

○住友金属工業 正員 後藤芳顕
 日本国有鉄道 正員 宮川房夫
 住友金属工業 正員 中山種清

1. まえがき

パイプビーム構造では、モルタルを充てんした継手を介して各鋼管ビームが水平に連結されているため、ビーム相互間の荷重分配作用が生じ、これを考慮すれば、より経済的な設計が可能となる。ここでは、東北本線上富田架道橋工事に用いたパイプビーム構造の荷重分配性状、その他設計法に関する基礎的項目を検討した結果を報告する。

2. 解析モデル¹⁾

図1に示すように、ビームは地盤で直接支持される場合もあるので、弾性基礎上のはりとし、このはりが分布ばね（継手のモデル化）を介して長さ方向に連結されていると考える。

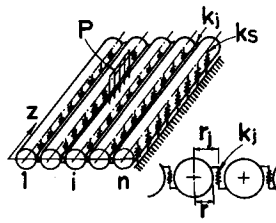
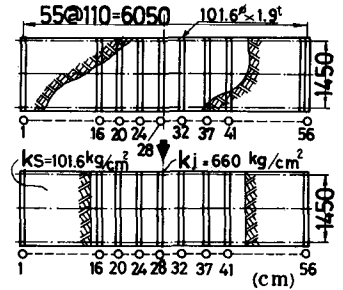


図1. 解析モデルの概要



3. 実測値と理論値の比較

(1) 死荷重

地下道掘削前の応力を基準に、貫通時のビーム縁応力増加分を比較した。このとき、境界条件は解析法上の制限から図2 aのように、死荷重は図2 bのようにそれぞれモデル化した。結果は図3の通りで、両者はほぼ一致している。

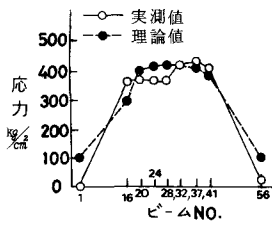


図3. 死荷重による各ビームスパン中央縁応力

a. 境界条件のモデル化

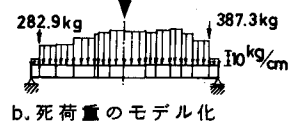
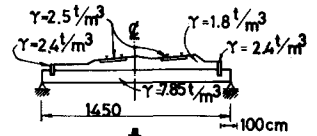


図2. 構造のモデル化

(2) 活荷重

今回の実験結果では、列車速度が小さく、衝撃係数は無視できることが判明したので、静的解析法を適用する。道床下の地盤厚が薄いので、地盤による荷重分散は考慮しないが、図4のごとく輪荷重が $i, i+1$ ビームの間に作用する場合は、両ビームへ荷重を比例配分した。図5には列車通過時の各ビームスパン中央の最大縁応力、最大変位、および、No. 28 ビームに最大応力、最大変位が生ずるときのこのビームスパン方向縁応力、変位分布に関する実測値と計算値の比較を示した。これによれば両者は良く一致しており、本モデルは妥当といえる。

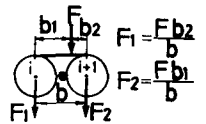
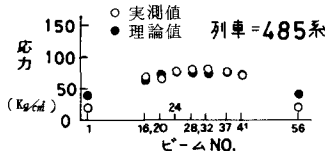


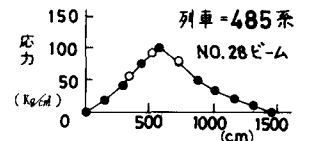
図4. 作用活荷重

4. 上富田架道橋パイプビームにおける荷重分配性状

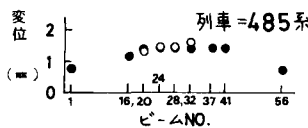
中央付近のビーム (No. 28, 32) に単一荷重 (一軸) が作用した場合の周辺ビームにおける応力、変位分布をもとに、荷重分配性状を明らかにする。実測値では上記荷重条件はなく、一台車 (二軸) によるものとなっているので、これを一軸に対するものへ分解する必要がある。ここでは、図6 a, bのごと



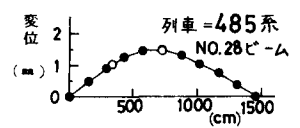
a. 各ビーム中央の縁応力



b. 縁応力のビームスパン方向分布



c. 各ビーム中央の変位



d. 変位のビームスパン方向分布

図5. 活荷重に関する実測値と理論値の比較

く、一軸づつ個別に載荷した場合の理論値の合計が実測値に一致するように誤差配分をおこなうことで、図6 c, dのような単一荷重作用時の応力、変位分布を得た。

つぎに、荷重分配の程度を定量的に表わすため、ビームの有効本数 (n_e) を次式で定義する。

$$n_e = P/R_m \quad (1)$$

すなわち、図7のように載荷ビームを含め周辺ビーム支点反力が載荷ビーム反力に等しく一様分布するとして、何本が有効に荷重を受け持つかを示すものである。本実測例では、支点反力が得られていないので、応力、変位を用いて、次に示す近似式により有効本数を算定した。結果は表1のようである。

$$n_e \doteq \bar{\sigma} / \sigma_m \quad n_e \doteq \bar{V} / V_m \quad (2)$$

ここに

σ_m : m番ビームスパン中央線応力

V_m : m番ビームスパン中央変位

$\bar{\sigma}$: 単一ビームに同一荷重が載荷した場合のスパン中央線応力

\bar{V} : 単一ビームに同一荷重が載荷した場合のスパン中央変位

表1から有効本数は5~6本となっている。

5. 各種設計計算法の比較

上富田架道橋パイプビームを対象に、

継手の荷重分配作用を無視した従来計算法Ⅰ、Ⅱと、これを考慮に入れた計算法の比較を表2に示す。これから、継手の効果を考慮した解析法では、地盤による荷重分散を無視したにもかかわらず、応力、変位がかなり低減されることがわかる。

- 従来計算法Ⅰ : 1個の動輪荷重(18 ton)がスパン方向に枕木幅(2 m)にわたり一様分布線荷重としてビーム一本に作用すると考え、単一ビームの計算をおこなうもの。
- 従来計算法Ⅱ : 1個の動輪荷重が軸距(1.5 m)×枕木幅(2 m)に一様分布すると考えるもので、ビーム一本当たりの線荷重はこの等分布荷重にビーム幅を掛けたものとなる。
- 継手による荷重分配作用を考慮した計算法 : 2項で述べた解析モデルによるもの。

6. 鋼管ビームの二次応力

鋼管の径厚比 (D/t) が大きく、コンクリートの中詰等がおこなわれない場合、シェルとしての周方向応力(二次応力)が大きくなる。この周方向応力の最大値が生ずるレール直下の鋼管内面実測応力を表3に示す。本結果において、周方向応力は必ずしも大きな値ではないが、軸方向応力の降伏値に影響を与えるので、設計上無視できない場合もあると考えられる。

7. 参考文献

- 1) 山川, 尾西, 後藤 : 水平鋼管矢板の荷重分配解析, 第32回年次講演会概要集Ⅰ-56, 昭和52年

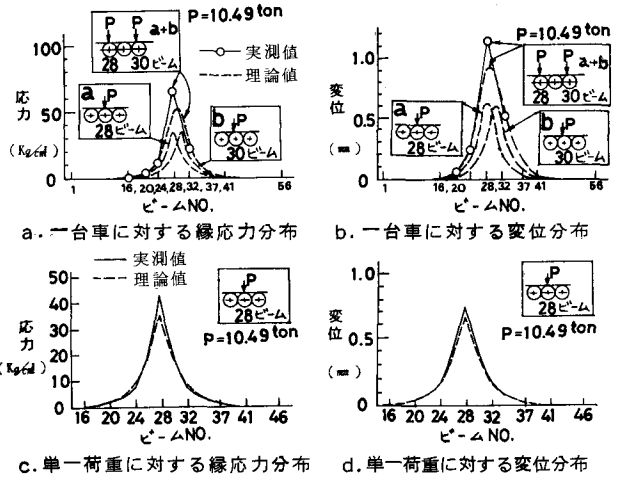


図6. 荷重分配性状

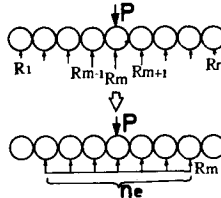


図7. 有効本数の定義

表1. 有効本数 (n_e)

分類	No. 28ビーム		No. 32ビーム	
	応力	変位	応力	変位
実測値(485系)	5.19	5.70	5.77	5.27
理論値	6.36	6.15	6.36	6.15

表2. 各種設計計算法の比較 (KS-18)

区分	従来計算法Ⅰ			従来計算法Ⅱ			継手を考慮した解析法		
	死荷重	活荷重(含衝撃)	合計	死荷重	活荷重(含衝撃)	合計	死荷重	活荷重(含衝撃)	合計
最大応力 (kg/cm^2)	451	1004	1455	451	669	1120	451	476	927
最大変位 (mm)	9.3	17.4	26.7	9.3	11.6	20.6	9.3	7.1	16.4

表3. 鋼管の二次応力実測値

列車位置	485系		EF81系	
	U	L	U	L
応力 (kg/cm^2)	-132	-29	-164	-27