

BMX 車フレームの実走行応力

技術第1部自転車工学課 浜崎 健輔, 林 博明, 河治 宏泰
高橋 義信, 井上 重則

まえがき

バイシクルモトクロス車（以下BMX車と記す。）のフレームに、実走行時にどの程度の応力が発生しているのかは非常に重要な問題である。

これは一般自転車の使用状態とは様相を異にし、オフロードで競技を主目的に過酷に使用されるが、この車種に対する安全設計のための、強度的な各種の試験は、わが国においてはまだ緒についたばかりであり、今後データを蓄積し、設計資料を整備していく必要がある。

このようなことから、BMX車の静荷重試験および実走行試験を行ったので、ここに報告する。

1 実験方法

1.1 供試車

実験に使用した自転車は写真1、2に示したマングースで、主な仕様は下記のとおりである。

ホイールベース	920mm
フロントセンタ	540mm
リヤセンタ	380mm
フレームサイズ	245mm
ハンガ下がり	25mm
上パイプ	470mm
下パイプ	500mm
総重量	15.6kg

重量内訳

フレーム体（1本クランク付き）	5.00kg
前輪（マグホイールII）	2.70kg
後輪（マグホイールII、コースタ付き）	3.75kg
ハンドルバー（ポスト付き）	1.50kg



写真2 供試車の正面

シートポスト、サドル	1.00kg
前ホーク（鍛造ホーク）	1.12kg
その他（ペダル、反射器など）	0.53kg

次に、供試車のフレームの特長を見ると、写真3に示すように、ヘッド部には補強板を上パイプおよび下パイ

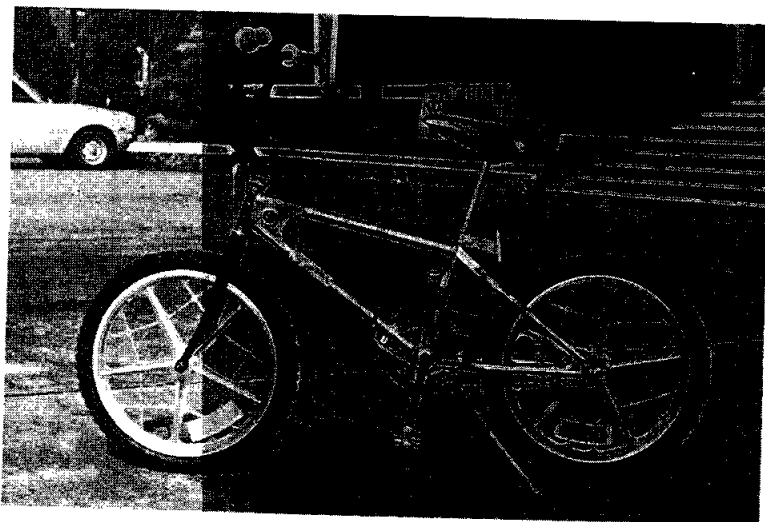


写真1 供試車の側面

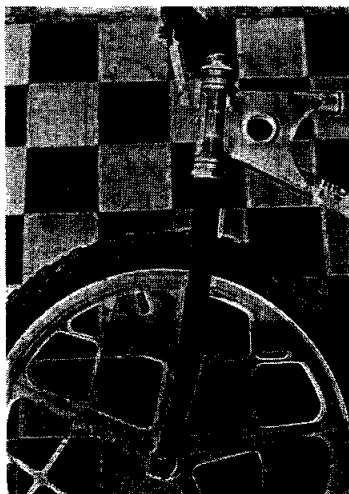


写真3 前ホークと前輪



写真4 前ホークの補強材



写真5 シート部

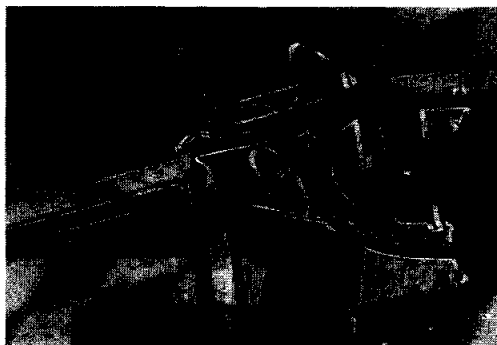


写真6 バックホークの結合

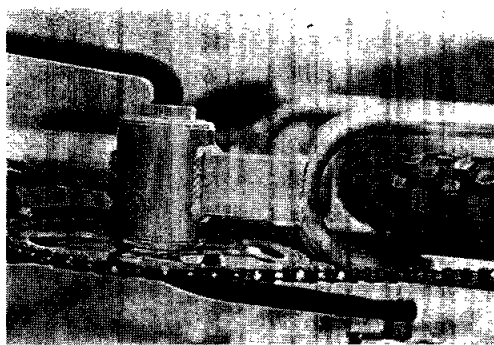


写真7 ハンガ部

ブとヘッドパイプに両側から溶接して、ヘッド部の強度向上を図り、前ホークは鍛造ホークで表面は黒染め処理がしてある。ホーク肩内側には写真4のように補強材が溶接されている。写真5、6に示したシート部とバックホークの結合部には、板を折り曲げた接続材が溶接されている。また、写真7のハンガ部とチェーンステー結合部には箱形の接続材が溶接され、これらはフレームの強度バランスを考慮した設計であることをうかがわせている。

1.2 静荷重試験

BMX車についての静荷重応力測定はあまり重要な意味を持たないとも考えられる。それは後で述べるオフロードの走行においては、その乗車姿勢が静荷重試験のそれとは大きく相違し、かつ、競技のために相違することを余儀なくされているからである。すなわち、サドルに腰を落としたままの状態、ペダリングをしてもスピードはあがらず、各種の走行上の技巧を満身に発揮することができない。

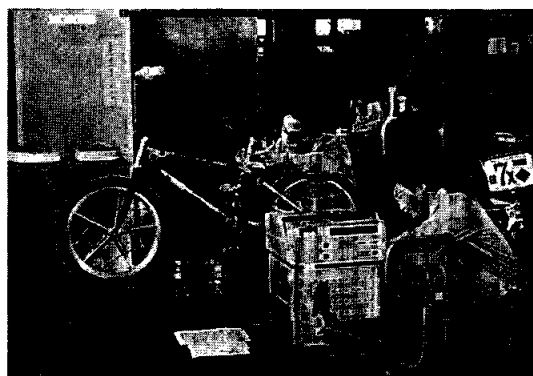


写真8 静荷重試験状況

しかし、BMX車フレームに対して基本的な応力分布を把握(はあく)することは、設計上からも欠かすことができないものであり、ごく普通の乗車姿勢で乗車した場合の応力を測定することにした。

すなわち、前後輪ハブ軸で自転車を固定保持し、乗員はサドルにしっかりと腰を落とし、クランクが水平にな

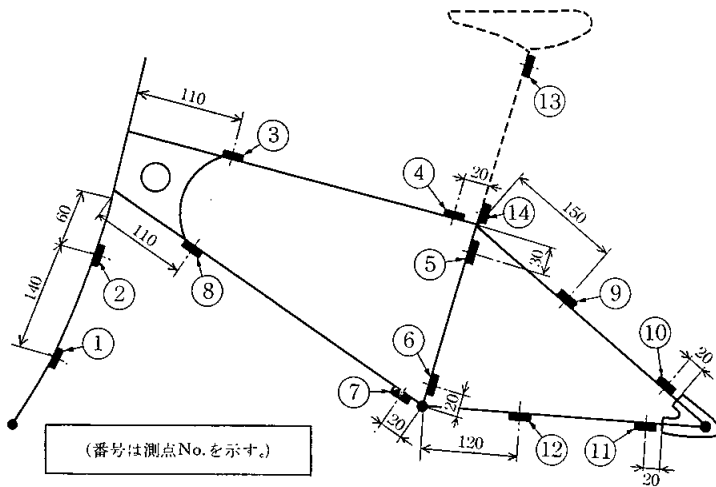


図1 ゲージ貼布位置

るようにペダル位置を定め、手は軽くハンドルバーを握る姿勢で乗車して測定を行った。

測点は、フレーム補強のために溶接されている部材を避け、図1に示すような位置とし、ひずみゲージを貼布(ちょうふ)して、各部位の応力を測定した。

計測は、多点デジタルひずみ測定器(共和電業製SD-510A型用)を使用して行った。写真8に測定状況を示す。

1.3 実走行試験場

実走行時の応力測定は、BMX車練習場として使用されている私設コースを使用して行った。

このコースの概略図を図2に示す。

走行コースはA→B→C→D→E→F→D→C→B→Aの順で走行するが(写真9~19参照)、AからCに向かってコース全体が緩い傾斜がついている。図中BおよびFに土盛りでできたジャンプ台があり、Fジャンプ台がBジャンプ台より高く作られている。また、CからDはBMX車コースでいわれるバームコーナ

あり、割り合いきついカントが付与されている。なお、E点はタイムレコードを競う上で重要なポイントであり、あまりにスピードが出過ぎていたり、コーナリングの技巧が不足の場合は、この地点で転倒することもしばしば見受けられた。それは、C→Dのようにカントがなく、その上砂地であるため、小さな回転半径でFに向かうとタイヤがすべってしまうためであるが、子供たちにとっては小さな回転半径でターンは、後輪の滑べりで砂煙が

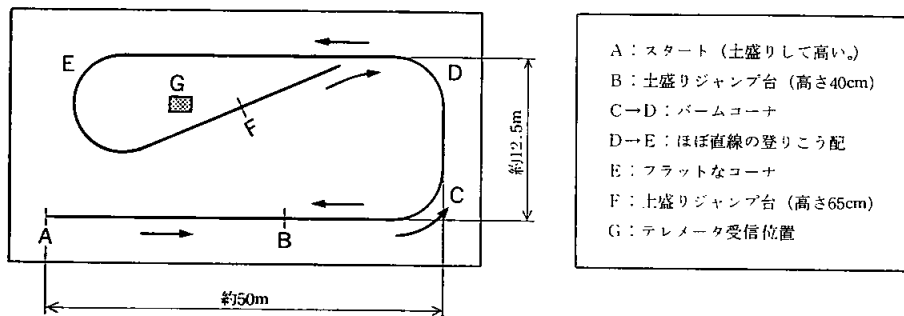


図2 BMX車練習場概略図



写真9 実走行状況(1) Aのスタート



写真10 実走行状況(2) Bのジャンプ

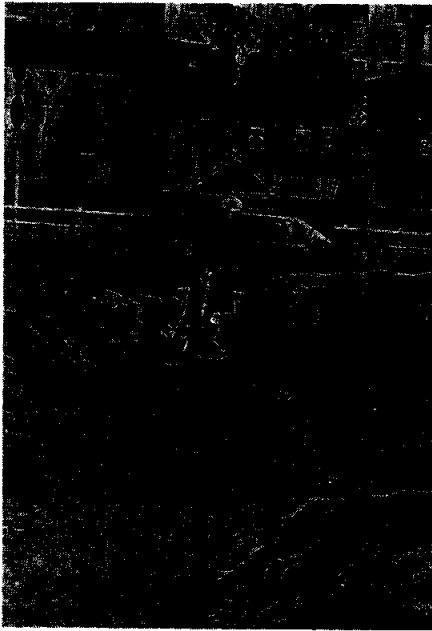


写真11 実走行状況(3) Dのバームコーナ

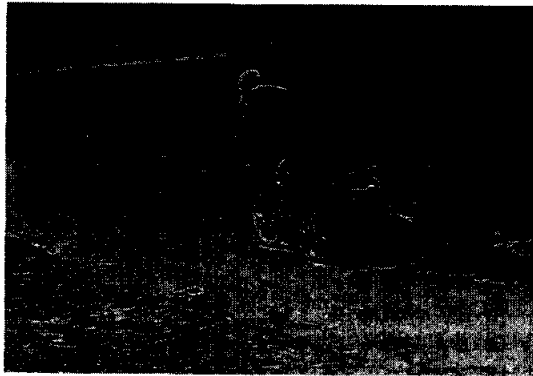


写真12 実走行状況(4) D→Eの緩やかな登りこう配

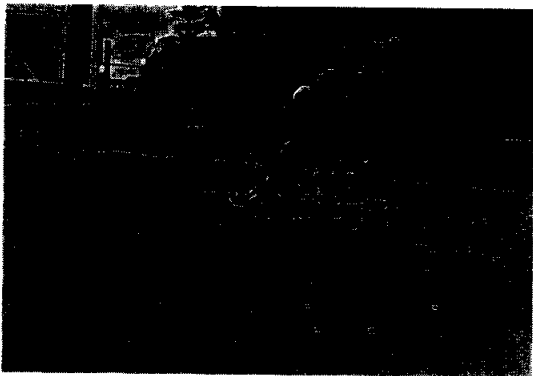


写真13 実走行状況(5) Eのコーナリング時の軸足のキック

舞い上がり、気分の良い走行技術であるようである。

このコースは、全工程約225mで、BMX車コースと

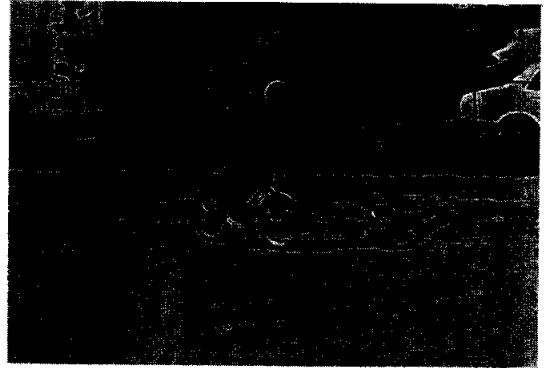


写真14 実走行状況(6) E通過後の加速体勢

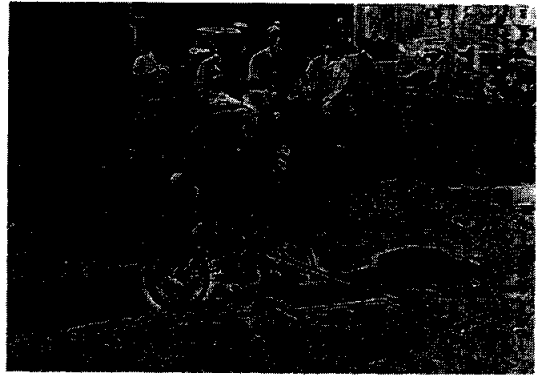


写真15 実走行状況(7) Gのテレメータ受信位置通過

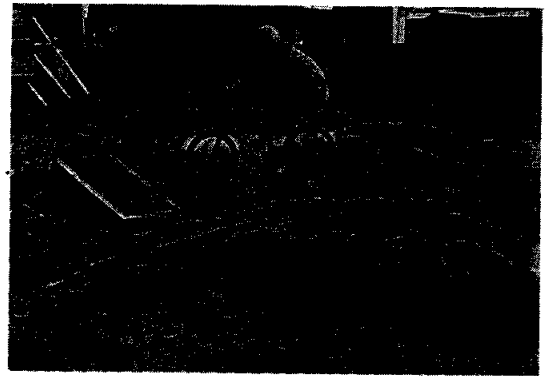


写真16 実走行状況(8) Fのジャンプ

しては短く、かつ、2名が並んで走行するほどジャンプ台の幅もないが、ジャンプ、バーム走行、ヘアピン(E点)など、走行トレーニングを積む上では適当なコースであると思われる。

写真9～19によって特に詳細にコースを紹介したのは、実走行応力をどのようなコースで測定したかが、大切な条件となると判断したためであるが、併せて、乗員の技能の程度、乗車姿勢、例えば写真10のジャンプ後の着地体勢、写真11のリーンウィズ走行、写真13のコナ



写真17 実走行状況(9) Fのジャンプ



写真18 実走行状況(10) Bのジャンプ、登りこう配

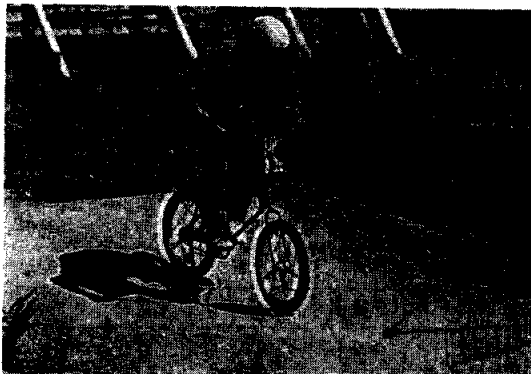


写真19 実走行状況(11) Aに向かうための加速

リングの技能、写真14の加速のための姿勢、写真16のジャンプ、それに全コースサドルに腰をかけないで走行する乗車姿勢など容易に理解できると考えたからである。

1.4 実走行試験

前述した実走行試験場でフレーム応力測定を行った。乗員はBMX車チームの一員で、身長155cm、体重62.3kg(ヘルメット、手袋などを含む)の中学生である。この中学生の技能程度は、10名ほどのチームメンバーの中ほどぐらいに位置し、後輪のみを使用して走行するいわゆるウイリーを練習中である。また、BMX車1台を所有しているが、その車と今回試験に使用した車と比較すると、車輪や前ホークの違いからくる重量の差、ハンドルやブレーキ形式の違いなどから、供試車はやや乗りづらいという意見であった。

次に、フレーム応力の測定位置は静荷重試験の位置とまったく同じである(図1参照)。

計測は、自転車と記録計をケーブルで結ぶ有線方式による測定では困難であったので、テレメータを利用した無線方式によって行った。このテレメータの送信部は日本電気製超小型装置で、その大きさは約25mm×25mm×20mm、重量約30gである。

この送信装置は、種々の都合で1チャンネルしか使用



写真20 計測状況



写真21 送信器の取付状況



写真22 受信機器

できなかったため、走行ごとにひずみゲージのリード線とテレメータ送信器の結線をつけかえる作業を繰り返して計測したので、測定箇所数と同じ回数だけ走行を繰り返した。写真20にその作業状況を示した。このため走行条件は毎回異なったので、全体のデータを検討する場合はこの点を注意する必要がある。そのため、応力測定と同時に実走行時の車速を計測して、走行ごとの走行条件の相違判定の資料とした。写真21に、シートラッグ部にひずみ用送信器とその電源用バッテリー、ハンドル中央部に車速用送信器を取り付けた状況を示した。

テレメータからの信号は受信装置で受信されその出力をペン書きオシロの2チャンネルにひずみおよび車速として記録した。写真22に受信側を示した。

なお車速は、車輪が1回転ごとに1パルス発生する小型電磁コイルを後輪リムに対向したバックホーク部に取り付け、そのパルス数より平均車速を求めた。

2 実験結果

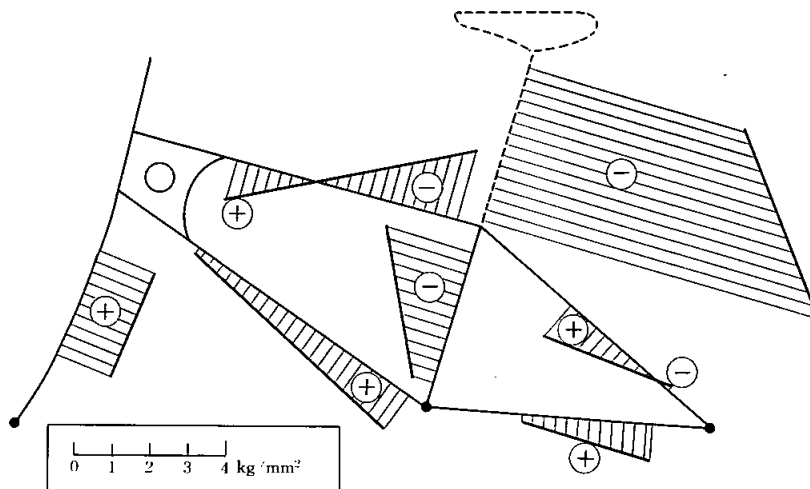


図3 静荷重応力分布図

表1 静荷重応力値

測点番号	部 材 名	応力値 (kg/mm ²)
1	前 ホ ー ク	1.6
2		1.5
3	上 バ イ ブ	1.1
4		(-) 1.9
5	立 バ イ ブ	(-) 2.4
6		(-) 0.5
7	下 バ イ ブ	1.2
8		0.2
9	バックホーク	1.1
10		0.1
11	チェーンステー	0.9
12		0.2
13	シートポスト	6.0
14		9.2

乗員体重 60kg, (-) は圧縮応力を示す。

表2 前後輪荷重分担割合 (単位: %)

条 件	前輪荷重分担割合	後輪荷重分担割合
乗 車 時	35.4	64.6
空 車 時	50.0	50.0

2.1 静荷重応力

試験条件は前述のように、ごく普通の乗車姿勢で乗車するというので、その結果について、静荷重応力値を表1に、静荷重応力分布図を図3に示す。表2は前後輪荷重分担割合である。

図3中、シートポストのシートラグ近くは 6.2kg/mm^2 と大きな応力の発生が認められた。このことはBMX車レース場などでシートポストが折れ曲がったものを見掛ける場合もあることから、シートポストの強度向上対策と併せて、フレームのシートアングル（供試車は 72° ）に対しても、設計上注意する必要があると考えられる。

全体的には、前ホークで 1.6kg/mm^2 、前三角の中で最も大きな値を示した立パイプでも 2.4kg/mm^2 と問題になる値は認められなかった。

2.2 実走行応力

表3に実走行平均最大発生応力値と平均車速を示す。平均車速は 22.0km/h から 24.0km/h の範囲内であった。

実走行応力値の平均が最大の部位は、測点8の下パイプのヘッド側で 14kg/mm^2 以上である。この値は普通鋼管の疲れ限度に近い値でBMX車フレームがCr-Mo鋼管を使用する理由を裏付けているように考えられる。なお、この値は走行中常時生じているのではなく、ジャンプ時に発生したものであるが、他の部位でジャンプ時に大きく影響の表われているところは、測点3および4であり、特に測点3は上パイプヘッド側で、ヘッド部の補強材の必要性をうかがわせる結果となっている。

前ホークに関しては、ジャンプにあまり関係なくむしろ加速時のペダリングに同期して最大値が生じている。

表3 実走行平均最大応力値と平均車速

測点番号	部 材 名	最大値 (kg/mm^2)		平均車速 (km/h)
		+ (引張)	- (圧縮)	
1	前ホーク	4.9	7.7	23.6
2		3.9	7.7	23.2
3	上パイプ	12.2	9.8	22.5
4		5.0	4.9	22.0
5	立パイプ	3.3	5.5	22.5
6		1.4	5.6	23.6
7	下パイプ	1.5	5.0	22.9
8		14.7	14.0	23.6
9	バックホーク	1.1	2.1	23.6
10		2.8	2.1	23.2
11	チェーンステー	2.8	0.4	24.0
12		1.1	2.5	23.2
13	シートポスト	4.9	0.4	22.1
14		—	—	—

BMX車の加速時は写真14に見られるような体勢を取るのが一般的であり、ペダリングによる車体の傾きも大きく、これが原因しているものと考えられる。

立パイプに関しては、測点5の値は数回発生したのみで、ジャンプやペダリングとの関係も見られず、全体的に非常に小さな発生応力であったことから、乗員がときにはサドルに腰を落とす場合もあるのではないかと考えられる。測点6の場合は、バームコーナ走行時にこの応力値が発生している。

バックホーク、チェーンステーの測点9~12に関しては、ペダリングをしないときは小さく、ジャンプをしても着地は素直に行っているのではないかと考えられる。

シートポストの測点14は計測に失敗したが、測点13は走行中ほとんど腰を上げているため応力は0に近いが、ときどきピークが生じる。また、ジャンプとの関係もほとんど見られなかった。

以上の結果から、ジャンプを繰り返す過酷な使い方をするBMX車のフレーム材料は、特に前三角についてCr-Mo鋼管など疲れ限度の高い材料を使用し、溶接やヘッド部の補強材の扱いなど注意深く製作する必要があるものと考えられる。

3 ま と め

BMX車フレームの応力測定結果をまとめてみると次のようである。

静荷重試験

- (1) 問題になるような応力集中個所は見られなかった。
- (2) シートアングルをあまり小さくすると、シートポストに無理が生じる場合がある。

実走行試験

- (1) 平均車速が $22.0\sim 24.0\text{km/h}$ の場合、ジャンプを行うと下パイプヘッド側に 14kg/mm^2 以上の応力が発生した。これは、普通鋼管の疲れ限度に等しい値である。
- (2) BMX車フレームの前三角はCr-Mo鋼管など高級材料を使用し、補強材の取付方法、位置、大きさに注意するとともに、フレームの溶接はその材料の強度低下を招かないように十分でいねいに行う必要があろう。

あとがき

BMX車の実走行応力測定はまだ始まったばかりであり、今後さらにフレーム形式の差、測点位置、走行条件など、計測機器類も含めて検討していかなければならないと考えている。