

鉄道構造物における機械式鉄筋定着工法のせん断補強鉄筋への適用について

鉄道・運輸機構 正 西 恭彦、朝長 光、石川太郎、玉井真一

1. はじめに

コンクリート部材に配置されるせん断補強筋には、地震の影響等で軸方向鉄筋の降伏が想定される部材の軸方向鉄筋の座屈抑制や内部コンクリートの拘束を目的とした帯鉄筋を兼ねているものがある。近年、生産性向上の観点からせん断補強鉄筋に、フックを定着体に置き換えた機械式鉄筋定着工法の導入が検討されることがある¹⁾。道路橋示方書²⁾では、複数の帯鉄筋を組み合わせる場合、直線状の中間帯鉄筋の両端にフックまたは定着体を設けて最外縁の帯鉄筋または配力鉄筋にかける配筋を原則としており、コンクリート標準示方書³⁾にもやむを得ない場合の配筋手法として示されている。この場合は、中間帯鉄筋のフックをそのまま定着体に置き換えることができる(図-1)。一方、鉄道構造物等設計標準 コンクリート構造物(以下「コンクリート標準」)⁴⁾では、中間帯鉄筋も横拘束鉄筋として軸方向鉄筋を取り囲んで配置する(図-2)ことを前提に耐震性能を照査することとしているため、機械式鉄筋定着工法を適用する場合、単純に図-1のような配筋に変更することができない。ここでは、鉄道構造物への機械式鉄筋定着工法の適用の検討経緯と今後の課題について述べる。

2. 鉄道構造物のせん断補強筋への機械式鉄筋定着工法適用の検討

機械式鉄筋定着工法の適用を前提に図-2のような閉合型のせん断補強鉄筋を直線状の中間帯鉄筋に変更する場合の問題点として、元の配筋の最外縁の鉄筋が配力鉄筋またはせん断補強鉄筋であるため図-1のように中間帯鉄筋で配力鉄筋を拘束するとかぶりをおかしてしまうこと、鉄道構造物等設計標準では耐震設計の変形性能をせん断補強鉄筋で軸方向鉄筋を拘束している配筋を前提としていることがある。よって、直線状の中間帯鉄筋をせん断補強鉄筋として使用する場合のフックまたは定着体は、軸方向鉄筋にかけて拘束することとし、これらの配筋の変更によるせん断耐力や変形性能への影響を確認するため、スラブのせん断破壊試験⁵⁾、壁の交番載荷試験⁶⁾を行った。試験にあたっては、スターラップ状の閉合型中間帯鉄筋を配置した試験体と、直線状の中間帯鉄筋とし片方を半円形フック、もう片方を定着体とした試験体とを比較した。なお、閉合型中間帯鉄筋で軸方向鉄筋にフックがかかっている位置にそのまま直線状の中間帯鉄筋を配置すると、一部の軸方向鉄筋は中間帯鉄筋での拘束が全くない状態になるため、直線状の中間帯鉄筋は拘束の間隔が均等になるよう図-3のように配置をずらすこととした。

試験の結果、直線状の中間帯鉄筋を適用した試験体は、スターラップを使用した試験体と比較して、せん断耐力と曲げ耐力にいたるまでの変形性能は同程度であった。よって、平成11年版の鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(以下「耐震標準」)⁷⁾における要求性能がL1地震動に対して耐震性能Ⅰ(復旧性)、L2地震動(発生する確率は低いが非常に強い地震動)に対して重要度の高い構造物は耐震性能Ⅱ(復旧性)、その他は耐震性能Ⅲ(安全性)であるこ

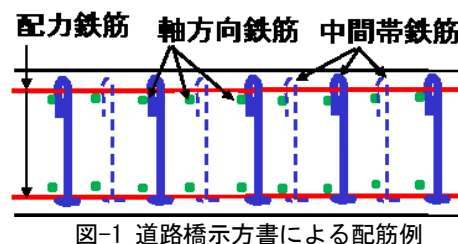


図-1 道路橋示方書による配筋例

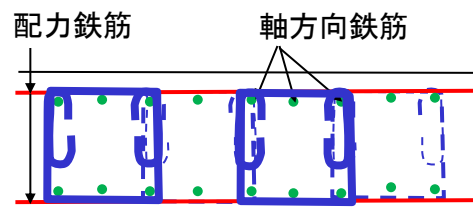


図-2 鉄道構造物の一般的な配筋例

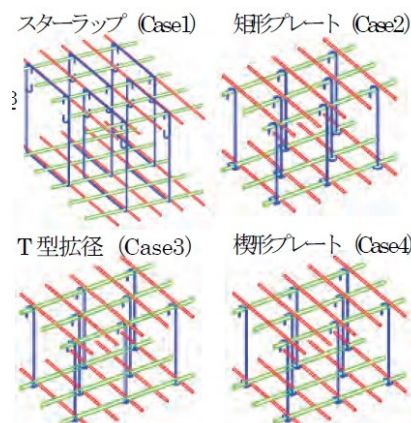


図-3 スターラップおよび定着体を使用した試験体の配筋例⁵⁾

キーワード 機械式鉄筋定着工法、鉄道構造物、耐震、構造設計、新材料・新工法(構造)、施工技術
連絡先 〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 横浜アイランドタワー・電話 045-222-9081・FAX: 045-222-9102

とをふまえて、施工段階で機械式鉄筋定着工法を適用した直線状の中間帯鉄筋に変更する場合は、原則として次のような取扱とした。1)壁またはスラブ状の構造物に適用とする。2)疲労の影響が支配的な部材に適用する場合は、定着体を使用した部材の耐疲労性を検討の上使用する。3)耐震部材への適用は、耐震標準を参考にして、構造物の重要度ごとに設定された耐震性能に応じて変形性能を確保する観点から配筋上の検討を行い、一定の損傷レベルの範囲内で使用する（表-1）。1)については、ラーメン高架橋や橋脚などの構造物で塑性化させてエネルギー吸収を図る部材への適用は避けることとした。3)については、断面力が部材の曲げ耐力に達する損傷レベル2を超える範囲の変位に対しては、変形性能の影響が大きいため、耐震性能Ⅱ（復旧性）を要求する重要度の高い構造物は、損傷レベル2までの使用に制限することとした。また、変形性能を確保する配慮として、図-2の配筋から変更する場合は、図-4のように中間帯鉄筋で軸方向鉄筋を直接拘束し、全ての軸方向鉄筋が拘束されるように必要により1列ごとにずらした配置とすることとした。

3. 耐震基準改訂への対応

耐震標準は平成24年に改訂され⁸⁾、L2地震の定義が最大級の地震動とされ、安全性が要求されることとなった。また、重要構造物については平成11年版設計標準のL2地震動と同程度の復旧性を検討するための設計地震動に対して、引続き復旧性を要求することとされている。平成24年版耐震標準で設計した構造物に、機械式定着の適用をする場合は、平成11年版により設計された構造物と同程度の耐震性能を確保することを考慮して、耐震部材への適用は表-2の方針を考えている。

4. 鉄道構造物への適用の課題

開削トンネルやトンネル覆工RCについては、中間帯鉄筋を図-2のような配筋とすると地山等の支障により、工事着手後に図-4のように変更することが多いが、当初の閉合型のせん断補強鉄筋に比較すると、軸方向鉄筋の拘束間隔が広くなるため耐震性能が低下するおそれがある。あらかじめ図-1のような配筋としていれば、配力鉄筋により間接的に軸方向鉄筋が拘束される効果が期待できるが、耐久性の観点で最外縁の鉄筋のかぶりを同等とすると軸方向鉄筋の有効高さが小さくなり曲げ耐力に影響がある。また、照査の前提となる配筋の構造細目が異なるため、コンクリート標準で想定されている変形性能と同等であるかについては、同種の配筋の交番載荷試験等の結果により検証する必要がある。

参考文献 1)機械式鉄筋定着工法技術検討委員会：機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン、2016、2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅳ 下部構造編、2017、3)土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】、2018、4)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物、2004、5)進藤・小林・杉浦：機械式定着工法を用いたせん断補強鉄筋のせん断耐力の検討、土木学会第63回年次学術講演会、2008、6)小林・山東・進藤：機械式定着工法を用いたせん断補強鉄筋の耐震性能の検討、土木学会第63回年次学術講演会、2008、7)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、1999

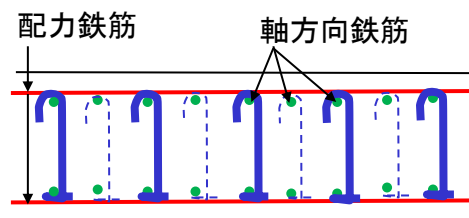


図-4 機械式定着の適用例

表-1 機械式鉄筋定着工法の耐震部材への適用

	部位の損傷レベル			構造物の要求性能	
	1	2	3	重要度高	その他
耐震性能Ⅰ	◎	△	△	L1地震動	L1地震動
耐震性能Ⅱ	◎	※	×	L2地震動	△
耐震性能Ⅲ	◎	※	※	△	L2地震動

◎：せん断補強筋を置き換える形で使用可

※：変形性能を確保する観点から配筋上の検討を行ったうえで使用

×：使用不可

表-2 耐震部材への適用（平成24年版耐震標準）

	部位の損傷レベル			構造物の要求性能	
	1	2	3	重要度高	その他
復旧性	◎	※	×	復旧性検討用地震動	△
安全性	◎	※	※	L2地震動	L2地震動

◎：せん断補強筋を置き換える形で使用可

※：変形性能を確保する観点から横拘束鉄筋としての配筋上の検討を行ったうえで使用可

×：使用不可