

I-84 モノレール用鋼製軌道箱桁の強度実験

名古屋大学 正員 ○伊藤 義人
 名古屋大学 学生員 長谷川和正
 名古屋大学 正員 福本 暁士
 日本鋼管 正員 植村 俊郎

1. はじめに

跨座型モノレールの軌道桁は、スパン20m程度のPC桁が標準桁として設計される場合が多いが、都市内の道路交差部、河川横断部などでは、長大スパンおよび曲線になることが多いので鋼製軌道桁が用いられる。モノレール用の並列箱形断面桁は、非常に縦長の断面を持ち、その間を横構で連結する。東京国際空港連絡線（羽田）の例でも分かるように、従来のモノレール桁では、横方向剛性およびねじり剛性を高めるため、主桁間の下側に横構を取りつけている。しかし、モノレールが都市内の道路上空間に造られることを考えると、美観上好ましくない。また、曲線桁の場合は、横構の寸法形状が複雑であり加工取りつけが大変である。そこで、鋼重軽減なども考え合わせて、支点部のみに横桁を設けてスパン中間部には横桁および横構を取りつけない単純で新しい構造を考えた。この場合、横倒れ変形および全体の強度特性に問題が発生するおそれがある。そこで、支点部のみに横桁を持つ両端単純支持の並列箱形断面桁の強度実験を行ない、その変形特性および強度特性を検討した。実験は並列直線桁と並列曲線桁の両者について行ない、かつ同一断面を持つ単桁の直線桁および曲線桁についても実験を行ない変形特性および耐荷力を比較検討した。

2. 実験方法

供試体—実験桁として、Table 1 に示すように6体の単一桁を製作した。断面は、Fig.1 に示すようにフランジ幅226mm、桁高508mm、ウェブ間隔200mm、フランジ厚8mm、ウェブ厚6mmの2軸対称の箱形である。SA,SB は、スパン長7mの直線桁であり、CA,CB,CCは曲率半径30m を持つ弧長7mのスパン長の曲線桁である。Rは、残留応力測定用の桁である。実験は、Table 2 に示すように5種のタイプの桁をTable 1 で示した単一桁を組合わせて行なった。例えば、SAとSBをI-148X100X6X9 の横桁で両支点間をつなぎ、主桁間隔1.2mの並列直線桁(No.1)として、SA桁の両端から2.25m の所に対称に2点集中荷重をかけて行ない、実験後横桁を切断してSB桁を単一桁 (No.2)として2点集中荷重で曲げ試験をおこなった。曲線桁については、横桁の断面剛性の異なる2種の並列桁(No.3, No.4)と1種の単一曲線桁(No.5)について直線桁と同様な荷重条件で曲げ試験を行なった。これらの主桁の形状寸法は、現実のモノレール桁の約1/3程度を考えている。横桁の曲げ剛性は、主桁端部の回転拘束が十分に期待でき、主桁の強度を十分発揮させるI-148X100X6X9と、これと1/5.5 の剛比を持つI-100X50X5X7を配し、主桁端部の回転拘束の度合が主桁の曲げ耐荷力におよぼす影響を調べた。試験桁の材質は全てSS41である。

なお、モノレール桁の設計においては、車両横荷重および遠心荷重（曲線桁）などによる横方向の安定および応力問題の内、車両の折れ角の関係から制限されている横方向たわみ（スパン長の1/1200）が問題となることが多い。今回のタイプの桁については、中間横構を省いた構造の横方向剛性の検討がすでに行なわれている。

Table 1 Main Girders

Girders	Span Length (m)	Girder Length (m)	Radius of Curvature (m)
SA	7.0	7.2	∞
SB	7.0	7.2	∞
CA	7.0	7.2	30
CB	7.0	7.2	30
CC	7.0	7.2	30
R		2.0	30

Table 2 Test Girders

No.	Type	Girders	Lateral Girder
1	Parallel Straight	SA + SB	I-148x100x6x9
2	Single Straight	SB	
3	Parallel Curved	CA + CB	I-148x100x6x9
4	Parallel Curved	CB + CC	I-100x50x5x7
5	Single Curved	CC	

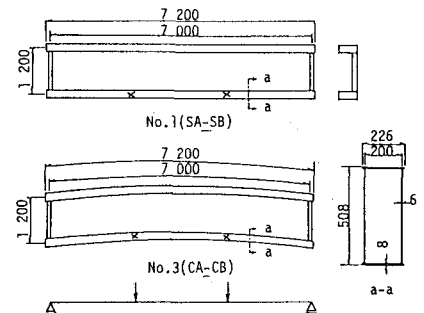


Fig.1 Dimensions of Test Girders

載荷方法と支持方法—荷重は、前述したようにスパンの約1/3点に同じ大きさの2点集中荷重をかけた。並列桁の場合は、内側の桁だけに載荷した。載荷点では、主桁が横方向変形およびねじれ変形しても、これらを拘束しないような構造を考えた。並列桁の支点の支持には、各支点到1個の球を置くことによって単純支持とした。支持点においてのねじれ変形は、横桁のみで抵抗するようにしてある。単一桁の支持は、各支点到3個の球を置き、かつ上フランジをLateral Bracing によって横方向の変形とねじれを拘束した。

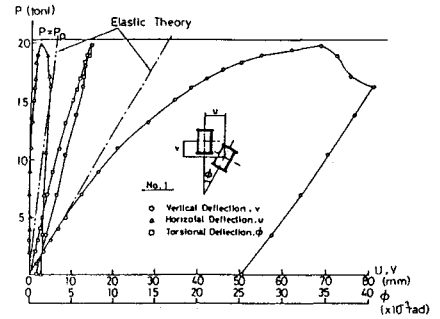
3. 実験結果

ここでは、並列桁の実験結果を簡単に述べる。Fig.2 に示したのが、No.1,3,4の並列桁の載荷桁のスパン中央の荷重変形曲線である。変形は、スパン中央の鉛直変位、水平変位およびねじれ角を示している。直線で示したのは、主桁を両端単純支持の単一直桁とみなして計算した曲げによる理論鉛直変形である。実測変形は、水平変形およびねじれともなめらかに発生しており、載荷点および支持点の構造がうまく機能していることがいえる。No.1とNo.3については両端単純支持の直桁とみなして計算した塑性崩壊荷重 P_p を図中に示してある。Table 3 には、実験から得られた最高荷重をまとめたものを示す。No.1の直線並列桁では、主桁の圧縮フランジに局部座屈が発生して崩壊した。この時、横桁の発生応力はまだ降伏点に達していない。No.1と同じ寸法の横桁を持つNo.3の並列曲線桁では、主桁と横桁のほぼ両方の断面性能を使い切ったところで主桁と横桁の溶接が割れて崩壊した。No.1, No.2とも支点の位置の横桁が主桁の回転拘束に対して、十分にその機能を発揮したことがわかる。一方、曲げ剛性の極端に小さな横桁を持つNo.4の並列曲線桁では、No.3の約40%の荷重において、横桁において載荷主桁とのつねね位置に塑性ヒンジが発生して崩壊した。

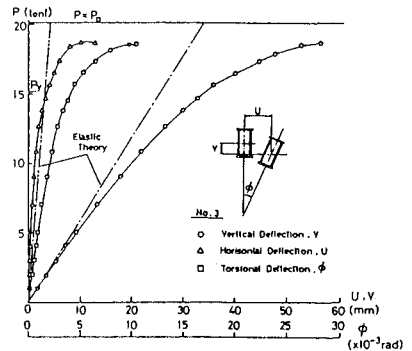
4. 結論

1. 中間横構を省略し、端横桁だけで結合された並列箱桁においても端部回転拘束さえ満足されれば、実用的なスパン構成ではI形断面桁のような横ねじれ座屈変形のような不安定な横方向変形およびねじれは発生しない。
2. 主桁が最終耐力までその性能を発揮するために必要な回転拘束を実現するための横桁の曲げ剛性は、モノレール桁の設計において応力解析によって求められる横桁の曲げ剛性でよく特別の安定計算は必要でない。
3. 中間横桁を省略し、両端の横桁だけで連結した新しい形式の並列箱桁はモノレール用軌道桁として採用可能である。

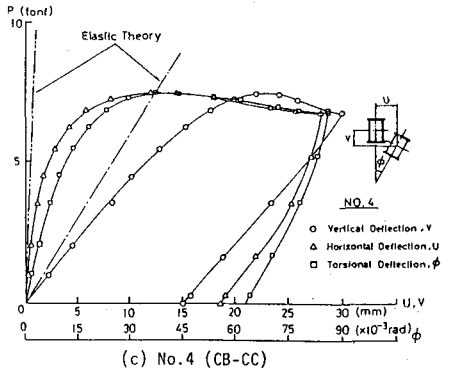
最後に実験に際しては、大同工業大学建設工学科4年生の小泉好央君、望月史紀君らに手伝って頂いた。ここに深謝致します。



(a) No. 1 (SA-SB)



(b) No. 3 (CA-CB)



(c) No. 4 (CB-CC)

Fig.2 Load-Deflection Curves

Table 3 Test Results

Test Girders	P_u tonf	M_u tonf·m	M_u/M_y	M_u/M_p
NO.1	19.76	44.46	1.30	0.98
NO.3	18.59	41.80	1.34	0.93
NO.4	7.47	16.80	0.50	0.37