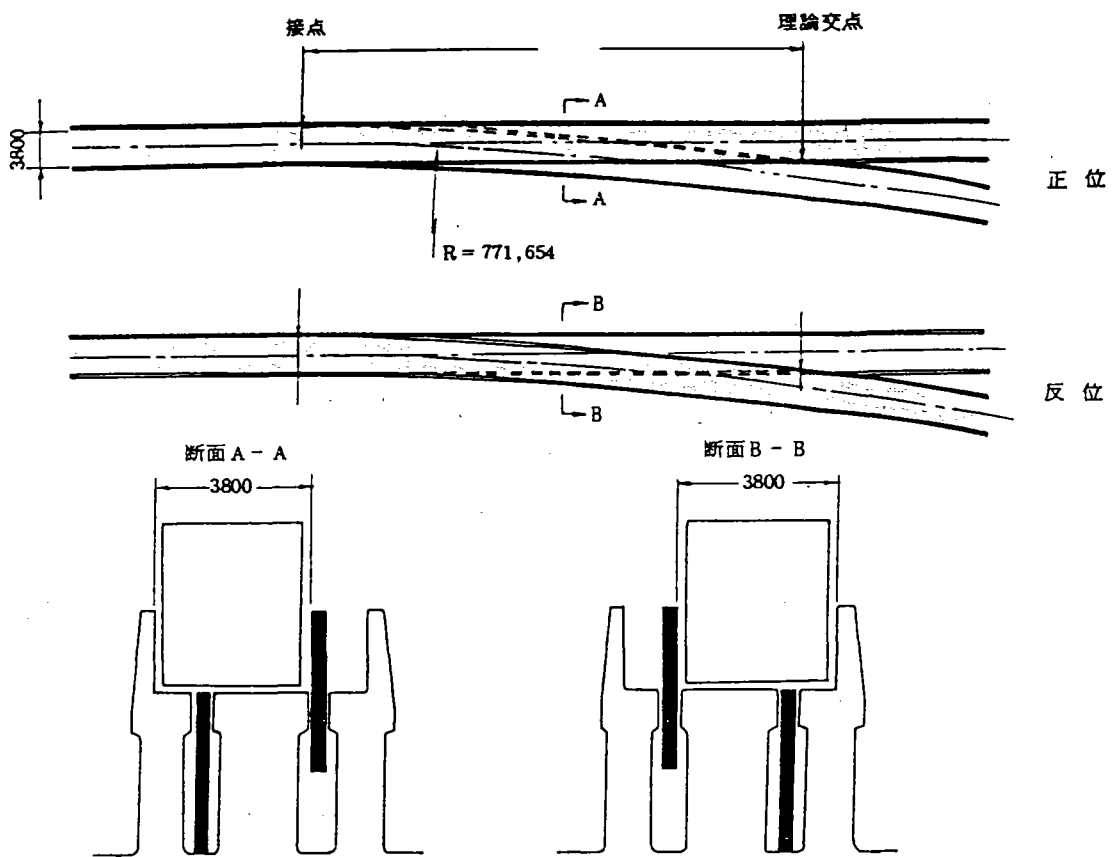


図6.3 浮上式鉄道（U形ガイドウェイ）側壁上下移動方式分岐装置概念図（4型）<sup>5)</sup>

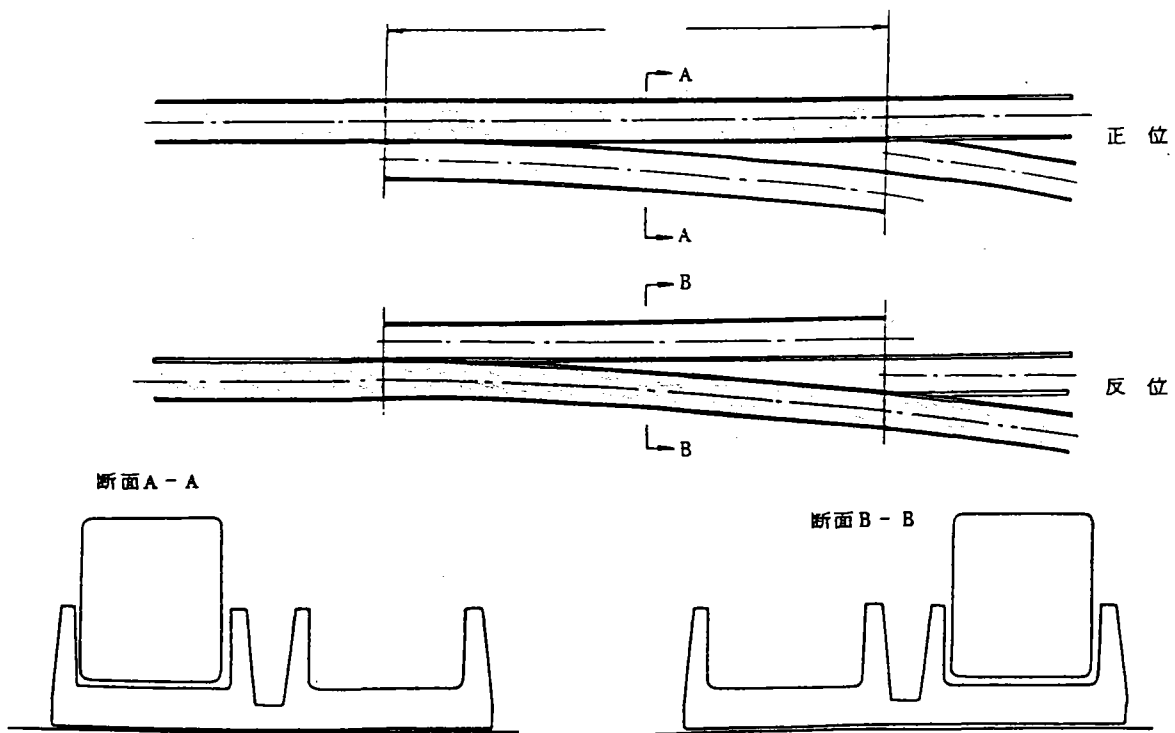


図6.4 浮上式鉄道（U形ガイドウェイ）トラバーサー方式分岐装置概念図（5型）<sup>5)</sup>

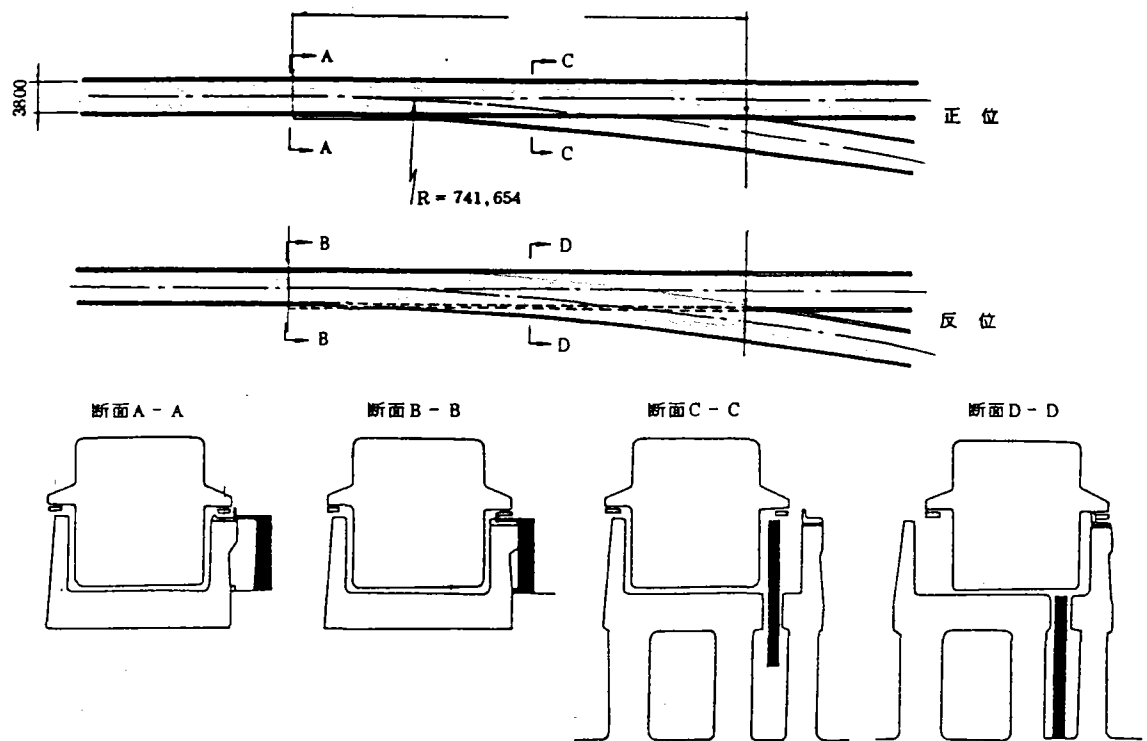


図6.5 浮上式鉄道 (U形ガイドウェイ) 固定分岐車輪方式分岐装置概念図 (7型)<sup>5)</sup>



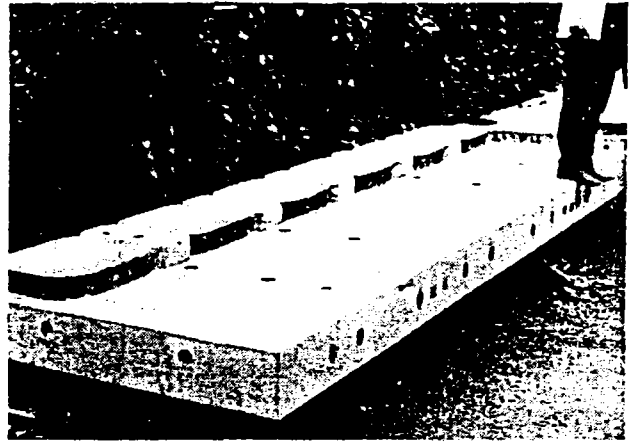
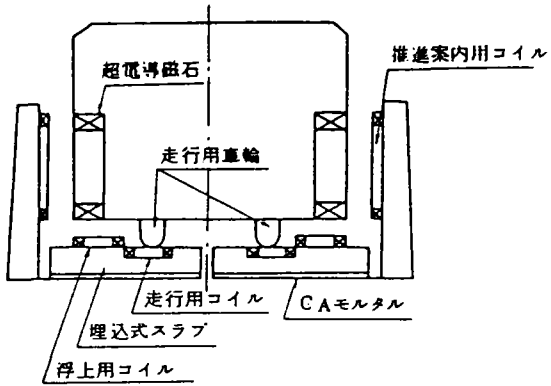


図6.6 コイル埋込スラブ敷設概略図 5)

写真6.1 コイル埋込スラブ 5)

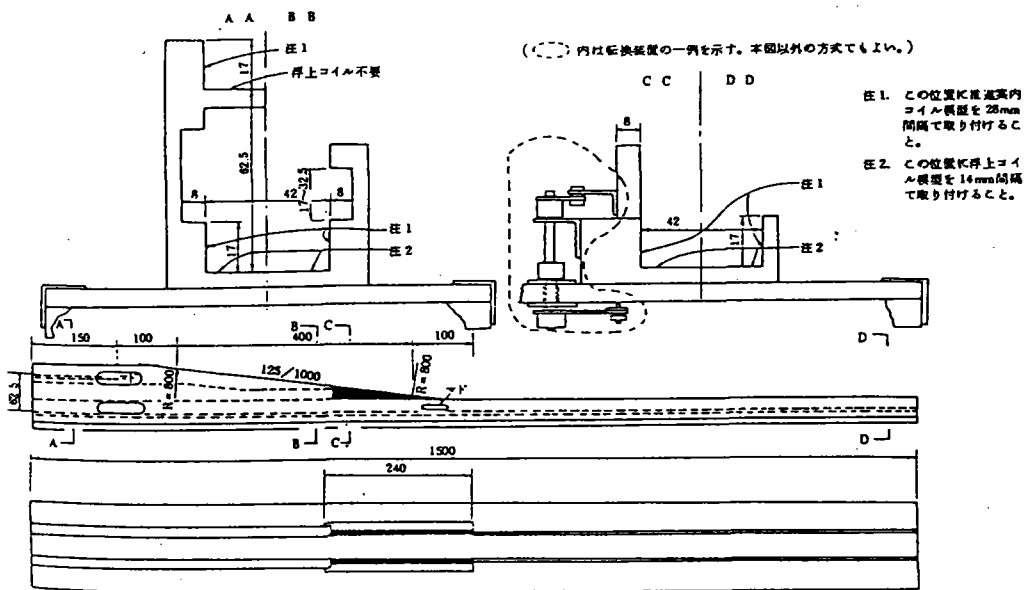


図6.7 立体分岐装置模型構造図 5)

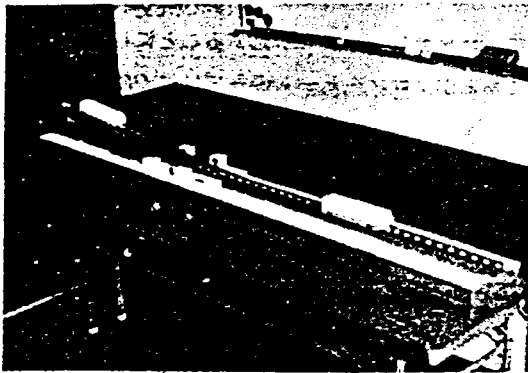


写真6.2 立体分岐装置(分岐側開通時) 5)

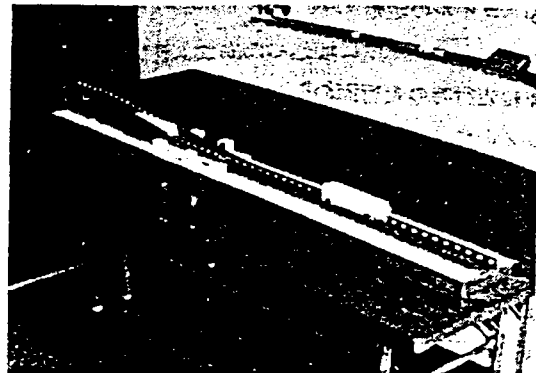


写真6.3 立体分岐装置(基準側開通時) 5)

(3) 分岐装置の開発(昭和55年以降)

表6.2 浮上式鉄道分岐装置の開発経緯 6)

	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度
開 発 事 項	<p>◎側壁移動型分岐装置の開発試験</p> <p>コイル埋込スラブ現地敷設試験</p>			<p>コイル埋込スラブ試作現地敷設試験</p>		<p>コイル埋込スラブ試作現地敷設試験</p>
	<p>◎トラバースー型分岐装置の開発試験</p> <p>水平案内レール、転換装置(電気モーター自走式)試作試験</p>	<p>転換装置(油圧ジャッキ他動式)試作動作試験</p>	<p>転換装置動作耐久試験(宮崎)4,000往復</p>	<p>転換装置動作耐久試験14,000往復</p>	<p>分岐桁試作試験</p>	<p>分岐桁載荷による転換装置の運動動作耐久試験</p>
	<p>トラバースー方式、側壁移動方式改良設計</p>	<p>トラバースー方式詳細設計</p>		<p>転換装置運動基礎試験</p>	<p>分岐桁載荷による転換装置運動動作試験</p>	<p>分岐装置前部端部の転換装置試作試験</p>
	<p>車両基地用分岐装置概略設計</p>				<p>2連の分岐桁載荷による運動動作試験</p>	<p>分岐桁および固定端部試作試験</p>
						<p>結合装置、案内レール弾性曲げ、装置一部試作試験</p>

## 6.2. 設計条件

### (1) 性能

- ・ 基準線側の通過速度は一般区間と同じである。
  - ・ 分岐線を 70 ~ 100 km/h で通過できる。
  - ・ 転換時間が一分以内である。
- などの条件が考えられている。

### (2) 設計条件

1. 分岐線側設計速度は 70 km/h とした。
2. 分岐曲線半径は 780 m とした。
3. 分岐角は

$$\theta = \cos^{-1} \frac{R - 3760}{R} = 5^\circ 37' 41'' \quad \text{で約 } 10.17 \text{ 番となる。}$$

### (3) 必要性能

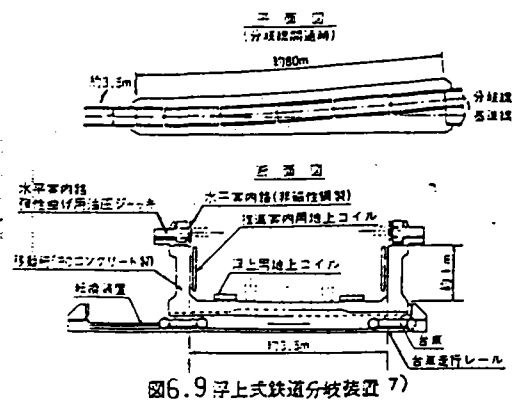
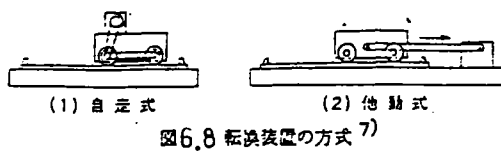
分岐装置を実用化するには、

- ・ 電気設備、下部構造を含めた総合的な経済性
- ・ 分岐装置区間の一般区間と同様の走行安定性
- ・ 転換の円滑性

などの性能を満たさなければならない。

### (4) 現在までの設計の概要

形式がトラバーサ方式、U形ガイドウェイはPCコンクリート構造、転換装置は他動式転換装置とし、水平案内路の非磁性鋼レール化、又、可動桁の長さは余裕縮小量を限度値以内におさえる条件から決定された。



### 6.3. 分岐装置の形態

#### (1) 分岐装置の種類

通過駅、始末端駅、車両基地の分岐装置があり、高速用分岐装置と低速用分岐装置に分けられる。

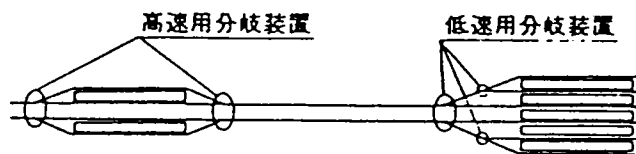


図6.10 分岐装置の種類 6)

#### (2) 高速用分岐装置の構造

U型ガイドウェイ全体を移動させるトラバーサー型、側壁だけを移動させる側壁移動型、

両者について、模型試作、試設計により比較検討した結果、側壁移動型が、当初経済性の面で有利と考えられていたが、(1) ヌルフラックス線の処理、(2) 分岐線通過時の浮上力変動による車両動揺の2点について技術的問題があり、また、浮上用地上コイルを埋込み方式としなければならない点が問題となった。一方、トラバーサー型は、構造形式がやや大きくなるが、技術的に問題が少ないため、検討の結果両形式の全体的な優位差はないと考えられたため、当面、高速用分岐装置についてトラバーサー型の開発を進めている

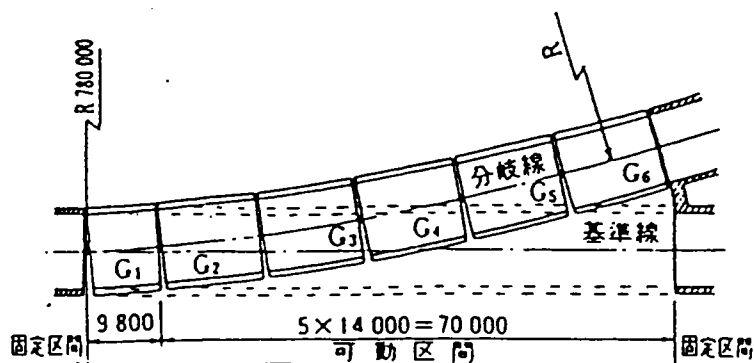


図6.11 トラバーサー型高速用分岐装置 6)

## 6.4. 基礎研究

### (1) 現在までの基礎研究の経緯

トラバーサ型分岐装置は55年比較・概略設計、56年改良設計及び転換試験、57年油圧ジャッキ他動式による転換装置の部分試作が行われた。

60, 61年には分岐装置後端部の連動動作試験が行われた。

### (2) 基礎試験の概要

#### ① 転換装置(P7)単独による転換試験

移動量の最も大きい後端部の転換装置(P7)を試作し、転換装置(P7)単独の転換試験を行った結果、チェーンのたるみによるノッキング現象が生じ、61年これを改良した。

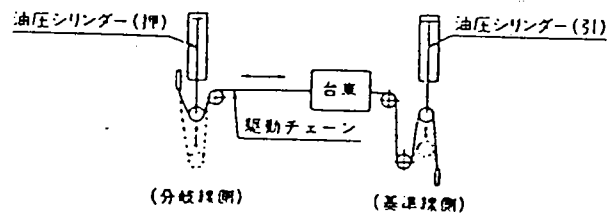


図6.12 転換方式 6)

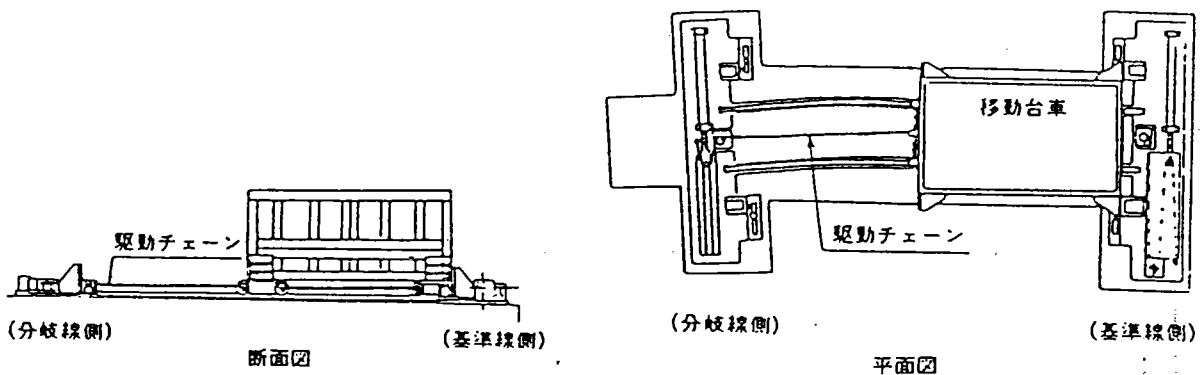


図6.13 転換装置(P7) 6)

## ② 分岐装置後端部の転換装置による連動動作試験

転換装置2基を増設し、分岐桁を載荷し、分岐装置後端部の転換装置により行った結果、各機器の故障により運転停止した。

今後、各機器の性能を見極めることが必要。

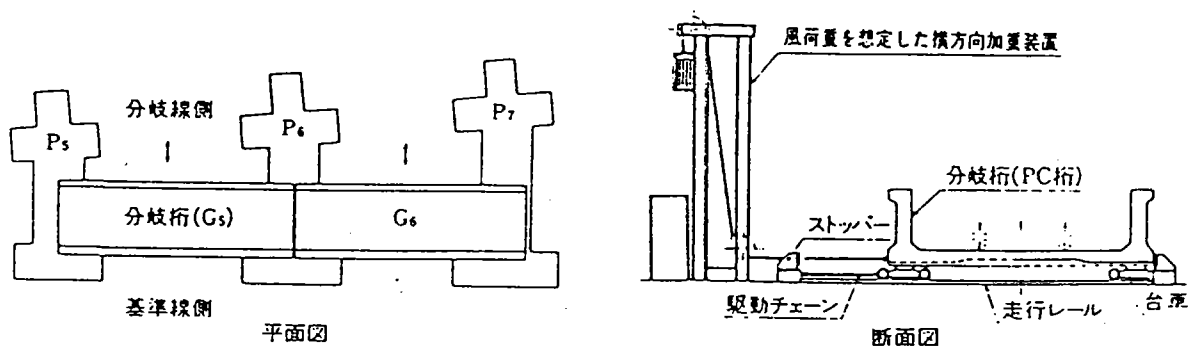


図 6.14 試験用分岐装置 (後端部) 6)

## (3) 今後の進め方

実車走行の為の分岐装置の製作を検討し、U型ガイドウェイに適合する実用タイプの分岐装置の基礎試験を行う必要がある。

高速用分岐装置は信頼性の確認、側壁移動分岐装置はコイル埋込み方式の検討、低速用分岐装置はシステム実用化にむけての開発を進める必要がある。

<文 献>

- 1) 佐藤吉彦・柿沢 実：浮上式鉄道の分岐装置に関する調査と提案，鉄道技術研究所遠報 76-1011，51年8月
- 2) 鉄道研究室：浮上式鉄道分岐装置の設計，鉄道技術研究所遠報 77-142，52年12月
- 3) 佐藤吉彦：“(5)分岐構造に関する検討” 浮上式鉄道に関する研究（第6冊） 鉄道技術研究報告 No.1060，1977年11月
- 4) 佐藤吉彦：“(5)分岐構造の模型試験” 浮上式鉄道に関する研究（第7冊） 鉄道技術研究報告 No.1100，1987年12月
- 5) 鉄道技術報告書 No.1171 浮上式鉄道に関する研究
- 6) 構造物設計資料 No.89 1987 浮上式鉄道の分岐装置
- 7) 構造物設計資料 No.75 1983 浮上式鉄道分岐装置





## 7. 1 荷重

### (1) 死荷重

図 7.3 に示す基本断面と図 7.4 の载荷状態を標準として以下の様に算出した。

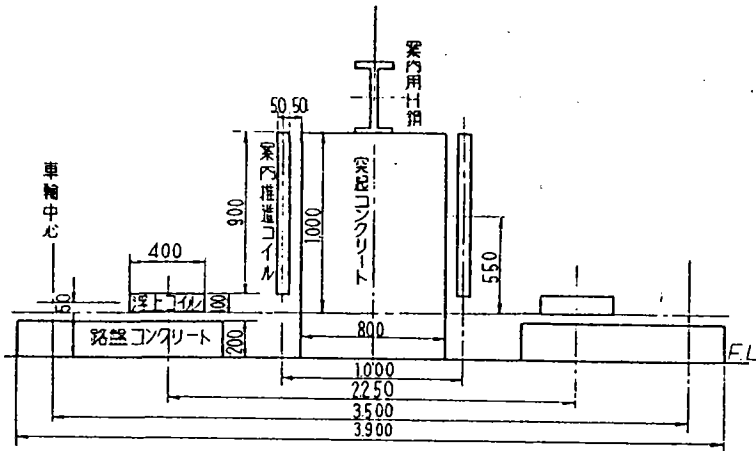


図 7. 3 基本断面図

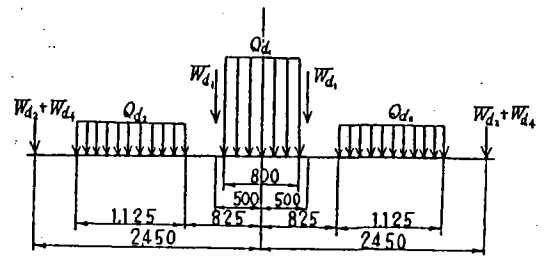


図 7. 4 死荷重

#### ① 案内用H鋼および突起コンクリート重量

$$\begin{aligned} \text{案内用H鋼 (取付金具などを含む)} & 100\text{Kg/m} \\ \text{突起コンクリート} & 0.8 \times 1.25 \times 2.5 \times 1,000 = 2,500\text{Kg/m} \\ & \text{計 } 2,600\text{Kg/m} \\ 2,600 \times 1/0.8 (\text{幅}) & = 3,250\text{Kg/m}^2 \quad \therefore Q_{d1} = 3,250\text{Kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### ② 浮上用コイル、車輪走行路および路盤コンクリート重量

$$\begin{aligned} \text{浮上用コイル重量を } 60\text{kg/個} \text{として、} & 60 \times 1/0.7 (\text{長さ}) = 86\text{kg/m} \\ \text{車輪走行路 (アスファルトのみとし路盤コンクリートに含める。)} & \\ \text{路盤コンクリート重量} & \\ 1,125 \times 0.25 (\text{厚さ } 5\text{cm} \text{ 余裕}) \times 2.5 \times 1,000 & = 700\text{kg/m} \\ & \text{計 } 800\text{kg/m} \\ 800 \times 1/1.125 & = 711\text{kg/m}^2 \quad \therefore Q_d = 750\text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

③案内推進用コイル重量  $W_{d1} = 90 \text{ kg/m}$

案内推進用コイルは90kg/個と考えたが、取付ボルト、わくなどの重量を含めて90kg/mとする。

④高欄重量  $W_{d2} = 100 \text{ kg/m}$

高欄はパイプ高欄を考えているが、付属物がつくこともありうると思われるので、安全をみて100kg/mとする。

⑤電力、通信、信号等、電気関係荷重  $W_{d3} = 110 \text{ kg/m}$

電気関係は、ガイドウェイに沿って、地上コイルへの給電線のほか、地点検知用設備、通信設備、ならびに配電設備などが設けられるが、ガイドウェイ側端部に敷設することもできるよう、これらの所要荷重分として110kg/mを見込んでいる。

⑥集電用導体設備重量  $W_{d4} = 75 \text{ kg/m}$

高欄位置に集電用導体を設置し、高速集電の試験を行なう計画もあるので、その荷重分として75kg/mを見込んでいる。

## (2) 列車荷重 (ML500実験車)

車両は全重量10tであるが、試験中に冷凍機のコンプレッサおよび測定機器を積むこともあるので全重量は13tとする。

### ①磁気浮上時

浮上用コイルに作用する荷重を図 7.5に示す。

けたの線路方向などの設計では $W_{\rho 1}$ の線荷重を用いて計算し、スラブの横方向などの分布荷重で考えた方がよい場合は、 $Q_{\rho 1}$ を用いる。また、けた端、張出しスラブなどで、集中荷重による検討が必要な場合は、 $P_{\rho 1}$ を用いるものとする。 $W_{\rho 1}$ は浮上コイルの反撥力特性から考えて、走行中の前傾による偏りも考慮して1.68倍となっている。

$$(13 \times 1.68 / 8.4 / 2 = 1.3)$$

$Q_{\rho 1}$ は路盤コンクリートなどで60cmの幅に分布するとして、 $Q_{\rho 1} = W_{\rho 1} / 0.6$ で

求めた値である。

また、 $P\phi_1$ は浮上用地上コイル浮上力特性を参考にしている。

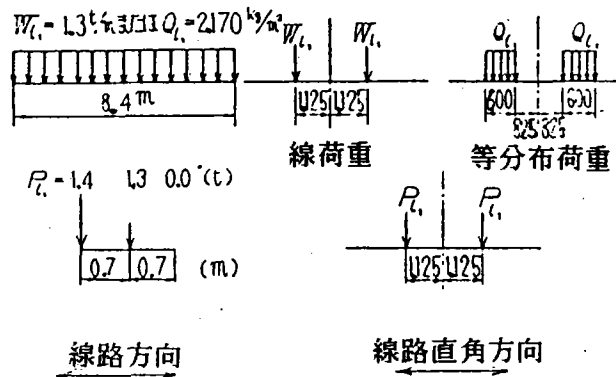


図7.5 磁気浮上時の活荷重

② 車輪走行時

車輪から路面に作用する荷重を図7.6に示す。

$P\phi_2$ は $13t/4=3.25t$ として求めた。

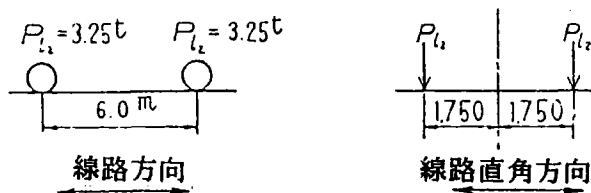


図7.6 車輪走行時の活荷重

(3) 衝撃

① 磁気浮上走行時

磁気浮上走行時の衝撃は未経験であり、検討中である。とりあえず衝撃係数0.5とする。

② 車輪支持走行時

$i$  ; 衝撃係数                       $L$  ; 支間 (m)

$$L < 30m \quad i = 0.8 - \frac{L}{150}$$

$$L \geq 30m \quad i = 0.6$$

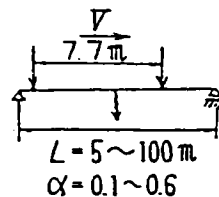


図7.7 車輪走行時の衝撃係数

技研の構造物研究室で計算した結果を用いた。速度パラメータ $\alpha \leq 0.2$ , 車両の振動加速度の最大値  $a_{u\max} = 0.5g$ とすると、値が得られる。

$$* \alpha = \text{車両走行速度 (m/sec)} / [2 \times \text{支間 (m)} \times \text{基本固有振動数 (HZ)}]$$

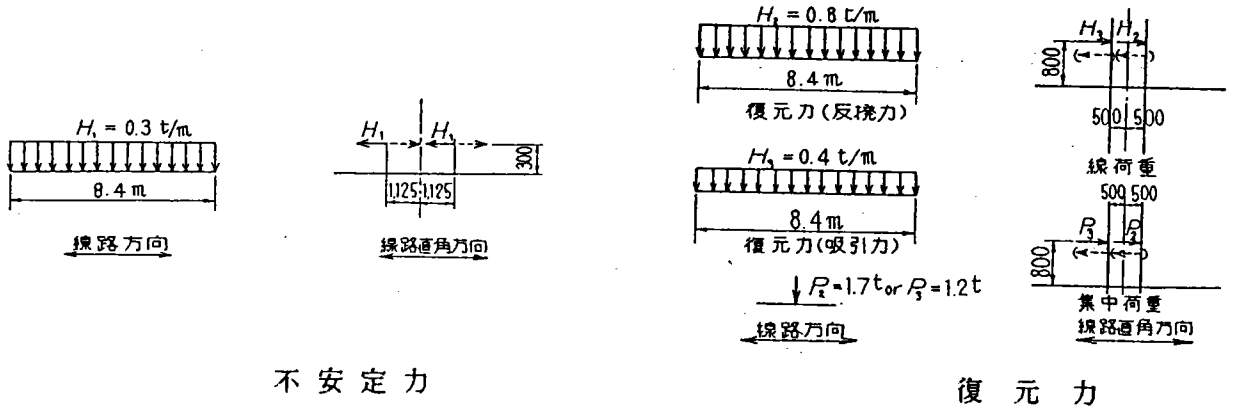
(4) 車両横荷重

① 高速走行時

走行時には案内推進用コイルの反撥力および吸引力でガイドする。

車両横荷重として不安定力は浮上用コイルに、復元力は案内推進用コイルに、

それぞれ線路方向に直角かつ水平に作用するものとする(衝撃も含む)。



不安定力

復元力

図7.8 高速走行時の車両横荷重

不安定力とは、浮上用コイルが地上側と車上側で位置がずれると、反撥力の横方向分力が作用する。復元力とは、案内推進用コイルに作用する力であり、コイルが接近する側には反撥力が作用し、コイルが遠ざかる側には吸引力が作用する。 $H_1 = 0.3 \text{ t/m}$ は浮上用地上コイル不安定力特性より決めた値である。復元力は $0.7g$ 相当と考え、 $H_2$ 、 $H_3$ の比率は案内力特性によった。また、集中荷重 $P_2$ 、 $P_3$ は回生制動時の特性より、その最大値とした。なお、故障により $90^\circ$ 位相のずれた場合は $3t$ 位のピーク値を示すが、これは事故時と考えることにした。

② 低速走行時

車両の性能も考え合わせて $0.5g$ 相当の案内車輪荷重を考える。

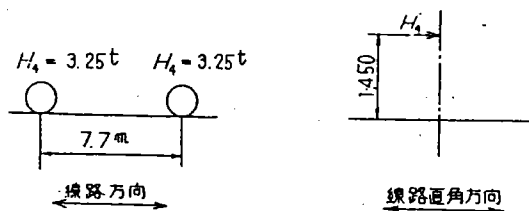


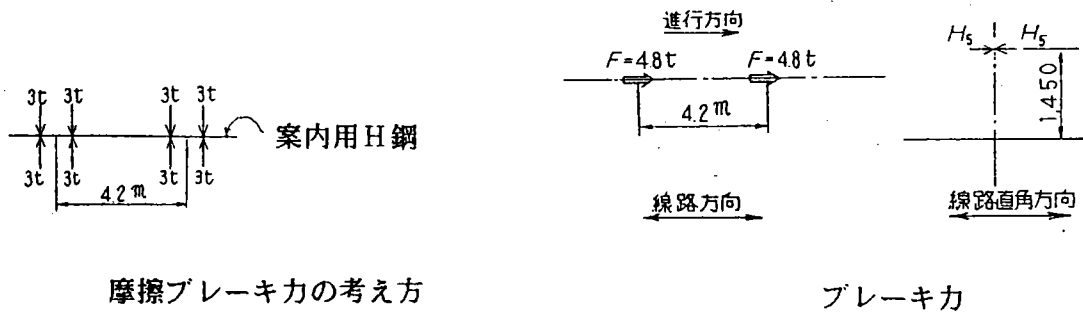
図7.9 低速走行時の車両横荷重

(5) 制動荷重および始動荷重

制動および始動は通常、案内推進用コイルで行うことから、F. L 上0.80mの高さで、8.4mの長さにわたり、両側で0.8t/mの線路方向荷重が案内推進用コイルに作用するものとする。

これは4.4tの推力に出力アップの可能性を加えたものである。

(6) 摩擦ブレーキ力



摩擦ブレーキ力の考え方

ブレーキ力

図7.10 摩擦ブレーキ力

非常時にブレーキシューを3tの押しつけ力で案内用H鋼をはさむものであり、摩擦係数 $\mu = 0.4$ として求めた値 $3t \times 0.4 \times 4 = 4.8t$ が案内用H鋼の中心に作用するものとする。摩擦ブレーキ力と他の荷重の組合せに対する許容応力度は、基準の許容応力度に係数1.4を乗じた値とする。

(7) 遠心荷重

遠心荷重は、列車荷重に0.2を乗じて求めた値とし、案内推進用コイルに、軌道に直角かつ水平に作用するものとする。

実験線は $R = 10,000m$ の曲線が含まれるが、500km/hの適正断面角は、

$$Q_{pc} = \frac{(500)^2}{9.8 \times 10,000 \times (3.6)^2} \approx 0.197 \text{ (rad)}$$

となり、0.2としておけば安全である。

(8) 案内用H鋼ロング縦荷重

案内用H鋼の締結装置を新幹線のロングレールと同じように考え、H鋼底面

において軌道に平行に1.0t/mとする。

## 7. 2 許容変位

### (1) 列車荷重によるけたの鉛直方向の許容たわみ

$L < 50\text{m}$              $L/2,500$  ( $L$ ; 支間長)            を標準とする。

技研の構造物研究室において、実験車両をモデル化して計算を行っているが、 $V = 500\text{km/h}$ では、スパンが90m付近に共振点があると思われる計算結果が得られた。車両の減衰性などによってたわみ限度は大きく影響されるが、実験線ではスパンが50mを越えるものはないと思われ、現在の段階では暫定的にたわみ比0.4%、つまり $L/2,500$ とした。今後の検討結果を加える見込みである。

### (2) 列車荷重によるけたの水平方向の許容たわみ量

鉛直方向の許容たわみ量の1/2とする。

### (3) たわみの計算に用いる列車荷重には衝撃を含まないものとする。

## 7. 3 鉄筋の配置

コイルの反撥力は、鉄筋などの磁性体が近くにあると吸引力が働き、浮上力を減少させる。

鉄筋については車上側のコイル中心より40~50cm位離しておけば、浮上力の損失は1割以下に押えられることが、計算および実測により明らかとなった。したがって、地上側コイル中心より30cm以上離すものとする。路盤コンクリート及び突起コンクリートについては、鉄筋量を減らしたり、非磁性材料を用いるなどの検討が必要である。F. L以下は、通常の設計をしてよい。

なお、鋼板については、60cm程度離す必要があると思われる。

## 7. 4 その他

### (1) 施工精度

コイル取付面で10m弦に対し±4mmの仕上り精度を標準とする。

浮上式鉄道は、時速500km/hを目標としているので、ガイドウェイに対しても高い仕上り精度が要求されている。しかし土木構造物では、支持地盤、現場施工、自然環境などにより高い精度を得ることは非常に困難である。したがって、路盤コンクリートおよび突起コンクリートのプレキャスト化により精度を上げ、さらにコイル取付用ボルトで微調整を行うことを考えている。そこで目標として、スラブ軌道の敷設精度から考えてこのような数値とした。

### (2) 構造物1ブロックの延長は1.4mの倍数とする。

浮上用コイルは70cmピッチ、案内推進用コイルは140cmピッチで取付けるので、構造物はすべて1.4mの倍数とすることにした。

以上が浮上式鉄道実験線設計基準(案)であるが、その後の研究、検討および試設計等により、いくつかの問題点が指摘されてきた。以下、これらの問題点のうち、構造物の設計に大きく関係するいくつかの点について述べることにする。

### (1) 衝撃係数

衝撃係数については、車両およびけたの運動をモデル化して計算を行っているが、実際走行する車両の設計諸数値の評価、また、車両が何両も連結されて走行する場合の動的応答について、さらに検討を加え、実験線における実測値もあわせて、今後の正しい衝撃係数を決定する必要がある。

### (2) 構造物の剛性と変位

構造物は、地盤変位、下部構造、上部構造などの様々な変位が重なりあう。したがって、基準に規定した数値の他にも、活荷重によるけたの目違い量、長期にわたる下部構造の変位量、地震時の橋脚頭部の変位量など、今後検討しなければならない問題が多い。

(3) 鉄筋の影響

磁気の吸引力について、考慮を行っているが、鉄筋自体に誘導電流が流れることも予想されるので、それに対する対策をどうするかも今後の課題である。

(4) 車輪走行路の構造および荷重

車輪走行路について、どの程度の精度および強度が必要であるか未知のものが多い。また、けた間のジョイント部にどのような構造を採用すべきか、検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 実験線プロジェクトチーム：『浮上式鉄道実験線設計基準(案)』  
構造物設計資料，N o 43，P. 29～P. 43，1975



8章 ガイドウェイ構造物検討例

8.1 概略設計

(1) 目的

旧国鉄、構造物設計事務所では、浮上式鉄道のガイドウェイ構造に関してどのような形式が合理的・経済的であるか、また、設計上の問題点はなにかを把握するため下記の条件で概略設計を行っている<sup>1)</sup>。

ここでは、この概略設計の内容及び結果を紹介する。

(2) 設計条件

① 施工基面幅

車両幅3m、車両中心間隔6.3mと車両幅2.8m、車両中心間隔5.4mの2種類にて検討した。

(図 8.1参照)

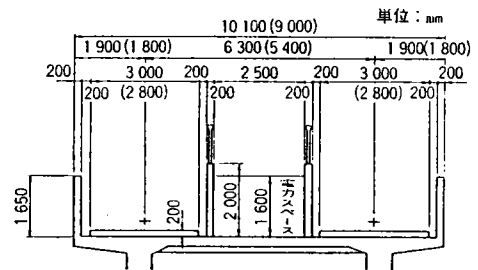


図 8.1 施工基面幅

② 版上死荷重

- 軌道当たり 約 3.7tf/m
- サイドコンクリート厚 20cm (側壁)
- 走行路コンクリート厚 20cm
- 電力ケーブル・浮上推進案内コイルの荷重

③ 車両荷重

- 車両走行時 30tf/4 = 7.5tf
- 浮上走行時 30tf/8 = 3.75tf
- 30tf/25.2m = 1.20tf/mの等分布荷重で考慮

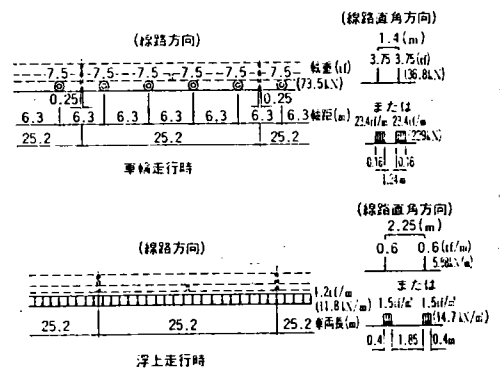


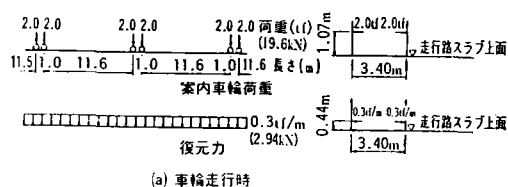
図 8.2 車両荷重

なお、浮上式鉄道車両荷重はK S 3程度に相当し、在来線に比べると非常に小さい。

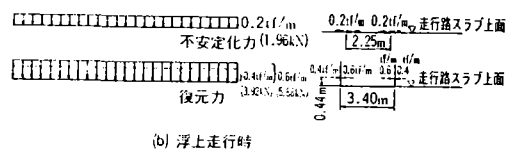
④ 衝撃荷重  $i = 0.6$  とする。

⑤ 車両横荷重

車輪走行時及び浮上走行時の車両横荷重は図 8.3にて示される。



車輪走行時～案内車輪及び推進案内コイルの復元力でガイドされる。



浮上走行時～推進案内コイルの復元力でガイドされる。

図 8.3 車両横荷重

⑥ 制動荷重及び始動荷重

常時～加減加速度  $0.1g \rightarrow 0.12tf/m$  (1.18kN/m)

異常時～加減加速度  $0.2g \rightarrow 0.25tf/m$  (2.45kN/m)

⑦ その他

S58.2 構造物設計標準(鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物)

S58.4 構造物設計標準(鋼鉄道橋、鋼とコンクリートの合成鉄道橋)

### (3) 設計結果

#### ① 鉄筋コンクリートラーメン高架橋 (図 8.4)

高さ8.5m、5～7径間、径間長8m程度が最も経済的となり、新幹線構造に比べ、50～60%のコンクリート量になる。

(車両荷重・版上荷重が小さい為)

↓

より経済的にする為には、下記が必要

i) 版上死荷重の低減

ii) 構造物自重の低減

#### ② 高さが低い高架構造(H = 3m) (図 8.5)

ラーメン式の方が桁式に比べ経済的であった。

#### ③ RC単T桁およびPC桁の場合

##### RC単T桁の場合 (図 8.6)

速度パラメーターを0.33以下<sup>1)</sup>とすると著しく不経済となる。衝撃係数を大きくとって、速度パラメーターを大きくする方が経済的である。

→コンクリート量 新幹線の70～80%

##### PC桁の場合 (図 8.7, 8.8, 8.9)

桁断面が小さくなり、コンクリート量は新幹線の60%程度となる。

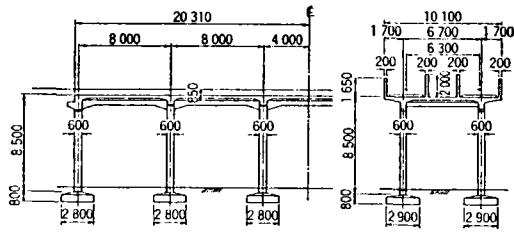


図 8.4 ラーメン高架橋

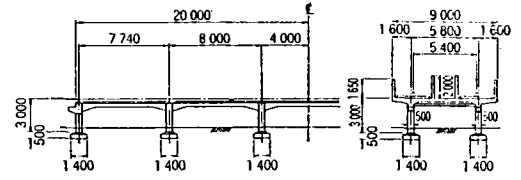


図 8.5 高さの低い高架橋構造(ラーメン式)

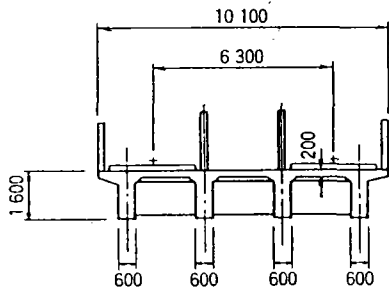


図 8.6 RC単T桁(スパン=20m)

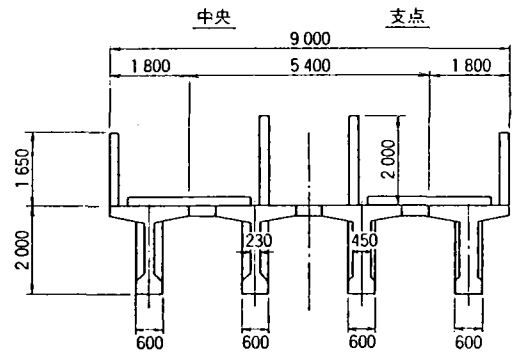


図 8.7 PCI形桁(スパン=35m)

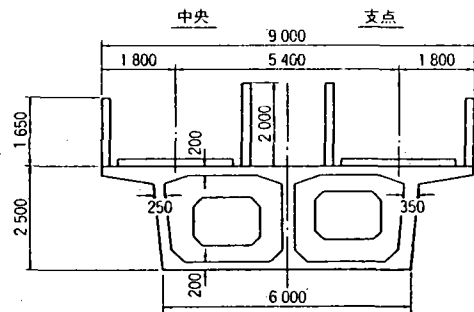


図 8.8 PC箱形桁(スパン=50m)

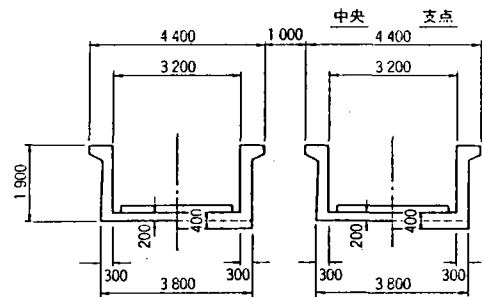


図 8.9 PC下路桁(スパン=20m)

④ H形鋼埋込桁 (図 8.10)

普通鋼材を使う場合は、鋼材の吸引力による影響を小さくする為、走行路に余盛りコンクリートを設ける必要がある。

低磁性鋼の場合、余盛りコンクリートは必要ないが材料費・加工費が普通鋼の3倍程度となり、普通鋼使用の方が経済的である。

⑤ 合成桁構造

衝撃係数を0.6として経済設計を行った時の速度パラメーターは0.6~0.7程度となり、0.33以下は現実的でない。

鋼材重量は新幹線の80%程度となる。(図 8.11)

設計荷重に占める死荷重の割合が大きい為、スラブ厚の減少を測ることが必要となる。

⑥ 鋼トラス桁構造 (図 8.12)

列車荷重は小さくなるが、磁気抵抗力の問題により部材断面は小さくならない。

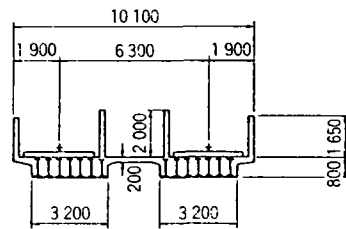


図 8.10 H形鋼埋込桁(スパン=30m)

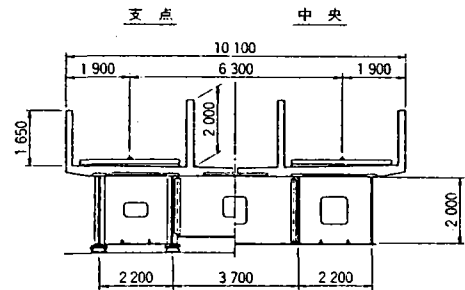


図 8.11 合成桁(スパン=40m)

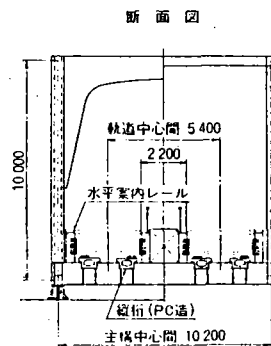


図 8.12 下路トラス

## 8. 2 宮崎実験線の構造<sup>3)</sup>

### (1) 宮崎実験線の構造

初期は「逆T形」でML・500の走行試験に使われたがMLU以降は「U形」と呼ばれる構造になっている。(図 8.13参照)

### (2) 試験の紹介

- ① 角れ目違い～目違いが30mm位あっても問題なく、従来の鉄道では考えられない大きな狂いに対しても安全。
- ② 低剛性桁～剛性規則性(桁の振動特性から、共振を起こさない速度の範囲を定めるもの)を上回る速度領域でも大きな振動は発生しない。  
合理的な衝撃係数の設定が経済的構造物を考えるPointとなる。

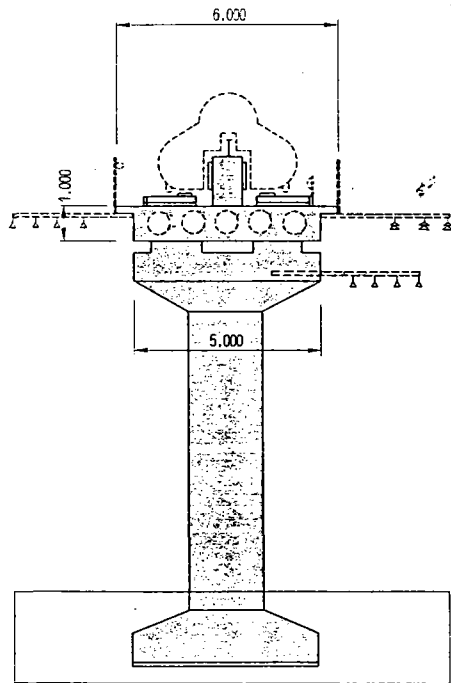


図 8.13(1) 逆T形ガイドウェイ

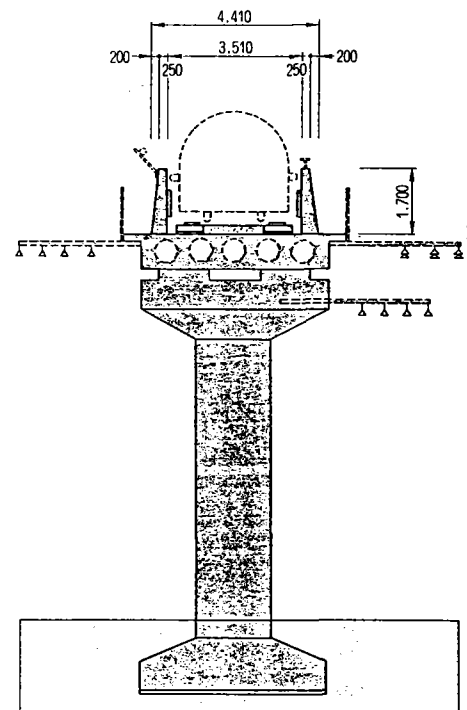


図 8.13(2) U形ガイドウェイ

<参考文献>

- 1)市川篤司 他：“浮上式鉄道ガイドウェイ構造物の検討” 構造物設計資料  
N079 1984
- 2)松浦章夫：“ガイドウェイ桁の動特性” 技研資料 V 33-8 1987.8
- 3)富田健司：“ガイドウェイ構造物” R R R 1987.11

## 9章 あとがき

J R方式のリニアモーターカーは平成元年度にも新たな実験線の建設地が決定される予定であり、またこの実験線は、そのまま営業線として使用することを想定したものになりそうである。旧国鉄およびJ R総研での30年近くにおよぶ技術開発の成果が、いよいよ実を結ぶ時代を向かえるわけである。

この時期にあたり、我々鋼橋の技術屋にとって、なじみの薄かったリニアモーターカーに関するレポートをまとめることができたことは、たいへん有意義であったと思う。研究会のメンバーの方々がリニアモーターカーを理解する上で少しでも御役に立てれば幸いである。ただ、なにぶん開発が進行中のものであるため、過去の資料は入手できても、現在の研究状況がどのように進んでいるのかを把握するのが難しく、本レポートもその点で若干混乱している可能性がある。その点は、御容赦願います。

最後に、このレポートをまとめた上での感想を記しておきます。

本レポートにあるように、リニアモーターカーに関する高架構造物は基本的にコンクリート構造となる。このことは在来の新幹線でも同様であり、やむを得ないが、場合によっては従来鋼構造であった比較的長スパンの橋梁もコンクリートを主体としたもの(例えば、ホロースラブやH形鋼埋込桁等)になる恐れがある。鋼橋の適用を広げるためには、今後の積極的な活動が必要であろう。

それと同時に、鋼橋を使用する際の設計思想をいかに定めるかが重要と思われる。すなわち、鋼材の使用による抗力抵抗の増加といった問題を解決するため、コストの高い構造・素材を使用する考え方以外に、従来通りの鋼構造として、その区間における列車の速度低下を許容する、あるいは、鋼橋区間での速度低下をふせぐために電力をより多く投入するといったソフト面での対策を行う考え方もあるように感じる。

これらの問題は、今後新実験線等において本格的に検討されるものと思われるが、我々としても多めに注目していく必要がある。



付章 1 関連資料一覧および文献抄録集

付 1. 1 磁気浮上式鉄道関連資料一覧（文頭No. は抄録番号を示す）

◎ 構造物設計資料 No. 43 1975

1. 浮上式鉄道実験線設計基準（案）

◎ 鉄道技術研究資料 33-8 1976

2. ガイドウェイ桁の動的特性

◎ 鉄道技術報告書 NO. 1100 浮上式鉄道に関する研究（第 7 冊） 1978

3. 宮崎実験線のガイドウェイ上部構造に関する各種の試験
4. 宮崎実験線のガイドウェイ構造物の試験
5. U型ガイドウェイ総合供試体の試作試験
6. 分岐構造の模型試作試験

◎ 鉄道技術報告書 NO. 1134 浮上式鉄道に関する研究（第 8 冊） 1980

7. 宮崎実験線のガイドウェイ構造物に関する試験

◎ 浮上式鉄道宮崎実験線設計基準、浮上式鉄道開発推進会議、

実験線建設プロジェクトチーム、1980

未入手

◎ 鉄道技術報告書 NO. 1171 浮上式鉄道に関する研究（第 9 冊） 1981

8. 宮崎実験線におけるガイドウェイ上部構造の試験
9. 宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物の試験
10. 宮崎実験線におけるガイドウェイ狂いの特性
11. 浮上式鉄道用分岐装置の開発
12. 非磁性鋼の特性
13. U型ガイドウェイ模型試験

◎鉄道技術報告書 NO.1249 浮上式鉄道に関する研究（第10冊） 1983

- 14. 宮崎実験線におけるガイドウェイ上部構造物の試験
- 15. 宮崎実験線ガイドウェイ構造物に関する試験
- 16. U型ガイドウェイ標準高架のFEM解析

◎構造物設計資料 No.75 1983

- 17. 浮上式鉄道分岐装置の開発

◎鉄道技術報告書 NO.1281 浮上式鉄道に関する研究（第11冊） 1984

- 18. ガイドウェイ上部構造および構造物に関する試験
- 19. ガイドウェイ周辺磁界に関する試験
- 20. U型ガイドウェイ構造物と浮上車との動的相互作用の解析
- 21. 宮崎実験線MLU001の走行抵抗について

◎構造物設計資料 No.79 1984

- 22. 浮上式鉄道ガイドウェイ構造物の検討

◎鉄道技術報告書 NO.1313 浮上式鉄道に関する研究（第12冊） 1986

- 23. 宮崎実験線ガイドウェイ狂い設定試験
- 24. 乗心地特性を考慮したガイドウェイ狂い管理手法の検討
- 25. ガイドウェイ変位規制試験
- 26. 低剛性桁の動特性試験
- 27. 低磁性鋼トラス模型による磁気抗力試験

◎鉄道技術 43-8 1986

- 28. ガイドウェイの開発

◎鉄道技術 43-10 1986

- 29. 浮上式鉄道の実用化に向けて

◎Railway Research Review 1987

30. ガイドウェイ構造物

◎構造物設計資料 No.89 1987

31. 浮上式鉄道の分岐装置

◎電気鉄道 VOL.41 No.6 1987

32. 常電導磁気浮上式鉄道 - H S S T - の開発

◎J R E A Vol.30 Vol.5 1987

33. 浮上式鉄道の現状と今後の展望

◎鉄道総研報告 第2巻第6号 1988

34. U型ガイドウェイ桁の剛性および耐力

◎T R I G G E R 88-10 1988

35. ワイド特集 リニアが翔ぶ

◎土木学会誌 Vol.74 1989-1

36. リニアモーターカー開発の現状

37. 超電導磁気浮上式鉄道の技術

1	浮上式鉄道実験線設計基準（案）
著者：実験線プロジェクトチーム	
出典：構造物設計資料 No. 43 PP.29~32 1975-9	
内容： 宮崎実験線の土木構造物の設計条件について、浮上式鉄道開発推進会議において了承されたもの。	
項目： 1. 適用の範囲	
2. 関連規程類	昭和45年 3月施土第 128号別冊建造物設計標準
3. 死 荷 重	
4. 列車荷重	$w \times h \times l = 4.0\text{m} \times 3.0\text{m} \times 13\text{m}$ , $W = 13\text{t}$
5. 衝 撃	衝撃係数 0.5
6. 車両横荷重	不安定力と復元力
7. 制動荷重および始動荷重	0.8t/m
8. 地震の影響	$K_h = 0.2$ $K_v = 0$
9. 構造物の剛性と変位	許容たわみ $L < 50\text{m}$ $L / 2,500$
10. 遠心荷重	(列車荷重) $\times 0.2$
11. 案内用H鋼ロング縦荷重	1.0 t/m
12. その他 (施工精度, 歩道荷重 etc)	
13. U型ガイドウェイに対する検討 [参考]	

2	ガイドウェイ桁の動的特性
著者：松浦章夫	
出典：鉄道技術研究資料 33-8 P.285~P.288 1976	
内容： (1)目的：浮上式鉄道におけるガイドウェイ桁動的特性を理論的に検討する。 (2)内容：高速で走行載荷する車両により生じる桁の動的挙動を、主としてたわみの増加率（たわみ衝撃率）としてとらえた場合の理論的な検討を行う。 (3)結論： a. 超高速車両の走行による桁の動的応答の主要なパラメータとして、速度パラメータ $\alpha$ があげられる。 $\alpha = \text{車両走行速度} / (2 \times \text{桁支間} \times \text{桁基本固有振動数})$ b. 大きなたわみ振動を避ける条件として、 $\alpha < 0.33$ なる関係がある。 c. 車両が上下振動をしながら桁に進入する場合は、車両と桁の基本固有振動数が近いと、比較的大きな応答が桁に生ずる。 d. 動的応答は、車両の特性、路面の特性などによっても大きな影響をうける。	

3	宮崎実験線用のガイドウェイ上部構造に関する各種の試験
著者：三浦 重、梅田 静也・岩崎 岩雄、岩井 徳雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1100 P.23～P.43 1978	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： 浮上体走行時における各部の特性を把握する。</p> <p>(2)内容： 走行速度 260 km/h 程度までの中速領域における速度の効果を確認するものであり、対象は車輪案内路、同締結装置、走行路スラブである。また、上部構造の磁界分布、温度上昇等の測定を行い、電力損失走行抵抗に対する検討を行う。例えば鉄筋の一端を切断し両端の電圧を測定している。</p> <p>(3)結論： 上記の速度領域において、構造各部の応力変位は設計条件を満足し、浮上体の支持、案内に関して所期の性能を有することが確認された。また、磁気の影響程度に関する推定がなされた。</p>	

4	宮崎実験線のガイドウェイ構造物の試験
著者：岩井 徳雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1100 P.44～P.56 1978	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： 低速(～100 km/h)及び中速(～260 km/h)の浮上体走行試験を行ってデータを集積する。</p> <p>(2)内容： 低速走行試験の対象は全長 34.25 m の合成桁であり、中速走行試験の対象は全長 29.9 m の PCI 桁及び支間 15.4 m の RC ホロースラブ(標準高架橋)である。試験項目は、たわみ、応力、加速度及び橋脚との相対変位であり橋脚については上下の振動加速度である。尚たわみ、衝撃率を車輪走行時と対比している。</p> <p>(3)結論： 中速走行の範囲内ではガイドウェイの構成及び強度からみて基本的な問題がないことが明かにされた。</p>	

5	U型ガイドウェイ総合供試体の試作試験
著者：三浦 重、梅田 静也、吉田 弘・岩崎 岩雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1100 P.65～P.73 1978	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： 実物大総合供試体を試作し、静的、及び動的載荷試験を行ってデータを 得る。</p> <p>(2)内容： 桁はスパン9.2mのPC構造、車輪走行路にはL型の高力アルミ合金 を締結装置により桁本体に装着している。 試験は桁本体、車輪走行路、車輪案内路、及び車輪走行路締結装置を対 象とし、応力と変位を計測する。また、桁本体については、動的載荷 試験により共振曲線を得る。</p> <p>(3)結論： U型ガイドウェイの基本特性に関するデータを得るとともに今後の実 用化における設計上の着目点が明らかにされた。</p>	

6	分岐構造の模型試作試験
著者：佐藤 吉彦（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1100 P.74～P.82 1978	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： ガイドウェイの形式選択上、ポイントとなる分岐装置をU型ガイド ウェイについて模型を試作し試験を行って機能を考察する。</p> <p>(2)内容： 模型縮尺=1/20、分岐交角=9°48'、曲線半径=10626mmの模型に基 づいて可動枠、台車配置、車輪案内路及び構成各装置について考察を 行う。</p> <p>(3)結論： 製作が可能であることが分かる一方、問題点も明らかにされ、実用設 計を行う際の指針が得られた。</p>	

7	宮崎実験線のガイドウェイ構造物に関する試験
著者：松浦 章夫、岩井 徳雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1134 P.35～P.41 1980	
内容：	
<p>(1)目的： 300 km/h 程度までの<u>高速領域における浮上体走行試験</u>を行い、標準高架橋（RCホロー桁橋、支間長15.40 m）の応答値を計測してデータを集積する。</p> <p>(2)内容： 計測内容は以下の様である。  ① 桁の主鉄筋応力、コンクリート応力、鉛直たわみ及び鉛直加速度  ② 橋脚及地盤の鉛直加速度  ③ 桁と橋脚の相対変位</p> <p>(3)結論： ① 実測値はいずれも走行速度 200 km/h 以下の<u>車輪走行時に最大値が生じる。</u>  ② 鉄筋応力、桁たわみは<u>速度の増加に従って減少する傾向にある。</u></p>	

8	宮崎実験線におけるガイドウェイ上部構造の試験
著者：三浦 重、梅田 静也（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1171 P.15～P.19 1981	
内容：	
<p>(1)目的： ガイドウェイ上部構造の各部の性能確認試験は従来より直線部についてのみ行われて来たが、昭和 54 年 8 月に曲線部を含め、試験線が延伸されたのに伴って、次の 2 点について試験が行われ、その報告として、まとめられたものである。  ① 最高速領域における上部構造の性能確認  ② 曲線部走行時の特性</p> <p>(2)内容： 宮崎実験線において実施したガイドウェイ上部構造の試験の報告</p> <p>(3)結果： 上部構造の応力チェックの結果、曲線部ではその影響が認められるが、その絶対値が小さく、耐久性には問題ないことが確認された。400 km/h 領域までの高速走行に対しても問題ないことが確認された。</p>	

9	宮崎実験線におけるガイドウェイ構造物の試験
著者：松浦 章夫、岩井 徳雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1171 P.20～P.35 1981	
内容：	
<p>(1)目的：標準桁、試験桁、曲線区間中の橋梁について、中速から高速に至る浮上車走行時の桁のたわみ、応力、振動応答の測定を行い、その測定方法と結果について明らかにする。</p> <p>(2)内容：宮崎実験線において実地した中高速領域の走行試験の報告</p> <p>(3)結果：標準桁、試験桁の上・下方向振動試験では桁高が小さくなるに従って共振振動数は低下している。又、速度と応力、たわみの関係では速度が増加すれば、応力、たわみとも減少することが確認され、その関係は直線近似で表すことができる。          曲線区間の橋梁試験では、遠心力の影響でよじり振動が発生し、速度（浮上状態）250 km/h で最大 1.85 HZ の振動数であった。</p>	

10	宮崎実験線におけるガイドウェイ狂いの特性
著者：三浦 重、橋本 渉一（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術技報 NO.1171 P.45～P.58 1981	
内容：	
<p>(1)目的：ガイドウェイ検測車により、浮上車輛の走行試験に対応したガイドウェイ狂いに関するデータに基づき、ガイドウェイ狂いの特性についてその分布特性と波長特性について検討した結果を明らかにする。</p> <p>(2)内容：宮崎実験線において実施したガイドウェイ狂い測定値の評価についての報告。</p> <p>(3)結果：(1) ガイドウェイ狂いは全般に直線部で良好で曲線部、緩和曲線部の順に狂いが増大する。          (2) 上下基準路高低、左右基準路高低は良好である。          (3) 走行路上下、案内路左右については良好である。          (4) 左右基準路間隔については整備が必要だが、その標準偏差は小さい。          (5) 水準狂いについては、今後ジャイロの精度について検討が必要である。          (6) 狂いの波長特性については従来の鉄道におけるべき指数より小さい。</p>	



11	浮上式鉄道用分岐装置の開発
著者：佐藤 吉彦、小倉 雅彦、岩崎 岩雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1171 P.59～P.72 1981	
内容：	
<p>(1)目的： 浮上式鉄道用の分岐装置の開発と現状について明らかにする。</p> <p>(2)内容： 開発の経緯、構造の比較検討表の紹介、浮上用地上コイルを走行路スラブ内に埋めこむ「コイル埋めこみスラブ」の試設計と試作について報告する。</p> <p>(3)結果： ①浮上式鉄道開発プロジェクトの活動により、10型式の分岐装置比較検討が行われ、その絞りこみが今後の課題となっている。</p> <p>②コイル埋めこみスラブの試設計と試作の結果、次の問題が提起された。</p> <p>ア) スラブ内に精度よくコイルが埋めこまれるか。</p> <p>イ) 弱アルカリのコンクリート内でのコイルの耐久性</p> <p>ウ) 車両走行時のコイルの耐磨耗性</p> <p>エ) 車両走行時の発熱によるコイルの耐久性</p>	

12	非磁性鋼の特性
著者：松山 晋作（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1171 P.73～P.76 1981	
内容：	
<p>(1)目的： 高 Mn 非磁性鋼の特性を明らかにする。</p> <p>(2)内容： 高 Mn 鋼の機械的及び物理的性質の報告</p> <p>(3)結果： ①12 Mn、15 Mn 系の <math>C \geq 0.7\%</math> は溶接上の難点があり、形鋼、鉄筋、ボルトに適する。一方、<math>C &lt; 0.7\%</math> は溶接構造としての板、鉄筋に適する。</p> <p>② 18～24 Mn は低熱膨張係数の特性を要求される構造材に適する。</p> <p>③ 高 Mn 鋼の機械的性質</p> <p>ア) 降伏点、引張強さは C 量が多い方が高い。</p> <p>イ) 降伏比が小さい。</p> <p>ウ) 伸びが大きい。</p> <p>④ Ni 合金よりも安価で 1.1 以下の透磁性が得られる。</p> <p>⑤ 歪硬化性が大きく、加工性を向上させる為に S や Ca を添加させる。</p> <p>⑥ 溶断の場合、重金属公害等の問題が発生する。</p>	

1 3	U型ガイドウェイ模型実験
著者：岩崎 岩雄（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO. 1171 P.77～P.82 1981	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： U型方式のガイドウェイとした場合の側壁部と基盤部のコンクリート打ち継ぎ部の強度について明らかにする。</p> <p>(2)内容： 宮崎実験線において実地したU型ガイドウェイ強度試験の報告</p> <p>(3)結果： ① 打継面の付着強度…打継面でのコンクリート同士の付着強度はないものとして設計すべきである。  ② 側壁の傾き…打継面が剥離すると鉄筋が局部的に伸び、壁体の反りと重なって列車走行上の傾き制限を逸脱する。  ③ 鉄筋の応力…付着が期待できるなら、鉄筋応力はR.Cとしての応力計算値の1/3程度であり、剥離すると計算値に近くなる。  ④ 破壊状態…側壁外側7ton、内側14tonの荷重でひびわれ発生。</p>	

1 4	宮崎実験線におけるガイドウェイ上部構造の試験
著者：宮井 徹、篠田 七次、梅田 静也、岩井 徳雄	
出典：鉄道技術報告書 NO.1249 P.13～P.35 1983	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： ガイドウェイ上部構造に関して、走行路スラブ・側壁・推進案内コイル取付ボルト構造の確認</p> <p>(2)内容： 新実験車による走行実験での上記の応力・変位等の測定</p> <p>(3)結論： a. 走行路スラブの変位  250 km/hまでの速度で上下0.2 mm、左右0.05 mm、前後0.15mmの範囲にあり特に問題はない</p> <p>b. 側壁の力学的挙動（実測とFEM解析を行った）  i) 端部には圧縮応力が働く  ii) 目地部の圧縮応力は最も大きい  iii) 端部応力は軸力成分が大きい  iv) 桁中央部は応力が小さく、軸力に比べて曲げ応力成分が大きい</p> <p>c. 推進案内コイル取付ボルト～ボルト変動力及びコイル取付部作用力は小さく取付け構造の強度、耐久性については問題ない</p> <p>d. U形ガイドウェイ上部構造について、当面の走行に際して特に問題となる点はない</p>	

15	宮崎実験線ガイドウェイ構造物に関する試験		
著者：岩井 徳雄			
出典：鉄道技術報告書 NO.1249 P.55～P.64 1983			
内容：			
(1)目的：各形式の橋桁のU型改造後の浮上体走行時の主桁の応答についての測定結果の報告 標準高架桁の桁高を変化させた桁2体の強制振動試験の結果の報告			
(2)結論： a.			
	主桁応力	桁たわみ	桁振動加速度
ConcT型橋	低下 (速度上昇につれて)	減少	上下限は走行速度に比例 完全に浮上すると振動加速度は非常に小
標準高架桁	横断面方向で 端部大,中央小	120 km/h 以上では ほとんど変化なし	車輪走行時～速度上昇につれ振動加速度増大 浮上すると急激に減少
鋼箱桁	速度上昇につれ増加	速度上昇につれ増加	速度上昇につれ加速度増大
b. 桁高の変化 共振振動数は対応する逆T形桁より低下している。 桁高と共振振動数の関係が同一傾向になく、その原因を調査する必要がある。			

16	U形ガイドウェイ標準高架のFEM解析		
著者：岩井 徳雄			
出典：鉄道技術報告書 NO.1249 P.79～P.88 1983			
内容：			
(1)目的：U形ガイドウェイ標準桁の側壁の目地の構造物に及ぼす影響を調べる。			
(2)内容：目地が構造物に及ぼす影響をFEM解析した。			
(3)結論：			
1. 側壁下端部の走行路方向の垂直応力分布は、支点付近と目地付近は荷重の如何にかかわらず圧縮力が作用する。			
2. 目地付近での桁の横断方向の変形は凸な曲線となる。目地と支点の間では凹となるか、ほぼ水平となる。			
3. 側壁の走行路に沿う変形は、案内力がない時、桁の中央で内側に絞られ目地付近で外に開くような形状となる。			
4. 案内力が働くと側壁は外方へ押し上げられた形となる。			
5. 側壁天端の走行路方向の応力は目地と支点の間中部で最大となる。			

17	浮上式鉄道分岐装置の開発
著者：吉岡 楨雄 近藤 富成	
出典：構造物設計資料 No.75 PP.8~12 1983-9	
内容：	
<p>(1). 開発の経緯と必要研究事項、および考案されている分岐装置の概要の報告</p> <p>(2). 基本4形式 *①. トラバーサー型 *②. 側壁移動型 ③. 溝案内型 ④. 立体型</p> <p>(3). 設計条件を満たす必要性能（経済性、走行安定性、転換の円滑性）の面から①、②の比較。 -----&gt; 全体的な優位差なし</p> <p>(4). 普通鋼も非磁性鋼も走行抵抗力の許容値をクリアできない。 -----&gt; U型ガイドウェイはPC構造</p> <p>(5). 転換装置は油圧ジャッキを動力</p> <p>(6). 水平案内路は非磁性鋼レール</p> <p>(7). トラバーサー方式分岐装置の可動桁の長さは、車両の偏りから決定</p>	

18	ガイドウェイ上部構造及び構造物に関する試験
著者：松浦 章夫、岩井 徳雄、橋本 渉一、切敷 啓介	
出典：鉄道技術報告書 NO.1281 P.13~P.20 1984	
内容：	
<p>(1)目的： ガイドウェイの上部構造がU形に変更されたが走行に対して問題となるかを確認する。</p> <p>(2)内容： 曲線区間での走行路スラブの変位の測定と側壁が高速域で案内力を受ける際の動的挙動の紹介</p> <p>(3)結論：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 曲線部走行路スラブの変位は小さく走行に対する問題はない。 (新幹線のスラブ変位判定標準値の標準値 1mm、参照値の 0.5 mm に対して今回の変位は max 0.1 mm であった。)</li> <li>2. ガイドウェイ構造物に関する試験の報告 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) たわみ ~ 浮上走行時には動的波形に近似したなめらかな波形を示す</li> <li>2) 案内路側壁が桁の全体剛性を増加させる</li> <li>3) 案内路側壁の特性 <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 橋軸直角方向水平振動加速度は浮上走行時は車輪走行時に比べ小さい。</li> <li>b. 案内路側壁鉄筋応力 ~ 端部では案内力による曲げひずみは小さい。桁中央ではけん引時側壁を外方に押すが浮上時は逆に吸引力が働く。ただし、浮上車でも、案内車輪走行時は外方への力が働く。</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3. 当初設計で考慮した値を越えるものはなかった。</li> </ol>	

19	ガイドウェイ周辺磁界に関する試験
著者：松浦 章夫、岩井 徳雄、志村 雄三	
出典：鉄道技術報告書 NO.1281 P.21～P.28 1984	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： リニアでは、ガイドウェイ周辺に強磁界が発生することにより車両の走行抵抗に影響を与える。</p> <p>(2)内容： これの実態調査の為のガイドウェイ下面の磁界測定、案内路側壁鉄筋の温度上昇、及びH形鋼の磁気抵抗試験の報告</p> <p>(3)結論：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ガイドウェイ下面の磁界測定～今回の試験では走行抵抗はきわめて小さいと思われるが、より高速域の試験を行う必要がある。</li> <li>2. 浮上車走行による案内路側壁鉄筋の温度上昇       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 走行速度に伴って増加する。</li> <li>b. 温度上昇は最大でも検定用鉄筋ループの1/3程度である。</li> </ol> </li> <li>3. H形鋼の磁気抵抗力試験       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 作用力は浮上車の超電導磁石の極通過に相当する周期の変動を受ける</li> <li>b. 浮上車1両当たりの磁気抵抗力は普通鋼の場合約2 KN、低磁性鋼の場合では走行速度200 km/hにおいて普通鋼の半分以下</li> <li>c. 磁気抵抗力は普通鋼では走行速度の増加に対してほぼ一定値をとるが、低磁性鋼では増大する傾向を有す。温度測定によっても同様の傾向が推察される。</li> </ol> </li> </ol>	

20	U形ガイドウェイ構造物と浮上車との動的相互作用の解析
著者：松浦 章夫、川上 博道	
出典：鉄道技術報告書 NO.1281 P.40～P.46 1984	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： U形ガイドウェイ構造設計法を定める為、ガイドウェイの角折れ、目違い、剛性の限度値を明確にする。</p> <p>(2)内容： U形ガイドウェイと浮上車との動的相互作用解析システムの開発とその解析プログラムの機能検査の解析例の紹介</p> <p>(3)結果： 実験線での実験結果とプログラムでの解析結果との比較を行っているところである。 本システムを実際に供し得るとして、種々の解析を行う予定である。</p>	

21

## 宮崎実験線MLU001の走行抵抗について

著者：阿部 幸典（鉄道技術研究所）

出典：鉄道技術報告 NO.1281 P.97～P.101 1984

内容：

- (1)目的： 有人タイプの実験車であるMLU001の浮上走行時の走行抵抗について要因分析を行い、原因を究明する。
- (2)内容： 浮上走行実験の結果より、空気抵抗、鉄筋やボルトによる磁気抗力等を定量的に把握し、走行抵抗を要因別に調べている。
- (3)結論： 速度200 km/h時の走行抵抗について全走行抵抗の約4割を占める未知の要因について次のようなことがわかった。
- ① 側壁鉄筋の磁気抗力は速度に比例し、200 km/h時に全走行抵抗の2割を占める。
  - ② 地上コイル取付ボルト類の磁気抗力は、200 km/h時に全走行抵抗の1割を占める。
- ①, ②とも低磁性鋼を使用することにより低減できる。  
解析されない走行抵抗が1割残るが、計算誤差と未知要因の両者が考えられる。

22

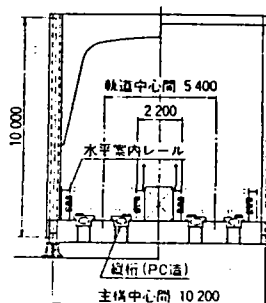
## 浮上式鉄道ガイドウェイ構造物の検討

著者：市川篤司、吉野伸一、庄野隆則

出典：構造物設計資料 NO.79 P.17～P.21 1984

内容：

- (1)目的： 浮上式鉄道ガイドウェイ構造に関し、どのような形式が合理的・経済的であるか、また、設計上の問題点はなにかを把握するため、概略設計を行った。
- (2)車両荷重：1.20tf/m（KS3程度に相当、在来線に比べ非常に小さい）
- (3)概略設計結果：
- a. コンクリート構造：新幹線用構造と比べ50～60%のコンクリート量となる。
  - b. H形鋼埋込桁：普通鋼材を使用する場合、余盛りコンクリートにより浮上コイルと鋼材の距離を60cmとした。（磁気抵抗力軽減のため）
  - c. 合成桁構造：新幹線用構造と比べ80%程度の鋼重となる。
  - d. 鋼トラス桁構造：右図参照
    - ・磁気抵抗対策として走行路はコンクリートスラブ構造とし、また、車上コイルと主構中心距離は1050mmとした。
    - ・低磁性鋼は、加工性、溶接性、耐疲労性等未知な点が多く、また高価（普通鋼の約3倍）であることから、今回は使用しない。
    - ・部材断面は新幹線と比べ小さくならなかった。（磁気抵抗力による主構断面の増大等による）



23	宮崎実験線ガイドウェイ狂い設定試験
著者：橋本 渉一、古賀 徹志、山岸 正宣、三浦 重（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1313 P.15～P.20 1986	
<p>内容：</p> <p>(1)目的 ガイドウェイ各種狂いが浮上車に与える影響の程度を具体的に知ることにより、所要のガイドウェイ検測特性並びにガイドウェイ建設時及びガイドウェイ狂いの整備のポイントを明らかにする。</p> <p>(2)内容 宮崎実験線において実施したガイドウェイ狂い設定試験の報告</p> <p>(3)結論 ① 左右方向の動揺加速度は推進案内コイル及び浮上コイルの通り狂いが、上下方向の動揺加速度は浮上コイル高低狂いがそれぞれ大きく影響する。 ② 推進案内コイルの高低狂い以外の設定狂いに対して、動揺加速度がほぼ比例して増加する。</p>	

24	乗心地特性を考慮したガイドウェイ狂い管理手法の検討
著者：小菅 俊一、山岸 正宣、佐藤 吉彦、橋本 渉一（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1313 P.21～P.26 1986	
<p>内容：</p> <p>(1)目的： 乗心地の点からガイドウェイ狂いの管理手法を定量化し、各コイルの狂いに対する乗心地検知フィルターを求める。</p> <p>(2)内容： 乗心地を定量的に把握するため、ガイドウェイ狂い設定試験で得られた上下、左右方向の動揺加速度を用いて、乗心地検知フィルターを求めている。</p> <p>(3)結論： 周波数応答解析によるガイドウェイの通り狂い、高低狂いに対する乗心地検知フィルターを求め、試験結果解析から得られた検知フィルターとの比較を行った。その結果両者に同様の傾向が認められたが、風速度誤差等が大きく影響していると考えられる。</p>	

25	ガイドウェイ変位規制試験
著者：松浦 章夫、川上 博道（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1313 P.33～P.37 1986	
内容：	
<p>(1)目的： 軌道に狂いが生じると、列車の走行安全あるいは乗心地に支障をきたす。そのため構造物の変位量の限度値が定められている。U形ガイドウェイ桁に与えた各種の変位によるMLU001浮上車及びガイドウェイ構造物の動的挙動を測定したのでその結果を報告する。</p> <p>(2)内容： 変位規制試験は、支間14.6mのRCホロー桁8連で行った。試験内容は、角折れ、目違い、大だるみ試験の3ケースに大別される。</p> <p>(3)結論： ガイドウェイ数連により構成される変位形状、すなわち「鉛直角折れ」「水平角折れ」「水平目違い」「鉛直目違い」「大だるみ」が浮上車走行時にガイドウェイ桁自体に及ぼす動的影響の実態を把握することができた。</p>	

26	低剛性桁の動特性試験
著者：松浦 章夫、川上 博道（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1313 P.38～P.47 1986	
内容：	
<p>(1)目的： 浮上車走行時の低剛性桁の動的挙動を調べる。</p> <p>(2)内容： 試験結果と浮上車と桁の動的相互作用を考慮したシミュレーション解析の結果について比較検討してみる。</p> <p>(3)結論： 車両速度と衝撃係数の関係について試験結果とシミュレーション解析結果を比較した。</p> <p>① 比較的低速の領域（200 km/h 以下）の範囲では、試験と解析は傾向が一致している。</p> <p>② 200 km/h 以上～400 km/h 間では浮上走行となるため、実測値は横ばいなのに対し、解析値は速度に比例して大きくなっている。これは、解析に空気揚力による影響が十分に考慮されていないことが原因と考えられる。</p>	



27	低磁性鋼トラス模型による磁気抗力試験
著者：奥田 寿夫、志村 雄三（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術報告 NO.1313 P.48～P.54 1986	
内容：	
<p>(1)目的： ガイドウェイ構造物に使用される鋼材は、磁気抗力を生じ、浮上走行体の走行抵抗をもたらす。ここでは、低磁性鋼を用いたトラス模型部材を設置し、磁気抗力を測定した結果の報告を行う。</p> <p>(2)内容： 高Mn鋼トラス部材を設置し、浮上体通過による部材の誘導ループ電流、磁束密度、磁気抗力を測定する。</p> <p>(3)結論： ① トラス模型部材のループ電流による磁気抗力の基本的な特性が明らかとなった。 ② ループ電流、磁気抗力の両者について測定値と解析値で比較的良好一致した。</p>	

28	ガイドウェイの開発
著者：P 301“浮上式鉄道の開発”研究グループ、ガイドウェイ小グループ	
出典：鉄道技術 43-8 P.280～P.285 1986	
内容：	
<p>(1) ガイドウェイの構成、構造物、検測及び管理の観点から概述</p> <p>(2) 分岐装置…トラバーサ方式もしくは側壁移動方式</p> <p>(3) 高架構造物の所要剛度と変形限界 ① 低剛性桁が実現可能 ② 角折れ目違い：浮上車両であり、在来方式（鉄輪レール）に比べ有利</p> <p>(4) 磁気吸引力と磁気抗力対策 ① 鋼材を使用する場合…高マンガン鋼の使用 トラス格点部の絶縁 ② 非磁性構造の開発……PC鋼材→FRP緊張材へ置き換え</p> <p>(5) ガイドウェイ管理手法</p>	

29	浮上式鉄道の実用化に向けて
著者：藤江 恂治（鉄道技術研究所）	
出典：鉄道技術 43 - 10 P.376～P.379 1986	
内容：	
<p>(1) 開発の現状と実用化のための課題と見通し、今後の計画について紹介</p> <p>(2) 浮上高さが大きい(約 10 cm)ため、大きな角折れ、段違いに対しても走行可能</p> <p>(3) 分岐装置</p> <p>① 側壁移動方式とトラバーサ方式</p> <p>② トラバーサ方式の開発要素 角折れ緩和方式、鉄筋割合増加時の電磁的影響、コンクリートと低磁性鋼との合成桁構成法 etc.</p>	

30	ガイドウェイ構造物
著者：富田 健司（鉄道総合技術研究所）	
出典：RRR 11 1987	
内容：	
<p>(1) 宮崎実験線の構造 ホロースラブ桁</p> <p>(2) 角折れ目違いの試験結果 大だるみ試験 <math>\delta v = 30 \text{ mm}</math> ……安全 OK 従来の鉄道では考えられない大きな狂いに対しても安全</p> <p>(3) 低剛性桁の試験 剛性規制を上回る速度領域でも大きな振動は生じず、今後、合理的な衝撃係数の設定、シミュレーション解析が必要</p> <p>(4) 高速用分岐装置の開発 トラバーサ方式…宮崎で建設予定</p>	

31

## 浮上式鉄道の分岐装置

著者：佐藤泰生 勢木儀夫 柳川秀明

出典：構造物設計資料 No.89 PP.23~26 1987-3

内容：

- (1). U型ガイドウェイを前提とした、宮崎実験線における基礎研究の経緯と成果の概要
- (2). \*高速用分岐装置として、①トラバース型と②側壁移動型  
…………… 当面は技術的問題の少ない①の開発  
②についてはコイル埋込み方式の検討を計画  
\* 高速……………浮上走行 低速……………車輪走行
- (3). 転換装置による単独および連動動作試験の実施
- (4). 低速用分岐装置      ①. 側壁左右移動方式  
                                  ②. 側壁上下移動方式  
                                  ③. 補助案内車輪方式

32

## 常電導磁気浮上式鉄道-HSST-の開発

著者：坂口勉

出典：電気鉄道 VOL.41 NO.6 P.6~P.12 1987

内容：

- (1) 目的：HSSTの紹介記事
- (2) 内容：HSSTの開発の経緯と特徴  
(車両、電力供給システム、通信制御装置、走行路について)
- (3) 結論：
  - a. HSSTの各種システムの実験の進展により実用化も近くなったが、浮上・案内・振動等の本質的な技術だけでなく、周辺技術についての問題点がクローズアップされてきている。
  - b. 実用化実験線が早急に必要となる。
  - c. 浮上式鉄道は種々の方法があるがそれぞれの機能を発揮して実用線区に適した形で発展することが望ましい。

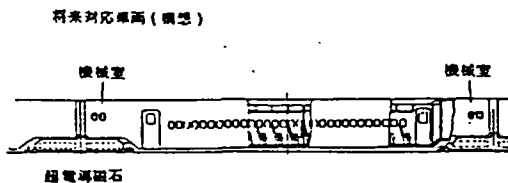
著者：澤田一夫

出典：JREA VOL. 30 NO. 5 P.17218～P.17222 1987

内容：

## (1) 浮上車両の開発

営業用車両は超伝導磁石を車端の台車に集中し、客席は台車間に設ける超伝導磁石集中配置方式が最適と考えられ、この車両の諸特性を調べるため、S62年度より新実験車 (MLU002)による走行実験を実施する。



車両基本寸法	長さ 22m × 幅 2.8m × 高さ 3m以下
(想定) 重量	18 ton
定員	70名程度
編成両数	長大編成対応
最高運転速度	500 km/h

## (2) 今後の展望

a. 1～2年後には、2点間直行型短距離システムの実用化可能。

(候補地：札幌～新千歳空港、大宮～成田空港など)

b. 東京～大阪等を対象とする大規模システムの実用化のため、S62より下記開発に着手し2～3年程度で目途が得られる予定。

- ・変電所間渡り制御装置
- ・500km/hで通過可能な中間駅用分岐装置
- ・長大編成列車用高耐圧地上コイルの低コスト・簡易化

著者：村田 信之 (鉄道総合技術研究所)

出典：鉄道総研報告 第2巻 第6号 P.2～P.9 1988

内容：

(1)目的： 高速走行する車両荷重による桁の共振現象を避けるための一手法として構造物の剛性を高めることが考えられる。このために従来荷重としてのみ取り扱われているU型ガイドウェイ側壁の桁剛力・耐力におよぼす定量的効果を把握し、側壁を含めた桁の剛性評価式、耐力算定法を検討する。

(2)方法： 側壁を有する鉄筋コンクリート桁供試体による載荷実験を実施

(3)結論： ①側壁を設計断面に考慮することが可能となった。  
 ②曲げ剛性 =  $\alpha \cdot \beta \cdot EI_w$  ( $\alpha, \beta$ : 低減係数,  $I_w$ : 全断面有効I)  
 ③側壁部に目地を設けると側壁の効果を期待できない。(剛性、耐力共)  
 ④曲げ耐力に関しては側壁を含めて全断面有効としてよい。

35	ワイド特集 リニアが翔ぶ
著者：	
出典：TRIGGER 88-10 P.4~P.83 1988	
<p>内容：リニアモーターカーに関する特集記事</p> <p>(1)対談：リニアは、いつ、どこで走るのか  <small>榑</small>テクノバ 京谷好泰、評論家 田原総一郎の対談</p> <p>(2)絵解きリニアを解体する  JR, HSST, TR方式はこう違う</p> <p>(3)ザ・スーパーリニアがやってくる  リニア誘致に揺れる日本列島</p> <p>(4)実用化が進む海外のリニア</p> <p>(5)リニア開発に賭けた男たち</p>	

36	リニアモーターカー開発の現状									
著者：山下廣行、野竹和夫 (運輸省)										
出典：土木学会誌 VOL.74 P.41~P.46 1989-1										
<p>内容：</p> <p>(1)リニアモーターカーの方式について  浮上方式には、反発型磁気浮上、吸引型磁気浮上の2種類ある。  推進方式には、リニアシンクロナスマーター (LSM)、リニアインダクションモーター (LIM) の2種類ある。</p> <p>(2)各リニアモーターカーの方式は下記の通り</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">JR方式 (超電導)</td> <td style="padding-right: 20px;">浮上：反発型</td> <td>推進：LSM</td> </tr> <tr> <td>HSST方式 (常電導)</td> <td>浮上：吸引型</td> <td>推進：LIM</td> </tr> <tr> <td>TR方式 (常電導)</td> <td>浮上：吸引型</td> <td>推進：LSM</td> </tr> </table> <p>(3)開発状況と今後の見通し</p> <p>JR方式：実用化のためには次の開発、試験、検討が必要</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①変電所渡り制御装置、高速走行用分岐装置</li> <li>②長期高速連続走行による安定走行及び車両・地上機器の信頼性・耐久性の確認</li> <li>③最小曲線半径、最急勾配、線路中心間隔、トンネル断面等構造基準の確認</li> <li>④運営コストの把握及び運転保安システム、保安基準等の確立</li> <li>⑤複数列車制御システムの試験、確認</li> </ol> <p>HSST方式、TR方式：省略</p>		JR方式 (超電導)	浮上：反発型	推進：LSM	HSST方式 (常電導)	浮上：吸引型	推進：LIM	TR方式 (常電導)	浮上：吸引型	推進：LSM
JR方式 (超電導)	浮上：反発型	推進：LSM								
HSST方式 (常電導)	浮上：吸引型	推進：LIM								
TR方式 (常電導)	浮上：吸引型	推進：LSM								

著者：高木肇（鉄道総合技術研究所）

出典：土木学会誌 VOL.74 P.47～P.53 1989-1

内容：JR方式による超電導磁気浮上式鉄道の技術紹介

(1)超電導磁気浮上式鉄道のメカニズム

①推進：LSM方式を採用しており、ガイドウェイ側壁に設けた推進用コイルに電気を流すことにより推進し、周波数を変えることで速度をコントロールする。

(2)超電導磁気浮上式鉄道の土木構造物

①ガイドウェイの長波長狂い：ガイドウェイを長波長狂いのないように作ると同時に地上コイル取り付け方法にも工夫を要する。

②荷重条件：車両が軽く、浮上走行している場合面支持となり荷重条件は楽になる。

③トンネル：超高速で走行すると空気抵抗が増加するので極力トンネルは避ける。

④高速列車用分岐器：宮崎実験線でトラバーサ式による実車実験を行う予定。

⑤鋼材による磁気抗力：コンクリート中の鉄筋、鋼桁、合成桁で影響あり。低磁性鋼やグラスファイバー等の新素材を使うことも一方法である。

⑥最小曲線半径：遠心力を0.09g、設定カント9°で最小曲線半径は8500m、0.15gで12°とすると6000mとなる。

⑦勾配：リニアモーターカーは勾配に強く、40‰位までが採用されそう。

(3)実用化に向けて解決すべき技術的課題

①超電導磁石系・電力供給系諸機器の長期安定化、信頼性の向上 ②列車群制御

③変電所渡り制御 ④磁力線対策