

ASR による膨張が接着系あと施工アンカーの引抜耐力に及ぼす影響に関する研究

株式会社ブリッジ・エンジニアリング(旧九州大学) 正会員 ○波多野 文人

大分工業高等専門学校(旧九州大学) 正会員 山本 大介

九州大学大学院 正会員 福永 隆之

九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則

1. 目的

接着系あと施工アンカーとは、躯体コンクリートの硬化後に所定の位置に穿孔を行ったのち、穿孔した孔とアンカーボルトの隙間を接着剤で充填し硬化させ、物理的に固着するアンカーのことである。落橋防止装置の取り付けなどに幅広く用いられているが、躯体コンクリートにアルカリシリカ反応（ASR）が生じた際に接着系あと施工アンカーの引抜耐力にどのような影響が生じるかに関しては、詳細な検討がなされていない。そこで本研究では、ASR による膨張が接着系あと施工アンカーの引抜耐力に及ぼす影響について実験的に検討を行った。

2. 研究概要

本研究では、水セメント比 $W/C=50\%$ とし、セメントに普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ），細骨材に石灰石砕砂（表乾密度 2.65g/cm^3 ）を使用した。粗骨材には反応性骨材である安山岩碎石（表乾密度 2.68g/cm^3 ）と非反応性骨材である石灰石砕石（表乾密度 2.70g/cm^3 ）をベシマム混合比である体積比 3：7 で用いた。練混ぜ水に NaCl を内割添加し、アルカリ総量を $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ で 8.0kg/m^3 とした。

表-1 の配合で、円柱供試体および図-1 に示す平板供試体を作製した。すべての供試体を 20°C 環境下で 28 日間湿布養生した後、平板供試体にアンカーボルトの施工を行った。アンカーボルトには M10 の寸切りボルト（SCM435、降伏点強度 785N/mm^2 以上）を使用し、埋込み深さ L は 10cm, 8cm, 5cm, 3cm とした。接着剤にはエポキシ樹脂系ケミカルアンカーを用いた。その後 40°C 恒温室において促進養生を実施した。コンタクトゲージ法により膨張量の測定を行い、一定の膨張量に達した段階でアンカーの引抜試験および円柱供試体の強度試験を実施した。円柱供試体は軸方向、平板供試体は厚さ方向の膨張量を測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度、静弾性係数、引張強度およびポアソン比

円柱供試体の圧縮強度、静弾性係数、引張強度を測定した。材齢 28 日での強度試験の結果に対する変化を図-2 に表す。材齢 28 日における値は、圧縮強度が 39.4N/mm^2 ，静弾性係数が 34.4kN/mm^2 ，引張強度が 3.58N/mm^2 であった。圧縮強度は、膨張初期に約 1 割上昇したが、その後はあまり変化しなかった。内部のひび割れが、圧縮強度に影響を与えるほどの連結性を示すものではなかったことが原因と考えられる¹⁾。静弾性係数は、膨張初期にわずかに上昇した後すぐに低下した。ひび割れにより内部に空隙が生じ、荷重に対する変形抵抗性が小さくなることが影響していると考えられる¹⁾。引張強度は、膨張初期

表-1 配合表

W/C (%)	単位量(kg/m ³)				
	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材	
				反応性	非反応性
50	180	360	788	294	686

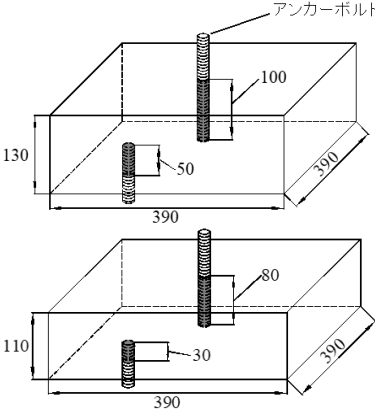


図-1 平板供試体の形状寸法 (単位:mm)

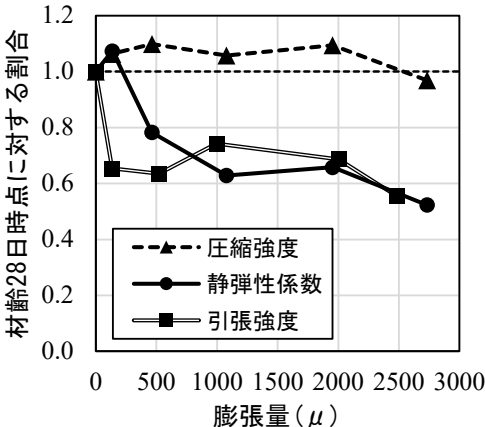


図-2 膨張量と力学的性質の関係

キーワード あと施工アンカー, ASR, 引抜耐力

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 建設材料システム工学研究室

に約4割低下した。膨張初期に生じたマイクロクラックが連結し、変形抵抗性が減少したことに起因すると推測される。

また、圧縮強度試験で得たポアソン比を図-3に示す。ポアソン比は通常弾性域で求められるが、最大荷重付近の変形抵抗性を検討するため、弾性域である最大荷重の33%時と最大荷重付近の90%時のポアソン比を求めた。最大応力の33%時は、膨張量によらずポアソン比はほぼ一定であったが、最大応力の90%時は、膨張量が大きいものほどポアソン比も大きくなった。応力が高い状態で内部のひび割れが進展し、これらが連結して横方向の変形抵抗性が小さくなったことに起因すると考えられる¹⁾。また、前述の引張強度が低下した理由との整合性も認められる。

3.2 引抜耐力

引抜試験の結果を図-4および図-5に示す。破壊形態は、○が付着破壊、△がコーン破壊、□が複合破壊、×がボルトの破断、+が割裂破壊である。埋込み深さ3cmの場合を除いて膨張量0 μ で引抜耐力が最大となり、その後低下した。アンカーボルトの引抜耐力は、コンクリートの引張強度の影響を受けるとの指摘がある²⁾。ASRによる膨張で引張強度が大幅に低下したため引抜耐力も低下した可能性がある。ただ、引張強度の低下ほど大幅な低下とはなっていない。これは、複合破壊におけるコーン部分より深部の付着力が、破壊後も残存したためと考えられる。

また、引抜耐力の算定に用いる引張強度は圧縮強度から推定されることが多い。ASRが生じている場合には、圧縮強度はほぼ一定であるのに対し引張強度は約4割低下していた。そのため既存の方法では、ASRにより膨張したコンクリートの引抜耐力に対し安全側の算定ができない可能性がある。

3.3 蛍光樹脂含浸

引抜後の供試体を、孔を通る面で切断し、断面に蛍光樹脂を含浸させてひび割れの観察を行った。結果を写真-1に示す。膨張後の孔（各写真右端の帯状に光って見える部分）の周囲に微細なひび割れが確認できる。引張強度の低下に伴い付着部にかかる荷重が増加し、微細なひび割れが生じたものと考えられる。

4. 結論

ASRによる膨張に伴い、圧縮強度は大きく低下しないものの、引張強度は膨張初期に約4割低下し、これにより引抜耐力の低下が確認された。既往の引抜耐力の算定式では引張強度は圧縮強度から推定されるため、ASRにより膨張したコンクリートの引抜耐力に対し安全側の算定ができない可能性が示唆された。

参考文献

- 久保善司, 上田隆雄, 黒田保, 野村倫一: アルカリ骨材反応による膨張がコンクリートの力学的性能に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1691-1696, 2006
- 森山智明, 丸山久一, 清水敬二, 山本康之: 後打ちアンカーボルトの引抜き耐荷機構に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.13, No.2, pp.923-928, 1991

謝辞 本研究は上田記念財団 10Rm01-016 の助成を受けたものです。ここに謝意を表します。

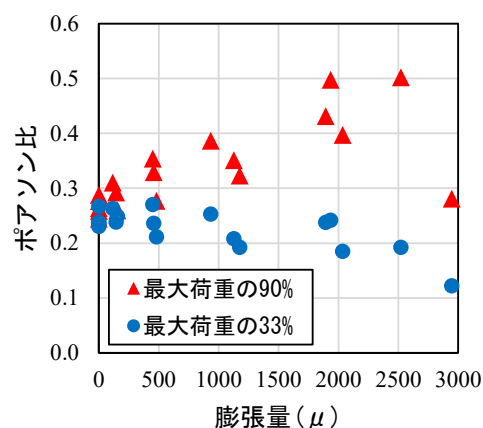


図-3 膨張量とポアソン比の関係

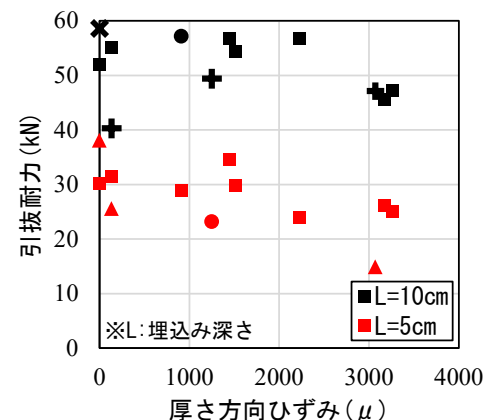


図-4 ひずみと引抜耐力の関係
(埋込み深さ 10cm, 5cm)

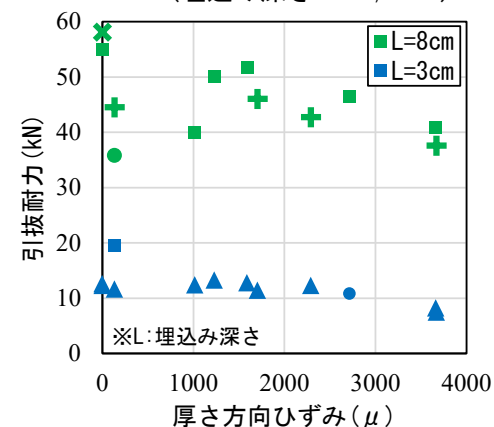


図-5 ひずみと引抜耐力の関係
(埋込み深さ 8cm, 3cm)

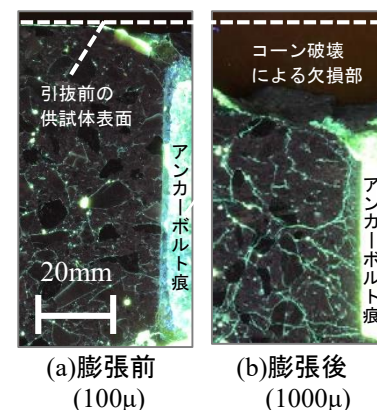


写真-1 膨張前後の断面の
ひび割れの比較