

鋼板接着により補強した鉄筋コンクリート床版の健全性低下に関する基礎的試験

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム ○丸藤 大樹
角間 恒
蛸子 恭好

寒冷地の鋼板接着補強床版において、アンカー部コンクリートに層状のひび割れや脆弱化した部分が見られることが報告されている。しかし、そのような損傷が補強した部材の耐力に与える影響については不明な点が多い。本稿では、補強した部材の健全性の評価に向けた基礎的試験として、損傷を有するコンクリートに打込んだアンカーの引抜試験を実施し、コンクリートの損傷に伴うアンカーの引抜耐力低下について調査した結果を報告する。

キーワード：床版、鋼板接着、アンカー引抜試験

1. はじめに

昭和39年以前の鋼道路橋設計示方書に準じて設計された鉄筋コンクリート床版（以下、床版）は、昭和48年以降の道路橋示方書に準じて設計された床版と比べて床版厚や、鉄筋量が不足している。そこで、これらの床版の耐荷力や疲労耐久性の向上のため、床版下面の鋼板接着補強（写真-1）が行われてきた¹⁾。国土交通省北海道開発局が管理する道路橋では、昭和50年頃から平成10年頃に鋼板接着補強が実施された実績が多い²⁾。補強されてから40年経過する床版も存在するなか、鋼板接着補強床版のアンカー部コンクリートに層状ひび割れや骨材の分離に伴う脆弱化が確認されており³⁾（写真-2）、補強効果の低下、それに伴う鋼板の落下や床版の抜け落ちに繋がる可能性がある。

鋼板接着補強床版の健全性の的確な診断手法や対策工選定手法の提案に向けて、アンカー部コンクリートの損傷と補強した部材の残存性能の関連付けに課題がある。しかし、その前段階に相当する、アンカー部コンクリートの損傷に伴うアンカーの引抜耐力の低下に関しても不明な点が多い。

本稿では、健全な床版試験体といくつかの損傷形態を模した床版試験体に対してアンカーを打込み、引抜試験を行うことで、アンカー部コンクリートの損傷に伴うアンカーの引抜耐力の低下について調査した結果を報告する。

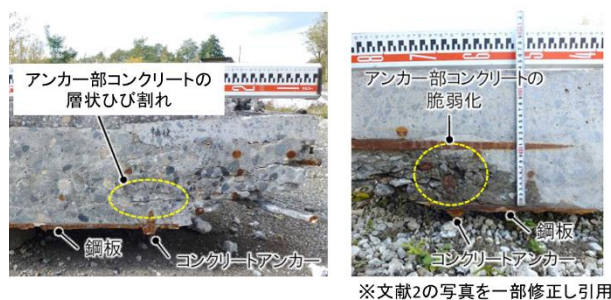
2. 試験方法

(1)試験体概要

図-1に本研究で使用した試験体の概要を示す。平面寸法1330mm×830mm、厚さ160mmの鉄筋コンクリート



写真-1 鋼板接着補強の例²⁾



※文献2の写真を一部修正し引用

写真-2 アンカー部コンクリートの損傷事例³⁾

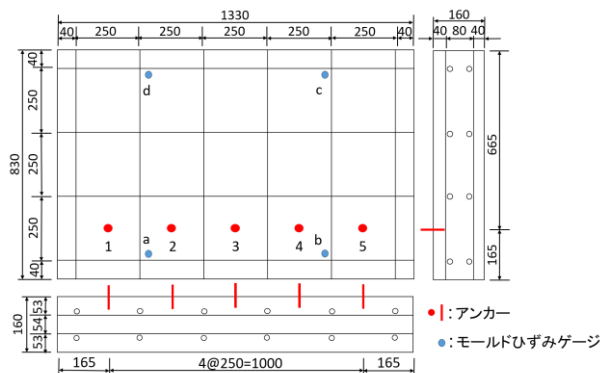


図-1 試験体概要図

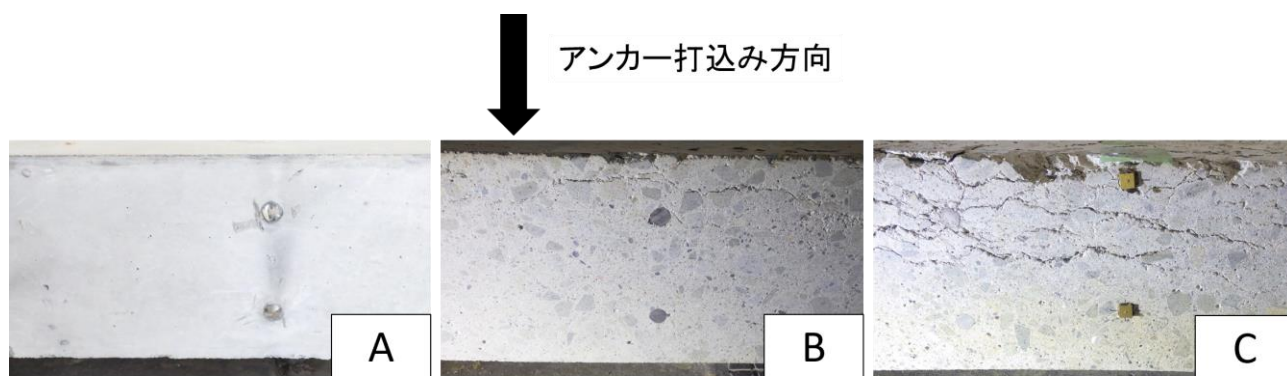


写真-3 各試験体の断面の状況

平板に打込み式金属系アンカーM10（SS400）を打込み、引抜試験に供した。試験体のコンクリートには、JIS A 5308に準ずるレディミクストコンクリート（早強 24-12-20 N、圧縮強度 35.3 N/mm²、静弾性係数25.7 kN/mm²）を、鉄筋には、D13（SD345）を使用した。試験体は全部で3体製作し、各試験体にアンカーを5本ずつ、一直線上に等間隔（250 mm間隔）に打込んだ。アンカーの穿孔径、埋込長はそれぞれ10.5 mm、40 mmであり、打込み後に樹脂等を用いたアンカー部の充填は行っていない。なお、試験の都合上、試験体の上下を逆にしており、アンカー打込み方向は鉛直下向きに行った。本稿では、各試験体のアンカーに対して、正面左側から順番に1～5と番号を付け試験結果を整理した（図-1）。

(2)試験体の損傷状況

試験体3体のうち、1体は健全なコンクリートであり、残りの2体にはアンカー部コンクリートに層状ひび割れ（写真-3）を与えた。コンクリートの損傷は、フレッシュ状態のコンクリートに酸化カルシウムを主成分とする静的破砕剤を添加し、コンクリート中の水分との反応により生じる膨張圧を利用して導入するものである³⁾。損傷形態の違いは、静的破砕剤の添加位置とコンクリート質量に対する添加率を変えることで模擬した。試験体Aを健全な試験体とし、試験体B、Cでは下側半分のコンクリートに静的破砕剤を添加することで、アンカー部の層状ひび割れを模擬した。なお、静的破砕剤の添加率は試験体Cの方が高く、より大きな損傷があることを想定している。

試験体B、Cを製作する際、コンクリートの下側鉄筋の高さにモールドひずみゲージ（ゲージ長50 mm）を設置し、鉛直方向の膨張ひずみを経時計測した（図-1、表-1）。なお、本稿では試験体コンクリートを打設してから30日経過した時点での計測値を示している。試験体Bでは2,000～13,000 μ 、試験体Cでは18,000～20,000 μ 以上の膨張ひずみが計測された。試験体Cにおいて膨張ひずみが「20,000 μ 以上」となっているのは、本計測システムで計測できるひずみの上限値20,000 μ を超えたこ

表-1 試験体B、Cの膨張ひずみ（打設後30日）

ゲージ名	試験体B 膨張ひずみ(μ)	試験体C 膨張ひずみ(μ)
a	2,000	20,000以上
b	8,000	20,000以上
c	10,000	20,000以上
d	13,000	18,000

表-2 各試験体の超音波伝播速度

アンカー名	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	平均
超音波伝播速度 [m/s]	3,809	3,837	3,817	3,802	3,815	3,816

アンカー名	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	平均
超音波伝播速度 [m/s]	3,006	2,411	2,251	2,506	2,736	2,582

アンカー名	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	平均
超音波伝播速度 [m/s]	797	1,276	1,349	1,098	734	1,051



写真-4 アンカー引抜試験の様子

とを指す。

引抜試験実施前に、各アンカーの設置箇所で鉛直方向にコンクリートの超音波伝播速度を測定した（表-2）。試験体BとCでは、試験体Aよりも超音波伝播速度

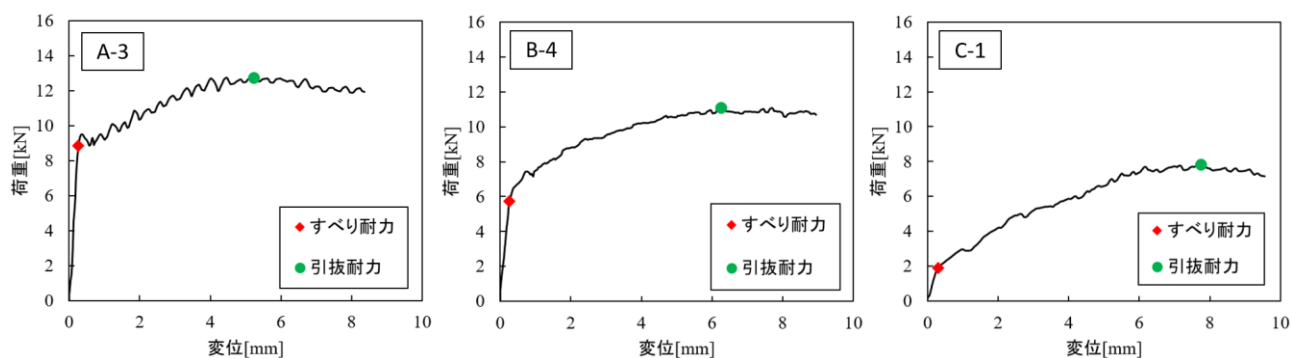


図-2 各試験体アンカー引抜時の荷重変位曲線



写真-5 アンカー引抜試験後の破壊形態

が低く、試験体Aの超音波伝播速度の平均値に対し、損傷が小さな試験体Bでは59～79%、損傷が大きな試験体Cでは19～35%となった。

(3)アンカー引抜試験

試験には、アンカー引張試験機（NETIS登録番号 KT-170007-VE）を使用した（写真-4）。この試験機では最大荷重は100 kN、最大変位は15 mmまで扱うことが可能であり、荷重精度は ± 2 kN、変位精度は ± 0.3 mmである。試験は、隣接するアンカーの影響を考慮し、番号1、3、5、2、4の順に実施し、試験中は、引抜荷重とアンカーの鉛直方向の変位を測定した。

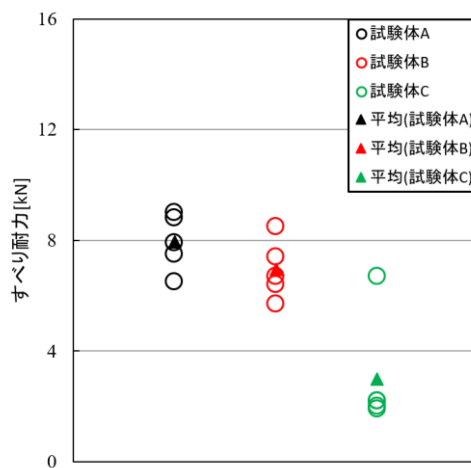


図-3 各試験体のすべり耐力

3. 試験結果

(1)荷重変位曲線

試験体毎の荷重変位曲線の代表例を図-2に示す。引抜開始直後は、荷重と変位の間に線形性が見られ、荷重に対して変位は緩やかに増加する。その後、線形性は失われ、荷重に対して変位は急増した。これはアンカーがコンクリートの接触面ですべり始めたことに起因すると考えられる。その後も荷重は増加し、変位が5～10 mmを超えた時点で最大値を取り、緩やかに減少した。本稿では、荷重変位曲線の勾配が低下するときの荷重を「すべり耐力」、引抜荷重の最大値を「引抜耐力」と呼ぶ。

引抜き後のアンカー打込み面の様子を写真-5に示す。本稿で扱った範囲では、アンカー部コンクリートに層状ひび割れを有する試験体B、Cのコンクリート片

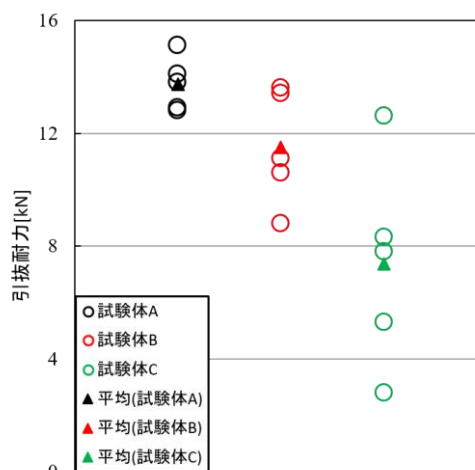


図-4 各試験体の引抜耐力

が健全な試験体Aよりも細くなる傾向が確認された。

(2)すべり耐力

各試験体のすべり耐力を図-3に示す。アンカー部コンクリートに層状ひび割れ損傷がある試験体BとCのすべり耐力は、試験体Bの1本を除いて、健全な試験体Aのすべり耐力の平均値よりも低くなった。試験体Aのすべり耐力の平均値に対し、試験体Bでは72～107 %、試験体Cでは24～84 %となった。なお、層状ひび割れ損傷の分布の偏りによって、試験体Cのすべり耐力のばらつきが大きくなった可能性がある。試験体BとCについて、アンカーのすべり耐力は、アンカー部コンクリートの層状ひび割れ損傷が大きいほど健全時のすべり耐力から低下する傾向が見られた。

(3)引抜耐力

各試験体の引抜耐力を図-4に示す。アンカー部コンクリートに層状ひび割れがある試験体BとCの引抜耐力は、健全な試験体Aの引抜耐力よりも低くなった。試験体Aの引抜耐力の平均値に対し、試験体Bでは64～99 %、試験体Cでは20～92 %となった。なお、試験体Cの引抜耐力のばらつきが大きくなったが、これはすべり耐力と同様に層状ひび割れ損傷の分布の偏りが影響している可能性がある。試験体BとCについて、アンカーの引抜耐力は、アンカー部コンクリートの層状ひび割れ損傷が大きいほど健全時の引抜耐力から低下する傾向が見られた。

(4)すべり耐力と引抜耐力の関係

各試験体のすべり耐力と引抜耐力の関係を図-5に示す。アンカーのすべり耐力と引抜耐力の間には正の相関が見られた。したがって、アンカー部コンクリートの層状ひび割れ損傷に伴って、アンカーのすべり耐力と引抜耐力は同時に低下していると考えられる。

4. おわりに

本稿では、鋼板接着補強床版のアンカー部コンクリ

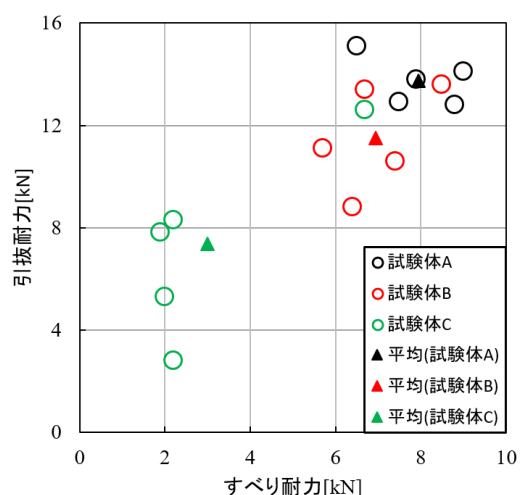


図-5 各試験体のすべり耐力と引抜耐力の関係

ートの損傷に伴うアンカーの引抜耐力低下に関する検討として、異なる損傷形態を想定した3体の試験体を用いたアンカー引抜試験を実施した。その結果、アンカーのすべり耐力、引抜耐力は、アンカー部コンクリートの層状ひび割れ損傷によって低下し、本稿の範囲において、すべり耐力、引抜耐力は最小で健全時の20 %程度まで低下した。これは、補強した部材の耐力に大きな影響を与える可能性がある。

今後は、鋼板接着補強床版を模した試験体を用いて載荷試験を行い、コンクリート損傷と補強した部材の耐力低下の関係について検討する予定である。

参考文献

- 1) 園田恵一郎、沖野真、林秀侃、喜田浩：道路橋RC床版に対する鋼板接着工法の信頼性に関する研究、土木学会論文集、第398号／I-10、pp.245-254、1988.
- 2) 角間恒、仁平陽一郎、畠山乃：積雪寒冷地における鋼板接着補強床版の損傷調査、第66回（2022年度）北海道開発技術研究発表会発表論文集、pp.479-484、2023.
- 3) 角間恒、仁平陽一郎、畠山乃：模擬損傷による寒冷地特有の損傷が進行した実橋床版の損傷性状に関する再現実験、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第23巻、pp.479-484、2023.