

あるが、これは先ず第一の条件として、図示の如く小孔のまわりが本当に平面でなくてはならない。ごく微かな凹凸でも非常に影響を及ぼす。大抵 0.5 mm 或いはそれ以上の厚さの真鍮板等の金属板を用いて作り、模型をモルタル

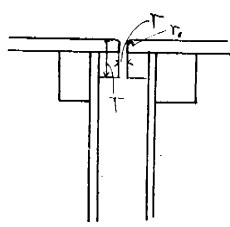


図-4 ピエゾ

で作る場合にはこれをモルタル面にはめ込む様にする。尚又この小孔をあける真鍮板があまり小さいとモルタル面等にはめ込む時に全体として傾き勝ちであるからこの点注意を要する。真鍮板にパイプを取付ける時には表面の孔を明ける板の裏面に、ちょうどパイプの外径だけの大きさの孔をあけたもう一枚の板を半田づけしそれにパイプを埋込んで半田づけする。半田づけした部分は充分気密になるように注意する。

最後に模型製作用の材料についてであるが、先にも述べたように材料自身の良否が結果に大きく影響するから材料の選定にはよく気を配らなくてはならない。縮尺が多少大であつても模型自体に必要な材料はごく僅かなものであるから、この点には費用にかまわず最良の質のものをを用うべきである。それからモルタルで固める模型の場合には砂を用いず鋳屑を使用した方がよいのである。模型では強度はあまり必要でなく、表面が滑かで仕上げ易いものの方がよいが鋳屑モルタルはこの目的に適うようである。又亀裂が入り難いという特徴もある。又模型の製作は急ぐことが多いのでセメントにはペロセメントを用いる。実験の途中で模型の改造をするような時にはセメントに石膏を混ぜて用いる。

もう一つ写真撮影についてであるが水面を写す場合には光線のあて方が一番むづかしい。この点についてはいろいろやつて見て要領を会得する必要がある。又偏光フィルター等を用いることも効果があるようである。速い運動現象を撮る時にはライトを相当用いてもどうしても露出時間に無理があるが最近では強力現象液も出てくるからこの点にはあまり心配はない。更にそれ以上の速い流れの場合には高速電気閃光装置の使用が考えられる。

以上とりとめもなく模型実験に関するいろいろの事を記述して来たが、紙数の都合もあり一つ一つの事項について十分な説明をすることは到底出来なかつた。個々の場合についての具体的な詳細は又別の機会に改めて書きたいと思う。模型実験とはどんなことかという一つの概観程度のもので、筆者等日常水理実験にたずさわっている者のメモである。次に模型実験に関する参考文献の中最も実用的と思われるものを二、三紹介してこの項を終わりたいと思う。

文 献

- 1) 大坪喜久太郎：水理模型実験の相似律。(昭 11 年 7 月) 土木学会講演集。
- 2) 佐藤清一：相似律について。(昭 16. 3) 内務省土木試験所報告。
- 3) 安藝皎一：河相論。
- 4) J. Allen: Scale Models in Hydraulic Engineering (1947).
- 5) Langhaar: Dimensional Analysis and theory of Models (1951).
- 6) H. Rouse: Engineering Hydraulics.

技 術 資 料 第 十 号

シ ョ ッ ト ク リ ー ト の 施 工

正員 北海道大學工學部教授 板 倉 忠 三

最近コンクリート構造物の修理にショットクリートが用いられるようになった。この際これに関する米国の技術を紹介することも無意義ではないと考えられる。ここに ACI の標準と米国内務省開拓局の指針とを述べることにする。

I. ACI 標準, ACI 805-51 (805 委員会報告)

吹きつけモルタルの施工に関する推奨工法

概 概

この ACI 標準は、圧搾空気で打つモルタルの利益と不

利益を簡略に述べ、且つショットクリートの打込みおよび練り混ぜ、労務者の資格と義務、ショットクリート施工前の表面の準備、補強工法、施工順序、および良質のショットクリート施工に含まれるその他の諸項目に関する推奨工法を確立している。

緒 言

コンクリート、煉瓦、メーソソリーおよびある種の鋼構造物の新設および修理と維持の種々の様式の工事に便

利且つ有利なので、最近圧搾空気で打つモルタルを用いることが増加して来た。しかしそのようにして打たれたモルタルは、それを用いる決定をする前にある種の諸限界を熟知しなければならない。工事および条件によつては、この材料には重要な利益がある；それは便利、経済的で、構造的には充分であり；その他の工事にはこの利益の一部あるいはすべては失われる。その適用には最善の施工が大切である。推奨工法を述べる前に、できる限り材料の誤つた適用および失望する結果を避ける為に、材料の利益および諸限界を述べる事が望ましい。

定 義

圧搾空気打ちモルタルは、混合と施工器械の型および製作には無関係に、施工すべき表面上に直接空気の噴射で吹きつけられるモルタルである。噴射の力は、打つたモルタルを締固める。“吹きつけモルタル*”という用語の不便を避ける為、この報告ではこの後、この材料について“ショットクリート”という用語を用いる。

ショットクリートの概説

ショットクリートの課程と施工は、これらの一般型式に従っている。

(1) 砂とセメントは、これを標準のコンクリートミキサ内で空練りする。

(2) 空練りされたものは、これを重力によつて後に“ガン”と呼ぶ特殊の機械フィーダー中に供給する。

(3) 圧搾空気をガンの中に導入し、加圧された混合物はこれを補給輪によつて排出ホース中に補給する。

(4) 加圧された空練混合物は、排出ホースから特殊なノズルへ入れられる。これはオリフィスの役を果たすと共に、このノズルの内部には、水が空練混合物に導かれる特殊の開孔を有する多岐管を有している。

(5) 今、湿めされた混合物は、ショットクリートされるべき対象に対して直接噴出する。

ショットクリートの諸利益

ショットクリートの諸利益は

(1) 製造と打設に比較的小さな可搬式プラントを要する。このプラントは、主として圧搾空気と給水源、砂とセメントとを空練りする為の標準のコンクリートミキサ、排出ホース中に空練りした材料を補給する機械フィーダー（ガン）、水、空気および混合材料用のホースおよびノズルから成立っている。材料用ホースは、混合された材料を施工場所に運ぶ、それは、バケツ、2輪車、エレベーター、トラック、ポンプあるいは他に必要とされる運搬設備の代りである。運搬すべき重い荷重がないから、足場作りの必要は最小である。

* “吹きつけモルタル”は原語では“空気施工されるモルタル”となつている。

(2) この打込みの方法では、普通のコンクリート打込法に正常に用いられるよりも要する水セメント比が低い。

(3) この打込み方法によつて得られる密度および混合物の固さは、型枠を用いずに多くの形状を建造することを得せしめる；型枠が必要な所には、通常、コンクリートの打込みに必要とされるよりもかなり軽易な場合がある。

(4) この空練り混合物、打込み方法、およびより富配合の必要は、与えられた材料に対して高い圧縮強度および高い密度を招来する。

(5) ショットクリートは、次の工事の建設用によく採用される。

新設構造物： 薄い壁、ある種の屋根、スラブ、イムホフタンクの阻み板、ある種の鉄筋コンクリート造タンク、ある種の貯水池に対するライニング、トンネル、下水管、堅坑、水路および管；および同様の範囲および断面の工事。

被覆工： 煉瓦、コンクリート、鋼鉄、メーソソリーの表面上。（風化したコンクリート表面、および多くの水中構造物に対する好ましくない気象条件下では、その耐久性は、露出されない表面および水中構造物でない構造物に用いられる時よりも、恐らく著しく少ない。）

包 覆： 防火および補強用に構造用鋼の；大きな鋼鉄管の内外両側の；鉱山および他の工業の建築物のような木造構造物の防火用の包覆である。

修 理： 貯水池の覆工、多くの条件下のダムの上表面、トンネル、堅坑、管線、壁体、タンク、下水管、水路およびショットクリートが新しい工事に適用されるような工事の大部分。すべての型式のメーソソリー構造物に対する地震の被害。

ショットクリートの不利益

ショットクリートの不利益は

(1) その構造物としての価値および仕上げ面の膚は、労務者の技術に由来する所が大であるから、ショットクリートは、熟練した作業員だけがこれを打込まなければならない。構造物としての価値および表面は、また空気圧、砂の粒度、砂の湿度、水の使用、湿度および風によつて大いに影響される。

(2) ショットクリートの密度は、良質のコンクリートの密度よりも低い。

(3) ショットクリートは、比較的水を透さないが、良質のコンクリートよりも更に空隙が多い。（この孔隙率は、ショットクリート自身の凍害耐久度には好ましい証拠であるように見える。）

(4) ショットクリートは、コンクリートよりももつと収縮亀裂を生じ易い。

(5) 自然のショットクリートの表面は、粗く、且つ跳ね返りて覆われている。この状態は、工事の等級によつては障碍となるが、表面を特別に定規塗りすることによつて克服できる。

(6) ショットクリートを施工することは、比較的埃つぽく、これが跳ね返りを清掃する必要と費用を要するから、工事の等級によつては有害である。

(7) その工事に跳ね返りを清掃する処理が必要であるから、ショットクリートは、比較的薄い層を以つて、厚い断面に必要なだけ連続的にこれを施工する。

推奨施工法

諸材料

砂： 技術者は、天然産の砂か、あるいは堅硬な石または砂利を砕いた砕砂を用いるかを示方すべきである。

粒度組成： 良質のコンクリートの示方に合致する砂が適している。即ち次の表に示されている限界内の粗粒から細粒まで粒度を組成しなければならない。

A.S.T.M. C 33-46	
3/8" (9,525 μ) フルイ通過	100%
4 番 (4,760 μ) フルイ	95~100%
16 番 (1,190 μ) フルイ	45~80%
50 番 (297 μ) フルイ	10~30%
100 番 (147 μ) フルイ	2~10%

粗粒率 (F.M.) は、2.5 より小ならず、3.30 より大でないこと。

均一性： 任意の 1 供給源からの細骨材の粒度組成を管理する目的には、工事そのものに実際搬入するに先立つて、予めその見本を提出しなければならない。この試料は、その材料の代表でなければならない。それは備え付けておく為に提出される。工事の進行中、粗粒率が当初の見本から $\pm 0.2\%$ 以上の変動を示す細骨材を荷積みすることは、いかなる場合にもこれを拒絶しなければならない。但し、配合の変化によつてこの項の諸要求に應ずることが容易に行われる場合は例外である。

有害物質： 洗わない砂を用いることを、技術者が許可すると明白な実証をするのでなければ、砂はこれを洗わなければならない。有害物質の最大百分率は、次の値を超過してはならない。

	重量による %
傾瀉によつて取除かれるもの	3
頁 岩	1
石 炭	1
粘 土 塊	1

その他の有害物質の全量 (雲母、アルカリ、被覆された

粒子、および軟かい薄い粒子のような) は、重量で 2% を超過してはならない。頁岩、石炭、粘土塊、軟かい碎片および他の有害物の百分率の和は、重量で 5% を超過してはならない。砂はすべて有機質不純物を含んではならない。有機質不純物に対する、A.S.T.M. C40-33 の色度計試験を行う時、標準より暗い色の骨材は、これを棄却しなければならない。砂は、これをセメントと混合する時、3~5% の湿分を含まなければならない。湿分が 5% を超過すれば、砂は、これを乾燥するか、あるいはこの最大限度に達するまで排水しなければならない。

跳ね返り： 跳ね返りは、ショットクリートを施工した表面から、即ち新しい硬い表面、鉄筋または骨材粒子自身と衝突して、跳ね返る砂とセメントである。

その量は、セメント量、使用水量、噴きつけ角度、表面の形、用いる砂の大きさと形、および空気圧によつて変化する。跳ね返りのセメント含有量、セメントの状態、粗粒率は、これを予知できないから、跳ね返りをショットクリートに再利用してはならない。

セメント： セメントは、II 型ポルトランド、セメントに対する A.S.T.M. 示方書、規格 C150-42 に合致するポルトランドセメントでなければならず、第 1 級のコンクリートに対するアルカリの全量と同じ制限に従わなければならない。容積配合の練り混ぜには、セメントの各 1 袋は、1 cub. ft., 重量配合には 94 lb. として行わなければならない。

水： 水は、飲料に適する水質でなければならない。

鉄筋： 厚さまたは工事の範囲および性質によつて、補強用鉄筋は、標準鉄筋用鋼か、あるいは網、あるいは伸張金属かであつてもよい。網は溶接されなければならない。網あるいは伸張金属は、固定用とげのあるものでもよいし、あるいはチェアと共に用いられてもよく、且つ亜鉛鍍金でもよい。各個の場合を示方書と図面が管理しなければならない。鉄筋配置を選択し、打込みに抵抗が最小であるように設計された時に、最も健全なショットクリートが得られることを強調すべきである。

器械設備

標準ミキサ： 回転式混合設備は、混合した材料を、均一且つ連続的にガンに供給するに要する時間以内に、砂とセメントを充分に空練りすることができなければならない。

ガン： 最も広く用いられる空気混合および排出設備は、垂直 2 室型のものである。上方の室は、空練り混合物を受け、これに圧力を加えて、下方の室に排出する。下方の室は、加圧された空練り混合物を補給輪によつて排出ホースに圧送する。この型式のフィーダーは、上方の室が再びチャージされている間に、下方の室が連続的に必要な材料を排出ホースに送るのである。この設備は、

材料排出の圧力の低下、およびそれによる速度の低下を避けるにより状態にこれを保たなければならない。ドラムの内部、補給用歯車および弁は、必要に応じて少なくとも8時間の交代毎に、これを清掃して、限界部分上の材料の結塊を妨げなければならない。

ホースとノズル： 良い経験では、恐らくショットクリート施工に対する最良の条件は、約 100 ft. (30.48 m) の材料用ホースから得られることを指示している。もつと長いホースを用いる必要がしばしばあるが、ノズルにおける適当な速度を保つ為に、供給圧力を増加するならば、500 ft. (152.4 m) までのホースから打込むことが実用的である。粗雑なあるいは大量の工事に対しては、ノズルの個所で 50~60 lb. (3.5~4.2 kg/cm²) の圧力が必要である。この圧力は、リフトの高い、またはホースの長い時、詰まるのを避ける為、75 lb. (5.25 kg/cm²) まで増加されることがある。仕上げ工事に対する最良の結果は、25~50 lb. (1.75~3.5 kg/cm²) の圧力を用いる時に得られるべきである。器械設備の製造者は次に示すノズルの大きさに次の材料の速度を生ぜしめるよう、ガンの個所で充分の空気圧を推奨している。

3/4 あるいは 1 in. (19.05~25.4 mm) ノズル使用

375~500 fps. (114.3~152.4 m/sec)

1 1/4 in. (31.75 mm) ノズル使用

425~550 fps. (129.5~167.6 m/sec)

最良の施工をしたノズルは、“予め混合した”型用のもので、これには、施工の場所における材料を通じて水を均一に分布させる為、ノズルの内部に孔のあいた水補給器がある。これらのノズルは、材料の流れの均一性が失われる所まで摩耗した時、取替えられるべき被覆を有している。

空気圧縮機： 阻害されることなしに、最も長いホースからの排出に必要な空気圧と空気量を出すに充分の容量があれば、標準の空気圧縮機ならどんな型でも満足である。空気圧縮機の容量を決定するには、跳ね返りを吹き飛ばし、鉄筋を清掃し、偶発の用途に消費される空気に余裕が必要である。

水ポンプ： 水圧は、施工に要する最高の空気圧より約 15 lb. (1.05 kg/cm²) 高くこれを維持しなければならない。空気および水の圧力の両方は、均一に定常（波動しない）でなければならない。

ショットクリート施工の推奨操作

実施すべき工事は、図面と示方書に充分、且つ明瞭に記載されていなければならない。そのすべては工事着手前に、請負人あるいは監督員に入手されていなければならない。

労務者の資格および義務： ショットクリートの品質と満足な用法は、労務者の技術に頼る処が非常に多いか

ら、先達、ノズル持ち、およびガン持ちは、これをショットクリートに雇傭する前に、準拠する示方書の諸要求に従って工事を遂行するように充分資格付けられるべき充分の期間、どこかで同様の分量、満足な工事を行った証拠を示すことが望ましい。

労務者の義務： 先達は、ノズル持ちとして2ヶ年以上が好ましいが、その個人的経験を有しなければならない。

ノズル持ちは、以前同じようなショットクリートの工事に6ヶ月の見習をしていたことがあるべきこと、および下記の義務を満足に遂行する能力を実地の経験によって証明でなければならない。

(1) ノズルにおける最少の水量で、しかし完全な水合作用を保証し、過剰の跳ね返りを防いで、材料を打込むこと。正常の跳ね返りは、工事の型および砂の粗さに応じて20~40%の範囲である。

(2) 施工する時には、健全な材料で隅角を満たし、各層に必要なとする厚さで補強用材を被覆するような順序および手順に従うこと。

(3) 次々と施工するのに、清掃する個所をノズル持ちの見習、または助手に指図すること。

(4) 材料の損失を最少にして最大の締固めを得る為に適当な距離（近接した所以外は約3 ft. (91 cm)）および適切な角度で、ノズルを保持すること。この角度は、工事の型式の許す限り表面に垂直に近くなければならない。

(5) 材料の補給を開始し且つ停止する時に、作業員を指図すること、および材料がノズルの個所に均一に到着しない時には、その仕事を停止すること。

(6) 周囲のショットクリートが、その初期凝結をした後に、砂を切り取りまたは除去する為、ポケットを脱落させるように、ノズル持ちの見習または助手を指図すること。（通則として、直ちに除去することは、周囲に続いて脱落を及ぼすから望ましくない。）

(7) ガンの個所の空気圧が均一で、ノズルにおける材料に適当な速度を与え、且つ水圧が空気圧よりも充分に大（15 lb. [1.05 kg/cm²]）であることを決定し、且つ保証すること。

(8) 清楚な労務者らしい態度で、諸範囲を仕上げるようにショットクリートの施工を取運ぶこと。

ノズル持ちの見習は、同様の工事に良い経験を有していなければならない。彼は、ノズル持ちからの特殊の命令を受けるが、しかし一般にすべての弛緩した空隙の多い、且つ傷められた材料を吹き落すように、新しく施工した仕事の個所およびその周囲に空気ノズルを操作し、工事の進行中それが覆われるのを防ぐのである。ノズル持ちの見習または助手は、ノズル持ちのその他の特殊な

命令の外、材料用ホースでノズル持ちを助け、効果的に進行するように進めるのである。

ガン持ちは、機械フィーダーを操作し、混合ネジの作業を指図する。ゲージの読みとその経験を有効に使い、彼は、適切なノズルの速度を得る為に空気ガンに適切な圧力(45~75 lb., [3.15~5.25 kg/cm²])を維持する。彼のその他の最も大切な義務は、ノズルへの材料の補給の均一性を確保することである。

ショットクリートの施工に對する表面の準備

ショットクリートによる修理の最終的構造の価値は、モルタルが噴射される表面とモルタルの附着によるから、この表面は、十分に清掃され且つ健全でなければならない。修理を要する表面が、コンクリートでない時もまた、これを清掃すべきで、土壌の場合には十分に搗固められ、型枠の場合には充分堅固でなければならない。すべての、被覆され、鱗片の多い、あるいは健全でないコンクリート、あるいはメーソンリーは、弛緩した粒子を除去する為の水、または圧搾空気の噴射で洗掘し、ピシャンまたはワイヤブラシを有効に用いて、健全な新しく露出した表面に削り落し、次に空気運転の尖頭棒で削つて除去しなければならない。露出した構造用鋼あるいは補強用鋼が、信頼すべき附着を得る為には余りに錆が多過ぎるならば、錆は、噴砂によつて、これを除去しなければならない。この目的用に、ショットクリート用器械設備を用いてもよい。

附着を容易にする為には、清掃された表面は、ショットクリートを施工する前1時間以内に、これを湿めさなければならない。これは材料の流出を停止したノズルで完成され、次に空気と水の噴射、最後に表面水を除去する為に、空気噴射だけを用いる。

排水： ショットクリートを施工すべき表面が、漏水によつて湿める時には、前に湿したと殆んど同じ状態に表面を保つておく程度に漏水を全く除去する為、ショットクリートの施工に充分先立つて排水管を設備しなければならない。

鉄筋： ショットクリートを行うべき新しい工事用の鉄筋は、図面に従つて正確にこれを配置すべきで、尚ショットクリートを打っている間変位の生じないように位置をよく保たなければならない。修理工事用には、標準の鉄筋用鋼は、提案されている修理箇所以内の他の露出した鋼にこれを溶接するか、あるいは鎮定用の太柄を打つ普通の様式で穿孔した孔の中に確実にグラウトする。柄の孔を穿つ際には、現存の鉄筋用鋼を毀損しないように注意をしなければならない。鋼鉄筋の間隔は、修理の場所、性質および程度に基づくもので、且つ図面上に示されなければならない。ワイヤ製網、または鉄編物は、これを修理に用いてもよい。網または編物は、コン

クリート中の穿孔内にグラウトした柄によるか、あるいはその他の鋼に結束した保持用ワイヤによつて、これを鎮定しなければならない。網または編物の全面積は、鉄製結束用ワイヤ(16番あるいは18番)、ワイヤ製チェーンによるか、あるいはその他の“とげ固定”の方法によつて、これを図示した位置に固く保持しなければならない。

鉄筋は、ショットクリートを打つ表面から1/2 in. (12.7 mm) 以下にあつてはならない。且つ補強と最終のショットクリートの面との間には、3/4 in. (19.05 mm) なければならない。

鉄筋用網の屈曲部は、直径の40倍、これを重ね合わせなければならない。良好な実施としては、網と編物を少なくとも1目全部重ね合わす。重ね合わせ部は、16番あるいは18番のワイヤで、12 in. (30.48 cm) 間隔にこれを結束しなければならない。

型枠および水系ワイヤ

ショットクリートの全重量支持用に必要とされる木製型枠は、コンクリート用の型枠を支持する為に、作業員の技術および材料に合致しなければならないが、しかし打込む空気および跳ね返りの逸出を許すように、これを設計しなければならない。壁体用の型枠は、壁体の片側だけにこれを設置することが必要である。

ショットクリートの厚さ、表面の平面、および仕上げ線を確定する為に、充分な水系(寸法測定用)ワイヤを用いなければならない。

水系ワイヤは、これをキチンと張り、確かで、且つ真に線および平面になつていなければならない。

配合

他の混合を必要とする工事以外は、容積計量でセメント1に湿砂4ないし4.5でなければならない。より貧配合では、跳ね返り率の百分率は、著しく増加する。

練り混ぜ

各バッチ用の最少練り混ぜ時間は、示方書に記載されるべきであるが、しかしドラムが周辺速度で1分間約200 ft. (60.96 m)の時、砂とセメントをドラム内に入れた後、1 1/2分間より少なくあつてはならない。各バッチは、再びチャージを開始する前に、これを全部排出しなければならない。

ミキサは、混合翼およびドラムの充分隅々からすべての附着物を除去するように規則的な時間間隔(少なくとも各8時間交代に1回)に、これを清掃しなければならない。

練り混ぜの後、およびガン内に用いる前には、水はこれを混合物に加えてはならない。用いないで45分間放置した混合物は、これを廃棄しなければならない。練り直し、あるいは練り返しは、これを許してはならない。

施工の順序

跳ね返えりをその作業面から適当に清掃するならば、ノズル持ちは、底部から頂部へあるいはその逆に仕事を行つてもよい。隅々には、最初に満たさなければならない。“噴射”は、ノズルを作業面から約3 ft. (91 cm) に保持して、できるだけ表面に垂直に近い角度からこれを行うのでなければならない(作業空間が締められ、局地条件が制限しなければならない制約された空間を除いては)。

若しノズルにおける材料の流れが、均一でなく、且つ塊、砂の固まつた箇所、あるいは湿つた“脱落”が生ずるならば、欠点のある諸状態が修正されるまで、ノズル持ちは、ノズルをその作業面から外らさなければならない。このような諸欠点は、これを切り取り、且つ工事が進行するに伴つてこれを修理しなければならない。

ショットクリートの施工は、次の場合にはこれを一時的に中止しなければならない

- (1) ノズルにおいて砂からセメントを分離するような強風が起つた時。
- (2) 気象が凍結に近づき、且つショットクリートを保護できない時。
- (3) 非常に薄い噴霧とは異なつた降雨が起り、そのままではセメントが新しい材料から洗い去られる時。

最良の工事をする為には、施工中にショットクリート工事を詳細に検査しなければならない。

被覆の間の時間

傾斜した、垂直の、あるいは上向きの作業中の次々の施工間の時間間隔は、初期の、しかし最終のではないが、凝結を起させるに充分でなければならない。初期凝結を起しつつある時においては、その表面は、あらゆるレータンスを除去し、且つ連続した施工箇所とよく附着させる為、これに軽く且つ注意深く箒をかけなければならない。

施工継目

施工継目、あるいは1日の作業の継目は、45度の傾斜がより好ましいが、これを薄い、清浄な、規則的な縁端になるように傾斜させなければならない。隣接工事を施工する前に、傾斜した部分および隣接のショットは、必要に応じてこれを充分に清掃し、且つそれから湿めし且つ空気噴射で洗拭しなければならない。

表面仕上げ

任意の表面を完成するに当つて、ノズル持ちは、正常よりも幾分低い施工速度を用いて、水糸ワイヤ、あるいはその他の厚さ、あるいは整頓指示装置に従つて施工することによつて一様な平面に、且つ形の良い隅角にショットクリートを行わなければならない。

若し、示方書によつてコテ均し(あるいは突固め)が許されているば、このような作業は、端の細い均しコテで重力に逆らつて、且つ高い箇所を削り、且つ低い箇所を

露出させる為に薄く切り取るような動作によつて、これを行わなければならない。薄い仕上げあるいはフラッシュコートは、水糸ワイヤを取外した後に、粗い区域を除去する為に、これを施工してもよい。あるいはそのフラッシュコートが、水糸ワイヤを覆つてもよい。

若しフロート仕上げが許されるならば、最終の表面は、平たい麻布あるいはゴム製の束包で、円形あるいは渦巻形動作で、これを軽くこすらなければならない。人手による小修理は、これを許してはならない。

水路におけるように、若しコテ仕上げが、望まれるならば、波形のない平滑な表面を最小のコテの圧力で得る為、その後に鋼鉄製のコテ均らしを注意深く行わなければならない。コテ均らしは、噴射施工後1時間以内に、これを行わなければならない。

完全防水

砂中に充分の細粒分を得ることができないのでなければ、混和材を用いてはならない、その場合には、セメントの容積の3%までの承認された混和材を用いてもよい。早高強度セメントを使用して得ることのできるより、更に急速な凝結が肝要な場合(危険の多いトンネルあるいは下水渠の覆工のような)には、セメント重量の3%までの塩化カルシュウムを用いて成功して来た。若しこれを用いるならば、塩化カルシュウムは、測定した量だけ、これを混合水に加えなければならない。

苛烈な気象に対する保護

ショットクリートは、凍結した表面上にもあるいは凍結する気候中にも、これを施工してはならない。できる限り、“噴射”は、次の24時間中の温度が32°F (0°C)を下らないことが予期される気候においてだけ、これを行わなければならない。

凍結温度においてショットクリートの施工を行わなければならない時は、作業区間を収容するに充分に大きな面積は、これをキャンパスあるいは同様の材料で囲み、且つショットクリートを施工した表面が、施工を開始する時、32°F (0°C)より高温であるように、その囲いの中を加熱しなければならない。工事中の周囲の温度は、7日以上32°F (0°C)より上に、これを維持しなければならない。凍結する気候に施工を必要とする時には、早高強度セメントを用いることが望ましい。

暑い風が伴う時は特に、極端な熱は、亀裂および隔離れが激しいような、薄いショットクリートの被覆の急速な乾燥を起す、このような諸条件下では、完了直後、ショットクリートは、麻布あるいは同様の被覆で、これを覆わなければならない、これはショットクリート施工後14日間継続して湿潤に保たなければならない。

普通の温度における養生

新しいショットクリートを施工した表面が、最初の乾

燥した斑点を示すや否や、それを湿潤に保つ為に噴水を施工しなければならない；それから、その直後、被膜封緘剤の2回の被覆を施工しなければならない。若しショットクリートが太陽に晒され、且つ封緘剤が黒色ならば、封緘被覆の施工の後に白色塗料を1層施工してもよい。

諸試験

試験用シリンダーは、若しノズル持ちを2名以上使役するならば、各ノズル持ちがその構造物に施工したショットクリートの品質を代表するように、これを採取しなければならない。各シリンダーには、日附、番号、およびその構造物中の作業の段階を書留めたノズル持ちの名前を記載しなければならない。

試験用シリンダーは、直径6 in. (15.24 cm)、長さ12 in. (30.48 cm)のシリンダーを作製するように、薄金物(8/4 in. 19.05 mm)の金属製網糸)の型枠内に、ショットクリートを噴射することによつて、これを作製しなければならない。型枠の外側に余つた材料は、これを端の尖つたコテで削り取らなければならない。網目の広い型枠は、施工中、空気の逸出および跳ね返りを許す為に用いられ、且つ削り取りに対する円筒形のガイドとしてこれを備える。シリンダーを作製した後約24時間、薄金物製型枠は、これを取外し、且つA.S.T.M. 規格C39-42によつて試験するまで、約70 F (21.1 C)の湿潤養生状態でそのシリンダーを貯蔵しなければならない。7日の材齢における試験で3,000 psi (210 kg/cm²)以上、28日の材齢で4,000 psi (280 kg/cm²)以上の圧縮強度を発揮しなければならない。

測定

契約量測定の目的、あるいは単価の記録用には、かなり均一な厚さのものが連続したすべての平坦な工事は、最小の所要厚さのft³で、これを測定しなければならない。任意の主要な方向に連続しない不規則な形の工事は、大略のft³で、これを測定しなければならない。

不規則な形の工事に関しては、支払の基礎として、ガンを通じて噴射したセメントの袋数を用いることが望ましいことが時々ある。

隣接表面の保護および清掃

外観が重要な工事の進行中、永久に汚され、斑点がつき、あるいはその他塵埃および跳ね返りによつて破損される恐れのある隣接壁体、窓あるいは建築の任意の他の部分、装飾、あるいは下地は、これを充分に保護しなければならない、且つ若し契約されているならば、環境が許すに伴なつて、早期に削り、ブラシを掛け、あるいは洗滌することによつて、これを清掃しなければならない。セメント、塵埃あるいは水によつて毀損される恐れのあるすべての設備上には、キャンパスの覆いをかな

ければならない。同一のことは、灌木林にも適用される。

検査

ショットクリートの品質に影響する労務者の技術は重大であるから、施工中に検査を継続することに加えて、跳ね返り等の偶然の含入物あるいは孔のある部分の存在を除く為に、すべての平坦な表面は、これをハンマーで健全にしなければならない。発見されたあらゆる不完全な点は、これを切り取り且つ健全なショットクリートで置き換えなければならない。

II. 米國國務省開拓局コンクリート便覧

吹きつけモルタル

定義および用途

吹きつけボルトランドセメントモルタルは、ボルトランドセメント、砂および水の密実な混合物を、圧搾空気をを用いてその場に噴き付けたものである。若しこのモルタルが、適当に配合され、練り混ぜられ、施工され且つ養生されれば、それは硬く且つ非常に強くなる。その施工器械設備の製造者達は、それらの器械設備を用いて施工したモルタル被覆を規格付けるのに種々の名称を用いている。

そのモルタルは、種々の材料の形状あるいは傾斜に関係なく、その表面上に容易にこれを施工することができる。それは、建築物の補修および補強に；構造用鋼、メーソソリー、および岩石に対する保護被覆に；および種々の種類の比較的薄い覆工に広く用いられている。局の工事では、捨石表面の被覆用、トンネル建設の特殊な地面支持用、鋼鉄管の被覆用、および水路覆工用に用いられて来た。

コンクリート上に圧搾空気施工した被覆の破損は、通常、その被覆の弱さに基づくよりも、むしろ被覆を施工した基礎の諸欠点に原因している。構造的亀裂を生じた重量の大きい基礎は、その品質の如何に拘らず、薄い層のモルタルでは、このような破損を受けないわけにはいかない。またこのような被覆が、地下のコンクリートと共に温度および湿度の変動によりしばしば生ずる異なつた容積変化を受ける時に、その間の弱い附着を切らないことは期待できない。

處理すべき表面の準備

モルタルで被覆すべき表面からは、すべての弛緩した材料およびすべての埃、グリース、油、スケール、およびその他の汚染を完全に清掃しなければならない。鉄筋を被覆すべき場合には、それは確実にその場に鎮定された伸張ボルトあるいは太柄で、しつかりとこれを保持しなければならない。

砂

吹きつけモルタル用の砂は、均等な粒度組成のもので

なければならない。堅硬な粒子が望ましい、それは、軟質の粒子は、排出用のホースを通過する間に粉砕されて細粉となり、セメントの附着値を減少する恐れがあるからである。このような粉砕は、ホースの長さの増加に伴なつて増加する。示方書は、砂の粒度組成はコンクリート用の砂に関する諸要求に合致することを要求している。

砂が、細粒 (50 番および 100 番 [297 および 147 μ フルイ]) を多く含み、粗粒 (8 番および 16 番 [2,380 および 1,190 μ フルイ]) を少なく含むときには、跳ね返えりが少なくなり、表面の膚が滑らかになる。しかしながら、細粒分を用いたモルタルは、水の所要量が増加し、その為乾燥収縮が大となる；それはまた器械の中で詰まる傾向がより大きくなる。若し砂に細粒分が欠けているならば、珪藻土 (重量でセメントの 3% 以下) を加えると混合物の稠度を増し、且つ跳ね返えりの量を減少する。

器械の運転に作業能率をよくするには、砂には 3~5% の湿分を含まなければならない。若し砂が乾燥し過ぎれば、均一な補給を維持することが困難で、また砂とセメントの分離する傾向が大となり、その為に跳ね返えりが多くなる。若し砂が湿り過ぎていれば、頻繁に器械および排出用ホースを詰まらせる。湿つた砂を用いることは、また静電気の放電による作業員の不快を避けるのである。

跳ね返えり

衝突の瞬間におけるモルタルの速度により、これを施工する表面からかなりの量のモルタルが跳ね返える。この材料は、“跳ね返えり”として知られている。モルタルを垂直、または上向きの表面あるいは出張つた隅角に施工する時には、跳ね返えりは平均約 30% である；傾斜面あるいは水平に近い平面では 20% に近い。跳ね返えりの量は、ノズルの速度の増加に伴なつて増加する傾向がある。若しその他の要素が同一ならば、通常の稠度の範囲内では、跳ね返えりの量は、水セメント比に逆比例する。水の百分率が増加するに伴なつて、モルタルは一層粘り気を増し附着し易くなり、表面に附着する傾向が大となる。

最適配合の混合

跳ね返えりは、ノズルを出る時のモルタルよりも、多量の粗粒の砂を含み、且つセメント含有量が遙かに少ない。それ故、練り混ぜた時のその材料のセメント含有量は、その場に施工されたモルタルに対する所要量よりも少なくななければならない。

水量の増加は、跳ね返えりの量を減少するが、そのモルタルが軟か過ぎれば、構造物上に最初に施工した位置よりもずり落ちる結果になるから、水量を制限しなければならない。最適配合は、ずり落ちるよりも僅かに少量の

水を含み、且つ所要の水セメント比に丁度充分な量のセメントを含有する。1つの大工事において、最適配合 (ノズルから排出する際) は、1:4.5 (重量比) であることがわかり；これは打込んで後に 1:3.2 ないし 1:3.8 の配合となつていた。その場に打込んだ新しいモルタルの水セメント比は、傾斜面では約 0.57、上向きの表面には 0.54 であつた；これらはズリ落ちを生じないで用いることのできる最大の水セメント比である。混合物を更に粘稠にする為には、セメントの重量の 3% に等しい珪藻土質のものを加えた。

練り混ぜ

砂とセメントを完全に且つ緊密に練り混ぜることは、良い品質の吹きつけモルタルに緊要である。その材料は、ミキサの翼および胴の内側の表面上に固まる斜向がある。且つ練り混ぜを効果的に維持するにはミキサを頻繁に清掃する必要がある。練り混ぜ時間は、1 $\frac{1}{2}$ 分以上でなければならない。1時間より長時間置いた練り混ぜ材料は、いかなるものもこれを棄却しなければならない。

器械設備

モルタルの吹きつけ用器械の 1 型式は、互いに上下に位置した 2 個の圧縮室から成立つている。砂セメント混合物は、交互に加圧し且つ圧力を抜く上段の室内に入れられる。上段の室を閉めてその中の圧力は下段の室内の圧力と同じになつた時に、2 室を分離している弁が開く、材料は、一定圧力を維持している下段の室内に落下する。下段の室の底には、空気モーターで運転する補給輪が材料を出口に出す、此処では送気管から送られた空気が、材料を出口弁およびホースを通じてノズルに圧送する。圧力を受けた水は、分離したホースによつてノズルに導かれる、ここで別に水環内に入り且つ練り混ぜた砂とセメントの流れの中に放射状に噴き出される。

他の型式の器械では、砂とセメントの混合物を、スクリュューによつて材料をホースに補給する。その乾燥材料は、ホースを通じてノズルに圧送され、ここで前節に述べた通りに水を加える。

エレベーター、あるいはコンベヤーと重力補給器を用いれば、圧搾空気の器械による生産を大いに増加し、且つ器械の効率を増加することによつて生産物の品質を著しくよくする。

施工および養生

適当なモルタルの吹きつけには、ノズルは、被覆すべき表面に垂直に且つこれから約 3 ft. (91 cm) にこれを保持しなければならない。ノズルから出る時の材料の最も好ましい速度は、ノズルの大きさによる。1 $\frac{1}{4}$ in. (31.75 mm) のノズルに対しては、速度 (速度計で決定した) は、400 ft./sec (121.92 m/sec) から 600 ft./sec (182.88 m/sec) に変動し、平均約 475 ft./sec (144.78 m/sec) である。隅

角の仕上げ、あるいは抑制された空間内では、低い方の速度(低い方の圧力)がより一層満足である。

ノズルにおいて材料をもつと完全に湿潤に保持し、且つノズル持ちに一層速やかな、一層積極的な調節を行わしめるには、水圧を空気圧より大にすることが肝要である。最高、最低および平均の空気圧、水圧およびホースの長さは、次表に示す通りである

	最 大	最 小	平 均
空気圧 lb./in ² (kg/cm ²)	70 (4.9)	35 (2.45)	50 (3.5)
水圧 lb./in ² (kg/cm ²)	130 (9.1)	50 (3.5)	70 (4.9)
ホースの長さ ft. (m)	350 (106.7)	50 (15.2)	200 (61.0)

1 in. (25.4 mm) 以上の厚さの被覆を垂直あるいは上向きの表面に施工すべき時には、新しく噴付けた材料のずり落ちを妨げる為に、厚さ $\frac{3}{4}$ in. (19.05 mm) 以下の2層以上で、モルタルを施工しなければならない。平坦あるいは僅かに傾斜した表面に対しては、1層の厚さは1 in. (25.4 mm) から最大 $3\frac{1}{2}$ in. (98.9 mm) まで変動してもよい。2層以上を施工する時、施工間の30分ないし1時間の遅延は、通常ずり落ちを防ぐのに充分である。前の層の表面上に光沢のある被覆が形成するから、前に施工したモルタルが完全に凝結する前に、次層を施工しなければならない。頂部で開始した施工の出来上りと底部から上方に向つて施工したものとの間には明瞭な相違はない。跳ね返えりのないように表面を被覆することが肝要である。

吹きつけモルタルは、通常3名の1班でこれを施工する；ノズル持ち、器械運転員、および跳ね返えりの清掃員。被覆の品質は、大部分それを施工する人々の技術によるから、経験者だけを雇傭しなければならない。ノズル持ちは、モルタルを正しい位置および高低に施工し、ノズルにおいて正しい水量を加え、跳ね返えりをその作業位置から清掃し去らしめ続け得るようにモルタルを系統的に施工し、且つノズルを適当な位置に保持することによつて跳ね返えりを最小にする。器械運転員は、空気圧および水圧、並びにノズルにおける流れを均一且つ適当な速度のものにするように、材料補給割合を調節する。これは、ノズル持ちに良質の被覆の施工を行い得せしめ

る。跳ね返えり掛員は、跳ね返えりがモルタル被覆中に包み込まれないように、跳ね返えりを清掃し去り、且つノズル持ちが一つの位置から他に変わる時、そのホースを動かすのを助ける。

風が、ノズルからの噴射を吹き払い、且つ稠度の適当な調節を妨げる時には、作業を停止しなければならない。

圧搾空気施工モルタルは、これをこすつてはならない。こすれば、より滑かな且つ一層美しい外観の表面を作り出すが、モルタルの附着を減少し、且つずり落ちおよび亀裂を発生させる傾向がある。

局の示方書によれば、吹きつけモルタルは、これを14日間、水養生によるかあるいは封緘剤を施用することによつて、養生しなければならないという条項がある。若し水養生をするのなら、最初の3日間は太陽の直射を受けないようにこれを保護しなければならない。モルタル被覆の完成した面積の多くは、跳ね返えりで被覆されるようになる。吹きつけモルタルの水路覆工のような、場合にあつては、水を保持し且つ水養生の効果を向上する能力があるから、跳ね返えりの被覆をその場に残すことが有利のことがある。しかしながら、被膜養生を用い且つ跳ね返えりを取除かなかつた処には、その粗い孔隙の多い表面の効果的な封緘には、過剰量の封緘剤を必要とする。吹きつけを行つた局の水路の中には、封緘剤を施用する前に、跳ね返えりの被覆をコテで数回撫でて平滑にし且つ圧縮したものがある。鋼鉄管に吹きつけたモルタル被覆の跳ね返えりは、通常、被膜養生を用いるべき場所では、これを掃き落している。これは、工事が進行するに伴ない、且つ跳ね返えりが余り硬くなり過ぎない間に行われる。

鋼鉄管上に吹きつけたモルタル被覆の厚さは通常薄いから、養生は特に大切なことである。非常に暑く、乾燥した気候には、これらの被覆は、噴霧あるいは湿つた麻布の覆いで、これをよく湿めさなければならない。しかる後、直ちに封緘剤を施用しなければならない。

試験用シリンダー(6×12 in. [15.24×30.48 cm])は、板の上に据えた $\frac{1}{2}$ in. (12.7 mm) 網目の薄金物の円筒形の型枠内に鉛直にモルタルを噴射して、これを作製することができる。型枠の外側のモルタルは、試験前にワイヤ製の網を取外し得るように、供試体を噴射した直後、これを除去しなければならない。