土木学会第51回年次学術講演会（平成８年９月）

I-B 116　低速度衝撃を受ける大型 RC 版の動的耐荷性状

室蘭工業大学　学正員　小番一広
室蘭工業大学　正　員　岸　徳光
北海道開発局　正　員　佐藤昌志
三井建設　正　員　三上　浩

1. はじめに

RC 覆工の限界耐力評価を前提とした RC 版の耐衝撃性を明らかにすることを目的とし，各種大型 RC 版模型を作製し重錘落下による衝撃実験を行った．特に独自に設定した破壊規定のもとに，支点反力に関する実験結果および静的曲げ耐力，押抜きせん断耐力値を用いて RC 版の限界耐力について考察した．

2. 実験の概要

表－１に試験体の一覧を示す．各試験体名は表に示してあるように，補強筋の種類（D：異形鉄筋，As：砂付き AFRP ロッド），版厚 (cm)，片面主筋の補強筋比 (%)，配筋（S：単筋配置，W：複筋配置）および重錘重量 (tf) の順に 2 つのパラメータごとにハイフンで結んで記号化している．また，表中には最終載荷時の残留変位量も併せて示している．

表－１ 試験体の一覧

試験体名	載荷速度 (m/sec)	版厚 (cm)	配筋	最大残留変形量 (mm)
D25-0.5S-1	1 ～ 5	25	単	23.4
D25-0.5W-1	1 ～ 6	25	複	31.4
D50-0.5S-3	1 ～ 5	50	単	19.6
D50-0.5W-3	1 ～ 5	50	複	17.8
D50-1.0S-3	1 ～ 6	50	単	19.4
D75-0.5S-5	1 ～ 6	75	単	15.7
As25-0.5W-1	1 ～ 5	25	複	27.9
As50-0.17W-3	1 ～ 5	50	複	19.5
As50-0.5W-3	1 ～ 6	50	複	16.1

実験に用いたRC版は全スパン 5 m，純スパン 4 m，幅 4 m である．支点部では出来るだけ回転を拘束しないように RC 版の上下に鋼棒を設置し，支点部のリバウンドによる跳ね上がりを防止している．また，1 支持辺には支点反力を測定するために衝撃荷重測定用ロードセルを設置している．本実験では，重量が 1 tf，3 tf および 5 tf の 3 タイプの重錘を各版厚毎に対応させて載荷した．RC 版の裏面には応答変位測定のためのレーザ式変位計を設置している．実験は，載荷点近傍部の最大残留変位量が 20 mm 程度（純スパンの 1/200 程度）に達した状態を破壊と定義し，版厚 25 cm には 1 tf，50 cm には 3 tf，75 cm には 5 tf の重錘を用い，載荷速度を V = 1 m/sec から破壊に至るまで，1 m/sec 刻みで増加させて行った．実験時材令におけるコンクリート強度は 249~257 kgf/cm^{2}で設計基準強度 240 kgf/cm^{2}と大差ないことより，耐力評価時には設計基準強度を用いるものとする．

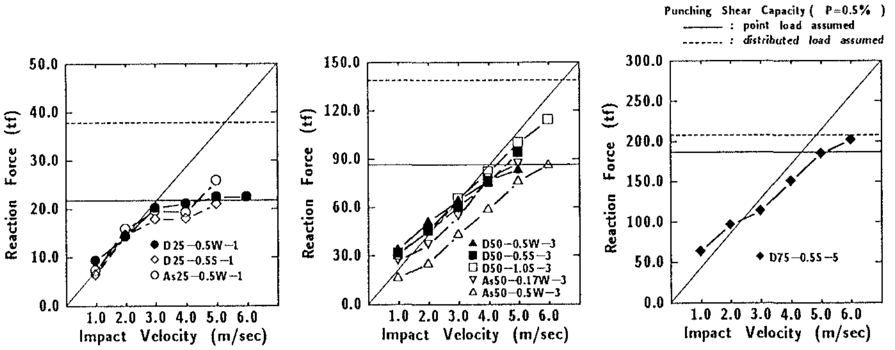
3. 実験結果および考察

3.1. 重錘衝突速度と最大合支点反力

図ー1 に重錘衝突速度と最大合支点反力の関係を示す．版厚 25 cm の最大支点反力は損傷程度の小さい初期では載荷速度に比例して増加するが，V = 3 m/sec 以上では衝撃エネルギーが全て RC 版の損傷によって吸収されるため増加していない．一方，版厚 50 cm および 75 cm の場合では，支点反力は最終載荷速度まで比例的に増加していることがわかる．また，同一版厚においては各試験体での分布性状に大差がない．従って，動的最大支点反力は補強筋の種類や補強筋比，配筋によらずコンクリート剛性に依存して励起されるものと考えられる．

3.2. 最大合支点反力と耐力

各 RC 版裏面ひびわれ状況の観察により，初期には曲げによるひびわれが発生し，最終段階では押抜きせん断型のひびわれが発生していることが明らかになっている．そこで，押抜きせん断耐力評価を以下の 2 ケースに関して行うものとする．すなわち，1) 衝撃荷重が点載荷状態であると仮定し，破壊形状が円すい状であると仮定する場合，2) 衝撃荷重が円形状載荷状態であると仮定し，破壊形状が円筒状であると仮定する場合である．なお，各ケースの耐力評価式は土木学会コンクリート標準示方書の静的な押し抜きせん断耐力評価式を用いた．

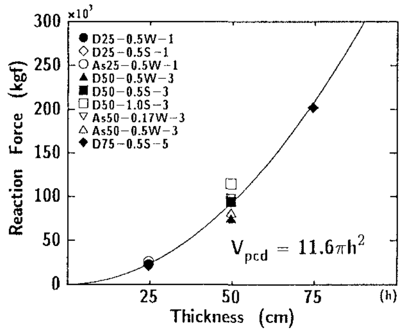


版厚２５ｃｍ　　版厚５０ｃｍ　　版厚７５ｃｍ

図−1 重錘衝突速度と最大合支点反力の関係

図−1 中に，特に呼び主筋比 0.5 % の場合における上記 2 ケースの数値計算結果を示した．これより，合支点反力と各押抜きせん断耐力値について比較すると版厚 25 cm の場合は，V = 3 m/sec 以上では合支点反力が横ばいとなり，最終的には点載荷仮定の押抜きせん断耐力値に近い値で破壊していることがわかる．版厚 50 cm の場合も，最大合支点反力は版厚 25 cm と同様，点載荷仮定の耐力値に近似していることがわかる．

また，版厚 75 cm の場合では，最大合支点反力は両押抜きせん断耐力の中間的な値になっている．一方，前節の考察より最大支点反力がコンクリートの剛性に最も強く影響されていることが明らかになっていることより，実験結果に基づいて点載荷を仮定し押抜きせん断耐力式を最小 2 乗法により決定すると，



図−2 最大支点反力と耐力評価式の関係

$$V_{pcd} = 11.6\pi h^2 \quad \text{(kgf)} \tag{1}$$

として示される．ここで h は版厚である．図−2 では最大支点反力に関する実験結果と式(1)を比較して示している．

以上の結果を総括して考えると，本実験のような重錘底部が球状になっている場合の RC 版の耐力は円形状載荷を仮定する場合よりも点載荷を仮定する場合の押抜きせん断耐力に近似していることがわかる．従って，衝撃荷重載荷時の RC 版の押抜きせん断耐力は，点載荷を仮定する土木学会コンクリート標準示方書の静的な押抜きせん断耐力評価式か，同様に点載荷を仮定して押抜きせん断時のコンクリートせん断強度と全版厚のみを考慮して得られた評価式 (1) を用いることによって安全側で評価が可能であるものと考えられる．

4. まとめ

(1) 最大支点反力は，補強筋材料やその特性，配筋比に関わらず，コンクリートの剛性に顕著に影響されて励起されるものと考えられる．

(2) 重錘底部が球状になっている場合の RC 版の耐力は，点載荷を仮定する場合の押抜きせん断耐力に近似している．従って，衝撃荷重載荷に対する RC 版の押抜きせん断耐力は，土木学会コンクリート標準示方書あるいは RC 版の押抜きせん断破壊時のコンクリートのせん断強度と全版厚のみを考慮して評価した静的な押抜きせん断耐力評価式を用いることによって安全側で評価することができるものと考えられる．

(3) 破壊の性状はいずれも載荷速度が小さい初期の段階では曲げが卓越するが，載荷速度が大きくなるとともに押抜きせん断型に移行して破壊しているようである．