

疲労

コンクリート構造物

耐力より小さな荷重でも、何千回、何万回と繰り返し荷重がかかることにより、構造物が痛んでくる現象で、コンクリート構造物だけでなく、あらゆる構造物で発生します。

問題になることが多いのが道路橋で、車両の走行による活荷重を繰り返し受けることにより、床版のひび割れが生じている事例が見られています。

部材自体の強度を上げれば問題ないのですが、経済的に不利になったり、上部工が重くなったりしてしまうため、簡単にはいきません。

最近では、新材料の導入により、軽くて疲労耐久性の高い構造物が利用され始めている事例もあります。

鋼橋

疲労現象は、ある材料が静的強度以下の応力であっても、繰り返し作用を受けることにより破壊に至る現象です。特に鋼材では、比較的低い応力を繰り返し受けると微細な亀裂が発生し、応力集中により亀裂が徐々に進展し安定成長します。最終的には、応力集中した部分が静的強度を超えて破壊に至ります。しかし一般に、鋼橋に生じる応力の大きさは鋼材の静的強度に比べてかなり小さい場合が多いです。よって微少な疲労亀裂の発生が部材や構造物全体の崩壊に直ちに繋がるものではなく、亀裂発生を早期に発見し、初期段階で対策を講じることにより、構造物全体の安全性を確保することができます。

疲労に大きく影響する要因は、繰り返される応力の変動幅と繰り返し回数です。応力範囲と疲労寿命の関係は両対数で直線を示すことが知られています。この関係を材料の疲労試験より求めて疲労設計に反映しているが、得に継手部分に対しての検討が詳細に行われます。すなわち継手部分などの複雑な形状をもつ部分は、応力集中しやすく、得に疲労損傷の影響を受けやすいといえます。また溶接部分も疲労損傷を受けやすく、溶接欠陥や鋼材の残留応力なども疲労破壊に大きな影響を及ぼす要因です。鋼材の疲労強度は高強度鋼になるに従い向上するが、溶接継手部の疲労強度は使用する鋼材の静的強度にほとんど関係せず、継手の形式によっては高強度鋼の方が低くなる場合もあります。

鋼橋において確認されている疲労損傷の多くは、二次部材の接合部に発生しています。これらの損傷は、一般的な設計手順では計算対象外となる部分に、応力集中、面外変形、二次応力などが重複して発生することが主な原因となっています。

鉄道橋では、比較的設計荷重に近い荷重が繰り返し载荷されるため、部材の疲労損傷を重要な限界状態の一つとして設計が行われます。鉄道構造物設計標準では、各種継手について分類を行い、それぞれについて疲労設計許容応力を定めています。また疲労検算を行っている鉄道橋の主要部材については、疲労損傷が発生した事例はほとんどありません。

また文献7)では、道路橋に関して疲労の主な原因は活荷重であり、あるレベル以下の応力範囲は疲労損傷に対して影響が小さいこと、また疲労損傷が応力範囲の3乗とその繰り返し数に比例することなどを勘案し、疲労損傷に関する重要事項として以下の点を指摘しています。

- ・トラックの通行台数が重要なこと。
- ・トラックの重量が2倍であれば被害が8倍（2の3乗）になること。
- ・死荷重と活荷重のバランス、影響線の長さから、短い橋梁ほど疲労が激しくなること。
- ・長い橋梁については、主部材に疲労の問題は少なく、床組に注意すべきこと等。

さらに疲労の原因を、特に過積載のトラックによる活荷重であると指摘し、どの程度の重量のトラックが何台程度走っているか知ることが、疲労損傷を考える上で重要であると指摘しています。