ＱＰＣＪ敷設後の経年変化の検証

㈱レールテック　正会員　○上西　大樹　　西日本旅客鉄道株式会社　正会員　田淵　剛
㈱レールテック　冨田　敏彦　　㈱レールテック　正会員　山口　義信

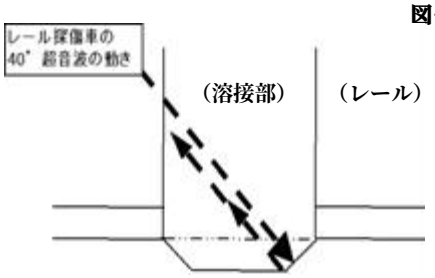
１．目的

西日本旅客鉄道株式会社では，H15 年度よりレール溶接（テルミット溶接）の一手法であるＱＰＣＪ溶接法（以下，ＱＰＣＪと略称する．図－1 参照）を試験導入し，湖西線・東海道本線の一部に敷設している．本稿では，ＱＰＣＪ溶接部の試験導入において発生した課題と対策，敷設後の頭頂面の硬度，凹凸状態の経年変化の調査結果について述べる．

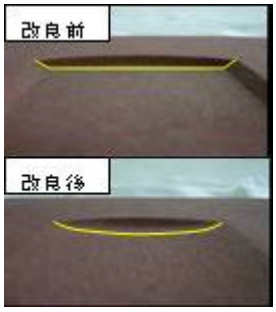
図－１　ＱＰＣＪ施工中の様子

２．ＱＰＣＪ溶接部に発生した課題と対策

ＱＰＣＪの特徴の一つとして，モールドの 3 分割方式が挙げられ，底部モールドは個別に取り付けて施工することになっている．この底部モールドはＧＳＷ（ゴールドサミット溶接）のそれと違い，当初試験導入された段階では余盛形状が台形になっており，レール探傷車の 40°探触子が反射エコーを検知し，傷として出力する事象が発生した（図－2 参照）．そこで，レール探傷車のＢスコープ画像を解析し，底部余盛の隅角部付近の反射エコーであることを特定し，底部モールド余盛形成部の形状変更を行った（図－3 参照）．その結果，40°探触子を使用した探傷において反射エコーの検出高さは 12%以下に抑えられ，レール探傷車には出力されない結果となった（表－１参照）．



図－２　ＱＰＣＪ溶接部の底部余盛形状と超音波の動き



図－３　底部モールドの改良

表－１　底部モールド改良後の超音波探傷試験結果

施工箇所	口数	感度		検出エコー高さ	探傷車による走行試験結果※
向日町構内 支所２番線	2 口	45°	54.6dB	3～7%	検出なし
		40°	36.0dB	7～9%	
山崎～高槻 531k910m付近	2 口	45°	54.4dB	10～12%	検出なし
		40°	36.0dB	7～11%	
西大路構内 516k150m付近	2 口	45°	54.4dB	17%	検出なし
		40°	―――	―――	
近江今津～近江中庄 58k130 付近	2 口	45°	56.4dB	17%	検出なし
		40°	36.0dB	7～9%	

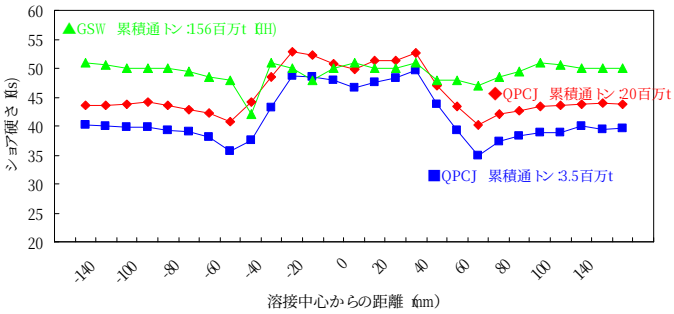
３．ＱＰＣＪ溶接部の敷設後の状態

先に述べたＱＰＣＪを敷設した線区は，施工後１年～4 年経過しており，そのレール頭頂面状態等を調査した．その結果を次に示す．

（１）レール頭頂面の硬度分布

図－４に普通レールにおける頭頂面中央線上で測定したショア硬さを示す（溶接口数 13 口の平均）．尚，測定間隔は 10mm ピッチとした．また，GSW の硬度分布も併せて示した．

今回の調査したＱＰＣＪは累積通トン 20 百万 t 程度であるが，硬度分布の変化は 3.5 百万ｔ～20 百万ｔの時に，母材から溶接金属部にわたっての硬度は Hs=4～6 程度硬化する傾向を示す結果となった．尚，20 百万ｔのＱＰＣＪの硬度は累積通トン 156 百万ｔのＧＳＷよりやや高い傾向となった．



図－４　頭頂面の通トンによる硬度分布の変化

（２）各部位の硬度の経年変化

図－5 に溶接中心，溶接金属とレール母材の境付近（±30mm と表示），軟化部（±50mm と表示）における硬度の経年変化を示す．このデータは溶接口数 13 口の平均，平均±１σの値を示す（累積通トン 20 百万 t）．また，高通トン線区における同部位の結果を図－6 に示す（データ数 1 口，累積通トン 200 百万 t）．

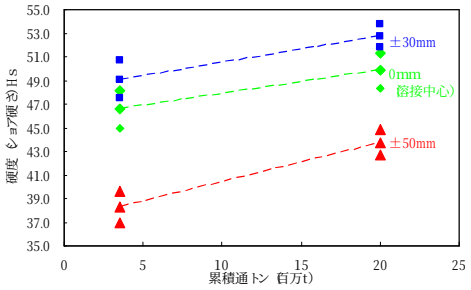
図－５より累積通トン 20 百万 t 程度では，溶接中心及び溶接金属と母材の境界付近は Hs=3 程度，軟化部においては Hs=5 程度増加する傾向を示した．また，図－6 より累積通トン 200 百万 t 時には溶接中心及び溶接金属と母材境界は Hs=8～9，軟化部においては Hs=10 程度増加することが確認された．

キーワード　テルミット溶接，底部モールド，レール探傷車，累積通トン
連絡先　〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5 丁目 4－20　中央ビル 5F　㈱レールテック　溶接技術部　TEL　06－6889－2872

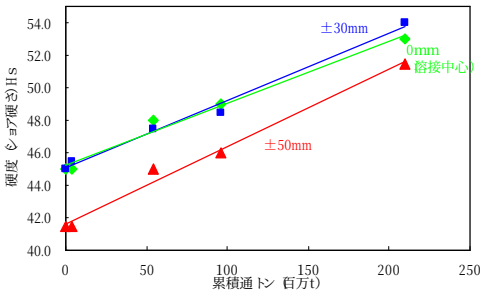
（３）レール頭頂面凹凸状態

図－7にＱＰＣＪ溶接部頭頂面（Ｌ＝1.0m）の通トンによる状態の変化を凹凸の状態別に示す．

累積通トン 20 百万 t を経た凸型の頭頂面の変化量の平均値は-0.10mm（1m弦）であり，凹型の変化量の平均値は-0.18mm となった．このことから，レール溶接施工後の溶接部仕上げ時（削正作業）に凹型の仕上りとなった場合は，その後の列車通過により，凸型の仕上りの溶接部よりも落込みが多くなる傾向が確認された．



図－５　溶接中心からの各距離における硬度の変化

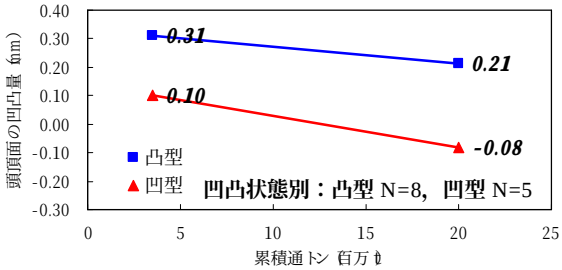


図－６　溶接中心からの各距離における硬度の変化（高通トン線区）

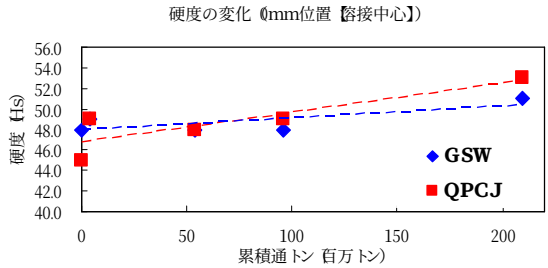
（４）ＱＰＣＪとＧＳＷの頭頂面の硬度の比較

図－8(1)～(3)に年間通トン約 50 百万ｔ，累積通トン約 200 百万ｔの施工現場，施工条件，施工時間が同一であるＱＰＣＪとＧＳＷの硬度の変化を比較したものを示す．（口数各１口）

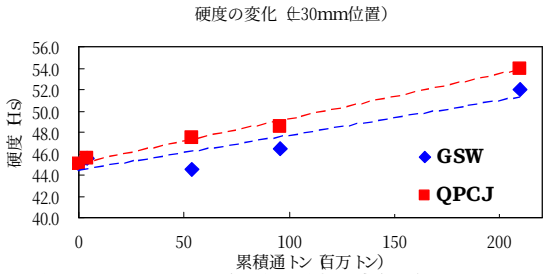
溶接中心における硬度は，施工直後ＱＰＣＪ，ＧＳＷの差異は少ないが，累積通トン 200 百万ｔ時にはＱＰＣＪの硬度が上回っている傾向を示した．また，±30，50mm 位置においても同様の傾向を示していることが認められた．



図－７　レール頭頂面の通トンによる凹凸状態の変化



図－８(1)　溶接中心の硬度の変化（QPCJ・GSW）



図－８(2)　±30mm 位置の硬度の変化（QPCJ・GSW）

４．まとめ

以上の調査結果から以下のことが挙げられる．

（１）底部モールドの形状によりレール探傷車の出力結果が傷として検知されたケースは，形状の改良を施した結果解消された．

（２）レール頭頂面の硬度の経年変化は，累積通トン 20 百万ｔ弱で Hs＝4～6 程度硬化する．また硬化したＱＰＣＪの溶接金属部はＧＳＷと比較し若干高いことが認められた．

（３）溶接中心，溶接金属と母材との境界付近，軟化部付近における硬度の経年変化は累積通トン 20 百万ｔ弱で Hs＝3～5，200 百万ｔで Hs＝8～10 程度硬化することが確認された．

（４）ＱＰＣＪ溶接部頭頂面の凹凸状態は仕上げ段階の形状により偏りが有り，累積通トン 200 百万ｔ時に凸型で 0.10mm，凹型で 0.18mm 程度の落込みが生じる事が確認された．

（５）ＱＰＣＪとＧＳＷの硬度の比較結果は，軟化部で差異が大きくなる傾向にあり累積通トン 200 百万ｔ時において Hs＝4 程度あることが確認された．

５．おわりに

本稿では，ＱＰＣＪ試験導入後の課題とその対策，また施工後の硬度および凹凸状態等における経年変化の調査結果について述べた．今後もＱＰＣＪの品質状態についてトレースしていく所存である．本研究を進めるに当たり，（株）全溶，住友商事（株）には多大なる協力を得て実現することができた．ここに紙面をお借りして謝辞を述べる．

参考文献

・レール溶接部検査マニュアル（西日本旅客鉄道株式会社　鉄道本部　施設部　2001.5.14）
・ＱＰＣＪテルミット溶接施工方法（住友商事株式会社　2003.7）　他