おいて，制御力の作用しない不動点（図中の○印）が存在する．また，台車振動には共振付近において，アクティブ制振による振動増大（図中の＊印）が認められる．このような台車振動の増大傾向が現車で現れることは望ましいことではない．したがって，アクティブ制振の実用化に先だち，このような台車振動の影響を現車の走行実態と同等のレベルで把握することは有意義なことと考える．

3．クリープ力を考慮した走行シミュレーション

3．1　実態車両モデル[3]　単純化モデルにおいては，一次ばねを介して台車枠が直接加振されているが，実際の車両では車輪軸が運動の自由度を有しており，車輪・レール間のクリープ力によって加振力が伝達される．そこで，車輪・レール間のクリープ力を考慮した実態車両モデルを用いて走行シミュレーションによる検討を行う．その運動自由度は，車体と2台の台車でそれぞれ左右動，ヨーとロール，4本の輪軸でそれぞれ左右動とヨーの合計17自由度である．二次ばねは4個の空気ばねとしてモデル化されている．このモデルの台車部分をボルスタ付き側受支持方式台車とボルスタレス台車の二つの方式について走行シミュレーションを行う．以下に両モデルの特徴を示す．

(1) ボルスタ付き車両モデル　ボルスタ付きの側受支持方式台車の場合，台車旋回抵抗は直列に作用するボルスタアンカのばね力と側受摩擦力 の組合せ[3]によって与えられる．また，車輪踏面は円すい形状を用いるものとする．これは新幹線を含め，従来の高速車両に多く採用されてきた方式である．

(2) ボルスタレス車両モデル　ボルスタレス台車はばね間質量の軽量化とともに，車輪横圧の軽減が期待され，近年多くの車両で使われている．その台車旋回抵抗は主としてヨーダンパによって与えられており，また，操舵効果を発揮させるため円弧形状の車輪踏面が用いられる．

4．シミュレーション結果の解析

図3に走行速度350km/h，走行100 秒間における第1車輪軸の横圧発生頻度を示す．これは走行シミュレーションの時系列波形を拡大表示し，その発生回数を手作業で読み取ったものである．横軸を横圧10kNの幅で区分し，ボルスタ付きの側受支持方式車両とボルスタレス車両それぞれについて制御の有無による違いを重ねて比較している．

(1) 制御の有無による比較　車両方式にかかわらず，制御有りのほうが，明らかに横圧の発生頻度は少ないことが示される．すなわち，フランジ遊間の存在の下にクリープ力を介して軌道不整から励振される実際の車両では，車輪軸を無視した単純化モデルで懸念された制御による横圧増大は生じていない．ここでは，車体が制振されることで台車振動も抑制され，車輪軸の左右動が減少している．

(2) 台車方式の違いによる比較　ボルスタ付き車両に比べ，ボルスタレス車両においては，小さな横圧区分での発生頻度が比較的多いものとなるが，大きな横圧区分での発生頻度は明らかに少ない．制御無しにおいては発生横圧の最大値がボルスタ付きで60kN代，ボルスタレスで30kN代であり，ほぼ半分の値である．同様に，制御有りの最大横圧はボルスタ付きの50kN代に対し，ボルスタレスでは20kN代の値である．このことはボルスタレス車両のほうが，高速での走行安全にとって，より有利なことを意味している．

(3) 乗り心地との関係　両モデルにおける振動特性と，制振効果を乗り心地レベルL_T[4]により比較したものが図4である．L_T 値による乗り心地の評価はその値が小さいほど良い乗り心地とされる．走行速度200km/h においては，

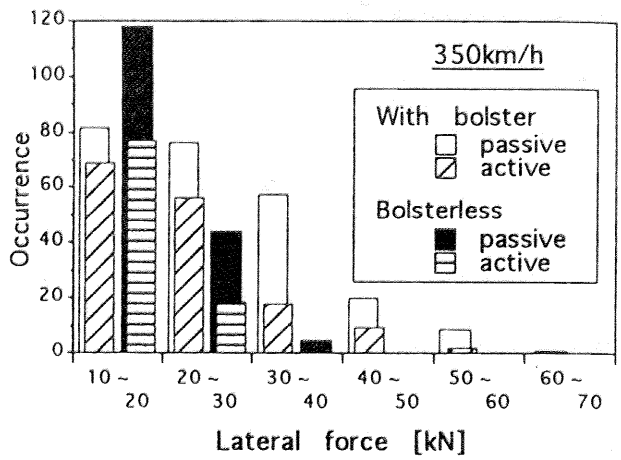

fig.3　Comparison of occurrence of Wheel/Rail lateral force

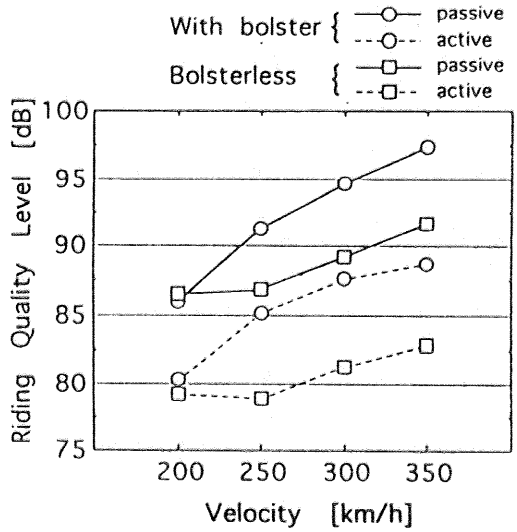

fig.4　Comparison of Riding Quality Level

制御有りおよび無しの条件において，二つの方式はほぼ同じ乗り心地レベルとなっている．しかし，ボルスタ付き車両に比べボルスタレス車両のほうが，速度の向上に伴う車体振動増大の割合が少ない．そのため高速走行においては，ボルスタレス車両のほうが良い乗り心地となっている．

5．ま と め

クリープ力を考慮した車両モデルを用いたシミュレーションにより，二次ばね制御による車体制振が車輪・レール間の相互作用に及ぼす影響を調べた．その結果，車輪軸を無視した単純化モデルによって設計された制御系でも，車輪・レール間の相互作用には特に悪影響を与えることなく，車体の制振を可能とすることが示された．これは，アクティブ制振が乗り心地の改善のみでなく，走行安全にとっても有利であることを示すものである．また，ボルスタレス車両が従来のボルスタ付きの側受支持方式車両に比べ，高速域における走行で有利なことが示された．今後の鉄道における大幅な高速化のために，ボルスタレス車両によるアクティブサスペンションの実用化が期待される．

参考文献

(1) 由川・小泉・他3名，機講論，No. 930-81(1993), 61-64.
(2) 古田・他3名，メカニカルシステム制御，(1984), 56-64, オーム社
(3) 谷藤，機論，55-512, C(1989), 940-949.
(4) 三芳，鉄研資料，38-3(1981), 127-134.