

繰返し衝撃荷重を受ける RC 版の押抜きせん断抵抗性に関する一考察

(独) 港湾空港技術研究所 (所属: 前田建設工業 (株))

正会員 ○松林 卓

(独) 港湾空港技術研究所

正会員 岩波 光保

1. はじめに

本論文は、衝撃荷重を受ける RC 版の押抜きせん断抵抗性を評価するために、重錘落下式衝撃載荷実験により押抜きせん断破壊した版厚の異なる 2 種類の RC 版の版厚と鉄筋比の影響について考察したものである。

2. 実験概要

試験体は、基準とする RC 版である No. 1 試験体と、それに対して鉄筋量は同じで増厚した No. 2 試験体の 2 種類とした。検討ケースを表 1 に、試験体形状および寸法を図 1 に示す。また、コンクリートおよび鉄筋の物性値を表 2 および表 3 に示す。実験には写真 1 に示す重錘落下式衝撃載荷装置を用いた。本装置は、2 辺支持された版試験体中央部に重錘を所定の高さから自由落下させ、衝撃力を与えるものである。なお、支点部には試験体の跳ね上がりや脱落を防止するための治具を設けており、載荷点には重錘反力応答のばらつきを抑えるためにゴムシート (硬度 65 度、厚さ 10mm) を敷いている。計測は、重錘反力、支点反力、試験体中央における鉛直変位 (以下、中央変位と呼ぶ) について行った。反力はひずみゲージ式ロードセル、中央変位は非接触型レーザ式変位計を用いて計測した。載荷は、質量 400kg の重錘を表 1 に示した衝突速度で繰返し衝突させる繰返し載荷とした。

3. 実験結果

代表的な衝突回数における各試験体下面のひび割れ発生状況を図 2 に示す。また、各試験体の中央変位の最大値および残留値、最大重錘反力、最大支点反力と衝突回数との関係を図 3 に示す。すべての試験体の破壊モードは、曲げ変形後の押抜きせん断破壊であった。また、いずれの衝突速度においても No. 1 試験体よりも No. 2 試験体の方が変形量が小さく、最大重錘反力および最大支点反力は大きくなる傾向が見られた。これは、増厚による RC 版の曲げ剛性の増加によるものと考えられる。一方、押抜きせん断破壊に至るまでの衝突回数は、衝突速度 3.0m/s の場合は No. 1 試験体の方が No. 2 試験体よりも多くなり、衝突速度 4.0m/s の場合はその逆となった。

表 1 検討ケース

試験体名	衝突速度(m/s)	備考
No.1-1	3.0	基準
No.1-2	4.0	
No.2-1	3.0	増厚
No.2-2	4.0	

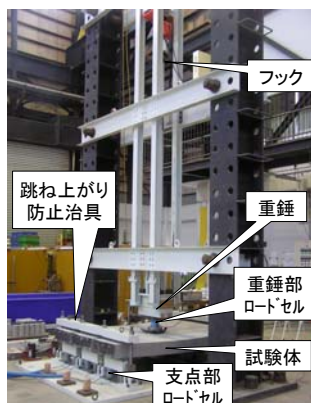


写真 1 試験装置

表 2 コンクリート物性値

試験体名	圧縮強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²
No.1-1	44.3	30.4
No.1-2	32.9	28.4
No.2-1	35.0	28.1
No.2-2	39.6	29.8

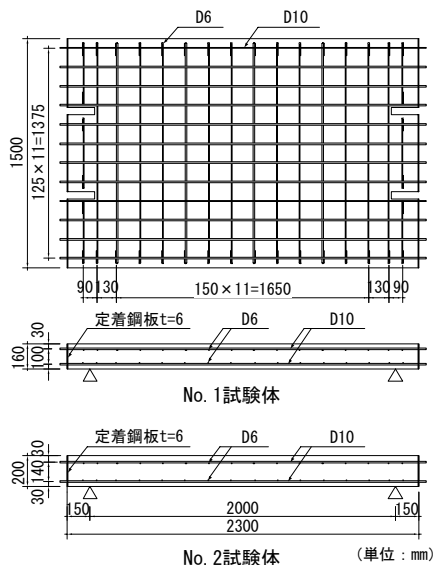


図 1 試験体形状および寸法

表 3 鉄筋物性値

試験体名	呼び名	降伏点 N/mm ²
No.1-1	D6	365
	D10	384
No.1-1, No.2-1,2-2	D6	348
	D10	393

※斜線部はコンクリートの剥落を示す。

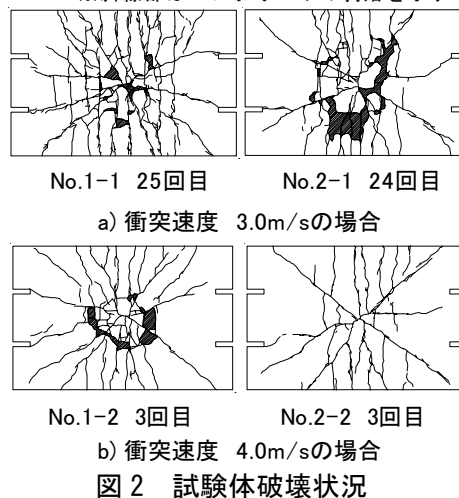


図 2 試験体破壊状況

キーワード 重錘落下式衝撃試験, RC 版, 押抜きせん断破壊

連絡先

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所 構造研究チーム TEL: 046-844-5059

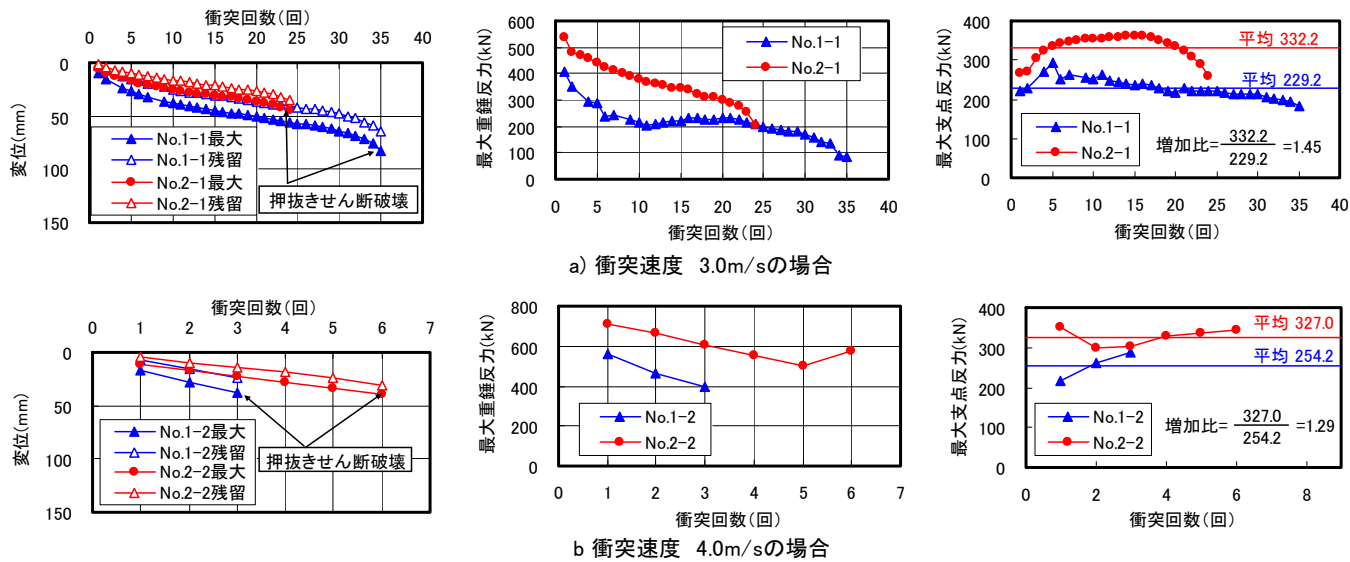


図3 試験体の中央変位，最大支点反力および最大支点反力と衝突回数

4. 考察

押抜きせん断破壊に至るまでの衝突回数が，衝突速度 3.0m/s では No.1 試験体の方が多くなり，衝突速度 4.0m/s ではその逆となった現象は，衝撃により試験体に作用する力と試験体の耐力との大小関係に依存していると考え，

増厚による両者の増加比を比較することとした．衝撃により試験体に作用する力については，衝撃力が試験体に伝達された結果発生した反力である支点反力が適切と考え，全衝突回数における最大支点反力の平均値の増加比を算出した（図3参照）．一方，試験体の耐力については押抜きせん断耐力¹⁾が考えられる．しかし，現行の押抜きせん断耐力算定式は，スラブの押抜きせん断耐力を理論的に求めることが困難であるため，スラブの押抜きせん断耐力が，基本的にはりのせん断耐力算定式と同様の形式で表されると仮定し，さらに仮想の破壊面を仮定した上で，静的荷重による既往の実験結果に合うように係数を定めたものである．したがって，動的荷重に対して本式をそのまま用いることは適切でないと考えた．そこで，既往の押抜きせん断耐力算定式を参考に，コンクリートが負担するせん断力と鉄筋比の影響に着目して，それぞれの増加比の積を考慮することとした．ここで前者については $0.20\sqrt{f'_c}$ （ f'_c は試験体のコンクリート圧縮強度の実測値）とコーン破壊面の面積の積を考慮，後者については $\sqrt[3]{p}$ （ p は2方向の引張鉄筋比の平均）を考慮，それぞれ増厚による増加比を考えた．なお，コーン破壊面の面積は，試験体の破壊状況を踏まえて衝突面を直径 100mm の円，せん断面と部材軸の角度を 45° と仮定し，有効高さ d の範囲について算出した．計算結果を表4に示す．

表4 試験体耐力の増加比の計算

	試験体名	衝突速度 m/s	① コンクリート 圧縮強度 f'_c N/mm ²	② $0.20\sqrt{f'_c}$ N/mm ²	③ 破壊面の 面積 (コーン) $\times 10^3$ mm ²	④ コンクリートが 負担する せん断力 ② $\times$ ③ kN	⑤ 引張鉄筋比 (2方向平均) p %	⑥ 引張鉄筋比 の影響 $\sqrt[3]{p}$	⑦ ④ $\times$ ⑥
(1)	No.1-1	3.0	44.3	1.33	133	177	0.31	0.15	25.6
(2)	No.2-1	3.0	35.0	1.18	204	241	0.24	0.13	32.1
	増加比 (2)/(1)				1.54	1.36	0.77	0.92	1.25
(3)	No.1-2	4.0	32.9	1.15	133	152	0.31	0.15	22.1
(4)	No.2-2	4.0	39.6	1.26	204	257	0.24	0.13	34.1
	増加比 (4)/(3)				1.54	1.68	0.77	0.92	1.54

表5 発生反力・試験体耐力の増加比

衝突速度 (m/s)	3.0	4.0
支点反力の増加比	1.45	1.29
試験体耐力の増加比	1.25	1.54

各衝突速度における支点反力の増加比および試験体耐力の増加比を表5に示す．これによれば，衝突速度 3.0m/s では試験体耐力の増加比よりも支点反力の増加比の方が上回り，衝突速度 4.0m/s ではその逆となっており，これが押抜きせん断破壊に至るまでの衝突回数が衝突速度によって逆転した要因の一つと推測される．したがって，繰返し衝撃荷重を受ける RC 版の押抜きせん断抵抗性を評価するためには，衝撃により RC 版に作用する力と RC 版の耐力の大小関係を考慮する必要があると思われる．

参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，2007