

学位論文題名

繰返し荷重を受けるコンクリートはりのせん断挙動と
疲労設計に関する研究

学位論文内容の要旨

鉄道構造物の設計において、列車荷重の繰返しに対する疲労設計をより精度よく行うことは、安全性および経済性の面から重要な項目の一つである。鉄道コンクリート構造物の設計においても、従来から疲労に対する設計が行われていたが、それは主として曲げモーメントに対する軸方向引張鉄筋の応力度を検討するに止まっていた。

しかし、土木学会コンクリート標準示方書において、繰返しせん断力を受ける部材の疲労についても検討方法が示され、せん断補強鉄筋の疲労強度について鉄筋母材の50%に低減するとした規定がなされた。設計疲労強度を50%に低減するとした規定は、十分な試験データに基づいて定められたものではないため、実設計に取り入れるにあたって、せん断疲労に関する十分な試験データに基づいた検討を行った上で、せん断疲労設計を構築することが重要である。鉄道構造物の場合、活荷重の影響が大きく、短スパンの部材などにおいては、これを設計の重要な検討項目として取り扱う必要があるため、特に重要な課題となっている。

本論文は、鉄筋コンクリートはりのせん断疲労に関する各種試験を行い、せん断補強鉄筋の疲労強度の検討および鉄骨鉄筋コンクリートはりへの適用検討などを行い、鉄道コンクリート構造物のせん断疲労設計方法を提示するものである。本論文は、全7章から構成されている。

第1章は、序章であり、本研究の目的と背景を述べている。

第2章においては、現在の鉄道構造物等設計標準（平成4年）で規定されている鉄道コンクリート構造物の疲労設計の概要を示した。せん断補強鉄筋に対する疲労設計としては、本論文の一部成果を採り入れ、RCはり部材のせん断疲労破壊を限界状態と考えれば、せん断補強鉄筋の配置間隔による影響を考慮して、鉄筋母材の疲労強度を65%に低減して設計できることを示した。

第3章においては、ひび割れがすでに存在するせん断面に直交する鉄筋を配置し、せん断方向に繰返し載荷した場合の鉄筋の疲労性状を明らかとするとともに、特に平均応力の影響についての検討を行った。これまで、せん断補強鉄筋は曲げ加工の影響により鉄筋の疲労強度が低下するとしていたが、ひび割れ面に直交する真直ぐな鉄筋に繰返しせん断力（鉄筋に対しては局部曲げ応力）が作用する場合にも鉄筋の疲労強度は大きく低下することを示した。さらに、せん断力を受ける鉄筋に対しては、平均応力の影響を軸引張応力を受ける場合に適用するグッドマン線図を用いて評価するのは適当でないことを示した。

第4章においては、スターラップを有するRCはりのせん断疲労試験に基づき、コンクリート標準示方書の規定の妥当性の検討を行うとともに、スターラップの配置間隔に着目し、スターラップのせん断疲労設計について考察した。その結果、コンクリート標準示方書によるせん断補強鉄筋の応力度の計算値をもとに、部材のせん断疲労破壊時の繰返し回数を鉄筋母材の場合と比較すると、概ね鉄筋母材の50%に低減した疲労強度と試験結果が一致するこ

とを示した。また、スターラップの配筋間隔が密になると部材のせん断疲労破壊に至る繰返し回数が増加する傾向があり、これを鉄筋母材の疲労強度式に考慮することにより、部材のせん断疲労強度を比較的精度よく評価できることを示した。設計上、構造細目を満足することを条件に、スターラップの疲労強度を鉄筋母材の50%とするのがよいことを示した。ただし、この場合、第3章および第5章の検討結果を踏まえ、平均応力の影響を考慮しない場合の低減率として示したものである。

第5章においては、スターラップと折曲げ鉄筋を有するRCはりのせん断疲労試験に基づき、折曲げ鉄筋が併用された場合のせん断疲労設計について考察した。その結果、3章の知見をもとに平均応力の影響を検討した結果、RCはりのせん断疲労においても、平均応力の影響が小さく、平均応力の影響を考慮しないで変動応力度に対して整理した方が試験結果との適合がよいことを明らかとした。さらに、スターラップと折曲げ鉄筋を併用した部材のせん断疲労強度についても、4章と同様な方法で評価できることを示した。

第6章においては、鉄骨鉄筋コンクリートはりのせん断疲労試験に基づき、充腹型の鉄骨とスターラップの繰返し荷重下での応力度変化に着目して、SRCはりのせん断疲労設計について考察した。その結果、繰返しの増加により、コンクリートの負担せん断力は減少するが、その減少分を鉄骨とスターラップの両方で分担することを明らかとした。また、鉄骨およびスターラップの繰返しに伴う応力度の算定方法として、鉄筋コンクリートはりの算定式を基本に鉄骨鉄筋コンクリートはりへ拡張した算定式を提示するとともに、試験値との検証を行い鉄骨およびスターラップの応力度を比較的精度よく推定できることを示した。

第7章は、終章であり、各章の主たる結果をとりまとめるとともに、鉄道コンクリート構造物のせん断疲労設計方法を提示した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	角田	興史雄
副査	教授	佐伯	昇
副査	教授	城	攻
副査	助教授	上田	多門

学位論文題名

繰返し荷重を受けるコンクリートはりのせん断挙動と 疲労設計に関する研究

鉄道構造物では全荷重に占める列車荷重の割合が大きく、かつその作用頻度が大きいいため、その設計において疲労限界状態は重要な検討項目の一つとなっている。本研究は、繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリートおよび鉄骨鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷挙動および疲労強度について実験的に検討し、実用的な設計法を提案したものである。

はじめに、コンクリートひび割れ面のせん断伝達の繰返し作用を受ける場合の疲労挙動について実験的に検討し、最近の設計規準では、鉄筋の曲げ加工部における疲労強度が母材に比べて大きく低下することは考慮されているが、真っ直ぐな鉄筋であっても、せん断伝達の繰返し作用を受ける場合には、局部曲げの影響により鉄筋の疲労強度が大きく低下することを明らかにするとともに、修正グッドマンの仮説が成立しないことを示し、新たな疲労強度式を提案している。

次に、せん断補強鉄筋としてスターラップのみを用いた鉄筋コンクリートはりの疲労挙動について実験的に検討し、スターラップの量が一定であってもその配置間隔が密なほど疲労寿命が大きくなることを明らかにするとともに、実用上は平均引張応力の大きさに関係なく母材の疲労強度の50%としてよいことを示し、繰返し荷重下におけるスターラップとコンクリートとの間の応力再分配に対する上田式と組み合わせる新たな疲労設計法を提案している。

また、せん断補強鉄筋としてスターラップと折曲げ鉄筋を併用した鉄筋コンクリートはりの疲労挙動について実験的に検討し、折曲げ鉄筋の疲労強度に対してその配置間隔がスターラップの配置間隔と同様に影響をもつことを明らかにするとともに、折曲げ鉄筋の疲労強度についても平均引張応力の大きさに関係なく母材の疲労強度の50%としてよいことを示し、その実用的な疲労設計法を提案している。

さらに、鉄骨鉄筋コンクリートはりのせん断疲労挙動について実験的に検討し、斜ひび割れ発生前には鉄骨部分と鉄筋コンクリート部分とは、それらの曲げ剛性の比に応じたせん断力の分担をするが、斜ひび割れ発生後のせん断力増加量に対しては、鉄骨はトラス理論による斜引張材としてのせん断力分担を行うこと、荷重繰返しに伴ってコンクリートが受け持つせん断力が減少し、その減少分を鉄骨とスターラップの両者が分担することを明らかにするとともに、これらの挙動を考慮した新しい疲労設計法を提案している。

これを要するに著者は、繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリートおよび鉄骨鉄筋コンクリートはりのせん断耐荷挙動について研究し、コンクリート、せん断補強鉄筋、および鉄骨のせん断力分担挙動やせん断補強鉄筋の疲労強度などに関して多くの新知見を得るとともに、実用的な疲労設計法を提案したもので、構造工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。