

橋梁用車両防護柵のアンカー基礎に付加した補強鉄筋の効果

安藤和彦* 高堂 治** 三上 聡***

1. はじめに

橋梁用車両防護柵支柱をアンカー施工により設置する標準的な構造は防護柵の設置基準・同解説²⁾(以下防護柵基準と略す。)に示されている。

近年バリアフリー対応の歩道構造が多用されてきているが、この構造では従来のものより地覆が低くなるため、高さ不足で防護柵を設置するアンカーボルトの埋め込み長が十分確保できない状況が生じている¹⁾(以下、地覆高さが不足している地覆を薄型地覆という)。

ここでは、この標準構造に補強鉄筋を付加した補強構造を考え、その効果を静荷重試験により検証したので、以下に報告する。

2. 地覆に設置する防護柵支柱のアンカー構造

2.1 標準的な構造と地覆強度の考え方

アンカー基礎の標準的な構造と、想定される地覆への影響範囲は図-1に示すとおりである。

防護柵基準では、アンカープレート四辺から斜め45度に上方に拡大するせん断面を想定し、地覆上面に投影されたせん断投影面積とアンカー引き抜きに対する許容耐荷重との関係を式(1)として示している。

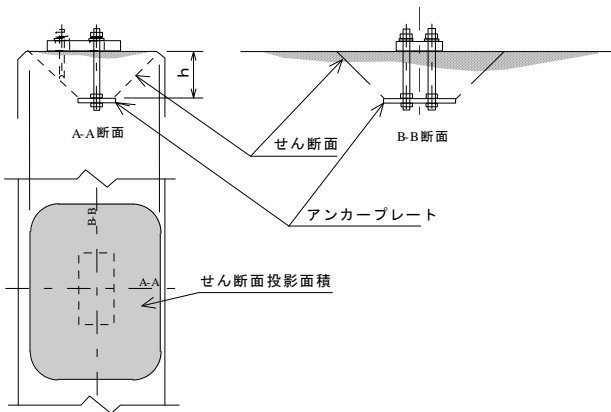


図-1 標準的なアンカー構造

$$R_c = n_c \times \tau_{pa} \times S \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここで R_c : 許容耐荷重 (N)

n_c : 割増係数

τ_{pa} : 許容押拔せん断応力度 (N/mm²)

S : 押拔せん断投影面積(mm²)

アンカープレートの埋め込み深さが深くなるほど、押拔せん断投影面積は大きくなる。このとき一般的な地覆であれば、埋め込み深さ h は 200mm程度以上確保することができる。これに対して、バリアフリー歩道の地覆に設置する場合には、100mm~150mm程度までしか確保できず、標準的なアンカー構造では十分な強度が得られない状況が生じている。

2.2 補強鉄筋の配筋構造

上述の薄型地覆に設置するアンカー構造として、補強鉄筋を付加する構造を検討した。補強鉄筋の配筋位置は図-2に示すとおりである。

車両衝突時には、車道側のアンカーボルトには上方向(引き抜かれる側)に向かって荷重が作用するので、これに抵抗するための補強鉄筋をアンカープレート上部に配置し、かつコンクリートせん断面に直交するようにアンカープレート上以外は折り曲げ補強鉄筋に張力が生じるように考慮した。このとき、床版部にまで入り込まない深さとするように留意した。補強鉄筋の役割としては、アンカーボルト引き抜け力作用時に、補強鉄筋と地覆コンクリートとの付着力が抵抗力として増加することを期待した。

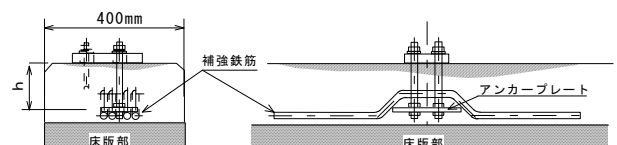


図-2 補強鉄筋を付加したアンカー構造

3. 補強構造の静荷重試験

3.1 供試体構造

補強鉄筋を付加することでどの程度の強度の引き上げが図られるかについて、静荷重試験により確認した。静荷重に用いる供試体は、図-3に示すとおりであり、実物の橋梁地覆と同様にスターラップを配筋した。

3.2 試験方法

静荷重試験は、防護柵基準に則り、支柱高さ800mmの位置に油圧ラムにて水平荷重を載荷した。載荷速度は、20mm/minで行った。載荷方法を図-4に示す。

このとき、地覆の最大荷重を把握するため、地覆の最大荷重発生時にも曲げ変形が生じない強度を有するH型鋼（H175×175×7.5;SS400）を防護柵支柱に変わる部材として用いた。

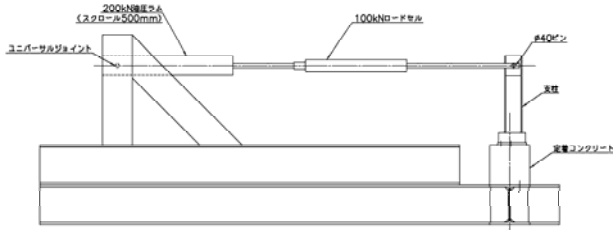


図-4 載荷方法

3.3 試験条件

試験条件は表-1に示すとおりである。

表-1 試験条件

試験番号	補強鉄筋 SD345		アンカー		コンクリート実強度 (kN/mm ²)	
	径 (mm)	本数 (本)	プレート SS400			
			埋込深さ (mm)	寸法 (mm)		
140-0*					22.4	
140-1	D19	4	140	200×100×12		
140-2	D16	4				
140-3	D13	4				
90-1	D19	4				90
90-2	D16	4				

* 基本構造（補強鉄筋なし）

埋込み深さは140mm、90mmの2条件を設定した。また比較対象とする基本構造として補強鉄筋を付加しない構造(140-0)についても静荷重試験を行うこととした。

3.4 計測項目

計測項目は、最大耐力（最大荷重）時の荷重値および載荷高さ800mm位置の水平変位量、同じく載荷高さ800mm位置の100mmおよび150mm水平変位時の荷重値を記録した。また、地覆のひび割れ、破損状況を目視観察した。

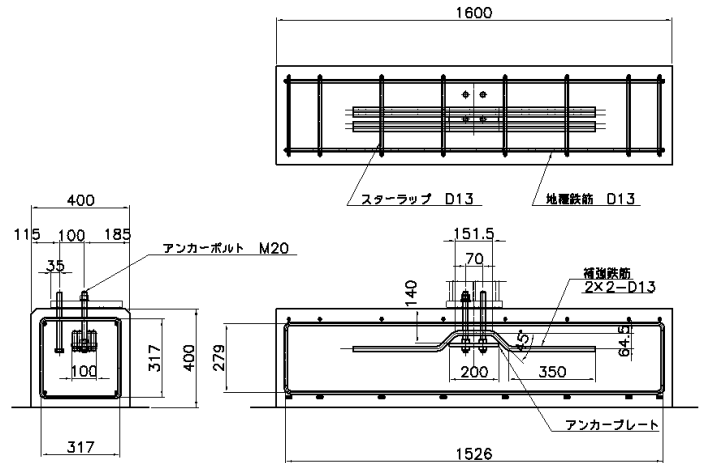


図-3 試験用供試体（埋込140mmの例）

4. 試験結果

4.1 地覆変形状況（目視観察）

140mm埋込みの場合 25kN～30kN程度、90mm埋込みの場合 20～25kN程度の載荷時に微細クラックが入り始め、最大荷重時には比較的大きなひび割れが発生した。さらに継続して載荷を続けると、ひびは拡大したが急激に破損することはなかった。150mm変位時の破損状況を写真-1に示す。



写真-1 地覆破損状況（150mm変形時の例）

4.2 荷重－変位関係

静荷重試験による荷重と変位との関係を図-5に示す。

補強鉄筋を付加することで最大耐力が増してい

土研センター

る。また地覆ひび割れ後の強度の推移をみると、補強鉄筋のない140-0では荷重低下は著しいが、補強鉄筋を付加したものは比較的大きな強度を持続しており、破壊に対して粘りのある構造になっている。

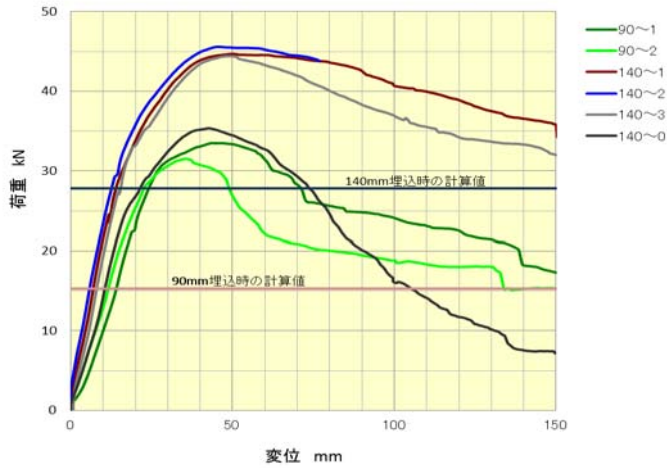


図-5 荷重-変位関係

4.3 補強鉄筋の効果

図-5について計測値を整理したものが表-2である。

表-2 荷重計測値

試験番号	最大耐力		100mm 変位時 (kN)	150mm 変位時 (kN)
	荷重値 (kN)	変位 (mm)		
140-0*	35.3	43	17	7
140-1	44.7	57	41	36
140-2	45.6	47	**	**
140-3	44.4	49	37	32
90-1	33.5	46	24	18
90-2	31.5	35	19	15

* 基本構造 (補強鉄筋なし)

** 前部アンカーボルト途中破断により計測中止

表-2の140mm埋込み試験の結果から、基本構造140-0に対して、補強鉄筋を付加した140-1～140-3は10kN前後最大耐力が増加している。また、140-1～140-3の最大耐力に差が見られないことから、今回付加した鉄筋量の範囲(D13×4本～D19×4本)では、鉄筋量の増減が最大耐力に与える影響は少ないものと考えられる。

90mmの浅い埋込みをみると、90-1が140-0に近い最大耐力が得られていることから、補強鉄筋を付加することで、埋込みを深くした基本構造に相当する強度が得られるものと考えられる。

4.4 防護柵基準による設計強度との比較

式(1)による計算値と試験値との比較を行ったものが表-3である。

表内で、①許容耐荷重は式(1)で求めた計算値である。基本構造140-0について計算結果と計測値を比較すると、最大耐力は許容耐荷重の1.3倍に近い値になっている。

また、図-5の140-0の波形に計算値27.8kNを当てはめると、載荷開始時の直線的な立ち上がりからやや勾配が緩やかになる(塑性化し始める)点に当たり、許容耐荷重の計算値は実際の地覆における弾性限界付近に相当している。また、このときの変位量20mmを140-1～140-3に当てはめると33～35kN程度となる。これらを補強鉄筋付加時の許容耐荷重の限界とみれば、補強鉄筋の付加により許容耐荷重が5kN程度以上引き上げられているものと推定され、補強鉄筋の付加は、最大耐力のみならず許容耐荷重の向上にも寄与しているものと考えられる。

また、90mm埋込みでは、補強鉄筋の付加により増加割合は140mm埋込みの場合より大きくなっており、埋込みが浅い方が補強鉄筋を付加する効果が高い傾向が伺える。

表-3 計算値と実強度との関係

試験番号	①許容耐荷重計算値 式(1) (kN)	②最大耐力 (kN)	増加割合 ②/①
140-0*	27.8	35.3	1.27
140-1		44.7	1.61
140-2		45.6	1.64
140-3		44.4	1.60
90-1	15.3	33.5	2.19
90-2		31.5	2.06

* 基本構造 (補強鉄筋なし)

4.5 補強鉄筋に関与するコンクリート重量との関係

写真-1に示す地覆の破損状況から、アンカー基礎のひび発生後の強度は、アンカープレートや補強鉄筋がコンクリート地覆に及ぼす影響範囲が関

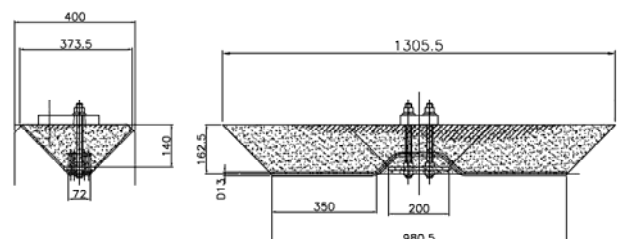


図-6 CO関与重量の範囲 (斜線部分: 140-3の例)

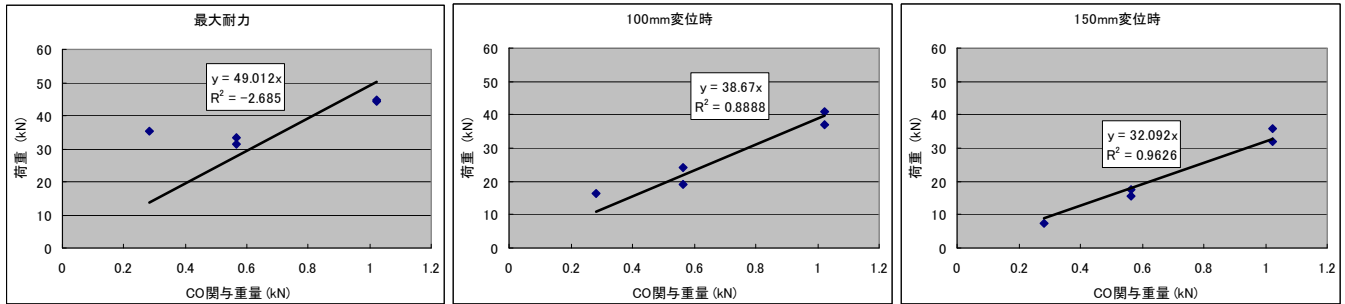


図-7 CO関与重量と荷重との関係

与している。そこで、図-1のアンカープレートのせん断面の考え方に準拠して補強鉄筋のせん断面を想定し、これらに囲まれた部分のコンクリート重量（以下CO関与重量という。）を影響範囲として着目した（図-6参照）。

各試験条件のCO関与重量と荷重計測値との関係を示したものが図-7である。最大耐力では明確でないが、変形が大きくなるほどCO関与重量と荷重に深い相関関係があることがわかる。すなわち、補強鉄筋によるCO関与重量の増加が地覆破損後の強度の保持（粘り）に大きな影響を与えているものと考えられる。

5. 試験結果

以上をまとめる次のとおりである。

- ① アンカー基礎に補強鉄筋を付加することで、強度の引き上げが図れる。
- ② 補強鉄筋による最大耐力の増加は、今回の試験結果では10kN程度である。
- ③ 補強鉄筋による許容耐力の増加は、今回の試験結果では5kN程度以上と推定される。
- ④ 補強鉄筋の付加は、地覆破損後の粘り（強度の保持）に効果がある。
- ⑤ 補強鉄筋の効果は、140mm埋込みより90mm埋込みで大きい。
- ⑥ 地覆破損後の強度は、補強鉄筋が影響を及ぼ

すコンクリート地覆の範囲（重量）と相関関係があるように見受けられる。

- ⑦ 今回設定した条件の範囲内では、補強鉄筋の断面積の増減と地覆耐力の増減との関係は明らかでない。

6. おわりに

車両用防護柵のアンカー基礎に補強鉄筋を付加する効果を明らかにすることができた。補強鉄筋を付加することで地覆にひびが発生した後も強度が維持され粘りのある地覆となることが判明し、変形が許容される防護柵構造の基礎として、性能の向上に寄与しているものと考えられる。

ただ、橋梁の維持管理の容易性や床版に影響を与えない強度の確保を基本的な要件と考えれば、地覆は変形（破損）させず防護柵本体構造のみで変形を抑えることが望ましい。原則は、防護柵基準に則りアンカープレートの十分な埋め込み深さが確保できる地覆構造となるように、橋梁設計を行うことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 安藤和彦：道路橋のバリアフリー化された歩道への車両用防護柵の設置について、土木技術資料、第52巻、第11号、pp62～65、2010
- 2) (社)日本道路協会：防護柵の設置基準・同解説、平成20年1月

安藤和彦*



財団法人土木研究センター
技術研究所道路研究部長
Kazuhiko ANDO

高堂 治**



社団法人日本アルミニウム
協会土木製品開発委員会防
護柵WG
Osamu TAKADO

三上 聡***



全国高欄協会技術部会
Satoshi MIKAMI