

鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物・令和5年） に基づく支承部の試設計

鈴木 瞭* 轟 俊太郎*
中田 裕喜* 渡辺 健*

Trial Design of the Bearing Applying the Revised Standard for Railway Concrete Structures

Ryo SUZUKI Shuntaro TODOROKI
Yuki NAKATA Ken WATANABE

Based on previous research, the formulas and values in the Design Standard and Commentary for Railway Structures (Concrete Structures) have been revised. In this report, we compare bearing designed based on the revised standard (published in 2023) with those designed based on the current standard (published in 2004). Consequently, this comparison reveals the influence of the updating formulas on the strength of the embedded part of stopper at girder and of the revision of the design value on concrete shrinkage and creep, durability, etc.

キーワード：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）、支承部、試設計

1. はじめに

「鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）」の通達（令和4年12月）に伴い、「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」¹⁾（以下、改訂標準）を、2023（令和5）年1月に発刊した^{2)~5)}。

本稿では、改訂標準を適用して支承部の試設計を行い、従前の設計標準⁶⁾（以下、従前標準）を適用した場合との比較検討を行った。なお、支承部の設計に関わる改訂内容を図1に示す。

2. 検討概要

支承部では、ストッパーの桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力算定式が見直された。従前標準では、「(1) コンクリートの設計水平耐力」と「(2) 破壊面に交差する鉄筋の設計降伏耐力」のうち小さい方がストッパーの埋込み部の設計水平耐力となっていた。改訂標準では、補強鉄筋の折り曲げ形状と配置によって異なる破壊形態に応じて、「(3) 補強鉄筋を用いない桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力と補強鉄筋により受け持たれる桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力の和」と、「(4) 補強鉄筋を避ける位置に斜めひび割れが生じて破壊面が形成される場合の設計水平耐力」のうち小さい方がストッパーの桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力となった⁷⁾。

本報告では、ストッパーの桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力算定式の変更に対して、一般的な鉄筋コンク

リートT形桁（以下、RCT形桁）の桁端、プレストレストコンクリートT形桁（以下、PCT形桁）の桁端、桁座を対象として、従前標準と改訂標準での試算を行い、耐力や鉄筋量等を比較する。具体的には、「①従前標準による諸元（以下、従前諸元）」をもとに、「②改訂標準に従って従前諸元の耐力を計算（以下、改訂計算）」し、改訂標準と従前標準による耐力の比較を行う。そして、「③従前標準と概ね同等の耐力となるような改訂標準に従った諸元（以下、改訂諸元）」と「①従前諸元」を比較し、形状や配筋の変化等を示す。

3. 試設計結果の比較

3.1 ストッパーの桁端埋込み部の耐力（RCT形桁）

図2にRCT形桁（桁長20m）の桁端埋込み部の形状、配筋を示す。図2（a）はストッパー周辺の平面図であり、図2（b）、（c）はそれぞれ従前標準を満たす側面図、従

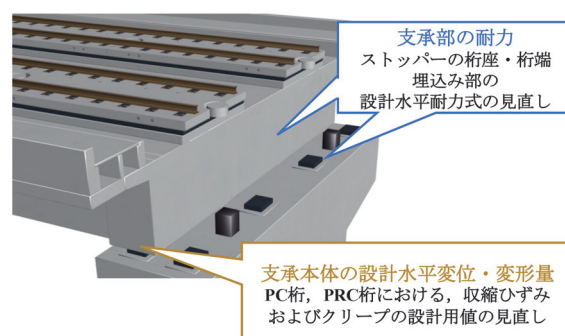


図1 支承部の設計に関わる改訂内容

* 構造物技術研究部 コンクリート構造研究室

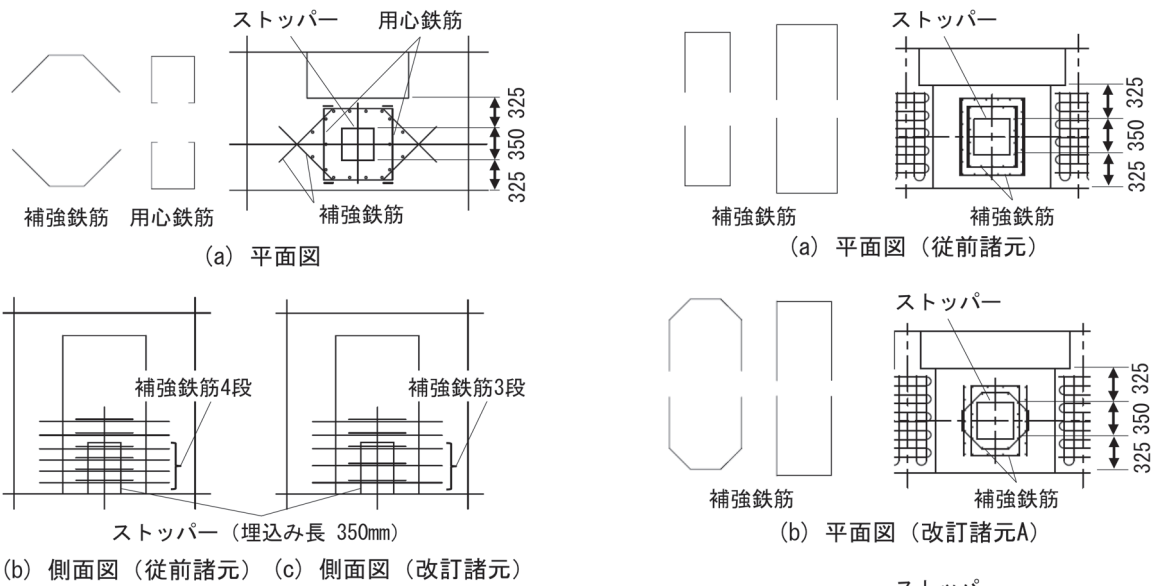


図2 RCT形桁の桁端埋込み部 (単位: mm)

表1 RCT形桁の桁端埋込み部の耐力の比較

諸元		①従前諸元*1	②改訂計算*2	③改訂諸元*3
	平面図	図2(a)	図2(a)	図2(a)
側面図	図2(b)	図2(b)	図2(b)	図2(c)
鋼角寸法 (mm)		350	350	350
埋込長 (mm)		350	350	350
縁端距離 (mm)		313	313	313
補強鉄筋 (段)		4	4	3
形状*4		ハ	ハ+コ	ハ+コ
l_d/l_m		-	3.60	3.60
η		-	3.15	3.15
耐力	(1) (kN)	1375.1	-	-
	(2) (kN)	790.7	-	-
	(3) (kN)	-	1294.7	1043.1
	(4) (kN)	-	1089.0	1089.0
	耐力 (kN)	790.7	1089.0	1043.1
	従前に対する割合	-	1.38	1.32

η は、補強鉄筋の配置に関する値である。
 $\eta = 1.66 \cdot \sqrt{l_d/l_m}$ ただし、 $1.0 \leq \eta \leq 3.2$

*1: 従前標準による諸元

*2: 改訂標準に従って従前諸元を照査

*3: 従前標準による計算と概ね同等の耐力となるような改訂標準を満たす諸元

*4: 従前標準に従って配置される用心鉄筋については、定着長が確保されていれば水平力を負担するため、②改訂計算、③改訂断面では補強鉄筋として考慮して耐力を算定した。

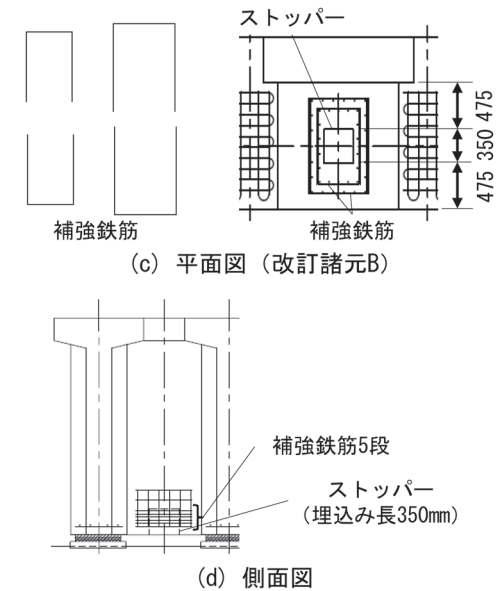


図3 PCT形桁の桁端埋込み部 (単位: mm)

前標準による計算と概ね同等の耐力となるように改訂標準に従って鉄筋量を変更した側面図である。表1に従前標準による耐力と改訂標準による耐力の比較を示す。表中の(1)～(4)は2章で記載した(1)～(4)と対応している。

従前諸元ではハの字の補強鉄筋に加え、コの字の用心鉄筋をそれぞれ4段ずつ配置している。従前の配筋の手引き⁸⁾に示されていた用心鉄筋について、破壊面をまたぐように配置され、破壊面を超えて十分に定着長が確保されている場合には、補強鉄筋として耐力の算定に考慮できるようになったことで、②改訂計算において耐力が向上した。このため、③改訂諸元では補強鉄筋を3段に削減しても①従前諸元よりも大きい耐力を確保することができる。また、②改訂計算では(4)で設計水平耐力が決定していたことに対して、③改訂諸元では鉄筋量を

削減したことで、(3)の値が減少し、設計水平耐力は(3)で決定する。

3.2 ストッパーの桁端埋込み部の耐力 (PCT形桁)

図3にPCT形桁(桁長25m)の桁端埋込み部の形状、配筋を示す。図3(a)は従前標準を満たすストッパー周辺の平面図であり、図3(b)、(c)は従前標準による計算と概ね同等となるように改訂標準に従って鉄筋量や寸法を変更した平面図である。図3(d)はストッパー周辺の側面図である。表2に従前標準と改訂標準による耐力の比較を示す。表中の(1)～(4)は2章で説明した(1)～(4)と対応している。

従前標準では、コの字の補強鉄筋2組を5段配置している。改訂標準で耐力式を見直したことにより、②改訂計算は、①従前諸元に比べて耐力が大きく低下してい

表2 PCT形桁の桁端埋込み部の耐力の比較

		①従前諸元*1	②改訂計算*2	③改訂諸元A*3	④改訂諸元B*3
諸元	平面図	図3(a)	図3(a)	図3(b)	図3(c)
	側面図	図3(d)	図3(d)	図3(d)	図3(d)
	鋼角寸法 (mm)	350	350	350	350
	埋込長 (mm)	350	350	350	350
	縁端距離 (mm)	313	313	313	463
	補強鉄筋 (段)	5	5	5	5
	形状	コ+コ	コ+コ	ハ+コ	コ+コ
	l_{rd}/l_{th}	-*4	1.49	3.72(上限)	2.76
	η	-*4	2.03	3.20(上限)	2.76
耐力	(1) (kN)	1862.2	-	-	-
	(2) (kN)	1397.8	-	-	-
	(3) (kN)	-	2129.9	1866.7	2234.2
	(4) (kN)	-	808.9	1277.6	1445.1
	耐力 (kN)	1397.8	808.9	1277.6	1445.1
	従前に対する割合	-	0.58	0.91	1.03

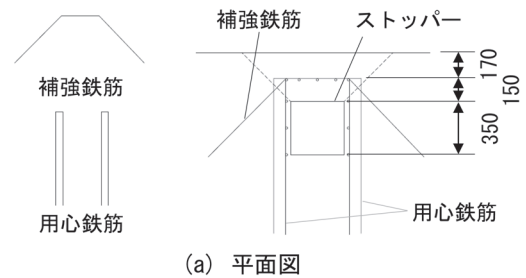
η は、補強鉄筋の配置に関する値である。

$\eta = 1.66 \cdot \sqrt{l_{rd}/l_{th}}$ ただし、 $1.0 \leq \eta \leq 3.2$

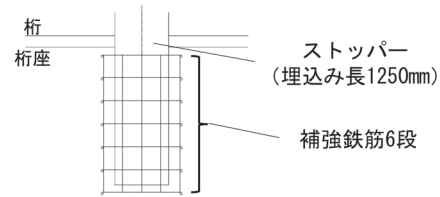
*1: 従前標準による諸元

*2: 改訂標準に従って従前断面を照査

*3: 従前標準による計算と概ね同等の耐力となるような改訂標準を満たす諸元



(a) 平面図



(b) 側面図

図4 桁座埋込み部 (単位: mm)

る。このような場合、 l_{rd}/l_{th} を大きくして耐力を上げることが考えられる。ここで、 l_{rd} 、 l_{th} はそれぞれストッパー外縁から補強鉄筋までの荷重軸方向の距離と荷重軸直角方向の距離であり、 l_{rd}/l_{th} を大きくすることで、(4)の値が増加する。 l_{rd}/l_{th} を大きくするために、③改訂諸元Aのように補強鉄筋をハの字に配置することで、耐力は増加するが、①従前諸元の耐力に対して0.91となる。また、③改訂諸元Aは(4)で設計水平耐力が決定していることから、これ以上補強鉄筋を配置しても耐力の増加は見込めない。このため、桁座を先行して破壊させる場合等、さらに耐力を増加させるためには、③改訂諸元Bのように桁幅を拡幅する等の必要がある。

表3 桁座埋込み部の耐力の比較

		①従前諸元*1	②改訂計算*2
諸元	平面図	図4(a)	図4(a)
	側面図	図4(b)	図4(b)
	鋼角寸法 (mm)	350	350
	埋込長 (mm)	1250	1250
	縁端距離 (mm)	350	350
	補強鉄筋 (段)	6	6
	形状*3	ハ	ハ+コ
	l_{rd}/l_{th}	-	1.88
	η	-	2.27
耐力	(1) (kN)	1619.2	-
	(2) (kN)	1340.8	-
	(3) (kN)	-	1760.7
	(4) (kN)	-	1322.3
	耐力 (kN)	1340.8	1322.3
	従前に対する割合	-	0.99

η は、補強鉄筋の配置に関する値である。

$\eta = 1.66 \cdot \sqrt{l_{rd}/l_{th}}$ ただし、 $1.0 \leq \eta \leq 3.2$

*1: 従前標準による諸元

*2: 改訂標準に従って従前断面を照査

*3: 従前標準に従って配置される用心鉄筋については、定着長が確保されていれば水平力を負担するため、②改訂計算では補強鉄筋として考慮して耐力を算定した。

3.3 ストッパーの桁座埋込み部の耐力

図4に桁長15mのRCT形桁を支持する桁座埋込み部の形状、配筋を示す。図4(a)はストッパー周辺の平面図、図4(b)はストッパー周辺の側面図である。表3に従前標準による耐力と改訂標準による耐力の比較を示す。表中の(1)~(4)は2章で説明した(1)~(4)と対応している。

従前諸元ではハの字の補強鉄筋に加え、コの字の用心鉄筋2組をそれぞれ6段配置している。改訂標準で耐力式を見直したことにより、①従前諸元では(2)で設計水平耐力が決定していたものが、②改訂計算では(4)で設計水平耐力が決定するようになる。このケースでは従前標準と概ね同等の耐力であるため配筋の変更等は行っていない。

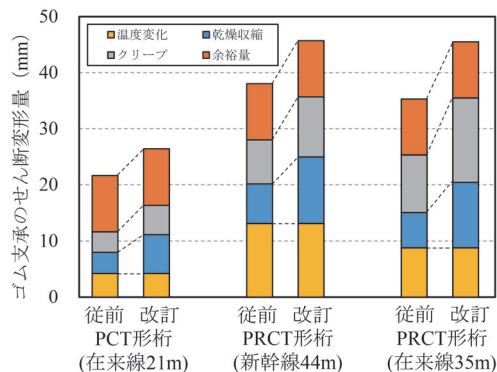


図5 ゴム支承のせん断変形量に関する試算結果

3.4 支承本体の設計水平変位・変形量

支承本体の設計水平変位・変形量の移動量(せん断変形量)は、単純コンクリート桁の場合には、プレストレッシングによる桁の短縮量、桁のたわみによる桁下面の移動量、桁の温度変化による伸縮量、コンクリートの収縮

による桁の短縮量、コンクリートのクリープによる桁の短縮量、地震の影響による相対変位量および余裕量を考慮して算定する。

図5に、PCT形桁(在来線、桁長21m)、PRCT形桁

(新幹線, 桁長44m), PRCT形桁(在来線, 桁長35m)における地震時以外でのゴム支承のせん断変形量の試計算結果を示す。ここでは, 伸長側の変化となる桁のたわみによる桁下面の移動量は除いている。収縮・クリープの見直しにより, せん断変形量は従前標準よりも大きくなる。本報告で対象とした桁では, せん断変形量の増加量は, 従来考慮されている余裕量の10mmよりも小さいが, せん断変形量が大きい場合にはゴム支承の大きさを従来よりも大きくする必要が生じる場合がある。

4. まとめ

- (1) ストッパーの桁座・桁端埋込み部の設計水平耐力について, 算定式の見直しにより, RCT形桁の桁端では耐力が増加し, 鉄筋量を減らすことができる場合がある。一方で, PCT形桁の桁端では耐力が低下するが, 桁幅を拡幅することで対応することが可能である。桁座では, 従前標準による試算と改訂標準による試算で, 同等の耐力となる。
- (2) 支承本体の設計水平変位・変形量について, 収縮・クリープの見直しにより増加する。これは, 一般には, 従来考慮されている余裕量よりも小さいため, 大きな問題とはならないが, せん断変形量が大きい場合には, ゴム支承を従来よりも大きくする必要が生じる場合がある。

文献

- 1) (公財) 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, 丸善出版, 2023
- 2) 田所敏弥, 渡辺健, 池田学, 岡本大: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造) 「第I編 基本原則」の概要, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.7-13, 2023
- 3) 渡辺健, 池田学, 岡本大: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造) 「第II編 橋りょう」の概要, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.15-23, 2023
- 4) 渡辺健, 中田裕喜, 轟俊太郎: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造) 「第III編 コンクリート構造」の概要, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.25-33, 2023
- 5) 池田学, 田所敏弥, 轟俊太郎, 豊岡亮洋: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造) 「第IV編 支承構造」の概要, 鉄道総研報告, Vol.37, No.11, pp.35-40, 2023
- 6) (財) 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, 丸善出版, 2004
- 7) 轟俊太郎, 森勇樹, 田所敏弥, 渡辺健: 鋼角ストッパー埋込み部の設計耐力算定式, 鉄道総研報告, Vol.37, No.1, pp.1-9, 2023
- 8) (財) 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 配筋の手引き, 2005