

曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法におけるアンカー筋定着に関する検討

(国研) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○寺澤 貴裕 秋本 光雄 西 弘明

1. はじめに

RC 橋脚を耐震補強する場合には、一般に RC や鋼板巻立てを適用するが多い。曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法は、アンカー筋の本数および径を調整することで水平耐力の増加を制御することができる。しかしながら、アンカー筋の破断をきっかけに耐力が低下するといった報告がある¹⁾。これは、RC 柱部材の交番載荷試験において、軸方向鉄筋が座屈後、低サイクル疲労によって破断する現象²⁾と同様に、アンカー筋の座屈による低サイクル疲労破断が要因と考えられ、設計³⁾では考慮していない終局状態である。本研究では、終局を確実にコンクリートの圧壊へ誘導するアンカー筋の定着方法および最適配筋を数値解析により検討を行った。

2. 検討概要

(1)検討対象橋脚： 図-1 には検討対象とした小型 RC 橋脚形状および配筋概略図を示している。異形鉄筋を用いた RC 橋脚で、かつ現行の設計基準と比較して軸方向鉄筋比が小さい昭和 47 年指針⁴⁾に準拠して設計された橋脚を想定している。その詳細は、軸方向鉄筋を 0.3%程度、曲げせん断耐力比を 2 程度として、震度法に基づいて試設計を行い、1/4 の縮尺模型としたものである。柱部の断面寸法は□600×600mm、柱高さは 1,800mm である。軸方向鉄筋は D13 を 8 本とし、帯鉄筋は D10 を 250mm ピッチで配置している。図-2 には検討したアンカー筋（以下、座屈防止アンカー）を示している。アンカー筋の下側ナットを取付けないことで、アンカー筋に圧縮力を作用させない機構とし、座屈による低サイクル疲労破断を防止する。表-1 には検討ケースを示している。鋼板は SS400 とし、鋼板厚、アンカー筋本数および径を設定した。基部拘束の形鋼は H-100×100 とした。

(2)アンカー筋の破断照査方法： アンカー筋に圧縮力が作用する場合（以下、従来アンカー）の座屈破断照査は、瀧口らの研究²⁾による鉄筋座屈長、鉄筋径、変位等をパラメータとした鉄筋破断までの繰り返し載荷回数の算定式（式(1)）及びマイナー則による累積損傷度（式(2)）を用いた。式(2)において $D > 1$ となる変位をアンカー筋の破断変位とした。

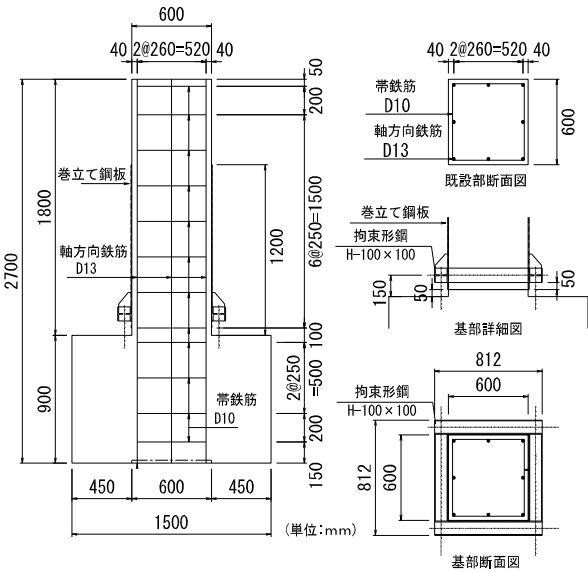


図-1 検討対象小型 RC 橋脚配筋概略図

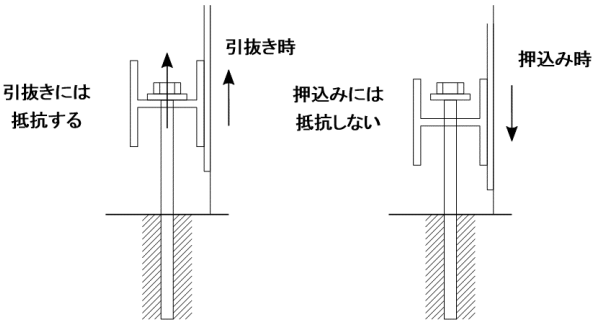


図-2 圧縮力が作用しないアンカー筋定着方法

表-1 検討ケース

ケース名	板厚 (mm)	アンカー 径	配置本数 (本/面)	終局耐力 (kN)
無補強	—	—	—	59.62
D10-2	1.6	D10	2	92.21
D10-3	1.6		3	105.33
D10-4	1.6		4	118.43
D13-2	1.6	D13	2	112.57
D13-3	1.6		3	135.81
D13-4	2.0		4	158.90
D16-2	2.0	D16	2	138.95
D16-3	3.2		3	174.94
D16-4	3.2		4	210.23

キーワード： 曲げ耐力制御式鋼板巻立て、低サイクル疲労、耐震補強

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

$$N = \{2.94 \times 10^{-3} \times (k_w \cdot l' / r) + 1.96 \times 10^{-2}\} \times \{(k_w \cdot l' \cdot L)^2 / (k_d \cdot \delta \cdot d)^2\} + 1 \quad (1)$$

ここに、 N ：繰返し回数、 k_w ：交番載荷試験での座屈長さ l' に関する補正係数 (=1.0)、 r ：鉄筋径、 k_d ：塑性ヒンジ部分の変位のうち軸方向鉄筋座屈長さでの変位の割合 (=0.6)、 δ ：水平変位、 L ：せん断スパン、 d ：断面の有効高

$$D = \Sigma(n_i / N_i) \quad (2)$$

ここに、 D ：損傷度、 n_i ：荷重ステップ i の荷重繰返し数 (=3)、 N_i ：載荷ステップ i の荷重条件に対する破断までの繰返し回数

3. 検討結果

(1) 圧壊変位とアンカー筋破断変位の関係：図-3 には各ケースにおける保耐法計算によるコンクリートの圧壊を終局とする変位（以下、圧壊変位）および従来アンカーでのアンカー筋破断照査による破断変位の関係を示している。終局耐力が無補強の2倍程度となるようにアンカー筋本数、径を調整した場合、ほとんどのケースでアンカー筋の破断が先行することが分かる。圧壊が先行するケースは D16-4 のみであり、従来アンカーを用いて圧壊先行とするには補強規模が過大になると考えられる。また、ケース D16-4 では圧壊とアンカー筋破断がほぼ同時発生する。このアンカー筋条件において座屈防止アンカーとした場合、コンクリートの圧縮力負担が増すことで終局変位がより小さくなることにより、じん性が劣る構造になることが考えられる。

(2) プッシュオーバー解析による最適アンカーの検討：前述よりアンカー筋径を1ランク小さくした D13 を対象にファイバーモデルによるプッシュオーバー解析を行った。図-4 にはケース D13-2 の解析結果、保耐法計算およびアンカー筋破断時変位を示している。図より水平耐力はアンカーの機構によらずほぼ同程度であった。従来アンカー場合はアンカー筋の破断が先行する。また、座屈防止アンカーとした場合は従来のアンカー仕様よりも終局変位は小さくなる。これは、前述のようにコンクリートの圧縮力負担が増すことにより終局変位が小さくなるためであると考えられる。しかしながら、アンカー筋には座屈が発生せず引張作用のみを受けるため、破断変位は図-4 に示しているように従来アンカーの破断変位よりも 30mm 程度大きくなることにより、コンクリートの圧壊を終局とする破壊モードに誘導できると推察される。

4. まとめ

本研究では、既設 RC 橋脚の耐震補強工法の一つである曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法に着目し、確実に終局状態をコンクリートの圧壊へ誘導するアンカー筋の定着方法および最適配筋を数値解析により検討を行った。今後は、試験体の正負交番載荷試験、エネルギー吸収性能なども検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 梅本洋平, 岩本靖, 堀越直樹, 大塚久哲: 圧入鋼板巻立てによる曲げ補強工法の開発とその耐震性能に関する実験的検証, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.72, No.4 (地震工学論文集第 35 巻), pp.I_619-I_633, 2016
- 2) 瀧口将志, 池永貴史, 大塚久哲: RC 柱部材の交番載荷試験における軸方向鉄筋破断評価, 土木学会第 63 回年次学術講演集, 部門 V, pp.939-940, 2008.9
- 3) 建設省土木研究所耐震技術研究センター耐震研究室: 曲げ耐力制御式鋼板巻き立て工法による鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強, 土木研究所資料 3444 号, 1996.5
- 4) 日本道路協会: 道路橋耐震設計指針・同解説, 1972.4

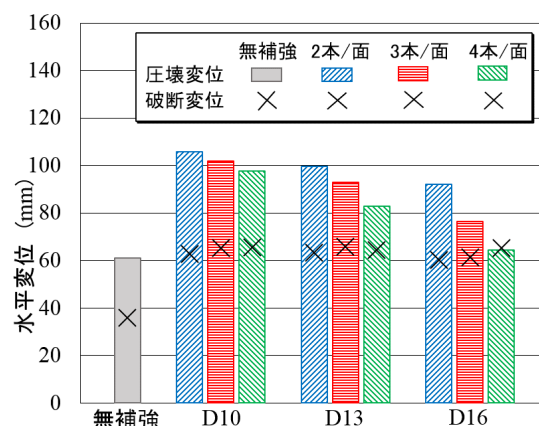


図-3 圧壊変位と破断変位の関係

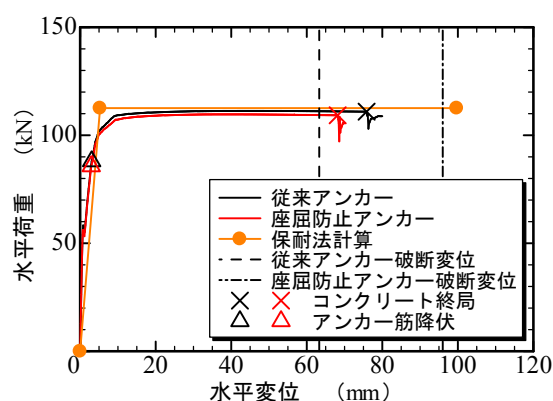


図-4 水平荷重－変位関係