

VI-85

発破振動監視システムによる情報化施工

フジ工業(株) 正会員 山県達弥 ○望月久資
フジ工業(株) 正会員 久賀富美男 佐藤貴美

1. はじめに

発破振動の計測と管理の第一義的な目的は、工事箇所付近に近隣する住民への安全対策、各種構造物や保安物件の構造的、あるいは機能的な安全性に対する配慮が考えられる。一方、施工の経済性の面から見ると、掘削岩量や施工の進行は発破時の施工方法に大きく依存すると考えられる。発破時の振動は一般に装薬量と距離に大きく依存すると言われており、近接する環境への振動を最大限に抑えつつ発破工事を行なうためには当該保安物件に対する振動の管理値を設定し、その範囲内で最大限効率的な発破を行なう必要がある。このように安全性と経済性の接点を見出すためには、発破振動に関する情報化施工は必須項目であるといえよう。

2. 工事概要

当工事は、発破施工(盤打ち発破)を主体とする大規模土工事であり、地山弾性波速度が3 km/Sの安山岩を40万 m^3 にわたり掘削したものである。工事場所は第2種住居区域内にあって、浄水場に隣接している。当浄水場施設は、近代的精密機器で集中制御されており、発破振動により構造物、諸設備に損傷を与えないこと、運転中の精密機器が誤作動をきたさないこと、さらに周辺住民に心理的悪影響を与えないといったことが課題であった。しかしながら、発破振動の分野は未だ不確定の部分が多く、既往の研究成果も距離、装薬量、地盤特性と振動値について、非常に広い数値を設定している。そこで、発破振動監視システムを開発し、情報化施工を行なうことにより対処した。

3. 施工管理の流れ

今回実施した発破工事における一連の施工管理で重要なポイントを列挙する。

- ①許容振動速度値の決定: 保安物件の構造、機能、耐震性、老朽度、重要度などを調査したり、地盤や構造物など振動伝ばん経路の物性や構造から振動の増幅特性等を評価して、許容振動速度値を決定した。
- ②試験発破: 試験的に発破を実施し、振動値を計測することによって、振動の対距離減衰性や装薬量と振動値の関係、発破施工法と発破の効果などについて把握した。さらに発破の予測式における定数を推定した。
- ③実施工: 実施工では試験発破により設定された管理基準値に沿って発破を実施し、振動の計測は引き続き行なった。振動の実測値が許容値を下回っている場合にはそのまま施工を続けた。振動の実測値が許容値を上回った場合には、発破を中止し、保安物件の異常の有無を点検し、施工の継続を判断した。
- ④分析・検討: 実施工の過程である程度データが蓄積された時点でデータの分析検討を行なった。その結果に基づいて当初の管理基準値や発破施工法を見直した。ここでは保安物件の安全性と施工の効率が検討の対象となる。この分析・検討を行なう時期については、実施工における振動実測値の超過百分率(振動の実測値が許容値を上回る割合)や施工の進捗にともなう振動伝ばん経路や地形の変化、蓄積されたデータ量などを考慮して判断した。また、この分析・検討と施工管理へのフィードバックは情報化施工の必須項目と考えられる。発破工事の全体工程の中で分析・検討は1回と限らず適宜実施した。

4. 発破振動監視システム

図-1にパソコンを使った自動計測の一例として、監視装置のシステムフローを示す。このシステムの大きな特徴は、発破の結果をリアルタイムに確認してそのデータを短期、長期に分析し、その結果を以後の発破施工へフィードバックすることが出来ることにある。

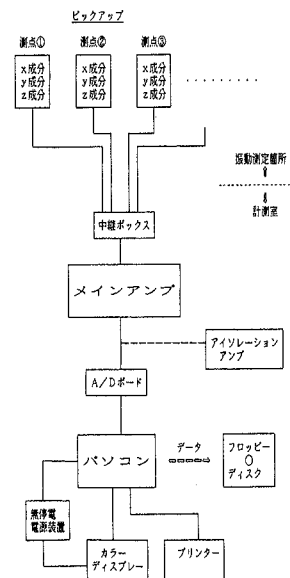


図-1 監視装置のシステムフロー

5. 検討と分析

解析方法としては数量化理論Ⅰ類と重回帰分析を採用した。

(1) 要因分析：要因分析は、定性的な要因も取り扱える数量化理論Ⅰ類によった。振動値に影響を与える要因として、装薬量、距離、伝ばん方向、発破段数を取り上げ、その要因関係について分析した。地盤の物性など従来の知見からみて、振動値に大きく影響すると考えられる要因は定数項として扱った。以下、分析結果を示す。

①振動に対して貢献度の大きい順序は、距離→装薬量→伝ばん方向→発破段数の順であった。②発破地点と測点との高さを比較すると、発破地点の低い方が振動値は大きくなった。③発破段数は寄与の度が最も小さい要因であり、定数項の4%程度であったしたがって、以後の装薬量は1孔当りのものを用いれば、段数を要因と考えないこととした。④定数項は上下振動よりも水平振動の方が大きい傾向であった。⑤装薬量が多いほど振動は大きくなった。

以上の分析から、距離、装薬量の定数項が発破の振動に大きく寄与していることが分かり、従来の発破振動式の正当性が再確認された。したがって、予測式として従来の発破振動式を採用することにした。

(2) 予測式の設定と検討：発破振動式の $V = K \cdot W^m \cdot D^{-n}$ に重回帰分析を摘要し予測式を算定した。変数は定数K、装薬量W、距離Dである。解析結果から得られた発破振動予測式を以下に示す。

$$V_x = 1125W^{0.402}D^{-1.87} \quad (R=0.73) \quad V_y = 722W^{0.443}D^{-1.91} \quad (R=0.75) \\ V_z = 421W^{0.315}D^{-1.78} \quad (R=0.74) \quad R: \text{重相関係数}$$

従来、『振動値は距離の2乗に逆比例して減衰する』と一般的に考えられてきたが、今回の盤打発破では『距離の1.8乗程度に逆比例して減衰する』と考える方が適切なように思われた。また、『従来の考え方より装薬量の効き方は小さい』という解析結果となった。次に、管理基準値を0.5cm/S、振動値の超過百分率10%すなわち信頼度90%と設定し予測式の装薬量を求めた。これにしたがって、その後の発破施工を実施した。その結果の一例を図-2に示す。管理基準値0.5cm/Sを超えるものは、約10%と想定どおりであったが、それらのほとんどが測定位置より70mまでの近い所のものであることに注意する必要がある。

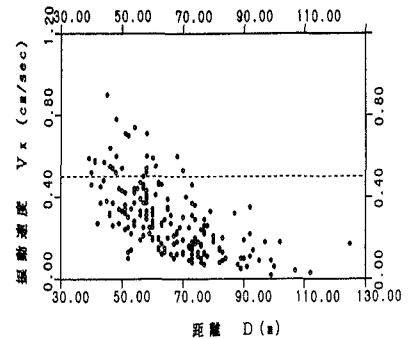


図-2 距離と振動速度の関係

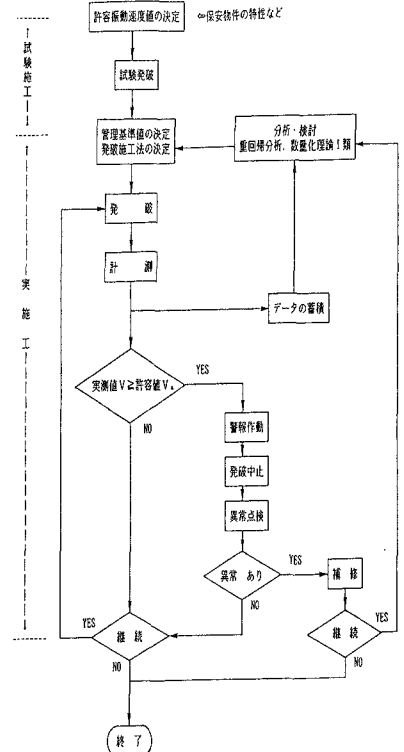


図-3 発破工事の情報化施工フロー

6. おわりに

“安全でかつ効率的な発破施工”を目標に延べ1250回の発破を実施したが、事故や近隣からの苦情等は1件もなく終了した。不確実な要素の多い地盤、地形条件のみならず、装薬量、発破パターンなど複雑に関係する発破条件に対して、定量的に検討を加え施工への対応ならびに保安物件の安全性を確保することができた。

このような貴重な体験をもとに、今後の発破工事に対して図-3に示すような情報化施工法を提案する次第である。本稿が今後の同種工事において、計画、設計、施工の有効な資料となれば幸いである。