

## 鉄筋コンクリートの疲労強度における実験装置の仕様と走行試験

木田哲量(土木工学科), 阿部 忠(土木工学科), 澤野利章(土木工学科)

### 1. 研究目的

道路橋RC床版の疲労寿命の低下によるひび割れ損傷は、大型自動車が橋梁の伸縮継ぎ手を通過するときに発生する荷重変動、あるいは舗装面の凹凸により発生する荷重振動も原因の1つであると考えられる。しかし、RC床版の破壊メカニズムを解明するための変動荷重を作用させる実験装置は本大学の試作装置以外には見られなことから、これらの荷重を想定した実験研究は報告されていないのが現状である。

そこで、道路橋に作用する大型車両と同様な輪荷重が常時走行、あるいは輪荷重が振動しながら連続走行する状態を再現する実験装置、すなわち「走行振動試験装置」の開発および設計・製作した。本稿は、この装置を用いたRCはりに対する走行試験について報告する。

### 2. 道路橋に作用する変動荷重

建設省土木研究所では、大型自動車が伸縮継手の段差部を走行する際に発生する荷重変動に関する研究成果を報告している<sup>1)</sup>。それには、RC床版非合成桁橋(支間45m)の伸縮継手を総重量21tfのダンプトラックが通過する時に発生する中軸・後軸の荷重変動についての実験結果が図-1のように示されている。図-1より、タンデム式ダンプトラックの荷重変動は橋梁の両支点付近で、軸重量に対して約±40%程度生じている。また、支間中央付近では、中軸で約±10%，後軸で±20%程度生じている。なお、この時の振動数は中軸で13Hz，後軸で18Hz程度となっている。荷重変動は段差部通過後だけでなく、出口側の継ぎ手部を前輪が通過した後も大きく生じている。

以上のように、橋梁の伸縮継ぎ手部によって発生する大型車両の走行振動、すなわち動的影響が床版の損傷および疲労寿命に大きな影響を与えるものと考えられる。なお、本実験では荷重変動の効果を変動荷重と称する。

### 3. 鋼道路橋RC床版の損傷状況

道路橋の鉄筋コンクリート床版のひび割れ損傷原因および損傷状況は、既存の床版の疲労試験結果によると、大型車両の交通量の増大および過積載などにより主鉄筋方向に曲げひび割れが発生し、さらに走行荷重の繰り返し作用により配力筋方向にもひび割れが発生することから、床版下面のひび割れは格子状を形成している。そして最終的には、押し抜きせん断破壊を起こし、陥没に至っている。

ここで、図-1に示した変動荷重による実験と同種の鋼合成桁橋のひび割れ損傷の一例を図-2に示す。なお、図-1に示した橋梁形式は、3主桁の非合成桁橋である。

図-2(a)は、走行レーンの入り口付近のひび割れ損傷であり、伸縮継ぎ手を通過する時の変動荷重の影響、すなわち図-1に示した変動荷重が最も大きい位置である。この場合のひび割れ間隔は15cm~30cm程度である。また、図-2(b)は出口側の支点付近であり、入り口付近と同程度等のひび割れが生じ、その間

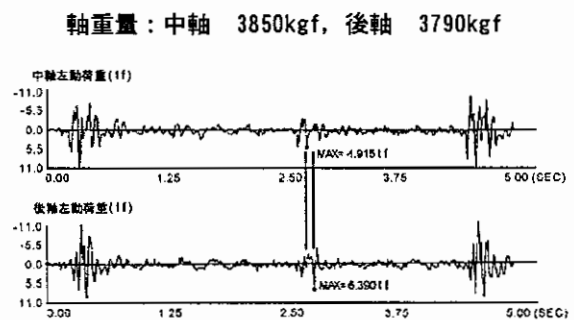


図-1 伸縮継ぎ手部を通過する時の荷重変動例<sup>1)</sup>

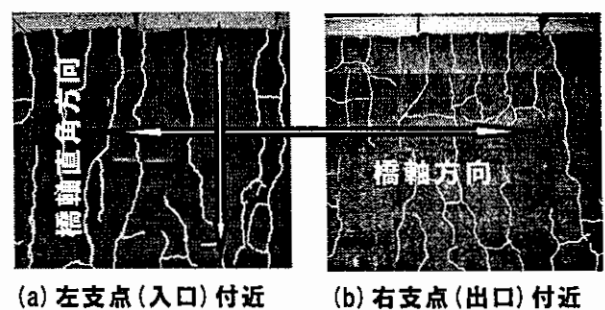


図-2 実橋床版の損傷状況

隔も入り口付近と同様に15cm～30cm程度で、両主桁のフランジ位置まで発生している。

以上より、道路橋床版は伸縮装置の段差および路面の凹凸による大きな変動荷重を受けることから、RC床版の動的影響による破壊メカニズム、耐荷力および疲労寿命の推定を明確にするためには、変動荷重の作用が可能な実験装置を必要とする。

#### 4. 走行荷重試験装置の概要および仕様

##### 4.1 既往の走行荷重試験装置

道路橋床版の走行試験装置としては、実物大の床版モデルによる疲労試験が可能な大阪大学の松井<sup>21,22)</sup>が開発した輪荷重走行試験装置を初め、最近では建設省土木研究所、日本道路公団の輪荷重走行試験装置などがある。これらの輪荷重走行試験装置は、荷重載荷部が水平方向へ往復走行する方式であり、いずれも一定な荷重載荷での走行実験を行うものである。

これに対して、本プロジェクトで開発・製作した「走行振動試験装置」は、伸縮継ぎ手部の段差や路面の凹凸によって発生する変動荷重や振動荷重をも加味した走行輪荷重の実験が可能であることに特長がある。ところで、変動荷重や振動荷重の載荷は油圧サーボを用いて制御することから、他機関の装置では油圧ホースが往復運動に耐え得ることができない。そこで、本実験装置は荷重載荷装置を固定して、供試体を載せた台車を往復移動させることによって、走行状態を再現する方法を採用したものである。

##### 4.2 走行振動試験装置の概要

本走行振動試験装置は、鋼製反力フレームのほりに鋼製の車輪(φ=40.0cm, b=25.0cm)を取り付けた油圧式の振動載荷機(300kN)を固定し、供試体を設置した台車(支点間距離 L=200cm, B=140cm)をモーターとクランクアームにより水平方向へ往復運動させて車輪の走行状態を再現するものである。すなわち、本試験装置は、①鉛直方向の荷重載荷装置、②供試体を設置する台車、③台車を水平方向へ往復運動させる装置より構成されている。走行振動試験装置を図-3に示す。

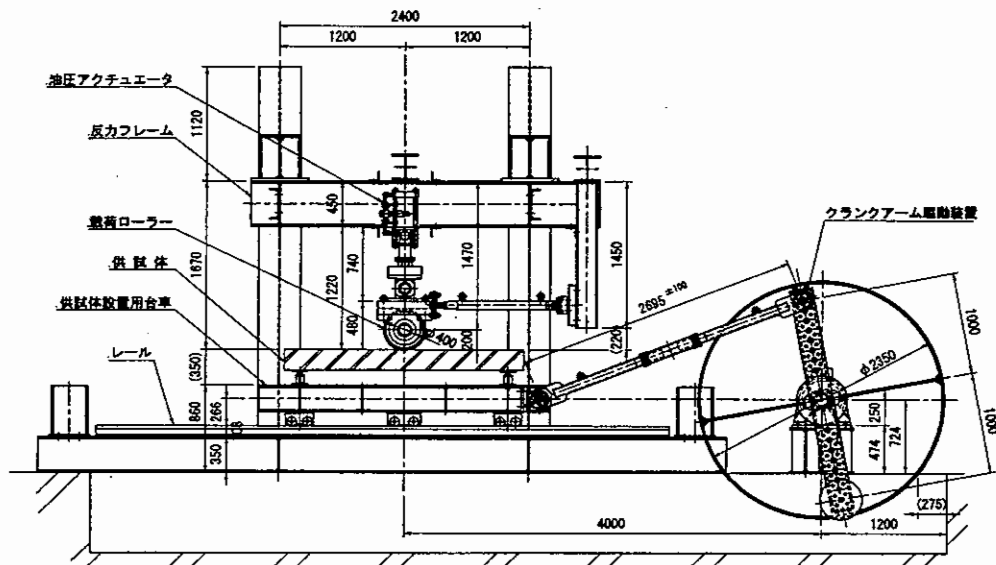


図-3 走行振動試験装置の概要

本走行振動試験装置による可能な実験は、次の通りである。

##### (1) 静的荷重による曲げ・せん断実験 (図-4, a)

静的荷重による曲げおよびせん断実験は、版およびはり部材に対して、台車を停止して鉛直方向の荷重のみを載荷するものである。また、定位置載荷による疲労試験も可能である。

(2) 移動荷重による曲げ・せん断実験 (図-4, b)

移動荷重による曲げおよびせん断実験は、静荷重の場合と同様に、台車を移動後に停止した状態での実験である。試験体は版およびはり部材が可能である。なお、版の場合は多点移動荷重による実験も可能である。

(3) 一定荷重による走行実験 (図-4, c)

大きさが一定な荷重による走行実験は、版およびはり部材のある区間を無振動で走行する実験である。これは、他の研究機関<sup>2),3)</sup>で開発した移動試験装置と同様な実験である。なお、一定荷重による走行疲労実験も可能である。

(4) 変動荷重による走行実験 (図-4, d)

変動荷重による走行実験は、図-1に示した荷重変動を考慮した変動荷重で走行する実験である。この変動荷重による走行実験が出来ることが本試験装置の特長である。なお、変動荷重による走行疲労実験も可能である。

4.3 走行試験装置の仕様

本試験装置は、大きく別けて鉛直方向の荷重装置と水平方向の移動装置の組み合わせにより実橋に作用する自動車荷重の載荷状態を復元させるものである。それぞれの仕様は次の通りである。

(1) 鉛直方向(振動試験機)

鉛直方向の荷重装置は、振動試験機を用いて静的実験、あるいは疲労実験を行う装置である。鉛直方向の試験装置の仕様を表-1に示す。

(2) 水平方向(荷重移動装置)

鉛直方向の荷重は定位置に設置して、供試体を水平方向に連続的に移動させることにより、実橋に作用する自動車荷重の載荷状態を再現できる。

供試体を載せた台車の走行を可能にするための駆動方法は、モーターの回転運動を水平運動に変換するクランク・スライダ機構を採用した。水平方向の走行運動装置の仕様については表-2に示す。

5. 供試体および計測方法

5.1 使用材料

実験供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mmの粗骨材を使用した。また、鉄筋はSD 295 A, D 16を使用した。

5.2 供試体寸法および鉄筋の配置

供試体は、支間 200cm で、幅 40cm, 高さ 21cm とし、鉄筋は引張側に D 16 を 4 本、圧縮側に D 16 を 3 本配置し、引張鉄筋の有効高さを 17.2cm とする。ここで、供試体寸法および鉄筋の配置を図-5に示す。

5.3 計測方法および測定位置

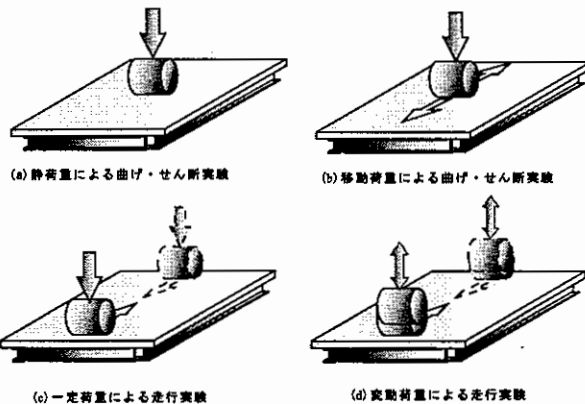


図-4 主な実験方法

表-1 鉛直方向の仕様

仕 様	
載荷方法	油圧サーボ
荷重種類	圧縮, 引張, 圧縮+引張
実験方法	静的実験, 疲労実験, 走行実験
最大荷重	静的負荷能力 最大 300kN 動的負荷能力 最大±200kN
信号波形	正弦波, 矩形波, 三角波
振動周波数	正弦波 0.01~10.0Hz 矩形波, 三角波 0.01~1.0Hz
ストローク	±75 mm
車輪寸法	幅 25cm, 直径40cmの鋼製

表-2 水平方向の仕様

仕 様		
台	載荷荷重	最大300kN
	レール	30 K
	移動速度	3cm/sec~200cm/sec
車	支点間寸法	台車軸方向 50cm~200cm 台車軸直角方向 50cm~140cm
	モータ	ブレーキ付き30kw, 減速比 1/70
駆動装置	回転速度	インバータ(日立J300)制御
	クランク長	最大100cm~最小25cm (5cm単位)
	アーム長	260cm±10cm
走行範囲	±100cm(200cm)~±25cm(50cm)	

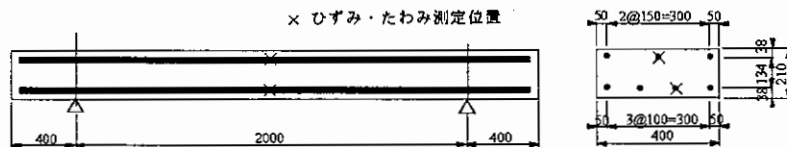


図-5 供試体寸法

本実験においては、ロードセルから検出した荷重と支間中央における走行開始から走行終了までの鉄筋のひずみおよびはりのたわみを動的に測定する。なお、測定位置は図-5に示す。

## 6. 実験概要

### 6.1 一定荷重による走行試験

一定荷重による走行試験は、一定の大きさの輪荷重を走行させ、たわみを動的に計測するものである。走行は供試体の左支点に静的に輪荷重を載荷させた後、走行を開始して、右支点を折り返して元の左支点に戻るまでを1往復とする。今回の走行試験の荷重は、40、60、80kNに設定する。また、計測は1往復を18sec（平均走行速度 22cm/sec）の速度で走行させ、走行開始から走行終了までの往復の間を動的に行うものである。実験方法は、図-4(c)に示した方法と同様である。なお、本走行試験は、本実験装置の試作中に行った結果である。

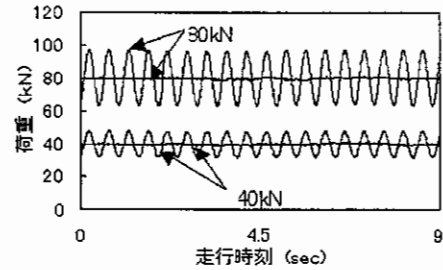


図-6 一定および変動荷重の一例

### 6.2 変動荷重による走行試験

変動荷重による走行試験は、基準荷重（40、60、80kN）に対する変動は±20%を振幅とした周期2Hzの正弦波形による片振りとする。走行方法、荷重の増加、および計測方法は一定荷重による走行試験と同様とする。なお、実験方法は図-4(d)と同様である。

ここで、一定荷重および変動荷重20%の場合の荷重状態の一例を図-6に示す。

## 7. 結果および考察

RCはりを用いた走行試験の支間中央における鉄筋の荷重と引張ひずみの関係を図-7、荷重とたわみの関係を図-8に示す。

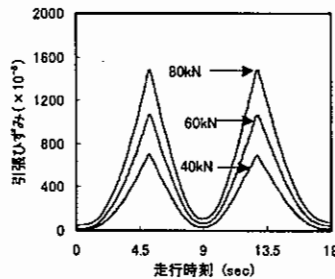
一定荷重の走行試験では、走行開始から終了までの一往復を動的に計測した結果である。ひずみ、たわみは供試体の表面の仕上がり状態で多少の変動量が生じている。

変動荷重の場合の走行試験では、基準荷重に対する±20%を振幅とした2Hzで走行させたが、一定荷重の場合と比較すると変動荷重の作用によって、ひずみの増加、たわみの増加が著しいことが確認できる。

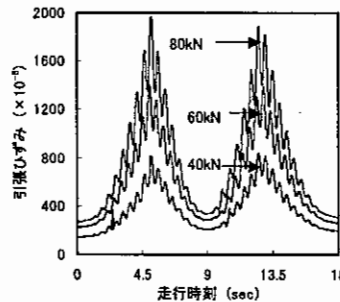
本実験の走行試験では、データを動的に計測することから、荷重が両支点で停止(0, 18sec)、あるいは支点を折り返す時刻(9.0sec)における残留応力も同時に計測できる。

## 8. まとめ

従来は、大型自動車を想定した一定な荷重での走行実験が行われ、破壊メカニズムや耐荷力、疲労寿命が報告されていた。しかし、このたび開発した走行振動試験装置を用いた、変動荷重、振動荷重による走行試験の結果からも、変動荷重の場合の引張鉄筋ひずみやはりたわみが著しく大きなことから、本実験装置の有用性が実証され、今後の実験成果に期待するところ大である。

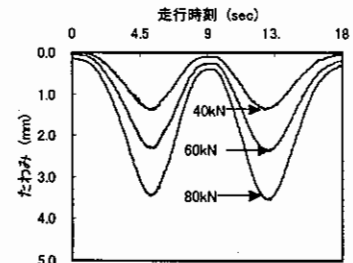


(1)一定荷重

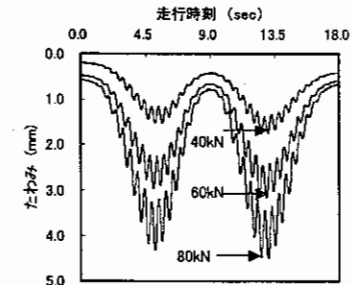


(2)変動荷重

図-7 荷重とひずみ



(1)一定荷重



(2)変動荷重

図-8 荷重とたわみ

参考文献：1)建設省土木研究所構造研究室：橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書（Ⅷ-1985）、土木研究所資料、No.2258、1985.12. 2)松井、前田：動的移動載荷による道路橋RC床版の疲労に関する研究、土木学会年次講演会、pp.465～466、1983. 3)松井繁之、前田幸雄：輪荷重移動装置による道路橋床版の疲労に関する研究、第6回コンクリート工学年次講演論文集、pp.221～224、1984