

(I-5) 衝撃荷重を受けるPCロックシェットの動的解析

防衛大学校 正会員 〇圓林栄喜 防衛大学校 正会員 香月 智 防衛大学校 フェロー 石川信隆
建設省土木研究所 正会員 佐藤 弘史 建設省土木研究所 正会員 間瀬 利明

1. 緒言

耐衝撃性に優れたプレストレストコンクリート(PC)製落石覆工(ロックシェット)を開発するため、著者らは、先にPCロックシェットのはり柱全体構造の1/4モデルを用いて静的および衝撃実験を行った¹⁾。本研究は、この実験結果の全体挙動を解析的に究明するため、動的弾塑性骨組構造解析法を開発して、実験結果をシミュレートすることを試みたものである。

2. 実験の概要

供試体寸法は、図-1に示すはり断面高さ25cm、幅20cm、支間長250cmのPRCはり(図-2(a))と断面高さ20cm、幅15cm、柱長さ120cmのアンボンド柱(図-2(b))を組み合わせた逆L型構造である。衝撃実験は、建設省土木研究所の傾斜式衝撃载荷試験装置²⁾を用いて行い、重量1tfの重錘を任意の高さから支間中央に垂直に落下衝突させた。重錘の先端は半円筒形状であり、重錘衝突面には衝撃力を緩和させるため、30cm×20cm×5cmのゴムを設置した。なお、別途静的载荷実験も行った。

3. 解析手法

本解析では、図-3に示すような軸力要素とはり要素を組み合わせた解析モデルを用いる。ここで境界条件としては図-3に示すように山側、谷川の支持およびはり・柱接合部を回転自由とした。

次に、軸力要素の構成則は図-4(a)に示すような断面力 N と伸び量 δ とが弾性応答するものとし、断面のコンクリートおよび鉄筋を考慮した等価剛性 EA を用いた。はり要素については、図-4(b)に示すような2段階弾塑性で耐力が増加した後、終局限界 θ_u によって耐力を失うモデルとした。この曲げモーメント要素～端回転角の関係については、図-2に示す実断面について、断面分割法を用いて曲げモーメント～曲率関係を求めたうえで、これを図-5に示すような3段階の弾塑性モデルとした。さらに、曲率に有効断面高さの2/3の長さを乗ずる³⁾ことにより、終局回転角 θ_u へと変換した。解析に用いた諸元値を表-1、2に示す。また、荷重については図-6に示す実験の重錘の荷重～時間関係を台形状にモデル化して入力した。よって、通常の運動方程式の右辺の外力項 $P(t)$ に図-6の入力荷重～時間関係を与えて、Newmark β 法で解くこととした。

4. 解析結果

まず、解析では、図-7に静的载荷における荷重～変位関係の解析結果と実験結果を示す。解析では変位10cm付近で耐力が急に低下しているが、これはPC鋼線破断による

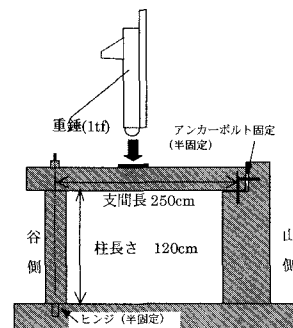


図-1 供試体寸法

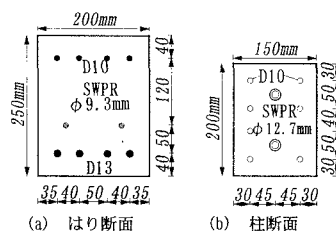


図-2 はりおよび柱の断面

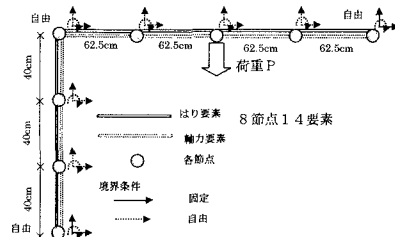


図-3 解析モデル

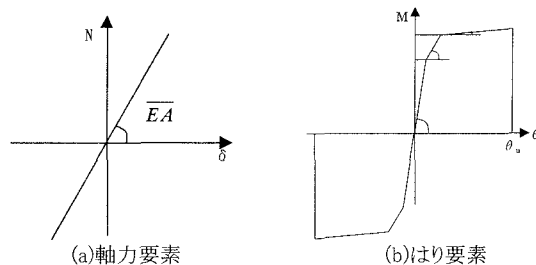


図-4 構成則

キーワード じん性、骨組構造、落錘衝撃実験、はり柱全体構造模型

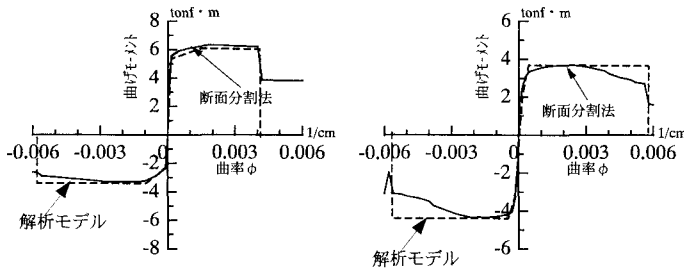
連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 電話(0468)41-3810 FAX(0468)44-5913

表-1 構成則数値

はり 部 材			柱 部 材		
軸力要素	ヤング率 E (kgf/cm ²)	2.8×10^5	軸力要素	ヤング率 E (kgf/cm ²)	2.8×10^5
はり要素	ヤング率 E (kgf/cm ²)	1.6×10^5	はり要素	ヤング率 E (kgf/cm ²)	5.0×10^5
	断面2次モーメント I (cm ⁴)	2.6×10^4		断面2次モーメント I (cm ⁴)	1.0×10^4
	曲げモーメント M_{y1} (kgf cm)	6.4×10^5		曲げモーメント M_{y1} (kgf cm)	2.0×10^5
	硬化係数 H_1 (kgf cm ²)	7.04×10^7		硬化係数 H_1 (kgf cm ²)	5.14×10^8
	曲げモーメント M_{y2} (kgf cm)	7.0×10^5		曲げモーメント M_{y2} (kgf cm)	4.0×10^5
	硬化係数 H_2 (kgf cm ²)	10.0		硬化係数 H_2 (kgf cm ²)	10.0
	終局回転角 θ_u	0.08		終局回転角 θ_u	0.09

表-2 入力条件数値

時間増分 Δt	1.0×10^{-6}
構造減衰定数 β (sec)	4.0×10^{-3}
はり幅(cm)	20.
はり高さ(cm)	25.
はり要素長さ(cm)	125.
はり要素密度(kg/cm ³)	2.55×10^{-6}
柱断面幅(cm)	15.
柱断面高さ(cm)	20.
柱要素長さ(cm)	40.
柱要素密度(kg/cm ³)	2.55×10^{-6}



(1) PRCはりの曲げモーメント～曲率関係 (2) PC柱の曲げモーメント～曲率関係

図-5 はりおよび柱の曲げモーメント～曲率関係

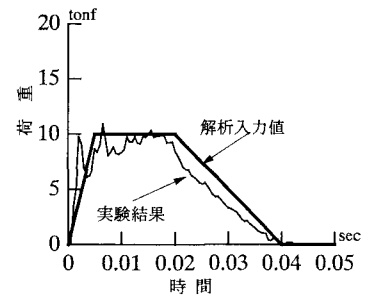
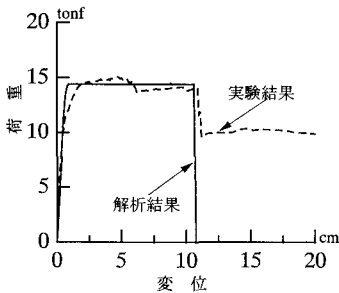
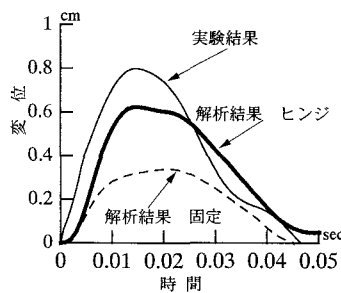
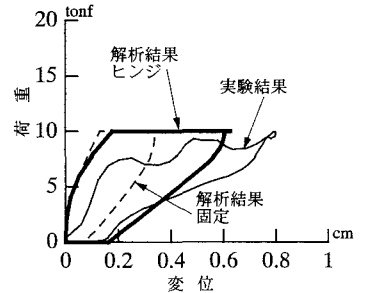


図-6 入力荷重～時間関係

図-7 静的荷重～変位関係
(静的実験結果との比較)図-8 変位～時間関係
(衝撃実験結果との比較)図-9 衝撃荷重～変位関係
(衝撃実験結果との比較)

もので、実験でも実際にこの時点でPC鋼線が破断している。よって、本法は静的載荷実験の終局変位までの挙動をうまくシミュレートできることがわかった。次に、図-8 に衝撃実験に対する変位～時間関係、図-9 に衝撃荷重～変位関係を実験結果と比較して示す。この変位は、はり載荷点部に貼付した加速度計の値を積分して得られた変位である。最大変位は、実験に対して解析値の方が約 25%ぐらい小さくなっているものの、山側、谷側の支持条件を回転自由にすることで、実験結果に近づくことがわかる。また、全体の波形は概ね実験結果をシミュレートできているものと思われる。さらに、衝撃荷重～変位関係の閉じたループも概ね実験結果をシミュレートできていると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤弘史, 間瀬利明, 二川英夫, 圓林栄喜, 石川信隆, 若林修: 靱性を高めたPCロックシェッドの斜め衝撃載荷実験, 第4回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, pp.91~96, 1998年6月。
- 2) 建設省土木研究所: PRC製ロックシェッドの設計法に関する共同研究報告書, pp.20~33, 1996年3月。
- 3) W.Gene Corley: ROTATIONAL CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS, Proc.of ASCE, Vol/92, ST5, pp.121~146, 1996.10.