

愛知発明賞

「橋梁など鉄鋼の金属疲労亀裂補修工法」

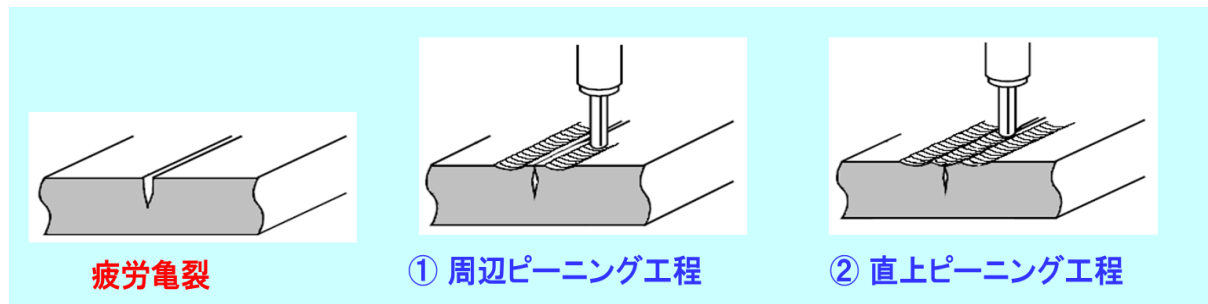
(特許 第 4441641 号)

山田 健太郎 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 名誉教授
石川 敏之 学校法人関西大学 環境都市工学部 准教授

①応募発明等の概要

従来の橋梁など鉄鋼の金属疲労亀裂補修工法として、溶接工法や当て板工法があった。しかし、これらの工法は施工コストが高い、施工時間が長いなどの課題があった。そのため、低コスト、短時間で施工可能な金属疲労亀裂の補修工法が求められていた。

本発明の金属疲労亀裂の補修工法（Impact Crack Closure Retrofit Treatment 工法。以下、ICR工法）は、市販の安価な工具を用い、疲労亀裂の両側を叩いてその部分に塑性変形を生じさせて、亀裂を閉じる工法である。破壊力学の基礎理論から、荷重によって亀裂が開かない状況を整えると、それ以上の疲労亀裂の進展を遅延、あるいは停止させることができる。ICR工法では、さらに直上を叩くことで、効果を向上させている。従来の溶接補修や当て板を高力ボルト接合するに比べて、必要な電源等の大型設備が不要で、簡便・短期間・低コストでの金属疲労亀裂の補修施工が可能になった。



②従来発明等の課題と開発ニーズ

国土交通省の調査によると、全国には約72万橋の道路橋があり、そのうち建設後50年を経過した橋の割合は、2019年時点で約27%、2029年には52%に増加する。いわゆる社会インフラの劣化と早急な対策が喫緊の課題になっている。道路橋では、5年ごとに定期点検を行って、安全性を確認している。道路橋全体の約4割を占める鋼橋は、点検の過程で腐食や疲労損傷が進行していることが分かってきた。また、道路橋を管理する市町村では、予算や技術者不足で対応が間に合っていない。特に疲労損傷は放置すると橋全体の破壊につながることもあるが、従来の疲労亀裂の補修工法（溶接工法や当て板工法）は、高コストで施工時間も長く、場合によっては交通規制を伴うため、必要な補修・補強が追い付いていないのが現状である。そのため、発明者らが開発したような、低コストかつ短期間・少人数で施工可能な疲労亀裂の補修工法が待たれていた。

工法	ストップホール工法	溶接工法	当て板工法	ICR工法
概要				
補修効果	(×) 進行をストップするだけで、強度は回復しない	(△) 強度がある程度回復する	(◎) 元の強度以上になる	(○) 強度は十分回復する
工事単価	(○) 比較的安価	(△) やや高価	(×) 高価	(◎) 安価
施工容易性	(○) ドリルで孔をあけ、縁を仕上げるだけ	(△) 溶接時に振動制限が必要	(×) 疲労亀裂の反対側にナット設置が必要	(◎) エアーツールで打撃するだけ
施工時間	(○) ドリルで孔あけ、縁を仕上げるだけの短時間施工	(△) 溶接作業前に施工部の加工など準備に時間が必要	(×) 孔あけ、板の形状加工など、長時間施工	(◎) エアーツールで打撃するだけの短時間施工
交通規制等	(×) 交通規制・通行止めが必要			(◎) 交通規制等が不要

③応募発明等の特徴

従来工法では、疲労亀裂の補修・補強には、溶接補修や高力ボルト摩擦接合を用いた当て板工法が用いられた。そのため、溶接機や大型電源が必要であり、溶接材や当て板用の鋼板の準備が必要となる。ICR工法では安価なフラックスチッパーと小型エアコンプレッサー、小型電源で施工できるため、設備費が安価である。

疲労亀裂の側面を市販の簡単な工具（フラックスチッパー）で叩いて塑性変形させるICR工法は、施工が簡単である。その確実な施工にあたっては、作業者に対する半日程度の講習と技能実習が望ましいが、従来工法に比べて施工時間も圧倒的に短くなり、少人数で施工できるメリットがある。

塑性変形によって閉じた亀裂が外力によって開口しなければ、亀裂進展が遅延、あるいは停留することは、亀裂の力学である破壊力学で理論的に説明される。実際に鋼橋で発生した疲労亀裂を対象とした疲労試験では、疲労亀裂を発生させた後にICR工法で施工した場合、道路橋示方書の疲労強度等級で、1等級以上、あるいは2等級以上の耐久性を持つことが判明している。疲労強度等級が1等級改善されることは、疲労寿命では2倍、2等級の改善は、疲労寿命では4倍の改善に相当する。すなわち、鋼橋に生じた疲労亀裂の補修・補強にICR工法を適用すると、残存寿命が大幅に改善されることになる。

