

章 吹付法面の変状

モルタル・コンクリート吹付工は、施工後変状が発生することがある。ここでは、竣工検査時に変状が確認された場合の変状分類と調査について考えてみる。

- 1 吹付法面の変状パターン

- 1-1 変状パターン

モルタル・コンクリート吹付法面の変状パターンは、奥園らによると地山を含む崩壊、せり出し、クラック、空洞、剥離、表層老化(ザクザク)の6パターンに分類される。

このうち、①、②は外部応力による構造破壊で、背面の地山崩壊と基礎部の支持力不足による変状である。③は外部応力または内部応力による変状、④は施工ミスによる変状と考えてよい。

一次調査		二次調査		対策
調査法	変状パターン分類	調査項目	判定	
現地踏査・ 写真判読	①地山を含む崩壊	地山変状調査 (変状土塊土量)	A B C	排土、ロックボルト等、モルタル注入
	②せり出し	クラック幅 せり出し量	A B C	シール、ボルト、削除
	③クラック	クラック密度 クラック幅	A B C	ネット、吹きたし、アンカー、ピン、シール(スチールファイバー等?)
	④空洞	ハンマー打診 リモートセンシング (熱映像)	A B C	打ち替え、ネット、モルタル注入、削除、ドレーン材、水抜穴
	⑤剥離	剥離厚 剥離面積	A B C	削除、打ち替え、コーティング(樹脂系)
	⑥表層老化(ザクザク)	老化層の厚さ 健全部、残存部の厚さ	A B C	老化部削除、コーティング、小段清掃

コンクリート吹付の変状パターンとその対策(奥園 誠之: 1986. 7.28; 試験所)

図 - 1 変状分類図

- 1 - 2 変状要因

(1) 「地山を含む崩壊」・「せり出し」

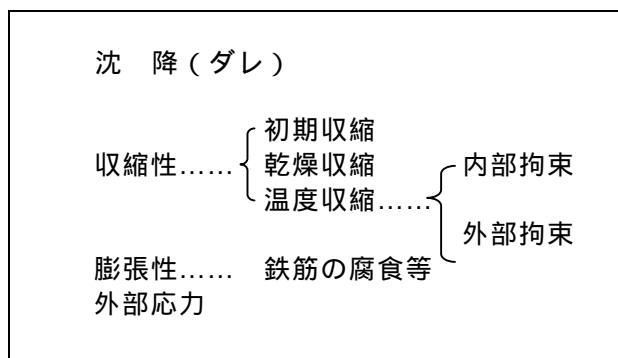
竣工検査時に地山を含む崩壊、せり出しの変状が現れた場合は、設計不当と施工不良が考えられる。

設計不当の場合は、設計者が背面地山の崩壊が想定できず、工種、工法の選定を誤ったものである。施工不良の場合は、斜面の不安定な土塊（岩体）を充分除去しなかった整形不良の場合に発生する。また、「せり出し」現象では、法尻の基礎支持力が充分得られない箇所に施工した場合などに発生する。

(2) 「ひび割れ」

ひび割れ（クラック）とは、内部応力あるいは外部応力によってモルタル・コンクリートが破壊され発生するものである。

吹付工のひび割れ発生原因は下記に分類される。



沈降（ダレ）ひび割れ

吹付後まだ固まらないモルタル・コンクリートの沈下現象によって発生するひび割れである。加水した軟らかい配合の場合などに多く発生し、凹凸斜面のオーバーハング部、勾配変化点及び凸部頂点付近にダレ現象として発生することが多い。これらは、モルタル・コンクリートが一樣に沈下できないために発生する。また、補助鉄筋などの上部に沈下の差が生じ発生することがある。

-1 収縮性ひび割れ(初期収縮)

吹付後の急激な乾燥収縮によって発生するひび割れで、好天で風が強く乾燥が著しい場合に発生しやすい。

-2 収縮性ひび割れ(乾燥収縮)

吹付後、乾燥が緩やかに進行して発生するひび割れで、不規則な線形の物が多い。吹付表面に発生するヘアークラックはこの現象によるところが大きい。

参 考 1 9

吹付法面の破壊

コンクリートの破壊を せん断破壊、 引張破壊、 曲げ破壊に体別すると、「地山を含む崩壊」ではクサビ崩壊が発生した場合などは主に曲げ応力が、円弧崩壊が発生した場合は主に引張応力が作用しコンクリート破壊が発生する。「せり出し」は自重の水平分力に耐えられずせん断破壊が発生した場合などに見られる。

凍結融解作用が激しい法面では、せん断破壊、 引張破壊、 曲げ破壊が複合的に作用し、後述のひび割れが発生したり、構造的破壊を誘発させる。

-3 収縮性ひび割れ（温度収縮）

モルタル・コンクリート吹付は吹付け後、時間の経過とともに水和反応を起こして硬化熱を発生する。硬化熱の温度上昇で吹付体積は膨張し、温度低下によって収縮して行く。この時、吹付体積の収縮を拘束する要因がある場合にひび割れが発生する。

モルタル・コンクリート吹付は、一般コンクリート構造物のように型枠管理ができず、また、一様な養生もできない。さらに、凹凸が激しい法面では、均一な吹付厚に仕上げることは不可能であり、当然この温度収縮の違いが顕著に現れる。これらは、内部の高温部と吹付表面の低温部が拘束しあい、吹付表面に引張応力を生じるために発生する。このひび割れは内部拘束応力によって発生したものである。

さらに、吹付材が岩盤や既往コンクリート面などに付着した場合、付着力が強く自由に伸縮できずに拘束されて発生するひび割れがある。これが外部拘束応力によって発生するひび割れがある。

膨張ひび割れ

膨張ひび割れは、モルタル・コンクリート吹付に発生したひび割れから水が浸透し、内部鉄筋が腐食して膨張することにより発生するひび割れである。竣工検査時に発生することはほとんどない。

外部応力ひび割れ

地山部の崩壊や基礎部の沈下などにより発生するひび割れで、前述の「地山を含む崩壊」・「せり出し」現象による応力が微に作用した場合は、初期段階でひび割れとして発生する。

(3)「空洞」・「剥離」・「表層老化(ザクザク)」

竣工検査時に空洞、剥離、表層老化(ザクザク)が発生した場合は、明らかに施工不良と考えてよい。空洞には、吹付材と地山との間に発生するものと吹付内部に存在するものとがある。前者は吹付前の清掃が不十分で不純物(落葉、リバウンド砂等)が残存していた場合に発生しやすい。後者は打継が基準どおりに施工されなかった場合であり、とくに、リバウンド砂の除去を行わなかった場合に発生する。

剥離も打継が基準どおりに施工されなかった場合に発生しやすく、表層老化(ザクザク)は不用意な仕上げ吹きを行った場合などに発生する。

参考 20

ヘアークラック

ヘアークラックとは「密着したひび割れ」を意味する。密着したひび割れの幅は 0.2mm 以下とされる。

吹付工はひび割れが発生する

モルタル・コンクリート吹付は、一般コンクリート構造物のように型枠管理ができず、また、一様な養生もできない。さらに、凹凸が激しい法面では、均一な吹付厚に仕上げることは不可能であり、ひび割れの発生しやすい工法である。

しかし、現在に至るまでモルタル・コンクリート吹付は施工されてきており、森林整備必携等に記載される標準配合は過去の実績から示されている配合である。仕様書に示された施工手順を守り、施工管理を的確に行えば、ヘアークラック程度のひび割れ発生にとどめることは可能であると考えられる。

一般に剥離と表層老化(ザクザク)は老化現象

一般に吹付法面の表面剥離と表層老化は、寒冷地における冬期間の凍結融解作用による表面劣化に起因する場合が多い。降雨、降雪などによりコンクリート面内側の空隙に供給された水が凍結融解を繰り返すことによって発生する。

竣工検査時にこれらの変状が発生していたら、施工不良と断定してよい。

- 2 変状調査

前述の変状パターンで最も多いのがひび割れの発生と空洞・表面剥離である。

ここではこれらの調査手法の事例を示す。

- 2 - 1 ひび割れ調査方法

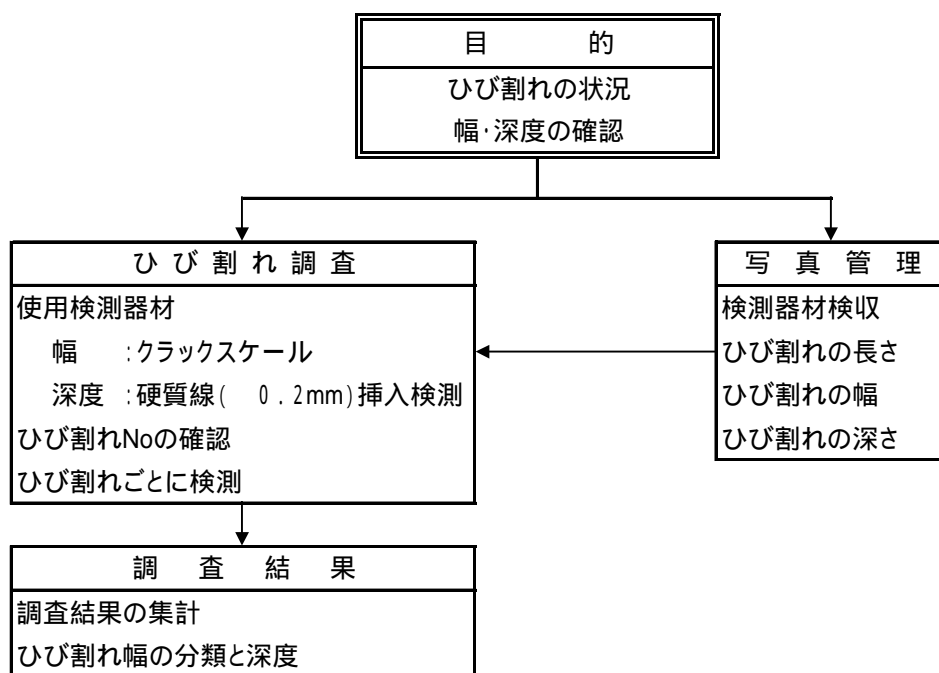


図 - 2 調査手順 (例)

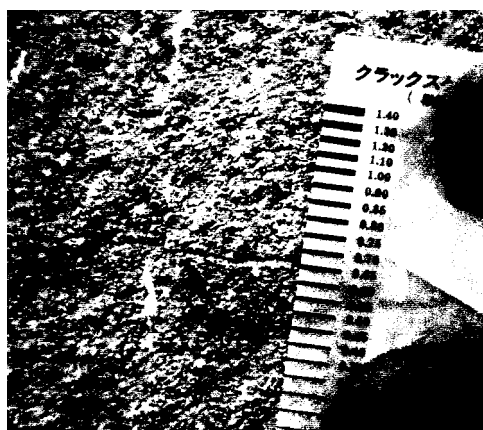


写真 - 1 調査状況

- 2 - 2 表面剥離と空洞調査

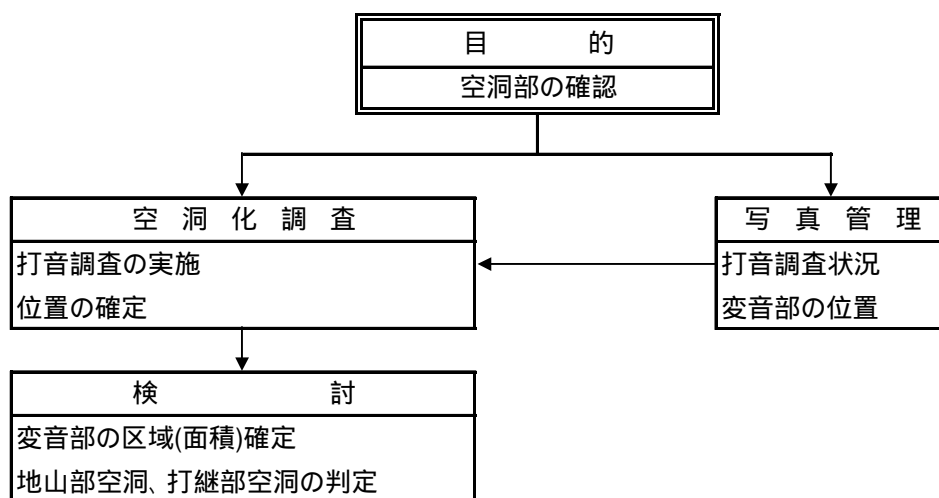


図 - 3 調査手順 (例)

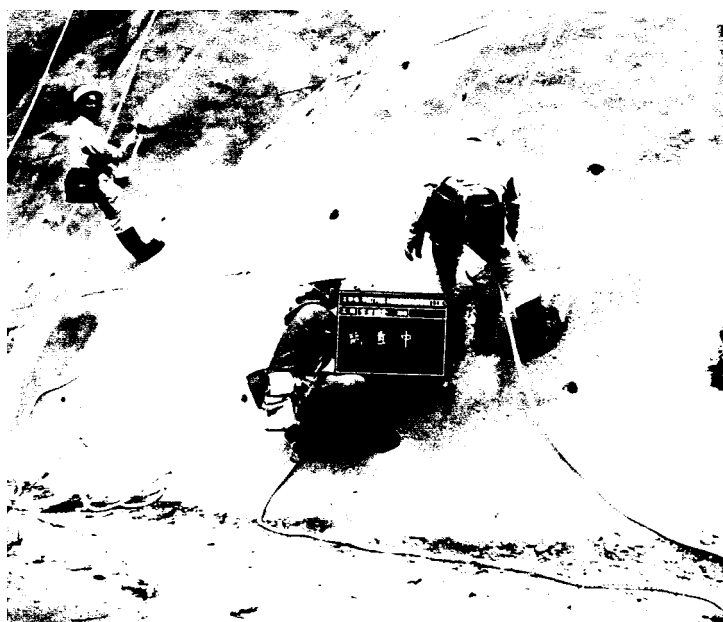


写真 - 2 調査状況

参考 2 1

やはり調査は難しい！

空洞・表面剥離の調査・点検作業は物理的な測定が困難であり、専門技術者の目視やハンマーによる打診音に頼る部分が多い(建設省土木研究所：吹付法面老朽化現象)。

最新技術では、建設省土木研究所の研究報告による熱映像法(リモートセンシング)等があるが、身近な現場では人間に頼る部分が多い。

- 3 吹付法面の補修

竣工検査時に変状が確認された場合の補修方法は、変状分類と法面の調査を行い、経過を観察した後に、発生原因等を明らかにして、対策を検討する必要がある。

なお、経過観察においては、観察時の気温など気象条件に左右される場合があるので留意するとともに、適期に補修できるよう安易に調査を長引かせないようにする。

また、吹付法面の変状に対する補修方法を検討するとき、図 - 1 の対策法が例となる。しかしながら、施工現場ごとに変状の度合いや環境が違い、発生原因も複合的に作用する場合が多いと推測されるため、画一的な補修方法は存在しない。工作物の長期的な安定確保や周辺環境との調和を図るためにも、現場に即した対策法を検討する必要がある。

参考 2 2

増厚補修の例

増厚（補強）は最も多く採用されている補修例である。特に広い範囲においてひび割れが発生した場合や空洞・剥離が発生した場合などに用いられる。

補修・補強用のコンクリート吹付工は、劣化部や損傷部を超高圧水やピックハンマー等を使用して撤去（はつり）し、高分子材を接着面に塗布するなど、吹付コンクリートと旧コンクリートとの一体性を高める方法を用いて行う。吹付材は一般のコンクリートやモルタルの場合と繊維補強コンクリートを用いる場合などがある。

ひび割れ補修の例

ひび割れの補修方法として前述の増厚（補強）の他に、ひび割れ部分補修がある。多く用いられる方法として、Vカット・Uカット法がある。ひび割れ部をカッターを用いてV字・U字にカットし、充填する方法で、コンクリート面の水密性を高める補修方法である。以下にUカット法（例）を示す。

