

# コンクリートのはつりに関する静的破碎解析と人力ブレーカーの現場実験

Construction Experimentation of Analysis by Static Fracture and Breaker Machine by Manpower for Chipping Concrete

株砂子組 顧問	正員	佐藤昌志 (Masashi Sato)
株砂子組 土木部	正員	近藤里史 (Satoshi Kondo)
株砂子組 土木部	正員	平島博樹 (Hiroki Hirashima)
室蘭工業大学	正員	小室雅人 (Masato Komuro)

## 1. はじめに

コンクリート構造物の劣化部分もしくは付属物交換のためには、はつり処理し、新たにコンクリートやモルタルを打継ぐ場合が多い。

はつり処理としては、新旧コンクリートの良好な一体化性状が得られるウォータージェット工法(以下、WJ工法)、静的破碎のための油圧ニブラ、クラッシャー等があるが、本論文では、はつり箇所以外に影響を与えないこと、特に既設コンクリート鉄筋の付着を落とさない様にはつり作業を行うため従来から用いていた油圧ニブラの代わりのクラッシャーの応力解析、現場での空圧ハンドブレーカーで行った場合の実験を行いはつり作業の今後の資料を作成したので報告するものである。

## 2. はつり作業の種類

### 2.1 ブレーカー

ブレーカーを用いた機械的切削工法は、ピストンの前面に組み込んでいるチゼルロッドと呼ばれる打撃部によって、コンクリートをはつる方法である。チゼルロッドは、圧縮空気または油圧で駆動して打撃する方法であり、チゼルロッドの段差部分には常時圧縮空気が入っているため、コンクリート面を打撃したチゼルロッドは直ちに後退し、再び打撃を受けて飛び出し、これを繰り返す仕組みである。すなわち、チゼルロッドがストロークして切削するため、切削面に対して強く押し付けコンクリート面を細かく破碎するものである。写真-1に油圧ブレーカー、写真-2に空圧ブレーカーを示した。



写真 - 1



写真 - 2

### 2.2 静的油圧破碎機

静的油圧破碎機は建築の取り壊し現場で見かけるようにコンクリートを挟んで静的に破碎するものである。市街地の現場においては騒音の問題からよく用いられる。バックホウのアタッチメントを交換して容易に取り付けることができるほか市場性は高い。破碎機の機構はブレーカーより単純で、テコの原理でシリンダ1~2本をつけて油圧で押し引きし破碎するものである。写真3,4に示した。

### 2.3 WJ工法によるはつり

WJ工法は、洗浄作業の分野で大きな成果を上げてきた技術で、高圧式のポンプで加圧した水を小口径のノズルから高速の水噴流として噴射させることによってコンクリート面を切削する工法へと発展したものである。この水噴流がコンクリート面に衝突したときに生じる圧力および水くさび作用により切削を行うもので、適切な圧力、流量によって脆弱部を集中的に切削できる。

本論文では、油圧クラッシャーで地覆をはつった場合の弾塑性解析行ったほか、空圧ハンドブレーカーでの現場実験を行い合理的はつり手法の基礎研究を行った。

図-1に今回対象とした取り壊し断面の概要を示した。橋梁は一般国道451号 滝新橋である。



写真 - 3



写真 - 4

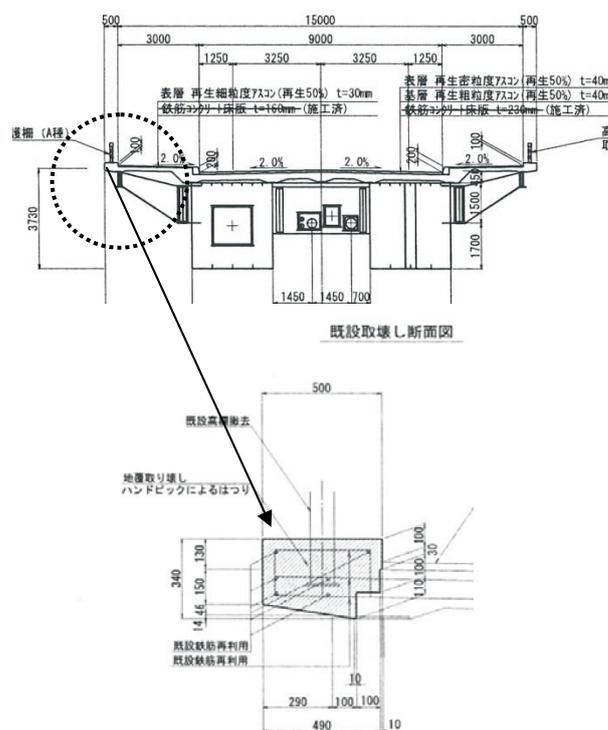


図 - 1 滝新橋はつり部

### 3. 3次元解析に基づく解析シミュレーション

#### 3.1 解析モデル(油圧クラッシャー)

数値解析モデルは図-1 に示した滝新橋断面のハッチングの部分である。数値解析モデルは円形破線の部分で図 3-1-1(橋軸方向 1m)と図 3-1-2 に、図 3-1-3 は解析の境界条件、図 3-1-3 は破壊構成則を示したものである。図 3-1-2 は配筋図でD19の異形鉄筋が 15cm ピッチで配筋してある。境界条件として断面方向切断面(赤色)は完全固定。長手方向切断面(青色)は法線方向の変位を拘束。H 型鋼は上下フランジ部分(緑色)を完全固定にした。図 3-1-4 に示した破壊構成則は  $\epsilon \leq 3,500 \mu$  コンクリート標準示方書に基づき定式化  $\epsilon > 3,500 \mu$  初期弾性係数の 0.05 倍で  $0.2 f'_c$  まで線形軟下することとした。また、コンクリート標準示方書による引張軟化曲線を適用 Drucker-Prager の降伏条件を適用してある。図 3-1-5,6 は解析断面と荷重載荷位置である。解析プログラムは DIANA を用いた。

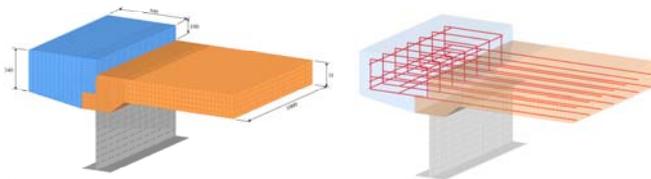


図 3-1-1 解析モデル図

図 3-1-2 解析モデル鉄筋図

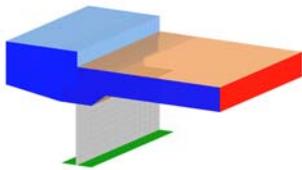


図 3-1-3 解析モデル境界条件

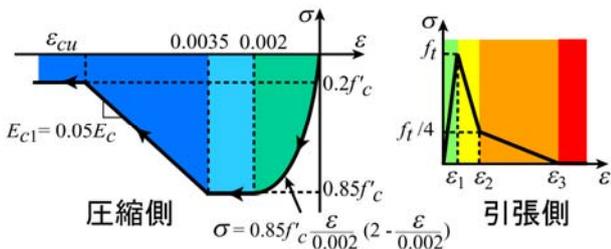


図 3-1-4 解析モデル破壊構成則

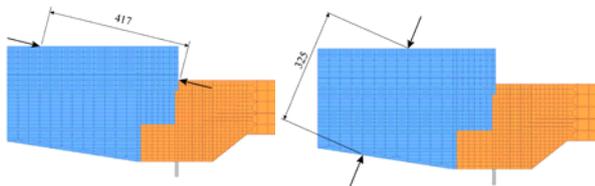


図 3-1-5, 6 解析モデル載荷荷重位置

#### 3.2 解析結果(油圧クラッシャー)

図 3-1-7 に荷重ケース図 3-1-5 の場合の最大ひずみ分布と最小ひずみ分布を示した。解析では荷重 92kN で収束せず計算は終わっている。最大ひずみは引っ張りで  $18,800 \mu$  ストレインとなっていることからコンクリートは完全に引っ張り破壊を起こしている。引っ張り領域の深さは 10cm 程度まで及ぶことから実際に施工が可能であれば静的破壊

としてはブレーカーより効率が上がることも考えられる。また、最小主応力としての圧縮は  $3500 \mu$  ストレインを越えているがその範囲は直径 1~2cm の範囲となっている。図 3-1-8 は破壊範囲領域を拡大したものでコンクリートが圧壊する中で応力解放面に向かって引っ張り領域が広がり直径 20cm 程度まで及んでいる。

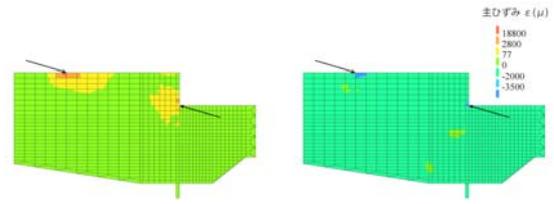


図 3-1-7 解析結果主応力

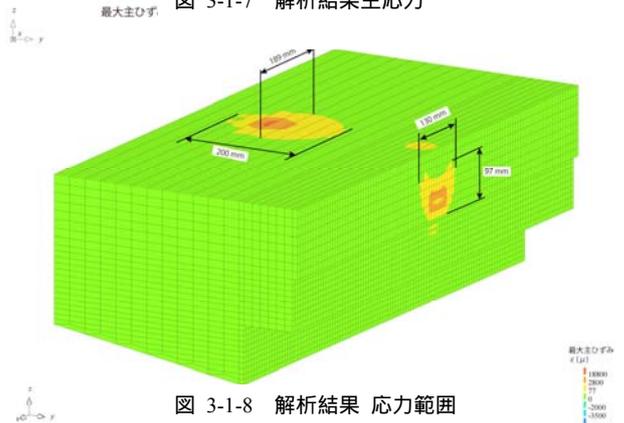


図 3-1-8 解析結果 応力範囲

図3-1-9に荷重ケース図3-1-6右側の荷重作用位置の場合の最大ひずみ分布と最小ひずみ分布を示した。解析では荷重276kNで収束せず計算は終わっている。最大ひずみは引っ張りで  $18,800 \mu$  ストレインとなっていることから、左側の荷重ケースと比較してコンクリートは完全に引っ張り破壊を起こしている。図3-1-10は拡大したものである。

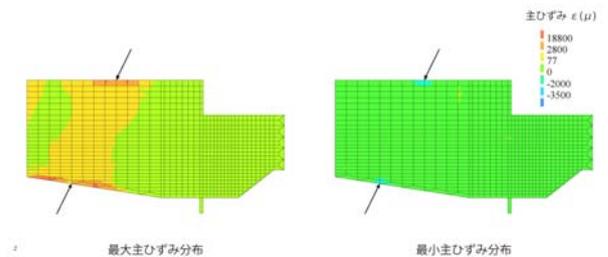


図 3-1-9 解析結果主応力

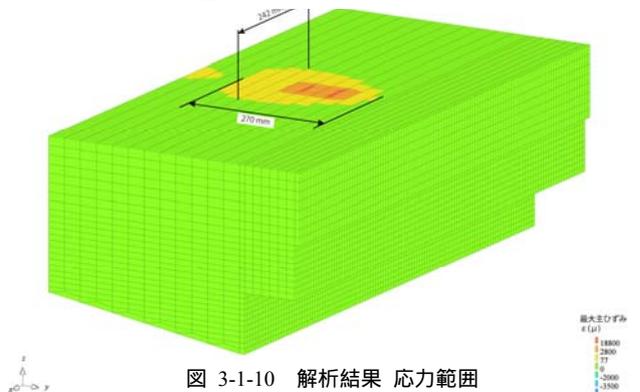


図 3-1-10 解析結果 応力範囲

3で述べた静的破砕機は特殊機械であったことから活用には至らなかった。仮に使用したとしても解析を証明するような計測は不可能である。しかしながら、これと併用してクラッ

クが入った箇所のはつり取りに用いる空圧ハンドブレイカーの実験は行う事ができたのでその衝撃特性を以下に述べる。

#### 4.1 計測方法

現場での計測は、データ分析が適切に出来るように図4-1-1に載荷点とひずみゲージ位置を図4-1-2に断面で見たひずみゲージ位置を示した。サンプリングの個数は100データ/sec、ノイズは20Hzで処理している。写真-5に実験の状況を示した。

また、表-1には一般的に用いられる空圧ハンドブレイカーの諸元を載せた。現場で用いられるのは30kg級が比較的多い。油圧ブレイカーと異なり空圧であるためストロークは短いが一分当たりのrpmは1000~2000程度あり打撃の回数が主なはつり作業の効率性を表す指標となっている。

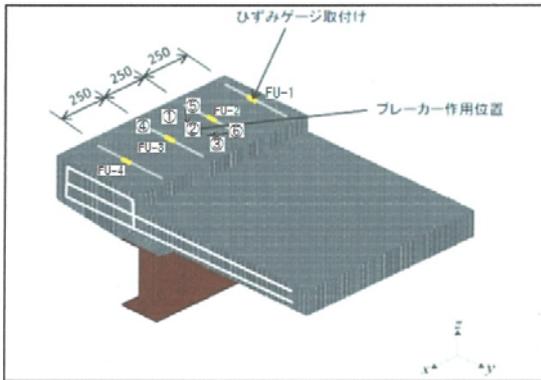


図 4-1-1 実験の載荷点位置

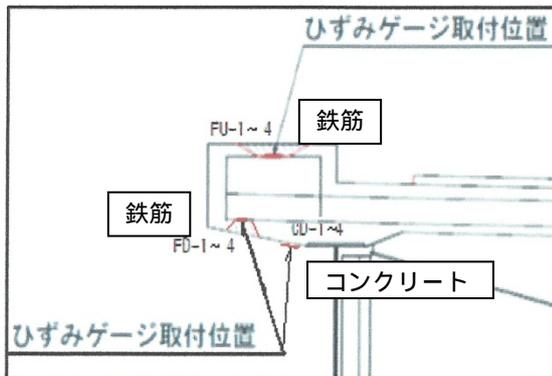


図 4-1-2 ひずみゲージの位置



写真-5

型式	質量	全長	打撃数	空気消費量
	kg	mm	min <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /min
B30-A	15.5	585	1850	1.0
B40	18.5	665	1300	1.4
B60	30.5	666	1550	1.4
B90	42.0	747	1400	2.2
FCB15	15.0	492	1150	0.8
FCB15-V	15.8	512	1150	0.8
FCB20-II	21.2	556	1100	1.65
FCB20-II V	22.1	576	1100	1.65

表 - 1 一般的ハンドブレイカーの諸元

#### 4.2 実験結果

今回用いたものも30kgクラスであり先端のチゼルロッドは剣先方である。空圧は1.0kgf/cm<sup>2</sup>程度である。打撃回数は調整不可で1300~1500/minと思われる。

以下、紙面の都合上載荷点①②③のひずみ波形を図4-2-1,4-2-2,4-2-3に示した。

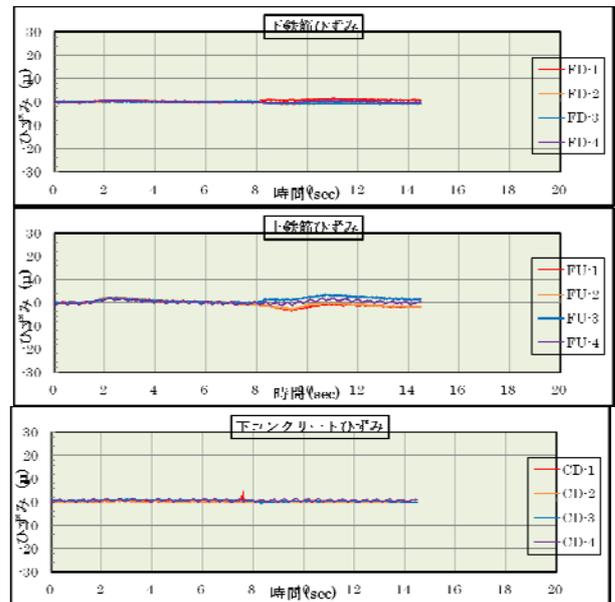


図 4-2-1 載荷点① のケース

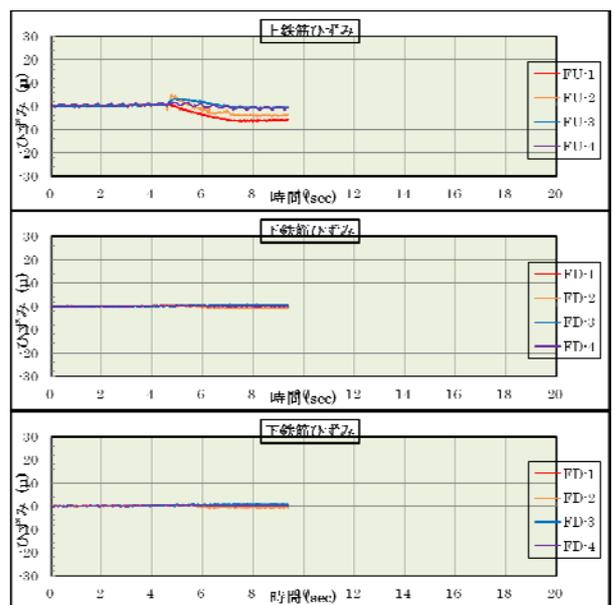


図 4-2-2 載荷点② のケース

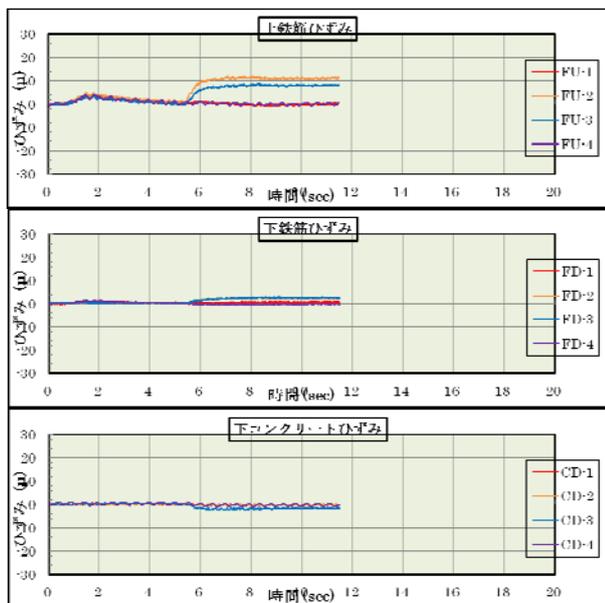


図 4-2-3 荷点が ③ のケース

図 4-2-1の荷点が河川側のケースの場合は下側鉄筋ひずみおよびコンクリート圧縮側のひずみもゼロストレイン状態である。本試験は、ミニブレイカーでの実験を終えた後に実施していることからクラックが多数入ってゼロストレインなのかチゼルロッドの剣先が鋭いため局所応力のみでゼロストレイン状態なのかは不明であるがFU4以外(事前のミニブレイカー試験でOverになったと思われる)の上側鉄筋ひずみは数 $\mu$  ストレイン出ているので表面波の応力伝搬はあると考えられる。また、公称の打撃回数は1000以上となっているが波形を見ると5~10Hz程度である。

図4-2-2の①点中央荷点ケースの場合も同じ状況であるがFU1,FU2の鉄筋ひずみは5 $\mu$  ストレイン程度発生しており打撃の波形がないことからチゼルロッドから10cm以上離れると打撃という衝撃はフィルターがかかったようになっている。ハンドブレイカーは90度で打撃を行っていることから打撃が横に伝搬するよりもそのエネルギーは剣先を向けた方向に集中したものと考えられる。

図4-2-3は荷点③で地覆の道路側端部である。ひずみの出方から推測すると、上側鉄筋は引っ張り、側方鉄筋も引っ張り、コンクリートゲージに若干の圧縮が見られることから右回転しながらハンドブレイカーの垂直打撃にフィルターがかかってコンクリートゲージに圧縮を生じさせたものと推察される。

以上のように、ハンドブレイカーの打撃はチゼルロッド近傍でコンクリートの破壊が進み打撃の波形にフィルターがかかった様になり、ひずみとしては打撃力が一定の荷重がかかったような状況になることが認められる。

コンクリートの効率的なはつりという観点から見るとロッドが刺さっていくだけで周辺には影響を与えないことから既設コンクリート等には損傷を与えないと考えられるが、逆に言えばはつりの効率は良くないとも考えられる。

## 5. まとめと考察

本研究ではコンクリート構造物の効率的なはつり作業を行うに当たって油圧クラッシャーで大きなひび割れを入れその後

にハンドブレイカーで効率的に作業ができないかを検討した。静的破碎としてクラッシャーを用いた場合は解析シミュレーションから相当のクラックが入るものと推察されるが問題点も多数ある。

- 1) 実際のクラッシャーは下の写真様に爪が丸まっている事から解析通りのクラックが入るかには疑問が残るが「単に壊す」という観点から見れば実用的である。
- 2) 現有するクラッシャーのベースマシンが限られていることから高価でありニーズはあっても使用箇所は限定されると考えられる。



次にハンドブレイカーの今後の課題としては人海戦術的に行うのであれば効率性は上がることも考えられるが振動病の観点や重労働という観点から1日数時間程度しかできないことから効率性が劣る。ただし、局所的に「はつる作業」としては最も適しているものと考えられる。

これらの事を考慮すると、反力を十分にとれて局所破壊効率を考えるのであればクラッシャーの様なものに2台の空圧ハンドブレイカーを溶接して挟みながらブレイカー衝撃で作業を行うのがベターではないかと思われる。

## 6. あとがき

クラッシャーの解析には室蘭工業大学構造力学研究室の皆さんに忙しいながら行ってもらったことに心から感謝する。卒業後はこのような土木工学と機械工学、電子・電気工学の枠を越えて時代のニーズにそくした実務に付かれることを切に望むものである。

## 7. 謝辞

この実験に関し、滝川道路事務所の山崎達哉所長、片岡敏行計画課長、坂本多朗工務課長に、解析に際しては室蘭工業大学構造力学研究室の皆様にも多大な協力をいただいた。ご協力に深く感謝申し上げます。