

シールド工用セグメント表面の微細構造に関する調査（2）

- セグメント表面の微細ひび割れについて -

佐藤工業 正会員 清水 幸範^{*1}金沢工業大学 正会員 木村 定雄^{*2}佐藤工業 岡村 直利^{*1}佐藤工業 正会員 宇野洋志城^{*1}

1. はじめに

鉄筋コンクリート製セグメントの表面に生じる微細ひび割れは、セグメントの耐久性能に何らかの影響を与えると考えられる。一方、セメント水和生成物が主体をなすコンクリートであるならば、その自己収縮や乾燥収縮をなくすことは、現状の技術では不可能であり、その程度を微小に抑制することが重要である。現状の技術によると、自己収縮ひずみと乾燥収縮ひずみの総量を 600～700 μ 程度に抑えることができれば、高耐久なコンクリートと評価され、セグメントの耐久性能に与える影響はほとんどないとされている¹⁾。また、ひび割れ幅の観点からみると、0.05mm 以下の微細なひび割れ幅であれば、セグメントの耐久性能の確保にほとんど影響を与えないものと考えられる。

本報告は、前報²⁾の続報であり、単位水量や単位セメント量がともに多い、粉体系の高流動コンクリートを用いて製造したセグメントの表面に生じる微細ひび割れを分析するとともに、その結果から、微細ひび割れがセグメントの耐久性能に与える影響について考察したものである。

2. 調査概要

セグメントの製造に用いた高流動コンクリートの配合を表1に示す。調査はまず、3 日間の水中(石灰飽和状態に近い水)養生を施した後に、屋外で貯蔵しているセグメントの表面に生じたひび割れの経時変化を調査した。その結果、屋外での貯蔵を開始してか

ら約 1～2 週間を経過した時に、亀甲状の微細ひび割れを有するセグメントが確認された。この微細ひび割れは、100～150mm 程度の間隔であり、セグメントの表面が乾燥している状態では、肉眼で確認ができなかった。しかし、降雨などにより、表面が濡れると、微細ひび割れの内部に水分が侵入して、それが顕在化したものである。その後、約 1 ヶ月を経過すると、微細ひび割れの間隔は、20～30mm 程度となり、さらに 5～6 ヶ月を経過しても顕著な変化は見られなかった。この微細ひび割れの幅は、それが確認された当初から 0.02mm 以下であり、時間の経過に伴って、ひび割れ幅や長さの進展は認められなかった。写真1および写真2は、微細ひび割れの一例を示したものである。

次に、セグメント表面に発生した微細ひび割れを抽出して、その性状を詳細に調査した。

なお、この調査とは別に実施された高流動コンクリートの自己収縮ひずみおよび乾燥収縮ひずみの総量は、565 μ (材齢 52 週)である³⁾。

3. 調査結果

(1)表面調査：実体顕微鏡を用いて、セグメント表面に存在する微細ひび割れを観察した結果を写真3および写真4に示す。写真3はひび割れからの析出物が比較的少なく、ひび割れが明瞭に判定できるものの例である。写真4はエフロレッセンスと考えられる白色生成物がひび割れの内部を充填し、析出物や自癒によって、ひび割れが閉塞したように見える例である。観察されたこれらのひび割れの幅は、最大

表1 高流動コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブ厚 (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					W	C	S	G	Ad
20	65 ± 5	2 ± 1	30.7	56.0	182	592	892	783	10.7

C: 普通ポルトランドセメント, S: 葛生産石灰岩系砕砂, G: 玄武岩系砕石, Ad: 高性能減水剤 (主成分はポリアクリン酸と配向剤の複合体)

キーワード：シールドトンネル，高流動コンクリート，ひび割れ，実体顕微鏡，EPMA

連絡先：*1: 〒243-0211 神奈川県 厚木市 三田 47-3

Tel: 046-241-2172 Fax: 046-242-9420

*2: 〒921-8501 石川県 石川郡 野々市町扇が丘 7-1

Tel: 076-248-8426 Fax: 076-294-6713

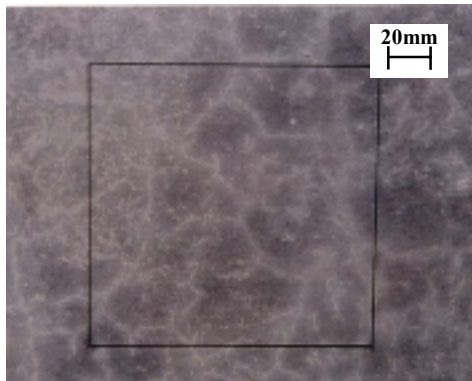


写真1 微細ひび割れ（表面乾燥状態）

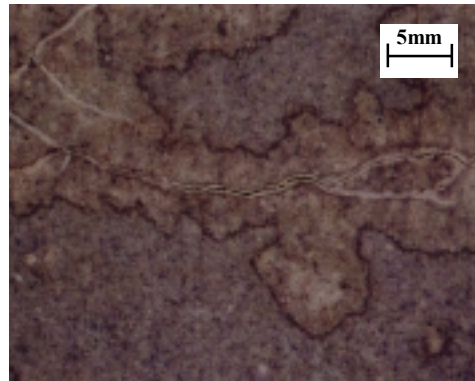


写真3 明瞭な微細ひび割れ

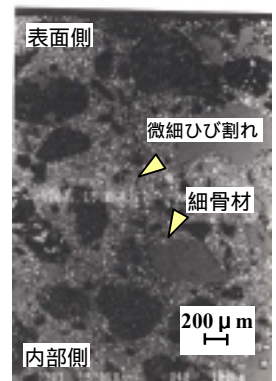


写真5 ひび割れ性状

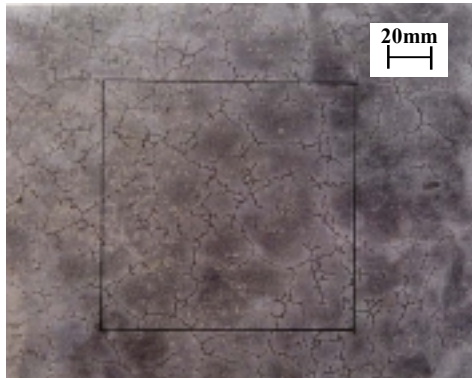


写真2 微細ひび割れ（表面湿潤状態）

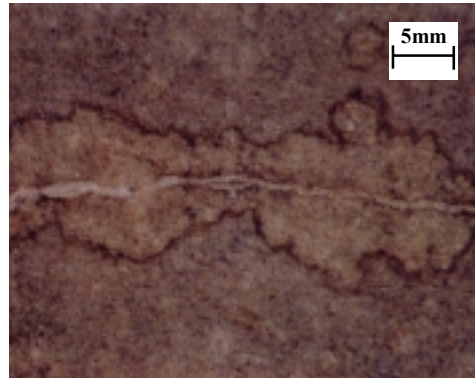


写真4 不明瞭な微細ひび割れ

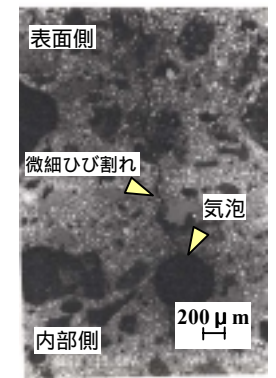


写真6 ひび割れ性状

でも 0.02mm 以下である。また、微細ひび割れを中央としてその両側には、ひび割れ幅の数倍～数十倍の幅を有する帯状の白色領域が見られ、この帯状領域の先端は黒色を呈している。

(2)断面調査：写真5および写真6は、EPMAにより撮影した微細ひび割れの深さおよび進展状況を示したものである。微細ひび割れの深さは、いずれも約2～3mmであり、その先端は骨材粒周りの付着ひび割れを誘発した安定状態(写真5)、あるいは微細気泡による進展阻止状態(写真6)となっている。

4. 調査結果の考察およびまとめ

セグメント表面に発生した微細ひび割れは、亀甲状を呈しており、その間隔は20～30mm程度であり、最大骨材寸法とほぼ一致する。このようなひび割れの発生状況となる原因の一つとして、アルカリ骨材反応が考えられる。しかし、微細ひび割れの発生時期が材齢1ヶ月程度と若く、材齢6ヶ月でその進展がとまったこと、反応ゲルや反応リムが観察されなかったことなどから、アルカリ骨材反応がその原因でないと判断できる。また、材齢が若く水和反応が促進している時期の水分補給が、不十分ではないことから、自己収縮が微細ひび割れの発生原因であるとは考えられない⁴⁾。したがって、微細ひび割れの

発生時期や発生状況を考慮すると、その原因は表層部にあるセメントペースト、あるいはモルタルの乾燥収縮を粗骨材が拘束したためと考えられる。

他方、微細ひび割れは、その幅が最大でも0.02mm以下であるとともに、その深さが最大2～3mm程度であり、極表層の炭酸カルシウム層のみでその進展がとまっている性状にある。したがって、トンネルの用途や二次覆工の有無にもよるが、既往の評価基準^{5),6),7)}に照らして、微細ひび割れが耐久性能に与える影響を総合的に判断すると、コンクリートの強度低下、中性化および水密性、さらには、鉄筋の腐食に与える影響はほとんどないものと考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説，pp.179-184, 1991.
- 2) 木谷，木村，清水，児玉：シールド工用セグメント表面の微細構造に関する調査(1)，第57回土木学会年次学術講演会，部門，2002.9.
- 3) 花見：高流動コンクリートを用いたシールド工用セグメントにおけるFRP-Key継手の力学特性に関する研究，早稲田大学学位論文，p.26, 2001.7.
- 4) 日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書，pp.7-11, 1996.
- 5) 同上1)，pp.55-64
- 6) 日本コンクリート工学協会：海洋コンクリート構造物の防食指針(案)，pp.11-12, pp.53-58, 1990.
- 7) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひびわれ調査，補修・補強指針，pp.63-74, 1989.