

V-332

鋼板接着により補強されたRCおよびPCはりの曲げ耐力算定法

東北大学大学院（ショーボンド建設土木研究所勤務） 正会員 佐野 正

東北大学 正会員 三浦 尚

ショーボンド建設土木研究所 正会員 小俣富士夫

1. はじめに

エポキシ樹脂を用いて十分な長さの鋼板をRCはり引張縁に接着すると、曲げ剛性や耐力が高まるといった補強効果が得られることが実験的に確認されている。このとき、鋼板接着されたRCはりの曲げ耐力は切断法により比較的精度よく推定できる[1]が、曲げ耐力をより簡便に算定する方法について検討することも実用上重要と考えられる。

本報告は、「コンクリート道路橋設計便覧」[2]（以下、設計便覧と称する）に示されているコンクリート部材の破壊抵抗曲げモーメントの算出方法に基づき、鋼板接着したRCおよびPCはりの曲げ耐力算定法を提案したものである。

2. 曲げ耐力算定式

設計便覧に示されている算定法は、鋼材が終局つり合い鋼材量以下である場合を対象としており、圧縮ひずみがコンクリートの終局ひずみ（ $\epsilon_{cu}=0.0035$ ）に達する時点で引張鋼材は降伏している。このとき、矩形断面を考えると、断面の圧縮合力と引張合力は使用鋼材の種類により表-1のように表される[2]。

表-1 使用鋼材別の圧縮合力と引張合力

使用鋼材	圧 縮 合 力	引 張 合 力
(a)	$0.68\sigma_{ck} \cdot B \cdot x + A_s' \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot (x - d') / x$	$A_s \cdot \sigma_{sy}$
(b)	$0.68\sigma_{ck} \cdot B \cdot x + A_s' \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot (x - d') / x$	$0.80\sigma_{pu} \cdot A_p + A_s \cdot \sigma_{sy}$
(c)	$0.68\sigma_{ck} \cdot B \cdot x + A_s' \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot (x - d') / x$	$0.93\sigma_{pu} \cdot A_p + A_s \cdot \sigma_{sy}$

ここに、 x ：終局時の圧縮縁から中立軸までの距離、 σ_{ck} ：コンクリートの設計基準強度、 B ：断面幅、 A_s 、 A_s' ：引張および圧縮鉄筋量、 E_s ：圧縮鉄筋の弾性係数、 d' ：圧縮縁から圧縮鉄筋中心までの距離、 A_p ：PC鋼材量、 σ_{sy} ：引張鉄筋の降伏点、 σ_{pu} ：PC鋼材の引張強さである。(a)、(b)、(c)はそれぞれ鉄筋のみを用いた場合、引張鉄筋とPC鋼棒2号を併用した場合、引張鉄筋とPC鋼線、PC鋼より線あるいはPC鋼棒1号を併用した場合に対応する。また、圧縮鉄筋のひずみが降伏点ひずみをこえる場合は、圧縮合力の計算において $A_s' \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot (x - d') / x$ を $A_s' \cdot \sigma_{sy}$ とする。以上より、(c)の場合を例にとると、 x は次式で与えられる。

$$x = \frac{-(k_2 - k_3) + \sqrt{(k_2 - k_3)^2 + 4k_1 \cdot k_2 \cdot d'}}{2k_1} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ここに、 $k_1 = 0.68\sigma_{ck} \cdot B$ 、 $k_2 = A_s' \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu}$ 、 $k_3 = 0.93\sigma_{pu} \cdot A_p + A_s \cdot \sigma_{sy}$

ところで、コンクリートの圧壊時に鋼板が降伏している場合には、上記の k_3 に鋼板の合力を加算して、 $k_3 = 0.93\sigma_{pu} \cdot A_p + A_s \cdot \sigma_{sy} + A_{pl} \cdot \sigma_{ply}$ とおくことで、鋼板を接着したPCはりの終局時における圧縮縁から中立軸までの距離の計算に①式を適用できると考えられる。ここで、 A_{pl} ：鋼板断面積、 σ_{ply} ：鋼板の降伏点である。このとき、鋼板接着したPCはりの破壊抵抗曲げモーメントは鋼板の合力を T_{pl} 、圧縮縁から鋼板中心までの距離を d_{pl} として、次式で与えられる。

$$Mu = 0.6Cc \cdot x + Cs \cdot (x - d') + Ts \cdot (d - x) + Tp \cdot (d_p - x) + T_{pl} \cdot (d_{pl} - x) \dots \dots \textcircled{2}$$

ここに、 Cc ：コンクリートの圧縮応力の合力、 Cs ：圧縮鉄筋の合力、 Ts ：引張鉄筋の合力、 Tp ：PC

鋼材の合力、 d ：圧縮縁から引張鉄筋中心までの距離、 d_p ：圧縮縁からPC鋼材中心までの距離

3. RCおよびPCはり供試体

計算値との比較に用いる曲げ耐力の実測値は、RCはり供試体の載荷実験[1]および阪田らによるPCはり供試体の載荷実験[3]より得た。表-2にはり供試体の種類を、図-1に供試体の形状寸法と載荷方法を示す。供試体No. 5は、3本のPC鋼棒のうち、なか程の1本をスパン中央で切断し、損傷を与えたのちに鋼板をエポキシ樹脂で接着するとともにアンカーボルトを用いて固定している[3]。これに対し、供試体No. 2およびNo. 3は、損傷のない健全なRCはりにエポキシ樹脂のみで鋼板を接着している。

表-2 はり供試体の種類(単位mm)

供試体 No.	e	鋼板(SS400)			引張鋼材	圧縮鉄筋	コンクリートの 圧縮強度 (kgf/cm^2)	備 考
		l	b	t				
1					3D16	2D16	396	無補強RCはり
2	50	1800	86	2.3	2D16	2D16	396	補強RCはり、樹脂厚2mm
3	50	1800	86	4.5	2D16	2D16	396	補強RCはり、樹脂厚2mm
4					3 ϕ 13, 2D10	3D13	579	無補強PCはり
5	100	2300	104	4.5	2 ϕ 13, 2D10	3D13	579	補強PCはり、樹脂厚4mm

※ 鉄筋はすべてSD295、引張鋼材のうち ϕ 13は直径13mmのPC鋼棒(B種1号)

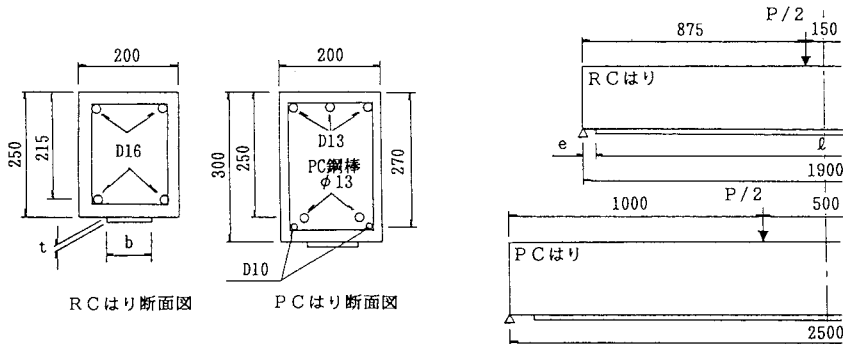


図-1 はり供試体の形状寸法および載荷方法(単位mm)

4. 結 果

実測値と計算値との比較を表-3に示す。()内の値は切断法により求めた耐力である[1]。計算に用いた材料の物性は実測値である。これより、今回提案した算定法を用いてRCはり、PCはりにかわらず鋼板接着したコンクリート部材の曲げ耐力を比較的精度良く算定できることがわかる。また、鋼材が破断しているような損傷はりに鋼板を接着する場合にも、本算定法により曲げ耐力を推定できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 佐野 正・三浦 尚・小俣富士夫：鋼板接着により補強された鉄筋コンクリート梁の曲げ性状、構造工学論文集、Vol.39A、pp1361-1370、1993.3
- 2) (社)日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧、pp93-99、平成6年2月
- 3) 阪田憲次・井上 晋・山口良弘・澤登善誠：PC損傷桁への鋼板接着工法の適用性確認実験、第2回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp345-350、1991.11

表-3 実測値と計算値との比較

供試体 No.	実測値 (tf)	計算値 (tf)	実測値/計算値
1	10.4	9.3 (9.3)	1.12(1.12)
2	10.0	9.0 (9.0)	1.11(1.11)
3	11.8	12.2(12.1)	0.97(0.98)
4	23.8	23.8(—)	1.00(—)
5	26.1	24.6(—)	1.06(—)

()内の値は切断法により求めた耐力