

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ УЗКОСТЕНОЧНОЙ БАЛКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ИЗГИБ, С ПОМОЩЬЮ ФОТОГРАММЕТРИИ

Л. Киш Папп

Институт Геодезии, Кафедра Фотограмметрии  
Будапештского Технического Университета

(Поступило: 1 октября 1974 г.)

Представлено: проф. д-р Л. Хомороди

## 1. Введение

В Венгрии несколько лет тому назад в связи с решением Правительства началась так называемая «программа легких конструкций». Цель этой программы: разработка таких конструкций, в первую очередь, для надземного строительства, для изготовления которых требуется гораздо меньше материала и затрат труда, чем для изготовления традиционных конструкций. Производство балок, работающих на изгиб, может быть легко автоматизировано, но затруднение представляет установка ребер жесткости, потому что пока это делается вручную. Кроме этого, и другие проблемы технологического характера требуют разработки таких принципов расчета и вариантов конструкций, которые позволили бы значительно сократить число ребер жесткости или совсем не использовать их.

В литературе [1], [2], [3] подробно занимаются явлением неустойчивости пластин, которое не связано обычно с потерей несущей способности пластины, пластины и при потере устойчивости обладают запасом несущей способности. По мнению некоторых авторов, пренебрежение запасом несущей способности при расчетах не обосновано и связано с увеличением затрат. В строительстве применяется исключительно метод легких конструкций, так как в надземном строительстве нет опасности возникновения нагрузок на выносливость, и поэтому имеется возможность использовать запас несущей способности. В том случае, если учитывается несущая способность пластины после потери устойчивости, необходимо снова исследовать ребра жесткости пластины. Ученые уже давно определили, что критическая нагрузка стенки балки зависит от создания поясов. Возникла такая мысль, что при специальном подборе поясов может быть повышена максимальная нагрузка, а также запас несущей способности пластины после потери устойчивости.

## 2. Формирование исследуемой балки

В 1974 году мы принимали участие в четырех сериях лабораторных исследований балок, работающих на изгиб (рис. 1). Балки АТ были изготовлены из ленточной стали со сплошным поясом, а балки АÛ с полым поясом холод-

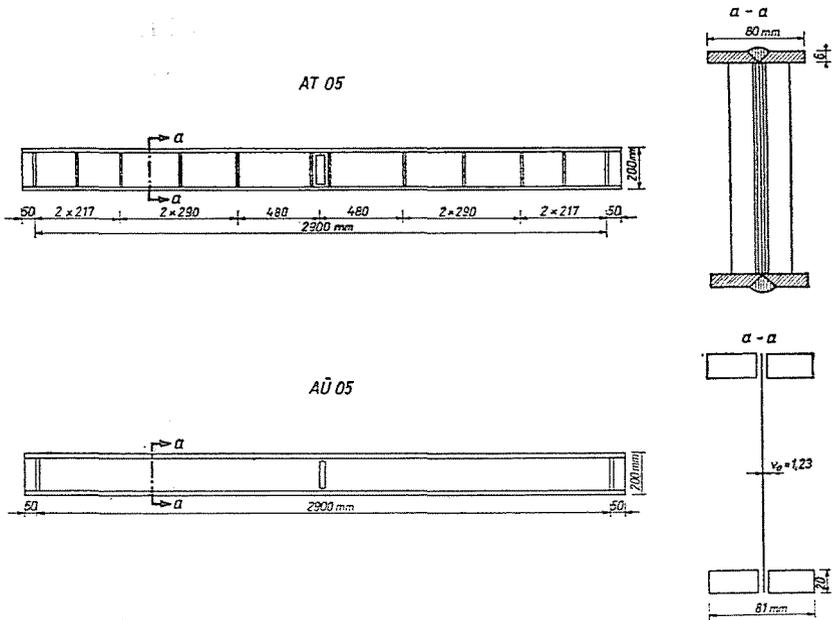


Рис. 1

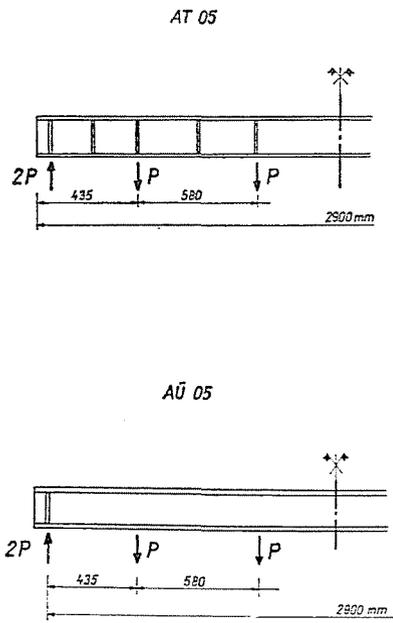


Рис. 2

ной прокатки с прямоугольным сечением. Нагрузка была расположена симметрично на середине балки и состояла из четырех одинаковых концентрированных сил, расстояния до опорки были 435 и 1015 мм (рис. 2). Ребра жесткости на балке АТ были изготовлены на основании указаний МС 1524—70. При создании балки АÛ были следующие расхождения: во-первых, пояса изготавливались из двух труб холодной прокатки с прямоугольным сечением; во-вторых, стенка балки не получила ни одного ребра жесткости.

### 3. Определение деформации

Для определения деформации балки было использовано несколько методов:

— с помощью тензометров измеряли растяжение поясов в среднем сечении балки. На балке АТ измеряли растяжение ребер жесткости, которые подвергались наибольшей нагрузке;

— электрическими измерениями определяли прогиб среднего сечения балки, а с помощью инклинометра (кренометра) — закручивание пояса смятия на каждой четверти балки;

— с помощью стереофотограмметрического и других геодезических методов определяли сдвиг сети точек, нанесенных на балку;

— для исследования неустойчивости стенки балки изготавливалась серия фотографий при скользящем освещении.

Для фотограмметрической обработки снимки изготавливались с помощью камеры УМК Цейса. При изготовлении снимков точки стоянки инструмента выбирались так, чтобы базис фотографирования был параллелен длинной оси исследуемой балки (рис. 3).

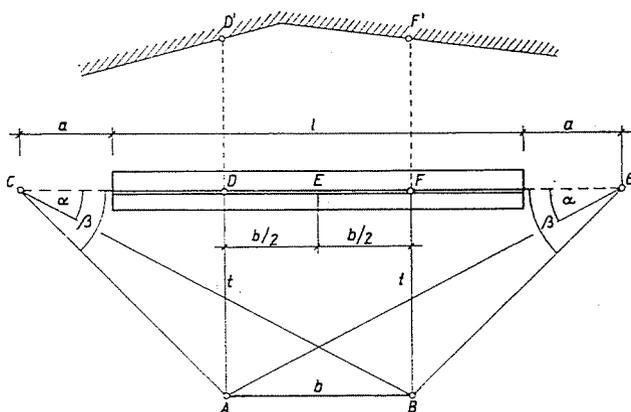


Рис. 3

На основании таблицы, указанной в [4], расстояние до предмета и базис фотографирования были выбраны в соотношении  $\beta/\gamma = 1/2$ . Во-первых, мы обозначили на длинной оси балки две вспомогательные точки (С, G), которые находятся на равном расстоянии от поперечного сечения а. Зная размеры балки, мы наметили поперечное сечение балки Е, от которого измерили в обе стороны величину, равную половине базиса. Зная расстояние фотографирования  $t$ , приблизительно установили штативы с марками в точках А и В. Затем установили два теодолита Thee—010 в точках С и G и с помощью измерения углов  $\alpha$  и  $\beta$  разбили окончательные точки А и В в концах базиса. Углы  $\alpha$  и  $\beta$  вычислили из формул

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{a + \left[ \frac{1}{2} + \frac{b}{2} \right]}; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{t}{a + \left[ \frac{1}{2} - \frac{b}{2} \right]}.$$

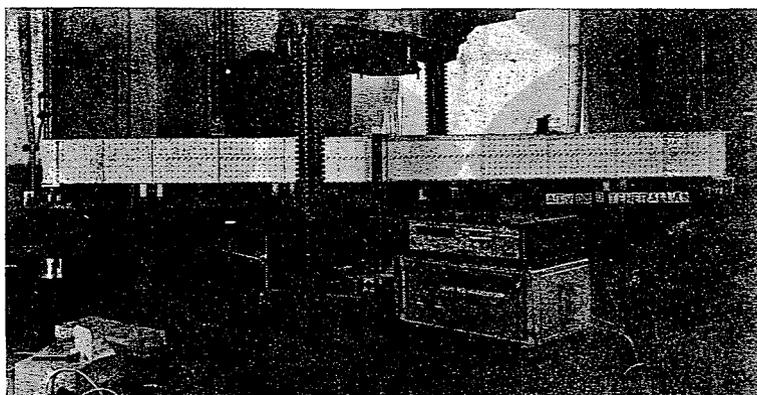


Рис. 4а

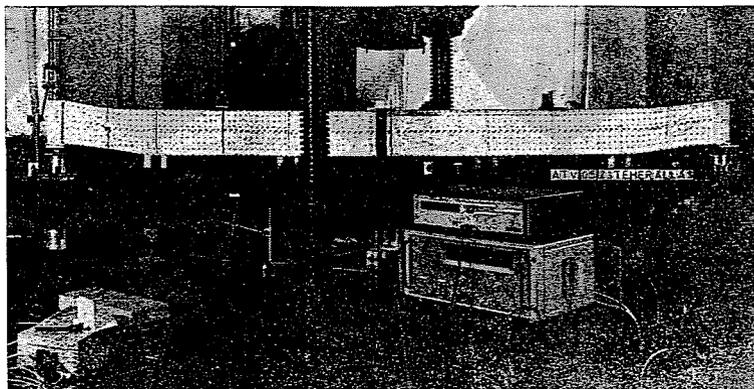


Рис. 4б

После этого инструменты были установлены в точках А и В, и точки D и F были спроектированы на стену лаборатории в точки D' и F'. Впоследствии эти точки употребляли для контроля. До начала исследований было намечено еще две контрольных точки недалеко от балки.

На пояса и стенку балки были нанесены марки (кресты), на основании пространственного сдвига которых определялись деформации балки.

На рис. 4 показывается состояние балки АТ—05 в начале исследований и после нагрузки. На рис. 5 показывается балка АÜ—05 при одинаковой нагрузке. Одновременно геодезическим методом теодолитом Theo—010 Цейс измеряли прогиб балки при различных нагрузках в одном сечении.

Обработка снимков велась на стекометре. Установка и ориентирование негативов велась с помощью контрольных точек, оставшихся неподвижными. Координаты точек при различных моделях нагрузки записывались на пер-

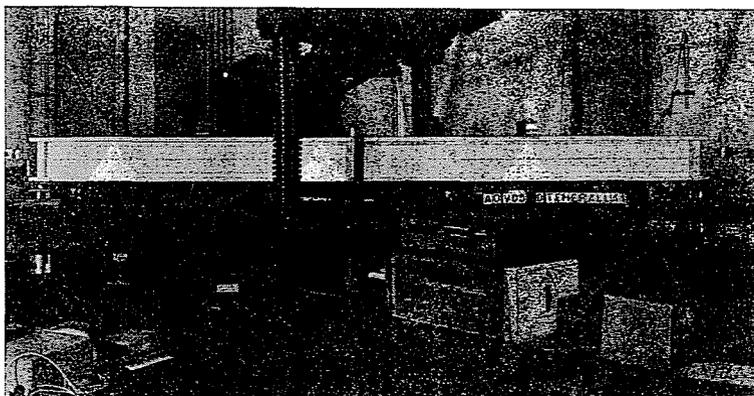


Рис. 5а

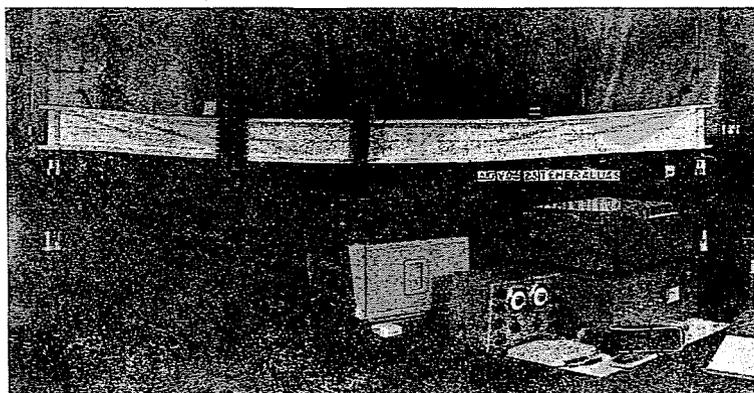


Рис. 5б

AÜ V05

M= 1:10



Рис. 6. 25 нагрузка; 27 нагрузка; Горизонталли проведены через 1 см

AÜ V05

M = 1:10

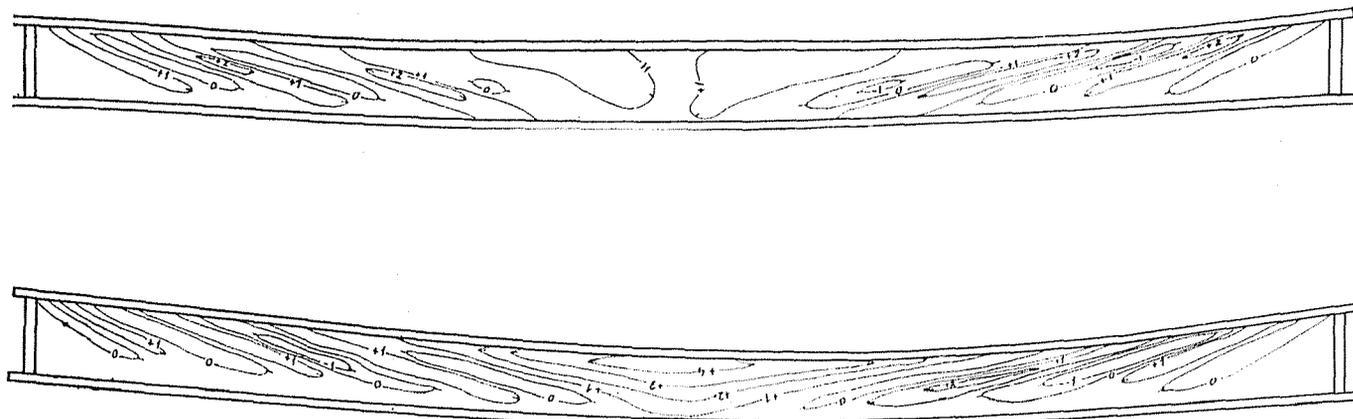


Рис. 7. 25 нагрузка; 27 нагрузка; Горизонталы проведены через 1 см

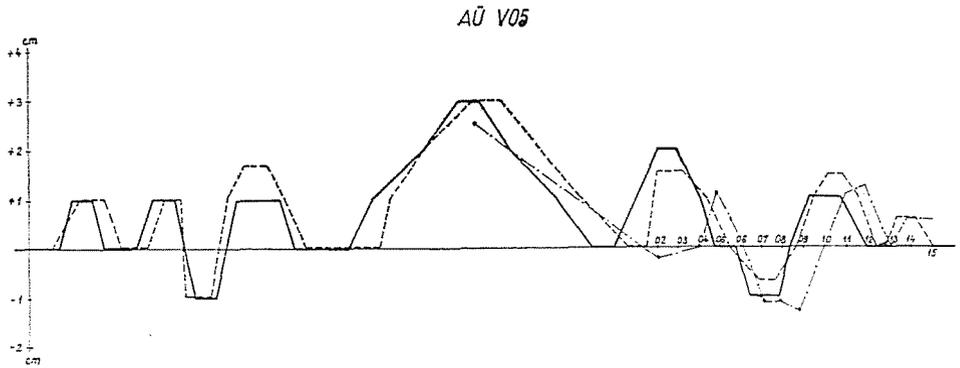


Рис. 8. 27 нагрузка; ———— Обработка на технокарте; - - - - - Обработка на метрографе; - . - . - . - Обработка по точкам

фоленту. Вычисления велись на ЭВМ Одра. Кроме этого, для балки АЎ—05 деформация при 25 и 27 нагрузках определялась на технокарте и стереометрографе графическим путем. Результаты этой обработки показаны на рис. 6 и 7. На рис. 8 мы сравниваем полученные различными путями результаты.

#### 4. Сравнительные исследования

После сравнения результатов исследований мы пришли к следующим выводам:

— работа двух типов балок после потери устойчивости была абсолютно различной (см. рис. 4 и 5). Можно установить, что балки с ребрами жесткости

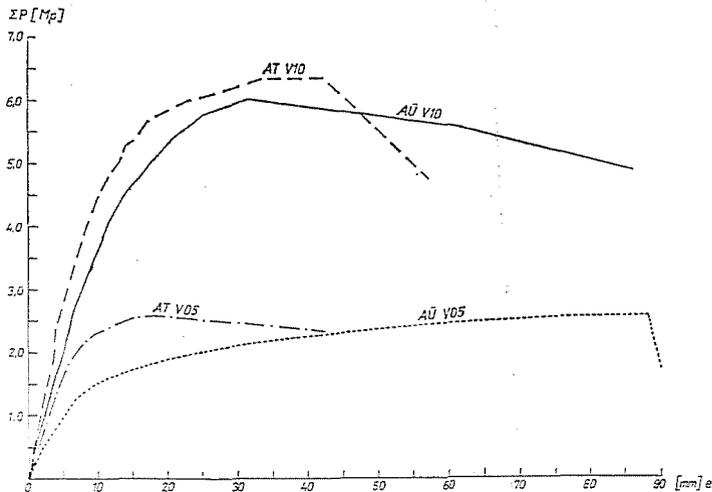


Рис. 9

до потери выносливости работают так же, как сквозная балка. Работа балки без ребер жесткости похожа на работу предварительно напряженной балки; — у балки с толщиной стенки в 5 мм и у балки с толщиной стенки в 10 мм наблюдалась практически одинаковая несущая способность (рис. 9);

— с помощью стереофотограмметрического метода мы можем получить представление о деформации балок различного типа. На основании анализа этих деформаций специалисты могут решать о сокращении ребер жесткости на узкостеночных балках или о возможности их опущения.

Наземная фотограмметрия хотела бы и впредь оказывать помощь при таких или подобных исследованиях.

### Резюме

В Венгрии несколько лет тому назад на основании решения Правительства началась «программа легких конструкций». Цель её — разработка таких конструкций, которые были бы дешевле традиционных. В связи с этим велись исследования балок, работающих на изгиб. На одной из них были расположены ребра жесткости традиционным способом, на другой их не было. Измерения деформации обеих балок при различных нагрузках велись и стереофотограмметрическим методом. Снимки изготовливались камерой УМК. Обработка снимков велась на стекометре, результаты записывались на перфоленту и обрабатывались на ЭВМ. С помощью этого метода получили измерения деформаций различных балок при различных нагрузках, на основании которых специалисты могут решать вопрос о сокращении ребер жесткости или о возможности их опущения.

### Литература

1. MASSONNET, CH.: Dünnwandige hohe Blechträger. (VIM) 8. Kongress Vorbericht 178
2. KLÖPPEL—SCHMIED—SCHUBERT: Die Traglast mittig und aussermittig gedrückter dünnwandiger Kastenträger unter Verwendung der nichtlinearen Beultheorie. Der Stahlbau, H. 2, 1966
3. SKOŁOUD: Grenzzustand gedrückter Gurtplatten dünnwandiger Träger. Acta Technica CSAV, 6. 1965
4. DOMOKOS, M.—LÁNG, G.: Ipari geodéziai feladatok megoldása földi fotogrammetriai eljárással. Geodézia és Kartográfia 1973
5. Киш Папп, Л.—Ивани, М.: Исследование пластической кручености стальных балок стереофотограмметрическим методом. Пер. Пол. С. Е. 16, (1972) 1—2.

Ст. преп. д-р Ласло Киш Папп, H-1521 Будапешт