

明 細 書

発明の名称：車輪

技術分野

[0001] 本開示は、鉄道車両用の車輪に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両用の車輪は、ボス部と、リム部と、板部とを備える。ボス部には車軸が挿入される。リム部は、ボス部の外周側に配置されている。リム部は、踏面及びフランジを含む。踏面は、レールの頭頂面に接触する面である。フランジは、踏面の一端に連続して設けられ、踏面に対して車輪の外周側に突出する。板部は、リム部とボス部とを接続している。

[0003] 鉄道車両用の車輪には、基本的な性能として剛性が求められる。昨今では、鉄道車両の走行時における静粛性も車輪に要求されている。

[0004] 特許文献 1 は、鉄道車両の走行時の騒音を低減させるための車輪を開示する。特許文献 1 の車輪は、外輪と、内輪と、外輪と内輪との間に配置されたクッションとを備える。特許文献 1 によれば、外輪が受ける振動がクッションに吸収されることにより、内輪及び車軸を通じた台車への振動の伝達が少なくなる。そのため、鉄道車両の走行時の騒音が低減される。

[0005] 特許文献 2 も、鉄道車両の走行時の騒音を低減させるための車輪を開示する。特許文献 2 では、ボス部と、リム部と、板部とを含む車輪に対し、動的振動子を取り付けられている。動的振動子は、板部の両側に配置され、リム部の内周面に固定される。動的振動子の各々は、環状の鋼片からなる能動質量部分と、能動質量部分と車輪との間に介在する弾性要素とを含む。この動的振動子は、所定の固有振動モードに対する車輪の共振周波数と等しい固有振動数を有し、当該固有振動モードと同じモードで振動するようにリム部に固定されている。特許文献 2 では、リム部の振動が動的振動子に伝達されると動的振動子が車輪の固有振動数で振動し、且つ車輪の振動と反対移相で同調するため、車輪の振動及び騒音が減衰されると説明されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平2－63901号公報

特許文献2：特開平10－81104号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、踏面ブレーキを用いて制動される車輪では、レールの曲線区間を通過する際の板部の剛性を担保するため、車輪の縦断面視で板部が湾曲形状を有することが多い。しかしながら、板部が湾曲形状を有することにより、鉄道車両の走行時における車輪の静粛性が低下する。具体的に説明すると、一般的には、構造物において最も剛性が小さく振動が生じやすい部分が音源となって騒音が発生するものであり、重量、材質及び剛性が同一であれば、騒音の大きさは音源である部分の表面積（放射面積）に比例する。鉄道車両用の車輪では、板部の剛性が比較的小さく、板部が主たる騒音源となる。車輪の縦断面視で湾曲形状を有する板部の場合、車輪の縦断面視で真直形状を有する板部と比較してその表面積が大きい。そのため、板部の剛性及び重量が同等の条件では、湾曲形状の板部は、真直形状の板部よりも大きな騒音を発生させる可能性が高い。

[0008] 鉄道車両の走行時における車輪の静粛性を向上させるため、板部の断面形状を真直形状として、板部の表面積（騒音の放射面積）を減少させることが考えられる。しかしながら、板部が真直の断面形状を有する場合、車輪がレールの曲線区間を通過する際の板部の剛性が低下しやすいという問題がある。

[0009] 車輪の静粛性を向上させるため、板部の板厚を全体的に増加させて板部の剛性の向上を図ることも考えられる。しかしながら、板部の板厚の単純な増加は、車輪の重量の過剰な増大につながる。車輪の重量が大きくなると、レールに対する車輪の攻撃性が上昇し、レールのメンテナンスコストが増加す

るという問題がある。

- [0010] 本開示は、板部の剛性を効率よく向上させて鉄道車両の走行時における車輪の静粛性を確保することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 本開示に係る鉄道車両用の車輪は、ボス部と、リム部と、板部とを備える。ボス部は、筒状を有する。リム部は、ボス部の外周側に配置される。板部は、ボス部とリム部とを接続する。リム部は、踏面と、フランジとを含む。踏面は、鉄道車両が走行するレールの頭頂面に接触する。フランジは、車輪の軸方向において踏面の一端に連続して設けられる。フランジは、踏面から車輪の半径方向において外側に突出する。板部は、湾曲部を含む。湾曲部は、リム部に連続して設けられる。湾曲部は、車輪の縦断面視で、車輪の軸方向においてフランジの反対側に凸に湾曲する。湾曲部の頂部は、車輪の半径方向において板部の中央よりも外側に配置される。板部は、車輪の縦断面視で板部が延在する方向に沿って変化する板厚を有する。板部は、湾曲部において最大板厚を有する。

発明の効果

- [0012] 本開示によれば、板部の剛性を効率よく向上させて鉄道車両の走行時における車輪の静粛性を確保することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]図1は、実施形態に係る鉄道車両用の車輪の縦断面図である。
[図2]図2は、図1に示す車輪の部分拡大図である。
[図3]図3は、実施例に係る車輪の外形を示す図である。
[図4]図4は、比較例1に係る車輪の外形を示す図である。
[図5]図5は、比較例2に係る車輪の外形を示す図である。
[図6]図6は、各実施例及び各比較例の等価放射パワー（ERP）を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0014] 実施形態に係る鉄道車両用の車輪は、ボス部と、リム部と、板部とを備える。ボス部は、筒状を有する。リム部は、ボス部の外周側に配置される。板部は、ボス部とリム部とを接続する。リム部は、踏面と、フランジとを含む。踏面は、鉄道車両が走行するレールの頭頂面に接触する。フランジは、車輪の軸方向において踏面の一端に連続して設けられる。フランジは、踏面から車輪の半径方向において外側に突出する。板部は、湾曲部を含む。湾曲部は、リム部に連続して設けられる。湾曲部は、車輪の縦断面視で、車輪の軸方向においてフランジの反対側に凸に湾曲する。湾曲部の頂部は、車輪の半径方向において板部の中央よりも外側に配置される。板部は、車輪の縦断面視で板部が延在する方向に沿って変化する板厚を有する。板部は、湾曲部において最大板厚を有する（第1の構成）。
- [0015] 例えば特許文献2からもわかるように、従来の鉄道車両用の車輪では、ボス部側からリム部側に向かうにつれて板部の板厚が小さくなっている。これに対して、第1の構成に係る鉄道車両用の車輪では、板部の板厚が非一定であり、且つ板部においてリム部側に設けられた湾曲部で板厚が最大となっている。これにより、板部のうちリム部側の領域に比較的大きな剛性を持たせることができ、鉄道車両の走行時における板部の振動、及びそれに伴う騒音の発生を抑制することができる。
- [0016] 鉄道車両用の車輪において、板部の全体にわたり板厚を大きくした場合、板部の全体的な剛性は増加するものの、板部及び当該板部を含む車輪の重量も大きく増加する。一方、第1の構成に係る鉄道車両用の車輪では、リム部側の湾曲部で板部の板厚を増加させているため、板部の全体において一律で板厚を増加させる場合よりも、車輪の重量の増加の程度を抑えることができる。また、第1の構成に係る車輪では、リム部側の湾曲部において板部の板厚を最大とすることで、車輪の重量の増加を抑制しつつ、板部の剛性を向上させ、板部から発生する騒音を低減することができる。このように、第1の構成に係る車輪によれば、板部の剛性を効率よく向上させて鉄道車両の走行時における車輪の静粛性を確保することができる。

- [0017] 第1の構成に係る車輪では、板部が湾曲部を含んでいる。そのため、車輪がレールの曲線区間を通過する際の板部の剛性を確保することができる。
- [0018] 湾曲部は、第1領域と、第2領域とを含んでいてもよい。第1領域は、湾曲部の頂部を含む。第2領域は、第1領域に対してボス部側に配置される。第2領域は、湾曲部の基部を含む。板部は、第1領域において最大板厚を有することが好ましい（第2の構成）。
- [0019] 第2の構成によれば、湾曲部の頂部又はその近傍で板部の板厚を最大とすることができる。これにより、湾曲部の湾曲内側の表面積を抑えやすくなるため、板部から発生する騒音をより低減することができる。よって、鉄道車両の走行時における車輪の静粛性を向上させることができる。
- [0020] 第2領域の板厚は、第1領域の板厚よりも小さくてもよい（第3の構成）。
- [0021] 踏面の外径の0.72倍の直径を有し車輪と同軸の仮想円筒が車輪と交差する位置での車輪の厚みを S_1 、踏面の外径の0.66倍の直径を有し車輪と同軸の仮想円筒が板部と交差する位置での板部の板厚を S_2 、踏面の外径の0.60倍の直径を有し車輪と同軸の仮想円筒が板部と交差する位置での板部の板厚を S_3 としたとき、 S_1 、 S_2 、及び S_3 は、 $S_1 \geq S_2 \geq S_3$ 且つ $S_1 > S_3$ を満たすことが好ましい（第4の構成）。
- [0022] S_2 及び S_3 は、 $S_3 \leq 0.9 \times S_2$ を満たしていてもよい（第5の構成）。
- [0023] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しつつ説明する。各図において同一又は相当の構成については同一符号を付し、同じ説明を繰り返さない。
- [0024] [車輪の構成]

図1は、本実施形態に係る鉄道車両用の車輪100の縦断面図である。車輪100の縦断面とは、中心軸Xを含む車輪100の断面をいう。車輪100の縦断面は中心軸Xに対して対称であるため、図1では、車輪100のうち中心軸Xの片側のみを示す。本実施形態では、車輪100の中心軸Xが延

びる方向を軸方向という。また、本実施形態では、車輪１００の半径方向を単に半径方向ということがある。

[0025] 図１を参照して、車輪１００は、ボス部１０と、リム部２０と、板部３０とを備える。

[0026] ボス部１０は、車輪１００の内周部を構成している。ボス部１０は、筒状を有する。ボス部１０には、鉄道車両の車軸（図示略）が挿入される。

[0027] ボス部１０は、内周面１１と、端面１２１，１２２と、外周面１３と、コーナー部１４１，１４２とを含んでいる。車輪１００の縦断面で見て、内周面１１は、軸方向に延びている。車輪１００の縦断面で見て、端面１２１，１２２は、内周面１１の両端に連続し、内周面１１から半径方向外側に延在している。外周面１３は、内周面１１に対して半径方向外側に配置されている。外周面１３は、コーナー部１４１，１４２を介して端面１２１，１２２に接続されている。外周面１３は、フィレット部１３１，１３２を含む。フィレット部１３１，１３２により、ボス部１０が板部３０に滑らかに接続される。車輪１００の縦断面視で、フィレット部１３１，１３２は、ボス部１０の内側に凹の曲線状を有し、それぞれ板部３０からコーナー部１４１，１４２側へと延在している。

[0028] リム部２０は、ボス部１０の外周側に配置されている。リム部２０は、車輪１００の外周部を構成する。リム部２０は、外周面２１と、側面２２１，２２２と、内周面２３と、コーナー部２４１，２４２とを含んでいる。

[0029] 外周面２１は、踏面２１１と、フランジ２１２とを含んでいる。踏面２１１は、鉄道車両が走行するレールの頭頂面に接触する面である。フランジ２１２は、車輪１００の軸方向において踏面２１１の一端に連続して設けられている。フランジ２１２は、踏面２１１から半径方向において外側に突出している。フランジ２１２は、鉄道車両がレール上を走行するとき、軌道幅方向において左右のレールの内側に位置付けられる。以下、車輪１００の軸方向においてよりフランジ２１２に近い側をフランジ側といい、軸方向においてよりフランジ２１２から遠い側を反フランジ側という。

- [0030] 本実施形態の例において、リム部20は、ボス部10に対し、軌道幅方向において外側に位置付けられている。より詳細には、リム幅中央C_rがボス幅中央C_bに対して反フランジ側に位置している。リム幅中央C_rは、車輪100の軸方向におけるリム部20の中央である。ボス幅中央C_bは、車輪100の軸方向におけるボス部10の中央である。
- [0031] 側面221は、フランジ212の表面に連続して設けられている。車輪100の縦断面で見て、側面221は、フランジ212の表面から半径方向内側に延在している。側面222は、側面221に対して反フランジ側に配置されている。車輪100の縦断面で見て、側面222は、踏面211の反フランジ側の端から半径方向内側に延在している。
- [0032] 内周面23は、外周面21に対して半径方向内側に配置されている。内周面23は、コーナー部241, 242を介して側面221, 222に接続されている。内周面23は、フィレット部231, 232を含む。フィレット部231, 232により、リム部20が板部30に滑らかに接続される。車輪100の縦断面視で、フィレット部231, 232は、リム部20の内側に凹の曲線状を有し、それぞれ板部30からコーナー部241, 242側へと延在している。
- [0033] 板部30は、環状であり、ボス部10とリム部20とを接続する。板部30は、ボス部10及びリム部20と一体的に形成されている。板部30は、湾曲部31, 32を含んでいる。
- [0034] 湾曲部31は、リム部20に連続して設けられている。より詳細には、湾曲部31は、リム部20のフィレット部231, 232に連続して設けられている。湾曲部31は、車輪100の縦断面視で反フランジ側に凸に湾曲している。湾曲部31は、側面311, 312を含む。
- [0035] 側面311は、湾曲部31の湾曲内側の表面である。側面311は、リム部20のフランジ側のフィレット部231に隣接し、フィレット部231に対して滑らかに接続されている。湾曲部31の側面311及びリム部20のフィレット部231は、車輪100の縦断面視で曲線を形成するが、当該曲

線の曲率は、通常、湾曲部 3 1 の側面 3 1 1 とリム部 2 0 のフィレット部 2 3 1 との境界 B 1 で変化する。

[0036] 側面 3 1 2 は、湾曲部 3 1 の湾曲外側の表面である。側面 3 1 2 は、側面 3 1 1 に対して反フランジ側に配置されている。側面 3 1 2 は、リム部 2 0 の反フランジ側のフィレット部 2 3 2 に隣接し、フィレット部 2 3 2 に対して滑らかに接続されている。湾曲部 3 1 の側面 3 1 2 とリム部 2 0 のフィレット部 2 3 2 との境界 B 2 には、変曲点が存在する。湾曲外側の側面 3 1 2 の曲率は、湾曲内側の側面 3 1 1 の曲率と同一でもよいし、異なってもよい。例えば、湾曲内側の側面 3 1 1 の湾曲高さが湾曲外側の側面 3 1 2 の湾曲高さと比較して低くなるように、側面 3 1 1, 3 1 2 の曲率を異ならせることもできる。

[0037] 湾曲部 3 2 は、湾曲部 3 1 に対してボス部 1 0 側に配置されている。湾曲部 3 2 は、リム部 2 0 側の湾曲部 3 1 とボス部 1 0 との間に配置されている。湾曲部 3 2 は、ボス部 1 0 に連続して設けられている。より詳細には、湾曲部 3 2 は、ボス部 1 0 のフィレット部 1 3 1, 1 3 2 に連続して設けられている。湾曲部 3 2 は、車輪 1 0 0 の縦断面視でフランジ側に凸に湾曲している。すなわち、湾曲部 3 2 は、リム部 2 0 側の湾曲部 3 1 とは逆向きに湾曲している。湾曲部 3 2 は、側面 3 2 1, 3 2 2 を含む。

[0038] 側面 3 2 1 は、湾曲部 3 2 の湾曲外側の表面である。側面 3 2 1 は、ボス部 1 0 のフランジ側のフィレット部 1 3 1 に隣接し、フィレット部 1 3 1 に対して滑らかに接続されている。湾曲部 3 2 の側面 3 2 1 とボス部 1 0 のフィレット部 1 3 1 との境界 B 3 には、変曲点が存在する。

[0039] また、側面 3 2 1 は、リム部 2 0 側の湾曲部 3 1 の側面 3 1 1 に隣接し、側面 3 1 1 に対して滑らかに接続されている。ボス部 1 0 側の湾曲部 3 2 の側面 3 2 1 とリム部 2 0 側の湾曲部 3 1 の側面 3 1 1 との境界 B 4 には、変曲点が存在する。

[0040] 側面 3 2 2 は、湾曲部 3 2 の湾曲内側の表面である。側面 3 2 2 は、側面 3 2 1 に対して反フランジ側に配置されている。側面 3 2 2 は、ボス部 1 0

の反フランジ側のフィレット部 132 に隣接し、フィレット部 132 に対して滑らかに接続されている。湾曲部 32 の側面 322 及びボス部 10 のフィレット部 132 は、車輪 100 の縦断面視で曲線を形成するが、当該曲線の曲率は、通常、湾曲部 32 の側面 322 とボス部 10 のフィレット部 132 との境界 B5 で変化する。

[0041] また、側面 322 は、リム部 20 側の湾曲部 31 の側面 312 に隣接し、側面 312 に対して滑らかに接続されている。ボス部 10 側の湾曲部 32 の側面 322 とリム部 20 側の湾曲部 31 の側面 312 との境界 B6 には、変曲点が存在する。

[0042] ボス部 10 側の湾曲部 32 に対するリム部 20 側の湾曲部 31 のオフセット量 A は、60 mm 以下であることが好ましい。オフセット量 A とは、湾曲部 32 の頂部 323 の板厚中央から湾曲部 31 の頂部 313 の板厚中央までの軸方向における距離である。頂部 313 は、リム部 20 側の湾曲部 31 のうち最も反フランジ側に位置づけられている部分である。頂部 313 は、半径方向において板部 30 の中央 Cw よりも外側に配置されている。頂部 323 は、ボス部 10 側の湾曲部 32 のうち最もフランジ側に位置づけられている部分である。頂部 323 は、半径方向において板部 30 の中央 Cw よりも内側に配置されている。板部 30 の中央 Cw は、ボス部 10 と板部 30 との境界 B3、B5 のうちより半径方向外側に位置するものと、リム部 20 と板部 30 との境界 B1、B2 のうちより半径方向内側に位置するものとの間であって、半径方向で両者のちょうど中間に位置する。

[0043] 板部 30 は、車輪 100 の縦断面視でボス部 10 からリム部 20 まで延在している。板部 30 は、自身の延在方向に沿って変化する板厚を有する。すなわち、板部 30 の板厚は、全体にわたって一定ではない。板部 30 の板厚とは、板部 30 のフランジ側の輪郭線の法線方向又は垂線方向に沿って測定される板部 30 の厚みである。

[0044] リム部 20 側における板部 30 の板厚は、ボス部 10 側における板部 30 の板厚よりも大きい。より詳細には、板部 30 のうち半径方向の中央 Cw よ

リもリム部20側の領域には、中央Cwよりもボス部10側の領域のどの部分と比較しても板厚が大きい部分が存在する。板部30は、リム部20側の湾曲部31で最大板厚を有する。

[0045] 図2は、車輪100のうちリム部20側の部分を拡大した図である。図2を参照して、リム部20側の湾曲部31は、第1領域31aと、第2領域31bとを含んでいる。第1領域31aは、湾曲部31の頂部313を含む。第1領域31aは、リム部20に隣接する領域である。第2領域31bは、第1領域31aに対してボス部10側に配置されている。第2領域31bは、湾曲部31の基部314を含む。基部314とは、湾曲部31のうち最もフランジ側に位置づけられた部分である。基部314は、リム部20側の湾曲部31とボス部10側の湾曲部32（図1）との湾曲内側の境界B4を含む。基部314は、頂部313に対して半径方向内側に配置されている。例えば、車輪100の縦断面視で、湾曲外側で頂部313に接し半径方向に延びる仮想直線と境界B4を通して半径方向に延びる仮想直線との間の中央線Lが湾曲内側の側面311と交差する点を境に、第1領域31aと第2領域31bとを区分してもよい。

[0046] 第2領域31bの板厚は、好ましくは第1領域31aの板厚よりも小さい。例えば、湾曲部31の基部314での板厚が板部30の最大板厚ではないことが好ましい。板部30は、第1領域31aで最大板厚を有することができる。すなわち、板部30は、湾曲部31の頂部313又はその近傍において最大板厚を有することが好ましい。

[0047] 車輪100において、半径方向の所定の位置P1、P2、P3での寸法S1、S2、S3は、 $S1 \geq S2 \geq S3$ 且つ $S1 > S3$ を満たすことが好ましい。位置P1は、リム部20の踏面211の外径の0.72倍の直径を有する仮想円筒が車輪100（フィレット部231、232又は板部30）と交差する位置である。寸法S1は、位置P1での車輪100の厚みであり、より詳細には、車輪100のフランジ側の輪郭線の、位置P1での法線方向又は垂線方向に沿った車輪100の長さである。位置P2は、踏面211の外

径の 0.66 倍の直径を有する仮想円筒が板部 30 と交差する位置である。寸法 $S2$ は、位置 $P2$ での板部 30 の板厚であり、より詳細には、板部 30 のフランジ側の輪郭線の、位置 $P2$ での法線方向又は垂線方向に沿った板部 30 の長さである。位置 $P3$ は、踏面 211 の外径の 0.60 倍の直径を有する仮想円筒が板部 30 と交差する位置である。寸法 $S3$ は、位置 $P3$ での板部 30 の板厚であり、より詳細には、板部 30 のフランジ側の輪郭線の、位置 $P3$ での法線方向又は垂線方向に沿った板部 30 の長さである。位置 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ を定める基準となる踏面 211 の外径は、踏面 211 のうち軸方向に実質的に平行な部分（いわゆる踏面テーパーライン）においてリム幅中央 C_r の位置で測定される外径である。位置 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ でそれぞれ車輪 100 と交差する仮想円筒は、車輪 100 と同軸、つまり車輪 100 と共通の中心軸 X （図 1 ）を有する円筒である。

[0048] 位置 $P3$ における板部 30 の板厚 $S3$ は、より外周側の位置 $P2$ における板部 30 の板厚 $S2$ と等しくてもよいが、 $S2$ よりも小さいことが好ましい。 $S2$ 、 $S3$ は、 $S3 \leq 0.9 \times S2$ を満たすことが好ましい。より好ましくは、 $S3 \leq 0.8 \times S2$ である。 $S3$ は $S2$ 以下であればよいが、 $S3 \geq 0.3 \times S2$ であってもよい。

[0049] 特に限定されるものではないが、本実施形態に係る車輪 100 は、例えば、鍛造、鋳造、又は鍛造品若しくは鋳造品の機械加工（削り出し）等によって製造することができる。車輪 100 の材質は、炭素鋼であることが好ましい。

[0050] [効果]

本実施形態に係る車輪 100 では、ボス部 10 側よりもリム部 20 側で板部 30 の板厚が大きくなっている。より詳細には、板部 30 は、リム部 20 側に設けられた湾曲部 31 において最大板厚を有する。これにより、鉄道車両の走行時における騒音の主な発生源である板部 30 において、リム部 20 側の領域の剛性を高めることができる。そのため、板部 30 の振動を抑制することができ、板部 30 から発生する騒音を低減することができる。

- [0051] 本実施形態に係る車輪100では、板部30のうちリム部20側の湾曲部31が最大板厚を有し、ボス部10側の湾曲部32の板厚は比較的小さく抑えられている。そのため、板部30の全体が一律で上記最大板厚を有する場合と比較して、板部30及び車輪100の重量の増加の程度を抑えることができる。また、リム部20側の湾曲部31で板部30の板厚を最大とし、板部30のうち騒音発生への寄与が大きい部位を狙って効率よく剛性を向上させているため、板部30から発生する騒音を効率よく低減することができる。
- [0052] したがって、本実施形態に係る車輪100によれば、板部30及び車輪100の重量の増加を抑制しつつ、板部30の剛性を効率よく向上させて鉄道車両の走行時における車輪100の静粛性を確保することができる。
- [0053] 本実施形態では、板部30が車輪100の縦断面視で湾曲している。そのため、車輪100がレールの曲線区間を通過する際の板部30の剛性を確保することができる。
- [0054] 本実施形態に係る車輪100の板部30では、リム部20側の湾曲部31のうち、頂部313を含む第1領域31aが最大板厚を有することが好ましい。すなわち、湾曲部31の頂部313又はその近傍で、板部30の板厚が最大となることが好ましい。これにより、湾曲部31の湾曲内側の側面311の面積が低減しやすくなる。側面311の面積の低減により、板部30から発生する騒音がより低減されるため、鉄道車両の走行時における車輪100の静粛性を向上させることができる。
- [0055] 本実施形態に係る車輪100において、半径方向の所定の位置P1, P2, P3での寸法S1, S2, S3は、 $S1 \geq S2 \geq S3$ 且つ $S1 > S3$ を満たすことが好ましい。この場合、車輪100の静粛性をより確保しやすくなる。特に、 $S3 \leq 0.9 \times S2$ である場合には、車輪100の静粛性向上の効果をより高めることができる。 $S3 \leq 0.8 \times S2$ である場合、車輪100の静粛性向上の効果をさらに高めることができる。
- [0056] 本実施形態に係る車輪100において、板部30の湾曲部31, 32間の

軸方向のオフセット量Aは、60mm以下であることが好ましい。この場合、湾曲部32を基準とした湾曲部31の高さを抑えることができ、リム部20側の湾曲部31の湾曲内側の側面311の面積を小さくすることができる。これにより、板部30から発生する騒音を低減することができる。また、オフセット量Aが60mm以下であることにより、板部30の剛性を高めることもできる。

[0057] 以上、本開示に係る実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0058] 上記実施形態に係る車輪100では、リム部20側の湾曲部31の一部で板部30の板厚が最大となっている。すなわち、湾曲部31の一部が最大板厚を有している。しかしながら、湾曲部31は、その全体にわたって最大板厚を有していてもよい。例えば、頂部313を含む第1領域31aと、基部314を含む第2領域31bとが同一の板厚を有していてもよい。この場合も、板部30のうち湾曲部31よりもボス部10側に配置された領域では、湾曲部31と比較して板厚が小さくなる。

[0059] 板部30は、湾曲部31の頂部313を含む第1領域31aで最大板厚を有することが好ましいが、第2領域31bで最大板厚を有することもできる。板部30は、湾曲部31の少なくとも一部において、最大板厚を有していればよい。

[0060] 上記実施形態に係る車輪100では、板部30が湾曲部31、32を含んでいる。しかしながら、板部30は、少なくともリム部20側の湾曲部31を含んでいればよい。板部30は、ボス部10側の湾曲部32を含まなくてもよい。例えば、車輪100の縦断面視で、板部30のうち湾曲部31の基部314からボス部10へと延びる部分が真直状を有していてもよい。この場合、オフセット量Aは、板部30の内周端の板厚中央から湾曲部31の頂部313の板厚中央までの軸方向における距離である。このとき、ボス部10と板部30との境界B3、B5のうち、半径方向においてより外側に位置

するものを板部30の内周端として扱うことができる。

- [0061] 上記実施形態に係る車輪100では、リム幅中央C_rがボス幅中央C_bに対して反フランジ側に位置している。しかしながら、リム幅中央C_rは、ボス幅中央C_bに対してフランジ側に配置されていてもよい。あるいは、リム幅中央C_r及びボス幅中央C_bの軸方向における位置が実質的に一致していてもよい。

実施例

- [0062] 以下、実施例によって本開示をさらに詳しく説明する。ただし、本開示は、以下の実施例に限定されるものではない。

- [0063] 本開示による効果を確認するため、汎用の構造解析ソフトウェアを用いて有限要素法による解析を実施し、車輪の静粛性を評価した。本解析では、360°車輪モデルの踏面にレール反力を想定した力を負荷し、その際の振動に対する応答性を静粛性として評価した。静粛性の評価には、以下の式で求められる等価放射パワー（ERP）を使用した。

- [0064] [数1]

$$ERP = c \sum_{i=1}^N V_{ni}^2 \Delta S_i$$

- [0065] 上記式において、 ΔS_i は車輪表面の要素面積であり、 V_{ni} はその面の法線方向の振動速度である。cは、大気の状態等によって決定される係数である。ERPが大きいほど、音を放射する能力が高いことを示す。

- [0066] 図3は、実施例に係る車輪の外形を示す図である。図4及び図5は、比較例に係る車輪の外形を示す図である。図3に示すように、実施例に係る車輪では、上記実施形態に係る車輪100（図1）と同様に、板部30の板厚がボス部10側の湾曲部32で小さく、リム部20側の湾曲部31で最大である。一方、図4に示すように、比較例1に係る車輪では、実施例と同様に板部30が湾曲部31、32を含んでいるが、板部30の板厚はその全体にわたって一定である。図5に示すように、比較例2に係る車輪では、板部30の板厚がリム部20側の湾曲部31で小さく、ボス部10側の湾曲部32で

最大である。各車輪の寸法条件を表 1 に示す。

[0067] [表1]

	寸法		
	S1	S2	S3
基準面(踏面)との径比	0.72	0.66	0.60
実施例1	1.6	1.0	1.0
実施例2	1.0	1.0	0.7
実施例3	1.0	1.0	0.8
実施例4	1.3	1.0	0.7
比較例1	0.9	1.0	1.0
比較例2	0.9	1.0	1.2

※S1～S3の値は、実施例及び比較例ごとに求めたS2に対する比率である。

[0068] 実施例 1 ～ 4 及び比較例 2 は、比較例 1 を基準として板部を増肉したものである。したがって、実施例 1 ～ 4 及び比較例 2 に係る車輪の重量は、比較例 1 に係る車輪の重量よりも大きい。実施例 1 ～ 4 及び比較例 2 に係る車輪は、同一の重量を有するが、板部の増肉の配分（体積配分）が異なる。

[0069] 表 1 では、各実施例及び各比較例について、位置 P 1 における寸法 S 1、位置 P 2 における寸法 S 2、及び位置 P 3 における寸法 S 3 の関係を示している。位置 P 1、P 2、P 3 及び寸法 S 1、S 2、S 3 の定義については、上記実施形態で説明した通りである。表 1 では、実施例 1 ～ 4 ごと及び比較例 1、2 ごとに、S 2 を 1. 0 とし、S 2 に対する S 1 の比率： $S 1 / S 2$ を S 1 の値として示し、S 2 に対する S 3 の比率： $S 3 / S 2$ を S 3 の値として示している。

[0070] 図 6 は、各実施例及び各比較例の E R P を示すグラフである。当該グラフの縦軸は、全周波数のエネルギー量の総和（オーバーオール E R P レベル）を示している。

[0071] 図 6 に示すように、板部の増肉を行った実施例 1 ～ 4 及び比較例 2 は、板部を増肉していない比較例 1 と比べて E R P が小さくなり、静粛性が向上した。ただし、板部の板厚がリム部側と比較してボス部側で大きい比較例 2 は、実施例 1 ～ 4 と比較して静粛性向上の程度が小さかった。板部の板厚がリ

ム部側の湾曲部で最大である実施例 1 ～ 4 のうち、実施例 2 ～ 4 については、特に高い静粛性向上の効果を奏することができた。実施例 2 ～ 4 は、位置 P 3 での寸法 S 3 と比較してより半径方向外側の位置 P 2 での寸法 S 2 が大きい車輪である。

[0072] 本解析により、板部全体の板厚を一律に増加させなくても、リム部側の湾曲部を増肉させることで車輪の静粛性が確保されることが確認された。すなわち、板部の延在方向に沿って板部の板厚が変化する車輪において、リム部側の湾曲部で板部の板厚を最大とすることにより、板部の剛性が効率よく向上して騒音を抑制することができる。

[0073] 本解析の結果より、位置 P 1, P 2, P 3 それぞれにおける寸法 S 1, S 2, S 3 については、 $S 1 \geq S 2 \geq S 3$ 且つ $S 1 > S 3$ を満たすことが好ましい。S 2, S 3 の関係については、 $S 2 > S 3$ であることが好ましく、 $S 3 \leq 0.9 \times S 2$ であることがより好ましい。さらに好ましくは、 $S 3 \leq 0.8 \times S 2$ である。

符号の説明

[0074] 100 : 車輪
10 : ボス部
20 : リム部
211 : 踏面
212 : フランジ
30 : 板部
31 : 湾曲部
31a : 第 1 領域
31b : 第 2 領域
313 : 頂部
314 : 基部

請求の範囲

- [請求項1] 鉄道車両用の車輪であって、
筒状のボス部と、
前記ボス部の外周側に配置されるリム部と、
前記ボス部と前記リム部とを接続する板部と、
を備え、
前記リム部は、前記鉄道車両が走行するレールの頭頂面に接触する踏面と、前記車輪の軸方向において前記踏面の一端に連続して設けられ、前記踏面から前記車輪の半径方向において外側に突出するフランジと、を含み、
前記板部は、前記リム部に連続して設けられ、前記車輪の縦断面視で前記軸方向において前記フランジの反対側に凸に湾曲し、前記半径方向において前記板部の中央よりも外側に頂部が配置される湾曲部を含み、
前記板部は、前記車輪の縦断面視で前記板部が延在する方向に沿って変化する板厚を有し、前記湾曲部において最大板厚を有する、車輪。
- [請求項2] 請求項1に記載の車輪であって、
前記湾曲部は、
前記頂部を含む第1領域と、
前記第1領域に対して前記ボス部側に配置され、前記湾曲部の基部を含む第2領域と、
を含み、
前記板部は、前記第1領域において最大板厚を有する、車輪。
- [請求項3] 請求項2に記載の車輪であって、
前記第2領域の板厚は、前記第1領域の板厚よりも小さい、車輪。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の車輪であって、
前記踏面の外径の0.72倍の直径を有し前記車輪と同軸の仮想円

筒が前記車輪と交差する位置での前記車輪の厚みを S_1 、前記踏面の前記外径の 0.66 倍の直径を有し前記車輪と同軸の仮想円筒が前記板部と交差する位置での前記板部の板厚を S_2 、前記踏面の前記外径の 0.60 倍の直径を有し前記車輪と同軸の仮想円筒が前記板部と交差する位置での前記板部の板厚を S_3 としたとき、 S_1 、 S_2 、及び S_3 は、 $S_1 \geq S_2 \geq S_3$ 且つ $S_1 > S_3$ を満たす、車輪。

[請求項5]

請求項4 に記載の車輪であって、

S_2 及び S_3 は、 $S_3 \leq 0.9 \times S_2$ を満たす、車輪。