

コアボーリングによるモルタル強度の推定

The presumption of the mortar strength with core-boring

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 平田 大輔 (Daisuke Hirata)
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 志村 和紀 (Kazuki Simura)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐伯 昇 (Noboru Saeki)

1. まえがき

近年までコンクリート構造物は鋼構造物と異なり、強度さえ十分であればメンテナンスフリーで半永久的に使用できると考えられてきた。しかし、昭和 50 年代頃から我が国も安定成長期になり、建設された多くのコンクリート構造物を維持管理し、より長い期間使用することが必要となってきた。コンクリート構造物に耐久性を確保するための維持管理の必要性が認知されてきたわけで、既設の社会資本の長命化は至上命題になっている。

一般のコンクリート構造物における、圧縮強度は構造設計上最も基本的なものである。また、他の諸強度や水密性などの品質も圧縮強度と密接な関係にあり、これを把握することは構造物の基本的性能を評価する上で重要である。本研究では構造物の損傷を極力抑えるために小口径コア抜きマシンを用いた掘削を行い、掘削時の測定データを基に圧縮強度を推定する手法についての基礎的検討のためにモルタル供試体について実験を行った。

2. 実験概要

2. 1 モルタルの掘削

素材（非削材）に機械的なエネルギーを与え、その変形と破壊により不必要な部分を切りくず（chip）として分離させる加工が切削加工（cutting）である¹⁾。切削に必要な力、切削力には多くの因子が複雑に影響し合うが、概略つぎのものをあげることができる。

非削材 : 強度、硬さ、組織など

工具 : すくい角、横切れ刃角、切刃の摩擦程度

切削条件: 切削面積、切込み、送り量、切削速度

工具、切削条件を一定に保つとき、切削抵抗の変化は非削材の影響のみとなる。非削材を加工する分力には主分力 F_v (main force)、送り分力 F_f (axial force)、および背分力 F_p (normal force) の 3 分力に分けられる。背分力 F_p は動力とは直接には関係しない。残りの 2 分力をコアードリルの刃先に示すと図 - 1 のようになる。



図 - 1 刃先の模式図

主分力 F_v は工作物の切線方向にかかる分力でもっとも大きく、回転トルクに対応して切削動力に直接影響する。送り分力 F_f は軸方向にかかる分力である。実験ではモルタル供試体を切削し、10 秒間ごとに主分力 F_v と送り分力 F_f の行う仕事量 (J) を測定する。

2. 2 測定方法と測定装置

ある時間、 Δt 時間の間にモルタルを掘削するときの仕事量について考える。コアードリルが掘削時にモルタルにおよぼす仕事の多くは次の 2 つである。

送り分力 F_f による Δt 時間の仕事 W_f (J)

主分力 F_v による Δt 時間の仕事 W_v (J)

W_f はコアードリルを送る（加圧する）力をロードセルで、掘り進む距離を変位計で測定してその積から求められ、式(1)に示される。

$$W_f = F_f \cdot \Delta h \quad (1)$$

ここに

F_f : 送り分力 (N)

Δh : Δt 時間に掘り進む測定距離、送り量 (m)

主分力 F_v はトルクの力を表し刃が被削体を掘削する力の多くがこれであり、消費電力を測定することで主分力 F_v が影響する仕事量を求める。コアードリルが被削体を掘削しているときの仕事量からコアードリルが空転しているとき（無負荷時）の仕事量を差し引くと、主分力 F_v による Δt 時間の仕事量 W_v が求まる。実験では交流電力計を用いて直接電力を測定するので W_v は式 (2) のようになる。

$$W_v = W_{v1} - W_{v0} \quad (2)$$

ここに

W_{v1} 非削体を掘削しているときの仕事量 (W)

W_{v0} 空転しているとき（無負荷時）の仕事量 (W)

W_f と W_v の和がモルタルの掘削に必要な仕事量であり、これを式 (3) に示す切削動力 W とする。

$$W = W_f + W_v \quad (3)$$

実験では 10cm のコア抜きを 10 秒間ごとに測定し、切削動力の平均を求める。送り分力 F_f は 150 (N) とする。測定装置は図 - 2 のように下向きに掘削する。使用した刃は外径 27mm、内径 21mm である。

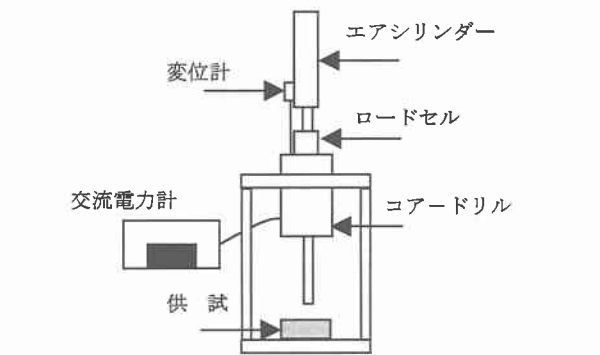


図 - 2 測定装置

実験では細骨材の含有量が切削動力に与える影響を検討するためセメント細骨材比が異なる 3 グループを用意する。

2. 3 モルタル供試体

使用したモルタル供試体はセメント細骨材比が 1：2、1：2.5、1：3 の 3 グループで M2、M2.5、M3 とする。それぞれ W/C が 70、60、50、40% の 4 種類を用意した。全て AE 剤を用いた。1 種類の供試体につき 3 個の圧縮供試体の平均より f'_{cm} を求めた。

表-1 モルタル

記号	W/C		f'_{cm}	記号	W/C		f'_{cm}	記号	W/C		f'_{cm}
	%	N/mm ²			%	N/mm ²			%	N/mm ²	
M2	70	25.09	M2.5	70	21.56	M3	70	13.65	M2	60	32.08
M2	60	32.08		60	24.30		60	19.18		50	35.04
M2	50	35.04		50	28.42		50	23.39		40	35.75
M2	40	35.75		40	32.67		40	24.26			

3. 実験結果及び考察

1 種類の供試体につき 3 回の測定を行い平均をデータとして採用した。最初に強度 - 掘削速度の関係を図 - 3 に示す。

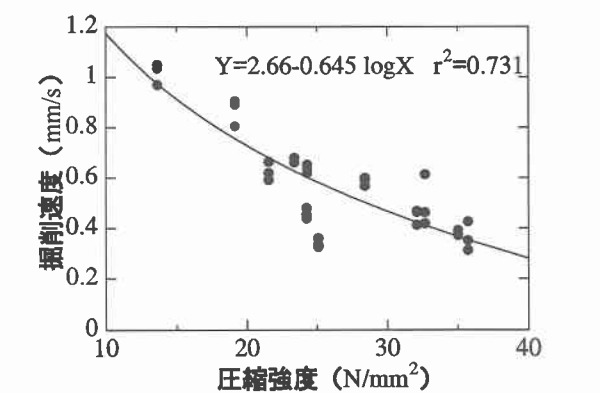


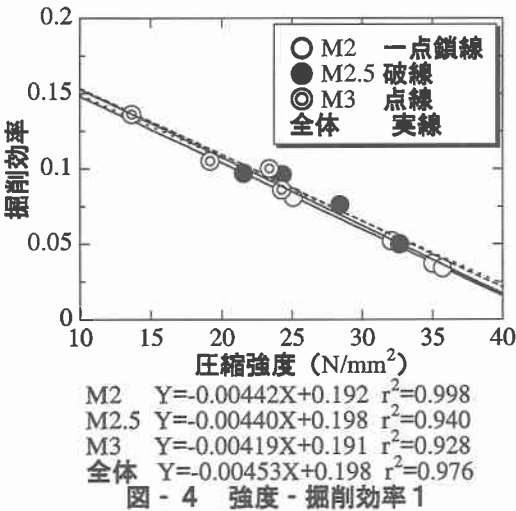
図 - 3 強度 - 切削速度

強度が上がると切削速度は減少する傾向にある。このことから掘削では軟らかいほど効率よく、硬いほど効率が悪くなる事がわかる。

そこで掘削効率をもちいて圧縮強度との相関を調べる。掘削効率とはコアードリルの全駆動動力のうち、切削動力の占める割合とする。掘削効率を η とすると式 (4) となる。

$$\eta = \frac{W}{W_f + W_{vl}} \tag{4}$$

強度 - 掘削効率の関係を図 - 4 に示す。



M2、M2.5、M3 はほぼ同じ相関を示している。これは細骨材の含有量は掘削効率に影響を与えないことを表している。12 種全てのデータで強度 - 掘削効率の相関もあわせて示しているが高い相関が見られる。全体として表した回帰式より掘削効率によるモルタル強度の推定式を算定でき、式 (5) としてこれを示す。

$$f'_{cm} = -220.75\eta + 43.71 \tag{5}$$

ここに

f'_{cm} モルタル強度 (N/mm²)

η 掘削効率

4. まとめ

本研究によって得られた結果を以下に示す。

- 掘削効率とモルタルの圧縮強度の間には高い相関があり、推定式を提案した。
- 強度が高いほど掘削効率は減少する傾向にある。
- モルタルの細骨材の含有量は切削効率に影響を与えない。

参考文献

- 佐久間敬三、斎藤勝政、松尾哲夫共著：機械工作法、朝倉書店、1984