

V-308

低温下におけるコンクリート部材の衝撃応答

北海道大学工学部 学生員 杉山 隆文
北海道大学工学部 正会員 佐伯 昇
北海道大学工学部 正会員 藤田 嘉夫
北海道大学工学部 学生員 有馬 伸広

1. まえがき

本研究の目的は衝撃力を受けるコンクリートの挙動に関して低温下と常温下の違いを調べることである。水セメント比を一定、コンクリートの含水量を飽和状態としたコンクリート桁を試験体とし破壊形状と変形挙動からその違いを考察する。これまでの衝撃試験結果⁽¹⁾等を参考にしてコンクリートが破壊に至るまでの衝撃変形挙動を時間的に連続した3段階で低温と常温の場合についてそれぞれ検討を行なう。

衝撃荷重に対する理論解析は種々提案されているが著者らは有限差分法によるモデル解析を試みている。モデルは衝撃力を受けるコンクリート構造物を質点とバネで置き換えたものである。バネ定数の決め方を実験的に考慮しながら変位を解析し、実験値と比較してモデル解析の適応性を検討する。

2. 実験概要

試験体はD10, D13の鉄筋を一本ずつ配筋した鉄筋比がそれぞれ0.95%, 1.69%の単鉄筋はりとなし無筋コンクリートはりである。図-1に試験体の形状を示した。衝撃試験は先端が半径2cmの球状をした鋼柱を衝撃体とする自由落下方式で行なった。図-2に試験装置の概略を示した。試験体は2週間水中養生後冷凍室に移し+20°Cから1時間に10°C温度を下げ各実験温度（-2°C, -20°C, -80°C）で6時間その温度を保ち、その後取り出し室温（+23°C）でただちに実験を行なった。ただし常温試験は養生後室温で行なった。実験でまず無筋コンクリート桁を使い各温度で試験体が丁度一打撃で曲げ破壊を起こす落下高さを調べた（衝撃体質量 $m=2.0\text{kg}$ ）。次に鉄筋コンクリート桁を使い衝撃体の落下高さ（ h ）、質量（ m ）を $h_1=6.15\text{m}$, $m_1=4.0\text{kg}$ で試験体の破壊形状を調べた。そして変形挙動を調べるために $h_2=0.5\text{m}$, $m_2=2.0\text{kg}$ でそれぞれ実験を行なった。

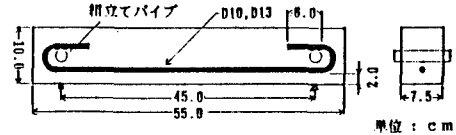


図-1 試験体形状

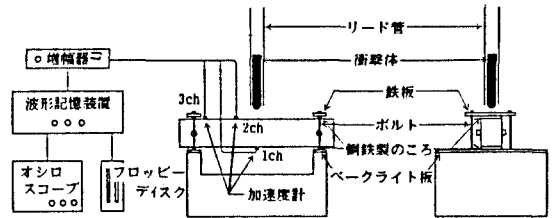


図-2 試験装置

変位を求めるために試験体の上縁と下縁に合わせて3個の加速度計（1000G, 7500Hz）を取り付けた。（図-2）

3. 実験結果と考察

表-1は今回用いたコンクリートの各温度におけるシリンダーによる圧縮、引張試験の結果を示している。各温度でそれぞれ5本の試験体を使い無筋コンクリートに曲げひび割れが生じない最小の落下高さ H_{min} を決定した結果-20°Cまでは吸収エネルギーは増加するが-80°Cでは逆に減少する傾向があった。

破壊形状を調べる試験ではD10の鉄筋を使用した試験体は温度低下にかかわらず曲げによる破壊を示した。一方D13の鉄筋を使用した試験体では常温で曲げひび割れと斜めひび割れによる破壊を生じていた。それに対して-80°Cでは曲げによる破壊であった。またすべての試験体で衝撃荷重点上縁の表面剥離が起こっていた。

変形挙動を調べる試験では低温になるに従って1chの変位が小さくなり逆に2ch, 3chの変位が大きくなる傾向

表-1 低温下の圧縮・引張強度

	+23°C	-2°C	-20°C	-80°C
f_c	419.9	461.3	603.7	858.2
f_t	31.8	32.7	54.9	84.4

(kgf/cm^2)

がある。また衝撃荷重に対してコンクリートは、はじめに荷重を受けた上縁にそって引張力で抵抗する。従って荷重を受けた直後のコンクリートの挙動は上縁にそった境界上が押しつぶされるように変形し下縁の境界上は変化しない。そして徐々に全体的な変形で荷重に抵抗してゆく挙動を示す。

前回行なったRC版の衝撃試験¹⁾で常温では衝撃エネルギーを局部的に吸収する割合が大きいのに対して低温では全体的にそれを吸収する傾向があることを述べた。同じようにコンクリート桁でも破壊に至るまでの衝撃変形挙動は常温と低温ではそれぞれ図-3に示すようになることが変形のデータから予想された。

4. モデル解析

衝撃荷重を受けるコンクリート構造物は局部的と全体的応答で衝撃に抵抗すると仮定してその応答システムを図-4のようにモデル化した。(Three-Mass) また質点2とバネ2を考慮しないモデル(Two-Mass)も同様に検討した。そして各モデルを微分方程式におき差分法を用いて解き各質点の変位を求めた。その中で質点3の最大変位 X と最小落下高さを調べる衝撃試験から計算した各 H_{min} における試験体1chの最大変位を比較してその適応性を検討した。バネ1は表面変位による抵抗を表わしバネ定数はHertzの衝突理論より求めた。バネ2は押し抜きコーンが起す局部変形による抵抗を仮定しバネ定数 R_2 はこれまで行なった押し抜き試験の結果より求めた。バネ3は全体的応答による抵抗を仮定しバネ定数 R_3 はけたのたわみから計算した。以上のバネ定数を本解析に適用し数値計算した結果を実験値と比較して図-5に示した。

5. 結論

- (1) 低温下のコンクリートの衝撃耐力は必ずしも温度低下による引張強度の増加に比例しているとはいえない。
- (2) 常温と低温ではコンクリートの破壊形状は異なり、低温では曲げによる破壊に移る傾向がある。
- (3) コンクリートの衝撃変形挙動は荷重を受ける上縁と下縁では異なる。また常温下で局部的に衝撃エネルギーを吸収し低温下では全体的に変形して衝撃エネルギーを吸収しようとする傾向がある。
- (4) 各モデルによる理論解析の計算結果は実験値と比較的によく一致していた。

参考文献：(1) 杉山ほか；低温下におけるRC版の衝撃破壊挙動 日本コンクリート工学年次論文報告集 1989. VOL11, No1

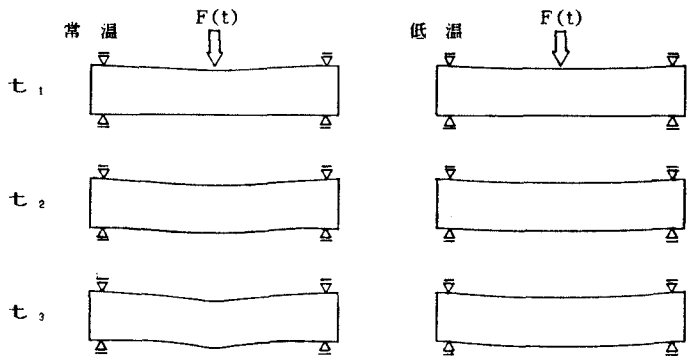


図-3 変形挙動の予想

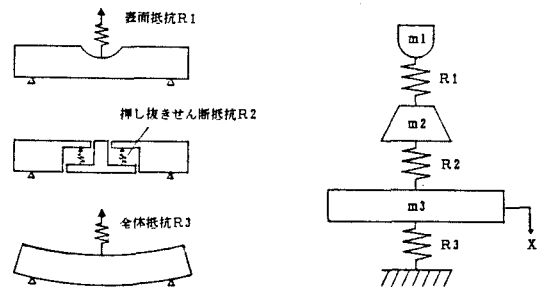


図-4 Three-Massモデル

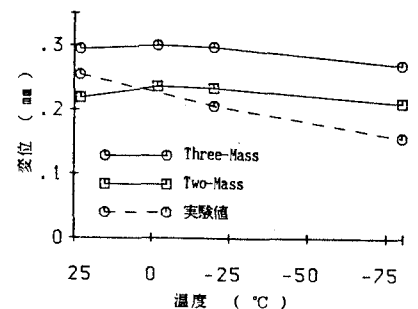


図-5 計算結果と実験値