J-19

津波漂流物の衝突を想定した RC 造隅柱の挙動に関する実験的研究 その1 実験概要

Experimental Study on Behavior of RC Corner Column of Tsunami Flotsam

Part1 Outline of Tests

○渡邉瑞貴¹, 柴田明奈², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴ *Mizuki Watanabe¹, Akina Shibata², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

The purpose of this study is to investigate the behavior of RC corner column by a collision of Tsunami flotsam. In this study, the static loading test and the drop tests of weight to RC beams are performed. In this paper, the outline of test is presented.

1. はじめに

2011年3月の東北地方太平洋沖地震では,地震によっ て発生した津波が東北地方を中心とする太平洋沿岸の広 い範囲に甚大な被害を与えた.木造家屋の多くが流出し, 鉄筋コンクリート(RC)造や鉄骨(S)造の建物においても水 圧や洗掘による転倒や津波漂流物の衝突により大きな損 傷を受けた¹⁾.今後も南海トラフ地震等による津波被害の 発生が危惧されており,沿岸地域では津波被害への対応 が求められる.本研究では,小型船舶や小型自動車など の津波漂流物が RC 造建物の柱に衝突したときの衝突荷 重と破壊に至るまでの部材挙動を把握することを目的と し錘の落下実験(以後,衝撃載荷実験)を実施した.な お,エネルギー保存則に基づく基本的な衝突現象の把握 を目的としていることから流体の影響は考慮していない.

2. 実験概要

2.1 試験体概要

Fig.1 に試験体形状図及び配筋, Table1 に構造諸元を示 す. 試験体は,長期軸力を受ける RC 造建物の隅柱を想定 した実大柱の 1/4 縮尺模型であり,曲げ破壊する柱を [Case1],せん断破壊する柱を[Case2]とした.試験体の寸 法(B×D×L (L'))は, [Case1]では 150× 150× 600(650)mm, [Case2]では 150× 150× 210(310)mm である.また,両試験 体とも主筋量とせん断補強筋比は同一とし,主筋 8-D10(SD345, Pg=2.54%), せん断補強筋 2- ϕ

2.5@50(Pw=0.13%)である. [Case1]の曲げ終局強度に対す るせん断終局強度の比(せん断余裕度)は1.28, [Case2] では0.67となる.本実験は錘の自由落下実験であるため, 重力の加速度と,縮小試験体においても同じ材料を使用 するという条件に基づく相似則²⁾を適用し,Table2に示す ように各物理量を設定した.本実験は,軸力の影響が少 ない長期軸力を受けるRC造隅柱を対象に行い,試験体自 重の影響は無視できるものとしている.Table3,Table4に コンクリート及び鉄筋の材料試験結果を示す. 両試験体 共にコンクリートの設計基準強度は 21N/mm²である. コ ンクリートの材料試験結果は載荷実験の前に行ったテス トピース各 3 体の平均値である. 鉄筋の降伏強度は, D10, φ2.5 共に明瞭な降伏ひずみが得られなかったため, 初期弾性定数のひずみ 0.2%のオフセット時における値で ある. 降伏ひずみは弾性係数と降伏強度の関係から求め た.



1:日大理工·学部·海建 2:日大理工·院(前)·海建 3:日大理工·教員·海建 4:日大名誉教授

2.2 実験装置概要

Fig.2 に衝撃載荷実験装置の概念図を示す.実験は、ス タブを単純支持し、スタブから突出した片持ち形式の試 験体先端に錘を落下させる衝撃載荷実験である. スタブ での浮き上がりを拘束するために Fig.3 に示すように貫通 する PC 鋼棒を用いてあらかじめ締め付けている. 反力は スタブの左右上下に設置したロードセルの測定値より求 め,力の釣合条件に基づいて載荷点に作用する衝撃荷重 を算定した.なお、軸力の影響の少ない隅柱を対象とし ていることから軸力は負荷していない. Fig.4 に錘形状を 示す. 錘の落下は、電磁石を取り付けたチェーンブロッ クで錘を所定の高さまで吊り上げ、電磁石の電源を切る ことで錘を切り離し、自由落下により試験体に衝突させ る方式を採用している.錘は,質量 60kg のものを用意し, 錘の衝突面は, 試験体との片あたりを防ぐために曲率半 径 600mm の球面仕上げとした. なお, 試験体上部には錘 の衝突面を保護するため、硬度 60 度、1mm 厚のゴムシー トを設置した.ゴムシートを用いるにあたり、その有無 による影響がないことは既往の研究³⁾で行った同様の実 験にて確認がされている. Fig.5 に変位およびひずみゲー ジ計測位置を示す.変位測定はスタブ部分にあるインサ ートにより L 字アングルを固定し, そのアングルにマグ ネットスタンドを取付け試験体のインサートの位置にて 行った.ひずみは上端引張鉄筋,下端圧縮鉄筋,せん断 補強筋, コンクリート両側面に貼り付け計測し, [Case2] では加えてコンクリート表面に三軸ゲージを貼りつけ計 測した. データの収録はデジタル動ひずみ計を用いサン プリング周波数 10kHz で行った. なお、衝撃載荷実験の 部材挙動と比較するために, 衝撃載荷と同様な載荷装置 を用い、油圧ジャッキにて静的載荷実験を実施した.

2.3 実験パラメータ

Table5 に実験パラメータを示す. 錘の質量は,小型船舶 や小型自動車程度の質量(約 1t)を想定し, Table2 に示した 相似則に従い質量 60kg の錘を用意した(Fig.4). また, 錘 の衝突速度は,津波の遡上速度と津波漂流物の衝突速度 が等しいとして,最大 10m/s (36km/h)を想定している.実 験では, Table2 の速度に関する相似則(1/√4)より最大衝突 速度を 5m/s とした.本実験では錘を自由落下させるが, 衝突速度は位置エネルギー(Ug=mgh)と運動エネルギー(3 式)を等置した(1)式より算出する.

$V = \sqrt{2gh}$	•••(1)	V : 錘の衝突速度(m/s) g : 重力加速度(m/s ²) h : 錘の落下高さ(mm)

3. エネルギー保存則に基づく理論値算定法⁴⁾

Fig.6 に衝突現象概念を示す. 錘の衝突時における最大 荷重と変位の理論値は, 仮定条件(①梁の質量は無視でき るものとする. ②錘は剛体とし跳ね返りはないものとす る. ③衝撃時のたわみ曲線は静的載荷のたわみ曲線と同 じ形とする.)を満たすものとして,エネルギー保存則に 基づき誘導した.仮定条件③より衝突による動的たわみ を生じさせる外力は,弾性体の力-変位関係から F=kuによ って表せる.従って,梁のひずみエネルギーは外力がな す仕事に等しいとして(2)式を得る.

$$U_i = \frac{1}{2}ku^2$$
 ・・・(2)
方, 錘の運動エネルギーは(3)式である.

$$U_D = \frac{1}{2}mV^2 \quad \cdot \quad \cdot \quad (3)$$

エネルギー保存則 $U_i=U_D$ より、梁の最大変位は(4)式で 与えられ、最大荷重は F=kuの関係から(5)式として求まる。



644