

ショットブラストを利用した新旧コンクリートの 打継ぎ工法に関する研究

CONSTRUCTION JOINT OF CONCRETE STRUCTURES USING SHOT BLASTING TECHNIQUE

足立 一郎*・小林 一輔**

By Ichiro ADACHI and Kazusuke KOBAYASHI

This article is a report on the results of basic researches conducted as a necessary step in applying shot blasting, conventionally used for the treatment of metallic surfaces, to the construction procedures for bonding of new concrete to hardened concrete structures.

The experiments were conducted to accumulate data by varying the many factors concerned such as the ratio of cement to water for the concrete, types of coarse aggregate, the size of the shot (round particles) and grit (angular particles), blasting velocity, and blasting density.

Studies were mainly conducted to a method for the quantitative evaluation of the degree of surface treatment of the concrete, and to establish a method for the treatment of concrete surfaces to attain the required strength in the construction joints by applying shot blasting.

まえがき

従来の新旧コンクリートの打継ぎ工法を表面処理方法によって分類すると、表-1に示すとおりである。コンクリートの材令が経過して強固となった打継ぎ面を広い範囲にわたって処理する場合はサンドブラस्टィング、ピックハンマーあるいは機械切削によっている。しかし、これらの工法には種々の問題点がある。たとえば、サンドブラस्टィングは、①砂粒子の破碎による作業能率の低下、②粉じん、騒音などの公害、③砂およびコンクリート屑の飛散、④ノズル方式のため均一な処理面とならない、などである。また、ピックハンマーあるいは機械切削による場合は、大きな破壊力が与えられるので、コンクリートの健全な部分にひびわれなどの損傷を生じさせるおそれがあり、処理面の細かい制御も困難である。

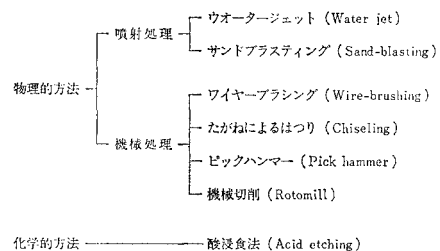
著者らは、これらの問題点を改良し、所要の打継ぎ強度の得られるコンクリートの表面処理工法を確立することを目的として、従来から金属製品の表面処理に利用さ

れてきたショットブラスト工法を打継ぎ面の表面処理に適用することを考え、そのために必要となる基礎研究を行った。

ショットブラスト工法は、細かな鋼粒子を被処理面へ投射して凹凸面を造るので、コンクリート打継ぎ面の処理に適用した場合には、投射条件を変えることにより表面処理の程度を調節することができるのみならず、コンクリートのひびわれを生ずる危険がないという利点を得られる。なお、ショットブラストの処理条件としては投射材の形状・寸法、投射速度および投射密度がある。形状には球形（ショット）と角状（グリット）とがあり、投射密度は 1 m^2 に投射された投射材の重量 (kg/m^2) で表わす。

本研究では、まず表面処理度を評価する指標、つづいて所要の表面処理度を任意に得るためのショットブラス

表-1 コンクリートの打継ぎに用いる表面処理工法



* 正会員 工博 千葉工業大学助教授 土木工学科
(〒275/習志野市津田沼 2-17-1)

** 正会員 工博 東京大学教授 生産技術研究所第5部
(〒106/港区六本木 7-22-1)

トの処理条件について実験的検討を加えた。さらに、表面処理度と打継ぎ強度との関係をコンクリートの打設方向を変えて検討し、所要の打継ぎ強度を得るためのショットブラスティングの手法を求めた。

1. コンクリートの表面処理と表面処理度の定量的評価

十分信頼のできる打継ぎを行うためには、所要の打継ぎ強度の得られる処理面を造る必要がある。したがって表面処理度を評価する指標を定め、それに基づいてショットブラスティングを施すことが重要である。

本章では、コンクリートの水セメント比、粗骨材の種類を変えて作成した供試体の打設面あるいは側面にショットブラスティングを施し、表面処理度の指標について検討を行った。

(1) コンクリートの表面処理

a) 供試体の作成方法

供試体の寸法は、図-1に示したように粗骨材の最大寸法 20 mm の場合は 10×10×20 cm とした。また、最大寸法 40 mm の砕石を用いた場合は 15×15×27.5 cm とした。

処理面は、水平打継ぎを行う供試体についてはこてならしを行ったコンクリートの打設面、鉛直打継ぎでは型枠面（側面）である。コンクリート打設後 24 時間の室内養生を行って型枠を外し、さらに 20±1°C の水中で 6 か月の養生後、ショットブラスティングを施した。

b) 処理面の計測方法

削り深さはノギスを用いて直接測定したが、凹凸曲線は試作した触針式の凹凸深さ測定機を用いて描いた。その一例を図-2に示す。すなわち、図-3の縦断面に示したように各測線の最高点到接する水平線(A-A)を基準とし、高低差はこの線から凹み部までの長さの最大値、平均深さは各測線と水平線とによって囲まれた部分の面積を求め、この値に測定断面の間隔を乗じて得た体積を水平面積で除した値とした。また、表面積は各測線の長さ×測定断面の間隔を乗じた値とした。なお、削り深さはコンクリートの表面から処理後の凹凸面の平均高さまでの長さである。

測定断面の位置は、処理面上の縦・横 5 mm 間隔としたので、10×10 cm の場合は 38 か所、15×15 cm の場合は 58 か所である。なお、これらの方法によって求めた値の精度を検討するため、高精度解析図化機（フランス、マトラ社製）を用いた測定値との比較を行った結果、平均深さの場合は最大 0.6 mm の誤差であって実用上は問題のないことが判明した。

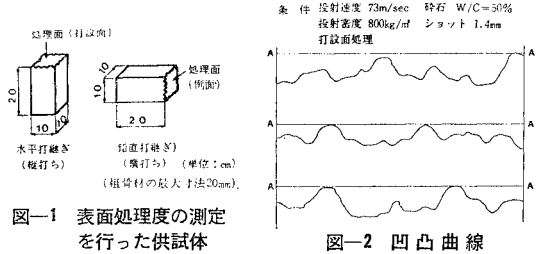


図-1 表面処理度の測定を行った供試体

条件 投射速度 73m/sec 砕石 W/C=50%
投射密度 800kg/m² ショット 1.4mm
打設面処理

図-2 凹凸曲線

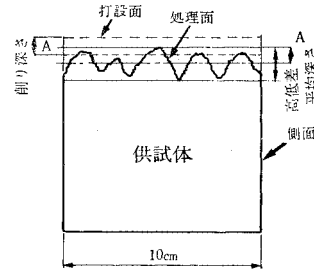


図-3 処理面の縦断面

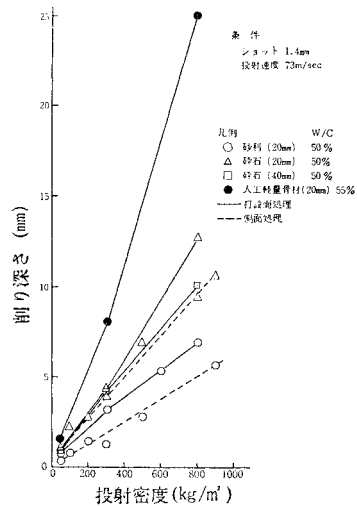


図-4 投射密度と削り深さ

c) ショットブラストの処理条件と削り深さ

図-4は投射材の形状・寸法および投射速度を一定とし、投射密度を変えて表面処理を行った。コンクリートは、粗骨材の種類を変え、水セメント比は人工軽量骨材を用いた場合のみ 55% とし他の場合は 50% とした。

図の全般的な傾向として、削り深さの増加勾配は粗骨材の種類によらず投射密度の増加に伴って大きくなっていく。一方、投射密度を一定にすると、削り深さは打設面処理の場合が側面処理の場合より大きく、また粗骨材の種類によっても大小が生ずる。

打設面の削り深さが側面の削り深さより大となった理由は、打設面近傍のモルタルはブリージングの影響を受けて多孔質となり、側面のモルタルより強度が小さいためである。

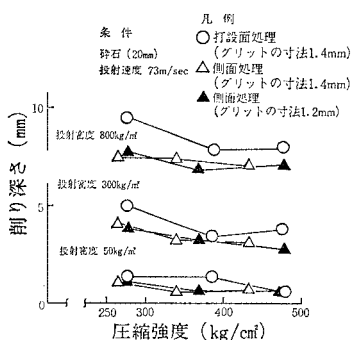


図-5 圧縮強度と削り深さ

砂利を用いた場合の削り深さは、他の粗骨材を用いた場合と比較して小さい。これは、砂利は堅固であるのでショットブラスティングによって破壊されにくく、大きな凹凸となるまではほぼ原形を残していることによる。

砕石を用いた場合は、砕石の角の部分が破壊されやすいので、それらの箇所が容易に削り取られて、砂利を用いた場合より削り深さは大となる。

図-5 ではコンクリートの圧縮強度と削り深さとの関係を検討した。ショットブラストの処理条件は、投射速度を 73 m/s とし、グリットの寸法および投射密度を図示のように変えた。コンクリートは、砕石を用い、水セメント比を 50, 60 および 70% とした。

打設面処理、側面処理のいずれにおいても、投射密度の小さい 50 kg/m² の場合、削り深さはコンクリートの圧縮強度の影響をほとんど受けないが、投射密度が 300, 800 kg/m² では、削り深さは圧縮強度の増加に伴って小さくなる。しかし、圧縮強度が 400 ないし 500 kg/cm² の間では、同一の投射密度による削り深さはほとんど変わらない。

(2) 表面処理度の定量的評価

ショットブラスティングを施すと、まず表面のモルタルが削られ、つづいて粗骨材の強度の弱い部分と粗骨材周辺のモルタルが削られて、堅固な凹凸面となる。したがって打継ぎ強度を考慮した表面処理度は、脆弱な部分の除去された後の凹凸の大きさ、あるいは表面積によって評価することが適切である。

そこで、処理面の測定項目のうち平均深さをとりあげて、高低差あるいは表面積の増加率との関係を検討し、測定作業の実用性も配慮した指標を定めることとした。

表面積の増加率は、処理後の表面積を処理前の表面積で除した値である。

図-6 は平均深さと高低差との関係を示した。処理条件はショットの寸法 1.4 mm、投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えた。コンクリートは、粗骨材とし

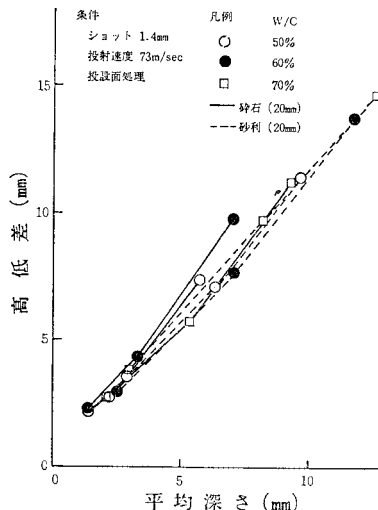


図-6 平均深さと高低差

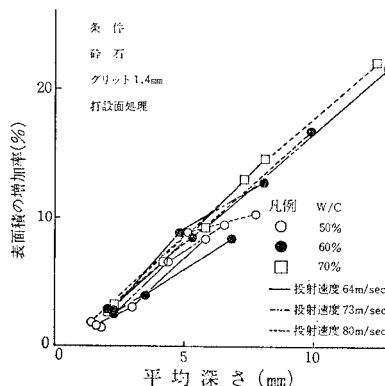


図-7 平均深さと表面積の増加率

て砂利を用いた場合、および砕石を用いた場合について、それぞれ水セメント比を 50, 60 および 70% とし、打設面の処理を行った。図は、平均深さと高低差とはほぼ直線的な関係にあることを示している。

図-7 は平均深さと表面積の増加率との関係を示す例である。この場合はグリットの寸法を 1.4 mm とし、投射速度と投射密度とを変えて水セメント比 50, 60 および 70% の各場合について打設面処理を行った。この場合も、表面積の増加率は投射速度あるいは水セメント比によらず平均深さの増加に伴って大きくなり、直線の勾配は一様である。

平均深さと高低差あるいは表面積の増加率との相関係数は 0.9 と求められ、きわめて高い相関関係にあることが明らかとなった。

図-8 は、粗骨材の種類を変えた場合における平均深さと表面積の増加率との関係を検討したものである。平均深さと表面積の増加率との関係は、図-6 および図-7 と同様に直線的となる傾向を示している。

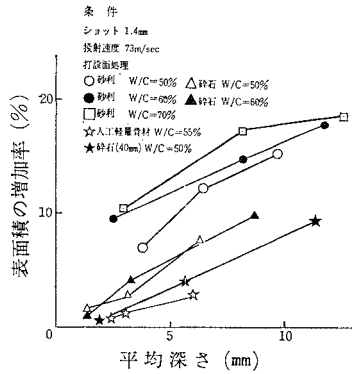


図-8 平均深さと表面積の増加率

以上の検討によると、凹凸の大きさを示す高低差や平均深さ、あるいは表面積の増加率のうち平均深さが表面処理度として代表的に用いることができる。

なお、一般に平均深さと表面積の増加率とは比例しない場合があるので、ここで判明した傾向はショットブラスティングを施した処理面の特徴である。すなわち、平均深さに比例して表面積の増加率の大きくなる凹凸の形状は、① 凹凸の面にさらに細かな凹凸がある、② 凹凸の形状に凸部の裾広がりがなく、深さのみが大となる場合である。凹凸の大きくなるほど粗骨材の露出は大となるので、② の場合は生じない。したがって、① の場合が考えられる。

2. ショットブラストの処理条件がコンクリートの表面処理度に及ぼす影響

写真-1 はショットブラスティングを施した処理面、写真-2 はピックハンマーによつてはつりを行った処理面である。この2つの処理面を比較すると、ピックハンマーによつてはつりを行い所要の表面処理度を得ることはきわめて困難であるが、ショットブラスティングを施すと表面処理度を任意に変え得ることが明らかである。このことは、適切な処理条件を用いてショットブラスティングを行うことにより、所要の打継ぎ強度が得られる処理面を造ることは可能となる。

したがって、本章においてはショットブラストの処理条件を変えてコンクリートの表面処理を行い、所要の表面処理度すなわち平均深さを任意に得るために最も支配的となる処理条件を求めた。

また、コンクリートの性状として圧縮強度、打継ぎ面の状態あるいは粗骨材の種類・最大寸法を考慮し、これらが平均深さに及ぼす影響について実験的検討を行った。

なお、写真-3 は実際のコンクリート床版でショットブラスティングを施しているところである。

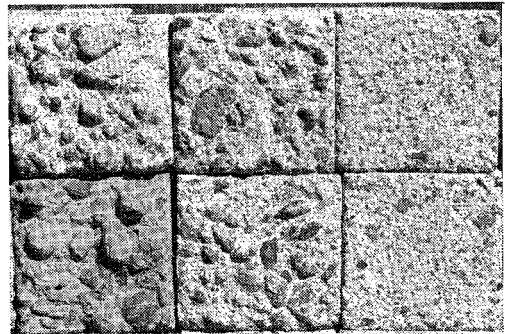


写真-1 ショットブラスティングを施した処理面

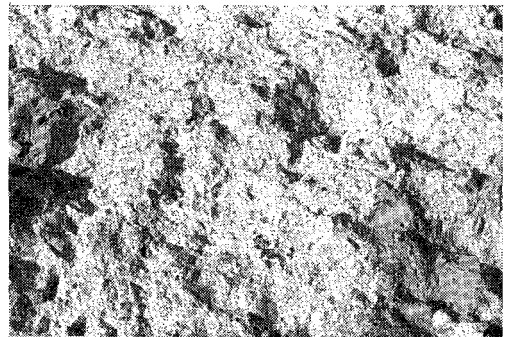


写真-2 ピックハンマーによりはつった処理面

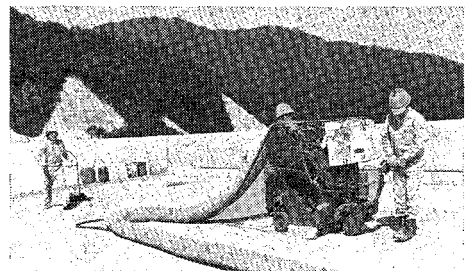


写真-3 実際にコンクリート床版で用いたショットブラストの機械

(1) 実験方法

a) 処理条件の要因と水準

本実験で用いたショットブラストの処理条件の要因と水準は下記のとおりである。

投射密度 (kg/m²) : 50, 100, 200, 300, 500, 600, 800, 900

投射速度 (m/s) : 64, 73, 80

形状 : ショット, グリット

寸法 (mm) : 1.2, 1.4, 1.7

写真-4 は使用したショットおよびグリットである。

b) 使用材料と配合

本実験で使用した粗骨材の種類は主に砂利と碎石であるが、さらに人工軽量骨材を用いた場合についても比較検討を行った。

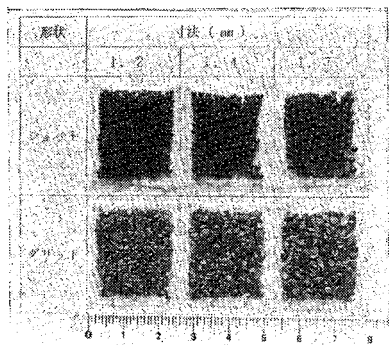


写真-4 実験で用いたショットおよびグリット

表-2 骨材の比重, 吸水率

	砂利(20mm)	碎石(20mm)	碎石(40mm)	人工軽集材	細骨材(川砂)
比重	2.66	2.70	2.71	1.62	2.62
吸水率(%)	0.71	0.65	0.70	10.46	2.24

粗骨材の最大寸法は一般に用いられる 20 mm を主としたが、碎石の場合は 40 mm も使用した。また、細骨材は川砂を用いた。粗骨材および細骨材の比重, 吸水率は表-2 に示したとおりである。

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。コンクリートのスランプは 10 ± 1 cm となるよう配合を定めた。

(2) ショットブラストの処理条件と表面処理度との関係

図-9 は横軸に投射密度, 縦軸に平均深さをとって, 両者の関係を示した。ショットの寸法 1.4 mm, 投射速度 73 m/s を一定とし, 投射密度を変えて打設面処理あるいは側面処理を行った。コンクリートは, 粗骨材として砂利を用いた場合, および碎石を用いた場合について, 水セメント比 50% を一定にした。

図は, 投射密度の増加に伴って平均深さはほぼ直線的に増加することを示している。また, 平均深さは, 粗骨材として砂利を用いた場合は, 打設面処理の場合が側面処理の場合より特に大きい。

図-10 はグリットの寸法 1.4 mm を一定とし, 投射速度および投射密度を図示のように変えて打設面処理を行った。コンクリートは, 粗骨材として碎石を用い, 水セメント比を 50, 60 および 70% と変えた。

平均深さは, 水セメント比を変えた場合も, 投射密度を大きくするほど増加し, その傾向は投射速度を変えた場合も同様である。

図-11 は 投射速度と平均深さとの関係を示した。ショットの寸法 1.4 mm を用い, 投射速度および投射密度を図示のように変えて打設面処理を行った。コンクリー

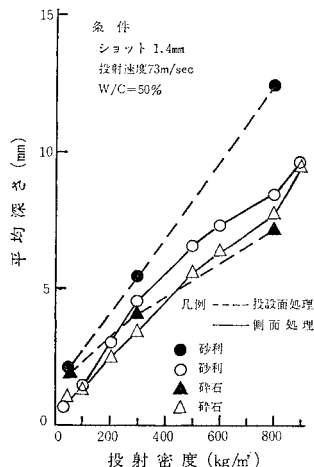


図-9 投射密度と平均深さ

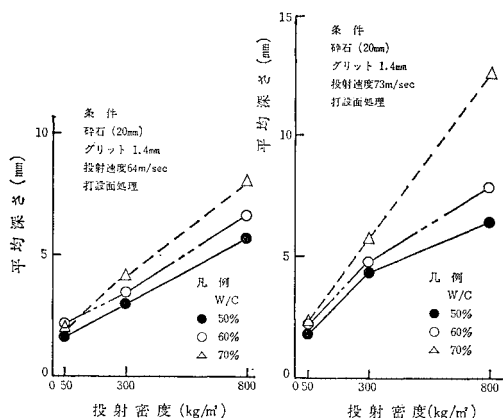


図-10 投射密度と平均深さ

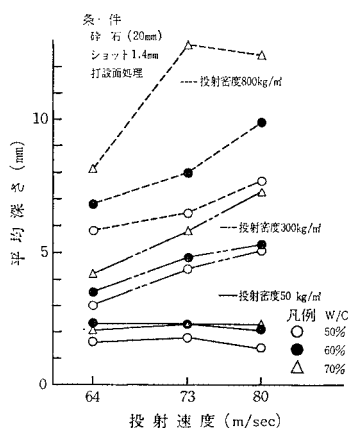


図-11 投射速度と平均深さ

トは, 粗骨材として碎石を用い, 水セメント比を 50, 60 および 70% と変えた。

投射速度と平均深さとの関係は投射密度の大きさによって異なり, 50 kg/m² の場合は投射速度の影響をほとんど受けないが, 300 kg/m² あるいは 800 kg/m² では投

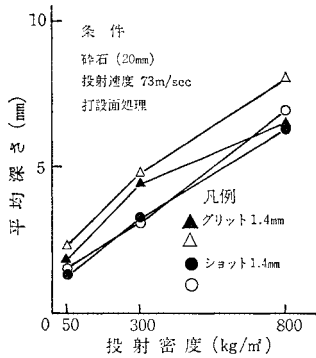


図-12 投射密度と平均深さ

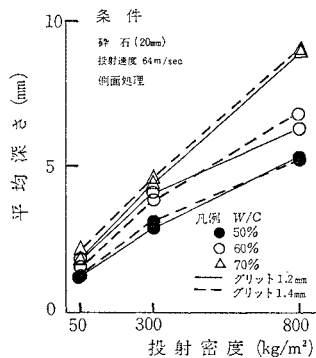


図-13 投射密度と平均深さ

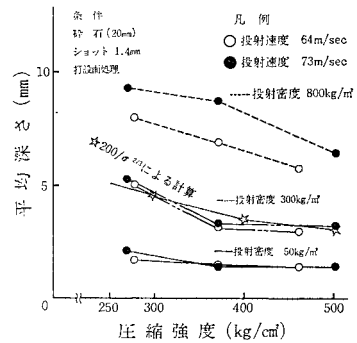


図-15 圧縮強度と平均深さ

射速度の増加に従って平均深さが大きくなっている。

このような投射密度の影響が特に顕著となる理由については、次のように考えられる。ショットプラスティングにおいては、処理時間に比例して投射密度が大きくなるので、投射密度 800 kg/m² は 50 kg/m² の 16 倍の切削作用がある。しかし、投射速度あるいは投射材の寸法は、投射機製作上の問題があって、大きくすることは実用的でない。実用的な投射速度あるいは投射材の寸法はそれぞれ 64~83 m/s, 1.2~1.7 mm 程度とされている。

図-11 の横軸を延長して投射速度の大きい場合を想定すると、かなり大きな平均深さとなる。しかし、投射速度や投射材の寸法を特に大きくして過大な衝撃力を加えると、適正な処理面を得られないおそれがある。

図-12 は投射材の形状が平均深さに及ぼす影響を検討したものである。投射材として寸法 1.4 mm のショットあるいはグリットを用い、投射速度 73 m/s を一定にして投射密度を変え、打設面処理を行った。コンクリートは、粗骨材として碎石を用い、水セメント比を 50 および 60% とした。

平均深さが投射材の形状によって受ける影響は、顕著でない。

図-13 は投射材の寸法が平均深さに与える影響を検討した。グリットの寸法を 1.2 および 1.4 mm とし、投射速度 64 m/s を一定にして投射密度を変え、側面処理を行った。コンクリートは、粗骨材として碎石を用い、水セメント比を 50, 60 および 70% とした。

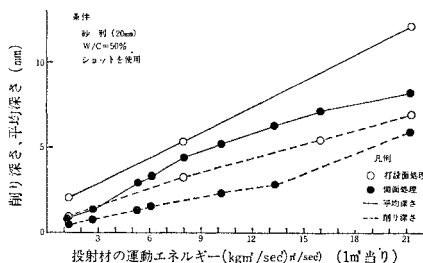


図-14 投射材の運動エネルギーと平均深さおよび削り深さ

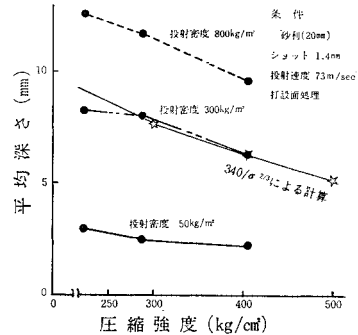


図-16 圧縮強度と平均深さ

1.2~1.4 mm の寸法の差が平均深さに及ぼす影響はほとんどない。

以上の検討によると、平均深さに及ぼす投射密度の影響が特に大きいことは明らかである。

図-14 は投射材の寸法、投射速度および投射密度を考慮した投射材の運動エネルギーを求めて、削り深さあるいは平均深さとの関係を示した。

削り深さ、平均深さのいずれも投射材の運動エネルギーすなわち投射密度、あるいは投射速度の 2 乗にほぼ比例して増加した。

また、この図は粗骨材として砂利を用いた場合であるが、平均深さが削り深さより大きい。

(3) コンクリートの性状による影響

a) コンクリートの圧縮強度による影響

図-15 はショットの寸法 1.4 mm の投射材を用い、投射速度および投射密度を変えて碎石を用いた圧縮強度の異なるコンクリートの表面処理を行った。

図-16 は、ショットの寸法 1.4 mm, 投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えて砂利を用いた圧縮強度の異なるコンクリートの表面処理を行った。

これらの図から平均深さとコンクリートの圧縮強度との関係を検討すると、平均深さは投射密度の特に小さい 50 kg/m² の場合は圧縮強度の影響をほとんど受けな

が、投射密度が 300 kg/m² あるいは 800 kg/m² の場合は圧縮強度の大きいほど減少する傾向を示した。

投射密度 300 kg/m² の場合について各図に示したような近似式を用いると、平均深さはコンクリートの圧縮強度の 2/3 乗¹⁾ に反比例すると考えられた。

b) 打継ぎ面の状態による影響

打継ぎ面の状態による影響については、図-9 あるいは図-14 で検討したように、平均深さは打設面処理の場合が側面処理の場合より若干大となる傾向を示した。

c) 粗骨材の種類あるいは最大寸法による影響

図-17 は、粗骨材の種類が投射密度と平均深さとの関係に及ぼす影響を検討した。ショットの寸法 1.4 mm を用い、投射速度を一定にして投射密度を変えた。コンクリートは、粗骨材として砂利、砕石あるいは人工軽量骨材を使用し、水セメント比は人工軽量骨材の場合のみ 55% とし、その他は 50% とした。また、砕石の場合は、粗骨材の最大寸法の影響を検討した。

さらに、図-17 は投射密度と削り深さとの関係も示した。これは、平均深さと削り深さとの関係は粗骨材の種類によって異なった大きさとなることを示したものである。

投射密度と平均深さとの関係を示すグラフの勾配は、粗骨材の最大寸法 20 mm の場合、種類を変えてもほとんど変わらない。この理由は、平均深さの増加は主として粗骨材周辺のモルタルの切削量によって決まるためである。

平均深さは、砂利を用いた場合が砕石あるいは人工軽量骨材を用いた場合より大であるが、砕石と人工軽量骨材とは見掛け上は差がない。しかし、人工軽量骨材は強度が小さいので大きく破砕されて凹むがモルタルの部

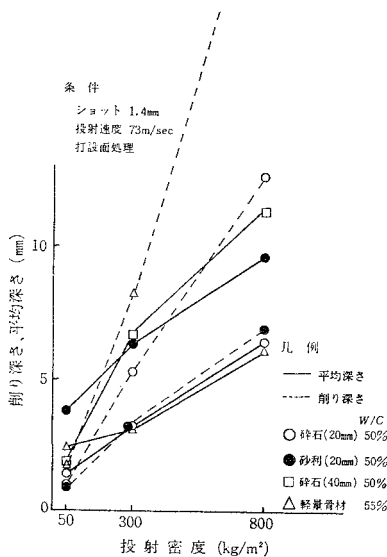


図-17 投射密度と平均深さおよび削り深さ

分が凸状となって残るためであって、実質的には凹凸の異なるものである。

砕石を使用した場合、粗骨材の最大寸法による影響については、40 mm の場合が 20 mm を用いた場合より平均深さは大となった。平均深さと削り深さとの関係は、粗骨材として砂利を用いた場合は平均深さが削り深さより大きく、砕石あるいは人工軽量骨材を用いた場合は削り深さが平均深さより大であった。

3. 表面処理度と打継ぎ強度との関係

本章では打継目の曲げ強度、あるいはせん断強度を求めて、平均深さと打継ぎ強度との関係を検討した。

検討に際しては、無筋コンクリートばりの中央断面の位置で水平打継ぎあるいは鉛直打継ぎを行い、はりの曲げ強度試験および鉛直打継ぎのせん断強度試験を実施した。

(1) 実験方法

a) 使用材料と配合

打継ぎ強度の検討において用いた材料と配合は、表面処理度の検討で用いたと同様である。一部の試験では、一定の表面処理度であっても骨材が変わると打継ぎ強度は変わることを考えて細骨材の比重 2.52, 吸水率 5.86%, 粗骨材の比重 2.51~2.56, 吸水率 4.00~5.25% の骨材を用いた。

b) 供試体の作成

図-18 は、曲げ強度試験あるいはせん断強度試験に用いた供試体の寸法である。コンクリート打設後、水温を 20±1°C に保って 6 か月の水中養生を行った後、打継ぎ面にショットブラスティングを施した。新コンクリートの打設は、打継ぎ面を水洗いして付着物を除き、表面乾燥状態で行った。

新コンクリート打設後の供試体は 20±1°C の水中で 4 週間の養生を行い実験に供した。

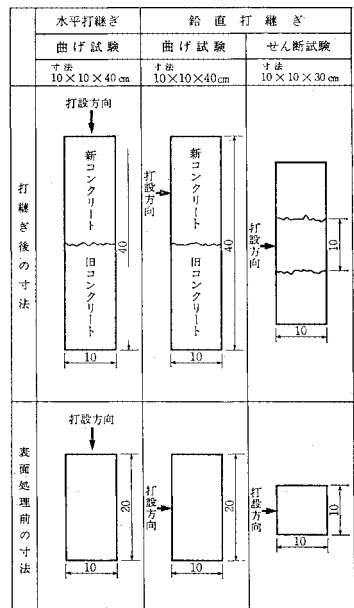


図-18 供試体の寸法

なお、曲げ強度試験、せん断強度試験のいずれにおいても、打継ぎのある供試体と打継ぎのない供試体とを作成した。

c) 強度試験方法

はりの曲げ試験は、支点間隔を 30 cm とし、打継目を中央とした三等分点二点載荷法によって行った。載荷速度は毎分 10 kg/cm² とした。

打継ぎ強度は主に曲げ強度試験によって評価した。これは、国分²⁾が、水平打継目あるいは鉛直打継目における引張強度と曲げ強度とを強度比で表わすと、入念に打継ぎを行った場合はこれらの間にほとんど差のないことを明らかにしたことを考慮した。

また、せん断強度試験方法は、きわめて純せん断強度に近い測定値の得られる直接二面せん断強度試験装置³⁾を用いた。

(2) 平均深さと曲げ強度比

本節では水平打継ぎあるいは鉛直打継ぎを行い、コンクリートの打設方向を変えた場合について、平均深さと曲げ強度比との関係を検討した。曲げ強度比は、打継目のあるはりの曲げ強度と、打継目のないはりの曲げ強度との比とした。

a) 水平打継ぎの場合

図-19 は平均深さと曲げ強度比との関係を示したものであって、ショットの寸法 1.4 mm、投射速度 80 m/s を一定とし、投射密度を変えることによって、平均深さ

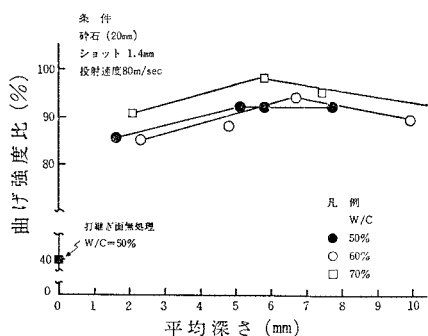


図-19 平均深さと曲げ強度比 (水平打継ぎ)

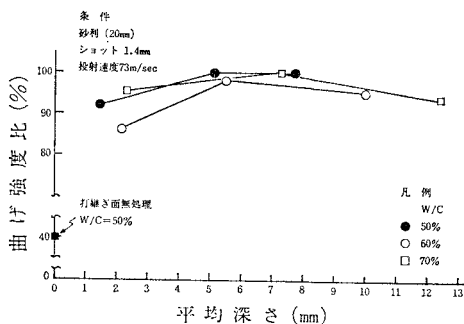


図-20 平均深さと曲げ強度比 (水平打継ぎ)

を変化させている。コンクリートは、粗骨材として碎石を用い、水セメント比を 50, 60 および 70% と変えた。また、縦軸上に無処理で打継いだ場合の曲げ強度比を示した。

図-20 はショットの寸法 1.4 mm、投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えた。コンクリートは、粗骨材として砂利を用い、水セメント比を 50, 60 および 70% と変えた。打継ぎ面を無処理とした場合の曲げ強度比は、縦軸上に示した。

これらの図は、水平打継ぎの場合は最低 2~3 mm の平均深さで 80% 以上の曲げ強度比が得られることを示している。これに対して、打継ぎ面の処理をしない場合は 40% 程度の曲げ強度比であった。

図の全般的な傾向としては、曲げ強度比と平均深さとの関係に著しい変化は認められないが、平均深さ 4~6 mm 程度までは曲げ強度比が漸増した。

一方、図-21 は粗骨材として人工軽量骨材あるいは低品質粗骨材を使用した場合の平均深さと曲げ強度比との関係である。ショットの寸法 1.4 mm、投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えた。コンクリートの水セメント比は、人工軽量骨材の場合は 55%, 低品質粗骨材の場合は 40, 50 および 60% とした。

この図は、粗骨材の強度が小さいと大きな打継ぎ強度が得られないことを示している。

粗骨材として砂利を用いた場合の曲げ強度比は碎石を用いた場合より大きくなり、水セメント比による差もほとんど認められなかった。しかし、碎石を用いた場合は図-19 に示したように水セメント比の影響が生じた。このような傾向は、碎石を用いたコンクリートでは処理面近傍におけるコンクリートの品質差に関連があると考え、曲げ強度試験における破断面の位置について検討した。

打継目以外の新コンクリートあるいは旧コンクリートで破壊した供試体数を調査した。砂利を用いた場合は供試体総数の 63% が新コンクリート、8% が旧コンクリートで破壊したが、碎石を用いた場合の破壊位置は新コ

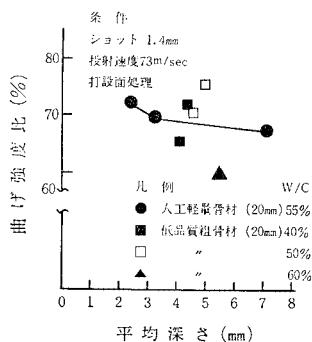
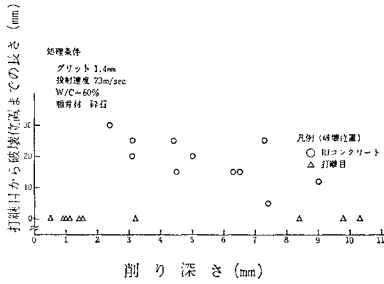


図-21 平均深さと曲げ強度比 (水平打継ぎ)



図—22 削り深さと破壊位置との関係

ンクリート 5%, 旧コンクリート 44% となった。

このように粗骨材として碎石を使用した場合は、旧コンクリート側で破壊する場合が多かった理由を検討するため、削り深さと打継目から破壊位置までの距離との関係を調査した。

図—22 は、グリットの寸法 1.4 mm、投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えて削り深さを変化させた。コンクリートは、粗骨材として碎石を用い、水セメント比は 60% とした。

旧コンクリートの破壊位置は、削り深さが 2~3 mm 程度であると打継目から 20~30 mm であるが、8~9 mm 削ると打継目から 10~20 mm である。

コンクリートの曲げ強度は旧コンクリートが新コンクリートより大きな値であるので、打継目の付着強度が大であると、砂利あるいは碎石によらず新コンクリートで破壊するはずである。したがって、碎石を使用した場合は、打継目から 20~30 mm の旧コンクリートに弱点があったと推察された。

このような打設面近傍の部分的なコンクリートの品質差の影響を検討するため、便宜的に碎石を用いた供試体の底面を処理し、その面を上にして、新コンクリートを打継いで曲げ強度試験を行った。その結果、底面すなわちブリージングの影響のない面を処理して打継いだ場合は、打設面を処理して打継ぐ場合より大きな曲げ強度比が得られ、破壊位置も新コンクリートとなることが確認された。

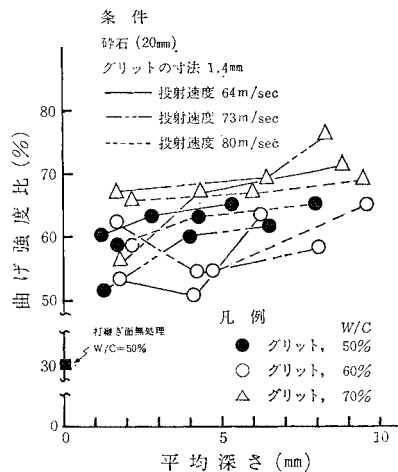
このように、ブリージングの影響の大である打設面近傍では特に碎石を用いた場合にその平面的な部分にブリージングによる不純物の付着が生じやすいので、モルタルと粗骨材との付着を損なう。

b) 鉛直打継ぎの場合

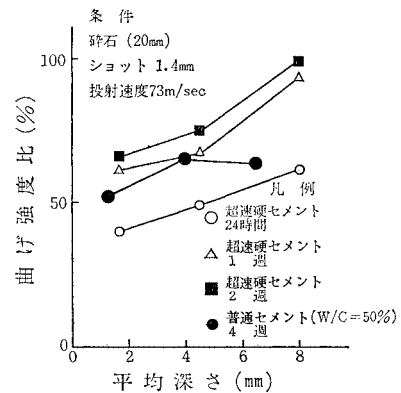
図—23 は鉛直打継ぎの場合における平均深さと曲げ強度比との関係を示した。グリットの寸法 1.4 mm を用い、投射速度は 64, 73 および 80 m/s と変え、また投射密度を変えて平均深さを求めた。コンクリートは粗骨材として碎石を用い、水セメント比を 50, 60 および 70% とした。

平均深さの変化に対して、曲げ強度比は 50~70% の範囲にあって、水セメント比あるいは投射速度を変えた場合の影響は一定の傾向を示さない。打継ぎ面を無処理とした場合の曲げ強度比は 32% であった。曲げ強度試験ではすべての供試体が打継目の付着破壊を示し、破壊後の打継ぎ面には不純物の付着が認められた。

水平打継ぎの場合は打継ぎ面の上に新コンクリートを打設するのでブリージングの影響はなく、堅固な処理面を造ることによって大きな打継ぎ強度が得られた。しかし、鉛直打継ぎの場合は新コンクリート打設時に打継ぎ面に沿って分離水が上昇するため付着が妨げられ、平均深さを変えても大きな打継ぎ強度とならなかった。分離水の影響を確かめる実験として、ブリージングの少ない超速硬セメント⁴⁾を用いた鉛直打継ぎを行って、ポルトランドセメントを用いた場合と曲げ強度比の比較検討を行った。図—24 に示したように、ポルトランドセメントを用いた普通コンクリートの場合は平均深さの増加に伴う曲げ強度比の変化は少ないが、超速硬セメントを用いると材令の経過とともに曲げ強度比は大となり、また平均深さが大であるほど大きく、平均深さ 8 mm の場



図—23 平均深さと曲げ強度比 (鉛直打継ぎ)



図—24 平均深さと曲げ強度比 (鉛直打継ぎ)

合は 100% となった。

e) 使用粗骨材の種類が曲げ強度比に与える影響

ここでは、砂利あるいは碎石を用いた処理面の凹凸の形状について詳細な比較検討を行い、打継ぎ強度との関係を調査した。

処理面の縦・横方向およびそれらと 45° をなす三方向において、2mm 間隔に凹凸の深さを 1/100mm まで読み取り、これらの値を用いて処理面の凹凸の特徴を数量的に検討するため、凹凸の大きさについての自己相関関数を求めた。これは、処理面上で任意の間隔離れた点における凹凸の大きさにどの程度の変化があるかを示すものである。

検討の結果、砂利と碎石とでは処理面の細かな凹凸に差のあることが確認された。

(3) 平均深さとせん断強度比

図一25 は、平均深さとせん断強度比との関係を示した。ショットの寸法 1.4mm、投射速度 73 m/s を一定とし、投射密度を変えて平均深さを求めた。コンクリートは、砂利を用いた場合は水セメント比を 50 あるいは 65% とし、碎石の場合は水セメント比を 50% とした。

せん断強度比は、平均深さの増加に伴って大きくなる傾向があり、平均深さ 8mm で 80% となった。

4. 現場での適用

新設の道路橋のコンクリート床版、および表面の老朽化した空港エプロンの舗装工事においてショットブラスティングを行い、実際の現場において所要の平均深さを得る方法、およびショットブラスティングの利点あるいは短所について検討を行った。その結果、任意の平均深

さは、投射密度を制御することによって容易に造ることができることのほか、騒音・振動・粉塵などによる公害がなく、作業効率のよい省力化された機械化施工の行えることが確認された。施工速度は、主にコンクリートの強度や表面の状態によって異なるが、60 ないし 240 m²/h である。従来の打継ぎ工法で用いられているピックハンマーによるはつり作業は、はつり深さ 20mm 程度の場合、2 m²/h/人 くらいであるので、ショットブラスティングはコストを考慮した場合でもきわめて優れた表面処理工法であると思われる。

5. 結 論

本研究によって得られた結果を要約すると、次のようになる。

(1) ショットブラスティングによって硬化したコンクリートの表面処理を行う場合は、投射密度を制御することによって任意の表面処理度を得られることを明らかにした。

(2) 表面処理度の指標として、平均深さをを用いることを提案した。

(3) ショットブラスティングによるコンクリートの削り深さあるいは平均深さは圧縮強度、打継ぎ面の状態および使用粗骨材の種類・最大寸法の影響を受けることが確かめられた。

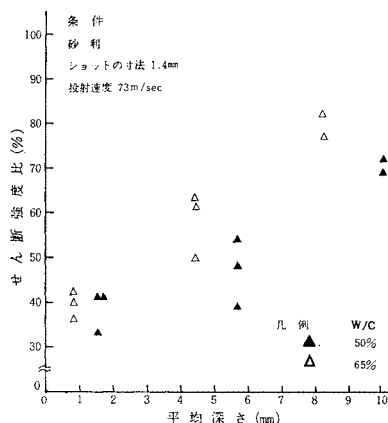
(4) 打継ぎ強度はコンクリートの打込み方向によって大きな差がある。これは、鉛直打継ぎの場合、ブリージングによって処理面に不純物の付着するためであることが確認された。

(5) 平均深さを最低 2~3mm とすると、水平打継ぎの場合は 80% の曲げ強度比が得られるが、鉛直打継ぎの場合は 50~60% である。

謝 辞：コンクリート表面のブラスト処理に関して、多大なご協力を頂いた新東工業株式会社橋本健次部長に深甚の感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 岡村 甫：コンクリート構造の限界状態設計法，共立出版。
- 2) 国分正胤：新旧コンクリートの打継目に関する研究，土木学会論文集，第 8 号。
- 3) 魚本健人・峰松敏和：コンクリートのせん断強度試験法に関する基礎的研究，コンクリート工学，論文 No. 81。
- 4) 吉田弥智・中島清美：超速硬セメント・コンクリートの新旧打継目に関する研究，セメント・コンクリート，No. 347。



図一25 平均深さとせん断強度比

(1985.12.9・受付)