

防衛大学校 学生員○折出 誠 正員 石川 信隆 正員 山崎 義浩
建設省土木研究所 正員 石川 芳治

1. 緒言

現在砂防ダム袖部は、無筋コンクリートで造られているため土石流荷重により破壊されやすく、特に、土石流の中に含まれる巨礫の直径が2mを超えると、その耐衝撃性のため、コンクリート袖部厚さを4m以上としなければならない。本研究は、鉄筋で補強したコンクリート製砂防ダムの衝撃応答特性を把握するため、無筋および鉄筋コンクリート製片持ち梁にそれぞれ静的および衝撃載荷実験を行い、梁の変位、ひずみおよび破壊形態について、鉄筋による補強を行った場合の効果について検討を行ったものである。

2. 実験の概要

(1) 供試体 実験には図-1のような3タイプの供試体を用意し、それぞれAタイプ（無筋）、Bタイプ（1列配筋）、Cタイプ（2列配筋）とした。鉄筋は全てD6の鉄筋を用いた。なお、使用したモルタルの諸元は表-1のとおりである。

表-1 モルタルの諸元

水セメント比(%)	55
水 (kg/m ³)	254
セメント (kg/m ³)	461
砂 (kg/m ³)	1310
圧縮強度 (kgf/cm ²)	306

(2) 静的載荷実験 図-2に示すように、供試体を鉄骨で固定し、固定端から300mmの位置に荷重を加えて実験を行った。測定についてはロードセルで荷重をダイヤルゲージで上変位、下変位をそれぞれ計測した。ひずみについては供試体にひずみゲージを貼付して計測した。

(3) 衝撃載荷実験 図-3に示すように供試体をコンクリート製ブロックで固定し、固定端から300mmの位置に重錘(W=80kg)を自由落下させる衝突載荷実験を行った。測定については、重錘上部に取り付けたロードセルで荷重を、光学式変位計で供試体下部の変位をそれぞれ計測した。ひずみは静的実験と同様に計測を行った。また衝突速度は、AタイプについてはV=1, 2, 3m/s、B、CタイプについてはV=1, 3, 5, 7m/sの速度を与えた。

3. 実験結果および考察

(1) 静的載荷実験

a 荷重～変位関係 静的載荷実験における荷重～変位関係を図-4に示す。無筋コンクリートに比べ、鉄筋補強をしたコンクリートはより大きな耐力および変形性能を有し、最大荷重はAタイプ693kgfに対し、Bタイプ887kgf、Cタイプ1012kgfと、Aタイプのそれぞれ約1.3倍、約1.5倍になった。破壊に至る変位においても、Aタイプは1.6mmで供試体固定端部にひび割れを生じた瞬間に切断されるのに対し、Bタイプは6.7mm、Cタイプは14.3mmと、Aタイプのそれぞれ約4倍、約9倍の限界変位が確認された。

b 静的吸収エネルギー 次に図-4を積分して得られた静的吸収エネルギー～変位関係を図-5に示す。本実験においては、荷重～変位関係の最大荷重時までの変位を限界吸収エネルギーと定義した。これによるとAタイプの限界吸収エネルギー(0.52tf・mm)に比較し、Bタイプ(4.94tf・mm)は約9.5倍、Cタイプ(10.4tf・mm)は約20倍程度の静的吸収エネルギー

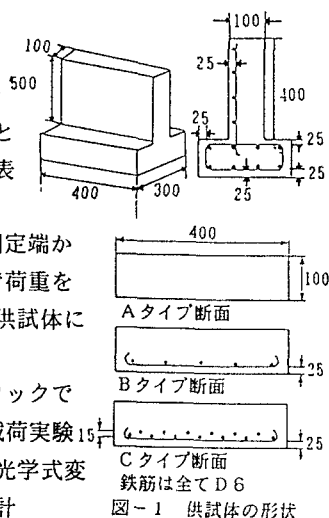


図-1 供試体の形状

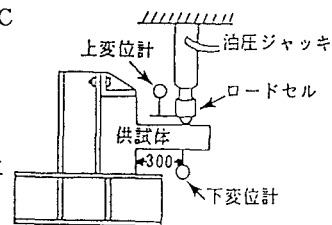


図-2 静的載荷実験装置

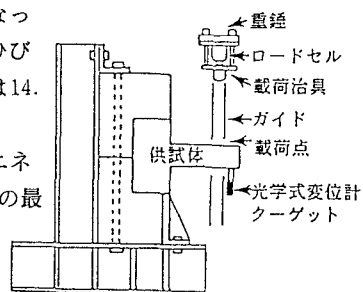


図-3 落錐式衝突実験装置

一が確認された。

(2) 衝撃載荷実験

a 荷重～変位関係 $V = 5 \text{ m/s}$ における荷重～変位関係を図-6に示す。これより供試体の補強の程度に従ってC, B, Aタイプの順に耐力および変形性能大きいことがわかる。

b 衝撃吸収エネルギー 次に衝撃吸収エネルギー～衝突速度関係を図-7に示す。これより破壊に至る限界吸収エネルギーはAタイプ2.0～2.5 $\text{tf} \cdot \text{mm}$ 、Bタイプが13～15 $\text{tf} \cdot \text{mm}$ 、Cタイプが40～50 $\text{tf} \cdot \text{mm}$ 程度であり、鉄筋の補強を行うことによりBタイプでは約5～7倍、Cタイプでは約20倍程度の衝撃吸収エネルギー量の上昇が認められた。

c 破壊形態 静的載荷実験と比較し、衝撃載荷実験では、AタイプとB, Cタイプとの間に大きな差異が見られた。すなわち図-8の実験後の破壊状況(裏面)を見ると、 $V = 3 \text{ m/s}$ でAタイプは②に示すように境界で割れたのに対し、B, Cタイプは④に示すように載荷点裏面横一線にひびが入る程度にとどまった。次に衝突速度の違いによる影響を見ると、衝突速度が増大するに従い、載荷点裏面から四方に広がるひび割れの数が増し、 $V = 7 \text{ m/s}$ においては衝撃波によるスキッピング(裏面剥離)が確認された(⑥に示す斜線部分)。このことから衝突速度が大きくなるにつれ、梁の載荷点への局所的な衝撃が増大していくと考えられる。なお、本実験における破壊形態では、B, Cタイプ両者にさほど大きな差異は見ることができなかった。

4. 結論

(1) 静的および衝撃載荷実験の両方において、Cタイプ(2列)Bタイプ(1列)、Aタイプ(無筋)の順に耐力および変形性能も大きく、また吸収されるエネルギー量も大きく、特にCタイプはAタイプの約20倍も大きいことが確認された。

(2) 静的実験では固定端部のみに破壊が生じるのに対し、衝撃実験では衝突点近傍に破壊が集中することが認められた。またAタイプとB, Cタイプとの間にも大きな差異が見られ、同じ速度の場合($V = 3 \text{ m/s}$)では、Aタイプで衝突点で割れて飛び散るのに対し、B, Cタイプではひび割れが横一線に入る程度であった。

(3) また衝撃実験において、衝突速度が増加するに従いB, Cタイプの破壊形態は、載荷点を中心とした局所的ひび割れが増大し、裏面に剥離現象が見られることが確認された。

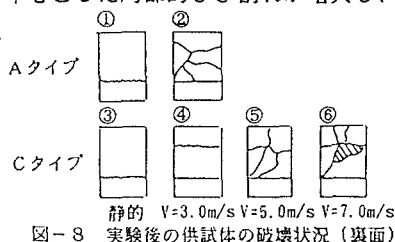


図-8 実験後の供試体の破壊状況(裏面)

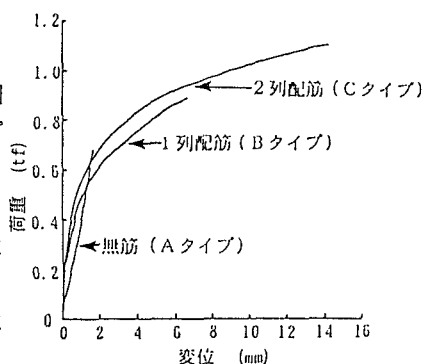


図-4 荷重～変位曲線(静的載荷実験)

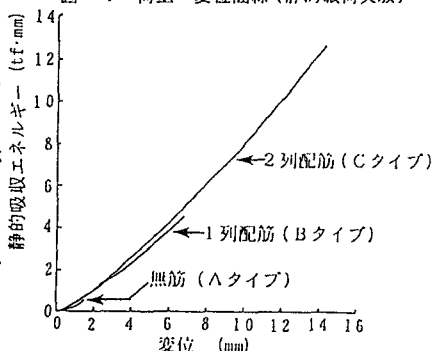


図-5 静的吸収エネルギー～変位関係

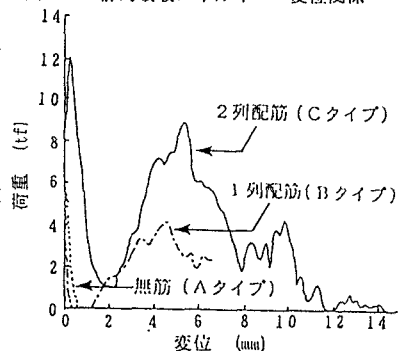


図-6 荷重～変位関係(衝撃載荷実験)
($W = 80.0 \text{ kgf}$ $V = 5.0 \text{ m/s}$)

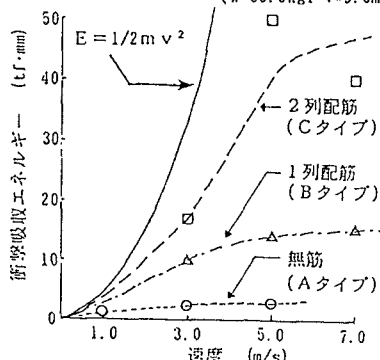


図-7 衝撃吸収エネルギー～衝撃速度関係