

圧電型ロードセルをコンクリートの 強度判定に用いた場合の一考察

三井建設㈱ 正会員 梅園 輝彦

三井建設㈱ 正会員 酒入 修

法政大学 学生員 ○馬淵 俊道

1. はじめに

ここ数年の間に、土木構造物の老朽化や疲労などによる2、3の事故が発生している。このような状況からも、構造物の状態を非破壊で検査できることは重要であり、今日ではいくつかの方法が実用化されている。本研究では、コンクリート構造物に的を絞り、老朽化や疲労などの指標となる圧縮強度の判定を自動的に行うため、圧電型ロードセルを利用した場合のデータ処理の方法について基礎的研究を行った。

2. 実験概要

ロードセルによる強度判定実験に当たっては、実験データのばらつきを防ぐため、コンクリートの打撃面と直角になるようにロードセルの方向を設定した。ロードセルは、パネ歪エネルギーにより供試体に衝突させた。パネ歪量は、今回の実験の場合30mmと、40mmの2種類について行った。打撃一区画(5cm x 5cm)の中で、任意の点10箇所について打撃を行い、各箇所において連続4回の打撃を行った。そこで打撃回数ごとにオシロスコープに出力される電圧波形から、ピーク電圧(V_p)と、ピーク電圧に至るまでの時間(T_p)を計測した。その後、打撃を行った各区画のコアを抜き一軸圧縮強度試験を行った。圧縮強度(σ_{28})とヤング係数(E)とに相関関係があることが広く知られているので、 σ_{28} と E を測定した。以上のデータを用い、 V_p と T_p は σ_{28} や E とどのような関係があるかを調べるため、統計的手法を使って解析した(図-1、表-1 参照)。

今回の実験では、6種類の設計強度の異なる供試体を用いた。それぞれの供試体について、打撃箇所のコアを抜き一軸圧縮強度試験を行った結果を表-2に示す。

コンクリートの諸条件は次の通りである。

- ① 形 状・・・600w x 300h x 220t
- ② セメント・・・早強ポルトランドセメント
- ③ 骨 材・・・5mm以下の川砂
25mm以下の川砂利
- ④ 材 令・・・30日前後

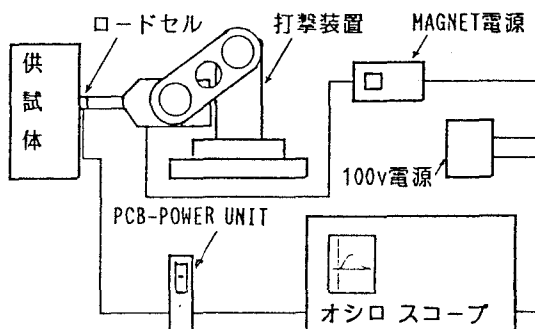


図-1 実験機器構成図

表-1 圧電型ロードセル性能表

測定範囲(5v)	±1000(lb)
許容圧縮力	10000(lb)
共振周波数	70000(Hz)
耐衝撃/耐振動	10000/2000(g)
重量	25(g)

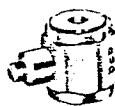


表-2 コンクリート一軸圧縮試験結果

設計強度 (kg/cm ²)	130	180	225	270	350	400
コア抜き箇所	1	2	3	4	5	6
1	185 3.08	225 3.00	287 3.30	347 3.51	364 3.37	418 3.03
2	194 2.81	224 3.25	282 3.30	337 3.81	413 3.32	378 3.23
3	179 3.14	192 3.76	314 3.74	335 3.15	437 3.13	338 3.95
4	187 2.83	246 2.69	295 3.71	336 4.07	412 3.27	435 3.15

注) 上段: 圧縮強度 (kg/cm²) 下段: ヤング係数 (×10⁵ kg/cm²)

3. 実験結果

(1) 回帰分析による結果 打撃を行った区画の V_p と T_p の代表値には、10箇所のデータの平均値を採用した。この理由は、代表値として区画の平均値と中央値を比較した結果に、ほとんど差が見られなかったことによる。また、この平均値と中央値の関係から10箇所のデータは正規分布していると考えられるため、回帰分析を行い、回帰の信頼性を検定する方法として分散分析を用いた。

実験により得られたデータから、以下の6種類について各々解析を行った。

- ① V_p の σ_{28} による単回帰分析
- ② V_p の E による単回帰分析
- ③ T_p の σ_{28} による単回帰分析
- ④ T_p の E による単回帰分析
- ⑤ V_p の σ_{28} , E による重回帰分析
- ⑥ T_p の σ_{28} , E による重回帰分析

この結果、①については回帰に意味があり最も信頼できる(1%有意)。他の②から⑥については、ほとんど回帰に意味がなく信頼できるとはいえない。

(2) 強度の判定について 解析結果より、バネ歪量30mmにおける打撃回数4回目の V_p の628による単回帰式を採用した(表-3 参照)。この理由は、バネ歪量30mmの場合の方が40mmの場合よりも、かつ、バネ歪量30mmのなかでも打撃回数4回目の場合の方が、 V_p と628の相関が高かったことによる。

強度の判定に際しては、まず回帰直線から信頼

区間と予測区間を求める。予測区間とは、計測されたデータが、95%の確率でこの範囲の中に入ることを示す。この予測区間によって、異常データの検出をすることが可能である。信頼区間とは、回帰直線によって得られる推定値が持っている誤差の範囲であり、95%の確率でこの範囲の中に入ることを示す。強度の判定は、計測された V_p から回帰直線によって逆推定することにより行った。強度の判定を試みた結果、実際の圧縮強度と推定強度とを比較してみると平均偏差33(kg/cm²)があった。

シュミット・テストハンマーによる強度判定に基ずく偏差は、28(kg/cm²)といわれており、本研究結果もほぼ同等の精度で強度の判定を行えると考えられる(図-2 参照)。

4. 考察

今回行った実験では、圧縮強度の適応範囲は、150(kg/cm²)から400(kg/cm²)であった。この範囲は、実用上必ずしも充分とは言えないので、上下限值とももう少し広げる必要がある。本研究の将来の課題として、装置の自動化、強度判定におけるデータ処理の自動化が考えられる。これらの課題を克服することによって、危険な箇所における測定や、人間が立ち入り難い場所での測定などに用いることができると考えられる。

最後に、多大の御教授を賜った法政大学工学部の大地羊三教授に、厚く御礼を申し上げます。

表-3 V_p の628による単回帰分析表

バネ歪み	打撃回数	σ_{28} (圧縮強度) による単回帰 V_p (ピーク電圧)	
		$V_p = \alpha + \beta \times \sigma_{28}$	F-検定
30 (mm)	1	$V_p = 1.71 + 0.002 \times \sigma_{28}$	1 % 有意
	2	$V_p = 2.11 + 0.003 \times \sigma_{28}$	1 % 有意
	3	$V_p = 2.34 + 0.003 \times \sigma_{28}$	1 % 有意
	4	$V_p = 2.52 + 0.003 \times \sigma_{28}$	1 % 有意

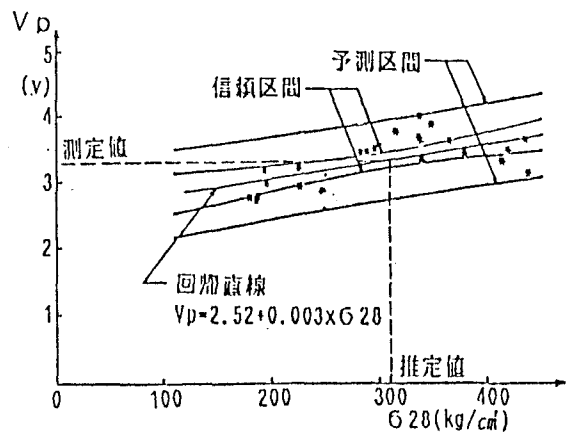


図-2 回帰直線の信頼区間と予測区間