

ガス圧接継手を機械式継手に変更する場合の検討方法について

(独)鉄道・運輸機構 正会員 ○朝長 光
(独)鉄道・運輸機構 正会員 進藤 良則

1. はじめに

鉄道コンクリート構造物は、耐震設計で考慮すべき地震力の増大にともない、配置される鉄筋量は増加してきた。特に、営業線と近接する構造物や鉄道の代表的な構造形式であるラーメン高架橋のようにスレンダーな部材が求められる構造物の軸方向鉄筋では太径鉄筋が多用される傾向にある。鉄道・運輸機構における鉄道鉄筋コンクリート構造物においては、D29以上の鉄筋の継手はガス圧接が基本とされ広く用いられているが、近年の生産性向上や工程短縮の観点からガス圧接継手を機械式継手に変更する事例が増えている。しかしながら、設計と異なる継手へ変更する場合には、部材性状、応力性状、継手の信頼度、継手の集中度などから検討を実施する必要がある。鉄道・運輸機構においても日本鉄筋継手協会の鉄筋継手工事標準示方書¹⁾や土木学会発行の鉄筋定着・継手指針²⁾(以下、継手指針)を参考にしながら検討を行ってきた。本稿では、鉄道・運輸機構における継手の検討方針について紹介する。

2. 継手の変更方針

2.1 一般部位中のガス圧接継手を機械式継手に変更する場合

継手の検討方針は、図-1および表-1に示すとおり継手配置箇所、継手等級、集中度、施工及び検査の信頼度によって異なる。機械式継手を設ける際には、安全性(断面破壊)、安全性(疲労破壊)、耐震性、使用性、耐久性に配慮する必要がある。ここで、使用性および耐久性については、一般的な使用範囲においては鉄筋のかぶりや細目などを満足することで継手の部材に与える影響は小さいため照査を省略できるものとし、安全性および耐震性に着目して表-1に示すとおり検討を行うこととしている。ここで、手動・自動ガス圧接継手は、継手指針に従い、単体性能および信頼度をそれぞれSA級、II種と定めている。また、機械式継手に置き換える場合、塑性部以外で疲労の影響のない部材においても地震により決定する部材では、種々の機械式継手の品質や性能にばらつきがあるため、過渡期である現段階においては検査のレベルを1とした。

(1) 継手の引張降伏強度の設計値

継手の引張降伏強度の特性値 f_{jk} は、継手指針に従い、母材の引張降伏強度 f_{yk} に次式の材料修正係数 ρ_{mj} を考慮することとした。

$$f_{jk} = \rho_{mj} \cdot f_{yk}$$

ここで、鉄道・運輸機構では、継手単体性能がA級継手以上の継手しか用いないことから、材料修正係数は表-2に示すとおり $\rho_{mj} = 1.0$ であり継手の影響を考慮しない。

(2) 継手の引張疲労強度の設計値

継手の引張疲労強度の設計値 f_{jrd} も継手指針に従い、引張

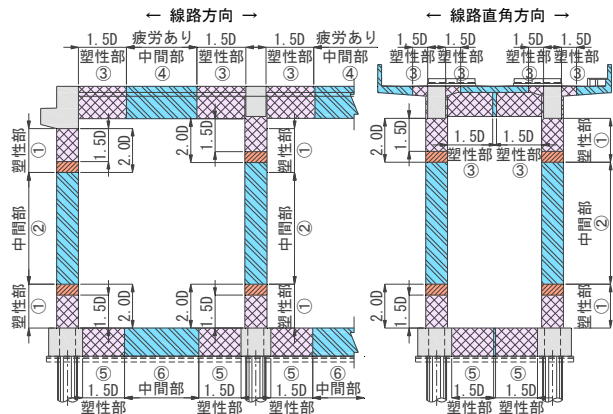


図1 ラーメン高架橋における継手位置の分類
表1 継手位置とガス圧接継手および機械式継手の関係

位置 No.	継手位置		手動・自動 ガス圧接継手		機械式継手に求められる性能区分				検討項目		
			単体 性能	信頼度	単体 性能	検査 レベル	施工 レベル	信頼度	安全性 断面破壊	安全性 疲労破壊	高応力 繰返し
①③⑤	塑性ヒンジ部		—	—	SA 級	1	1	I 種	検討	—	検討
④	塑性ヒンジ部以外	疲労あり	SA 級	Ⅱ 種	A 級	1	2	I 種	検討	検討	—
②⑥	塑性ヒンジ部以外	疲労なし	SA 級	Ⅱ 種	A 級	1	2	I 種	検討	—	—
地震で決定しない部材や副部材など			SA 級	Ⅱ 種	A 級	2	2	Ⅱ 種	—	—	—

キーワード ガス圧接継手、機械式継手、疲労強度、塑性部
連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 (独)鉄道建設運輸施設整備支援機構 TEL045-222-9082

降伏強度の表-3 に示す低減係数 α を考慮して以下のようにして求める。

$$f_{jrd} = \alpha \cdot f_{jrk} / \gamma_s$$

ここで、鉄筋継手の疲労強度の特性値 f_{jrk} は、母材の設計疲労強度 f_{srd} に疲労強度の低減率 β を乗じて算出する。 β の値については、鉄筋継手部の疲労試験方法 (JSCE-E 501-2013) に

よって求めることとした。具体的には、図-2 に示すように、継手の疲労強度は鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物³⁾で示される異形鉄筋母材の完全片振り時の引張疲労強度に安全率 1.2 を乗じた S-N 線に対して実験値を比較し、その比率を低減率とする。ここで、安全率 1.2 を乗じるのは、RC 標準に示される引張疲労強度は、母材の疲労試験結果の 95%信頼限界であるため⁴⁾、母材強度の平均値に対して機械式継手の疲労試験結果を比較するためである。なお、ガス圧接継手の場合の低減率 β は 0.7、機械式継手や溶接継手で実験に抛らない場合は 0.5 とした。

2.2 塑性ヒンジ部に機械式継手を設ける場合

鉄道・運輸機構では設計段階において、塑性ヒンジ部や断面変化部などの応力の大きい箇所には設計段階でガス圧接継手を設けないことを原則としているが、種々の理由により橋脚基部の高応力繰返しを受ける塑性ヒンジ部において機械式継手を設けざるを得ない事例もある。高応力繰返し作用を受ける塑性ヒンジ部に継手を設ける場合は、表-4 に示すとおり継手単体性能と信頼度および集中度に応じて照査方法を変えることとなる。整備新幹線建設工事において、工期短縮のために橋脚の塑性ヒンジ区間の D51 鉄筋に SA 級 I 種のモルタルスリーブ継手を集中度 1/2 より大の割合で配置した際には、図-3 に示す 1/6.25 縮小模型による正負交番載荷実験による検証を行った。実験では、継手の有無により比較するのではなく、継手を有する供試体が設計で想定する骨格曲線よりも安全であることを確認することとした (図-4)。なお、機械式継手を設けることにより耐力が向上することを考慮し、実験結果を受けて、落橋防止装置である鋼角ストッパーおよびその周辺について見直しを行っている。

3. おわりに

本稿では主に機械式継手を対象に位置、等級、信頼度、集中度などを考慮した継手部の検討方針を紹介した。今後も機械式継手の使用は増え続けると考えられるため、設計や実験による検討だけでなく継手に係る工事の監理のあり方についても配慮して生産性向上に努めていく。

参考文献 1) 公益社団法人日本鉄筋継手協会：鉄筋継手工事標準仕様書 ガス圧接工事、機械式継手工事，2017. 2) 土木学会：コンクリートライブラリー156 鉄筋定着・継手指針，2020.3. 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，丸善，2004. 4) 吉田幸司，鎌田卓司，谷村幸裕，佐藤勉：高繰返し回数での異形鉄筋の疲労強度に関する一考察，コンクリート工学論文集，Vol.25，No.2，2003.

表-2 継手の材料修正係数 ρ_{mj}

継手特性の等級	継手単体
SA 級	1.0
A 級	1.0

表-3 引張降伏強度の低減係数 α

継手の信頼度	継手の集中度	
	1/2 以下	1/2 より大
I 種	1.0	1.0
II 種	0.9	0.8

表-4 高応力繰返し特性の照査方法 (軸方向鉄筋)

継手の信頼度	継手特性の等級	継手の集中度	
		1/2 以下	1/2 より大
I 種	SA 級	f_{jk} / γ_s を用いて照査	実験・解析などによる照査
	A 級	実験・解析などによる照査	
II 種	SA 級	f_{jk} / γ_s と $0.9f_{jk} / \gamma_s$ の両方で照査	実験・解析などによる照査
	A 級	実験・解析などによる照査	

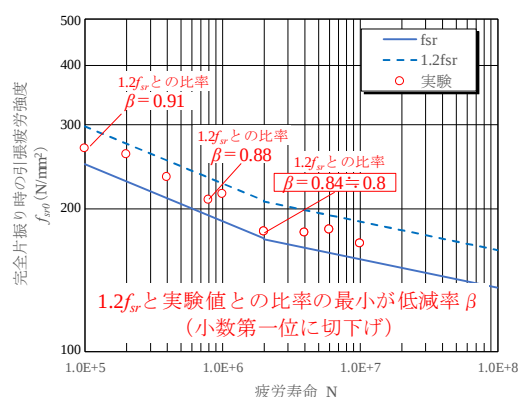


図2 疲労強度の低減率

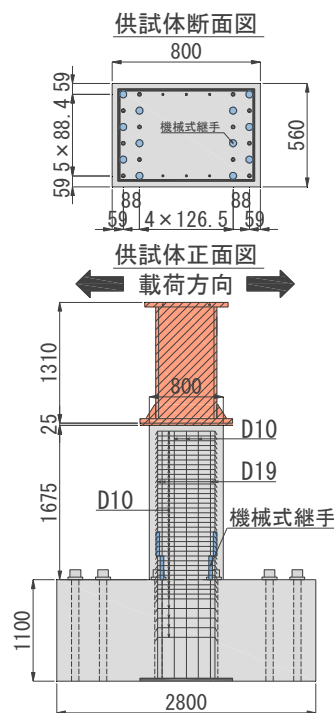


図3 実験概要図

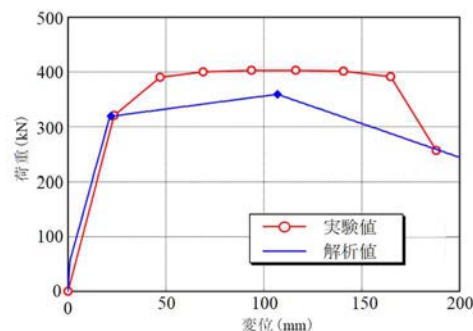


図4 骨格曲線の比較