

日本鋼管ライトスチール(株) 正員 伊藤 和五郎  
佐々木 茂

1 まえがき……本稿はシールドトンネル施工用の仮設坑内設備の1つとしての枕木について室内実験および現場実験を行なったその試験結果の中間報告である。最近では木製の角材の入手が困難であったり耐久性の問題等、また各技術標準実施方法でも鋼製枕木(一例 H-125×125×6.5×9)に移行されている様である。しかし、現在用いられている枕木は長さが一定のため、一本の枕木で種々のセグメント径の異なったものに使用する事が出来ない。そこで、この様な点に着目して一本の枕木でシールド内径のある範囲まで使用でき(図-1)、かつ最も経済的な力学的性能を有し作業性の良好な枕木を提供すべく技術検討を行なった。

2 枕木の設計……本枕木に適用するセグメント内径は、円形と道の小断面シールド3550mmまでの単線用とし、鋼材はSS41相当を用いる。尚、許容応力度は、短期許容応力度 $2100 \text{ kg/cm}^2$ とした。

2-1 枕木所要長さ……セグメント内径とレール軌間およびレール上を運行するバッテリーカー、スリ運搬車、台車等を考慮して1500~2300mmの枕木長さに設定した。

2-2 荷重の設定……一般に現場において枕木上に作用する荷重を表-1に示す。

表-1 枕木上に作用する荷重

|            | 自重 $\text{kg}$                     | 満載時荷重 $\text{TON}$ | 活荷重 $\text{TON}$ |
|------------|------------------------------------|--------------------|------------------|
| 軽レール       | $15 \text{ kg/m}, 23 \text{ kg/m}$ |                    |                  |
| スリ運搬車      | 1500~2000                          | 3.3~5.6            | 7.28             |
| 台車         | 800~1000                           | 5.3~5.6            | 7.28             |
| バッテリーカー    | 2000~4000                          |                    | 5.20             |
| コンクリートレーサー | 1000~1500                          | 1.7~3.5            | 4.60             |
| アジテーター     | 4000~12000                         | 6.3~24             |                  |

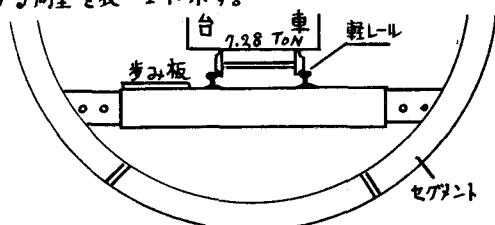


図-1 セグメント内径と枕木

\* アジテーターは、一般には小断面シールドの場合直接枕木上に乗らない。

2-3 設計計算 単純支持梁として働く枕木によつて支持されるレールに荷重が作用するとして扱う。

レールが枕木に支持されている状態は、(a)の様にはモデル化できる。

レールのたわみは、その使用上許容値 $\delta$ (1.0 cm)以内にある事が必要である。(a)のモデルの解は、枕木間隔に依頼するし不静定であり各荷重状態によつて解が異なるであろう。これを図(b)の様

に、レールをWinkler地盤上の梁にモデル化し(a)のバネをその支配間隔 $l$ に均す。(b)のモデルを解いた結果が(c)である。

この場合、枕木に作用する荷重は最も不利な場合を考えレールの先端に加わる集中荷重とした。この結果からレールの最大たわみが許容値以内に入る様子を求め枕木の設計バネ定数値と仮定し、枕木の断面性能を求めた。

3 室内載荷試験 供試体は上記設計より算出した断面性能を有する右図-2の様な角形鋼管を組み合せたBox Type について単純支持のもとに、1.0 TONピッチで二点集中荷重による曲げ試験を行なった。

3-1 実験目的 本枕木は3つの部材からなり、2所の接合部を有する。この接合部は、設計上では曲げモーメント、剪断力に対してボルトの剪断力と圧力で抵抗するものとして算定した。

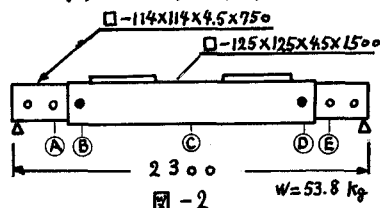
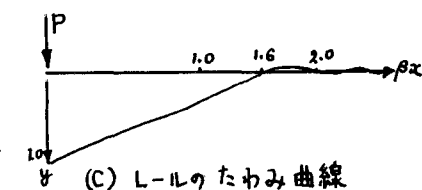
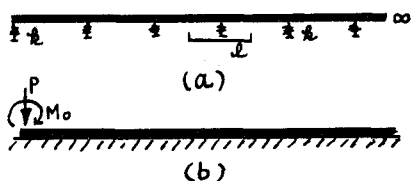
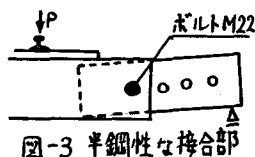
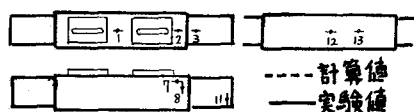


図-2

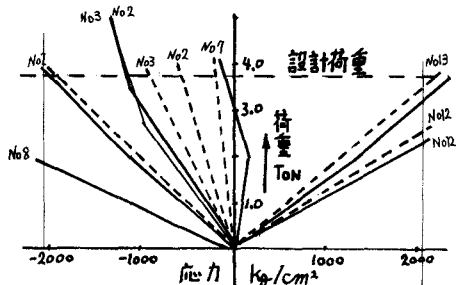
しかし現実にはボルト穴や部材の製作寸法精度、許容差により接合部は回転をし図-3の様な状態となるため、本検討では一樣断面の単純梁と比較し剛性低下係数を算出すると同時に、載荷時による接合部の状態を把握するためバネに置き換えてバネ定数を算出する。



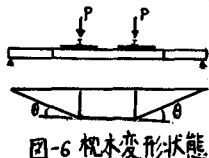
3-2 応力検討 図-4のグラフを検討すると接合部では局部応力が発生しているが、試験前後の寸法測定等から考えると実用上の設計荷重における応力の問題はない。また外管の応力値から、接合部間は単純梁としての挙動を示している。接合部を除いたゲージ全体については、実験値と計算値はほぼ一致しており、応力的には単純梁として考えられる。



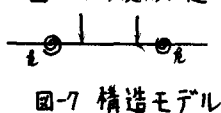
3-3 たわみの検討 図-5に単純梁としてのたわみ量と本枕木のたわみ量との比較を示した。本Type 枕木は接合部の継手効率 $\alpha=0.33$ により、みかけのたわみ剛性(EI)が単純梁の約 $1/3$ になっている。



3-4 接合部バネ定数 実験結果から枕木の載荷時変形状態は図-6の様になる。これを図-7の様な構造モデルであるとして、バネ定数を実験結果から求める。



(このバネ定数は接合部の局部的な変形状態を含む) 尚、 $\theta$ を求める場合、初期載荷時における寸法精度等によるあそびになるものは除いた状態から載荷され除荷すると復元する状態について $\theta$ を求めた。



$M = \theta \cdot \theta \cdots (1)$   $M$ : 接合部曲げモーメント  $\theta$ : バネ定数  $\theta$ : 接合部の変形角度

$M = 77 \cdot P \cdots (2)$  荷重増分 $\Delta P$ に対する増分曲げモーメント $\Delta M$ は $\Delta M = 77 \cdot \Delta P$ となる。この荷重増分に対しての変形角の増分を $\Delta \theta$  (両継手角の平均)とすると、 $\Delta M = \theta \cdot \Delta \theta$  または  $77 \cdot \Delta P = \theta \cdot \Delta \theta$

$\theta$ を実験結果より求め $\theta$ を算出すると、 $\theta = 123953.6 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{度}$

4 現場試験 試験は図-8の車輛構成において、図-9の様にゲージ貼付した枕木を1m間隔に連続して敷設し、トロ、台車が空および満載時について応力測定をした。この結果、〔バッテリーカー+トロ2台(満載)+台車(空)〕の車輛編成における応力値が一番大きく(3番ゲージ  $2100 \text{ kg/cm}^2$ )生じているが、何ら問題はないと考える。

| 荷重2P    | $\theta$ (度) | $\Delta \theta$ (度) |
|---------|--------------|---------------------|
| 1.0 TON | 0.5915       |                     |
| 2.0 TON | 0.9791       | 0.3876              |
| 3.0 TON | 1.2936       | 0.3145              |
| 4.0 TON | 1.5966       | 0.3030              |
| 5.0 TON | 1.8339       | 0.2373              |
| 平均      |              | 0.3106              |

5 今後の課題 今回の報告については、基本的な室内試験、現場試験の結果発表にとどめたが、以後現場試験の考察および接合部の極限解析をし、合せて繰り返し荷重が枕木接合部に及ぼす影響等も検討していきたい。

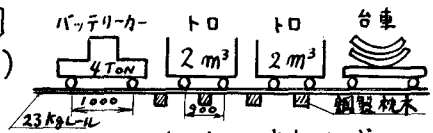


図-8 軌道上の車輛編成

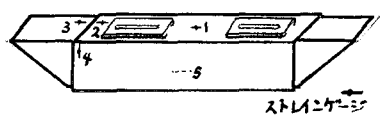


図-9 現場試験枕木

参考文献 \* ティモシェンコ材料力学

「弾性的基礎の上に支えられた一方に無限に長いはり」