

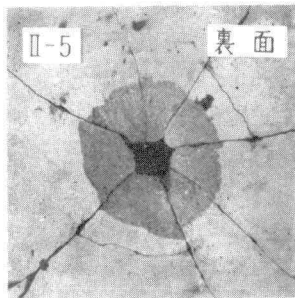
防衛大 正負 竹田仁一, 国鉄 正負 宮崎修輔
 ○ 国鉄 正負 栗原啓之, 国鉄 正負 植木 博

1. はじめに

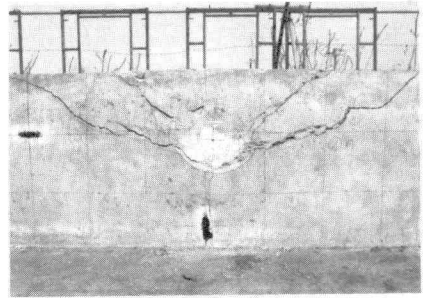
コンクリートまたは鉄筋コンクリート擁壁に落石などが衝突すると、その速度によって種々の破壊が起こる。速度が大きい時は前面および裏面に破壊が起こり、時には穴が開くが、破壊は意外に狭い範囲に限られる(これを衝撃的破壊という。写真1-(a))。これに反し、速度の遅い時はクラックが長く広がり、その影響は広範囲に及んでいる(これを準静的破壊という。写真1-(b))。中間の速度ではこれらが混在して現われる。

このように衝撃による破壊は非常に複雑である。衝撃はかなり長い研究の歴史を持つにかかわらず、今日なお耐衝撃設計は確立されていない。特にコンクリート擁壁は材料自体の複雑さのほか、構造モデルのとり方等に特殊な問題が残されている。しかし近年、コンクリートの動的性質の研究および塑性応力波理論の研究も進み、また測定方法の急速な進歩^(註)と相まって、衝撃の研究も次第に容易になってきた。その結果、耐衝撃設計方法の開発にかなり明るい展望が開けてきた。ここでは現在までの研究の結果得られた設計のプロセスと問題点等について報告する。

設計方法は静的な場合と同様の外的作用(F)による推定応答量(R)が許容範囲(A)にあるかどうかを検討して行なわれるが、動的な(F)、(R)、(A)は静的な場合と異なっている。従って、耐衝撃設計設計方法を実用化するためにはこの3つに関する詳細なデータを収集しなければならない。



(a)



(b)

写真-1. 衝撃による破壊例

2. 衝撃定量化のための要因

従来、衝撃の大きさを加速度で表現することが多かったが、これは必ずしも正確ではない。構造物の変形および破壊を引き起こす力、即ち、加速度の大きさは構造物の剛性等によって変化するだけでなく、上述の衝撃的破壊にはむしろ速度が直接的に関係すると考えられるからである。衝撃的破壊つまり、表面破壊(クレーター)および裏面剝離(スキッピング)は応力波によって引き起こされるので、応力の大きさと波形(応力・時間関係)が重要な要因である。そしてそれらに影響を与えるのは衝撃速度と衝撃物体の材質、形状および大きさである。準静的な破壊は構造物のいわゆる動的応答の結果生ずると考えられるが、通常の取扱いと異なり初速をゼロと見なし得ないので構造物に生ずる変位速度を定量化の要因とした方が取扱いが簡単である。

しかし衝撃の定量化のためには上記2種の破壊の発生条件、混在の状況とその予測等研究すべき多くの問題があり、筆者等も継続的に研究を行なっている。²⁾

3. 応答量の推定

衝撃的破壊を対象とする場合、擁壁中に発生し、伝播、反射、重複を行なう応力波を算定し、変形、破壊を予測するには、衝撃体と擁壁との間のインピーダンス比および伝播中の応力波の減衰に関するデータと塑性応力波^(註) 衝撃の作用時間は極めて短かく、衝撃的破壊はほとんど 10^{-4} 秒以下で終了する。このような現象の測定には極めて高性能の装置が必要である。

解析の簡易実用化の研究も必要であり、筆者等の一人の報告もある²⁾

準静的破壊を対象とする場合、その応答量は衝撃物体と構造物との連成応答から求められる。この応答を求めるには現在二つの方法が考えられている。一つは衝撃体と構造物間の相互力がそれぞれの運動を変化させるので両者の相対運動と相互力間の積分方程式を求めて解く方法 (Timoshenkoの方法)³⁾と もう一つは、構造物の振動モデルをつくり、それと衝撃体との間にもバネ (めりこみ抵抗である) を考え、両者の連成振動を解く方法である。筆者等は後者をとることとした。この計算を行なうには先ず、擁壁のバネ常数とめりこみ抵抗を求めなければならない。擁壁のバネ常数を求めるために、筆者等は鋼板製模型の静的載荷実験を行なった。衝撃実験では同時に多次測定が出来ないこと、もともとこの応答は衝撃速度の大きい場合に生ずるからである。試験体は $75\text{mm} \times 500\text{mm} \times \text{厚さ} 20\text{mm}$ の等断面擁壁模型 (No.1, 図-1) と、固定端を 30mm (No.2) および 50mm (No.3) とし他は No.1 と

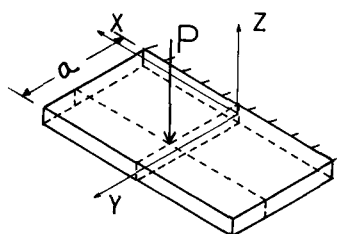


図-1. 集中荷重を計る等断面擁壁模型

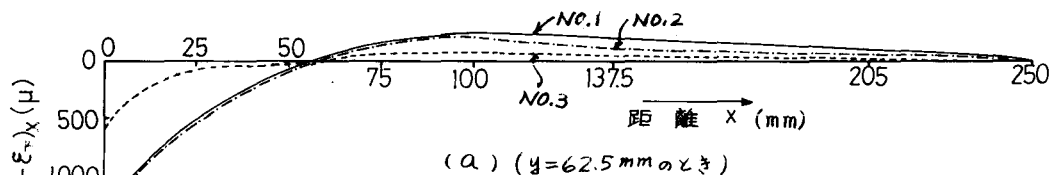
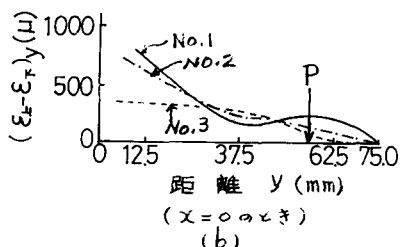


図-2. 各種擁壁模型の集中荷重実験における歪 $(\epsilon_x - \epsilon_y)$ の分布
(載荷位置 $x = y_p/a = 0.75$ の場合, y_p : 載荷位置のy座標)

同寸法の傾斜断面擁壁模型である。これらの試験体の各所にストレインゲージを貼り付け、載荷位置をy軸 (図-1) 上の各所に變えて集中荷重をかけ、歪、載荷点の位置および荷重を測定した。歪分布の一例 (ここでは表面と裏面の対応点の歪の絶対値の和, $\epsilon_x - \epsilon_y$ とした。これはそれぞれの方向の曲げモーメントの大きさに比例する) を図2に示した。荷重は No.1 で 3.66tn , No.2 で 4.83tn , No.3 で 4.96tn の場合である。図から、従来しばしば採用された Cantilever 型の構造モデルが必ずしも当を得たものではなく、それに直角の長手方向でも抵抗していることが知られる。バネ常数について、Jaramillo が求めた弾性解⁴⁾ から次の近似式が得られた。但し、等断面の場合である。

$$k/E = 0.078 / \sqrt{3} \cdot 4.82, \quad k: \text{バネ常数 (kg/cm)}, \quad E: \text{材料のヤング係数 (kg/cm}^2)$$

$$\sqrt{3} = y_p/a, \quad y_p: \text{載荷点のy座標}, \quad a: \text{巾 (図-1)}$$

実験値はこの値にかなり近い。従ってバネ常数は弾性解から求めてもよいと考えられる。No.2, No.3 の傾斜断面擁壁の場合も等断面の値に係数を乗じて得られる。

筆者等は更に、コンクリートおよび鉄筋コンクリート擁壁自体の衝撃応答を求めるため、大小二種の試験体について衝撃実験を行なった。衝撃では相似則が成立しないと考えられるからである。これらの結果については次回に報告する。

4 許容値について

ここでは、許容値検定を何で行なうかという問題と許容値についての速度効果の問題とがある。筆者等の一人の報告がある。⁵⁾

- [参考文献] 1) 竹田外: Deformation and Fracture of Concrete Subjected to Dynamic Load, ICM-1, 1972 Kyoto, P.P. 267~277.
 2) 竹田外: Deformation and Fracture of Concrete Subjected to Impact or Blast Shock, ICM-3, 1979 London.
 3) W. Goldsmith; Impact, Edward Arnold Pub., P.P. 108
 4) T. J. Jaramillo; Deflections and Moments Due to a Concentrated Load on a Cantilever Plate of Infinite Length, J. Appl. Mech. 1950-3, 67.
 5) 竹田外: コンクリートと衝撃, コンクリート工学, Vol. 15, No. 4, 1977-4, 1~11.